



Ministerio de Obras Públicas, Transportes
y Medio Ambiente

Secretaría de Estado de Política Territorial
y Obras Públicas

Dirección General de Carreteras

INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

NORMA 3.1 - IC. TRAZADO

(PROVISIONAL)

Febrero 1996

NORMA 3.1-IC. TRAZADO (PROVISIONAL)

INDICE

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES.	1
1.1 Introducción.	1
1.2 Objeto y ámbito de aplicación.	2
CAPÍTULO 2 TIPOS DE CARRETERAS Y CLASES DE PROYECTOS.	4
2.1 Tipos de carreteras.	4
2.2 Clasificación de las carreteras.	7
2.3 Clases de proyectos.	7
CAPÍTULO 3 DATOS BÁSICOS PARA EL ESTUDIO DEL TRAZADO.	9
3.1 Velocidad.	9
3.2 Visibilidad.	10
3.2.1 Distancia de parada.	11
3.2.2 Visibilidad de parada.	12
3.2.3 Distancia de adelantamiento.	14
3.2.4 Visibilidad de adelantamiento.	15
3.2.5 Distancia de cruce.	16
3.2.6 Visibilidad de cruce.	17
CAPÍTULO 4 TRAZADO EN PLANTA.	20
4.1 Generalidades.	20
4.2 Rectas.	21
4.3 Curvas circulares.	25
4.3.1 Generalidades.	25
4.3.2 Radios y peraltes.	25
4.3.3 Características de las curvas circulares.	26
4.3.4 Desarrollo mínimo.	28
4.4 Curvas de transición.	28

NORMA 3.1-IC, TRAZADO (PROVISIONAL)

4.4.1	Generalidades.	28
4.4.2	Forma y características de las curvas de transición.	28
4.4.3	Longitud mínima.	32
4.4.3.1	Limitación de la aceleración centrífuga.	32
4.4.3.2	Limitación por transición del peralte.	34
4.4.3.3	Consideraciones estéticas.	34
4.4.4	Valores mínimos.	35
4.5	Enlace entre tramos y elementos de trazado consecutivos.	36
4.5.1	Enlace entre tramos consecutivos.	36
4.5.2	Enlace entre elementos de trazado consecutivos.	36
4.6	Transición del peralte.	37
4.7	Visibilidad en curvas circulares.	40
CAPÍTULO 5 TRAZADO EN ALZADO.		42
5.1	Generalidades.	42
5.2	Inclinación de las rasantes.	43
5.2.1	Valores extremos.	43
5.2.2	Carriles adicionales.	45
5.2.3	Túneles.	45
5.3	Acuerdos verticales.	46
5.3.1	Generalidades.	46
5.3.2	Condiciones de la curva de acuerdo.	46
5.3.2.1	Parámetros mínimos por consideraciones de visibilidad.	46
5.3.2.2	Parámetros mínimos por consideraciones estéticas.	49
CAPÍTULO 6 COORDINACIÓN DE TRAZADOS EN PLANTA Y ALZADO.		51

NORMA 3.1-IC, TRAZADO (PROVISIONAL)

CAPÍTULO 7 SECCIÓN TRANSVERSAL.	61
7.1 Generalidades.	61
7.2 Número de carriles de la sección tipo.	61
7.3 Sección transversal en planta recta.	62
7.3.1 Elementos y sus dimensiones.	62
7.3.2 Mediana.	63
7.3.3 Bombeo.	64
7.3.4 Taludes, cunetas y otros elementos.	65
7.3.5 Altura libre.	65
7.4 Sección transversal en planta curva.	65
7.4.1 Sobreechancho.	66
7.4.2 Pendientes transversales.	67
7.5 Secciones transversales especiales.	67
7.5.1 Túneles.	68
7.5.1.1 Túneles de longitud menor o igual que quinientos metros (500 m).	68
7.5.1.2 Túneles de longitud mayor que quinientos metros (500 m).	68
7.5.2 Obras de paso.	71
7.5.3 Carriles adicionales.	71
7.5.3.1 Generalidades.	71
7.5.3.2 Disposición de carriles adicionales.	72
7.5.3.3 Dimensiones del carril adicional.	73
7.5.4 Carriles y cuñas de cambio de velocidad.	75
7.5.4.1 Carriles de cambio de velocidad.	75
7.5.4.1.1 Tipos de carriles.	76
7.5.4.1.2 Dimensiones.	78
7.5.4.1.3 Pendiente transversal de los carriles de cambio de velocidad.	83
7.5.4.1.4 Distancias de seguridad entre entradas y salidas consecutivas.	83

NORMA 3.1-IC, TRAZADO (PROVISIONAL)

7.5.4.2	Cuñas de cambio de velocidad.	87
7.5.5	Confluencias y bifurcaciones.	88
7.5.6	Carriles centrales de espera.	90
7.5.7	Pasos de mediana.	92
7.5.8	Lechos de frenado.	92
CAPÍTULO 8	NUDOS.	96
8.1	Generalidades.	96
8.2	Enlaces.	97
8.3	Intersecciones.	98
CAPÍTULO 9	CARRETERAS DE CARACTERÍSTICAS REDUCIDAS.	99
9.1	Carreteras urbanas.	99
9.2	Carreteras de montaña con usos específicos.	99
9.3	Carreteras que discurren por espacios naturales de elevado interés ambiental o acusada fragilidad.	100
9.4	Mejoras locales en carreteras existentes.	100
9.5	Vías para la circulación de bicicletas.	101
ANEXO 1	: DEFINICIONES.	102
ANEXO 2	: MODELO DE ACELERACIÓN EN RECTAS.	112

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES.

1.1 Introducción.

La presente norma contempla las especificaciones de los elementos básicos para el estudio o proyecto de un trazado de carreteras. Sus diferentes capítulos y apartados recogen las condiciones relativas a la planta, al alzado y a la sección transversal, y los criterios generales que deben observarse para obtener la conveniente coordinación entre todas ellas. En el resto de los capítulos se incluyen criterios para su aplicación a secciones transversales especiales, nudos y carreteras de características de trazado reducidas.

El trazado se adaptará a las necesidades presentes y a las previsibles en el futuro de la circulación, teniendo en cuenta la importancia del coste del transporte, en especial en tramos de alta intensidad de tráfico.

Se tendrán en cuenta las afecciones del trazado en el entorno, según el uso actual y futuro del suelo, así como el impacto ambiental.

Deberá lograrse una homogeneidad de características geométricas tal que induzca al conductor a circular sin excesivas fluctuaciones de velocidad, en condiciones de seguridad y comodidad. Para ello se evitarán los puntos en que las características geométricas obliguen a disminuir bruscamente la velocidad y se facilitará la apreciación de las variaciones necesarias de velocidad mediante cambios progresivos de los parámetros geométricos y con la ayuda de la señalización.

La adecuación de las características de las carreteras existentes a las de ésta norma, se hará de acuerdo con los planes y programas de inversión que se aprueben.

1.2 Objeto y ámbito de aplicación.

El contenido de esta norma tiene como finalidad definir la redacción de estudios de carreteras en materia de trazado, que proporcionen unas características adecuadas de funcionalidad, seguridad y comodidad de la circulación compatibles con los condicionantes económicos y ambientales.

Será de aplicación a todas las carreteras de la Red Estatal, con las peculiaridades derivadas de su función y tipo,⁽¹⁾ que se exponen en los sucesivos capítulos y apartados.

Excepcionalmente, se podrán admitir cambios de los criterios desarrollados en la presente norma con la suficiente y fundada justificación y previa autorización de la Dirección General de Carreteras.

En casos especiales, no especificados en la presente norma, el proyectista podrá acudir a las Recomendaciones sobre temas específicos publicadas por la Dirección General de Carreteras, o a la realización de estudios especiales. Concretamente, para carreteras en tramos urbanos podrá aplicarse el contenido de la publicación "Carreteras urbanas. Recomendaciones para su planeamiento y proyecto" de la Dirección General de Carreteras.

En proyectos de mejoras locales en carreteras existentes (apartado 2.3), serán de aplicación, salvo expresa justificación en contrario, los criterios que en el apartado correspondiente, se incluyen en el capítulo dedicado a carreteras de características reducidas (capítulo 9).

⁽¹⁾ El texto de la norma se refiere a todo tipo de carretera. Cuando el texto es de aplicación para un tipo específico de carretera, se destaca en letra cursiva.

No son objeto de la presente norma las vías para la circulación de bicicletas. Dichas vías, serán objeto de un estudio específico y diferenciado según se indica en el capítulo 9.

CAPÍTULO 2 TIPOS DE CARRETERAS Y CLASES DE PROYECTOS.

2.1 Tipos de carreteras.

A efectos de aplicación de la presente norma, atendiendo a sus características esenciales, se distinguirán los siguientes:

A) Según su definición legal (Ley 25/1988 y Reglamento R.D. 1812/1994):

- Autopistas
- Autovías
- Vías rápidas
- Carreteras convencionales

B) Según el número de calzadas:

- Carreteras de calzadas separadas: Son aquellas que tienen calzadas diferenciadas para cada sentido de circulación, con una separación física entre ambas. Excepcionalmente pueden tener más de una calzada para cada sentido de circulación.

No se considera como separación física la constituida exclusivamente por marcas viales sobre el pavimento o bordillos montables (altura inferior a 15 cm).

Queda expresamente prohibido el proyecto de carreteras de calzadas separadas con más de cuatro carriles por calzada y sentido de circulación. A este respecto, no tendrán la consideración de carriles los de cambio de velocidad y los incluidos en confluencias de autovías urbanas.

- **Carreteras de calzada única:** Son aquellas que tienen una sola calzada para ambos sentidos de circulación, sin separación física, independientemente del número de carriles.

Queda expresamente prohibido el proyecto de carreteras de calzada única, con dos carriles o más por sentido de circulación, excepto los carriles adicionales y de cambio de velocidad.

C) Según el grado de control de accesos:

- **Sin acceso a propiedades colindantes:** Son aquellas en las que el acceso desde el exterior se realiza exclusivamente a través de enlaces o, mediante entradas y salidas directas a otras carreteras.

No tendrán la consideración de accesos a propiedades colindantes los correspondientes a elementos funcionales de la carretera cuando no exista posibilidad de comunicación de uso público entre la carretera y el exterior de dichos elementos.

- **Con acceso limitado a propiedades colindantes:** Son aquellas en las que, además de los accesos a través de los enlaces o mediante entradas y salidas directas a otras carreteras, se pueden establecer otros a través de vías de servicio con entradas o salidas específicas.
- **Con accesos directos autorizados:** Son aquellas en las que no existen las limitaciones establecidas en los párrafos anteriores, debiendo cumplirse en cualquier caso la reglamentación vigente.

En estos casos se deberá definir su frecuencia y disposición según los condicionantes técnicos derivados de la funcionalidad de la carretera, su

entorno, la intensidad del tráfico y la velocidad a que circulen los vehículos.

D) Según el medio atravesado:

- **Condiciones orográficas:** Se distinguirán los tipos de relieve del terreno natural indicados en la tabla 2.1, en función de la máxima inclinación media de la línea de máxima pendiente, correspondiente a la franja original de dicho terreno interceptada por la explanación de la carretera.

TABLA 2.1

TIPO DE RELIEVE	MÁXIMA INCLINACIÓN i (%)
Llano	$i \leq 5$
Ondulado	$5 < i \leq 15$
Accidentado	$15 < i \leq 25$
Muy accidentado	$25 < i$

- **Condiciones del entorno urbanístico:** Se considerarán dos tipos:

- Carreteras urbanas son aquellas que discurriendo por suelo calificado de urbano por el correspondiente instrumento de planeamiento urbanístico, cumplen además alguna de las condiciones siguientes:

- * Son utilizadas parcialmente por tráfico urbano
- * Generan impactos ambientales directos sobre el medio urbano próximo

- Carreteras interurbanas son aquellas que no cumplen alguna de las condiciones anteriores.

2.2 Clasificación de las carreteras.

A efectos de aplicación de la presente norma, las carreteras o sus tramos se clasificarán indicando el tipo de carretera, según su definición legal, seguido del valor numérico de la velocidad de proyecto, expresado en km/h.

En el caso de carreteras de calzadas separadas, las autopistas, se denominarán como AP y las autovías como AV. En el caso de carreteras de calzada única, las vías rápidas se denominarán como R y las carreteras convencionales, como C.

Salvo justificación en contrario, se considerarán exclusivamente las siguientes clases:

AP-120, AP-100, AP-80

AV-120, AV-100, AV-80

R-100, R-80

C-100, C-80, C-60

2.3 Clases de proyectos.

A efectos de la aplicación de la presente norma se distinguen las siguientes:

Proyectos de nuevo trazado: Son aquellos cuya finalidad es la definición de una vía de comunicación no existente o la modificación funcional de una en servicio, con trazado independiente, que permita mantenerla con un nivel de servicio adecuado.

Proyectos de duplicación de calzada: Son aquellos cuya finalidad es la transformación de una carretera de calzada única en otra de calzadas separadas,

mediante la construcción de una nueva calzada, generalmente muy cercana y aproximadamente paralela a la existente. Estos proyectos suelen incluir modificaciones locales del trazado existente, supresión de cruces a nivel, reordenación de accesos, y en general las modificaciones precisas para alcanzar las características de autovía o autopista.

Proyectos de acondicionamiento: Son aquellos cuya finalidad es la modificación de las características geométricas de la carretera existente, con actuaciones tendentes a mejorar los tiempos de recorrido, el nivel de servicio y la seguridad de la circulación.

Proyectos de mejoras locales: Son aquellos cuya finalidad es la adecuación puntual de la carretera por necesidades funcionales y de seguridad de la misma, modificando las características geométricas de elementos aislados de ésta.

CAPÍTULO 3 DATOS BÁSICOS PARA EL ESTUDIO DEL TRAZADO.

3.1 Velocidad.

El trazado de una carretera se definirá en relación directa con la velocidad a la que se desea que circulen los vehículos en condiciones de comodidad y seguridad aceptables.

Para evaluar como se distribuyen las velocidades en cada sección, se considerarán fijos los factores que incidan en ella relacionados con la clase de carretera y la limitación genérica de velocidad asociada a ella, así como las características propias de las secciones adyacentes.

Se considerarán esencialmente variables la composición del tráfico (en particular el porcentaje de vehículos pesados) y la relación entre la intensidad de la circulación y la capacidad de la carretera.

A efectos de aplicación de la presente norma, se definen las siguientes velocidades:

- Velocidad específica de un elemento de trazado (V_e): Máxima velocidad que puede mantenerse a lo largo de un elemento de trazado considerado aisladamente, en condiciones de seguridad y comodidad, cuando encontrándose el pavimento húmedo y los neumáticos en buen estado, las condiciones meteorológicas, del tráfico y legales son tales que no imponen limitaciones a la velocidad.

- Velocidad de proyecto de un tramo (V_p): Velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de construcción de los elementos del trazado, en condiciones de comodidad y seguridad.

La velocidad de proyecto de un tramo se identifica con la velocidad específica mínima del conjunto de elementos que lo forman.

- **Velocidad de planeamiento de un tramo (V)**: Media armónica de las velocidades específicas de los elementos de tramos homogéneos de longitud superior a dos kilómetros (2 km), dada por la expresión:

$$V = \frac{\sum l_k}{\sum (l_k / V_{ek})} \quad \begin{array}{l} l_k = \text{longitud del elemento } k \\ V_{ek} = \text{velocidad específica del elemento } k \end{array}$$

Al realizar el trazado de un tramo con la velocidad de proyecto que se establezca, se calcularán las velocidades de planeamiento y se compararán con la velocidad de proyecto para conocer la homogeneidad de la geometría del tramo total de proyecto.

Las velocidades de proyecto y de planeamiento que se adopten, estarán en general definidas por los estudios de carreteras correspondientes, en función de los siguientes factores:

- Las condiciones topográficas y del entorno.
- Las consideraciones ambientales.
- La consideración de la vía dentro del sistema de transporte.
- La homogeneidad del itinerario o trayecto.
- Los condicionantes económicos.
- Las distancias entre accesos, y tipo de los mismos.

3.2 Visibilidad.

Cualquier sección de carretera presenta ante el usuario una visibilidad que depende, a efectos de la presente norma, de la forma, dimensiones y disposición de los elementos del trazado.

Para que las distintas maniobras puedan efectuarse de forma segura, se precisa una visibilidad mínima que depende de la velocidad de los vehículos y del tipo de maniobra.

La presente norma considera las siguientes: Visibilidad de parada, visibilidad de adelantamiento y visibilidad de cruce.

3.2.1 Distancia de parada.

Se define como distancia de parada D_p , la distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto que motiva la detención. Comprende la distancia recorrida durante los tiempos de percepción, reacción y frenado. Se calculará mediante la expresión:

$$D_p = \frac{V \cdot t_p}{3,6} + \frac{V^2}{254 \cdot (f_l + i)}$$

- Siendo:
- D_p = distancia de parada (m).
 - V = velocidad (km/h).
 - f_l = coeficiente de rozamiento longitudinal
rueda-pavimento
 - i = inclinación de la rasante (en tanto por uno).
 - t_p = tiempo de percepción y reacción (s).

A efectos de la presente norma se considerará como distancia de parada mínima, la obtenida a partir del valor de la velocidad de proyecto.

A efectos de cálculo, el coeficiente de rozamiento longitudinal para diferentes valores de velocidad se obtendrá de la tabla 3.1. Para valores intermedios de dicha

velocidad se podrá interpolar linealmente en dicha tabla. El valor del tiempo de percepción y reacción se tomará igual a dos segundos (2 s).

TABLA 3.1

V (km/h)	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40
f_r	0,284	0,293	0,302	0,310	0,319	0,328	0,337	0,346	0,355	0,364	0,373	0,382	0,390

En la figura 3.1 se representan los valores de la distancia de parada en función de la velocidad, para distintas inclinaciones de la rasante.

3.2.2 Visibilidad de parada.

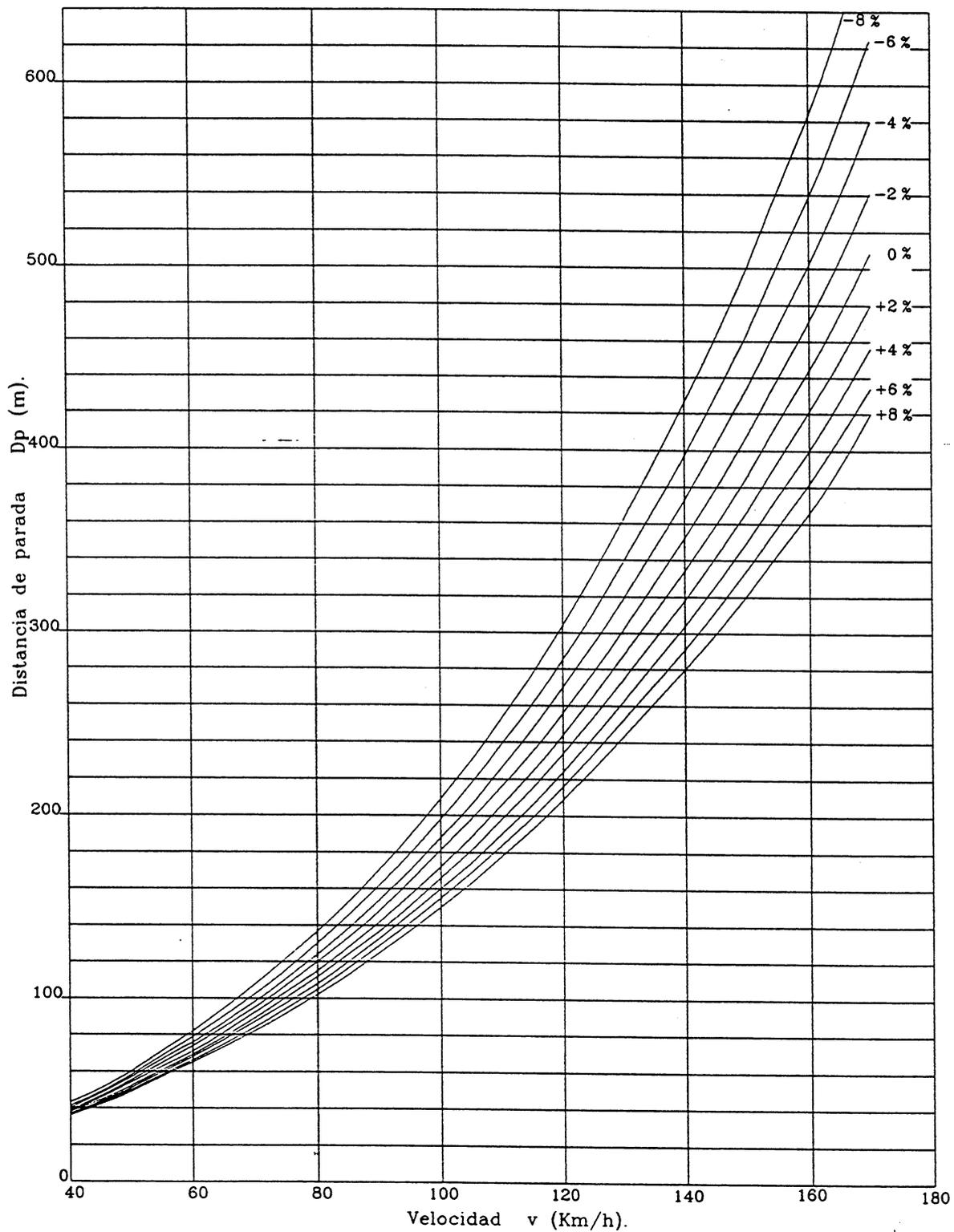
Se considerará como visibilidad de parada la distancia a lo largo de un carril que existe entre un obstáculo situado sobre la calzada y la posición de un vehículo que circula hacia dicho obstáculo, en ausencia de vehículos intermedios, en el momento en que puede divisarlo sin que luego desaparezca de su vista hasta llegar al mismo.

A efectos de aplicación de la presente norma, las alturas del obstáculo y del punto de vista del conductor sobre la calzada se fijan en quince centímetros (15 cm) y un metro con veinte centímetros (1,20 m), respectivamente.

La distancia del punto de vista al obstáculo se medirá a lo largo de una línea paralela al eje de la calzada y trazada a un metro con cincuenta centímetros (1,50 m) del borde derecho de cada carril, por el interior del mismo y en el sentido de la marcha.

La visibilidad de parada se calculará siempre para condiciones óptimas de iluminación, excepto en el dimensionamiento de acuerdos verticales cóncavos, en cuyo caso se considerarán las condiciones de conducción nocturna (apartado 5.3.2.1).

Figura 3.1
Distancia de parada.



La visibilidad de parada será igual o superior a la distancia de parada mínima, siendo deseable que supere la distancia de parada calculada con la velocidad de proyecto incrementada en veinte kilómetros por hora (20 km/h). En cualquiera de estos casos se dice que existe visibilidad de parada.

En el caso de que no exista visibilidad de parada mínima por motivos suficientemente justificados, se establecerán las medidas oportunas.

3.2.3 Distancia de adelantamiento.

Se define como distancia de adelantamiento (D_a), la distancia necesaria para que, en condiciones de seguridad, un vehículo pueda adelantar a otro que circula a menor velocidad, en presencia de un tercero que circula en sentido opuesto.

La distancia de adelantamiento (D_a), se obtendrá como suma de las dos distancias siguientes:

- Distancia recorrida por un vehículo que circula a la velocidad de proyecto incrementada en veinte kilómetros por hora (20 km/h), desde que ha iniciado la maniobra de adelantamiento de otro, que lo hace a la velocidad de proyecto, y hasta que retorna a su carril (desistiendo o culminando dicha maniobra).

- Distancia recorrida por un vehículo que circula a la velocidad de proyecto incrementada en veinte kilómetros por hora (20 km/h), en sentido opuesto, sin ser obligado a disminuir bruscamente su velocidad, mientras se realiza la maniobra de adelantamiento.

A efectos de aplicación de la presente norma, se tomarán los valores de D_a indicados en la tabla 3.2.

TABLA 3.2

V_p (Km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
D_a (m)	242	288	333	379	424	470	515	560	606	652	697	743	788

Siendo: V_p , velocidad de proyecto.

D_a , distancia de adelantamiento.

3.2.4 Visibilidad de adelantamiento.

Se considerará como visibilidad de adelantamiento la distancia que existe a lo largo del carril por el que se realiza el mismo entre el vehículo que efectúa la maniobra de adelantamiento y el vehículo que circula en sentido opuesto, en el momento en que puede divisarlo, sin que luego desaparezca de su vista hasta finalizar el adelantamiento.

A efectos de aplicación de la presente norma, para el cálculo de la visibilidad de adelantamiento, se considerará que el punto de vista del conductor al igual que el del vehículo contrario se sitúa a un metro con veinte centímetros (1,20 m) sobre la calzada.

La distancia entre el vehículo que adelanta y el que circula en sentido opuesto, se medirá a lo largo del eje de la carretera.

Se procurará obtener la máxima longitud posible en que la visibilidad de adelantamiento sea superior a la distancia de adelantamiento (D_a) en carreteras de dos sentidos en una calzada. Donde se obtenga, se dice que existe visibilidad de adelantamiento y su proporción mínima deseable será del sesenta por ciento (60%)

por cada sentido de circulación. En carreteras de calzadas separadas no es necesario tener en cuenta la visibilidad de adelantamiento.

3.2.5 Distancia de cruce.

Se define como distancia de cruce (D_c), la longitud de carretera que debe ser vista por el conductor de un vehículo que pretende atravesar dicha carretera (vía preferente). Se calculará mediante la fórmula:

$$D_c = \frac{V \cdot t_c}{3,6}$$

Siendo: D_c la distancia de cruce (m).

V la velocidad (km/h) de la vía preferente.

t_c el tiempo en segundos que se tarda en realizar la maniobra completa de cruce.

El valor de t_c se obtiene de la fórmula:

$$t_c = t_p + \sqrt{\frac{2 \cdot (3 + l + w)}{9,8 \cdot j}}$$

Siendo: t_p = el tiempo de reacción y percepción del conductor, en segundos. Se adoptará siempre un valor constante igual a dos segundos ($t_p = 2$ s).

l = la longitud en metros del vehículo que atraviesa la vía principal. Se considerarán los siguientes valores, en función del estudio del tipo de tráfico en el cruce:

l = 18 m para vehículos articulados

l = 10 m para vehículos pesados rígidos

l = 5 m para vehículos ligeros

w = anchura del total de carriles, (m), de la vía principal.

j = aceleración del vehículo que realiza la maniobra de cruce, en unidades "g". Se tomará un valor de **j** = 0,15 para vehículos ligeros, **j** = 0,075 para vehículos pesados rígidos, y **j** = 0,055 para vehículos articulados.

A efectos de la presente norma se considerará como distancia de cruce mínima, la obtenida a partir del valor de la velocidad de proyecto de la vía preferente.

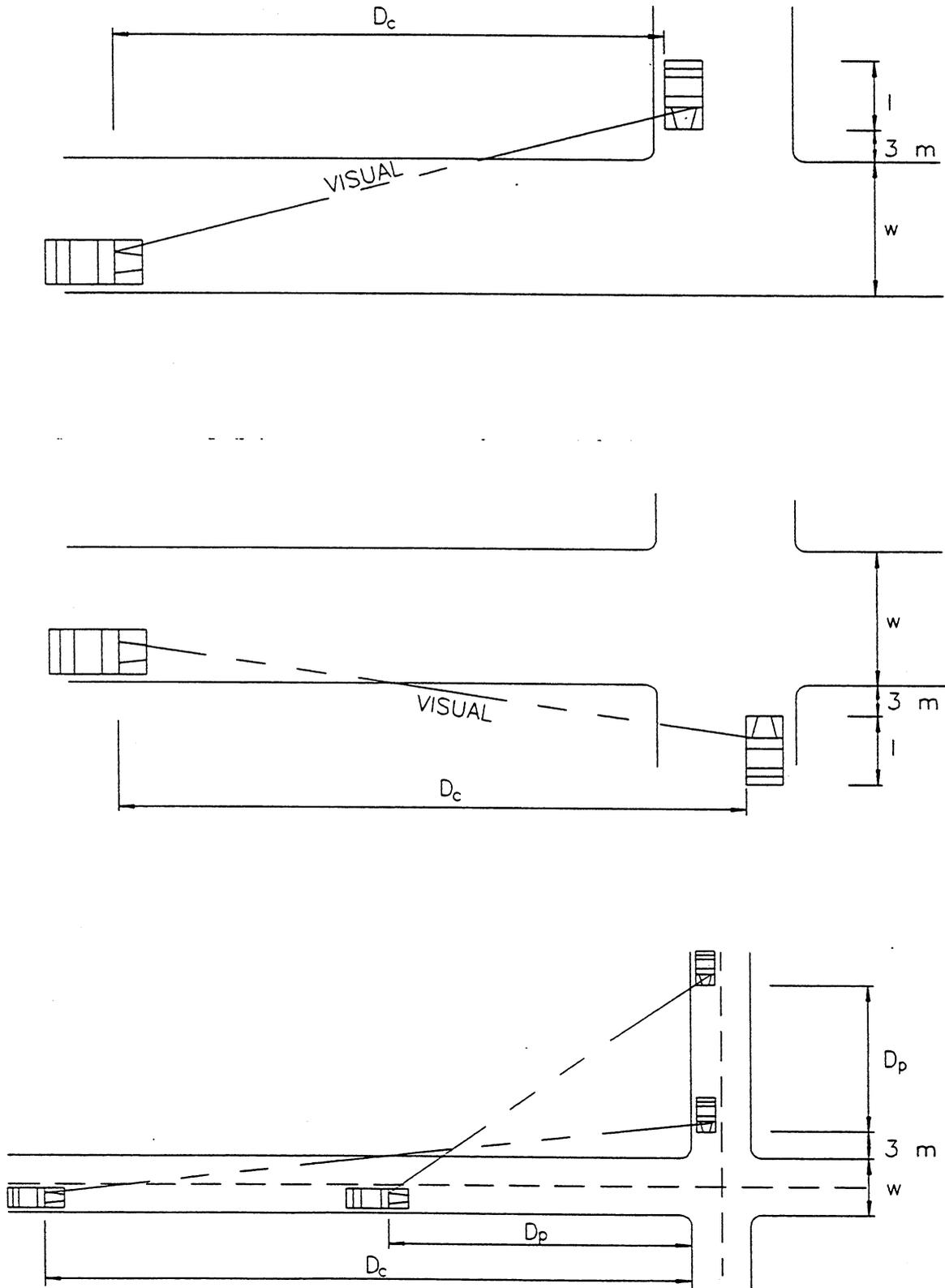
3.2.6 Visibilidad de cruce.

Se considerará como visibilidad de cruce, la distancia que precisa un vehículo para poder cruzar otra vía que intersecta su trayectoria. Está determinada por la condición de que el conductor del vehículo que espera para cruzar pueda ver si se acerca otro vehículo y, en este caso, juzgar si éste se halla a distancia suficiente para poder finalizar la maniobra de cruce antes de que llegue a su posición el segundo vehículo (figura 3.2).

Se considerará a todos los efectos que el vehículo que realiza la maniobra de cruce parte del reposo y está situado a una distancia, medida perpendicularmente al borde del carril más próximo de la vía preferente, de tres metros (3 m).

Todas las intersecciones se proyectarán de manera que tengan una visibilidad de cruce superior a la distancia de cruce mínima, siendo deseable que supere a la

Figura 3.2
Visibilidad de cruce.



obtenida a partir del valor de la velocidad de proyecto incrementada en veinte kilómetros por hora (20 km/h). En cualquiera de estos casos se dice que existe visibilidad de cruce.

CAPÍTULO 4 TRAZADO EN PLANTA.

4.1 Generalidades.

El trazado en planta de un tramo se compondrá de la adecuada combinación de alineaciones de los siguientes tipos: recta, curva circular y curva de transición.

En proyectos de carreteras de calzadas separadas, se considerará la posibilidad de trazar las calzadas a distinto nivel o con ejes diferentes, cuando el terreno así lo aconseje.

La definición del trazado en planta se referirá a un eje, que define un punto en cada sección transversal. En general, salvo en casos suficientemente justificados, se adoptará para la definición del eje:

*** *En carreteras de calzadas separadas***

- *el centro de la mediana, si ésta fuera de anchura constante o con variación de anchura aproximadamente simétrica*
- *el borde interior de la calzada a proyectar en el caso de duplicaciones*
- *el borde interior de cada calzada en cualquier otro caso*

*** *En carreteras de calzada única***

- *el centro de la calzada, sin tener en cuenta eventuales carriles adicionales*

4.2 Rectas.

Para evitar problemas relacionados con el cansancio, deslumbramientos, excesos de velocidad, etc es necesario limitar las longitudes de las alineaciones rectas.

A efectos de la presente norma, las longitudes máxima y mínima admisibles de una alineación recta, función de la velocidad específica, vendrán dadas por las expresiones siguientes:

$$L_{\min.s} = 1,39 \cdot V_1$$

$$L_{\min.o} = 2,78 \cdot V_1$$

$$L_{\max} = 80 \cdot V_1 + 184,46$$

Siendo: $L_{\min.s}$ = longitud mínima (m) para tramos en "S" (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura de sentido contrario).

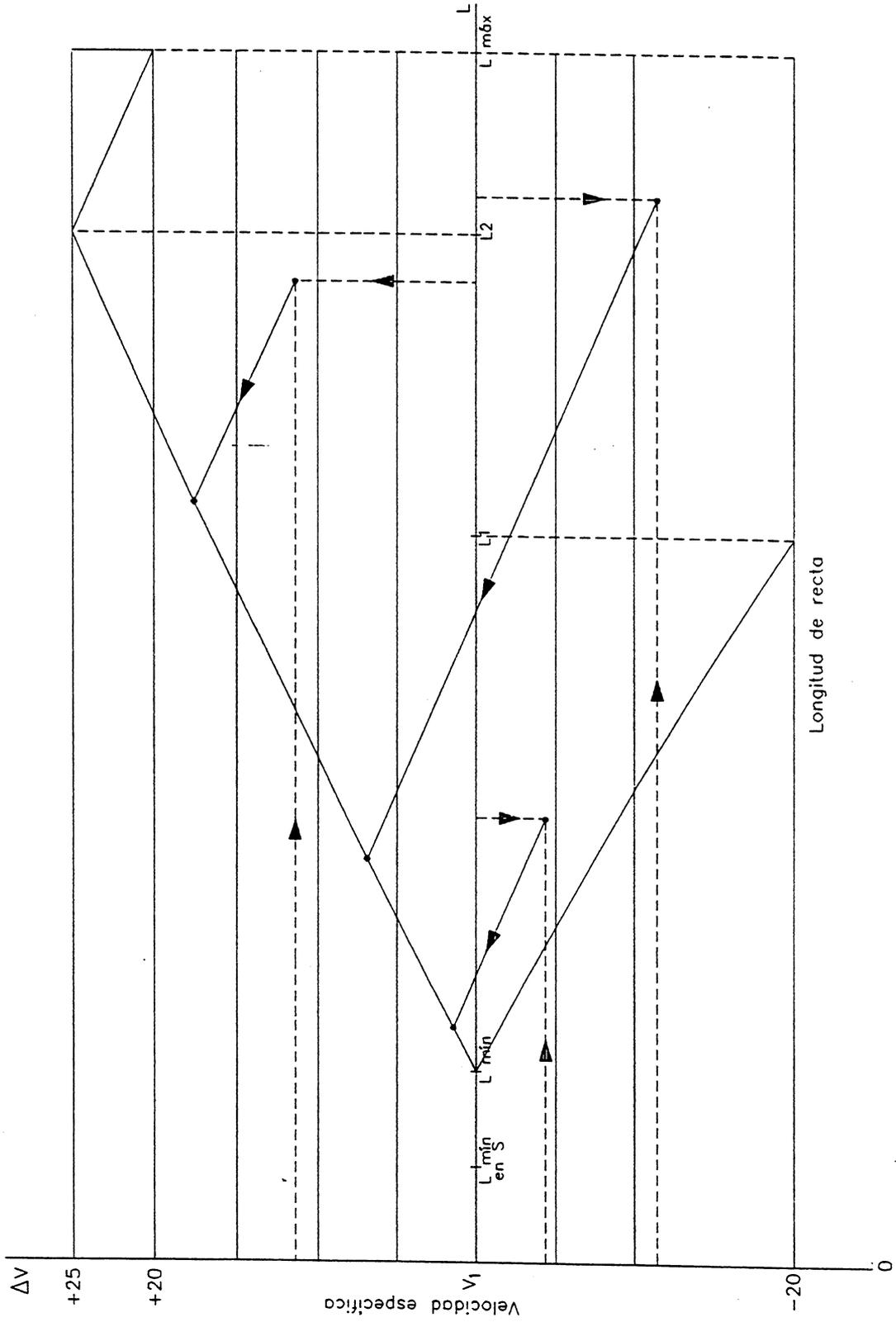
$L_{\min.o}$ = longitud mínima (m) para el resto de casos (alineación recta entre alineaciones curvas con radios de curvatura del mismo sentido).

L_{\max} = longitud máxima (m).

V_1 = velocidad específica (km/h) de la alineación anterior a la recta, en el sentido de la marcha.

Para el cálculo de la velocidad específica de una alineación recta de longitud dada L , situada entre dos alineaciones curvas, cuyas velocidades específicas sean V_1 para la primera y V_2 para la segunda consideradas en el sentido de la marcha del vehículo, (figura 4.1) se procederá de la siguiente forma:

Figura 4.1
Velocidad específica en rectas.



Primero. Se determinarán para V_1 , velocidad específica (km/h) de la curva anterior a la recta según el sentido de la marcha, los siguientes valores significativos de longitudes (tabla 4.1), además de los ya indicados $L_{\min.s}$, $L_{\min.o}$, $L_{\max.}$:

$$L_1 = 11,46 \cdot V_1 - 86,81$$

$$L_2 = 13,63 \cdot V_1 + 135,63$$

Siendo: L_1 la longitud correspondiente a V_2 mínima y L_2 la longitud correspondiente a V_2 máxima (figura 4.1).

Segundo. Se calculará para L , longitud total de la recta (m), los valores mínimo y máximo posibles de V_2 , velocidad específica de la curva posterior a la recta según el sentido de la marcha (km/h), mediante las siguientes fórmulas:

$$L_{\min.s} \leq L \leq L_{\min.o} \Rightarrow V_{2 \min} = V_{2 \max} = V_1$$

$$L_{\min.o} < L \leq L_1 \Rightarrow V_{2 \min} = \sqrt{V_1^2 + 12,80 \cdot V_1 - 4,608 \cdot L}$$

$$V_{2 \max} = \sqrt{V_1^2 - 12,80 \cdot V_1 + 4,608 \cdot L}$$

$$L_1 < L \leq L_2 \Rightarrow V_{2 \min} = V_1 - 20$$

$$V_{2 \max} = \sqrt{V_1^2 - 12,80 \cdot V_1 + 4,608 \cdot L}$$

TABLA 4.1

V_1 (km/h)	$L_{min.s}$ (m)	$L_{min.o}$ (m)	L_1 (m)	L_2 (m)	L_{max} (m)
40	56	111	372	681	816
50	69	139	486	817	974
60	83	167	601	953	1132
70	97	194	715	1090	1290
80	111	222	830	1226	1448
90	125	250	944	1362	1606
100	139	278	1059	1498	1764
110	153	306	1174	1635	1922
120	167	333	1288	1771	2080
130	181	361	1403	1907	2238
140	194	389	1517	2044	2396
150	208	417	1632	2180	2554
160	222	444	1747	2316	2712
170	236	472	1861	2452	2870
180	250	500	1976	2589	3028

$$L_2 < L \leq L_{m\acute{a}x} \Rightarrow V_{2\ m\acute{a}x} = V_1 - 20$$

$$V_{2\ m\acute{a}x} = \sqrt{V_1^2 + 112,8 \cdot V_1 - 4,608 \cdot L + 1250}$$

Tercero. Se comprobará que V_2 está dentro de los límites de valores posibles, y se calculará V_r (velocidad específica de la recta), mediante la siguiente fórmula:

$$V_r = \sqrt{\frac{V_1^2 + V_2^2 - 12,81 \cdot V_1 + 4,608 \cdot L}{2}}$$

Si V_2 no está dentro de los límites de valores posibles, las hipótesis consideradas no serán válidas y se deberá modificar el valor de alguno de los parámetros (V_1 , V_2 o L), modificando el diseño del trazado para que se cumplan las condiciones impuestas.

En general, para carreteras de calzadas separadas se emplearán alineaciones rectas en tramos singulares que así lo justifiquen, y en particular en terrenos llanos, en valles de configuración recta, por conveniencia de adaptación a otras infraestructuras lineales, o en las proximidades de cruces, zonas de detención obligada, etc.

4.3 Curvas circulares.

4.3.1 Generalidades.

Fijada una cierta velocidad de proyecto, el radio mínimo a adoptar en las curvas circulares se determinará en función de:

- El peralte y el rozamiento transversal movilizado.
- La visibilidad de parada en toda su longitud.
- La coordinación del trazado en planta y alzado, especialmente para evitar pérdidas de trazado (ver capítulo 6).

4.3.2 Radios y peraltes.

A efectos de aplicación de la presente norma, el peralte máximo, se limitará, en cualquier circunstancia, al 8 %, estableciéndose la ley de peraltes siguiente :

$$100 \leq R \leq 700 \rightarrow p = 8$$
$$700 \leq R \leq 5000 \rightarrow p = 8 - 7,3 \cdot (1 - 700/R)^{1,3}$$
$$5000 \leq R < 7500 \rightarrow p = 2$$
$$7500 \leq R \rightarrow \text{Bombeo}$$

siendo R el radio (m) y p el peralte (%) (figura 4.2).

4.3.3 Características de las curvas circulares.

La velocidad, el radio, el peralte y el coeficiente de rozamiento transversal movilizado se relacionarán mediante la fórmula

$$V_s^2 = 127 \cdot R \cdot (f_t + p/100)$$

- siendo:
- V_s = velocidad (km/h)
 - R = radio de la circunferencia (m)
 - f_t = coeficiente de rozamiento transversal movilizado
 - p = peralte (%)

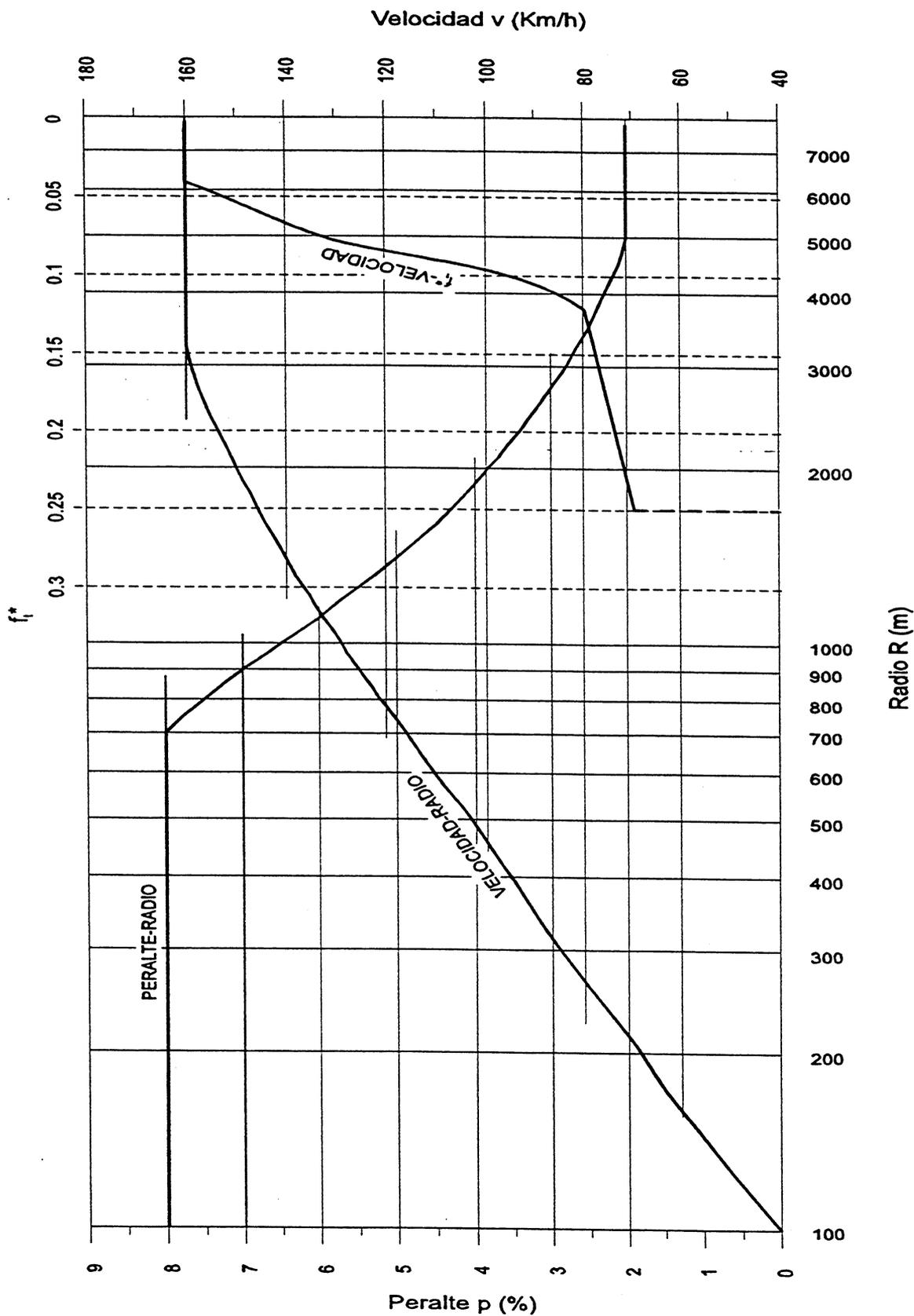
Para toda curva circular en el tronco de la calzada , con el peralte que le corresponde según se indica en el apartado 4.3.2, se cumplirán las siguientes limitaciones:

- Recorrida la curva circular a velocidad igual a la específica, no se sobrepasarán los valores de f_t de la tabla 4.2.

TABLA 4.2

V. (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
f_t	0,157	0,148	0,140	0,131	0,122	0,113	0,104	0,090	0,087	0,078	0,066	0,053	0,040

Figura 4.2
Relación radio-peralte-velocidad- f_t



NOTA: f_t^* es el coeficiente de rozamiento transversal movilizado, considerado (valor mas restrictivo).

- Recorrida la curva circular a velocidad igual a la específica aumentada en veinte kilómetros por hora (20 km/h), el valor de f_c será menor o igual que 0,25.
- Recorrida la curva circular a velocidad de sesenta kilómetros por hora (60 km/h), el valor de f_c será superior a -0,04.

En la tabla 4.3 se incluye la relación entre los radios y peraltes correspondientes a diferentes velocidades específicas.

4.3.4 Desarrollo mínimo.

En general, la variación de acimut entre los extremos de toda curva circular, será mayor o igual que nueve gonios (9°).

4.4 Curvas de transición.

4.4.1 Generalidades.

Las curvas de transición tienen por objeto evitar las discontinuidades en la curvatura de la traza, por lo que, en su diseño deberán ofrecer las mismas condiciones de seguridad, comodidad y estética que el resto de los elementos del trazado.

4.4.2 Forma y características de las curvas de transición.

Se adoptará en todos los casos como curva de transición la clotoide, cuya ecuación intrínseca sea:

$$R \cdot L = A^2$$

TABLA 4.3
RELACIÓN RADIO-PERALTE-VELOCIDAD ESPECIFICA ⁽²⁾

Radio (m)	Peralte (%)	V (km/h)
100	8,0	40
125	8,0	50
150	8,0	55
175	8,0	60
200	8,0	70
250	8,0	80
300	8,0	85
350	8,0	90
400	8,0	95
450	8,0	100
500	8,0	104
550	8,0	108
600	8,0	112
650	8,0	116
700	8,0	120
750	7,8	124
800	7,5	126
850	7,2	128
900	7,0	130
950	6,7	131
1000	6,5	133
1100	6,0	135
1200	5,7	138
1300	5,3	140
1400	5,0	142
1500	4,8	144
1600	4,5	145
1700	4,3	147
1800	4,2	148
1900	4,0	150
2000	3,8	151
2100	3,7	152
2200	3,6	153
2300	3,4	154
2400	3,3	155
2500	3,2	156
2750	3,0	159
3000	2,8	160
3250	2,7	160
3500	2,5	160
3750	2,4	160
4000	2,3	160
4250	2,2	160
4500	2,1	160
4750	2,1	160
5000	2,0	160
5500	2,0	160
6000	2,0	160
6500	2,0	160
7000	2,0	160
7500	Bombeo	170

⁽²⁾ Esta tabla sólo es de aplicación en el tronco de la calzada.

siendo:

R = radio de curvatura en un punto cualquiera

L = longitud de la curva entre su punto de inflexión ($R = \infty$) y el punto de radio R

A = parámetro de la clotoide, característico de la misma

Otros valores a considerar son (figura 4.3):

R_o = radio de la curva circular contigua

L_o = longitud total de la curva de transición

ΔR_o = retranqueo de la curva circular

X_o, Y_o = coordenadas del punto de tangencia de la clotoide y de la circunferencia, referidas a la tangente y normal a la clotoide en su punto de inflexión

X_m, Y_m = coordenadas del centro de la curva circular (retranqueada) respecto a los mismos ejes

α_L = ángulo de desviación que forma la alineación recta del trazado con la tangente en un punto de la clotoide

En radianes: $\alpha_L = \frac{L}{2R}$

En grados centesimales: $\alpha_L = 31,83 \frac{L}{R}$

α_{Lo} = ángulo de desviación en el punto de tangencia con la curva circular

Ω = ángulo entre las rectas tangentes a dos clotoides consecutivas en sus puntos de inflexión

V = vértice, punto de intersección de las rectas tangentes a dos clotoides consecutivas en sus puntos de inflexión

T = tangente, distancia entre el vértice y el punto de inflexión de una clotoide

4.4.3 Longitud mínima.

La longitud de la curva de transición deberá superar la necesaria para cumplir las limitaciones que se indican a continuación.

4.4.3.1 Limitación de la aceleración centrífuga.

La variación de la aceleración centrífuga deberá limitarse a un valor J aceptable desde el punto de vista de la comodidad.

Suponiendo que la clotoide se recorre a velocidad uniforme, igual a su velocidad específica, el parámetro A en metros, deberá cumplir la condición siguiente:

$$A_{\min} = \sqrt{\frac{V_e \cdot R_o}{46,656 \cdot J} \cdot \left[\frac{V_e^2}{R_o} - 1,27 \cdot p \right]}$$

Siendo:

V_e = Velocidad específica de la clotoide (km/h).

J = Variación de la aceleración centrífuga (m/s^3).

p = Peralte de la curva circular contigua (%).

R_o = Radio de la curva circular contigua

lo que supone una longitud mínima (L_{\min}) de la clotoide en metros dada por la expresión:

$$L_{\min} = \frac{V_e}{46,656 \cdot J} \cdot \left(\frac{V_e^2}{R_o} - 1,27 \cdot p \right)$$

A efectos prácticos, se adoptarán para J los valores indicados en la tabla 4.4.

Sólo se utilizarán los valores de J_{\max} cuando suponga una economía tal que justifique suficientemente esta restricción en el trazado, en detrimento de la comodidad.

TABLA 4.4.

V_e (km/h)	$V_e < 80$	$80 \leq V_e < 100$	$100 \leq V_e < 120$	$120 \leq V_e$
J (m/s^3)	0,5	0,4	0,4	0,4
J_{\max} (m/s^3)	0,7	0,6	0,5	0,4

4.4.3.2 Limitación por transición del peralte.

La variación de la inclinación transversal entre recta y curva o entre curvas requerirá una longitud mínima de la curva de transición de forma que no se supere un determinado valor máximo de la inclinación que cualquier borde de la calzada tenga con relación a la del eje de giro del peralte.

A efectos de aplicación de la presente norma, esta variación se limitará a un máximo del cuatro por ciento (4%) por segundo para la velocidad específica, con lo que resulta un valor de la longitud mínima de:

$$L_{\min} = \frac{V_e \cdot P}{14,4}$$

Siendo:

L_{\min} = longitud (m)

V_e = velocidad específica (km/h)

p = peralte (%)

4.4.3.3 Consideraciones estéticas.

Para que la presencia de una curva de transición resulte fácilmente perceptible por el conductor, se deberá cumplir simultáneamente que:

- La variación de acimut entre los extremos de la clotoide sea mayor o igual que 1/20 radianes.
- La variación de acimut entre los extremos de la clotoide, sea mayor o igual que la quinta parte del ángulo total de giro entre las alineaciones rectas consecutivas en que se inserta la clotoide (figura 4.3).

- El retranqueo de la curva circular será mayor o igual que cincuenta centímetros (50 cm).

Es decir, se deberán cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

$$L_{\min} = \frac{R_o}{10} \Rightarrow A_{\min} = \frac{R_o}{\sqrt{10}}$$

$$L_{\min} = \frac{\pi \cdot \Omega}{500} \cdot R_o \Rightarrow A_{\min} = R_o \sqrt{\frac{\pi \cdot \Omega}{500}}$$

$$L_{\min} = 2 \sqrt{3 \cdot R_o} \Rightarrow A_{\min} = (12 \cdot R_o^3)^{1/4}$$

Siendo:

L_{\min} = longitud (m).

R_o = radio de la curva circular (m).

Ω = ángulo de giro entre alineaciones rectas (gonios).

4.4.4 Valores mínimos.

En carreteras de calzadas separadas, o vías rápidas en las que esté prevista la duplicación de calzadas, el parámetro mínimo será en todos los casos $A_{\min} = 180$ m.

En general, siempre que sea factible, las longitudes de las clotoides serán superiores a los valores mínimos.

4.5 Enlace entre tramos y elementos de trazado consecutivos.

4.5.1 Enlace entre tramos consecutivos.

La variación de la velocidad de planeamiento entre dos tramos consecutivos, será igual o menor que treinta kilómetros por hora (30 km/h), salvo expresa y fundada justificación.

4.5.2 Enlace entre elementos de trazado consecutivos.

La variación de la velocidad específica entre elementos de trazado consecutivos, será igual o menor que veinte kilómetros por hora (20 km/h), excepto en el caso de ser uno de los elementos una alineación recta. En este caso se admitirá una variación máxima entre velocidades específicas de veinticinco kilómetros por hora (25 km/h).

Las clotoides contiguas a una alineación circular (incluso clotoides de vértice), deberán ser simétricas siempre que sea posible.

En general para curvas circulares de radio mayor o igual que cinco mil metros (5000 m) no es necesario utilizar curvas de transición.

En el caso de que no puedan evitarse ángulos de giro entre rectas (Ω) inferiores a seis gonios (6°), para mejorar la percepción visual, se realizará la unión de las mismas mediante una curva circular, sin clotoides, de radio tal que se cumpla:

$$D_c \geq 325 - 25 \cdot \Omega \quad (\text{Tabla 4.5})$$

siendo : D_c = desarrollo de la curva (m)
 Ω = ángulo entre las alineaciones rectas (gonios)

TABLA 4.5

Ángulo entre las alineaciones (gonios)	6	5	4	3	2
Desarrollo mínimo de la curva circular (m)	175	200	225	250	275
Radio mínimo (m)	2000	2500	3500	5500	9000

Para ángulos de giro entre rectas ligeramente superiores a seis gonios (6°), se comprobará siempre que la suma de las longitudes de las curvas de transición y de la curva circular, sea superior a los desarrollos mínimos indicados en la tabla 4.6.

TABLA 4.6

Desarrollo mínimo de las curvas (m)	175	200	225	250	275
Radio mínimo (m)	2000	2500	3500	5500	9000

El ángulo entre dos alineaciones rectas consecutivas no será inferior a dos gonios (2°).

4.6 Transición del peralte.

La transición del peralte deberá llevarse a cabo combinando las tres condiciones siguientes:

- Características dinámicas aceptables para el vehículo.
- Rápida evacuación de las aguas de la calzada.

- Sensación estética agradable.

En general la transición del peralte se desarrollará a lo largo de la curva de transición en planta (clotoide), en dos tramos, habiéndose desvanecido previamente el bombeo (figura 4.4).

El desvanecimiento del bombeo se hará en la alineación recta e inmediatamente antes de la tangente de entrada, en una longitud de cuarenta metros (40 m) en carreteras de calzadas separadas y en una longitud de veinte metros (20 m) en carreteras de calzada única, y de la siguiente forma:

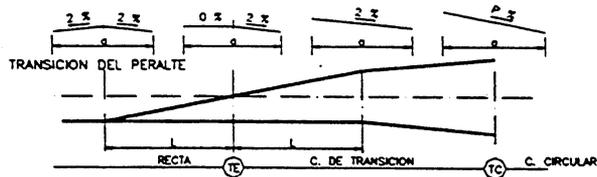
- Bombeo con dos pendientes. Se mantendrá el bombeo en el lado de plataforma que tiene el mismo sentido que el peralte subsiguiente, desvaneciéndose en el lado con sentido contrario al peralte.
- Bombeo con pendiente única del mismo sentido que el peralte subsiguiente. Se mantendrá el bombeo hasta el inicio de la clotoide.
- Bombeo con pendiente única de sentido contrario al peralte subsiguiente. Se desvanecerá el bombeo de toda la plataforma.

La transición del peralte propiamente dicha se desarrollará en los dos tramos siguientes:

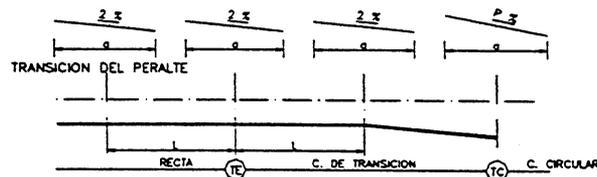
- Desde el punto de inflexión de la clotoide (peralte nulo) al dos por ciento (2%) en una longitud de cuarenta metros (40 m), para carreteras de calzadas separadas, y de veinte metros (20 m) para carreteras de calzada única.

Figura 4.4
Transición del peralte.

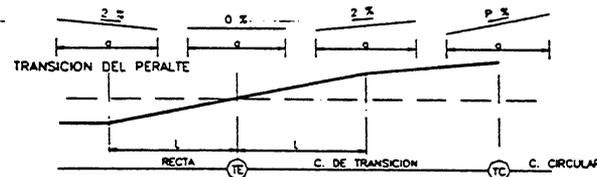
Bombeo con dos pendientes.
SECCION TRANSVERSAL



Bombeo con pendiente unica del mismo sentido que el peralte.
SECCION TRANSVERSAL

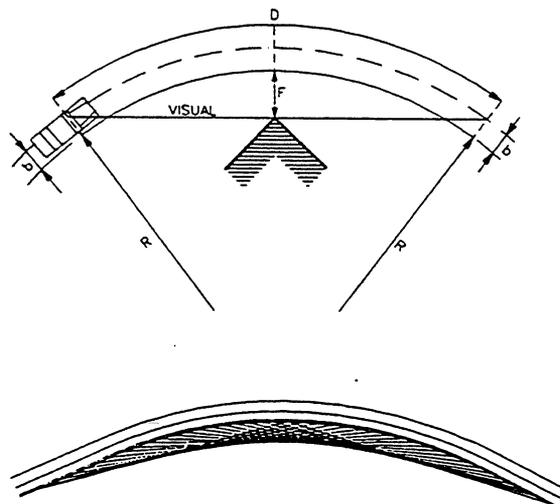


Bombeo con pendiente unica de sentido contrario al peralte.
SECCION TRANSVERSAL



L = 40 m en carreteras de calzadas separadas.
L = 20 m en carreteras de calzada unica.
a = anchura de plataforma.

Figura 4.5
Visibilidad en curvas circulares.



- Desde el punto de peralte dos por ciento (2%), hasta el peralte correspondiente a la curva circular (punto de tangencia), el peralte aumentará linealmente.

En el caso de alineación recta unida a curva circular, se efectuará la transición del peralte sobre la alineación recta.

En el caso de dos curvas de transición del mismo sentido, entre las que se ha suprimido la recta de enlace, se mantendrá un peralte del dos por ciento (2%), en el mismo sentido de las curvas de transición, entre el punto de radio de curvatura de cinco mil metros (5000 m) y el punto de inflexión ($R = \infty$) para cada una de dichas curvas de transición. La transición del peralte se realizará en las curvas de transición, a partir del punto con radio de curvatura de cinco mil metros (5.000 m), y linealmente hasta el peralte correspondiente a la curva circular inmediata.

4.7 Visibilidad en curvas circulares.

El valor del despeje necesario para disponer de una determinada visibilidad en una curva circular (figura 4.5), se obtendrá aplicando la fórmula:

$$F = R - (R+b) \cdot \cos \left(\frac{31,83 \cdot D}{R+b} \right)$$

siendo:

b = distancia del punto de vista del conductor al borde interior de la calzada (m).

R = radio del borde interior de la calzada (m).

F = distancia mínima del obstáculo al borde interior de la calzada (m).

D = distancia de visibilidad (m).

El valor angular de la fórmula anterior, estará expresado en gonios.

CAPÍTULO 5 TRAZADO EN ALZADO.

5.1 Generalidades.

A efectos de definir el trazado en alzado se considerarán prioritarias las características funcionales de seguridad y comodidad, que se deriven de la visibilidad disponible, de la deseable ausencia de pérdidas de trazado y de una variación continua y gradual de parámetros.

Para la definición del alzado se adoptarán, salvo casos suficientemente justificados, los siguientes criterios:

*** En carreteras de calzadas separadas:**

- *La definición del alzado podrá ser común para ambas calzadas o diferente para cada una de ellas. En general el eje que lo defina coincidirá con el borde interior del carril más próximo a la mediana.*
- *Cuando se prevea un aumento de carriles a costa de la mediana, se considerará la conveniencia de adoptar el eje considerando la sección transversal ampliada.*

*** En carreteras de calzada única:**

- *El eje que define el alzado, coincidirá con el eje físico de la calzada (marca vial de separación de sentidos de circulación).*

5.2 Inclinación de las rasantes.

5.2.1 Valores extremos.

A efectos de aplicación de la presente norma, los valores máximos de inclinación de la rasante en rampas y pendientes, función de la velocidad de proyecto (V_p), serán los siguientes:

* *Carreteras de calzadas separadas*

V_p (km/h)	Rampa (%)	Pendiente (%)
120	4	5
100	4	5
80	5	6

* *Carreteras de calzada única*

- *Vías rápidas*

V_p (km/h)	Inclinación máxima (%)	Inclinación excepcional (%)
100	4	5
80	5	6

Cuando esté prevista una futura duplicación de calzada, sólo se considerará el valor de la inclinación máxima.

Carreteras convencionales

<i>V_p (km/h)</i>	<i>Inclinación máxima (%)</i>	<i>Inclinación excepcional (%)</i>
<i>100</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>80</i>	<i>5</i>	<i>7</i>
<i>60</i>	<i>5</i>	<i>7</i>

Los valores definidos como excepcionales, podrán incrementarse en un uno por ciento (1%) en casos suficientemente justificados, por razón del terreno (muy accidentado) o de baja intensidad de tráfico (IMD < 3000).

El valor mínimo de la inclinación de la rasante, no será inferior a cinco décimas por ciento (0,5%). Excepcionalmente, la rasante podrá alcanzar un valor menor, no inferior a dos décimas por ciento (0,2%). La inclinación de la línea de máxima pendiente en cualquier punto de la plataforma no será menor que cinco décimas por ciento (0,5%).

Salvo justificación en contrario, no se dispondrán rampas con la inclinación máxima establecida para cada velocidad y tipo de carretera, cuya longitud supere los tres mil metros (3.000 m). Esta limitación se considerará independientemente del estudio de carriles adicionales.

Salvo justificación en contrario, no se proyectarán longitudes de rampas o pendientes cuyo recorrido, a la velocidad de proyecto, sea inferior a diez segundos (dicha longitud se medirá entre vértices sucesivos).

5.2.2 Carriles adicionales.

Se establecerán carriles adicionales en rampa según lo previsto en el apartado 7.5.3 de la presente norma.

5.2.3 Túneles.

Los túneles de longitud igual o menor que quinientos metros (500 m) tendrán una sola inclinación de la rasante, salvo justificación en contrario.

En carreteras de calzadas separadas, se evitarán rampas mayores del tres por ciento (3%), y pendientes mayores del cinco por ciento (5%). En carreteras de calzada única, se evitarán inclinaciones de rasante mayores del tres por ciento (3%).

Cuando la longitud del túnel sea mayor que quinientos metros (500 m), sus características geométricas serán objeto de un estudio específico. En dicho estudio, junto con el trazado, se considerarán todos los aspectos relativos a la construcción, explotación y conservación.

En general, la combinación de inclinación y longitud de las rampas en túneles, deberán ser tales que no obliguen al diseño de carriles adicionales.

En cualquier caso, salvo justificación en contrario, el trazado en alzado del túnel será tal que en toda su longitud la velocidad de los vehículos pesados no sea inferior a sesenta kilómetros por hora (60 km/h).

5.3 Acuerdos verticales.

5.3.1 Generalidades.

La curva de acuerdo será una parábola de eje vertical (figura 5.1) de ecuación $y = \frac{x^2}{2 \cdot K_v}$, siendo K_v el radio de la circunferencia osculatriz en el vértice de dicha parábola, denominado comúnmente "parámetro".

Definiendo θ como el valor absoluto de la diferencia algebraica de las inclinaciones en los extremos del acuerdo en tanto por uno, se cumplirá que $K_v = \frac{L}{\theta}$ siendo L la longitud de la curva de acuerdo.

5.3.2 Condiciones de la curva de acuerdo.

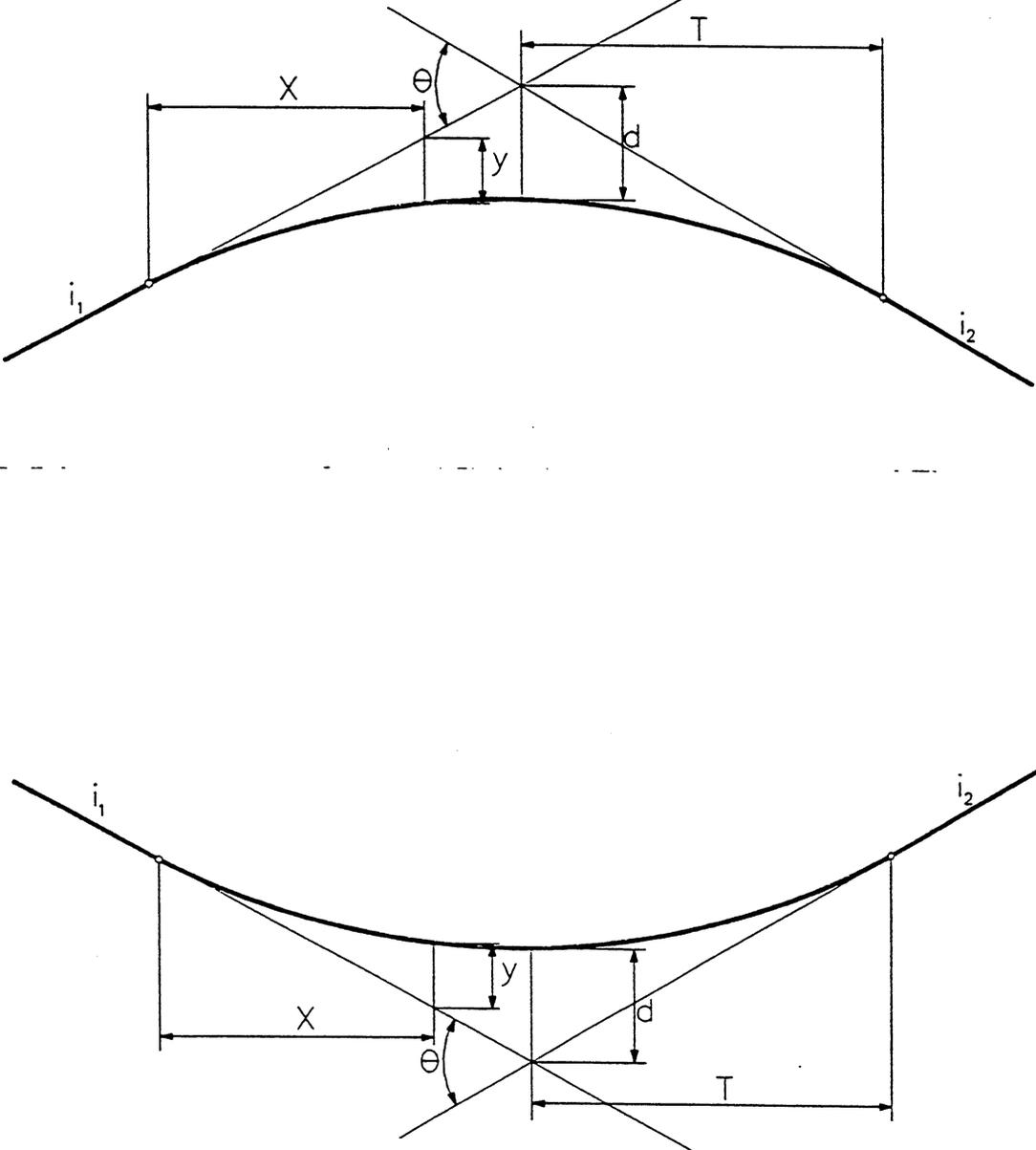
Los acuerdos verticales deberán ser tales que permitan una distancia de percepción que garantice una conducción segura.

5.3.2.1 Parámetros mínimos por consideraciones de visibilidad.

Será de aplicación lo especificado en el apartado 3.2. Para longitudes de la curva de acuerdo superiores a la distancia requerida en cada caso, el valor del parámetro K_v vendrá dado por las expresiones siguientes:

$$\text{En acuerdos convexos: } K_v = D^2 / 2 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2$$

Figura 5.1
Acuerdos verticales.



En acuerdos cóncavos: $K_v = D^2 / 2 \cdot (h - h_2 + D \cdot \operatorname{tg} \alpha)$

siendo:

K_v = parámetro de la parábola (m).

h_1 = altura del punto de vista sobre la calzada (m).

h_2 = altura del objeto sobre la calzada (m).

h = altura de los faros del vehículo (m).

α = ángulo que el rayo de luz de mayor pendiente del cono de luz forma con el eje longitudinal del vehículo.

D = distancia requerida (m).

Las fórmulas anteriores no serán válidas en el caso de que la distancia requerida sea superior a la longitud de la curva de acuerdo. En este supuesto, la condición establecida en el apartado 5.3.2.2 podrá aceptarse como válida para valores del parámetro superiores a los que se obtendrían para disponer de la distancia requerida.

Para comprobar si existe distancia de parada en los acuerdos se considerará:

$$h_1 = 1,20 \text{ m}; h_2 = 0,15 \text{ m}; h = 0,75 \text{ m}; \alpha = 1^\circ$$

Para comprobar si existe distancia de adelantamiento en los acuerdos convexos se considerará:

$$h_1 = h_2 = 1,20 \text{ m}$$

En los acuerdos cóncavos, no será necesaria la comprobación de la distancia de adelantamiento.

En la tabla 5.1 se recogen, para diferentes velocidades de proyecto, los valores del parámetro, con los que se obtiene la visibilidad de parada mínima y deseable, sin consideraciones de coordinación planta-alzado.

Cuando por consideraciones de coordinación planta-alzado, se justifique geoméricamente que se dispone de la distancia de parada exigible, podrán reducirse los valores indicados en la tabla 5.1.

TABLA 5.1
PARÁMETROS MÍNIMOS Y DESEABLES DE ACUERDOS VERTICALES

V _p (km/h)	Mínimo		Deseable	
	K _v convexo (m)	K _v cóncavo (m)	K _v convexo (m)	K _v cóncavo (m)
120	13600 <i>15270</i>	6150 <i>6625</i>	25350 <i>30780</i>	8700 <i>9801</i>
100	6800 <i>7125</i>	4150 <i>4348</i>	13600 <i>15270</i>	6150 <i>6625</i>
80	3050 <i>=</i>	2600 <i>2636</i>	6800 <i>7125</i>	4150 <i>4348</i>
60	1200 <i>1085</i>	1400 <i>1374</i>	3050 <i>=</i>	2600 <i>2636</i>

40 303 568 1085 1374

En el apartado 3.1-96 se han aumentado, sobre todo en la V. alta.

5.3.2.2 Parámetros mínimos por consideraciones estéticas.

La longitud de la curva de acuerdo cumplirá la condición:

$$L \geq V_p$$

siendo:

L = longitud de la curva de acuerdo (m).

V_p = velocidad de proyecto (km/h).

Cuando la longitud de la curva de acuerdo $L = K_v \cdot \theta$, obtenida para el valor del parámetro tomado de la tabla 5.1, sea inferior a V_p , se determinará el valor de K_v por la condición: $K_v \geq V_p/\theta$.

CAPÍTULO 6 COORDINACIÓN DE TRAZADOS EN PLANTA Y ALZADO.

La planta y el alzado del trazado de una carretera deberán estar coordinados de forma que el usuario pueda circular por ella de manera cómoda y segura. Concretamente se evitará que se produzcan pérdidas de trazado, definida ésta como el efecto que sucede cuando el conductor puede ver, en un determinado instante, dos tramos de carretera, pero no puede ver otro situado entre los dos anteriores.

Para conseguir una adecuada coordinación del trazado, para todo tipo de carretera, se tendrán en cuenta las siguientes condiciones :

- Los puntos de tangencia de todo acuerdo vertical, en coincidencia con una curva circular, estarán situados dentro de la clotoide en planta y lo más próximos al punto de radio infinito.
- En tramos donde sea previsible la aparición de hielo, la línea de máxima pendiente será igual o menor que el diez por ciento (10%).
- En carreteras con velocidad de proyecto igual a sesenta kilómetros por hora (60 km/h) y en carreteras de características reducidas, se cumplirá siempre que sea posible, la condición $K_v \geq \frac{100 \cdot R}{p}$. Si no fuese así, el cociente $\frac{K_v}{R}$ será como mínimo seis (6), siendo K_v el parámetro del acuerdo vertical (m), R el radio de la curva circular en planta (m), y p el peralte correspondiente a la curva circular (%).

A su vez se evitarán las siguientes situaciones:

- Alineación única en planta (recta o curva) que contenga un acuerdo vertical cóncavo o un acuerdo vertical convexo cortos (figura 6.1).

- Acuerdo convexo en coincidencia con un punto de inflexión en planta (figura 6.2).
- Alineación recta en planta con acuerdos convexo y cóncavo consecutivos (figura 6.3).
- Alineación recta seguida de curva en planta en correspondencia con acuerdos convexo y cóncavo (figura 6.4).
- Alineación curva, de desarrollo corto, que contenga un acuerdo vertical cóncavo corto (figura 6.5).
- Conjunto de alineaciones en planta en que se puedan percibir dos acuerdos verticales cóncavos o dos acuerdos verticales convexos simultáneamente (figura 6.6).

Además de las condiciones anteriores, en carreteras de calzadas separadas y vías rápidas se evitará:

- Un acuerdo cóncavo en coincidencia con un punto de inflexión en planta (figura 6.7).
- Acuerdos cortos entre pendientes largas dentro de una misma alineación en planta (figura 6.8).
- Rasantes uniformes entre acuerdos consecutivos del mismo signo (cóncavos, o convexos) dentro de una misma alineación en planta (figura 6.9).
- Curvas en planta cortas dentro de un acuerdo vertical largo (figura 6.10).

Cuando se utilicen elementos de trazado de parámetros amplios,⁽³⁾ podrán admitirse otras combinaciones planta-alzado. En este caso se justificará adecuadamente que, debido a la amplitud de los elementos, no se produce el efecto a que el incumplimiento de tales condiciones de coordinación da lugar utilizando parámetros más ajustados.

⁽³⁾ Curvas circulares con radios en planta mayores o iguales que dos mil metros (2000 m) o acuerdos verticales con parámetros mayores o iguales que quince mil metros (15000 m).

Figura 6.1

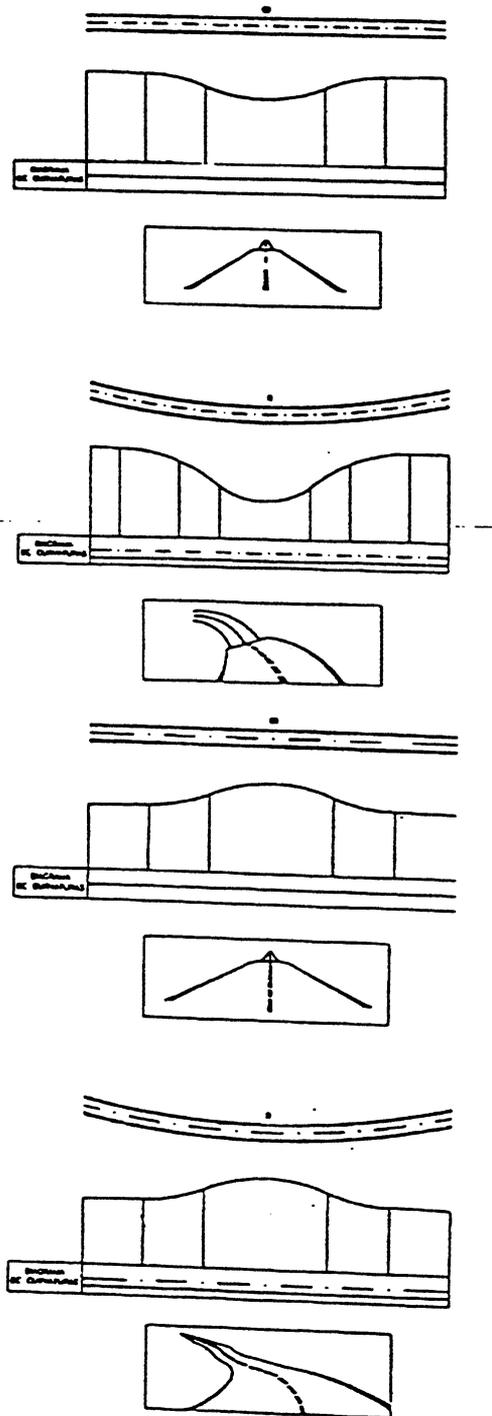


Figura 6.2

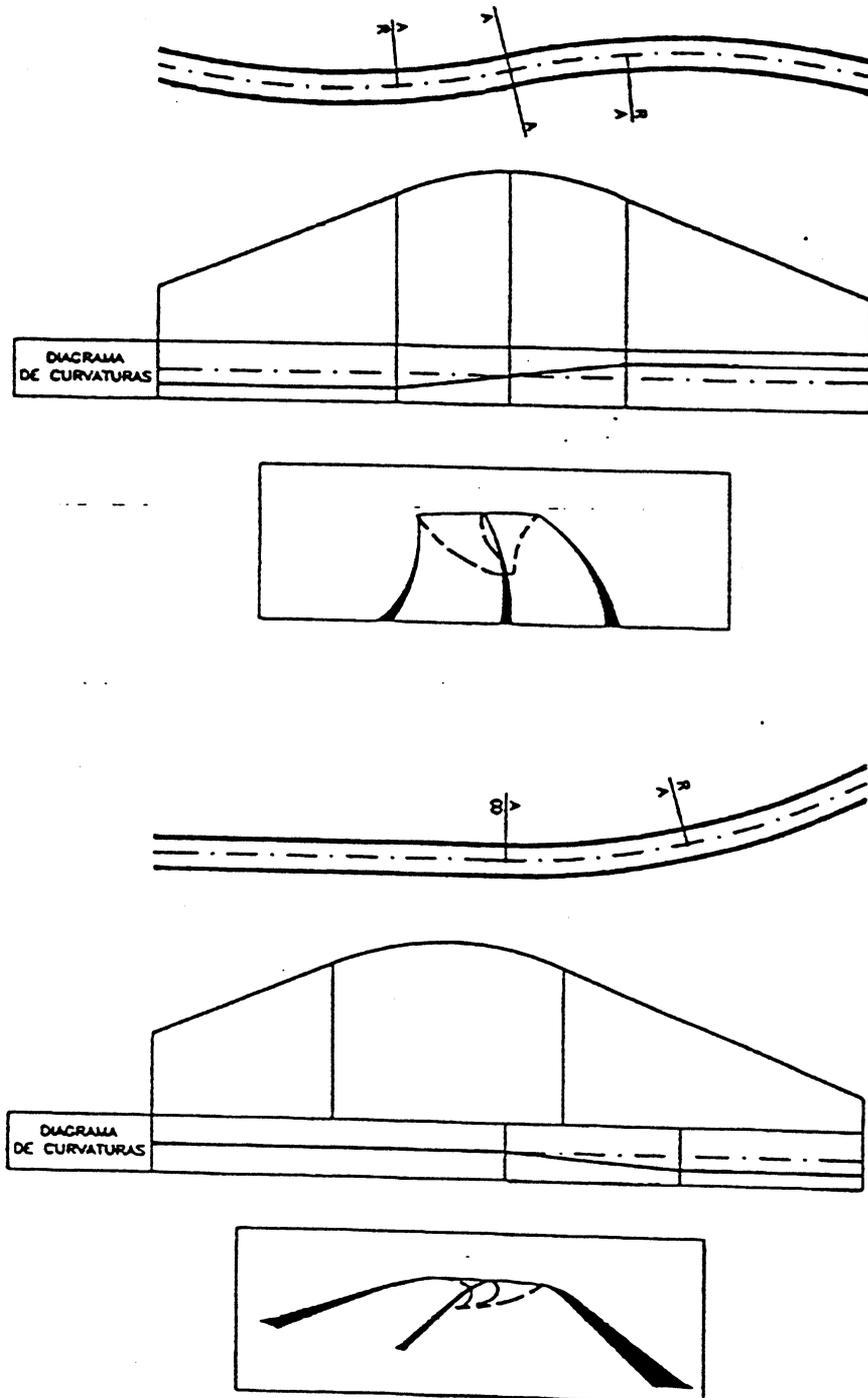


Figura 6.3

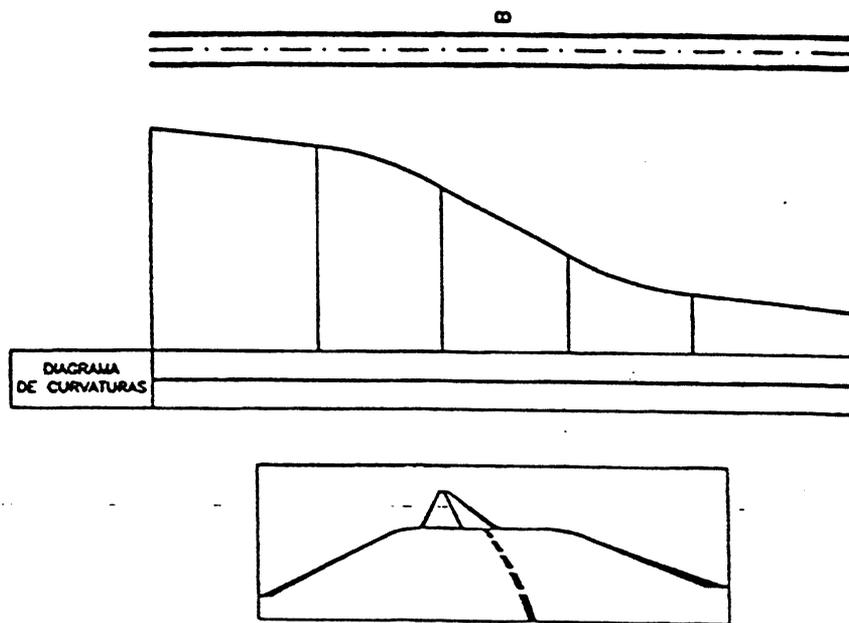


Figura 6.4

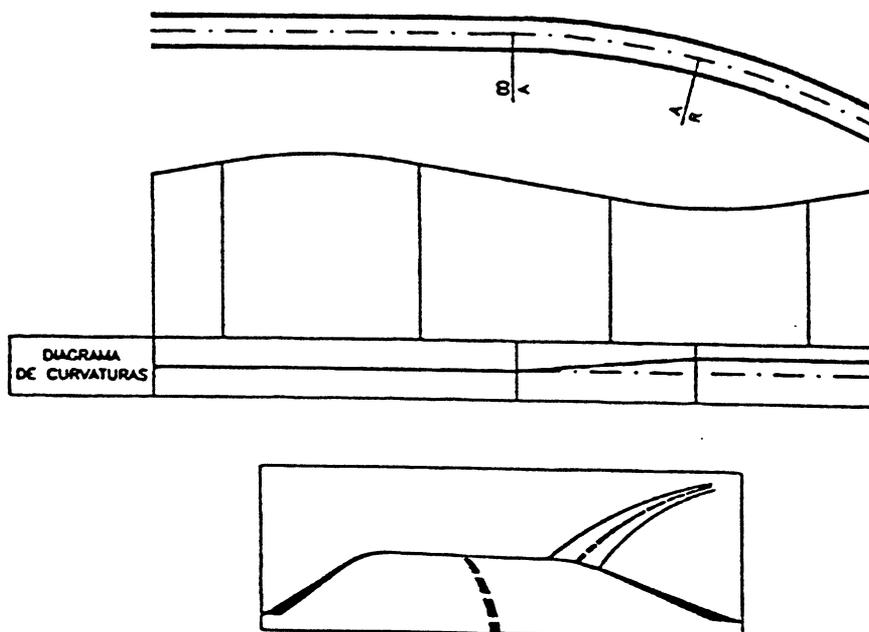


Figura 6.5

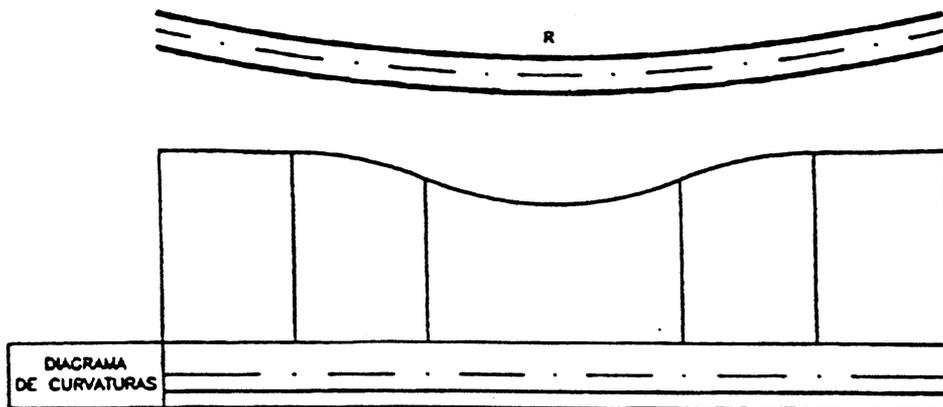


Figura 6.6

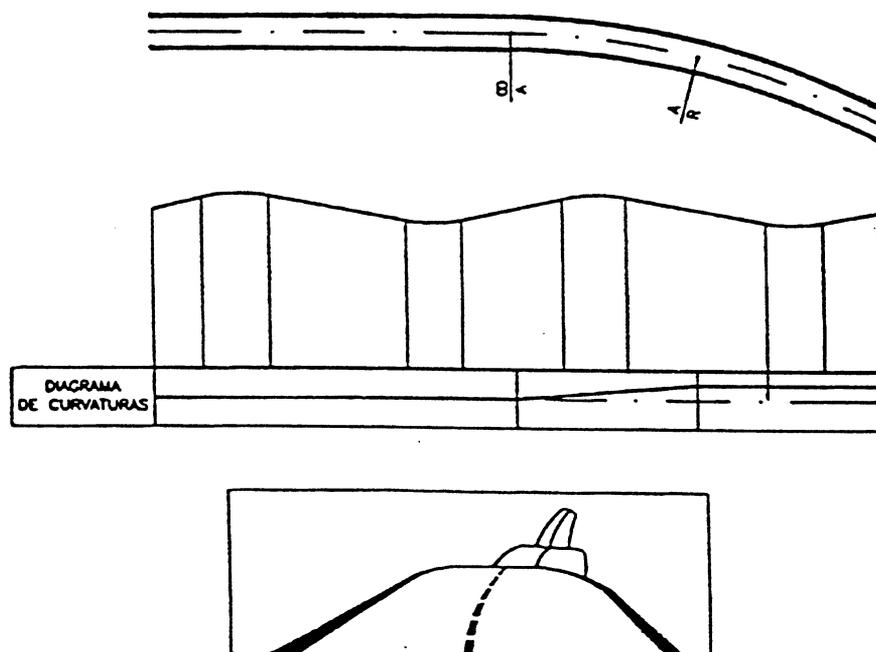


Figura 6.7

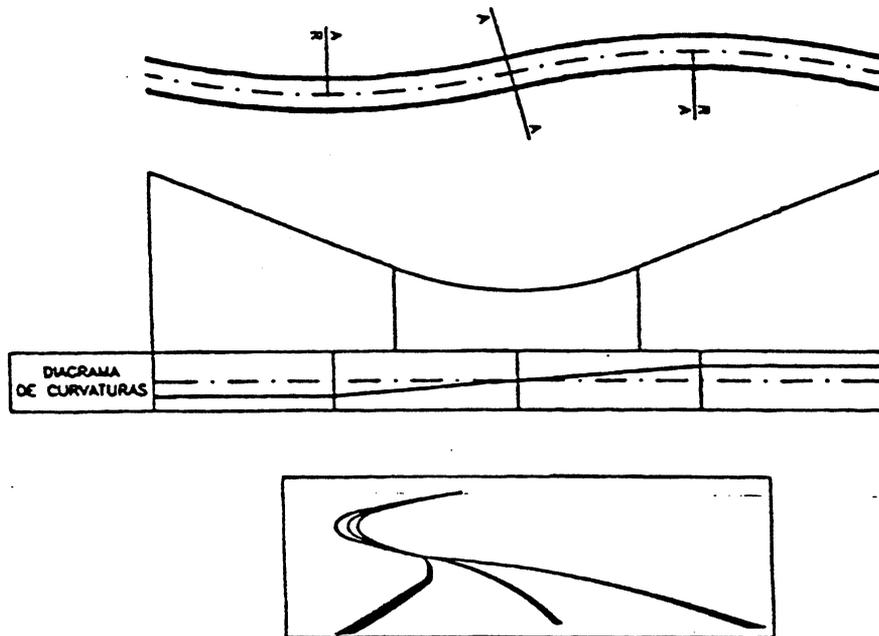


Figura 6.8

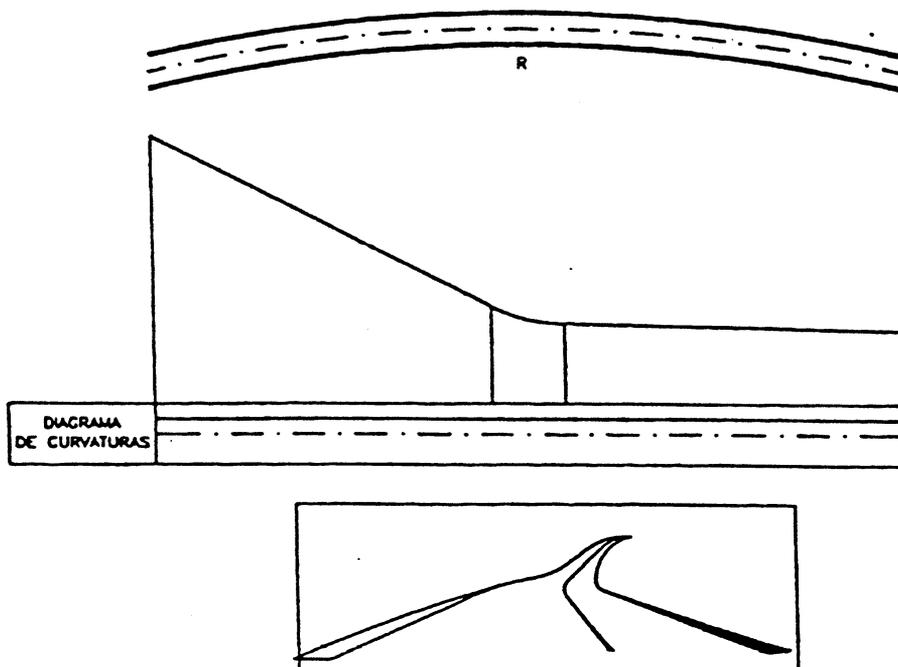


Figura 6.9

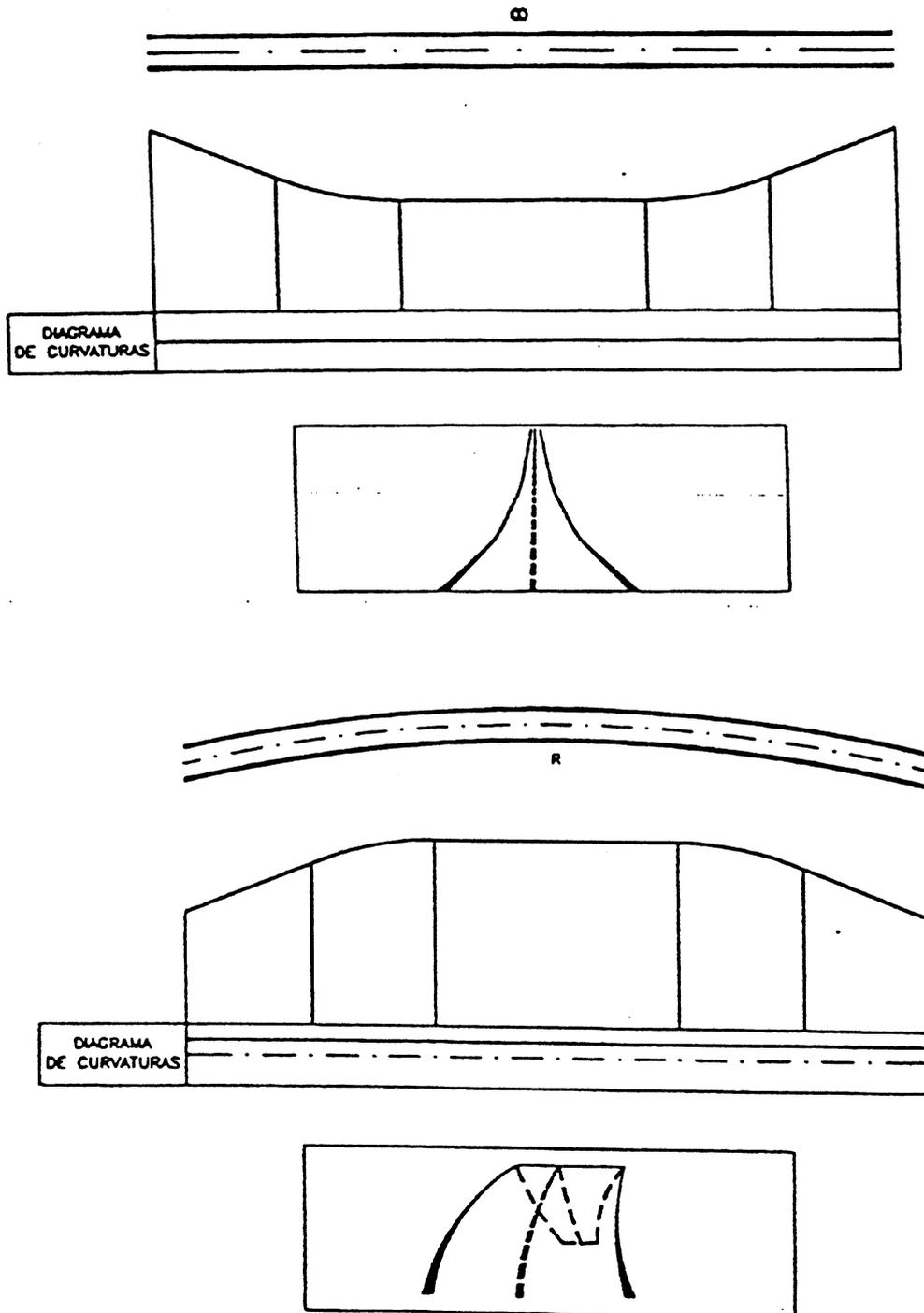
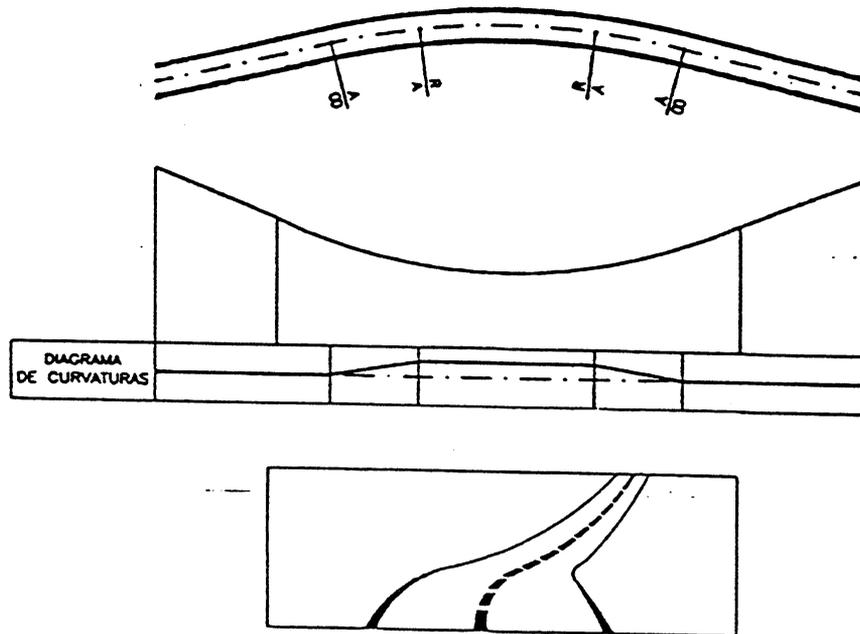


Figura 6.10



CAPÍTULO 7 SECCIÓN TRANSVERSAL.⁽⁴⁾

7.1 Generalidades.

La sección transversal se fijará en función del tráfico previsible en la hora de proyecto del año horizonte, situado veinte (20) años después de la entrada en servicio. En cada caso deberá justificarse la hora de proyecto adoptada, que no será inferior a la hora treinta (30) ni superior a la hora ciento cincuenta (150).

Se considerará justificación suficiente de las características generales de la sección transversal (no de las características de detalle), el que éstas se hayan definido en un estudio de carreteras debidamente aprobado.

7.2 Número de carriles de la sección tipo.

El número de carriles de cada calzada se fijará de acuerdo con las previsiones de intensidad de tráfico y de su composición, así como del nivel de servicio deseado y, en su caso, de los estudios económicos pertinentes. De dichos estudios, se deducirán las previsiones de ampliación.

En cualquier caso se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

* *En carreteras de calzadas separadas:*

- *No se proyectarán más de cuatro carriles por calzada ni menos de dos en la sección tipo. No se computarán, a estos efectos, los carriles auxiliares de cambio de velocidad o de trenzado.*

⁽⁴⁾ A efectos de aplicación de esta norma, se considerará como IMD la del año de puesta en servicio.

- *Donde se dispongan dos calzadas separadas para cada sentido de circulación, una central y otra lateral, la calzada central se conectará solo con la lateral aunque, excepcionalmente, podrá conectarse directamente con otras vías.*

* **En carreteras de calzada única:**

- *Se proyectarán dos carriles por calzada, uno para cada sentido de circulación.*
- *En ningún caso se proyectarán calzadas con dos carriles por sentido. No se computarán, a estos efectos, los carriles adicionales ni los carriles de cambio de velocidad.*

Se recomienda que los niveles de servicio en la hora de proyecto del año horizonte cumplan los mínimos indicados en la tabla 7.1.

7.3 Sección transversal en planta recta.

7.3.1 Elementos y sus dimensiones.

En una sección transversal en planta recta, los elementos constitutivos que la forman y sus dimensiones, se ajustarán a los valores que se indican en la tabla 7.1.

TABLA 7.1

TIPO DE CARRETERA		Velocidad de Proyecto (km/h)	Carriles (m)	Arcén (m)		Bermas (m)		Nivel de servicio en la hora de proyecto del año horizonte
				exterior	interior	mínimo	máximo	
De calzadas separadas		120	3,5	2,5	1,0-1,5 *	0,75	1,5	C
		100	3,5	2,5	1,0-1,5 *	0,75	1,5	D
		80	3,5	2,5	1,0	0,75	1,5	D
De calzada única	Vías rápidas	100	3,5	2,5		0,75	1,5	C
		80	3,5	2,5		0,75	1,5	D
	Carreteras convencionales	100	3,5	1,5 - 2,5		0,75	1,5	D
		80	3,5	1,5 ***		0,75**	1,5**	D
		60	3,5	1,0 - 1,5 ***		0,75**	1,5**	E

- * El valor 1,5 se exigirá para medianas en que, de forma continuada, la barrera esté adosada al arcén.
- ** Para carreteras en terreno muy accidentado y con baja intensidad de tráfico (IMD < 3.000) se podrá justificar la ausencia o reducción de bermas.
- *** Para carreteras en terreno muy accidentado, o con baja intensidad de tráfico (IMD < 3.000) se podrá reducir de forma justificada la dimensión del arcén en 0,5 metros como máximo.

NOTA: Todos los carriles adicionales serán de 3,5 m.

7.3.2 Mediana.

La mediana en carreteras de calzadas separadas tendrá, siempre que sea posible, una anchura, mínima de catorce metros (14 m) entre bordes de plataforma, para que en general no sea necesaria la instalación sistemática de barreras de seguridad. Cuando dicha anchura no pueda mantenerse por razones técnico-económicas, se podrá disminuir hasta un límite de dos metros (2 m). Excepcionalmente, para casos expresamente justificados (estructuras singulares), podrá reducirse la anchura de la mediana hasta un límite absoluto de un metro (1 m).

Cuando se prevea la ampliación del número de carriles a expensas de la mediana, ésta tendrá una anchura mínima de diez metros (10 m).

7.3.3 Bombeo.

El bombeo de la plataforma se proyectará de modo que se evacuen con facilidad las aguas superficiales, y que su recorrido sobre la calzada sea mínimo.

Para ello se utilizarán los siguientes criterios:

*** *En carreteras de calzadas separadas:***

La calzada y los arcenes se dispondrán con una misma inclinación transversal mínima del dos por ciento (2%) hacia un solo lado. En zonas en que la pluviometría lo aconseje, por la frecuencia o intensidad de las precipitaciones, podrá justificarse aumentar la inclinación transversal mínima al dos y medio por ciento (2,5%).

Las bermas se dispondrán con una inclinación transversal del cuatro por ciento (4%) hacia el exterior de la plataforma.

*** *En carreteras de calzada única:***

La calzada y los arcenes se dispondrán con una misma inclinación transversal mínima del dos por ciento (2%) hacia cada lado a partir del eje de la calzada. En zonas en que la pluviometría lo aconseje, por la frecuencia o intensidad de las precipitaciones, podrá justificarse aumentar la inclinación transversal mínima al dos y medio por ciento (2,5%).

Las bermas, se dispondrán con una inclinación transversal del cuatro por ciento (4%) hacia el exterior de la plataforma.

7.3.4 Taludes, cunetas y otros elementos.

Los taludes, cunetas, y elementos de dotación vial (señalización vertical y horizontal, balizamiento, defensa, iluminación), se dispondrán según lo establecido en la normativa vigente.

7.3.5 Altura libre.

La altura libre mínima bajo pasos superiores sobre cualquier punto de la plataforma no será inferior a cinco metros y treinta centímetros (5,30 m) en carreteras interurbanas y a cinco metros (5 m) en carreteras urbanas.

La altura libre mínima bajo pasarelas, pórticos o banderolas, sobre cualquier punto de la plataforma, no será inferior a cinco metros y medio (5,50 m).

En túneles la altura libre no será inferior a cinco metros (5 m) en ningún punto de la plataforma ni en las zonas accesibles a los vehículos.

Cualquier modificación de las alturas libres mínimas prescritas en este apartado deberá ser expresamente autorizadas por la Dirección General de Carreteras.

7.4 Sección transversal en planta curva.

Las secciones transversales en planta curva, serán las mismas que en los tramos rectos, salvo en lo referente a sobreechanco de carriles, y a pendientes transversales.

7.4.1 Sobreancho.

Cuando el radio horizontal de la curva circular sea inferior a doscientos cincuenta metros (250 m), será necesario dotar a cada carril en curva de un sobreancho, de valor:

$$S = \frac{l^2}{2 \cdot R_h}$$

siendo:

S = sobreancho de cada carril (m).

l = longitud de los vehículos, medida entre su extremo delantero y el eje de las ruedas traseras (m).

R_h = radio del eje en la curva horizontal (m).

Salvo en casos excepcionales y convenientemente justificados, se considerará el valor **l = 9 m**.

El sobreancho se obtendrá linealmente, en una longitud de transición mínima de treinta metros (30 m) desarrollada a lo largo de la clotoide, aumentando progresivamente los anchos de los carriles hasta alcanzar los valores de los sobreanchos totales en el inicio de la curva circular. En casos especialmente difíciles podrá aceptarse que el veinticinco por ciento (25%) de la longitud de transición se sitúe dentro de la propia curva circular.

El sobreancho no se obtendrá disminuyendo el ancho de los arcenes.

7.4.2 Pendientes transversales.

En curvas circulares y de transición la pendiente transversal de la calzada y arcenes coincidirá con el peralte. Las bermas tendrán una pendiente transversal del cuatro por ciento (4%) hacia el exterior de la plataforma.

Cuando dicho peralte supere el cuatro por ciento (4%), la berma en el lado interior de la curva, tendrá una pendiente transversal igual al peralte, manteniéndose el cuatro por ciento (4%) hacia el exterior de la plataforma en el lado exterior de la curva.

En todos los casos se estudiará cuidadosamente el desagüe en el margen interior de la curva.

7.5 Secciones transversales especiales.

Se considerarán secciones transversales especiales las que se indican a continuación:

- Túneles.
- Obras de paso.
- Carriles adicionales.
- Carriles de cambio de velocidad.
- Confluencias y bifurcaciones.
- Carriles de espera.
- Pasos de mediana.
- Lechos de frenado.

No podrá realizarse ningún tipo de conexión con la calzada, ni modificación del número de carriles, en los doscientos cincuenta metros (250 m), anteriores o posterior-

res, del inicio y final de un tramo afectado en toda su longitud por una de las secciones transversales especiales siguientes:

- Túneles.
- Obras de paso de longitud superior a cien metros (100 m).
- Carriles adicionales.
- Carriles de cambio de velocidad.
- Confluencias y bifurcaciones.
- Carriles de espera.
- Lechos de frenado.

7.5.1 Túneles.

7.5.1.1 Túneles de longitud menor o igual que quinientos metros (500 m).

En túneles de longitud menor o igual que quinientos metros (500 m), se mantendrá la plataforma (carriles y arcenes) prevista en el resto de la traza y se dispondrán a ambos lados resguardos elevados con una anchura mínima de setenta y cinco centímetros (75 cm).

7.5.1.2 Túneles de longitud mayor que quinientos metros (500 m).

Los túneles de longitud mayor que quinientos metros (500 m), serán objeto de estudio específico. En dicho estudio, junto con el trazado se considerarán todos los aspectos relativos a la construcción, explotación y conservación del túnel.

Salvo expresa justificación en contrario, se adoptarán las siguientes secciones:

* **Carreteras de calzadas separadas:**

- **Calzada con dos carriles.**

La sección tipo estará formada por una plataforma de dos carriles de tres metros y medio (3,5 m) y arcenes de medio metro (0,5 m) a la izquierda y dos metros y medio (2,5 m) a la derecha, con un total de diez metros (10 m). Aunque no se permita el tránsito de peatones, se dispondrán a ambos lados aceras de setenta y cinco centímetros (75 cm) de ancho, para facilitar las operaciones de conservación.

Para los túneles en los que la velocidad esté limitada o controlada mediante señalización variable, con tráfico poco intenso (saturación a más de 20 años) o en terrenos geológicamente desfavorables se podrá justificar la reducción a una sección más estricta no inferior a:

arcén 0,5 m + calzada 7,0 m + arcén 1,0 m = 8,5 m.

- **Calzada con dos carriles ampliable a tres carriles.**

La sección tipo será:

arcén 0,75 m + 3 carriles de 3,5 m + arcén 0,75 m = 12m

Se dispondrán a ambos lados aceras de setenta y cinco centímetros (75 cm).

- **Calzada con tres carriles.**

La sección tipo será:

arcén 1,0 m + 3 carriles de 3,5 m + arcén 1,5 m = 13 m

Se dispondrán a ambos lados aceras de setenta y cinco centímetros (75 cm).

*** Carreteras de calzada única:**

La sección tipo será simétrica, sin espacio para la detención de un vehículo en el arcén; se incluirá una zona intermedia en la que no se permitirá la circulación de vehículos, que evite la reducción excesiva de velocidad y la posibilidad de invasión del carril contrario.

La sección tipo será, salvo expresa justificación en contrario:

- Vías rápidas.

***arcén 1,5 m + carril 3,5 m + zona intermedia 1,0 m +
+ carril 3,5 m + arcén 1,5 m = 11 m.***

Se dispondrán a ambos lados aceras de setenta y cinco centímetros (75 cm).

- Carreteras convencionales.

***arcén 1,0 m + carril 3,5 m + zona intermedia 1,0 m +
+ carril 3,5 m + arcén 1,0 m = 10 m.***

Se dispondrán a ambos lados aceras de setenta y cinco centímetros (75 cm).

La altura libre sobre la calzada y los arcenes, será la prescrita en el apartado 7.3.5 de la presente norma. Sobre las aceras podrá ser suficiente una altura libre de dos metros (2,0 m).

7.5.2 Obras de paso.

En las obras de paso de longitud menor o igual que cien metros (100 m), medida entre estribos, se mantendrá la anchura normal de calzada y arcenes.

En las obras de paso de longitud mayor que cien metros (100 m), medida entre estribos, podrá reducirse la anchura de los arcenes, previa justificación, hasta un mínimo de un metro (1,00 m).

En todos los casos se deberá prever un espacio adicional, que permita la correcta implantación de los sistemas de contención de vehículos, servicios, y posibles zonas de paso.

7.5.3 Carriles adicionales.

7.5.3.1 Generalidades.

La ampliación de la plataforma por la necesidad de un carril adicional para mantener el nivel de servicio previsto en el resto del trazado, se podrá realizar por la derecha (carriles para circulación lenta), o por el centro (carriles para circulación rápida), de tal forma que los carriles de la sección normal mantengan su continuidad y alineación.

En ningún caso se permitirá, en toda la longitud del carril adicional, que los vehículos que dispongan de dos carriles utilicen el carril del sentido contrario (prohibición de adelantamiento).

Siempre que se amplíe la plataforma para disponer un carril adicional, se mantendrán las dimensiones de los arcenes y las bermas.

7.5.3.2 Disposición de carriles adicionales.

La disposición de los carriles adicionales se hará de acuerdo con los siguientes criterios:

*** Carreteras de calzadas separadas:**

Se proyectarán carriles adicionales por la izquierda de la calzada (carriles para circulación rápida), cuando el nivel de servicio disminuya por debajo del fijado para el año horizonte (tabla 7.1).

Excepcionalmente y siempre que se justifique suficientemente se permitirá la ampliación por la derecha, previa autorización de la Dirección General de Carreteras.

*** Carreteras de calzada única:**

Se proyectarán carriles adicionales por la derecha (carriles para circulación lenta) cuando se cumpla al menos una de las dos condiciones siguientes:

- *Que el nivel de servicio igual o inferior al "E" en el año horizonte, con excepción de vías rápidas en que se considerará el nivel "D".*
- *Que la velocidad del vehículo pesado tipo en la rampa disminuya por debajo de 40 Km/h, calculada de acuerdo con las curvas de la figura 7.1.*

Siempre que se justifique suficientemente podrá proyectarse la ampliación por el centro (carril para circulación rápida), previa autorización de la Dirección General de Carreteras.

7.5.3.3 Dimensiones del carril adicional.

El ancho del carril adicional será de tres metros y medio (3,50 m).

Antes del carril adicional para circulación rápida se dispondrá de una zona de transición con una longitud mínima de seiscientos metros (600 m), realizada mediante dos curvas circulares iguales, con una distancia mínima entre vértices de trescientos metros (300 m). Cuando el inicio del carril coincida con una curva en planta, y esta se pueda utilizar para realizar la transición, podrán disminuirse las distancias anteriores, manteniéndose la longitud de dicha transición en un mínimo de sesenta metros (60 m).

Antes del carril adicional para circulación lenta se dispondrá de una cuña de transición, cuya cotangente tendrá un valor mínimo de veinte (20).

El carril adicional para circulación rápida, se prolongará a partir de la sección en la que desaparecen las condiciones que lo hicieron necesario en una longitud dada por la siguiente expresión:

$$l = \frac{6 \cdot (V_p + 20)}{5}$$

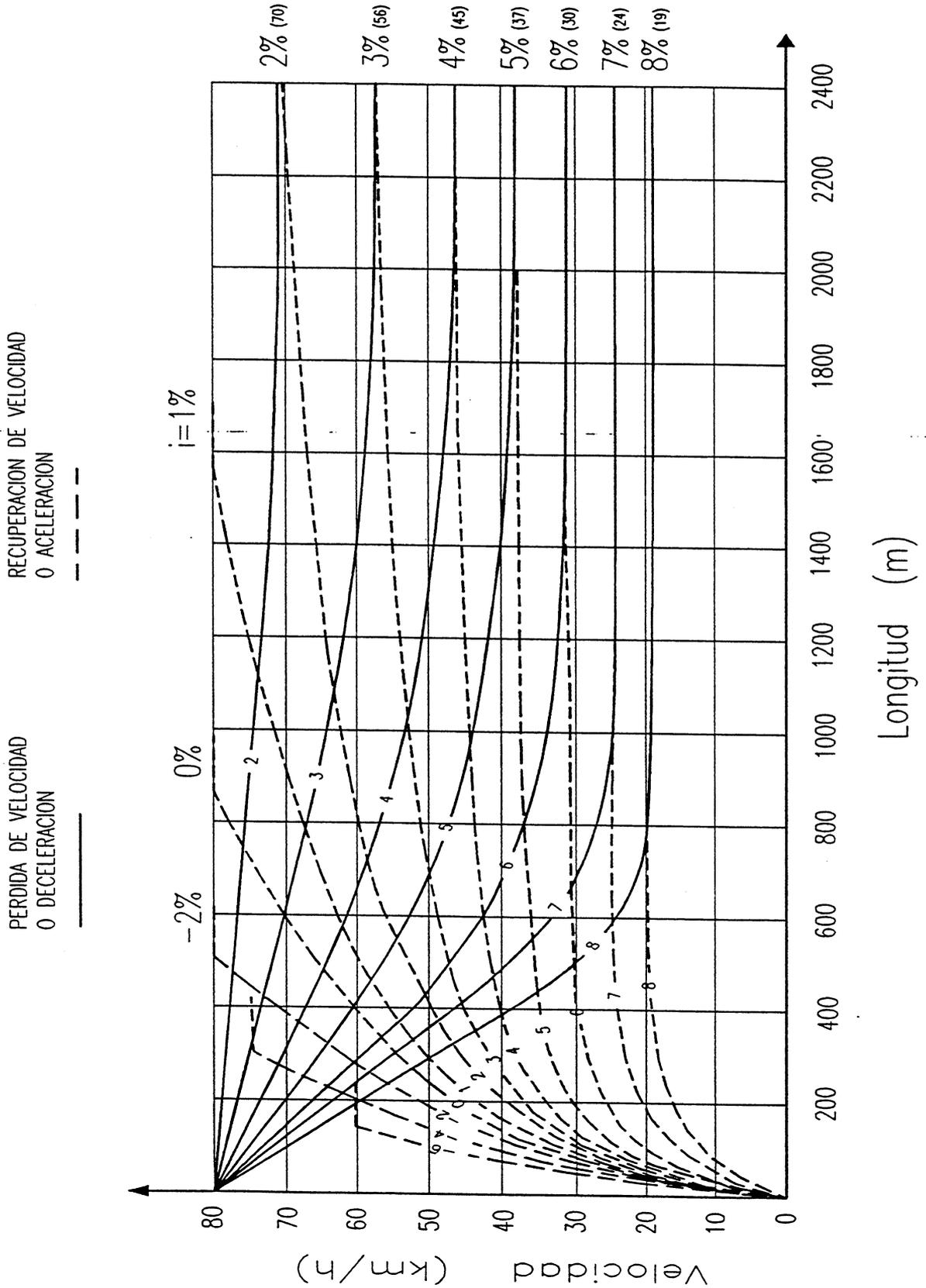
Siendo: l = longitud de prolongación (m).

V_p = velocidad de proyecto (km/h).

A la prolongación anterior le seguirá una cuña de transición con un valor mínimo de la cotangente de veinte (20).

Figura 7.1

Variación de la velocidad del vehículo pesado.



El carril adicional para circulación lenta, se prolongará hasta que el vehículo lento alcance el ochenta y cinco por ciento (85%) de la velocidad de proyecto, a partir de cuya sección se añadirá una cuña de transición de longitud dada por la expresión:

$$l = \frac{2 \cdot (V_p + 20)}{3} \geq 60$$

Siendo: l = longitud de prolongación (m).

V_p = velocidad de proyecto (km/h).

El final de un carril adicional para circulación lenta no podrá coincidir con la existencia de prohibición de adelantar (carencia de visibilidad de adelantamiento).

7.5.4 Carriles y cuñas de cambio de velocidad.

En las conexiones con la carretera se podrán disponer o se dispondrán, carriles y cuñas de cambio de velocidad para facilitar los movimientos de entrada y salida de los vehículos.

7.5.4.1 Carriles de cambio de velocidad.

Se dispondrán carriles de cambio de velocidad de aceleración y deceleración, independientemente de la existencia o no de carriles adicionales, en los siguientes casos:

- *Entradas y salidas de carreteras de calzadas separadas, vías rápidas y carreteras convencionales de clase C-100 y C-80.*

- ***Entradas y salidas de carreteras de clase C-60 que tengan una IMD superior a mil quinientos (1500).***
- ***En cualquier otro caso previa justificación.***

En carreteras de calzadas separadas no se admitirán conexiones que necesiten carriles de cambio de velocidad en el lado izquierdo de la calzada. Si existiese más de una calzada por sentido ésto se aplicará al lado izquierdo de las centrales.

7.5.4.1.1 Tipos de carriles.

Se utilizarán los dos tipos siguientes (figura 7.2):

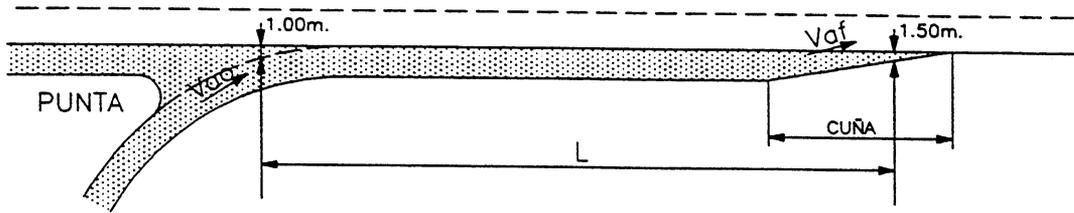
- **Paralelo**, en el que el carril de cambio de velocidad, adosado a la calzada principal, incorpora una transición de anchura variable linealmente en el extremo contiguo a dicha calzada.
- **Directo**, en el que el carril de cambio de velocidad es tangente al borde de la calzada principal o forma con él un ángulo muy pequeño, cuya cotangente no sea inferior a veinte (20), y no rebase treinta y cinco (35) cuando sea de deceleración.

Los carriles de aceleración serán siempre de tipo paralelo.

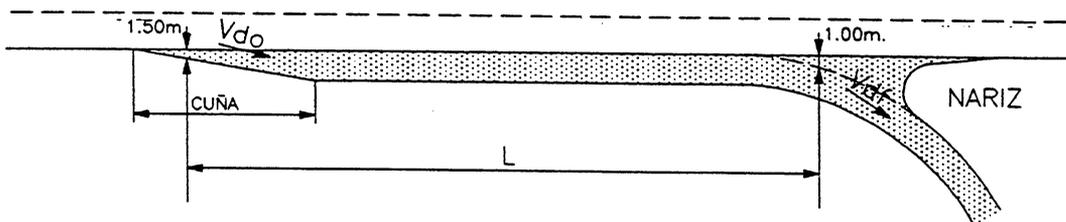
Los carriles de deceleración serán en general de tipo paralelo. Excepcionalmente, previa expresa justificación en contrario, podrán ser de tipo directo, con curvaturas progresivamente crecientes.

Se definen como secciones características de un carril de cambio de velocidad (figura 7.2):

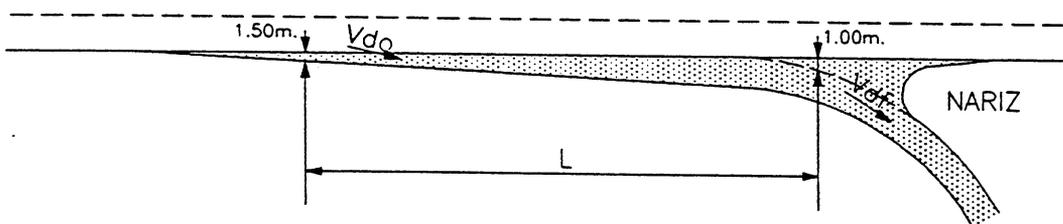
Figura 7.2
Carriles de cambio de velocidad.



ACELERACION – TIPO PARALELO



DECELERACION – TIPO PARALELO



DECELERACION – TIPO DIRECTO

- Sección característica de 1,5 m: Aquella donde la anchura del carril, medida perpendicularmente al eje de la calzada principal desde el borde de ésta, sea de metro y medio (1,50 m).
- Sección característica de 1 m: Aquella donde la separación entre bordes de calzada del carril y la calzada principal, medida perpendicularmente al eje de ésta, sea de un metro (1,00 m).

7.5.4.1.2 Dimensiones.

Los carriles de tipo paralelo deberán tener una anchura de tres metros y medio (3,50 m) mientras no diverjan de la calzada principal.

Tanto los carriles de tipo paralelo como los de tipo directo, dispondrán de un arcén derecho igual al de la calzada principal.

Los carriles de tipo paralelo, en su extremo contiguo a la calzada principal, deberán tener una transición de anchura en forma de cuña triangular, cuya longitud se explicita en la tabla 7.2, en función del mayor de los valores de la velocidad de proyecto (V_p) y la máxima señalizada a la altura de la sección característica de 1,5 m.

A efectos del cálculo de su longitud, se supondrá que la velocidad de un vehículo, a lo largo del carril de cambio de velocidad, varía entre los valores siguientes:

- Carriles de aceleración:

V_{∞} valor de la velocidad específica (V_e) del elemento del carril de aceleración que contiene la sección característica de 1 m.

TABLA 7.2
LONGITUD (m) DE LA CUÑA TRIANGULAR DE TRANSICIÓN

Máx. (V_p , limitada) (km/h)	DECELERACIÓN	ACELERACIÓN
80	70	133
100	83	167
120	100	175

V_{af} el menor de los valores siguientes:

- * Velocidad de proyecto (V_p).
- * Velocidad máxima señalizada en la calzada principal, a la altura de la sección característica de 1,5 m.

Carriles de deceleración:

V_{do} el menor de los valores siguientes:

- * Velocidad de proyecto (V_p).
- * Velocidad máxima señalizada en la calzada principal, a la altura de la sección característica de 1,5 m.

V_{df} valor de la velocidad específica (V_e) del elemento del carril de aceleración que contiene la sección característica de 1 m.

Para determinar la longitud (L) de los carriles de cambio de velocidad entre las secciones indicadas, se podrán aplicar las siguientes expresiones:

- Carriles de aceleración

$$L=1150 \frac{1-2 \cdot i}{(1+2,65 \cdot i)^3} \cdot \ln \frac{175 \cdot (1-2 \cdot i) - V_{a0} \cdot (1+2,65 \cdot i)}{175 \cdot (1-2 \cdot i) - V_{af} \cdot (1+2,65 \cdot i)}$$

$$-6,57 \cdot \frac{V_{af} - V_{a0}}{(1+2,65 \cdot i)^2} - \frac{V_{af}^2 - V_{a0}^2}{93 \cdot (1+2,65 \cdot i)} \geq 200m.$$

- Carriles de deceleración

$$L = \frac{V_{d0}^2 - V_{df}^2}{254 \cdot i + 50} \geq 100m$$

Siendo: L = longitud del carril de aceleración o deceleración (m) entre las secciones características.

i = inclinación de la rasante en tanto por uno (positiva en rampa, negativa en pendiente).

V_{a0} , V_{af} , V_{d0} y V_{df} , las velocidades definidas en este apartado (km/h).

En las tablas 7.3 y 7.4 se indican las longitudes de los carriles de aceleración y deceleración para valores discretos de i, V_{a0} , V_{af} , V_{d0} y V_{df} .

Solo podrán emplearse carriles de cambio de velocidad de tipo directo donde la distancia L no resulte superior a ciento ochenta metros (180 m).

TABLA 7.3
LONGITUD DE LOS CARRILES DE ACCELERACIÓN

Velocidad V_{a1} = 80 km/h															
V_{a1} (km/h)	INCLINACION DE LA RASANTE (%)														
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
0	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
10	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
20	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
30	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
40	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
50	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
60	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Velocidad V_{a1} = 80 km/h															
V_{a1} (km/h)	INCLINACION DE LA RASANTE (%)														
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
0	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
10	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
20	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
30	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
40	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
50	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
60	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

Velocidad V_{a1} = 100 km/h															
V_{a1} (km/h)	INCLINACION DE LA RASANTE (%)														
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
0	200	200	200	200	200	200	200	200	206	221	239	259	283	313	349
10	200	200	200	200	200	200	200	200	206	222	239	260	284	313	349
20	200	200	200	200	200	200	200	200	206	220	238	268	282	311	347
30	200	200	200	200	200	200	200	200	201	216	233	263	277	305	341
40	200	200	200	200	200	200	200	200	200	208	226	244	267	296	331
50	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	212	230	263	280	316
60	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	210	231	267	290

Velocidad V_{a1} = 120 km/h													
V_{a1} (km/h)	INCLINACION DE LA RASANTE (%)												
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
0	237	253	271	290	312	337	366	400	441	492	558	647	781
10	239	255	272	292	313	338	367	401	442	493	558	648	781
20	239	254	272	291	313	337	366	400	441	491	557	646	779
30	236	252	269	288	309	334	362	396	436	487	552	641	773
40	232	247	263	282	303	327	355	388	428	478	543	631	764
50	223	238	254	272	293	316	344	376	416	465	529	617	748
60	211	226	241	258	278	300	327	359	397	446	509	595	726

TABLA 7.4
LONGITUD DE LOS CARRILES DE DECELERACIÓN

Velocidad V_{00} = 60 km/h															
V_0 (km/h)	INCLINACION DE LA RASANTE (%)														
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
0	112	104	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	109	101	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Velocidad V_{00} = 80 km/h															
V_0 (km/h)	INCLINACION DE LA RASANTE (%)														
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
0	199	184	172	161	151	142	135	128	122	116	111	106	102	100	100
10	196	181	169	158	149	140	133	126	120	114	109	105	100	100	100
20	186	173	161	151	142	134	126	120	114	109	104	100	100	100	100
30	171	158	147	138	130	122	116	110	105	100	100	100	100	100	100
40	149	138	129	120	113	107	101	100	100	100	100	100	100	100	100
50	121	112	105	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
60	100	100	100	100	100	100	-100	100	100	-100	100	100	-100	100	100

Velocidad V_{00} = 100 km/h															
V_0 (km/h)	INCLINACION DE LA RASANTE (%)														
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
0	310	288	268	251	236	223	211	200	190	182	174	166	159	153	148
10	307	285	266	248	234	220	209	198	188	180	172	165	158	152	146
20	298	276	257	241	227	214	202	192	183	174	167	160	153	147	142
30	282	262	244	228	215	203	192	182	173	165	158	151	145	139	134
40	261	242	225	211	198	187	177	168	160	153	146	140	134	129	124
50	233	216	201	188	177	167	158	150	143	136	130	125	120	115	111
60	199	184	172	161	151	142	135	128	122	116	111	106	102	100	100

Velocidad V_{00} = 120 km/h														
V_0 (km/h)	INCLINACION DE LA RASANTE (%)													
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	
0	414	386	361	340	321	303	288	274	261	250	239	230	221	
10	411	383	359	337	318	301	286	272	260	248	238	228	219	
20	403	375	351	330	312	295	280	266	254	243	233	223	215	
30	288	362	339	319	301	284	270	257	245	234	224	215	207	
40	368	343	321	302	285	270	256	244	232	222	213	204	196	
50	342	319	299	281	265	251	238	226	216	207	198	190	182	
60	311	290	271	255	240	228	216	206	196	187	180	172	166	

7.5.4.1.3 Pendiente transversal de los carriles de cambio de velocidad.

Los carriles de cambio de velocidad se dispondrán con la misma pendiente transversal que la calzada principal, en la longitud comprendida entre el punto de unión de ambas calzadas, y la sección característica de 1 m.

7.5.4.1.4 Distancias de seguridad entre entradas y salidas consecutivas.

A efectos de aplicación de la presente norma, las distancias entre entradas y salidas consecutivas, dotadas de carriles de cambio de velocidad, medidas entre secciones características, serán las siguientes:

- La distancia entre el final de un carril de aceleración y el principio del de deceleración consecutivo (figura 7.3), no será inferior a mil doscientos metros (1200 m). Si esto no fuera posible, se unirán ambos carriles de cambio de velocidad, debiendo tener el resultante una longitud mínima de mil metros (1000 m). En caso contrario, se dispondrá una vía colectora-distribuidora, de forma que la distancia entre el final del carril de deceleración, o principio del de aceleración, y el acceso, nudo, confluencia o bifurcación más próximo, sea como mínimo de doscientos cincuenta metros (250 m). Si existiera una vía de servicio, no se podrá conectar a la vía colectora-distribuidora.

- La distancia entre el final de un carril de deceleración y el principio del de deceleración consecutivo (figura 7.4), no será inferior a mil metros (1000 m). En caso contrario se dispondrá una vía colectora-distribuidora, de forma que la distancia entre el final del carril de deceleración y el siguiente acceso, nudo o bifurcación, sea como mínimo de doscientos cincuenta metros (250 m).

Figura 7.3

Distancias de seguridad entre entrada y salida consecutivas.

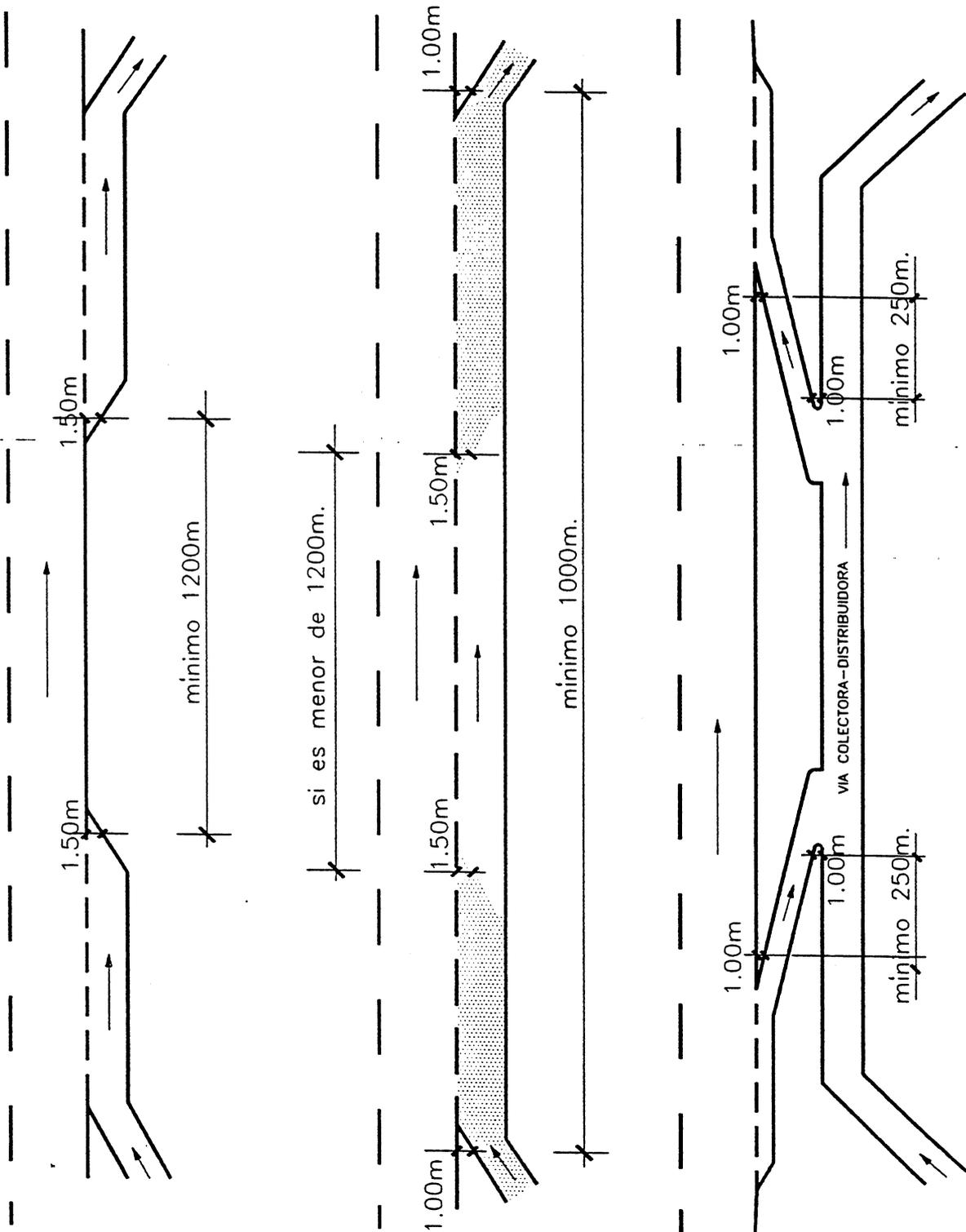


Figura 7.4

Distancias de seguridad entre salidas consecutivas.

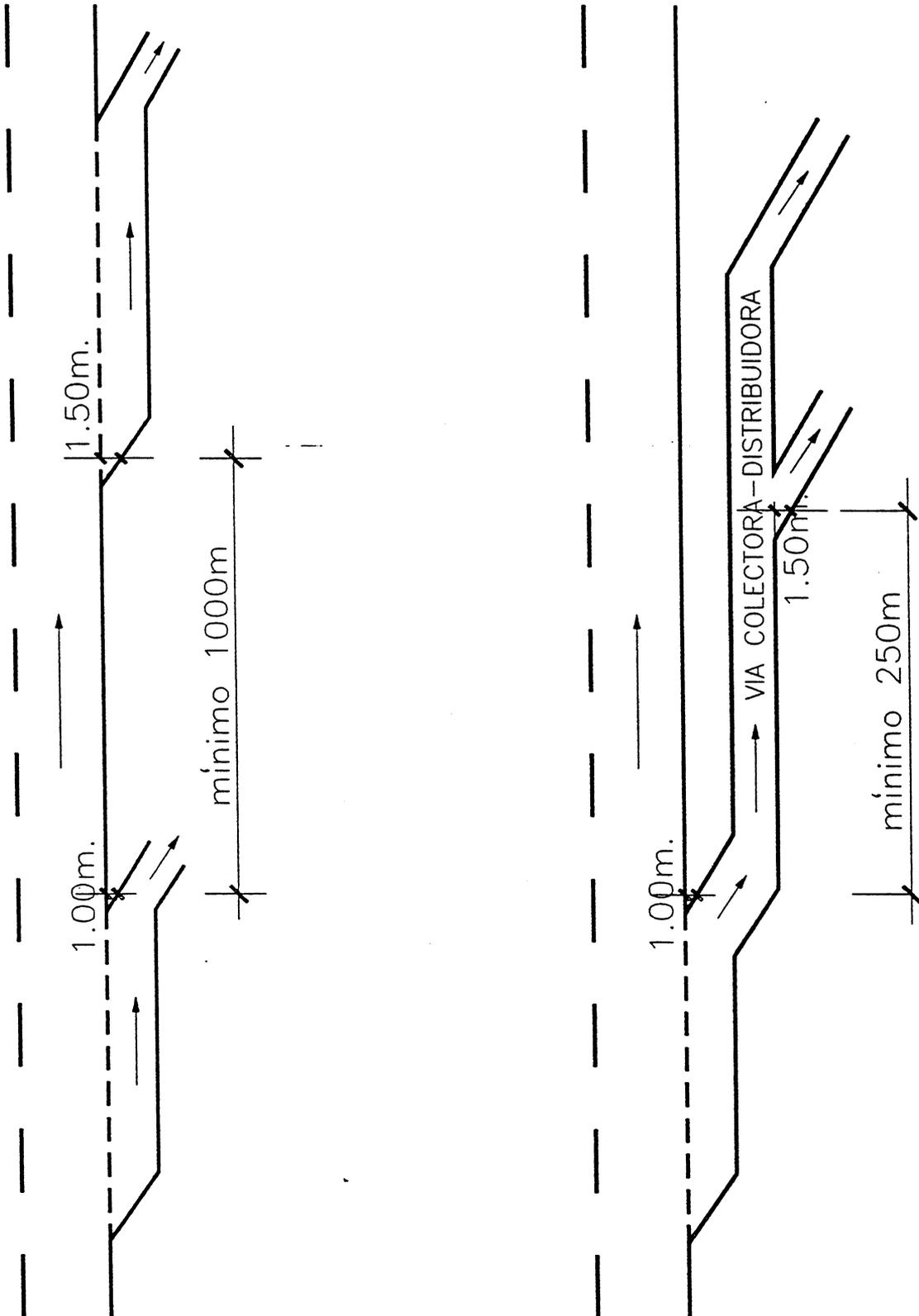
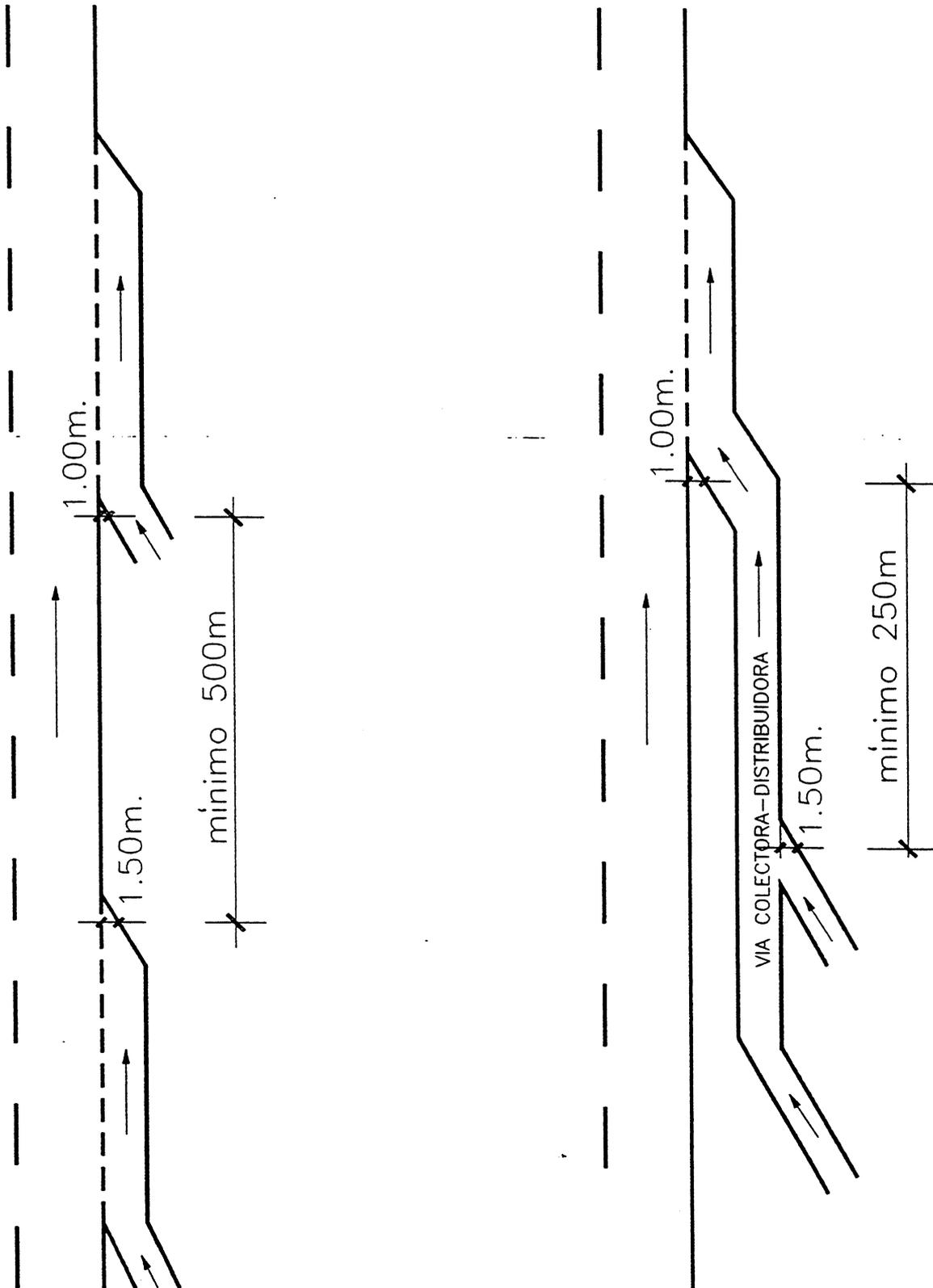


Figura 7.5

Distancias de seguridad entre entradas consecutivas.



- La distancia entre el final de un carril de aceleración y el principio del de aceleración consecutivo (figura 7.5), no será inferior a quinientos metros (500 m). En caso contrario se dispondrá una vía colectora-distribuidora. Sobre dicha vía colectora-distribuidora, la distancia entre el inicio del carril de aceleración y el acceso, nudo o bifurcación previo, será como mínimo de doscientos cincuenta metros (250 m).

7.5.4.2 Cuñas de cambio de velocidad.

Se dispondrán cuñas de cambio de velocidad, de incorporación y deceleración (figura 7.6), independientemente de la existencia o no de carriles adicionales, en los siguientes casos:

- *Entradas y salidas de carreteras convencionales de clase C-60 que no dispongan de carriles de cambio de velocidad.*
- *En cualquier otro caso previa justificación.*

Las cuñas de deceleración, tendrán una longitud de sesenta metros (60m), medida entre el inicio de la misma y la sección en que la separación entre bordes de calzada de la cuña y calzada principal, sea de tres metros y medio (3,5 m), medida perpendicularmente al eje de ésta.

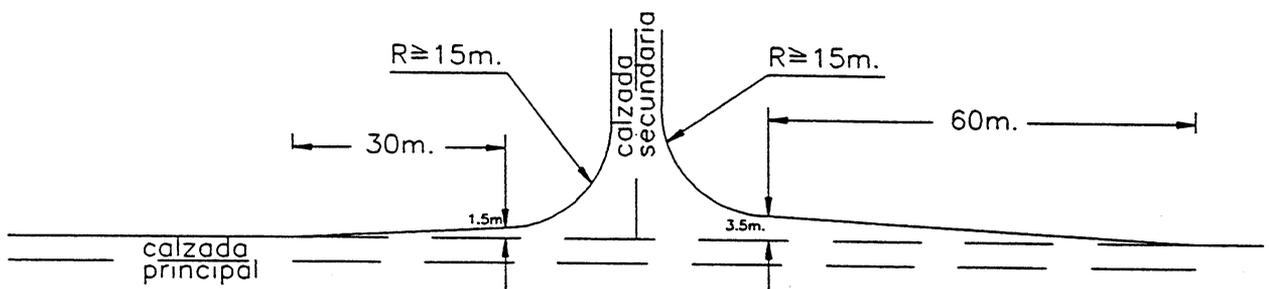
Las cuñas de incorporación, tendrán una longitud de treinta metros (30 m), medida entre la sección en que la separación entre bordes de calzada de la cuña y calzada principal, sea de un metro y medio (1,5 m), medida perpendicularmente al eje de ésta y el final de la misma.

Tanto las cuñas de deceleración como de incorporación dispondrán de un arcén derecho igual al de la calzada principal.

Lá distancia entre salidas y entradas consecutivas, en carreteras no dotadas de carriles de cambio de velocidad, medida entre los extremos de las cuñas, será como mínimo de doscientos cincuenta metros (250 m).

Figura 7.6

Cuñas de cambio de velocidad.



7.5.5 Confluencias y bifurcaciones.

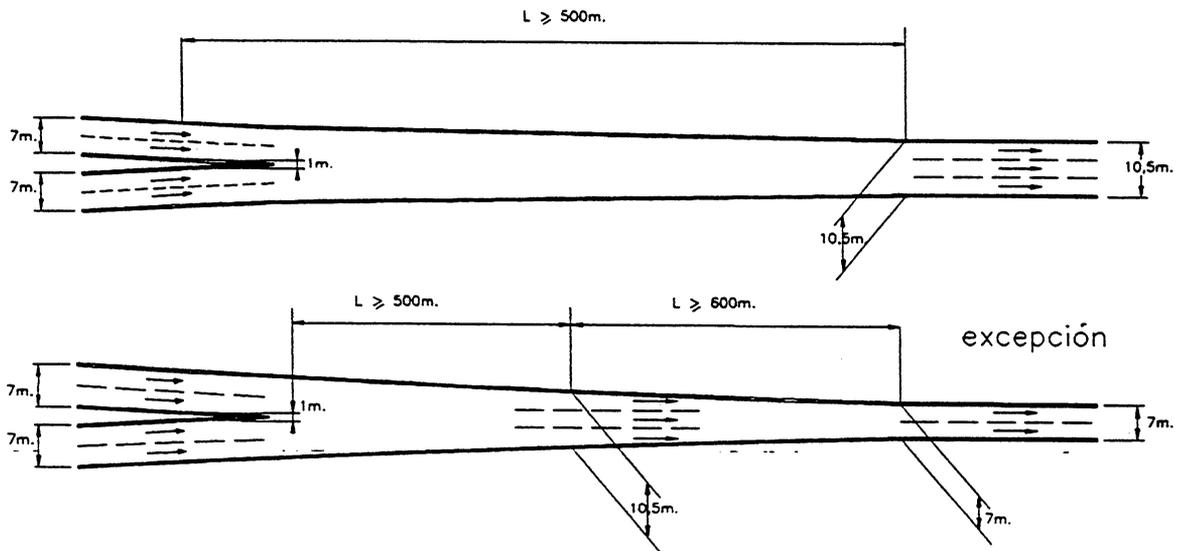
Las confluencias y bifurcaciones se establecerán por la coincidencia de flujos de tráfico similares. Las velocidades específicas de los elementos que concurren en una confluencia o bifurcación, deberán ser similares.

La cotangente del ángulo entre bordes de calzada deberá ser como máximo de sesenta y cinco (65) para confluencias, y de cincuenta (50) para bifurcaciones.

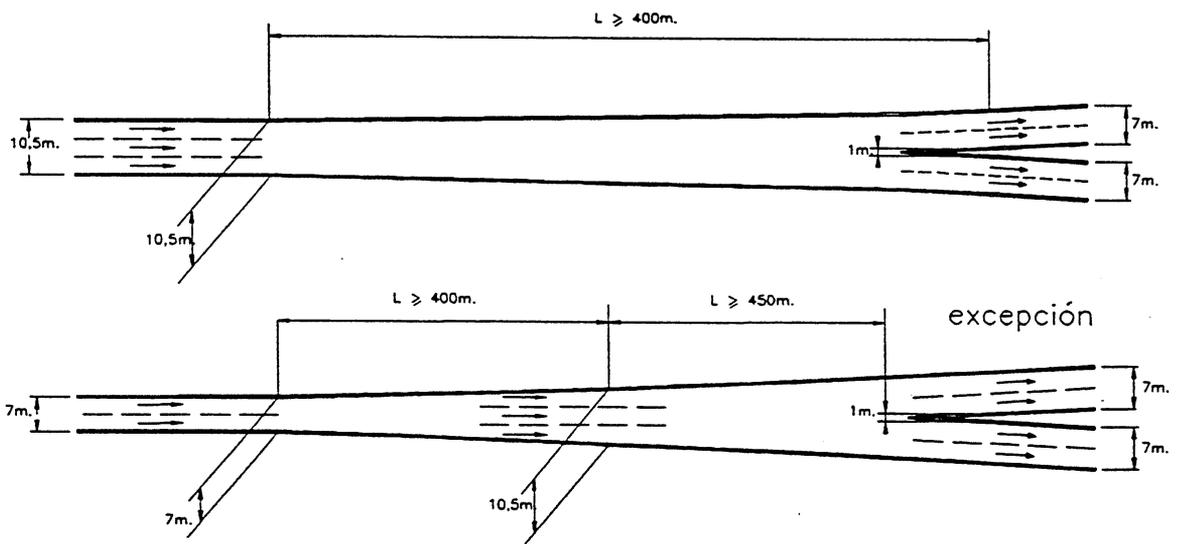
El número de carriles en la calzada común antes de una bifurcación (o después de una confluencia), no debe diferir de la suma del número de carriles después de la bifurcación (o antes de la confluencia) en más de una (1) unidad. Excepcionalmente, en casos suficientemente justificados y previa autorización expresa, la diferencia en el anterior cómputo de carriles podrá ser de dos (2) unidades como máximo.

Figura 7.7
Confluencias y bifurcaciones.

CONFLUENCIAS



BIFURCACIONES



Las confluencias y bifurcaciones se realizarán según se indica en la figura 7.7. Las longitudes mínimas, medidas entre la última sección de la calzada común antes de una bifurcación (o después de una confluencia), y la sección en que las calzadas después de la bifurcación (o antes de la confluencia) distan entre sí un metro (1m), serán las indicadas en dicha figura 7.7.

7.5.6 Carriles centrales de espera.

Los carriles centrales de espera tendrán en todos los casos un ancho de tres metros y medio (3,50 m).

El carril central de espera, comenzará con una cuña de transición, cuya cotangente estará comprendida entre veinte (20) y treinta y cinco (35).

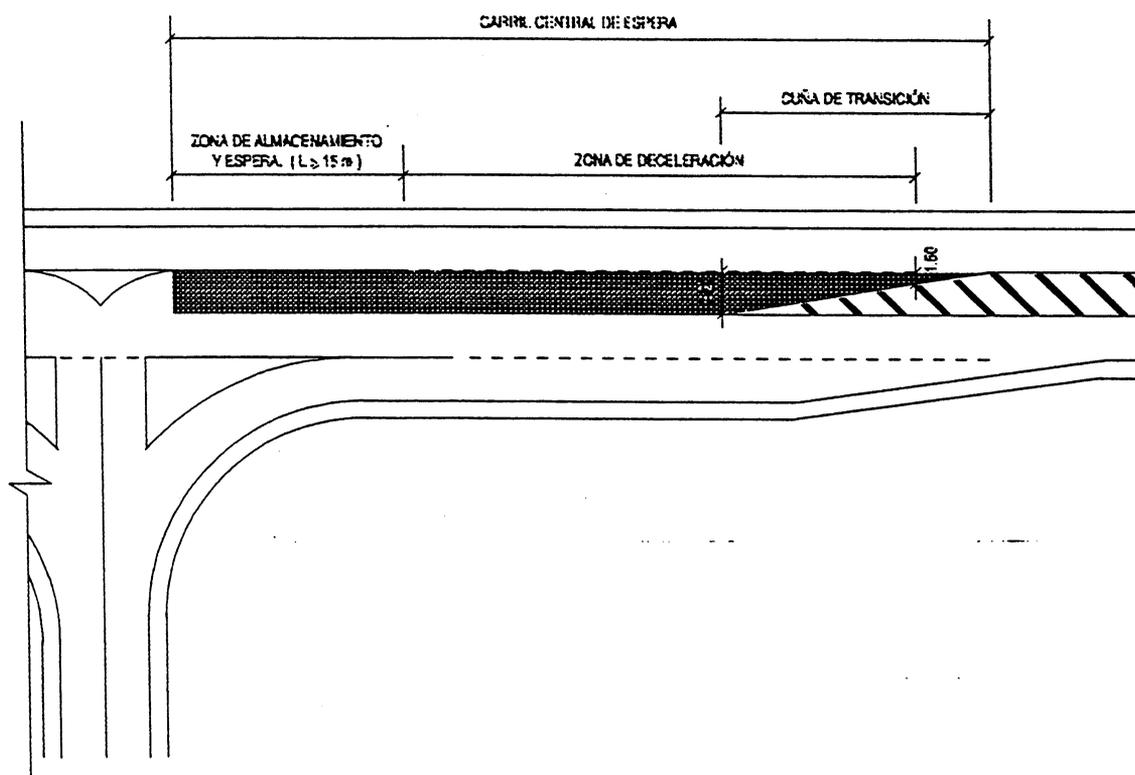
La longitud L en metros del carril de la zona de deceleración entre la sección donde la anchura de la cuña sea igual a un metro y medio (1,50 m) y la sección donde comience la zona de almacenamiento y espera será:

$$L = \frac{V_0^2}{254 \cdot (0,3+i)} \geq 100 \text{ m}$$

Siendo: V_0 = máximo valor en kilómetros por hora (km/h) entre la velocidad de proyecto (V_p) y la velocidad máxima señalizada previamente a la sección en que se inicia el carril de espera.

i = inclinación de la rasante en tanto por uno (positiva en rampa, negativa en pendiente).

Figura 7.8
Carriles centrales de espera.



La longitud de la zona de almacenamiento y espera, se determinará en función de los tráficos de las calzadas principal y secundaria. En cualquier caso, dicha longitud será mayor o igual que quince metros (15 m).

No se proyectarán carriles centrales de espera en las intersecciones en cruz.

En las intersecciones en "T", se podrá disponer en el centro de la calzada principal un carril de espera para permitir la detención y almacenamiento de los vehículos que van a efectuar el giro a la izquierda. Dicho carril se compondrá de una zona inicial de deceleración y una final de almacenamiento y espera (figura 7.8).

En carreteras de clase C-100, los movimientos a izquierda en caso de no resolverse a distinto nivel, se proyectarán con carriles centrales de espera.

En carreteras convencionales de clase C-80 y C-60, se podrán disponer carriles centrales de espera.

En ningún caso se dispondrán cuando la IMD de la carretera sea mayor o igual a cinco mil (5000).

7.5.7 Pasos de mediana.

En carreteras de calzadas separadas, a intervalos aproximados de dos kilómetros (2 km), y a unos doscientos metros (200 m) de los extremos de los túneles de longitud superior a quinientos metros (500 m), y de las obras de paso de longitud superior a cien metros (100 m) medida entre estribos, se proyectarán pasos a través de la mediana.

Dichos pasos tendrán una longitud mínima libre de cuarenta metros (40 m). Estarán abocinados a ambos lados en una longitud mínima de sesenta metros (60 m).

Cuando la mediana supere los catorce metros (14 m) de anchura en el paso de mediana, se calculará su longitud libre y abocinamientos de manera que el paso de los vehículos de una calzada a otra, pueda realizarse a velocidad de ochenta kilómetros por hora (80 km/h).

No se deberán situar pasos de mediana en puntos bajos de la rasante, siendo deseable que se ubiquen próximos a carriles de entrada o salida, de manera que pudieran emplearse como vías de escape ante emergencias.

7.5.8 Lechos de frenado.

En tramos de carreteras donde existan pendientes prolongadas, y los vehículos puedan perder el control por avería en los frenos, se implantarán lechos de frenado,

para facilitar la detención de dichos vehículos. Los lechos de frenado formarán parte integrante del diseño de esos tramos.

Si la pendiente media, i , de la rasante descendente es superior al cinco por ciento (5%), se podrá justificar la disposición de un lecho de frenado si el producto del cuadrado de i (expresado en tanto por ciento) por la longitud del tramo descendente (expresada en kilómetros) resulta superior a 60.

Si después de la pendiente hubiera una rampa de suficiente longitud o inclinación, antes de llegar a una curva, podría estar justificado no disponer un lecho de frenado.

En general, los lechos de frenado, se situarán en tramos aproximadamente rectilíneos, debiéndose adoptar las medidas que permitan distinguir claramente (sobre todo de noche), el lecho de frenado de la calzada de la carretera, evitando que inadvertidamente los vehículos penetren en él.

Un lecho de frenado se deberá percibir con antelación suficiente para que los vehículos que deseen acceder a él, puedan realizar la maniobra de entrada. No se proyectarán lechos de frenado en tramos de fuerte curvatura horizontal, así como después de un acuerdo vertical convexo.

Si el lecho de frenado se dispusiera adyacente a la plataforma (figura 7.9), la separación mínima al borde de la calzada será superior a dos metros (2 m), y siempre mayor o igual al ancho del arcén.

Si el lecho de frenado dispone de una vía de servicio (figura 7.9), exclusiva para él, segregada de la calzada principal, se diseñará especialmente la bifurcación entre ambas.

La distancia necesaria para detener a un vehículo articulado en un lecho de frenado de anchura completa (tabla 7.5) dependerá de la velocidad a la que entre en él, la cual deberá ser estimada en función de la longitud e inclinación de la pendiente anterior al lecho.

Excepcionalmente, en casos suficientemente justificados, se podrán disponer lechos de frenado de anchura reducida, para acoger a medio vehículo. En este caso, la distancia necesaria para detener al vehículo articulado se tomará igual al doble de la dada por la tabla 7.5 para un lecho de anchura completa.

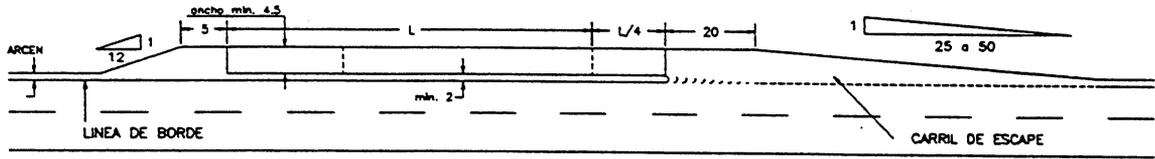
En todo caso, la longitud del lecho de frenado será igual al ciento veinticinco por ciento (125 %) de la distancia necesaria para detener al vehículo articulado.

TABLA 7.5
DISTANCIA NECESARIA (m) PARA DETENER A UN VEHÍCULO ARTICULADO
EN UN LECHO DE FRENADO DE ANCHURA COMPLETA

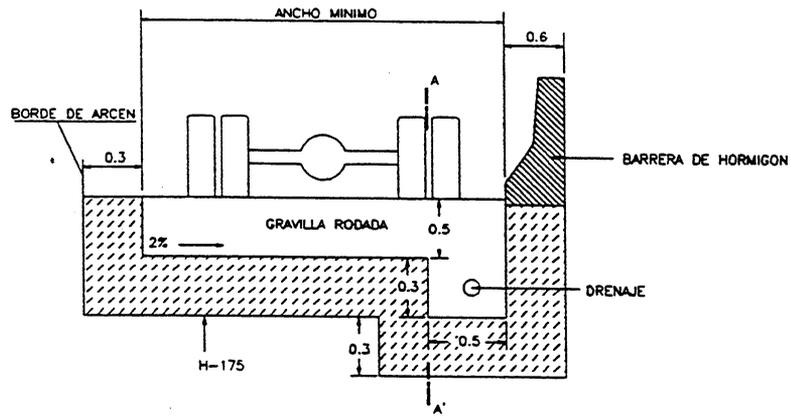
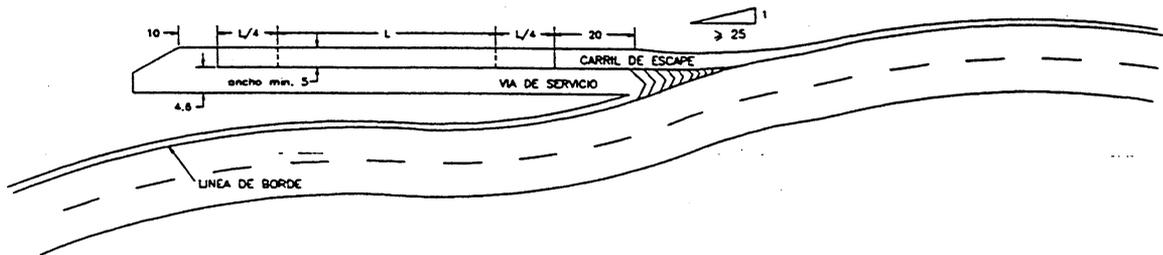
VELOCIDAD DE ENTRADA AL LECHO (km/h)	DISTANCIA DE DETENCIÓN ⁽⁵⁾ (m)
50	23
60	32
70	44
85	66
100	90
120	130

⁽⁵⁾ Esta distancia se aumentará en un 3 % por cada 1 % de pendiente descendente de la rasante.

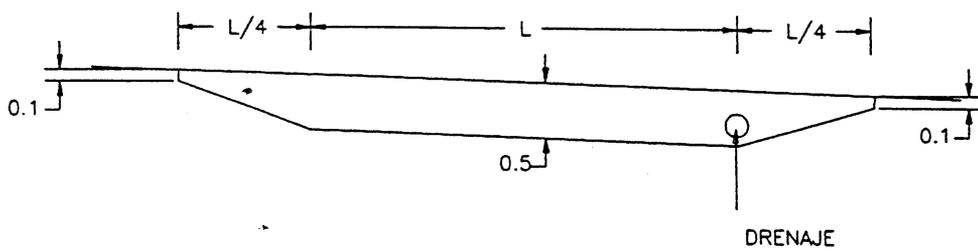
Figura 7.9
Lechos de frenado.



PLANTA



SECCION TRANSVERSAL



SECCION A-A'

NOTA: TODAS LAS COTAS EN METROS.

CAPÍTULO 8 NUDOS.

8.1 Generalidades.

Se denomina nudo a la zona en la que se cruzan dos o más vías. Se clasifican en:

- Intersecciones, cuando todos los movimientos se realizan al mismo nivel.
- Enlaces, cuando al menos dos movimientos se cruzan a distinto nivel.

La disposición de nudos, se hará en función de la necesidad de reposición de la continuidad de las vías afectadas.

La selección entre intersección y enlace, se hará teniendo en consideración las siguientes exigencias:

- *En carreteras de calzadas separadas y vías rápidas sólo se dispondrán enlaces.*
- En ningún caso se permitirá el cruce a nivel de algún carril o calzada cuando cualquiera de las carreteras que se crucen tenga una IMD igual o superior a cinco mil (5000).

En todos los casos se garantizará que se disponga para todas las calzadas y ramales de la visibilidad requerida en cada caso.

En las secciones intermedias de los ramales sólo se podrán conectar otros ramales.

A efectos del cálculo de ramales en nudos, no será de aplicación la tabla 4.3 de esta norma.

8.2 Enlaces.

A efectos de la ubicación de los enlaces se respetarán, salvo expresa justificación en contrario, las siguientes distancias, medidas entre las secciones características de los carriles de cambio de velocidad mas próximos:

* ***En carreteras de calzadas separadas.***

- ***La distancia entre enlaces consecutivos será, en general, superior a seis kilómetros (6 km), medida entre las secciones características de los carriles de cambio de velocidad mas próximos.***

* ***En carreteras de calzada única.***

- ***En carreteras de calzada única en las que esté prevista la duplicación de calzada, será de aplicación la prescripción anterior.***
- ***En carreteras de calzada única sin previsión de duplicación de calzada, la distancia entre enlaces consecutivos, será como mínimo de dos kilómetros (2 km) medida entre las secciones características de los carriles de cambio de velocidad mas próximos.***

El diseño específico de los enlaces, se hará considerando las correspondientes Recomendaciones de la Dirección General de Carreteras.

8.3 Intersecciones.

Cuando la IMD de la carretera de menor intensidad de las que acceden a la intersección, sea superior a trescientos (300), la intersección estará canalizada.

En todos los casos se dispondrá, al menos, de la visibilidad de cruce, para todos los accesos (apartado 3.2.1.5).

En general, en carreteras interurbanas, no se dispondrán glorietas, salvo casos suficientemente justificados. No se efectuarán conexiones con la carretera, en los doscientos cincuenta metros (250 m), anteriores y posteriores a la glorieta.

El diseño específico de las intersecciones, se hará considerando las correspondientes Recomendaciones de la Dirección General de Carreteras.

CAPÍTULO 9 CARRETERAS DE CARACTERÍSTICAS REDUCIDAS.

Se consideran como carreteras de características reducidas, e efectos de la presente norma, a las que no le son de aplicación la totalidad de las especificaciones:

- Carreteras urbanas.
- Carreteras de montaña con usos específicos.
- Carreteras que discurren por espacios naturales de elevado interés ambiental o acusada fragilidad.

9.1 Carreteras urbanas.

Son características específicas de las vías urbanas, cualquiera que sea su tipo, su inserción en la trama urbana, y en particular en el planeamiento urbanístico del núcleo urbano, la habitual existencia de peatones y vehículos estacionados junto a la calzada, y la proximidad de los enlaces, intersecciones o accesos.

Debido a las particulares circunstancias en que se desarrollan las carreteras urbanas, podrán reducirse las características exigidas en esta norma, siempre que se justifique convenientemente, y siempre que quede garantizada la seguridad de los usuarios.

Será de aplicación el contenido de la publicación "Carreteras en áreas urbanas. Recomendaciones para su planeamiento y proyecto" de la Dirección General de Carreteras.

9.2 Carreteras de montaña con usos específicos.

En carreteras de montaña, serán válidas las características fijadas por esta norma para carreteras en terreno muy accidentado.

Excepcionalmente para carreteras de montaña, con tráfico reducido o cuya funcionalidad o uso sea muy específico (turismo, deportes, etc.) podrán proponerse, suficientemente justificados, valores diferentes de los admitidos, para carreteras con similares intensidades de tráfico y velocidades de proyecto en terreno muy accidentado, previa autorización expresa de la Dirección General de Carreteras. En todos los casos quedará garantizada la seguridad de la circulación.

9.3 Carreteras que discurren por espacios naturales de elevado interés ambiental o acusada fragilidad.

Cuando una carretera discurra por un espacio natural en el que no sea posible alcanzar las características geométricas fijadas en esta norma, sin producir impactos críticos, se adecuarán dichas características a las compatibles con el medio, previa autorización expresa de la Dirección General de Carreteras.

9.4 Mejoras locales en carreteras existentes.

Las actuaciones en la red existente consistentes en mejoras locales pueden no alcanzar las características geométricas fijadas en la presente norma. No obstante, salvo expresa justificación en contrario, se deberá cumplir que:

- La velocidad de proyecto no diferirá de la velocidad de planeamiento correspondiente a los tramos adyacentes, de longitud mínima igual a dos kilómetros (2 km), en más de treinta kilómetros por hora (30 km/h).
- Los tramos sobre los que se actúe dispondrán en toda su longitud de la necesaria visibilidad de parada por geometría, o por reducción de velocidad mediante señalización.
- Los carriles adicionales y carriles de cambio de velocidad, que se proyecten, se ajustarán a lo especificado en la presente norma.

9.5 Vías para la circulación de bicicletas.

El proyecto de vías para la circulación de bicicletas, serán objeto de un estudio específico y diferenciado. En dicho estudio se tendrán en consideración todas las alternativas posibles, especialmente en lo referente a la disposición de tramos adyacentes a la plataforma para el tráfico motorizado, o de tramos segregados de dicha plataforma. En cualquier caso, se garantizará la seguridad de los ciclistas.

ANEXO 1 : DEFINICIONES.

ACCESO DIRECTO A UNA PROPIEDAD O INSTALACIÓN: Es aquel en que la incorporación de los vehículos a o desde la calzada se produce sin utilizar las conexiones o enlaces de otras vías públicas con la carretera.

ACERA: Franja longitudinal de la carretera, elevada o no, destinada al tránsito de peatones.

AÑO HORIZONTE: Año para cuyo tráfico previsible debe ser proyectada la carretera.

ARCÉN: Franja longitudinal pavimentada, contigua a la calzada, no destinada al uso de vehículos automóviles más que en circunstancias excepcionales.

ARISTA EXTERIOR DE LA EXPLANACIÓN: Es la intersección del talud del desmonte o terraplén con el terreno natural. Cuando el terreno natural circundante está al mismo nivel que la carretera, la arista exterior de la explanación es el borde exterior de la cuneta.

ARISTA EXTERIOR DE LA CALZADA: Borde exterior de la parte de carretera destinada a la circulación de vehículos en general.

BARRERA DE SEGURIDAD: Sistema de contención de vehículos empleado en los márgenes y medianas de las carreteras.

BERMA: Franja longitudinal, afirmada o no, comprendida entre el borde exterior del arcén y la cuneta o talud.

BIFURCACIÓN: Tramo en que diverge el flujo de tráfico en flujos similares.

BOMBEO: Pendiente transversal de la plataforma en tramos en recta.

CALZADA: Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles.

CALZADA DE SERVICIO: Vía de servicio.

CAMINO AGRÍCOLA: Vía de servicio destinada fundamentalmente para acceso a fincas rústicas, y cuyo tráfico predominante es de tractores y maquinaria agrícola.

CAMINO DE SERVICIO: El construido como elemento auxiliar o complementario de las actividades específicas de sus titulares.

CARRETERA DE CIRCUNVALACIÓN: La que rodea total o parcialmente una población, enlazando las que afluyen a ella.

CARRIL: Franja longitudinal en que puede estar dividida la calzada, delimitada o no por marcas viales longitudinales, y con anchura suficiente para la circulación de una fila de automóviles que no sean motocicletas.

CARRIL ADICIONAL PARA CIRCULACIÓN RÁPIDA: Es el carril adicional que, situado a la izquierda de los principales en carreteras de calzadas separadas o entre ellos en carreteras de calzada única, facilita a los vehículos rápidos el adelantamiento de otros vehículos que circulan a menor velocidad.

CARRIL ADICIONAL PARA CIRCULACIÓN LENTA: Es el carril adicional que, situado a la derecha de los principales, permite a los vehículos que circulan con menor velocidad desviarse de los carriles principales, facilitando, en las rampas, el adelantamiento por los vehículos más rápidos.

CARRIL DE CAMBIO DE VELOCIDAD: Es el carril destinado a incrementar o reducir la velocidad, desde la de los elementos de un acceso a la de la calzada principal de la carretera, o viceversa.

CARRIL CENTRAL DE ESPERA: Es el carril destinado en una intersección, con giro a la izquierda, a la detención del vehículo a la espera de oportunidad para realizar esta maniobra sin obstaculizar el tránsito de los carriles del sentido opuesto.

CONFLUENCIA: Tramo en que convergen flujos de tráfico similares.

CUÑA DE TRANSICIÓN: Ensanche de la calzada, en forma triangular que, en una divergencia, permite el paso gradual de la anchura normal de la calzada en la vía principal a la anchura completa del carril de deceleración y en una convergencia el paso de la anchura completa del carril de aceleración a la anchura normal de la calzada en la vía principal.

CURVA DE ACUERDO HORIZONTAL: Curva en planta que facilita el tránsito gradual desde una trayectoria rectilínea a una curva circular, o entre dos circulares de radio diferente.

CURVA DE ACUERDO VERTICAL: Curva en alzado que enlaza dos rasantes de diferente inclinación.

DESMONTE: Parte de la explanación situada bajo el terreno original.

DESPEJE LATERAL: Explanación necesaria para conseguir una determinada distancia de visibilidad.

DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO: Distancia necesaria para que, en condiciones de seguridad, un vehículo pueda adelantar a otro que circula a menor velocidad, en presencia de un tercero que circula en sentido opuesto. En el caso más general es la suma de las distancias recorridas durante la maniobra de adelantamiento propiamente dicha, la maniobra de reincorporación a su carril delante del vehículo adelantado, y la distancia recorrida por el vehículo que circula en sentido opuesto.

DISTANCIA DE CRUCE: Es la longitud de carretera que debe ser vista por el conductor de un vehículo que pretende atravesar dicha carretera (vía preferente).

DISTANCIA DE PARADA: Distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, medida desde su situación en el momento de aparecer el objeto u obstáculo que motiva la detención. Comprende la distancia recorrida durante los tiempos de percepción, reacción y frenado.

DUPLICACIÓN DE CALZADA: Obra de modernización de una carretera consistente en construir otra calzada separada de la existente, para destinar cada una de ellas a un sentido único de circulación.

ELEMENTO: Alineación, en planta o alzado, que se define por características geométricas constantes a lo largo de toda ella.

Se consideran los siguientes elementos:

- En planta: Recta (acimut constante), curva circular (radio constante), curva de transición (parámetro constante)
- En alzado: Rasante (pendiente constante), acuerdo parabólico (parámetro constante)

EJE: Línea que define el trazado en planta o alzado de una carretera, y que se refiere a un punto determinado de su sección transversal.

ENLACE: Zona en la que dos o más carreteras se cruzan a distinto nivel, y en la que se incluyen los ramales que pueden utilizar los vehículos para el desarrollo de los movimientos de cambio de una carretera a otra.

ENSANCHE DE PLATAFORMA: Obra de modernización de una carretera que amplía su sección transversal, utilizando parte de la plataforma existente.

EXPLANACIÓN: Zona de terreno realmente ocupada por la carretera, en la que se ha modificado el terreno original.

GLORIETA: Intersección dispuesta en forma de anillo (generalmente circular) al que acceden, o del que parten, tramos de carretera, siendo único el sentido de circulación en el anillo.

HORA CIENTO CINCUENTA (150): Intensidad del tráfico que, en rango de mayor a menor intensidad, ocupa el lugar ciento cincuenta (150), en una ordenación hora por hora a lo largo de un (1) año.

HORA DE PROYECTO: Número de vehículos por hora que deben poder utilizar la carretera que se proyecta, en el año horizonte, con el nivel de servicio establecido, para la hora que se establezca.

HORA TREINTA (30): Intensidad del tráfico que, en rango de mayor a menor intensidad, ocupa el lugar treinta (30), en una ordenación hora por hora a lo largo de un (1) año.

INTENSIDAD MEDIA DIARIA (I.M.D.): Número total de vehículos que pasan durante un año por una sección transversal de la carretera, dividido por el número de días del año.

INTERSECCIÓN: Zona común a dos o varias carreteras que se encuentran o se cortan al mismo nivel, y en la que se incluyen los ramales que puedan utilizar los vehículos para el paso de una a otra carretera.

LECHO DE FRENADO: Zona adyacente a la plataforma o divergente de la misma, en tramos de fuerte pendiente, con características adecuadas para facilitar la detención de vehículos con insuficiencias en su sistema de frenado.

MEDIANA: Franja longitudinal situada entre dos plataformas separadas, no destinada a la circulación.

NARIZ: Superficie de plataforma común a dos vías, comprendida entre la sección en que separan las calzadas, y la sección en que separan las plataformas.

NIVEL DE SERVICIO: Medida cualitativa descriptiva de las condiciones de circulación de una corriente de tráfico; generalmente se describe en función de ciertos factores como la velocidad, el tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, las interrupciones de tráfico, la comodidad y conveniencia, y la seguridad.

NUDO: Zona en la que se cruzan dos o más vías. Se clasifican en:

- Intersecciones, cuando todos los movimientos se realizan al mismo nivel.
- Enlaces, cuando al menos dos movimientos se cruzan a distinto nivel.

PASO DE MEDIANA: Es una interrupción en la separación física entre los dos sentidos de circulación de una carretera de calzadas separadas, que facilita la comunicación entre ambas en casos singulares y de emergencia.

PASO A NIVEL: Cruce a la misma cota entre una carretera y una línea de ferrocarril.

PENDIENTE: Inclinación de una rasante descendente en el sentido de avance.

PERALTE: Inclinación transversal de la plataforma en los tramos en curva.

PLATAFORMA: Zona de la carretera destinada al uso de los vehículos, formada por la calzada, los arcenes y las bermas afirmadas.

PRETIL: Sistema de contención de vehículos, análogo a las barreras, pero específicamente diseñado para bordes de tablero de obras de paso, coronaciones de muros de sostenimiento y obras similares.

PUNTA: Superficie de plataforma común a dos vías, comprendida entre la sección en que se unen las plataformas, y la sección en que se unen las calzadas.

RAMAL: Vía que une las calzadas que confluyen en un nudo para solucionar los distintos movimientos de los vehículos.

RAMPA: Inclinación de una rasante ascendente en el sentido de avance.

RASANTE: Línea de una vía considerada en su inclinación o paralelismo respecto del plano horizontal.

SECCIÓN TRANSVERSAL: Corte ideal de la carretera por un plano vertical y normal a la proyección horizontal del eje, en un punto cualquiera del mismo.

TERRAPLÉN: Parte de la explanación situada sobre el terreno original.

TRAMO: Con carácter genérico, cualquier porción de una carretera, comprendida entre dos secciones transversales cualesquiera.

Con carácter específico, cada una de las partes en que se divide un itinerario, a efectos de redacción de proyectos. En general los extremos del tramo coinciden con puntos singulares, tales como intersecciones, enlaces, cambios en el medio atravesado, ya sean de carácter topográfico o de utilización del suelo.

TRAVESÍA: La parte de tramo urbano en la que existan edificaciones consolidadas al menos en las dos terceras partes de su longitud y un entramado de calles al menos en uno de los márgenes.

TRENZADO: Maniobra por la que dos flujos de tráfico del mismo sentido se entrecruzan.

VARIANTE DE POBLACIÓN: Obra de modernización de una carretera que afecta a su trazado y como consecuencia de la cual se evita o sustituye una travesía o tramo urbano.

VARIANTE DE TRAZADO: Obra de modernización de una carretera en planta o en alzado cambiando su trazado en una longitud acumulada de más de diez kilómetros (10 km).

VELOCIDAD ESPECÍFICA DE UN ELEMENTO DE TRAZADO (V_e): Máxima velocidad que puede mantenerse a lo largo de un elemento de trazado considerado aisladamente, en condiciones de seguridad y comodidad, cuando encontrándose el pavimento húmedo y los neumáticos en buen estado, las condiciones meteorológicas, del tráfico y legales son tales que no imponen limitaciones a la velocidad.

VELOCIDAD DE PLANEAMIENTO DE UN TRAMO (V): Media armónica de las velocidades específicas de los elementos de tramos homogéneos de longitud superior a dos kilómetros (2 km).

VELOCIDAD DE PROYECTO DE UN TRAMO (V_p): Velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de construcción de los elementos del trazado, en condiciones de comodidad y seguridad.

VÍA COLECTORA-DISTRIBUIDORA: Calzada con sentido único de circulación, sensiblemente paralela a la carretera principal, cuyo objeto es separar de dicha carretera principal las zonas de conflicto que se originan por las maniobras de cambio y trenzado de vehículos en tramos con salidas y entradas sucesivas muy próximas. En ningún caso sirve a las propiedades o edificios colindantes.

VÍA RÁPIDA: Carretera de una sola calzada con limitación total de accesos a las propiedades colindantes.

VÍA DE SERVICIO: Camino sensiblemente paralelo a una carretera, respecto de la cual tiene carácter secundario, conectado a ésta solamente en algunos puntos, y que sirve a las propiedades o edificios contiguos. Puede ser con sentido único o doble sentido de circulación.

VÍA URBANA: Cualquiera de las que componen la red interior de comunicaciones de una población, siempre que no se trate de travesías ni formen parte de una red arterial.

VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO: Distancia que existe a lo largo del carril por el que se realiza el mismo entre el vehículo que efectúa la maniobra de adelantamiento y la posición del vehículo que circula en sentido opuesto, en el momento en que puede divisarlo, sin que luego desaparezca de su vista hasta finalizar el adelantamiento.

VISIBILIDAD DE CRUCE: Distancia que precisa un vehículo para poder cruzar otra vía que intersecta su trayectoria. Está determinada por la condición de que el conductor del vehículo que espera para cruzar pueda ver si se acerca otro vehículo y, en este caso, juzgar si éste se halla a distancia suficiente para poder finalizar la maniobra de cruce antes de que llegue a su posición el segundo vehículo.

VISIBILIDAD DE PARADA: Distancia a lo largo de un carril que existe entre un obstáculo situado sobre la calzada y la posición de un vehículo que circula hacia dicho obstáculo, en ausencia de vehículos intermedios, en el momento en que puede divisarlo sin que luego desaparezca de su vista hasta llegar al mismo.

ANEXO 2 : MODELO DE ACELERACIÓN EN RECTAS.

En el modelo considerado para el cálculo de la velocidad específica de una recta se considera un modelo de aceleración de los vehículos con una aceleración uniforme de valor 0,64 km/h/s, y que en las alineaciones rectas, la velocidad de los vehículos sólo está limitada por la inclinación de la rasante.

De esta forma, al salir de una curva, con una determinada velocidad específica V_1 , los vehículos mantienen esta velocidad durante un tiempo hasta que recorren una longitud que se denomina $L_{min.o}$ a partir de la cual aceleran hasta que la proximidad de la siguiente curva y de su velocidad específica V_2 , que debiera ser percibida, les obliga a decelerar. Así la velocidad máxima alcanzada por el vehículo se considera como la velocidad específica de la recta V_r .

Se limita la diferencia de velocidades entre las dos curvas consecutivas a un máximo de 20 km/h, permitiendo una diferencia máxima entre dos elementos consecutivos, si uno de ellos es una recta, de 25 km/h.

Con los condicionantes anteriores la longitud máxima de recta que se permite no es excesivamente larga, con unos tiempos de recorrido que varían entre 73 y 61 seg para bajas y altas velocidades específicas respectivamente.

Por tanto, para cada V_1 nos encontramos con unas longitudes características que vienen definidas por las siguientes ecuaciones:

$$L_{min.s} = 5 \cdot \frac{V_1}{3,6} = 1,39 \cdot V_1$$

$$L_{min.o} = 2,78 \cdot V_1$$

$$L_1 = 11,46 \cdot V_1 - 86,81$$

$$L_2 = 13,63 \cdot V_1 + 135,63$$

$$L_{m\acute{a}x} = 15,80 \cdot V_1 + 184,46$$

$L_{m\acute{i}n.s}$ viene determinada por la longitud de la alineaci3n recta m3nima entre curvas de sentido contrario, definida por un tiempo de recorrido igual a cinco segundos.

$L_{m\acute{i}n.o}$ viene determinada por la longitud de la alineaci3n recta m3nima entre curvas del mismo sentido, definida por un tiempo de recorrido igual a diez segundos.

L_1 es la longitud en que decelerando el veh3culo 3ste no sobrepasa la $V_2 = V_1 - 20$, es decir, no existe una diferencia de velocidades superior a 20 km/h.

L_2 es aquella que delimita, acelerando el veh3culo, una velocidad m3xima en recta de $V_1 + 25$.

$L_{m\acute{a}x}$ viene dada por un valor que evite alineaciones rectas excesivamente largas, y que impliquen un valor m3ximo de V_2 igual a $V_1 + 20$.

Por tanto, la longitud de la recta L se halla limitada entre un valor m3nimo $L_{m\acute{i}n.o}$ (o $L_{m\acute{i}n.s}$ en su caso), y una valor m3ximo $L_{m\acute{a}x}$. Para cada valor de L la velocidad V_2 , velocidad espec3fica de la curva posterior se encuentra limitada entre dos valores, m3ximo y m3nimo, dependiendo del valor de V_1 y de L , y cuyos valores vienen dados por las siguientes ecuaciones:

$$\text{Si } L_{m\acute{i}n.s} \leq L \leq L_{m\acute{i}n.o} \Rightarrow V_{m\acute{i}n} = V_{m\acute{a}x} = V_1$$

$$\text{Si } L_{\text{mín. o}} \leq L \leq L_1 \Rightarrow V_{\text{mín}} = \sqrt{V_1^2 + 12,80 \cdot V_1 - 4,608 \cdot L}$$

$$V_{\text{máx}} = \sqrt{V_1^2 - 12,80 \cdot V_1 + 4,608 \cdot L}$$

$$\text{Si } L_1 \leq L \leq L_2 \Rightarrow V_{\text{mín}} = V_1 - 20$$

$$V_{\text{máx}} = \sqrt{V_1^2 - 12,80 \cdot V_1 + 4,608 \cdot L}$$

$$\text{Si } L_2 \leq L \leq L_{\text{máx}} \Rightarrow V_{\text{mín}} = V_1 - 20$$

$$V_{\text{máx}} = \sqrt{V_1^2 + 112,80 \cdot V_1 - 4,608 \cdot L + 1250}$$

Con lo que para una V_1 y una longitud L , la V_2 debe estar dentro de los límites marcados, si no el diseño del trazado no es correcto y hay que variar alguno de los parámetros (V_1, V_2 o L) modificándolo para que se cumplan las condiciones impuestas.

Una vez que los valores V_1, V_2 y L cumplan los límites, se calcula la velocidad de la recta V_r mediante la siguiente ecuación:

$$V_r = \sqrt{\frac{V_1^2 + V_2^2 - 12,81 \cdot V_1 + 4,608 \cdot L}{2}}$$