

| | | |
|------------|--|-----------|
| 2 | DISEÑO GEOMÉTRICO | 3 |
| 2.1 | GENERALIDADES | 3 |
| 2.1.1 | ALCANCE | 3 |
| 2.1.2 | MARCO LEGAL | 4 |
| 2.2 | EJE DE REPLANTEO | 5 |
| 2.3 | ALINEAMIENTO HORIZONTAL | 5 |
| 2.3.1 | ALINEACIONES RECTAS | 5 |
| 2.3.1.1 | Parámetros de Diseño | 5 |
| 2.3.2 | CURVAS CIRCULARES | 6 |
| 2.3.2.1 | Elementos de la Curva Horizontal | 6 |
| 2.3.2.2 | Parámetros de Diseño | 7 |
| 2.3.2.3 | Criterios de Diseño | 9 |
| 2.3.3 | CLOTOIDES | 12 |
| 2.3.3.1 | Ventajas del Uso de la Clotoide | 12 |
| 2.3.3.2 | Elección de la Clotoide | 12 |
| 2.3.3.3 | Verificación por Transición de Peraltes | 13 |
| 2.3.3.4 | Condición Visual y Estética | 13 |
| 2.3.3.5 | Configuraciones | 13 |
| 2.4 | ALINEAMIENTO VERTICAL | 15 |
| 2.4.1 | PERFIL LONGITUDINAL | 15 |
| 2.4.2 | ELEMENTOS DE CURVA VERTICAL | 15 |
| 2.4.3 | PARÁMETROS DE DISEÑO | 16 |
| 2.4.3.1 | Pendientes verticales máximas admisibles | 16 |
| 2.4.3.2 | Pendientes verticales mínimas | 17 |
| 2.4.3.3 | Enlace de Rasantes | 17 |
| 2.4.3.4 | Longitudes Mínimas de Curvas Verticales | 18 |
| 2.4.4 | PERALTES | 18 |
| 2.4.4.1 | Generalidades | 18 |
| 2.4.4.2 | Pendiente Relativa de Borde | 18 |
| 2.4.4.3 | Longitudes para transición de peraltes | 19 |
| 2.4.4.4 | Proporción de peralte a Desarrollar en recta | 21 |
| 2.4.4.5 | Transiciones cuando no existen Clotoides | 21 |
| 2.4.4.6 | Transiciones con Clotoides | 22 |

| | |
|---|-----------|
| 2.5 ELEMENTOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL | 23 |
| 2.5.1 CALZADAS | 23 |
| 2.5.1.1 Modificaciones de Ancho de Calzadas | 24 |
| 2.5.2 GÁLIBOS | 25 |
| 2.5.3 BANDEJONES Y MEDIANAS | 26 |
| 2.5.4 BANDAS DE ESTACIONAMIENTO | 26 |
| 2.5.4.1 Aparición y desaparición de bandas de estacionamiento | 28 |
| 2.5.4.2 Estacionamiento Segregado | 29 |
| 2.5.5 INTERSECCIONES | 30 |
| 2.5.5.1 Antecedentes para el diseño | 30 |
| 2.5.5.2 Principios de diseño | 30 |
| 2.5.5.3 Tipos de Intersecciones | 31 |
| 2.5.5.4 Definición en planta de una Intersección | 31 |

2 DISEÑO GEOMÉTRICO

2.1 GENERALIDADES

El presente documento hace referencia al análisis de elementos geométricos necesarios para la realización de un proyecto de vialidad urbana, considerando aspectos de alineamiento horizontal, vertical y sección transversal.

Este capítulo ha sido realizado utilizando el Manual de Vialidad Urbana: Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Infraestructura Vial Urbana (REDEVU), y pretende ser un fiel reflejo de lo que este documento indica, sin embargo se han adaptado todos los parámetros para una velocidad máxima de 60 km/h, correspondiente a las vías urbanas en Región Metropolitana.

2.1.1 Alcance

En la actualidad, es indispensable que una vía se desarrolle utilizando los requerimientos de todos los actores de la sociedad, y por lo tanto, se hace necesario complementar los parámetros de diseño en calzada con otros elementos que componen una vía urbana: aceras y ciclovías.

El capítulo de Diseño Geométrico está enfocado principalmente en diseño en calzada, por lo que se invita al lector a revisar los capítulos de diseño de otros elementos con el fin de complementar y generar una vía óptima para todos los usuarios.

Para los elementos en aceras, se debe revisar el Capítulo 3 correspondiente a Diseño Universal. Y para el Diseño y Ejecución de Ciclovías, se debe revisar el Capítulo 4.

Los conceptos y parámetros definidos en el presente Manual serán de aplicación obligatoria, para todos aquellos proyectos u obras de vialidad urbana que sean de tuición SERVIU Metropolitano.

De acuerdo al Artículo 2.3.8 bis de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, Las Secretarías Regionales Ministeriales de Vivienda y Urbanismo definirán los proyectos viales que deban ser ejecutados por los Servicios de Vivienda y Urbanización (SERVIU), estableciendo, entre otras características: el trazado, los perfiles geométricos, el número de pistas, cruces, enlaces o elementos de canalización de tránsito. Las características a que se refiere el inciso anterior podrán también ser definidas por los Municipios o por los particulares, tratándose de vías cuya ejecución les compete o están facultados para ejecutar, respectivamente, debiendo en todo caso, estar de acuerdo con las disposiciones establecidas en la presente Ordenanza y contar con la aprobación del Servicio de Vivienda y Urbanización (SERVIU) que corresponda, o del Departamento de Pavimentación de la Municipalidad de Santiago, en su caso.

2.1.2 Marco Legal

La normativa vigente para el desarrollo de este capítulo comprende lo siguiente:

- Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Infraestructura Vial Urbana (REDEVU 2009), aprobada por MINVU, según D.S. N° 827, de fecha 05.12.2008, publicado en el Diario Oficial el día 02.01.2009.
- Ley General de Urbanismo y Construcciones (1975) y sus modificaciones;
- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (1992) (OGUC), sus modificaciones y actualizaciones:
- D.S. N° 109, del año 2014, que modifica la OGUC en materia de ciclovías y estacionamientos para bicicletas.

2.2 EJE DE REPLANTEO

De acuerdo a REDEVU, una calle es una obra tridimensional cuyos elementos quedan definidos mediante sus proyecciones en tres planos: planta, sección longitudinal y sección transversal.

El Eje de Replanteo corresponde al eje de la vía mediante el cual se generan los ejes en planta y la sección longitudinal (proyecciones en planta y elevación de ejes de la vía).

2.3 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El alineamiento horizontal corresponde al estudio en planta de una vía, definida en torno a uno o más ejes. Los elementos básicos del eje de la vía son: rectas, curvas circulares y clotoides. La sucesión continua de estos elementos forman el eje en planta.

2.3.1 Alineaciones Rectas

Una recta es el elemento más utilizado en el diseño, puesto que entrega simplicidad al usuario en la conducción; sin embargo, y debido a las condiciones del entorno, se hace necesario limitar su longitud.

2.3.1.1 Parámetros de Diseño

En una recta se deben determinar dos parámetros: longitud máxima de la recta y longitud mínima.

Longitudes Máximas

Con respecto a la longitud máxima no existe una limitación determinada, si no que se da por criterios de espacio y confortabilidad en el usuario. Es posible que una recta conlleve a una conducción monótona que podría traducirse en somnolencia si es que no existen elementos reguladores de velocidad, como intersecciones, semáforos y reductores.

Longitudes Mínimas

Las longitudes mínimas se establecen para aquellas rectas que se encuentran entre curvas y dependerá de los sentidos de curvatura de las mismas:

Caso 1: Distinto sentido de curvatura (Curva en "S")

Si las curvaturas son de distinto sentido, curva en "S", y las inclinaciones transversales son también distintas, lo que ocurre cuando una de ellas o las dos consultan peraltes en vez del bombeo, el mínimo en cuestión será aquel que permita ejecutar la transición del peralte en las condiciones descritas en el párrafo: Transiciones de peralte.

Caso 2: Mismo sentido de curvatura

Si las curvaturas son del mismo sentido, configuración ovoide, el mínimo será $L = (V - 10)$ metros, donde V es la velocidad de diseño desprovista de su dimensión (km/h) y entendida como una cantidad de metros (si $VD = 60$ km/h, $L = 60 - 10 = 50$ metros). Esto último para facilitar una clara distinción entre las curvaturas de dicho radio. La pendiente transversal en dicha recta puede ser hasta de un 3,5% a una sola agua, con el fin de simplificar las transiciones que de otro modo serían necesarias.

2.3.2 Curvas Circulares

Las curvas son elementos que se utilizan para generar un empalme entre dos rectas. Las curvas están compuestas por varios elementos, que se describen a continuación.

2.3.2.1 Elementos de la Curva Horizontal

Tabla 2.3.1
Descripción de Elementos Curva Horizontal

| Símbolo | Denominación | Descripción |
|----------|-------------------------------|---|
| V_n | Vértice | Punto de intersección de dos alineaciones consecutivas del trazado. |
| α | Ángulo entre dos alineaciones | Medido a partir de la alineación de entrada, en el sentido de los punteros del reloj, hasta la alineación de salida. |
| ω | Ángulo de deflexión | Se repite como ángulo del centro subtendido por el arco circular. |
| R | Radio de Curvatura | Radio del arco de círculo. Medido en metros (m) |
| T | Tangente | Distancia entre el vértice y los puntos de tangencia del arco del círculo con las alineaciones de entrada y salida. Determina el principio de curva (PC) y el final de curva (FC). Se mide en metros (m). |
| S | Bisectriz | Distancia desde el vértice al punto medio (MC) del arco del círculo. Se mide en metros (m). |
| D | Desarrollo | Longitud del arco de círculo entre los puntos de tangencia PC y FC. Se mide en metros (m). |
| E | Ensanche | Sobre ancho que pueden requerir las curvas para compensar el mayor ancho ocupado por un vehículo al describir una curva. |

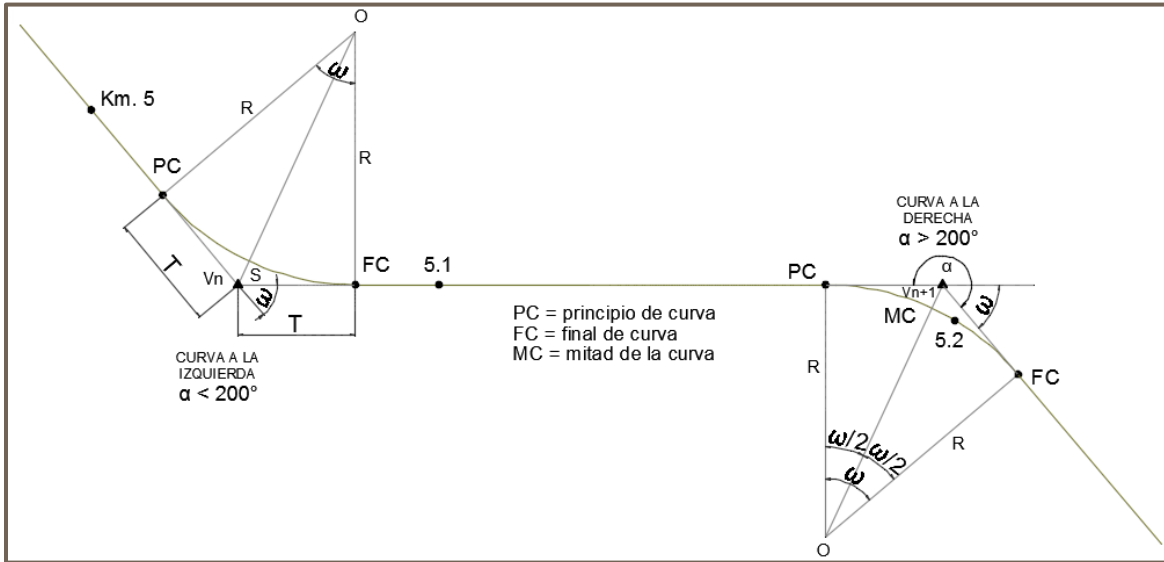


Figura 2.3-1
Curva circular y sus elementos.

2.3.2.2 Parámetros de Diseño

Una curva horizontal se proyecta en el caso que $\omega > 2^g$. Cuando $\omega \leq 2^g$ se considera deflexión (condición deseable). Otros casos se deben tratar de manera particular.

Los parámetros de diseño están determinados en bases a fórmulas que se presentan a continuación.

(1) $\omega = |\alpha - 200|$

(2) $T = R \tan \frac{\omega}{2}$

(3) $S = R (\sec \frac{\omega}{2} - 1)$

(4) $D = \frac{\pi \cdot R \cdot \omega}{200} = \frac{R \cdot \omega}{63.662}$

(5) $E = n \cdot \frac{50}{R}$; Necesario si $R < 200$ m

(6) p ; Según definición de Peralte

El trazado mediante curvas circulares pretende resolver el problema dinámico que se determina a través de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{V^2}{127 \cdot (p + t)}$$

Ecuación 2.3.1
El problema dinámico

- R: Radio mínimo (m)
- V: Velocidad de diseño (km/h)
- p: Peralte máximo (tanto por uno)
- t: Coeficiente de fricción transversal máximo correspondiente a la velocidad de diseño V (tanto por uno)

Coeficiente de Fricción Transversal

Referido a la capacidad del par neumáticos – pavimento para resistir fuerzas transversales. Depende de la velocidad.

Este coeficiente es una medida de la capacidad del par neumáticos – pavimento para resistir fuerzas transversales sin un desplazamiento en el mismo sentido y depende de la velocidad.

Tabla 2.3.2
Coeficientes de Fricción Transversal Máximos (t)

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| V (km/h) | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 |
| t (%) | 31 | 28 | 25 | 23 | 21 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 |

Inclinación Transversal

Se pueden distinguir dos inclinaciones transversales: **bombeo** y **peralte**.

El **bombeo** corresponde a una pendiente transversal mínima que debe presentar la calzada para facilitar su drenaje superficial. Dicha pendiente mínima (2% y preferiblemente 2,5%) puede ser constante en todo el ancho de la calzada (bombeo único o “a un agua”) o presentar una discontinuidad en el eje de simetría de la misma, vertiendo una mitad hacia uno de sus bordes y la otra mitad hacia el borde opuesto (bombeo doble o “a dos aguas”).

El **peralte** corresponde a una pendiente transversal constante de una calzada en todo su ancho, que orientada adecuadamente – punto bajo en el interior de la curva – permite una marcha más cómoda a los vehículos, compensa parte de la aceleración centrífuga, quedando el saldo no compensado por cuenta de la fricción entre neumáticos y pavimento.

El valor máximo del peralte se obtiene a través de la velocidad de diseño y considera también la categoría de la vía.

El peralte máximo aceptado para vías urbanas de tuición SERVIU corresponde a 4%.

Relación entre Variables

La expresión $\frac{v^2}{127 \cdot (p+t)}$ requiere algunos alcances para su correcta aplicación.

Elegido un peralte máximo, es simple obtener un radio mínimo para una cierta velocidad de diseño, basta considerar dicho peralte y el coeficiente t máximo para la velocidad en cuestión. Pero, por otra parte, es necesario precisar algún criterio para obtener los valores de R que corresponden a peraltes inferiores al máximo.

En definitiva, el problema consiste en determinar alguna relación entre t y p, de tal modo que para el caso de un cierto trazado donde se ha impuesto un peralte máximo al uso de un peralte menor vaya asociado un valor de t también inferior al máximo, todo lo cual se combina en la ecuación fundamental para producir un radio de curvatura mayor.

Las normas de diseño que se aplican en nuestro país, resuelven este problema haciendo $t = 2p$ ($t = 3p$ en intersecciones). Ello redundará en trazados donde el conductor que circula a la velocidad de diseño ve compensado un tercio de la aceleración radial por el peralte y los dos tercios restantes por la fricción (un cuarto y tres cuartos, respectivamente, para el caso de las intersecciones).

2.3.2.3 Criterios de Diseño**Radios Mínimos**

Si se aplican en $R = \frac{v^2}{127 \cdot (p+t)}$ los coeficientes de fricción transversal máximos para cada velocidad de diseño, y el peralte máximo recomendable, correspondiente a 4%, se tienen tres familias de radios mínimos, que se tabulan a continuación en la Tabla 2.3.3.

Se recuerda que en el caso de aplicarse radios mínimos se considera el papel que juega el ancho de calzada en la situación más desfavorable, que consiste en un vehículo motorizado transitando por una pista interior, la cual presentaría un radio de curvatura menor que el mínimo. Si la diferencia en cuestión supera el 10% del valor del radio de curvatura en el eje, conviene aumentar algo este último, sin reducir el peralte que le correspondía originalmente.

Tabla 2.3.3

Radios Mínimos según categoría, con el p máximo deseable

| Categoría de Vía (PRMS o PRC) | V (km/h) | Radio mínimo p máx = 4% |
|----------------------------------|-------------|----------------------------|
| SERVICIO | 25 | 15 |
| | 30 | 22 |
| | 35 | 35 |
| | 40 | 50 |
| COLECTORAS | 45 | 65 |
| | 50 | 85 |
| | 55 | 110 |
| | 60 | 135 |
| | 65 | 165 |
| TRONCALES | 70 | 200 |

Radios Mínimos con contraperalte

En muchas vías podrá ser conveniente o necesario mantener el bombeo incluso en curvas, evitando con ello transiciones de peralte, las cuales pueden dificultar y desfigurar la solución altimétrica de los bordes de la calzada y producir problemas de drenaje cuando la pendiente longitudinal es escasa. Esto, que implica un contraperalte, no será posible de ejecutar cuando las curvas en cuestión tengan un radio de curvatura inferior al valor límite que permite un contraperalte de -2,5% para la velocidad de diseño.

Tabla 2.3.4

Radios Límites en Contraperalte, en Vías NO EXPRESAS

| V (km/h) | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 |
|----------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| RLC (m) | 30 | 50 | 75 | 110 | 160 | 220 | 290 | 370 | 470 | 600 |

Estos valores están de acuerdo a la Tabla 5.01.202 (4) A de REDEVU 2009, y están calculados con un bombeo de 2.5%, pudiendo utilizarse con bombeo de 2.0%.

Desarrollos mínimos

Siempre que sea posible, se deberá evitar desarrollos demasiado cortos de la curva circular, ya sea que se trate de radios próximos a los mínimos o de deflexiones pequeñas. Los valores recomendables de dichos desarrollos se presentan en los cuadros que siguen.

Tabla 2.3.5

Desarrollo Mínimo de Curvas Circulares (R=mín)

| V (km/h) | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|
| D Mín (m) | 3 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 65 |

Las relaciones entre V, R, p, t y A se establecen en la Tabla 5.01.202 (5) de REDEVU 2009.

Cuando la deflexión es pequeña, es preciso utilizar radios amplios que aseguren desarrollo mínimos del orden expuesto.

Tabla 2.3.6

Desarrollo Mínimo de Curvas Circulares (w<=6)

| V (km/h) | D mín (m) | | | | |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 2 ^g | 3 ^g | 4 ^g | 5 ^g | 6 ^g |
| 10 - 35 | 80 | 75 | 60 | 50 | 40 |
| 40 - 60 | 140 | 125 | 115 | 100 | 90 |
| 70 - 90 | 205 | 190 | 170 | 150 | 130 |

2.3.3 Clotoides

La clotoide permite el paso desde una alineación recta a una con curvatura, o desde una curva a otra con distinto radio de curvatura y está definido como una espiral que tiene la característica de variar su curvatura desde el radio infinito en su origen (desarrollo $L=0$), hasta $R=0$, cuando L es igual a infinito.

La ecuación paramétrica de la clotoide es:

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

Ecuación 2.3.2

Ecuación de la Clotoide

A: Valor constante para cada clotoide (m)

L: Desarrollo desde el origen al punto de radio R

R: Radio de curvatura en un punto

2.3.3.1 Ventajas del Uso de la Clotoide

Provee una alineación fácil de seguir, minimizando las invasiones a las pistas adyacentes o a las aproximaciones excesivas a la demarcación que las separa y promueve la uniformidad de velocidades, por lo tanto se obtiene:

- Mayor seguridad
- Comodidad
- Eficacia operativa

2.3.3.2 Elección de la Clotoide

El parámetro A debe ser elegido de tal manera que la clotoide permita distribuir la aceleración transversal no compensada por el peralte a una tasa uniforme J a lo largo de su desarrollo L . Los valores máximos aceptables de J en trazados urbanos, donde el conductor está predispuesto a maniobras más acentuadas que en carreteras son los que se indican en la tabla 3.501.203 (3) A del REDEVU.

El valor mínimo del parámetro A , que cumple con la condición de distribuir dicha aceleración transversal en forma uniforme, será aquel que resulte de aplicar valores máximos de J en la expresión siguiente:

$$A_{\min} = \left[\frac{V \cdot R}{46.656 \cdot J} \cdot \left(\frac{V^2}{R} - 1.27 \cdot p \right) \right]^{0.5}$$

Ecuación 2.3.3

Parámetro A de la Clotoide

V: Velocidad de Diseño (km/h)

R: Radio de Curvatura (m)

J: Pendiente Relativa de Borde (m/s³)

p: Peralte de la curva enlazada (%)

Tabla 2.3.7

Valores Máximos de J

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| V (km/h) | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 |
| J (m/s³) | 0,975 | 0,950 | 0,925 | 0,900 | 0,875 | 0,850 | 0,825 | 0,800 | 0,775 | 0,750 |

2.3.3.3 Verificación por Transición de Peraltes

La longitud $L = \frac{A^2}{R}$ de la clotoide debe permitir el desarrollo del peralte con una pendiente relativa de borde que no exceda ciertos límites. La expresión a aplicar es:

$$A \geq (n \cdot a \cdot p \cdot \frac{R}{\Delta})^{1/2}$$

Con:

n: Número de pistas entre el eje y borde de la calzada

a: Ancho (m) normal (sin ensanches) de una pista

p: Peralte de la curva enlazada en % (si el bombeo coincide con el peralte de usa p-b)

Δ : Pendiente relativa de borde

2.3.3.4 Condición Visual y Estética

Cuando sea posible el valor de A debe ser mayor o igual que un tercio del radio de curvatura $A \geq \frac{R}{3}$.

Esto asegura un valor de "t" mayor o igual a 3.5g. Esta condición en trazados urbanos es difícil de conseguir, por lo tanto el mínimo deseable será aquel que produzca un desarrollo de la clotoide que requiera de un tiempo mínimo para recorrerla en 1.5 seg, es decir:

$$A_{min} = 0.645 \cdot \sqrt{V \cdot R}$$

Ecuación 2.3.4

Parámetro A mínimo de la Clotoide

2.3.3.5 Configuraciones

Existen varias combinaciones e rectas y arcos de círculos con clotoides, pero la más usada es la Clotoide Simétrica (ARA), la cual incorpora una clotoide de enlace de igual parámetro al principio y final de la curva circular.

La introducción de un arco de enlace implica un desplazamiento del centro de la curva circular, el cual depende del retranqueo AE y del ángulo de deflexión ω de las alineaciones. El radio de la curva circular permanece constante y el desarrollo de ésta es parcialmente reemplazado por las secciones de las clotoides de enlace.

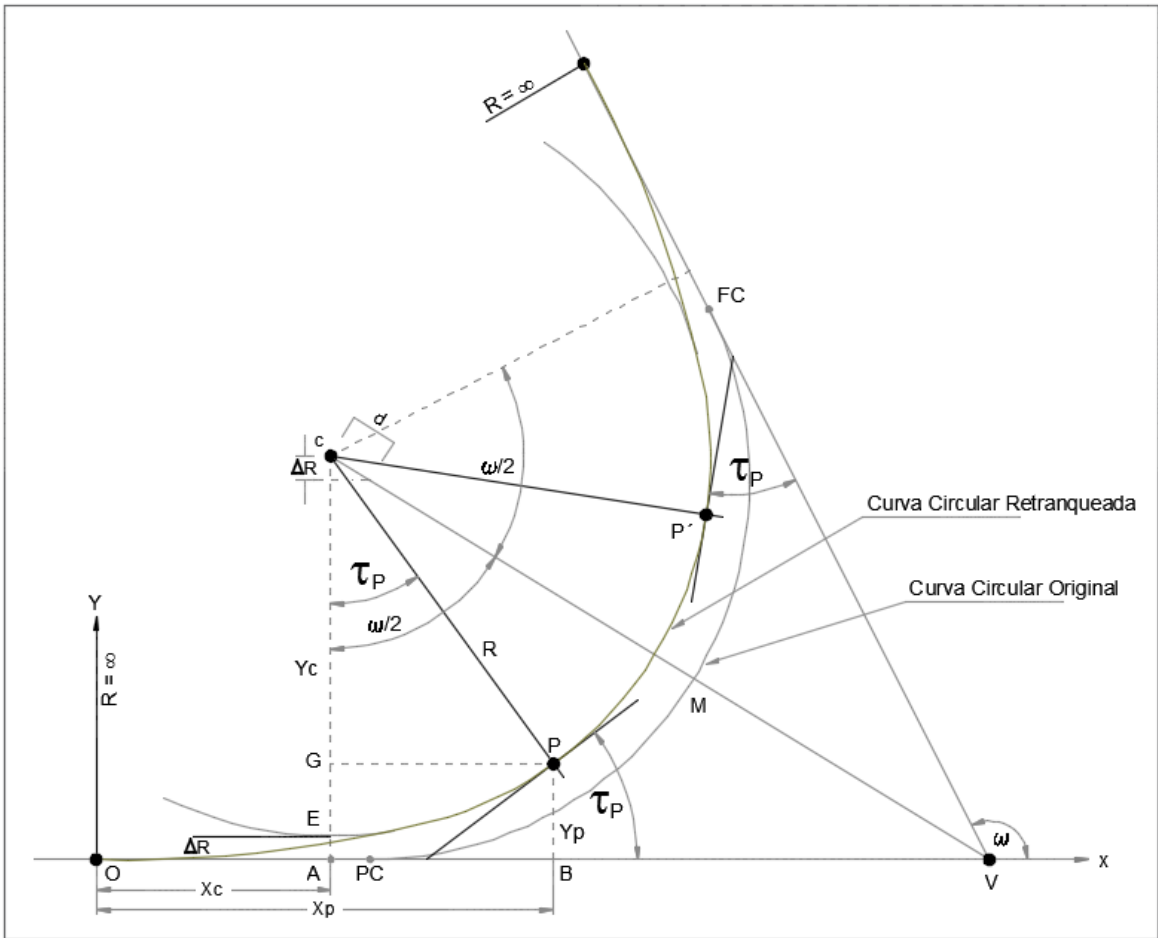


Figura 2.3-2
 Conjunto Curva de Enlace Curva Circular

2.4 ALINEAMIENTO VERTICAL

2.4.1 Perfil Longitudinal

El eje vial definido en la calzada, ya sea en su eje de simetría o uno de los bordes de la calzada, queda definido en planta por las coordenadas horizontales (x,y) de los puntos singulares, que corresponden a los puntos de empalme de las distintas alineaciones que configuran el trazado de planta.

Para la completa descripción del eje vial tridimensional será preciso asociar al eje en planta un eje en alzado o elevación que defina en forma continua las cotas de todos sus puntos y, en particular, de cada uno de dichos puntos fijos, al nivel de la superficie del pavimento (rasante).

El perfil longitudinal estará constituido por tramos que presentan pendientes constantes de distinta magnitud y sentido, empalmándose entre sí mediante parábolas de segundo grado, que permiten una transición paulatina entre los tramos rectos, que al cortarse lo hacen en un ángulo que representaría un quiebre inadmisibles de la rasante.

Convencionalmente se define como pendientes positivas aquellas que, al avanzar el kilometraje de la vía, van haciendo aumentar la cota del eje perfil longitudinal, y negativas las que la hacen disminuir.

2.4.2 Elementos de Curva Vertical

En la Figura 2.4-1 (N° 5.01.303(1) A, de REDEVU), se ilustran los elementos y características de estas curvas y se incluyen las expresiones algebraicas que permiten calcularlas.

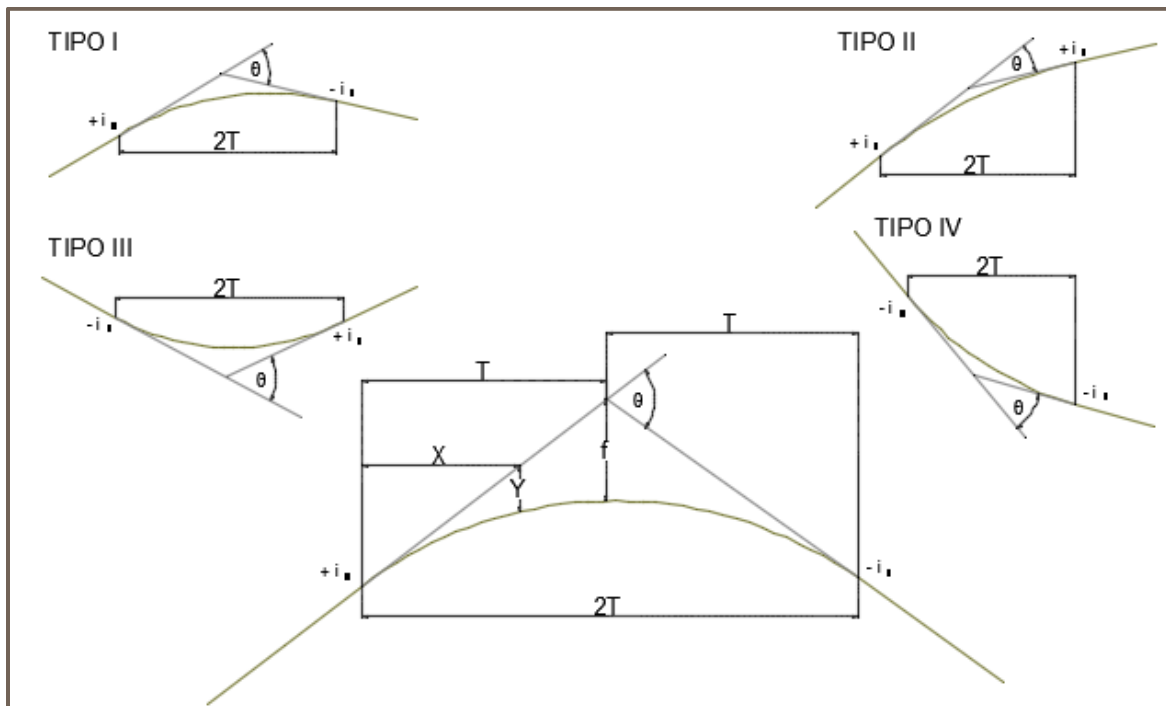


Figura 2.4-1
Curva Vertical y sus elementos.

2.4.3 Parámetros de Diseño

Los parámetros de diseño están determinados en bases a fórmulas que se presentan a continuación.

$$(1) \theta = |i_1 - i_2| \quad ; i_1 e i_2 \text{ debe llevar su signo y en tanto por uno.}$$

$$(2) 2T = K \cdot \theta$$

$$(3) f = \frac{T^2}{2K} = \frac{T \cdot \theta}{4}$$

$$(4) y = \frac{x^2}{2K} = \frac{f \cdot x^2}{T^2}$$

2.4.3.1 Pendientes verticales máximas admisibles

Las rasantes de las vías urbanas deben presentar pendientes máximas de acuerdo a su categoría. Se debe destacar que los valores máximos, entregados a continuación, corresponden por lo general a accesos a estructuras a distinto nivel, y que su utilización puede ser antieconómica si se consideran sus efectos sobre los flujos, por lo tanto, en lo posible han de evitarse.

Las pendientes máximas se deben verificar de acuerdo a Velocidad de Diseño en Tabla 2.4.1 (5.01.302 (1) A del REDEVU.)

En calzadas unidireccionales independientes, las pendientes de bajada podrán superar estos valores hasta en un 2%. En pasos inferiores de gálibo reducido, estos valores pueden ser aumentados en un 2%.

La existencia de semáforos o señalización que limite la preferencia de paso, obliga a imponer ciertas restricciones a los valores anteriores. En el caso de pendientes positivas de calzadas independientes, deberán reducirse los máximos del cuadro anterior en un 2%, y en el caso de bajadas, ya sean calzadas independientes o no, se deberá implementar una reducción de la pendiente de tal modo que al menos 60 metros antes del punto de eventual detención, si la velocidad de diseño es igual o superior a 60 km/h, o 40 metros en caso contrario, se tenga una pendiente no superior al 4%, y además se deberá tratar de conseguir un tramo de unos veinte metros antes de dicho punto con la pendiente lo más próxima a la mínima que sea posible.

Tabla 2.4.1
Pendientes Verticales Máximas

| V (km/h) | TRONCALES | COLECTORAS | SERVICIO | LOCALES |
|----------|-----------|------------|----------|---------|
| 25 | -- | -- | -- | 12,0% |
| 30 | -- | -- | 11,0% | 12,0% |
| 35 | -- | -- | 10,5% | -- |
| 40 | -- | 10,0% | 10,0% | -- |
| 45 | -- | 9,5% | -- | -- |
| 50 | 8,0% | 9,0% | -- | -- |
| 55 | 8,0% | -- | -- | -- |
| 60 | 7,5% | -- | -- | -- |
| 65 | 7,5% | -- | -- | -- |
| 70 | 7,5% | -- | -- | -- |

2.4.3.2 Pendientes verticales mínimas

En las vías urbanas, sobre todo en los diseños tradicionales confinados por soleras, es indispensable conferir al eje vial una pendiente longitudinal no inferior al 0,35% si se tiene peralte o bombeo. Si se tienen zonas de transición de peraltes, en las cuales la pendiente transversal puede llegar a ser nula, este mínimo es del 0,5% y en lo posible un 1%.

En el caso de vías sin solera, o con solera permeable, se puede aceptar pendientes nulas si se tiene peralte o bombeo.

2.4.3.3 Enlace de Rasantes

El ángulo de deflexión entre dos tramos rectos que se cortan, con pendientes i_1 e i_2 respectivamente (en tanto por uno y con su signo convencional), queda definido por la expresión:

$$\theta = |i_1 - i_2|$$

Ecuación 2.4.1
Ángulo de Deflexión

Cuando $\theta \geq 0.005$ (0,5%) se deberá proyectar una curva vertical para enlazarla, que será una parábola de segundo grado.

Para todos los efectos de cálculo y replanteo, la longitud de la curva vertical de enlace está dada según medidas proyectadas sobre la horizontal y corresponde a:

$$2T = K \cdot \theta = K \cdot |i_1 - i_2|$$

Ecuación 2.4.2
Longitud de Curva Vertical

Siendo K una constante expresada en la nomenclatura propia de las parábolas y que es asimilable, sólo por aproximación, al valor del radio de curvatura del círculo que es tangente a ambas rectas en los mismos puntos que la parábola de segundo grado. Los parámetros K (curvas convexas y curvas cóncavas) se indican en la tabla 2.4.2 (5.01.303 (2) A del REDEVU).

Tabla 2.4.2

Parámetros Mínimos Curvas Verticales

| V (km/h) | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
| Kv | 100 | 150 | 200 | 250 | 375 | 550 | 750 | 1.000 | 1.300 | 1.750 |
| Kci* | 100 | 150 | 200 | 250 | 320 | 400 | 470 | 550 | 650 | 750 |
| Kc* | 150 | 250 | 350 | 450 | 600 | 800 | 1.000 | 1.200 | 1.500 | 1.750 |

2.4.3.4 Longitudes Mínimas de Curvas Verticales

Conviene evitar los desarrollos demasiado cortos de las curvas verticales, que se producen cuando θ es pequeño y se usan valores de K próximos a los mínimos. Por ello se recomienda hacer que $2T$ (m) $\geq 2/3$ VD (km/h).

2.4.4 Peraltes

2.4.4.1 Generalidades

El Peralte es la inclinación transversal, en relación con la horizontal, que se da a la calzada hacia el interior de la curva, para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo que transita por un alineamiento en curva. Dicha acción está contrarrestada también por el roce entre ruedas y pavimento.

El cambio de inclinación transversal para pasar de una sección con bombeo a otra con peralte a lo largo de un tramo, es llamado **transición de peralte**, supone un giro de parte de la totalidad de la calzada en torno a un eje, llamado "eje de giro del peralte", comúnmente asociado al eje en planta, aunque excepcionalmente puede coincidir con un borde de la calzada.

Para la materialización en terreno del peralte prescrito será necesario entregar, además de las cotas del eje de replanteo, las de los bordes de las calzadas involucradas. Una de las maneras de hacer esto es mediante un diagrama de peraltes, en el cual aparece horizontal el eje de giro, midiéndose con respecto a él las diferencias de cotas que presentan ambos bordes de la calzada, si dicho eje de giro coincide con el eje en planta. O sea, en cualquier punto del trazado se pueden obtener las cotas de los bordes de la calzada: restando o sumando, de la cota en el eje (perfil longitudinal), las dimensiones correspondientes del diagrama de peraltes. En el caso especial de girar con respecto a un borde, será este el que mantenga la cota del eje en alzado en cada perfil y será preciso modificar dicho eje en elevación, restándole o sumándole las distancias correspondientes del diagrama.

2.4.4.2 Pendiente Relativa de Borde

Para producir un diagrama de peraltes hay que tener en cuenta que los bordes, al subir y bajar con respecto al eje de giro, lo hacen con una pendiente relativa a dicho eje, que en diagrama de peraltes aparece como el ángulo que forman las líneas de borde con la horizontal, de acuerdo a una aproximación aceptable.

Esta pendiente, representada con la letra "j" y llamada "Pendiente Relativa de Borde", no puede ser muy grande para evitar que se produzca un efecto dinámico desagradable (momento de vuelco) y/o un efecto antiestético, como resultado de acentuadas subidas y bajadas de los bordes de la calle.

Los máximos recomendables y absolutos para las pendientes relativas de borde se indican en la tabla 5.01.205(1) A del REDEVU.

2.4.4.3 Longitudes para transición de peraltes

Las longitudes para la transición de peraltes se bosqueja en la lámina 5.01.205(2) A, adjunta, del REDEVU.

En el ejemplo de la lámina, la calzada tiene dos pistas y su eje vial coincide con el eje de giro de peraltes (Figura I).

La transición del ejemplo consiste en el paso de un peralte p_1 a otro p_2 , a lo largo de una longitud (ℓ). En las Figuras II y III se muestran los perfiles transversales en A y B respectivamente, que corresponde a la calzada con pendientes transversales o peraltes p_1 y p_2 .

En los puntos A y B se tienen anchos de pista a_1 y a_2 . Esto determina, en conjunción con los peraltes, una variación en la distancia vertical de los bordes de calzada con respecto al eje vial (h_1 y h_2), entre estos dos puntos, denominada Δh ($h_2 - h_1$). El borde exterior, en este caso, se elevan sobre el eje de giro, y el interior se encuentra bajo él. Las expresiones para h_1 y h_2 aparecen en la lámina.

Para la construcción del diagrama de peraltes, como se verá más adelante, se considera solo el ancho básico de las pistas, dejando de lado los sobreamanchos por curvatura.

Puede ocurrir que entre el eje de giro y el borde más alejado de la calzada exista más de una pista; n representa dicho número de pistas, que puede ser fraccionario si el total de pistas es impar y el eje de giro coincide con el de simetría.

En el caso general, entonces, $h_1 = n \cdot a \cdot p$ y $h_2 = n \cdot a \cdot p$

Estas expresiones aparecen en la lámina, y de ellas se deriva el concepto de "pendiente relativa de borde". En el caso del ejemplo, los bordes exteriores e interiores han variado su cota entre los puntos A y B en un valor igual a $+\Delta h$ y $-\Delta h$ respectivamente. Como esta variación se ha producido a lo largo de la longitud (ℓ), la pendiente relativa de borde j será igual a $\Delta h / \ell = (h_2 - h_1) / \ell$, entonces:

$$j = \frac{\Delta h}{\ell} \Rightarrow j = \frac{(h_2 - h_1)}{\ell}$$

$$j = \frac{n \cdot a \cdot \Delta p}{\ell}$$

Ecuación 2.4.3

Pendiente relativa de borde

Los casos IV y V grafican los perfiles transversales de una transición de bombeo doble "b" a peralte "p", también separadas por una longitud ℓ . Aparecen bajo ellas las correspondientes expresiones.

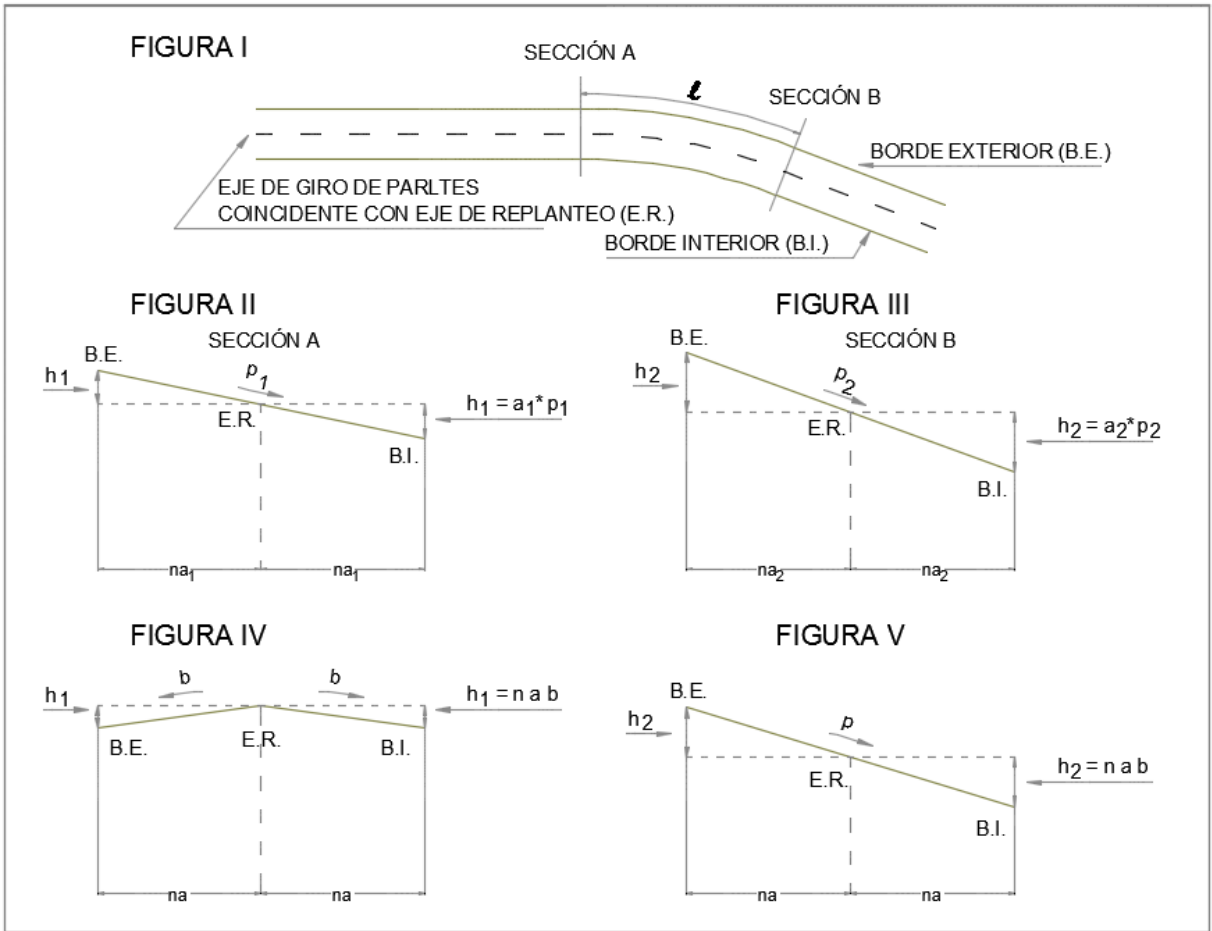


Figura 2.4-2
Elementos de la Transición de Peraltes

2.4.4.4 Proporción de peralte a Desarrollar en recta

La longitud (ℓ) indicada en el acápite anterior no constituye problema si se han utilizado clotoides, porque en tal caso, según lo visto en el punto 1.10, para las clotoides, se ha impuesto la condición de que el desarrollo de ésta cumpla con la condición de no producir una pendiente relativa de borde j superior a los valores aceptados.

Cuando no se utilizan clotoides, siempre deberá existir un tramo recto entre dos curvas circulares. Si éstas tienen el mismo sentido, el tramo en cuestión cumple una función de guiado óptico y su longitud mínima $L = VD - 10$ (m) es más que suficiente para resolver las transiciones de peralte, sobre todo porque se permite mantener dicho tramo con una pendiente transversal única, en la zona del mismo que no es afectado por el desarrollo del peralte, con una pendiente transversal de 3% y excepcionalmente hasta del 3,5%. Si las curvas tienen distinto sentido, se exige que la recta intermedia tenga el desarrollo suficiente para transitar peraltes.

La inexistencia de clotoides plantea el problema de donde ejecutar la transición: ¿en la recta, en la curva, o entre ambas? Evidentemente, solo la última solución supone un compromiso adecuado entre la primera, que obliga a tener una recta con pendiente transversal excesiva, incómoda y hasta peligrosa para vehículos altos si p es considerable, y la segunda, que obliga a tener parte de una curva con peralte insuficiente, más peligroso aún.

La proporción del peralte que se debe desarrollar en la recta se indica en la tabla 5.01.205(3) A, del REDEVU.

Tabla 2.4.3

Peralte que se desarrolla en recta

| Mínimo | Normal | Máximo |
|--------|--------|--------|
| 0.5 p | 0.7 p | 0.8 p |

Los valores mínimos pueden usarse cuando el tramo recto entre dos curvas de distinto sentido es breve. En este caso, puede ocurrir que no exista un tramo con bombeo, sino un punto con pendiente transversal nula, producto del paso de uno a otro peralte en forma continua.

Los valores máximos pueden utilizarse cuando una curva circular tiene un desarrollo breve, ya que el peralte que le corresponde a dicha curva debe mantenerse al menos en una longitud igual a $V/4$ (m).

2.4.4.5 Transiciones cuando no existen Clotoides

En la lámina N° 5.01.205(3)A, de REDEVU, se presenta la manera de resolver la transición de peralte en un trazado que pasa directamente de una recta a una curva circular, suponiendo que el eje de giro es el eje de la calzada.

Se reitera que este es el caso normal y preferible, ya que el efecto visual es mucho menor que cuando el eje de giro es un borde. Lo último se presenta en la lámina N° 5.01.205(3)B, de REDEVU y el efecto es más desfavorable salvo que se utilice valores de " j " menores, lo cual produce longitudes proporcionalmente mayores.

En ambas láminas se muestra también las variaciones de los mismos diagramas si en vez del bombeo inicial "a dos aguas" se tiene bombeo "a una agua" ("doble" y "único" respectivamente).

Cada ejemplo muestra un diagrama de curvaturas y los perfiles transversales inicial, intermedio y final (A,B, C...), situadas éstos en el punto singular de su ocurrencia. Esta ubicación queda explícita con los acotamientos que muestran las distancias relativas entre los distintos perfiles singulares en cuestión.

A continuación aparece el diagrama de peraltes propiamente tal, donde los bordes reflejan la situación esquematizada mediante las secciones transversales (A, B, C,....).

2.4.4.6 Transiciones con Clotoides

Cuando existen arcos de enlace, al cual se le exige una longitud compatible con la transición de peralte, el desarrollo del mismo se puede hacer linealmente a lo largo de las clotoides, teniendo en cuenta dos aspectos importantes:

Primero, que cuando la calzada presenta bombeo a dos aguas (bombeo doble) o bombeo único opuesto al peralte de la curva siguiente, se debe transitar la inclinación transversal de la calzada o de las pistas en cuestión desde $-b$ (bombeo) a 0% dentro de la alineación recta, para así tener la pendiente transversal nula al comienzo de la clotoide (si el bombeo es doble, sólo la mitad de la calzada estará en esa situación y la otra mantendrá la inclinación transversal b). Esto se muestra en las láminas 5.01.205(4) A y B de REDEVU.

Segundo, puede suceder que la longitud de la curva de enlace sea muy superior a la necesaria para desarrollar el peralte entre 0% y $p\%$. En estos casos la pendiente relativa de borde "j" del (los) borde(s) peraltado(s) puede resultar pequeña y por lo tanto la zona con pendiente transversal cercana al 0% puede ser demasiado extensa desde el punto de vista del drenaje, lo cual se torna grave si la pendiente longitudinal es escasa.

En tal caso se tomará la precaución de efectuar la transición, entre el valor $-b\%$ hasta el 0% (en la recta) y entre el 0% y $-b\%$ (en la clotoide) con el valor de j que le corresponde a la velocidad de diseño, y el resto de la transición, desde $+b\%$ a $p\%$ se ejecutará linealmente en lo que resta de la clotoide. Este caso se muestra en las láminas 5.01.205(4) C y D del REDEVU, donde se muestran las soluciones con eje de giro coincidente con el eje en planta y con el borde derecho, respectivamente.

2.5 ELEMENTOS DE SECCIÓN TRANSVERSAL

2.5.1 Calzadas

Calzada es la superficie que puede soportar el tránsito vehicular y puede tener 1 o más pistas.

La **Pista** es la subdivisión de una calzada que permite acomodar una fila de vehículos transitando en un mismo sentido.

El ancho de las pistas está determinado por el uso de éstas y lo plantea la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, en el Artículo 2.3.2.

Como criterio se utilizan los anchos recomendables que dicta el REDEVU 2009, en la Tabla 5.02.202 (4) A., presentados en la Tabla 2.5.1.

Tabla 2.5.1

Anchos de Pista Mínimos recomendables y absolutos en recta (m)

| V (km/h) | N (1) (2) | | S (2) | | | | L (1) | | | |
|----------|-----------|---------|-----------------|---------|-----------------|---------|-------------|---------|----------------|---------|
| | M. Rec. | M. Abs. | 1 Pista Solobus | | 2 Pistas Juntas | | Pista Única | | Más de 1 Pista | |
| | | | M. Rec. | M. Abs. | M. Rec. | M. Abs. | M. Rec. | M. Abs. | M. Rec. | M. Abs. |
| 30 | 2,75 | 2,50 | 3,50 | 3,25 | 6,75 | 6,25 | 4,75 | 4,50 | 2,75 | 2,50 |
| 40 | 3,00 | 2,75 | 3,50 | 3,25 | 6,75 | 6,25 | 5,00 | 4,75 | 3,00 | 2,75 |
| 50 | 3,25 | 3,00 | 3,75 | 3,50 | 7,00 | 6,50 | 5,00 | 4,75 | 3,25 | 3,00 |
| 60 | 3,25 | 3,25 | 3,75 | 3,50 | 7,00 | 6,50 | | | | |
| 70 | 3,50 | 3,25 | 4,00 | 3,75 | 7,25 | 6,75 | | | | |

- (1) Si el porcentaje de vehículo pesados excede el 10%, se deberá aplicar un mínimo absoluto de 3,25 m y para $V \geq 70 \text{ km/h}$, el mínimo recomendable.
- (2) El uso de los mínimos absolutos exige trazados con clotoides para velocidades iguales o superiores a 50 km/h.
- (3) Si son de distinto sentido, usar el doble de lo recomendable para 1 pista.
- (4) Las pistas laterales únicas pueden efectivamente únicas o ir acompañando a una pista solobus (S). En este último caso corresponde usar los mínimos correspondientes al caso de "más de una pista" (columna de al lado).

2.5.1.1 Modificaciones de Ancho de Calzadas

Las modificaciones de ancho se producen por diversos efectos, que están clasificados por:

Variación de número de pistas

Para modificar anchos de calzada s debe utilizar la Ley de transición de anchos, de acuerdo a REDEVU 2009.

Tabla 2.5.2

Longitudes requeridas para modificar anchos de calzada (Aparición y Desaparición de una pista)

| | V(km/h) | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
|--------------|---------------------|----|----|----|----|----|
| LT(m) | Aumento | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| | Disminución | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| | Parada Buses | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |

Ley Transición de Anchos

Tabla 2.5.3

Longitudes requeridas para modificar anchos de calzada (Aparición y Desaparición de una pista)

| I_n / L_T | e_n / E_T |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 0,05 | 0,0029 |
| 0,10 | 0,0127 |
| 0,15 | 0,0321 |
| 0,20 | 0,0629 |
| 0,25 | 0,1073 |
| 0,30 | 0,1656 |
| 0,35 | 0,2370 |
| 0,40 | 0,3190 |
| 0,45 | 0,4077 |
| 0,50 | 0,5000 |
| 0,55 | 0,5923 |
| 0,60 | 0,6810 |
| 0,65 | 0,7630 |
| 0,70 | 0,8344 |
| 0,75 | 0,8927 |
| 0,80 | 0,9371 |
| 0,85 | 0,9679 |
| 0,90 | 0,9873 |
| 0,95 | 0,9971 |
| 1,00 | 1,0000 |

2.5.2 Gálibos

Las vías a su paso bajo, entre, sobre o al lado de cualquier elemento estructural o de otro tipo, como pueden ser túneles, puentes, muros, etc., deben contemplar espacios libres en todos los sentidos, con el fin de asegurar el paso de los vehículos tipo considerados en el diseño sin interferencias físicas, con plena visibilidad y sin efectos psicológicos, para evitar las dificultades operativas y las correspondientes disminuciones en la capacidad y nivel de servicio.

Para ello se definen gálibos laterales y verticales esquematizados en la figura 5.02.702.A.

Cabe destacar que de acuerdo a ORD. N°01441, de fecha 25.07.2016, de la División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, se autoriza a SERVIU a exigir un gálibo mínimo de 5.0 m. en los cruces desnivelados proyectados.

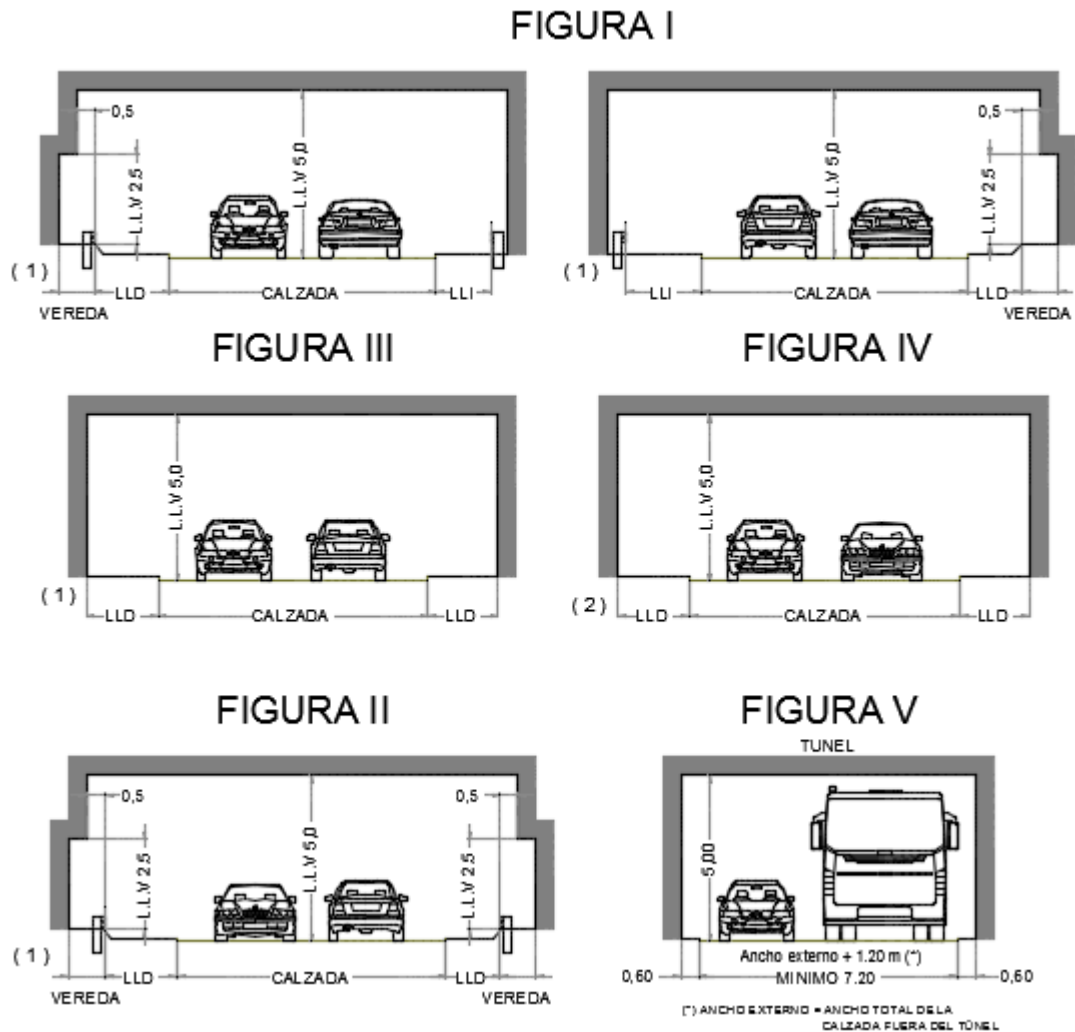


Figura 2.5-1
Luces Libres (Gálibos)

2.5.3 Bandejes y Medianas

El ancho mínimo es de 2.0 m en recta (sin interrupciones) y de 5.0 m en caso de apertura para cruces o giros a la izquierda.

La generación de bandejes centrales debe cumplir con lo indicado en la lámina 3.602.109 y Tablas 3.602.109 y B de REDEVU.

De acuerdo a la OGUC, la mediana y el bandejón son espacios de determinado ancho que separan las calzadas y se diferencian en que la primera posee además una diferencia altimétrica respecto de la calzada, que generalmente, se produce con la utilización de soleras. En lo que sigue de este punto, se tratará como mediana de manera general al referirse a ambos elementos.

Generación de Medianas

Para la generación de medianas es necesario proyectar curvas que cumplan con las consideraciones abordadas en el presente capítulo, así como también a la normativa vigente.

La generación de una mediana se realiza proyectando una curva en "S" a través de dos curvas circulares y que son tangentes entre sí en un punto de inflexión.

Se pueden distinguir dos casos:

- A Mediana a un lado
- B Mediana a ambos lados

En cualquiera de los casos anteriores se muestran las curvas en "S" desde A a C (C') con las dos curvas circulares de radios R1 y R2. El desarrollo de cada una de estas curvas genera desplazamientos: E1 y E2 respectivamente, generando un ensanche total de la mediana denominado "E"

Por otro lado, se determina la longitud total a lo largo de la vía en la cual se produce la modificación del ancho, denominada "L" y que corresponde a la suma de L1 y L2, longitudes de cada uno de los arcos.

2.5.4 Bandas de Estacionamiento

Dedicadas al estacionamiento de vehículos, se constituyen por la prolongación de la pista número 1 y pueden ser adosadas a cualquier tipo de pista con la excepción de Solobus. No es recomendable proyectar bandas de estacionamiento en vías troncales e inaceptables en vías expresas.

Para determinar su ancho se debe tener en cuenta la situación del tránsito de la vía y la posición en la que se pretende permitir el estacionamiento. Estos anchos se tabulan en la Tabla 2.5.4. y se ilustran en Figura 2.5-2.

Tabla 2.5.4
Anchos Mínimos de la Banda de Estacionamiento

| | | | | | |
|-------------------|-------|-----|-----|-----|-----|
| Ángulo (°) | 0 | 35 | 50 | 70 | 90 |
| Ancho (m) | 2,0 * | 5,0 | 5,5 | 5,5 | 5,0 |

*Mínimo Absoluto

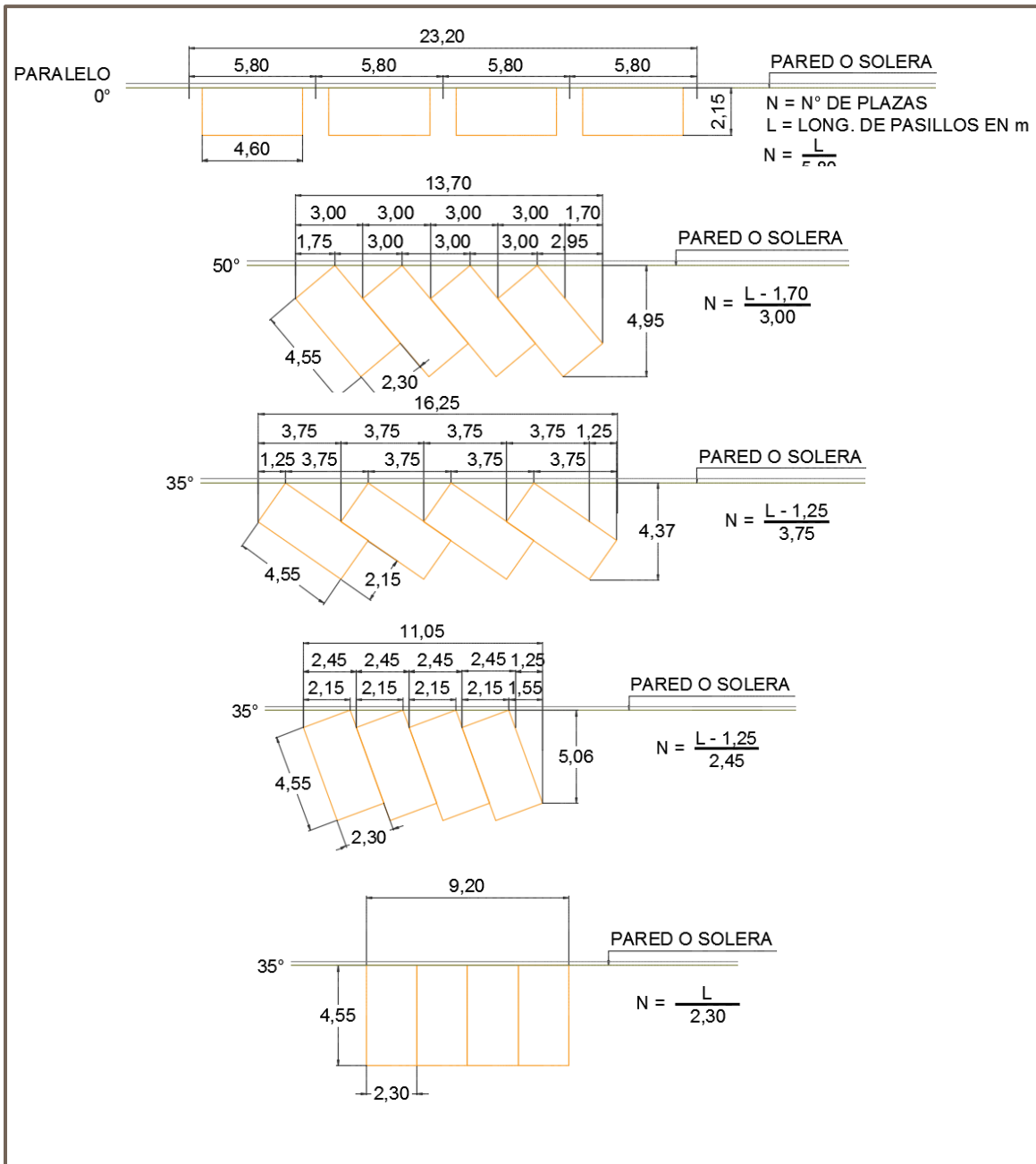


Figura 2.5-2
 Estacionamiento según disposición de vehículos

2.5.4.1 Aparición y desaparición de bandas de estacionamiento

En estos casos, debe considerarse una transición normalizada, consistente en la generación y desaparición abrupta de la banda en referencia, redondeando el ángulo que forman la solera correspondiente a la sección sin estacionamiento y la solera transversal, mediante un arco de circunferencia cuyo radio depende del ángulo de estacionamiento, como se tabula en la tabla 2.5.5. Dicha solera se remata directamente sobre la solera correspondiente a la sección ampliada según la figura 2.5-3.

Tabla 2.5.5

Radio para redondeo de soleras en estacionamientos y longitud de tangente

| e(°) | 0 | 35 | 50 | 70 | 90 |
|------|------|------|------|------|------|
| R(m) | 1,00 | 3,00 | 2,00 | 1,50 | 1,00 |
| T(m) | 1,00 | 0,95 | 0,93 | 1,05 | 1,00 |

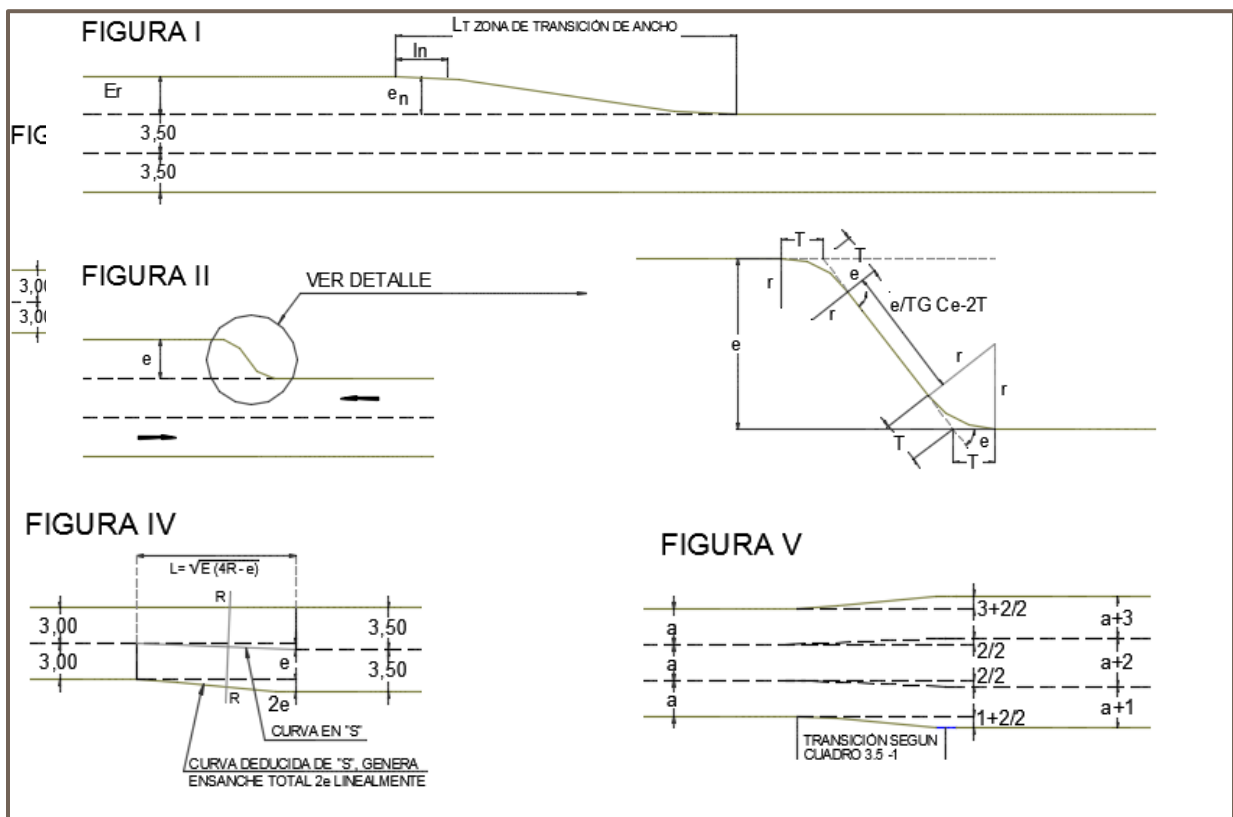


Figura 2.5-3

Modificaciones al Ancho de la Calzada

2.5.4.2 Estacionamiento Segregado

Se denominan así a aquellas áreas destinadas a estacionamiento que quedan incluidas en la plataforma vial, pero separadas de las calzadas mediante bandejes o paseos.

La provisión de tales espacios es posible a ambos lados de una calzada unidireccional, salvo en el caso de existir pistas solo bus. Por otra parte es la única manera aceptable de conferir espacio de estacionamiento a vías troncales, en las que no son permitidas las bandas destinadas a esos fines, en las calzadas.

Las pendientes transversales y longitudinales deben ser lo menores posibles, asegurando eso sí la correcta evacuación de las aguas: la línea de máxima pendiente debe presentar en todo momento una inclinación al menos igual al 1.5%.

Las dimensiones transversales dependen de la configuración interna del espacio, o sea, del ángulo de estacionamiento (α), de la existencia de dárselas a uno o dos lados del pasillo de circulación interna y del ancho y número de dichos pasillos.

El espacio transversal y el ancho del pasillo se indican en la siguiente tabla.

Tabla 2.5.6
Anchos de pasillo en estacionamiento

| α (°) | 0 | 35 | 50 | 70 | 90 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| A_p (m) | 3.4 | 3.6 | 4.4 | 5.8 | 7.3 |

Entonces, la sección transversal de un estacionamiento segregado se puede determinar mediante la suma de los anchos de las zonas que contemple.

Accesos

Los accesos a los estacionamientos segregados deben permitir una maniobra de deceleración semejante a la que se considera en ramales de interconexión y enlaces, cuando la velocidad de diseño de la vía es mayor o igual a 50 km/h, o una maniobra de giro tipificada (a 30° 50 km/h) si ello es pertinente y más adecuado (6.02.105). También son factibles los esquemas de la Sección 4.04.

Las salidas en cambio, no requieren pistas de aceleración, salvo cuando ellas se ejecuten directamente sobre calzadas principales de autopistas.

Los accesos a un estacionamiento segregado presentan generalmente características geométricas distintas a las de los ramales de salida en intersecciones y enlaces, puesto que la alineación de llegada puede ser paralela a la pista que se deja, lo cual obliga a una maniobra en "S".

Las dimensiones involucradas en los distintos elementos que constituyen los dispositivos de salida, ya sean el llamado genéricamente "pista de deceleración", con sus largos de "cuña", de la "zona de deceleración", y de la "zona de espera" (si se prevén colas al ingreso), o el diseño para giro tipificado, con sus transiciones, radios y retranqueos, serán las mismas que aparecen en 6.02.105 y 106 de REDEVU.

2.5.5 Intersecciones

Se considerarán como intersecciones los empalmes, cruces o encuentros al mismo nivel de dos o más vías. Tales situaciones se producen sobre una superficie que debe ser diseñada de modo de permitir, a una cantidad y composición determinada de vehículos, en la forma más expedita y segura posible, parte o la totalidad de los movimientos origen-destino que sean teóricamente factibles de acuerdo al número de vías que confluyen y al número de sentidos permitidos en cada uno de ellas.

La configuración básica de cada una de ellas: tipo de dispositivo y número de pistas destinadas a cada movimiento considerado, se resuelve a partir del esquema de servicio (oferta) con el cual se pretende satisfacer una demanda predeterminada.

La geometría propiamente tal es la peculiar configuración de los elementos de diseño que permiten, facilitan, dirigen, separan, delimitan y/o encauzan dichos movimientos. Esta geometría debe definirse analítica y gráficamente.

Se ha dicho que para efectos de redacción de estas instrucciones de Diseño, se considerará que una vía pasa de una sección considerada normal a zona de intersección en el primer punto en que aparece cualquier elemento que permita una maniobra destinada a un cambio de dirección o sentido de los vehículos, con respecto a los que quedan definidos por el eje de dicha vía.

Esta extensión hace que las aberturas de mediana y las pistas de cambio de velocidad, espera y giro sean consideradas como parte de las intersecciones.

2.5.5.1 Antecedentes para el diseño

- Tipo de vías que confluyen
- Topografía y edificaciones, instalaciones de servicios en el subsuelo y otras restricciones
- Análisis del tráfico.
- Análisis de peatones y ciclistas que cruzan la intersección
- Velocidad de vehículos motorizados en los accesos
- Existencia de accidentes (número y causas)
- Tipo de control o gestión (modelaciones y programaciones)
- Clasificación de cruces similares (uniformidad)
- Impacto al tráfico durante la construcción
- Impacto en área adyacente al cruce
- Factores económicos

2.5.5.2 Principios de diseño

- Preferencia de los movimientos principales
- Reducción de las áreas de conflicto
- Perpendicularidad de las trayectorias cuando se cortan
- Paralelismo de las trayectorias cuando convergen o divergen
- Separación de los puntos de conflicto
- Separación de los movimientos
- Control de la velocidad
- Control de los puntos de giro
- Creación de zonas protegidas para usuarios vulnerables
- Visibilidad

- Previsión de crecimiento
- Sencillez y claridad

2.5.5.3 Tipos de Intersecciones

Dentro de la innumerable variedad que supone el conjunto de las intersecciones, es posible definir una tipología que permite clasificar la mayor parte de los casos reales.

- Empalmes (3 Ramas): Se asemejan a una "T" o un "Y".
- Cruces (4 Ramas): Se asemejan a una Cruz o una "X"
- Encuentro (más de 4 Ramas)
- Intersecciones Giratorias (Rotondas y Mini-Rotondas)

2.5.5.4 Definición en planta de una Intersección

La definición en planta de los distintos elementos que configuran una intersección se rige por cuatro aspectos fundamentales que no son independientes entre sí.

a) La velocidad que el diseño permitirá los vehículos que utilicen dichos elementos, respetando márgenes aceptables de seguridad, comodidad y economía. Esta velocidad – de diseño – se supone coherente con la situación más favorable que impongan los sistemas de control que se prevean en el dispositivo. En este sentido, al elegir una velocidad de diseño se subentiende que ella puede ser desarrollada en el elemento en cuestión, ya sea porque los vehículos que lo usen tienen preferencia señalizada o porque enfrentan una luz verde de semáforo. Si no existe preferencia ("PARE" o "CEDA EL PASO" afectando el movimiento) debe considerarse, para efectos del diseño, velocidad nula en ese punto, salvo que se prevea una posible modificación futura de tal esquema de priorización.

b) La Composición de vehículos que habría de usar el dispositivo en forma significativa. Para estos efectos se considera la clasificación que aparece en el párrafo 2.02.402 del REDEVU, pero condensada en tres categorías: Livianos (L), Camiones y buses (C) y vehículos articulados (VA). Aquellos elementos que se vean requeridos por un porcentaje de vehículos del tipo C o VA superior al 5%, deberán ser diseñados tomando en cuenta las exigencias geométricas superiores que tal demanda supone y que, por otra parte, satisface plenamente los requisitos operativos de las categorías inferiores.

c) La Referencia visual también es un aspecto fundamental para el diseño geométrico de elementos en intersecciones, debido a que los vehículos, al transitar en una intersección lo hacen ciñéndose a alguna referencia visual: Solera, demarcación, borde de calzada o pista. Estas deben coincidir con un eje analíticamente definido que respete las normas aquí contenidas, o derivarse de él de manera que se garantice su afinidad geométrica con la dinámica de los movimientos considerados.

La derivación más frecuente es la traslación paralela de los ejes, pero también son frecuentes las transiciones parabólicas de ciertas líneas (soleras) con respecto al eje o a una paralela a él, así como líneas que convergen o divergen con respecto a otras, según leyes que pueden ser lineales o de otra naturaleza.

d) Existencia de peatones y ciclistas, que además de significar una variable importante desde el punto de vista operativo, impone restricciones y exigencias al diseño geométrico de una intersección. Esto

principalmente debido a la necesidad de proveerlos con protecciones (islas refugio) si las distancias a cruzar por ellos (en una fase verde) es superior a 14m.

En la presente sección se abordará la descripción de los elementos más importantes y usuales de las intersecciones. Estos elementos pueden ser dispositivos completos, como son las intersecciones de vías con calles laterales de servicio; dispositivos aislados, como las pistas de cambio de velocidad, o simples alineamientos, como las curvas a emplear como ejes en movimientos de giro.

2.5.5.4.1 Parametrización Geométrica de una Intersección

Para definir geoméricamente una intersección es necesaria la elección de ciertas líneas relevantes que tendrán categorías de ejes auxiliares.

En la lámina 6.02.101.A del REDEVU, se esquematizan algunas posibilidades de ejes auxiliares, así llamados para distinguirlos de los ejes principales, que serán los que definen geoméricamente las vías que se empalman, cruzan o encuentran.

2.5.5.4.2 Radios Mínimos

En el caso de los ejes principales de las vías, los radios mínimos resultan de la aplicación de un criterio físico-matemático que relaciona la velocidad de diseño, el radio de curvatura, el peralte y el coeficiente de fricción transversal.

En el caso de los ejes auxiliares esto también puede ser válido, así como todo lo relativo a las curvas de acuerdo, pero las limitaciones de espacio que enfrenta el diseño de intersecciones, que se reduce principalmente en la necesidad de velocidades de diseño aún inferiores a 25 km/h y en la imposibilidad de conseguir desarrollos de ejes lo suficientemente amplios como para desarrollar el peralte normalizado, obliga a dar un tratamiento distinto al problema de los radios mínimos.

Deberá distinguirse, por lo tanto, el caso de las intersecciones que se diseñan sobre una plataforma común, en la cual la altimetría de las superficies ocupadas para los distintos movimientos debe ser resuelta como un conjunto, siguiendo fundamentalmente imperativos de drenaje o estéticos, y aquellas otras en las que uno o más ejes tienen un desarrollo suficiente como para poder tratar su altimetría en forma más o menos independiente de las calzadas principales y de otras superficies que puedan acoger movimientos según el esquema de la plataforma común.

Cuando existen ramales independientes, el diseño en planta de los ejes se ajusta a los criterios que rigen el diseño de las vías en sección normal Fig.(6.02.101(1)A), REDEVU.

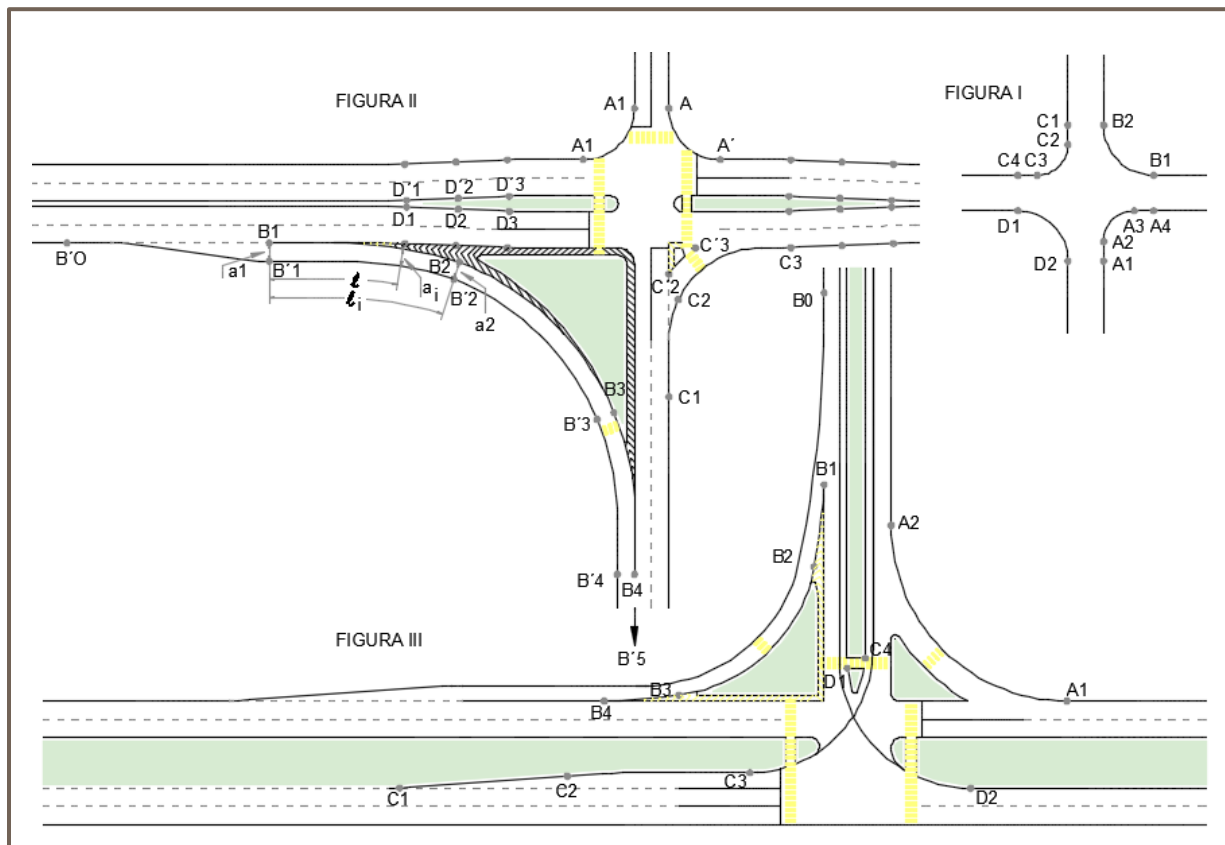


Figura 2.5-4
Ejes de Replanteo (Figura 6.02.101 A)

A continuación se trata separadamente cada uno de estos esquemas.

- a) Radios Mínimos para Velocidades muy Bajas (Fig.6.02.102 (1) A REDEVU)
- b) Radios Mínimos en Intersecciones sin Canalizar y $V \leq 20$ km/h. (Fig.6.02.102 (2) A y Tabla 6.02.102.(2) A, REDEVU)
- c) Radios Mínimos en Intersecciones Canalizadas y $V > 20$ km/h. (Tabla 6.02.102. (3) A, REDEVU)

2.5.5.4.3 Curvas de Transición

a) Clotoides

El uso de espirales como curvas de transición es particularmente deseable en intersecciones, pues en éstas se magnifican las ventajas que ellas representan desde el punto de vista estético y operativo.

Las relaciones entre A y R son las que aparecen en las tablas del punto 2.3.3.

b) Curvas circulares compuestas

También se puede pasar de una alineación cualquiera a otra de radio de curvatura inferior o superior usando una curva circular de radio intermedio.

Cuando este sistema es utilizado, debe asegurarse que la relación entre dos radios sucesivos no sea superior a 2 (dos), siendo preferible que el radio superior sea al inferior como 1,5 es a 1.

Además, la longitud de tales curvas debe ser suficiente para que los conductores las usen efectivamente para modificar su velocidad. Los valores mínimos y deseables para estas dimensiones se tabulan en Tabla 6.02.103(2) A, REDEVU.

2.5.5.4.4 Ancho de pavimentos en Ramales

El ancho del pavimento en calzada de giro, está regulado por el volumen y composición del tránsito que por ella circula, así como el radio de la curva circular asociada al giro. Se describirán varias posibilidades de operación según la importancia del ramal.

Todas estas variables han dado motivo a estudios que parten de ciertos datos conocidos como: trayectoria mínima de los vehículos tipo, distancias libres deseadas a los bordes del pavimento y a otros vehículos, sobreechancho por efecto de la velocidad, etc. Esto ha permitido tipificar los casos y tabular los anchos mínimos requeridos bajo cada combinación de factores. Los anchos necesarios para vehículos tipo L o C pueden calcularse matemáticamente, pero los necesarios para V.A. han debido estudiarse experimentalmente o mediante el empleo de modelos a escala.

Los tipos de operación que puedan considerarse en el ramal de giro, dan origen a una primera clasificación de tres posibilidades.

Caso I. Una pista con tránsito en un solo sentido, en que no se consulta la posibilidad de adelantar a un vehículo que se detenga.

Caso II. Una pista con tránsito en un solo sentido, diseñada de modo que sea posible adelantar a un vehículo detenido por emergencia a un costado de la pista.

Caso III. Dos pistas, ya sea para tránsito en uno o dos sentidos.

El caso I se reserva para ramales de giro de poca importancia, bajo volumen de tránsito y corta longitud. Al menos uno de los bordes del pavimento debe tener una berma que permita ser transitada en una emergencia; si hay soleras, una de ellas debe ser fácilmente montable.

El caso II consulta la posibilidad de adelantamiento a bajas velocidades con espacios libren entre vehículos restringido, pero manteniéndose ambos dentro de la pista de circulación. Esta hipótesis de diseño es adecuada tanto para bajos volúmenes de tránsito como para aquellos próximos a la capacidad del ramal.

El caso III se reserva para las situaciones en que el volumen de tránsito supera la capacidad de una sola pista o para el tránsito en doble sentido cuando así esté consultado.

La segunda clasificación dice relación con la composición del tránsito que utiliza el ramal, identificándola por medio de los vehículos tipo y la proporción en que intervienen.

Caso A. Predominan los vehículos ligeros L, considerando el paso eventual de camiones o buses-C.

Caso B. La presencia de vehículos tipo C es superior al 5% y no sobrepasa el 25% del tránsito total.

Eventualmente circulan vehículos articulados en muy baja proporción.

Caso C. Los vehículos tipo C son más del 25% del tránsito total y/o los vehículos articulados circulan normalmente por el ramal bajo consideración.

La Tabla 6.02.104 A, REDEVU, resume los anchos que deben adoptarse según sea la hipótesis combinada de tipo de operación y tránsito que corresponda, a partir de los casos antes enumerados. Se considera además el efecto del radio mínimo del ramal de giro, con sus velocidades máximas asociadas.

La parte inferior de la tabla indica las variaciones que pueden introducirse a los anchos base según sea las características del terreno adyacente al pavimento.

Tabla 2.5.7

Ancho del pavimento en ramales (Tabla 6.02.104A de REDEVU)

| Ancho del Pavimento en m, para: | | | | | | | | | |
|---|--|----------|----------|---|----------|----------|--|----------|----------|
| R | CASO I | | | CASO II | | | CASO III | | |
| Radio del borde interior del pavimento (borde derecho en el sentido de avance) (m) | 1 pista de un solo sentido de circulación, sin permitir el adelantamiento | | | 1 pista de un solo sentido con previsión para adelantar a un vehículo momentáneamente parado | | | 2 pistas de un solo sentido o de doble sentido de circulación | | |
| | Condiciones del Tráfico | | | | | | | | |
| | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| 15 | 4.80 | 5.10 | 6.00 | 6.30 | 7.20 | 8.10 | 9.00 | 9.90 | 11.10 |
| 22.50 | 4.50 | 4.80 | 5.40 | 6.00 | 6.60 | 7.50 | 8.40 | 9.10 | 10.20 |
| 30 | 4.20 | 4.80 | 5.10 | 5.70 | 6.30 | 7.20 | 8.10 | 9.00 | 9.90 |
| 45 | 3.90 | 4.50 | 4.80 | 5.40 | 6.00 | 6.90 | 7.80 | 8.70 | 9.30 |
| 60 | 3.90 | 4.50 | 4.80 | 5.40 | 6.00 | 6.60 | 7.80 | 8.40 | 8.70 |
| 90 | 3.50 | 4.50 | 4.50 | 5.00 | 5.70 | 6.30 | 7.50 | 8.10 | 8.40 |
| 120 | 3.50 | 4.00 | 4.50 | 5.00 | 5.70 | 6.30 | 7.50 | 8.10 | 8.40 |
| 150 | 3.50 | 4.00 | 4.50 | 5.00 | 5.70 | 6.30 | 7.50 | 8.10 | 8.10 |
| Recta | 3.50 | 4.00 | 4.50 | 4.70 | 5.40 | 6.00 | 6.50 | 7.00 | 7.00 |
| Soleras y Bermas que modifican los anchos anteriores | | | | | | | | | |
| Solera en un lado | Añadir 0.30 m | | | Sin modificación | | | Añadir 0.30 m | | |
| Id. a los dos lados | Añadir 0.50 m | | | Añadir 0.30 m | | | Añadir 0.50 m | | |
| Berma estabilizada a uno o ambos lados | Sin modificación | | | Deducir ancho de la solera; ancho mínimo pavimento como en el Caso I | | | Deducir 0.60 donde la verba sea de 1.20 m como mínimo | | |

2.5.5.4.5 Terminales Simples

Uno de los puntos claves en el diseño de una intersección es aquél donde las calzadas de las vías que se interceptan, anteriormente limitadas según sus secciones tipo normales, se abren para permitir giros a la derecha, o allí donde dicha calzada recupera la sección normal, después de haber forzado el ingreso de los vehículos a la calzada correspondiente. Estos puntos reciben el nombre genérico de "terminales", pudiendo distinguirse los de entrada y salida, según sea la operación que sirven.

Además de esta división básica, es preciso distinguir los terminales en función del tipo de maniobra que se pretende que ellos puedan atender.

En efecto, terminal de salida puede ser diseñado para permitir el egreso de un vehículo a una cierta velocidad, pero sin exigirse un esquema que permita a dicho vehículo reducir la suya en una superficie ajena a la calzada principal; o sea sin una pista de deceleración propiamente tal. O bien, si el terminal es de entrada, éste puede ser diseñado sin la provisión de una superficie anexa a la calzada, apta para acelerar el vehículo hasta una velocidad compatible con la del flujo; o sea, sin una pista de aceleración.

En los diseños urbanos, estos tipos simples de terminales son los más utilizados. Primero, porque la baja velocidad de diseño no justifica pistas auxiliares; segundo, porque éstas últimas requieren de espacios mayores, y tercero, en el caso de las pistas de aceleración, porque tales pistas presentan, salvo en los casos de vías expresas, más riesgos que ventajas a la circulación, siendo preferible un esquema de terminal simple, con "PARE" o "CEDA EL PASO" en sus extremos.

Las pistas de cambio de velocidad serán abordadas en el párrafo siguiente. En la lámina 6.02.105.A y B, REDEVU, se muestran varios tratamientos para terminales en los que se consideran velocidades de diseño para el giro de 30 y 40 km/h respectivamente.

2.5.5.4.6 Pistas de Cambio de Velocidad

(1) Aspectos Generales

Cuando un conductor va a hacer un giro en una intersección, debe modificar su velocidad. Si se propone pasar de una vía a un ramal de giro, deberá disminuirla para adecuarla a las inferiores condiciones geométricas de este último, y si pretende acceder a una de las vías, proveniente de un ramal de giro, puede ser preferible aumentarla para hacerla compatible con las condiciones de flujo de aquella.

Para que estas operaciones, inherentes a toda intersección, se desarrollen con un mínimo de perturbaciones, se pueden diseñar pistas de cambios de velocidad. Estas son pistas auxiliares, sensiblemente paralelas a las vías desde las cuales se pretende salir, o a las cuales se pretende entrar, y que permiten acomodar la velocidad según las conveniencias expuestas.

Según sus funciones, éstas reciben el nombre de pistas de aceleración o pistas de deceleración.

A pesar de estas características en común, es necesario abordar el tratamiento de unas y otras con

enfoques teóricos distintos, puesto que la conducta del conductor, que es más o menos previsible para el caso de una pista de deceleración, lo es menos para una de aceleración, al requerir esta última una maniobra más compleja y peligrosa, y al estar dicha maniobra mucho más condicionada por las eventualidades del tránsito en la vía.

Dichos enfoques presentan algunas variaciones de un país a otro, pero en todo caso se reconoce que estos dispositivos son propios de carreteras más que de vías urbanas. En la ciudad, las pistas de cambio de velocidad son aplicables a vías expresas y ocasionalmente a alguna troncal, cuando ella tenga una

velocidad de diseño superior a 65 km/h, volúmenes de diseño altos (próximos a la capacidad), control parcial de accesos y características de la vialidad y propiedad circundante que lo permitan.

Desde el punto de vista de sus formas, las pistas de cambio de velocidad podrían agruparse en dos tipos: "en paralelo", cuando dicha pista discurre junto a la calzada de la vía, como si fuese una pista más de ella, hasta el momento de su separación o confluencia con la misma (ver 6.02.106(1) A 6.02.106(2) A, 6.02.106(3) B y 6.02.106(4) A, REDEVU); y "directa" cuando la pista incide o se desprende desde el borde de la vía de manera tal que dicho borde forma un ángulo con el borde izquierdo de la canalización, en el sentido del avance de los vehículos (Lámina 6.02.106(3) A, REDEVU).

En este último caso se forma una cuña de pavimento en la zona del empalme cuya longitud puede ser bastante menor que la requerida para los efectos del cambio de velocidad, por lo que el resto de la pista se debe desarrollar en un tramo que es totalmente independiente de la vía, antes de iniciarse la curvatura limitante de la canalización.

Estas alternativas presentan ventajas y desventajas según sea el tipo de maniobra que sirvan. Las pistas de tipo paralelo deberán ser preferidas para el caso de la aceleración, en el cual se desea una óptima retrovisión y la posibilidad de maniobrar (en curva – contracurva) para ingresar a la vía en cualquier momento en que se produzcan las condiciones adecuadas. Las pistas de tipo directo, en cambio, deberán preferirse en el caso de deceleración porque la maniobra de curva – contracurva no es tan natural y porque interesa clarificar la situación de salida mediante un diseño que sea claro para el conductor la función de la pista que se le ofrece, que es la de cambiar definitivamente de rumbo. Esto último será válido en el caso de las pistas de deceleración central, o sea, aquellas dispuestas entre las pistas de una vía, destinadas a detener y almacenar a los vehículos que giran a la izquierda. Tales pistas por su posición deberán ser paralelas.

No obstante estas recomendaciones, muchas circunstancias especiales pueden requerir otros diseños.

En la lámina 6.02.106(1) A se muestran los tipos básicos de pistas de deceleración y aceleración.

(2) Pistas de Aceleración

Estas pistas de aceleración se preferirán, como ya se dijo, del tipo paralelo. En la lámina 6.02.106(2) A se muestra un ejemplo de ellas, para el caso de la vía en recta. Si la vía está en curva, el caso es idéntico, teniendo en cuenta que podrían ser necesarios sobrecanchos de pista en función del radio de curvatura.

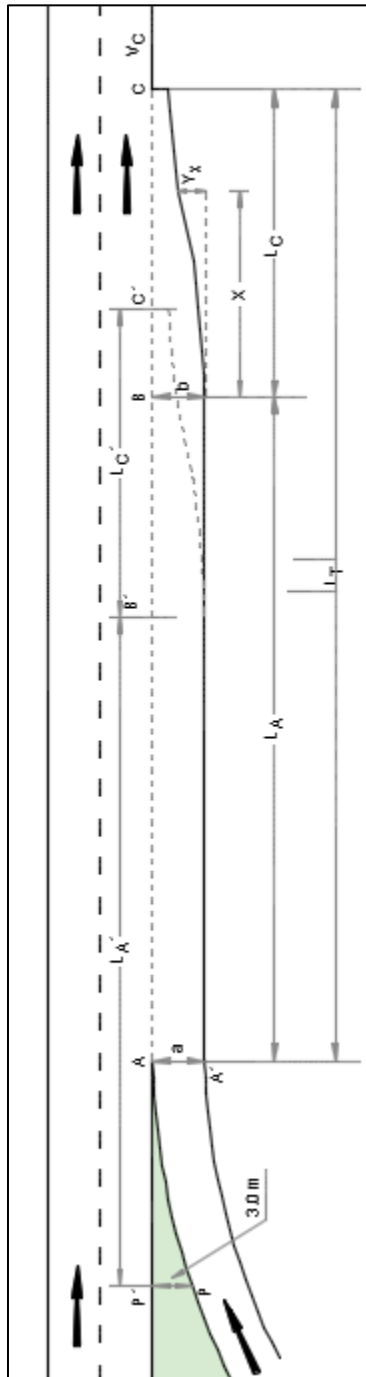


Figura 2.5-5

Tipos de Pistas de Aceleración (Figura 6.02.106(2)A)

Su longitud total (LT) es la suma de los largos de las zonas de aceleración propiamente tal y de transición o cuña.

La tabla 6.02.106(2) A, REDEVU presenta los valores de LT en función de las velocidades de diseño de los ramales y de la vía. Los valores de LC son fijos para velocidades iguales o inferiores a 80 km (50 m) y para velocidades superiores a ésta (75 m).

Los valores LT y LA son válidos para inclinaciones longitudinales (i) comprendidas entre +3% y -3%, debiendo corregirse si éstas exceden dichos valores límites. En la Tabla 6.02.106(2) B, REDEVU, se entregan los factores que relacionan la longitud en pendiente (+) con la longitud en horizontal. En el caso de pendientes negativas, las correcciones sólo se hacen cuando se da el raro caso de una condición de parada previa al inicio de la pista de aceleración, puesto que en este caso se supone que el vehículo parte cuando tiene planificada su maniobra, que consiste solamente en acelerar. En cambio, si el vehículo marcha a la velocidad V_r , se impone el criterio de proveer al conductor de suficiente tiempo para adecuar su marcha a las circunstancias de su ingreso a la vía, lo cual supone no reducir la longitud de las pistas más allá de lo que ya han sido reducidas en relación a los valores rurales.

Las correcciones por pendiente se calculan sobre el total del valor LT de la tabla 6.02.106(2) A, REDEVU, pero la longitud adicional o la que haya que deducir, como resultado de la aplicación de los coeficientes que correspondan al caso, afectan sólo a la dimensión LA, permaneciendo LC fijo.

Si LT es menor que LC, vale como mínimo LC.

(3) Pistas de Deceleración

En las láminas 6.02.106(3) A y B se determinan los tipos de pista de deceleración que contempla el presente Manual, distinguiéndose dos tratamientos distintos según las características geométricas del ramal.

a) Caso I: existe curva de transición de longitud \geq que LD

Este primer caso (lámina 6.02.106(3)A, REDEVU) es el de la geometría considerada mejor para estos dispositivos, o sea, cuando se puede hacer incidir la canalización sobre la vía con un ángulo (θ) que haga claramente perceptible su función.

La longitud total de una pista de deceleración (LT) es la suma de dos longitudes: LC y LD.

LC es el largo de la cuña o zona de transición ($AB \cong AB'$ en la figura), que depende de la velocidad de diseño y cuyos valores son los que aparecen en la tabla 6.02.106(3) B, REDEVU.

Para fines del cálculo de la longitud de deceleración LD, se supone que al final de la zona de cuña

(BB'), el vehículo que usa este dispositivo de cambio de velocidad ha disminuido la suya hasta una fracción de V (FV), que aparece, en función de la misma VC, en la tabla 6.02.106(3) C. Los valores de FV disminuyen a medida que aumenta la velocidad de la vía, en parte porque LC es mayor y en parte porque cualquier maniobra de deceleración, sea ésta hecha aún dentro de la calzada principal o una vez dentro de la cuña, produce efectos mayores (y no lineales) en la medida que dicha velocidad inicial aumenta.

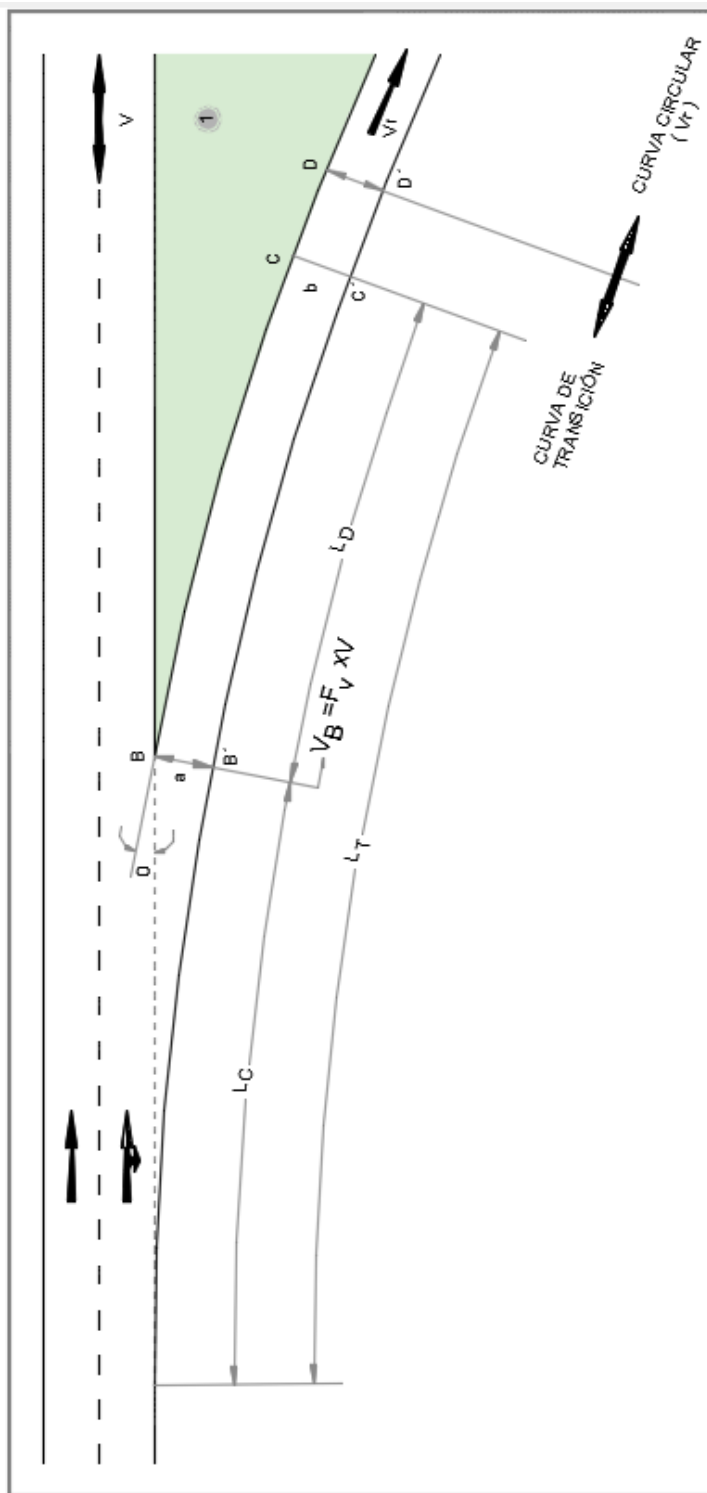


Figura 2.5-6

Pista de Deceleración Tipo Directa (Figura 6.02.106(3)A REDEVU)

b) Caso II: la curva de transición es menor que LD o no existe

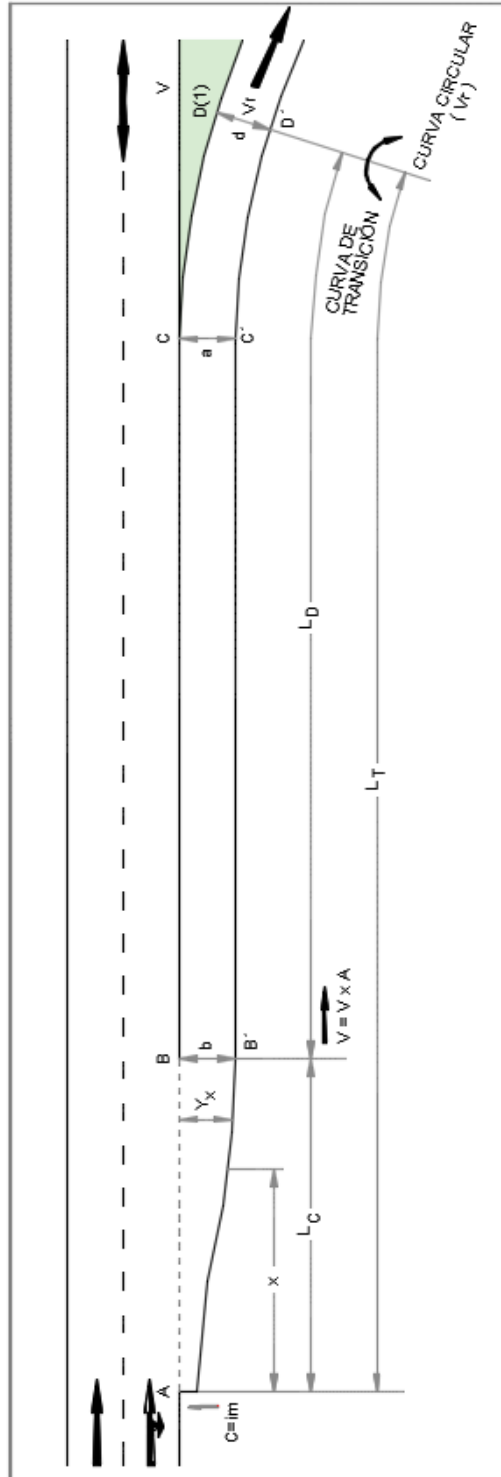


Figura 2.5-7

Pista de Deceleración Tipo Directa (Figura 6.02.106(3) B REDEVU)

Este caso obliga a una pista de deceleración en paralelo y se produce frecuentemente por las limitaciones de espacio que condicionan a estos diseños.

Si se proyecta una pista de deceleración de este tipo, $\theta \approx 0$. Esto significa que la canalización o ramal debe empalmar tangencialmente con el borde de la calzada de paso (punto C en la lámina 6.02.106(3) B).

(4) Pistas Centrales de Deceleración y Espera.

También se pueden diseñar pistas de deceleración para vehículos que giran a la izquierda desde las vías principales. Estas pistas se sitúan por lo general en el centro de la vía, entre las calzadas. Si la mediana tiene 4 o más metros de ancho será posible diseñar vías de deceleración central aprovechando este espacio sin necesidad de ensanches especiales en la calle.

En la lámina 6.02.106(4)A, REDEVU, se muestra una pista de este tipo. Las longitudes LC y LD son las de la Tabla 6.02.106(3)B, REDEVU y las de la lámina 6.02.106(3)CyD, REDEVU, respectivamente. A LC y LD hay que sumarle una longitud LE, o largo de la zona de espera, que depende del número de vehículos por hora que viran y que debe considerarse si existe condición de parada al final de la zona de deceleración, lo cual generalmente ocurre.

Si existe un semáforo en ese punto (D en la lámina 6.02.106(4) A, REDEVU), LE estará determinada por el cálculo del largo de la fila de vehículos que esperan en un ciclo.

Si existe una señal "PARE" LE tendrá el valor que le corresponda de la Tabla a continuación.

Tabla 2.5.8

Longitud adicional en pistas de deceleración (Tabla 6.02.106 (4) A REDEVU)

| N° vehículos / Hora que giran | <30 | 120 | >300 |
|-------------------------------|-----|-----|------|
| Longitud Adicional (m) | 20 | 40 | 80 |

2.5.5.4.7 Tratamiento de Puntas en Empalmes

Allí donde flujos de tránsito deban bifurcarse o confluir y las velocidades de diseño sean altas, se requiere diseños especiales de la zona triangular que sigue a la abertura de una calzada en dos o antecede a la unión de dos de ellas. Esta zona recibe el nombre de "punta" y aunque es válido lo dicho en el acápite anterior con respecto al tratamiento de los extremos de las islas, es preciso hacer algunas consideraciones adicionales, las cuales se presentarán a continuación.

Dentro de la zona en cuestión, se llama "nariz" al punto en el cual el ramal y la vía quedan independientes la una de la otra, lo cual ocurre a una cierta distancia del punto donde se separan las calzadas. La "punta" es, entonces, precisamente la zona comprendida entre ambos puntos y que es susceptible de ser invadida por usuarios que maniobran en sus proximidades.

a) Puntas en Empalmes de Salida

Un empalme que consulte pistas de deceleración debe tener su nariz retranqueada con respecto a la línea del borde del pavimento, con el fin de minimizar la probabilidad de su embestida por los vehículos. Más allá de la nariz, una cuña gradual debe permitir, a los usuarios que han entrado equivocadamente a la pista de deceleración, regresar a la calzada principal. Es preferible utilizar soleras en las narices, con el fin

de mejorar la visibilidad, redondearlas mediante círculos de 0,5m a 1,0m y pintarlas adecuadamente para enfatizar la demarcación pertinente.

En la lámina 6.02.108,(2) A, REDEVU, este retranqueo aparece designado con la letra C. Su dimensión depende de la longitud y forma del pavimento auxiliar que configura la superficie de la punta y que está limitado por dicha nariz.

Para una salida del tipo directa (líneas gruesas en la figura I de la lámina), los retranqueos deben estar entre 1,2m y 3,5m y mientras más larga y gradual sea la salida, más largo el pavimento auxiliar de la cuña de la nariz.

Si existe pista de deceleración en paralelo (línea de puntos), el valor de C debe ser aproximadamente igual al ancho de las pistas de paso involucradas.

La tabla 6.02.108(2) A, REDEVU, entrega las longitudes deseables (Z) de la cuña de la nariz, que debe ser al menos revestida. Se supone que en estas distancias un conductor que ha errado el camino y decide volver a la calzada principal puede hacerlo sin salirse de la superficie tratada.

Tabla 2.5.9
Tabla 6.02.108(2) A REDEVU

| V km/h, en la vía principal | Z (m) Longitud por metro de retranqueo de la nariz |
|-----------------------------|--|
| 50 | 7 |
| 60 | 9 |
| 70 | 10 |
| 80 | 11 |
| 90 | 13 |
| 100 | 14 |

No se debe disponer barreras de seguridad en las proximidades de una nariz, salvo que su diseño asegure una adecuada amortiguación de un eventual golpe.

b) Puntas en Empalmes de Entrada

En empalmes de entrada la nariz convergente de la isla de canalización debe ser lo más pequeña posible. En el caso que se empleen soleras, la nariz debe redondearse en un radio de 0,30 a ,45m. Cuando no se usen soleras, los correspondientes bordes del pavimento deben converger y cortarse en un ángulo agudo. Siempre que sea posible, el borde del pavimento del ramal debe alinearse casi paralelamente con la carretera principal.

Cuando la canalización tiene limitación de espacio, el largo y radio del ramal de giro pueden no ser suficientes para obtener el "casi paralelismo" con la carretera principal. En estos casos la nariz convergente de la isla de canalización es la simple intersección de los bordes del pavimento, redondeada o cuadrada a una dimensión práctica.

Cuando el tránsito converge hacia la vía principal a alta velocidad, y siempre que sea posible, es deseable realizar ajustes de alineación y/o ancho en el terminal de entrada.

El caso I de la lámina 6.02.108(3) A, REDEVU, muestra el trazado típico de un terminal de entrada con pista de aceleración, de tipo paralelo (zona con puntos). Si el pavimento del ramal corresponde al caso I de la tabla 6.02.104.A. REDEVU, éste se mantiene uniforme hasta la nariz convergente (en la figura se designa con W1). Si el ancho de pavimento corresponde al caso II de la misma tabla (W2 en la figura A), éste preferiblemente debe estrecharse en la nariz al ancho W1, para evitar que los vehículos entren abiertamente a la carretera, obligándolos a hacer uso de una sola pista después de la nariz. Este estrechamiento se lleva a cabo ajustando preferiblemente el borde izquierdo del ramal; también puede hacerse ajustando el borde derecho.

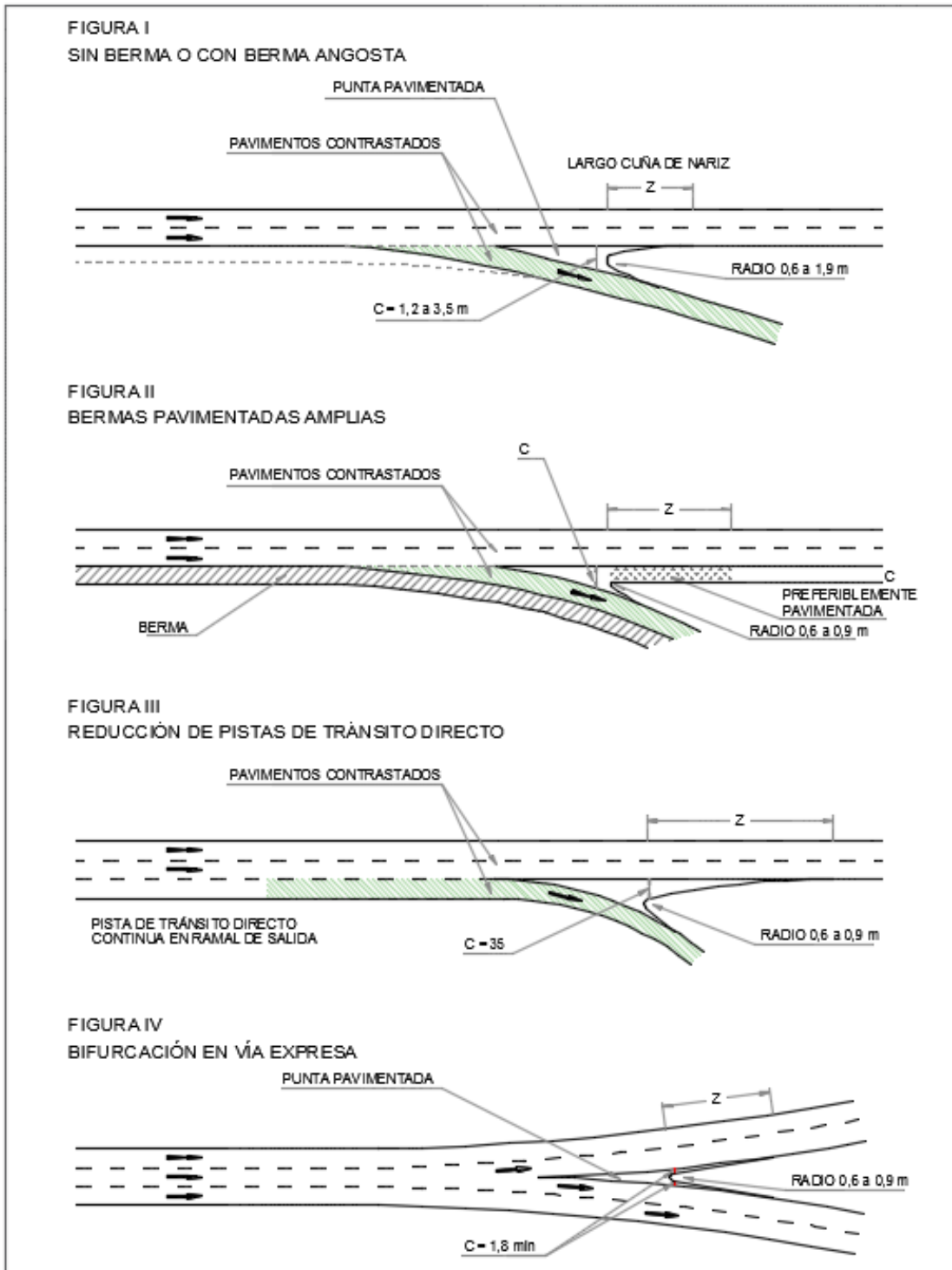


Figura 2.5-8

Puntas en Empalmes de Salida (Figura 6.02.108(2)A REDEVU)

El estrechamiento de ancho del pavimento debe comenzarse con anterioridad a la nariz convergente en una longitud (F) que permita a los conductores acomodar lateralmente su rumbo a medida que se acercan al punto más angosto. En la tabla 6.108.(3) A, REDEVU se indican las longitudes mínimas en que debe

realizarse el estrechamiento del pavimento en terminales de entrada, en función de la velocidad de operación y de la reducción de ancho.

Tabla 2.5.10

Longitudes para reducción de ancho de pavimento en puntas convergentes (Tabla 6.02.108 (3) A REDEVU)

| | | Reducción de Ancho (m) | | | | |
|-------|-------------------------|------------------------|------|------|------|------|
| | | 1.20 | 1.80 | 2.40 | 3.00 | 3.60 |
| F (m) | Mínimo ⁽¹⁾ | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 |
| | Deseable ⁽²⁾ | 180 | 270 | 360 | 450 | 540 |

(1) Mínimos corresponden a velocidades de operación de 36 km/h

(2) Deseables corresponden a velocidades de operación de 48 km/h

En la figura III se muestra el diseño de dos vías de dos pistas cada una, que convergen a una sola de tres pistas. Debido a la alta velocidad que este diseño implica, las alineaciones deben formar un ángulo muy agudo, de razón aproximada 50:1, para obtener un estrechamiento gradual de cuatro pistas a tres pistas.