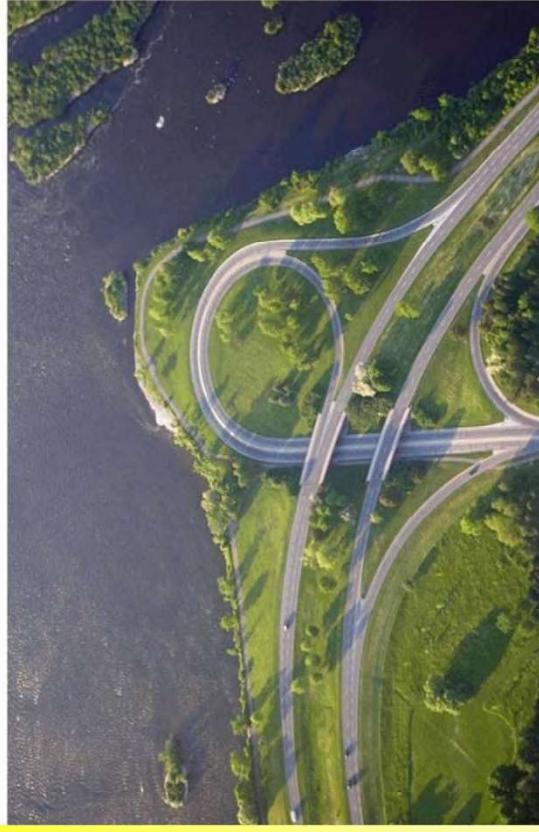


CAPÍTULO 6

DISTRIBUIDORES

Expositor
Ing. Rodolfo E. Goñi
25 agosto 2011



6.1	GENERALIDADES	1
6.2	PRINCIPIOS DE DISEÑO	3
6.3	DISEÑO DE RAMAS	8
6.4	TERMINALES DE RAMAS Y CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD	15
6.5	BIFURCACIONES Y CONFLUENCIAS	19
6.6	SOLUCIONES TÍPICAS	20
6.7	VÍAS COLECTORAS-DISTRIBUIDORAS	32
6.8	ILUMINACIÓN	34
6.9	BIBLIOGRAFÍA PARTICULAR DE CONSULTA	35

Índice



6.1 GENERALIDADES

6.1.2 SEPARACIONES DE NIVEL Y DISTRIBUIDORES

En estas intersecciones el cruce principal es a distinto nivel. Son cruces, trompetas, diamantes, tréboles y medios tréboles, pesas, etc.

Las **separaciones de nivel** sólo separan espacialmente los movimientos de cruce; no incluyen calzadas para movimientos de conexión. Son cruces puros.

En los **distribuidores**, los movimientos de giro se desarrollan en ramas, que reemplazan los lentos movimientos de giro de las intersecciones a nivel por maniobras de convergencia y divergencia de alta velocidad en ángulos relativamente abiertos.



6.1.3 “SOBRE” vs. “BAJO”

FACTORES QUE GOBIERNAN LA DECISIÓN

Topografía: su influencia es dominante en la decisión.

Económicos: se levantará el camino de más baja categoría y de más bajos parámetros de diseño.

De percepción: en un cruce bajo nivel el conductor percibe mejor la cercanía de una estructura, y la existencia de ramas de salida.

Tránsito: Donde el tránsito que gira es importante, la existencia de rampas en las salidas favorecen a la desaceleración, al tiempo que facilitan la aceleración en las entradas.

Construcción, interferencias: Donde un camino nuevo cruce uno existente, una solución sobre nivel causaría menos interferencias al tránsito de la ruta existente, y puede no ser necesario un desvío.

Gálidos verticales: Los puentes sobre nivel no tienen limitación de gálido vertical, por lo que pueden ser ventajosos en casos de rutas con frecuentes cargas especiales.

Ambiente: El tipo de cruce puede estar determinado por el diseño del camino en su conjunto; por ejemplo, donde se deprime el camino para reducir el impacto visual y del ruido del tránsito

6.2 PRINCIPIOS DE DISEÑO

6.2.2 CARACTERÍSTICAS DESEABLES DEL DISEÑO

- **Mínimo entrecruzamiento:** las secciones de entrecruzamiento reducen notablemente la velocidad y capacidad.
- **Salidas y entradas simples,** con los correspondientes carriles de cambio de velocidad.
- **Salidas antes de entradas:** la congestión se reduce al quitar tránsito, antes de agregar tránsito.
- **No salidas o entradas por la izquierda.** Las decisiones y maniobras tienen lugar en los carriles de alta velocidad.
- **Correcta elección de la velocidad directriz para las ramas:** debe ser acorde a la importancia de la misma y ajustada a velocidades directrices de los caminos principal y secundario.
- **Homogeneidad:** resulta conveniente la utilización de diseños tipificados, con similar definición en cuanto a las salidas y maniobras de giros.

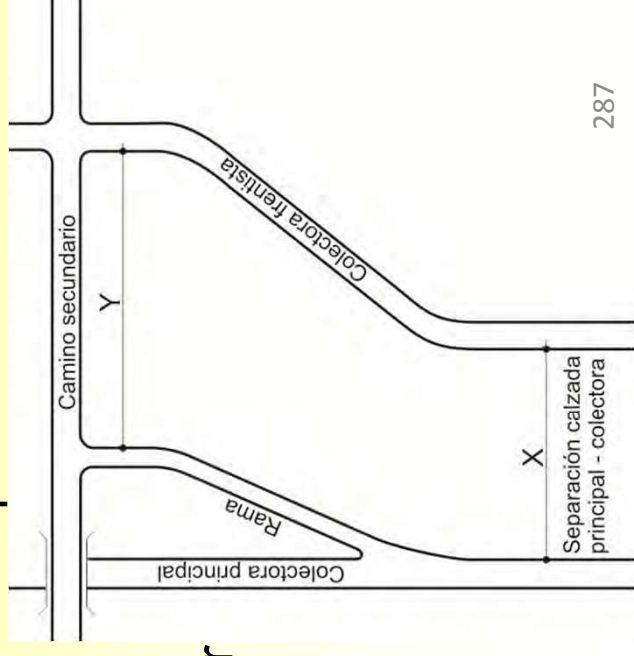
6.2 PRINCIPIOS DE DISEÑO

6.2.4 CONTROL DE ACCESOS EN LA ZONA DEL DISTRIBUIDOR

En el distribuidor y sus alrededores debe mantenerse un adecuado control de accesos, para asegurar su integridad. Esto se realiza mediante la adquisición de suficiente zona de camino y la definición de caminos de servicio o frentistas.

La separación entre la calzada principal y el camino frentista (X) será como mínimo de 15 m. Si la zona de camino es muy restringida, puede usarse una barrera de hormigón y banquetas en cada plataforma.

La distancia que separa la intersección rama/camino secundario de la intersección camino frentista/camino secundario (Y) debe ser suficiente como para permitir que las dos intersecciones operen en forma independiente. El mínimo es del orden de 100 metros. Si no se dispone de ello, puede definirse una salida hacia la colectora frentista primero, y a través de ella alcanzar el camino secundario

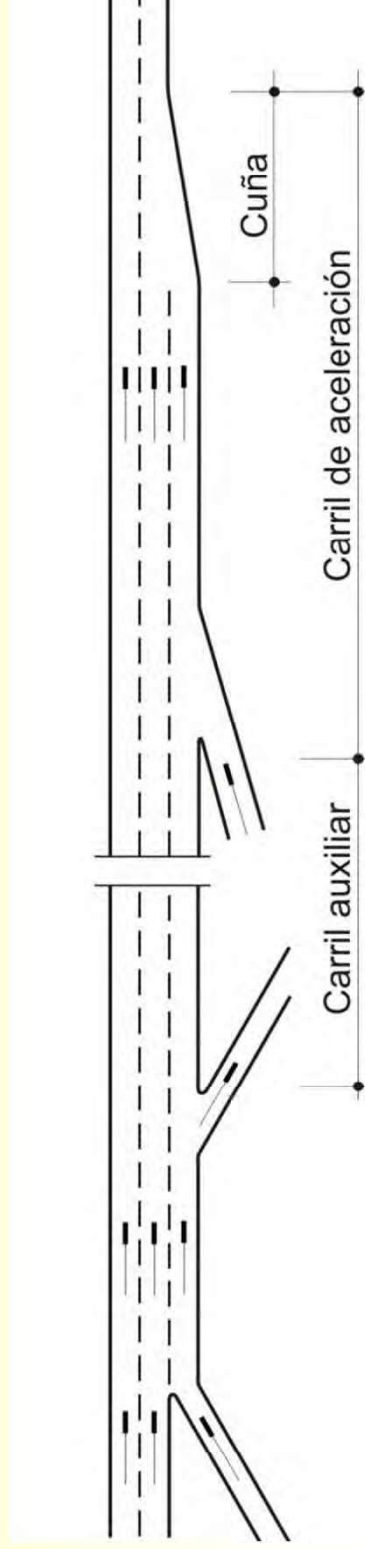


6.2 PRINCIPIOS DE DISEÑO

6.2.5 CARRILES AUXILIARES

Se adicionan para facilitar la operación de tránsito. Los carriles auxiliares son normalmente usados para mantener el balance de carriles, mejorar los cambios de velocidad y los entrecruzamientos, simplificar las operaciones de tránsito mediante la reducción del número de cambios de carriles, etc.

Se recomienda usar un carril auxiliar para conectar los carriles de aceleración y desaceleración cuando la distancia entre narices sucesivas es menor que 450 m.



Carril auxiliar unificando carriles de aceleración

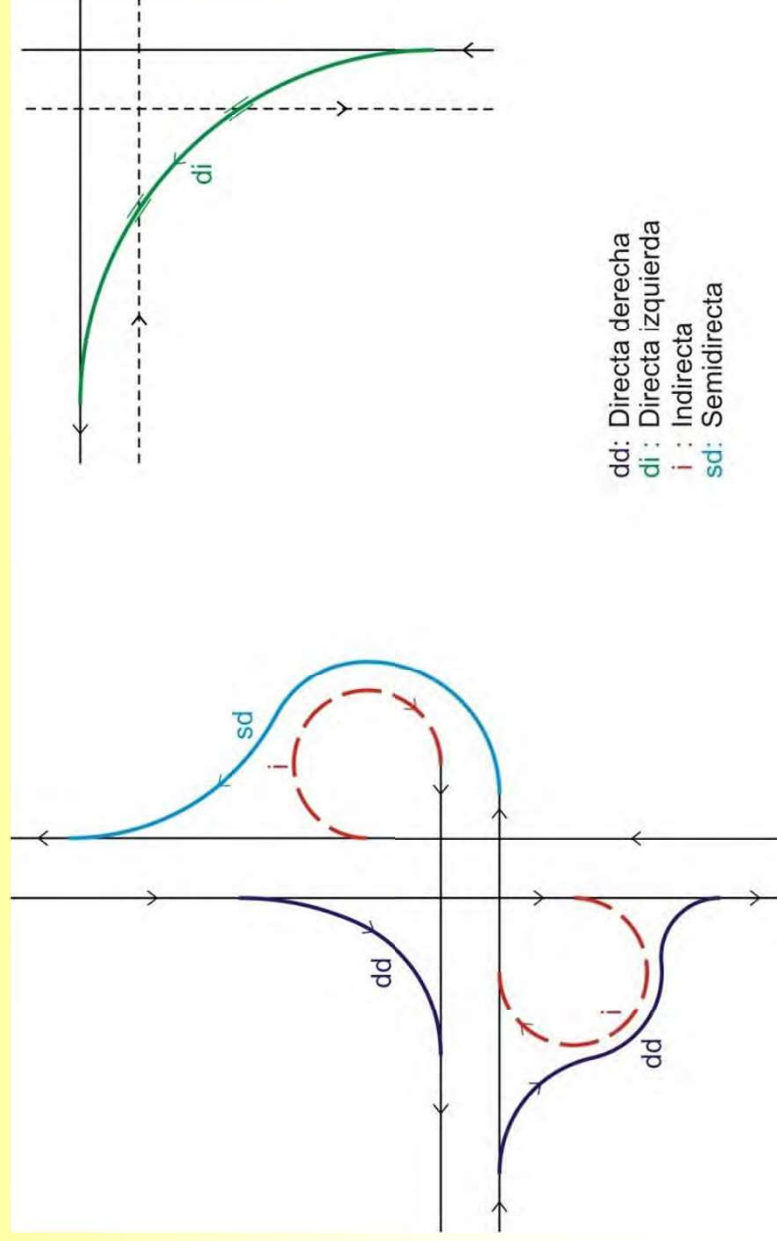
6.3 DISEÑO DE RAMAS

6.3.1 TIPOS DE RAMAS

Las características principales de las ramas -alineamientos horizontal y vertical, y sección transversal- están influenciadas por el volumen y composición de tránsito, geometría y características operacionales de los caminos que conectan, topografía local, dispositivos de control de tránsito y expectativas del conductor.

Las configuraciones de ramas más comunes son:

Directas
Semidirectas
Indirectas o Rulos



6.3 DISEÑO DE RAMAS

6.3.2 VELOCIDAD DIRECTRIZ

Valores guía para la Velocidad Directriz de la Rama en relación con la Velocidad Directriz de los caminos principal y secundario

	Ramas directas				Ramas semidirectas				Rulos			
	120	100	80	60	120	100	80	60	≥ 80	70	60	
Promedio entre V de camino principal y secundario (km/h)												
V de la rama (km/h)	80	70	60	50	70	60	50	40	40	35	30	
Rmín (m) para e=6%	250	185	125	80	185	125	80	45	45	40	25	
Rmín (m) para e=4%	280	205	135	90	205	135	90	50	no recomendable			
Condiciones de diseño			mín en zona rural	mín en zona urbana			mín en zona rural	mín en zona urbana		mín en zona rural	mín en zona urbana	

6.3 DISEÑO DE RAMAS

6.3.4 Alineamiento Horizontal

RADIOS MÍNIMOS EN FUNCIÓN DE Vd (km/h) – e (%)

e (%)	V = 20 km/h R (m)	V = 30 km/h R (m)	V = 40 km/h R (m)	V = 50 km/h R (m)	V = 60 km/h R (m)	V = 70 km/h R (m)
-2	10	27	60	116	189	297
-1,5	9	27	59	113	183	286
0	9	25	55	104	167	257
1,5	9	24	51	96	153	234
2	9	24	50	94	149	227
2,2	8	23	50	93	148	224
2,4	8	23	50	92	146	222
2,6	8	23	49	91	145	219
2,8	8	23	49	90	143	217
3	8	23	48	89	142	214
3,2	8	23	48	89	140	212
3,4	8	23	48	88	139	210
3,6	8	22	47	87	138	207
3,8	8	22	47	86	136	205
4	8	22	47	86	135	203
4,2	8	22	46	85	134	201
4,4	8	22	46	84	132	199
4,6	8	22	46	83	131	197
4,8	8	22	45	83	130	195
5	8	21	45	82	129	193
5,2	8	21	45	81	128	191
5,4	8	21	44	81	127	189
5,6	8	21	44	80	125	187
5,8	8	21	44	79	124	185
6	8	21	43	79	123	184
6,2	8	21	43	78	122	182
6,4	8	21	43	78	121	180
6,6	8	20	43	77	120	179
6,8	8	20	42	76	119	177
7	7	20	42	76	118	175
7,2	7	20	42	75	117	174
7,4	7	20	41	75	116	172
7,6	7	20	41	74	115	171
7,8	7	20	41	73	114	169
8	7	20	41	73	113	168

6.3 DISEÑO DE RAMAS

6.3.5 ALINEAMIENTO VERTICAL

La rasante de una rama comprende una sección media con pendiente constante, y terminales donde la pendiente está controlada por los caminos adyacentes.

Pueden considerarse valores de pendiente hasta 8 %, aunque es preferible no superar el 6 %.

Se recomienda utilizar una combinación de peralte y pendiente tal que la línea de máxima pendiente resulte menor que 10 %.

Peralte	Pendiente longitudinal %			
	2	4	6	8
%				
4	4,47	5,65	7,21	8,94
6	6,31	7,2	8,49	10
8	8,25	8,94	10	11,31
10	10,19	10,73	11,63	12,8

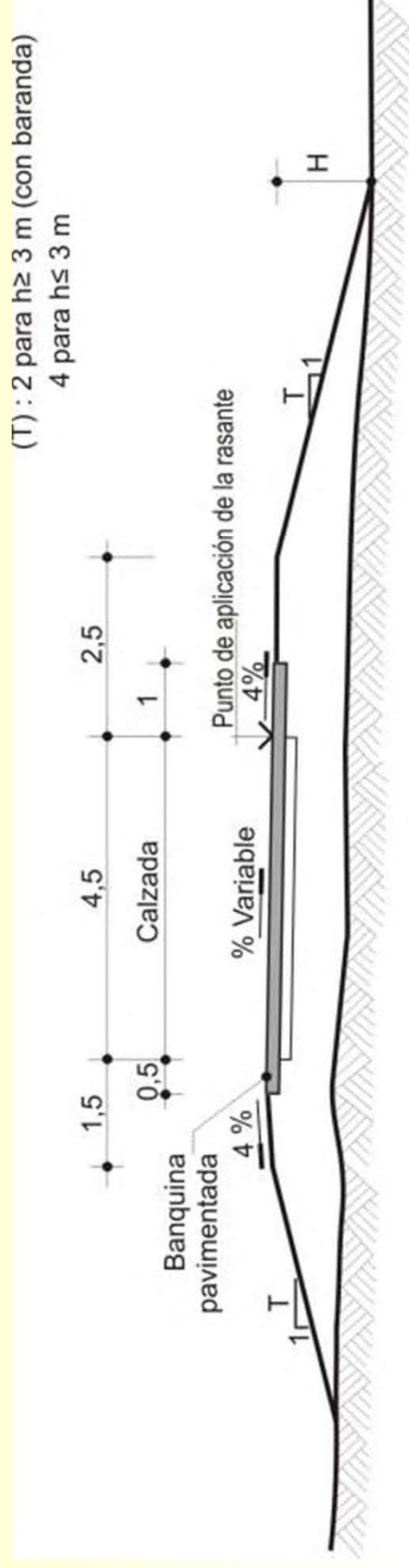
6.3 DISEÑO DE RAMAS

6.3.6 SECCION TRANSVERSAL: ANCHO DE CALZADA EN RAMAS

Para elegir el ancho de carril se considera el vehículo de diseño tipo.

Se respetará lo indicado en el Capítulo 5. En general el ancho adoptado se aplica en toda la longitud de la rama.

El ancho de carril más usual es de 4,5 metros. En el caso de un rulo, por efecto del radio (35 - 50 m), un semirremolque puede requerir un ancho de carril de 5 a 5,5 metros. Si los semirremolques no son usuarios frecuentes de la rama, podría tolerarse la invasión de las banquetinas.



Perfil tipo en ramas directas

6.3 DISEÑO DE RAMAS

6.3.7 PERALTE EN RAMAS

En las ramas de distribuidores el rango del peralte máximo suele ser del 6% al 10%. Normalmente se disponen peraltes mayores en los rulos que en las ramas semidirectas y directas.

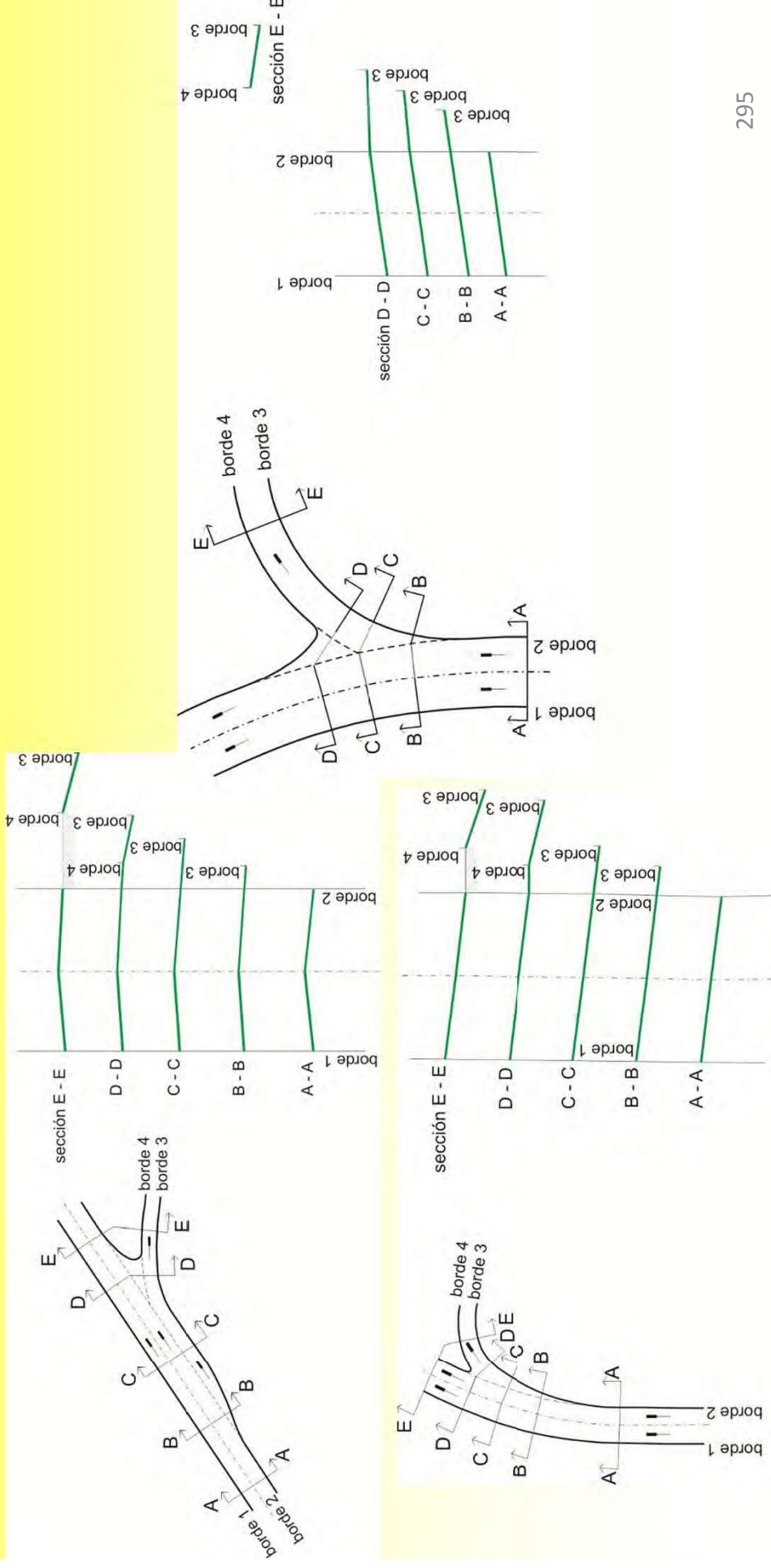
Rango de tasas de peraltes para curvas en ramas

Radio	Rango de tasa de peralte (%) para curvas de intersección con velocidad directriz (km/h) de:					
	20	30	40	50	60	70
m						
25	2 - 7	2 - 10				
50	2 - 5	2 - 8	4 - 10			
70	2 - 4	2 - 6	3 - 8	6 - 10		
100	2 - 3	2 - 4	3 - 6	5 - 9		
150	2 - 3	2 - 3	3 - 5	4 - 7	8 - 10	9 - 10
200	2	2 - 3	2 - 4	3 - 5	5 - 7	7 - 9
300	2	2 - 3	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6
500	2	2	2	2 - 3	3 - 4	4 - 5
700	2	2	2	2	2 - 3	3 - 4
1000	2	2	2	2	2	2 - 3

6.3 DISEÑO DE RAMAS

DESARROLLO DEL PERALTE

La forma de desarrollar el peralte se basa principalmente en la comodidad del usuario y en la apariencia de los bordes de calzada, por lo que debe controlarse la pendiente relativa entre los bordes de la calzada.



6.4 CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD

6.4.1 FUNCIÓN – 6.4.2 TIPO

En general, hay que disponer carriles de cambio de velocidad donde se dé una de las circunstancias siguientes:

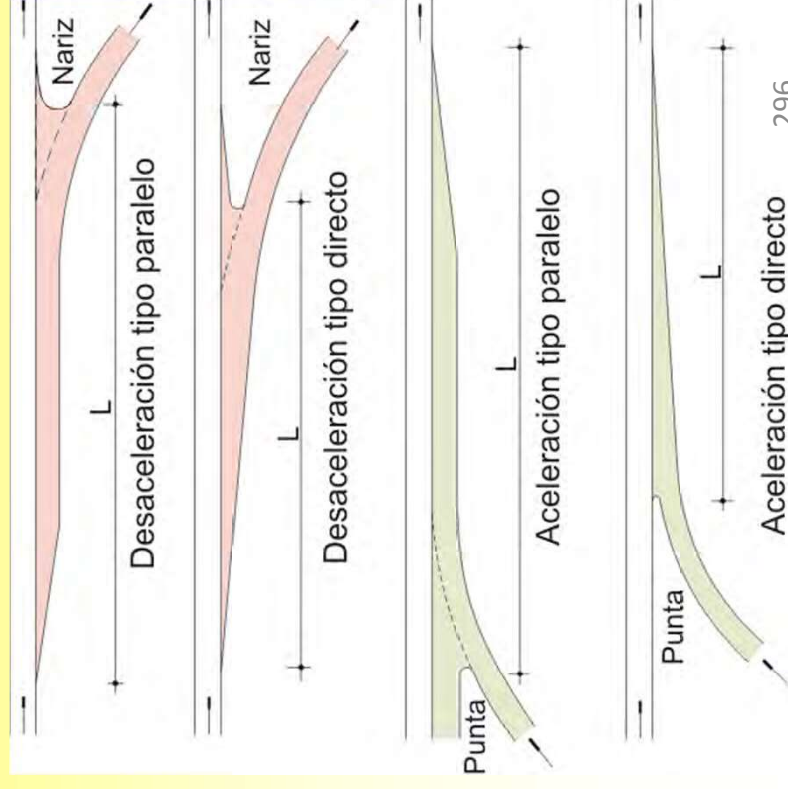
- La velocidad VO85 del movimiento de paso es superior a 60 km/h
- Las intensidades de circulación, tanto del movimiento de paso como de cualquier giro, son superiores a 200 vph.

Pueden tener dos diseños:

Tipo paralelo. Se añade un carril a la calzada principal, provista de una transición (cuña) en su extremo. Los conductores deben realizar maniobras en S en sus extremos.

Tipo directo. El carril sale tangente a la calzada principal o formando un ángulo bajo.

Es preferible que los carriles de aceleración sean de tipo paralelo, porque en los directos no resulta clara la distancia disponible para la maniobra. En cambio, los de desaceleración podrán ser directos o de tipo paralelo.



6.4 CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD

6.4.3 DIMENSIONES

Ancho

Los carriles del tipo paralelo tienen el mismo ancho que los restantes carriles de la calzada. En los carriles tipo directo, el ancho es variable, definido por el trazado del borde externo.

Longitud

Depende de la velocidad directriz del camino principal y de la velocidad estimada a la altura de la nariz. Para estimarla se definen dos secciones características:

- Sección característica de 2,15 m: donde el ancho del carril medido perpendicularmente al eje de la calzada principal desde el borde sea de 2,15 m; permite ubicar un vehículo liviano con un margen de distancia al borde del carril de 0,15 m.
- Nariz de separación entre calzada del carril y de la calzada principal.

Las tasas adoptadas son:

Desaceleración:	2 m/s ²
Aceleración:	0,7 m/s ²

En su extremo contiguo a la calzada principal, ambos carriles deben tener una transición de ancho en forma de cuña triangular, cuya longitud se adoptó en 80 m para la desaceleración (tasa de abocinamiento de 1:22 para carril de 3,65 m), y en 110 m para la aceleración (tasa de abocinamiento de 1:30).

6.4 CARRILES DE CAMBIO DE VELOCIDAD LONGITUD

Longitud total de los carriles de desaceleración:

V	VMM	Velocidad rama							Cuña
		0	20	30	40	50	60	70	
60	55	105	100	90	80				80
70	63	125	115	105	95	80			80
80	70	140	135	125	110	95	80		80
90	77	160	155	145	130	120	95	80	80
100	85	190	180	170	155	140	120	95	80
110	91	205	200	190	175	160	140	115	85
120	98	230	225	215	200	185	165	140	110
130	105	255	250	240	225	210	185	160	130

Longitud total de los carriles de aceleración:

V	VMM-8	Velocidad rama							Cuña
		0	20	30	40	50	60	70	
60	47	185	165	140	110				110
70	55	230	210	180	145	110			110
80	62	275	255	225	190	140			110
90	69	330	305	280	240	195	130		110
100	77	390	370	345	305	260	200	125	110
110	83	445	425	400	360	310	250	180	110
120	90	515	490	465	425	375	315	245	160
130	97	575	550	525	485	440	380	305	225

Factores de corrección a aplicar a las longitudes de desaceleración L cuando se construyen en pendientes $i > \pm 2\%$:

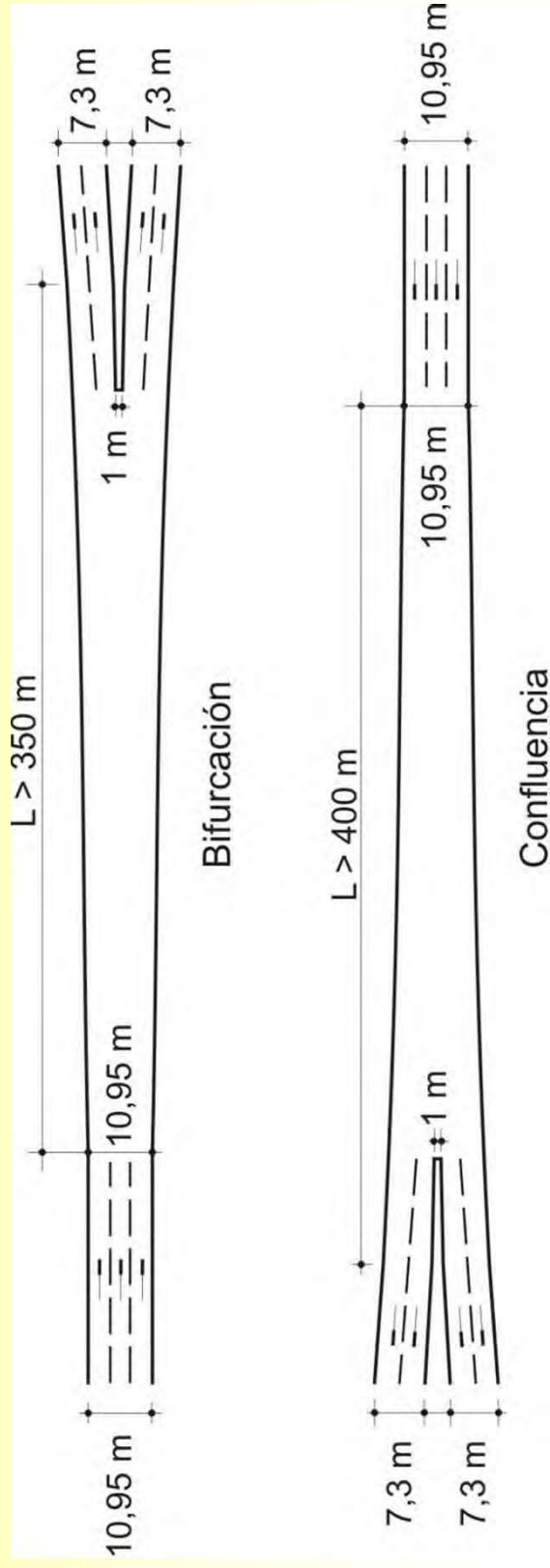
V de la autopista km/h	Longitud en pendiente = factor x longitud de tabla II	
	Para cualquier velocidad	3 a 5 % ascendente 0,9
Para cualquier velocidad	5 a 6 % ascendente 0,8	5 a 6% descendente 1,35
		298

6.5 BIFURCACIONES Y CONFLUENCIAS

Las **bifurcaciones** se establecen cuando los flujos de tránsito (de paso y de salida) son similares. Análogamente, los encuentros de tránsitos similares se plantean como una **confluencia** y no como una entrada.

Las velocidades directrices de las calzadas que concurren en una confluencia o bifurcación deben ser similares.

El ángulo entre los bordes de calzada debe ser más reducido que en el caso de una salida o entrada.

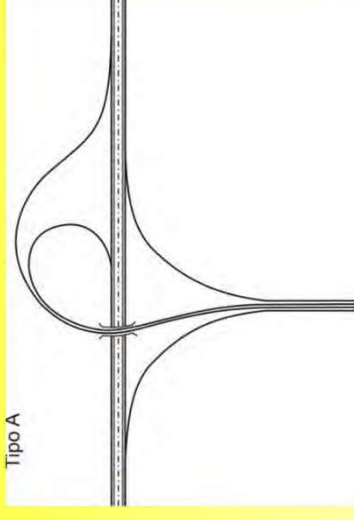


6.6 SOLUCIONES TÍPICAS

6.6.1 DISTRIBUIDORES DE TRES RAMAS

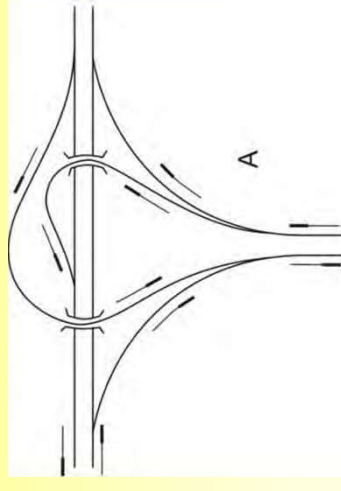
- ***Trompeta***

Emplea para los giros a la izquierda una rama semidirecta y un rulo



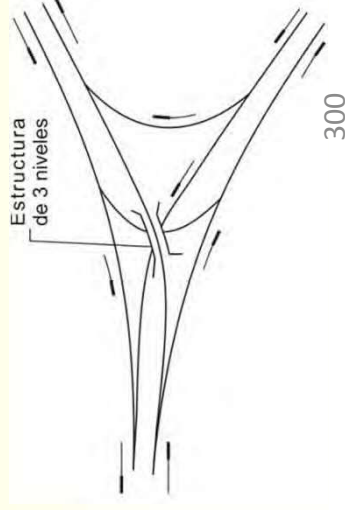
- ***Semidireccionales***

Utiliza ramas semidirectas, con dos puentes (o estructura de 3 niveles)



- ***Direccionales***

Con ramas directas y tres puentes oblicuos o una estructura de tres niveles. Las entradas y salidas por la izquierda de los ramales directos se solucionan como bifurcaciones y confluencias.

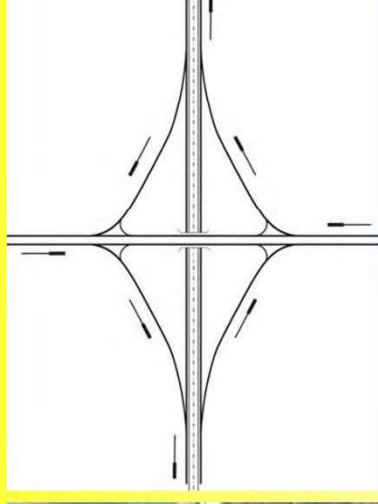
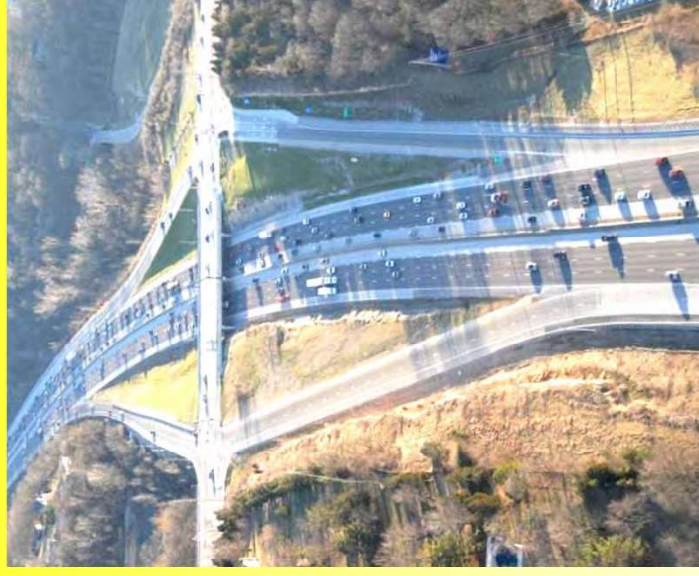


- ***De tres ramas para futura ampliación a cuatro***

p.ej: trébol parcial)

6.6 SOLUCIONES TÍPICAS

6.6.2 DISTRIBUIDORES DE CUATRO RAMAS (1)

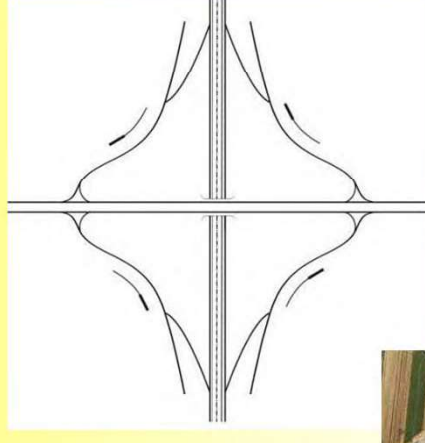


- **Diamante**

- En conexiones de un camino secundario a otro principal.
- En zona rural, con tránsito medio y velocidades altas
- En zona urbana, con tránsito intenso, velocidades menores y circulación discontinua.

- **Diamante modificado con rotondas en el camino transversal (pesa)**

- Bajo costo y diseño compacto, con un solo puente.
- Reduce los puntos de conflicto sobre el camino secundario, al cambiar las intersecciones simples o canalizadas por rotondas.
- Las rotondas permiten un mayor control de las velocidades en el camino transversal.



6.6 SOLUCIONES TÍPICAS

6.6.2 DISTRIBUIDORES DE CUATRO RAMAS (2)

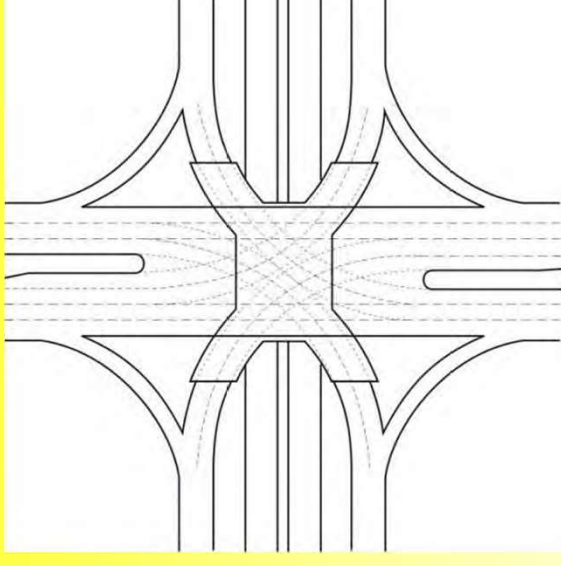
- ***Diamante urbano de punto único (DUPU)***

El Diamante Urbano de Punto Único lleva las cuatro ramas a juntarse en un punto sobre la autopista. Este distribuidor es conveniente donde el espacio sea reducido o donde el volumen de tránsito que gira a la izquierda sea muy alto.

Dada la complejidad de su geometría, el DUPU debe semaforizarse (semáforo de 3 fases). Como hay un solo semáforo, permite una coordinación más fácil sobre el camino secundario, lo cual reduce la demora para el movimiento directo en ese camino.

Los DUPU se diseñan para permitir altos volúmenes de giros izquierda desde rama de salida hacia flujos de mediana velocidad y con demoras mínimas. Para proveer adecuada visibilidad y giros rápidos a la izquierda, deben usarse radios de giro relativamente grandes (45 a 90 m).

Requiere puentes más anchos y más muros de sostenimiento que otros diamantes, por lo tanto, cuestan 20 a 25 % más que los diamantes convencionales.

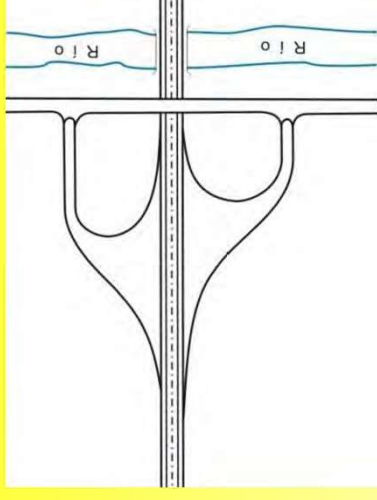


6.6 SOLUCIONES TÍPICAS

6.6.2 DISTRIBUIDORES DE CUATRO RAMAS (3)

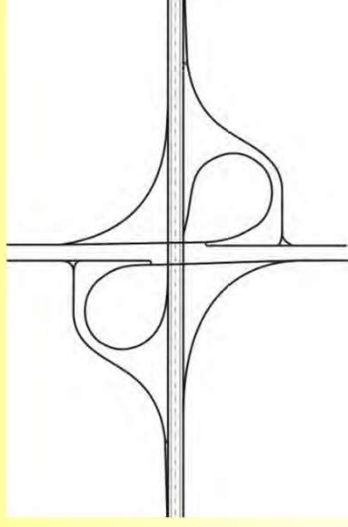
- **Medio trébol**

Se utiliza así a los tréboles parciales donde los dos cuadrantes utilizados son adyacentes.



- **Trébol parcial**

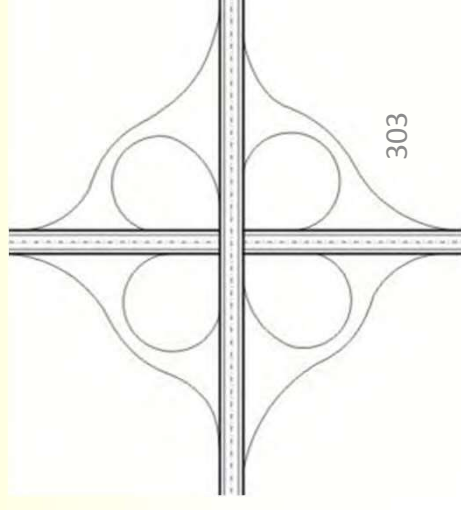
Ocupa también dos cuadrantes; no adyacentes, sino en diagonal.



- **Trébol completo**

Todos los giros a la izquierda se realizan mediante rulos, sin cruzar ninguna corriente de tráfico, y los giros a ala derecha mediante ramales directos.

Tiene una entrada delante del puente, seguida de una salida detrás. Se crea un entrecruzamiento que puede funcionar mal si la suma de las intensidades de los tránsitos que giran en los rulos adyacentes supera unos 1000 v/h.



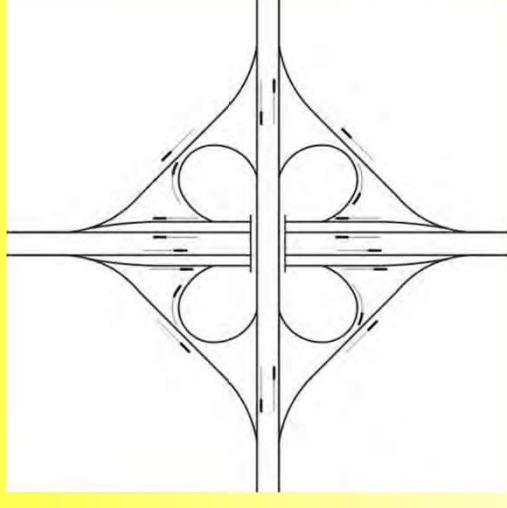
6.6 SOLUCIONES TÍPICAS

6.6.2 DISTRIBUIDORES DE CUATRO RAMAS (4)

- ***Trébol completo con vías colectoras-distribuidoras***

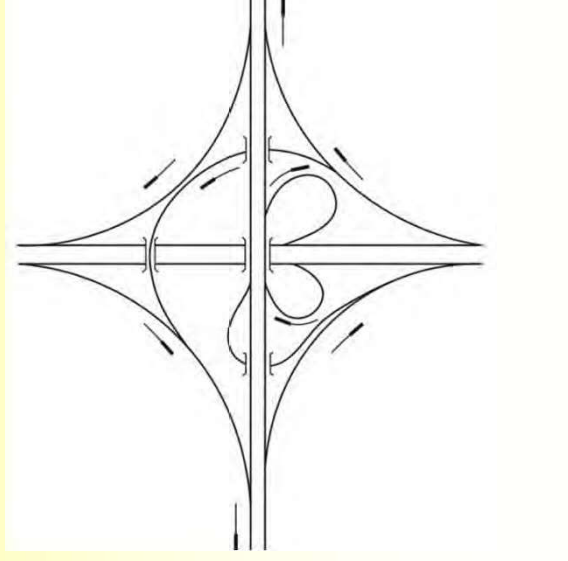
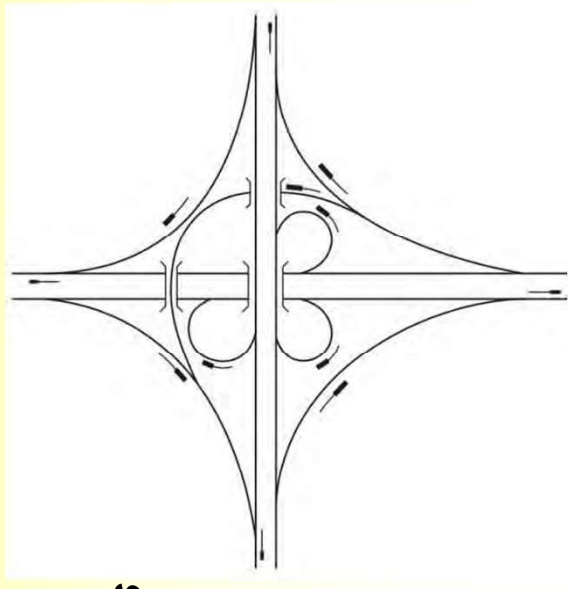
Las vías colectoras-distribuidoras elevan el límite hasta unos 1500 vph.

Una sola salida y una sola entrada en cada calzada de la autopista



- ***Trébol modificado con ramas semidirectas***

Donde la intensidad de uno o varios giros a la izquierda supera la capacidad de un rulo, se reemplaza por una rama semidirecta. No se puede resolver el distribuidor con un solo puente.



6.6 SOLUCIONES TÍPICAS

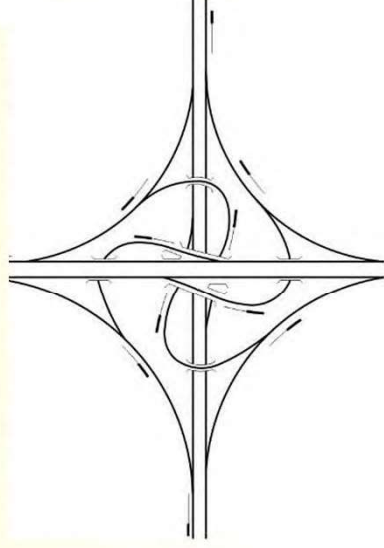
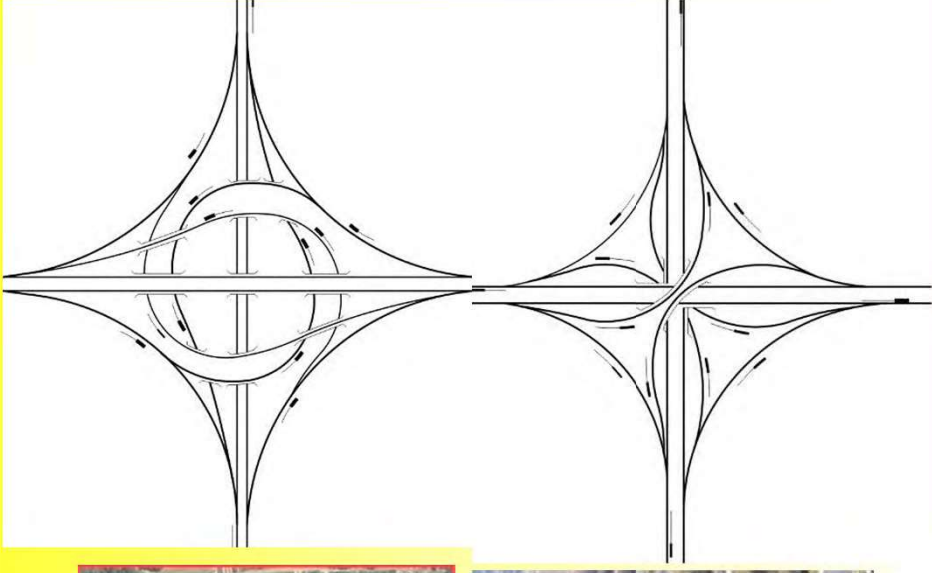
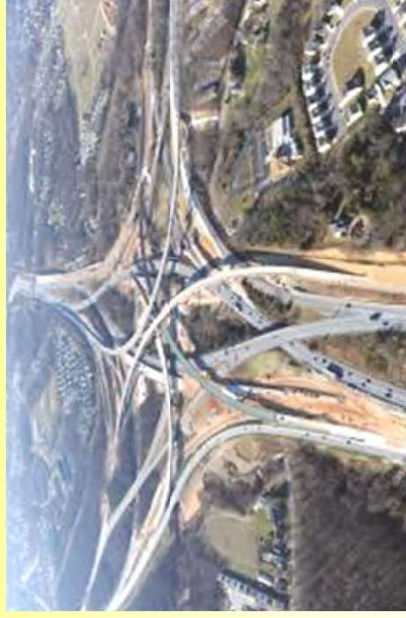
6.6.2 DISTRIBUIDORES DE CUATRO RAMAS (5)



DISTRIBUIDORES DIRECCIONALES

Se los conoce con diferentes nombres, según cómo se resuelvan los giros a izquierda.

- ***Turbina***
- ***Estrella de Indonesia***
- ***Molino***



6.6 SOLUCIONES TÍPICAS

6.6.2 DISTRIBUIDORES DE CUATRO RAMAS (6)

ROTONDAS A DISTINTO NIVEL

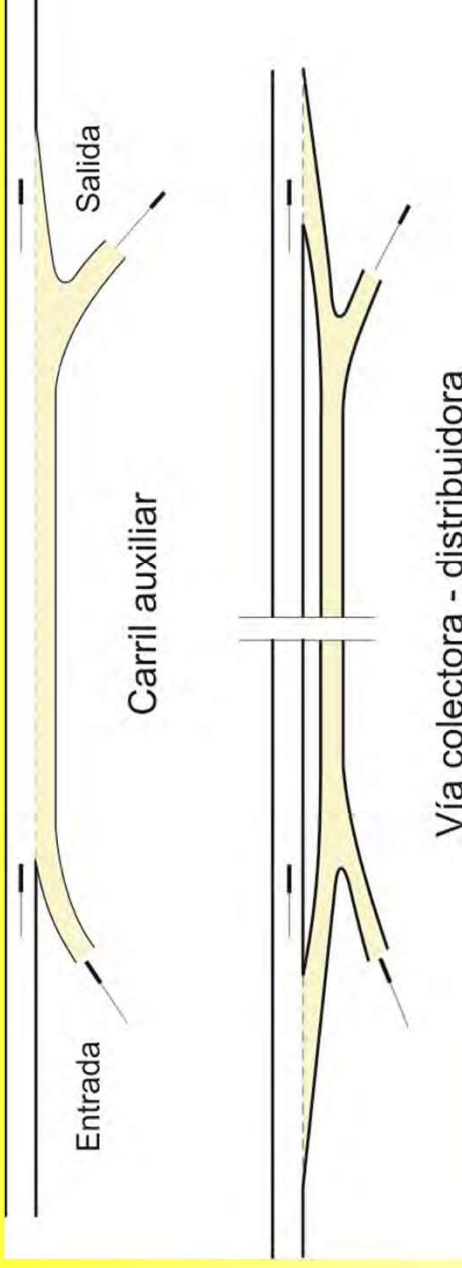
Son rotondas construidas directamente encima o debajo de un camino principal, al que se conectan a través de ramas.

Pueden ser de dos niveles (con la rotonda en el mismo nivel que el camino secundario) o de tres niveles, con el anillo en un nivel distinto al de los caminos que se cruzan.

Permiten resolver distribuidores de más de 4 ramas (por ej. 3 conectadas al anillo).



6.7 VÍAS COLECTORAS-DISTRIBUIDORAS



Las **vías colectoras-distribuidoras (C-D)** se aplican donde las maniobras de entrecruzamiento pueden ser molestas si se permiten sobre la calzada principal de la autopista. Su aplicación más común es en los distribuidores tipo Trébol.

Ventajas:

- Quitan el entrecruzamiento de la línea principal
- Dan adecuada distancia visual de decisión a todo el tránsito que sale
- Dan una salida en velocidad desde la calzada principal a todo el tránsito que sale
- Simplifican la señalización y la toma de decisiones
- Permiten la salida desde la calzada principal antes de la estructura

6.8 ILUMINACIÓN

6.8.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ILUMINACIÓN

Comúnmente se justifican dos sistemas de diseño de iluminación de distribuidores:

- **Completa** (calzadas principales y ramas)
- **Parcial**

La **iluminación completa** da más seguridad que la **iluminación parcial**, la cual a veces se utiliza sobre la base de dar algunos de los beneficios atribuibles a la iluminación completa a un menor costo de instalación y operación: sólo se iluminan las convergencias y divergencias, las intersecciones sobre el camino transversal y los cambios importantes en el alineamiento de la autopista (si los hay).

6.8.2 NIVEL DE ILUMINACIÓN

Los importantes beneficios para la seguridad en operación nocturna pueden verse disminuidos en la operación diaria según cual sea la ubicación de los postes en relación a los bordes de calzada.

Cuando una autopista es iluminada en forma continuada y sus distribuidores llevan iluminación completa, el promedio a mantener en las calzadas principales suele estar entre los 20 a 30 lux. En las ramas de los distribuidores se utilizan iluminancias similares. En colectoras y caminos transversales se exige un menor nivel, por ejemplo de 15 lux.

6.9 BIBLIOGRAFÍA PARTICULAR DE CONSULTA

- En español original o traducciones

NSRA - Suecia 1995

Design Criteria and Traffic Performance Research in New Swedish Guidelines for Rural Highways
<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec003/ch1.pdf>

MOP Chile 2008 *Manual de Carreteras*. C3.500.

DGC - MOPU España 1983 *Recomendaciones para el Proyecto de Distribuidores*

MINNESOTA DOT – EUA 2001 *RDM C6 Interchanges and Grade Separations*

<http://www.dot.state.mn.us/design/rdrm/>

AASHTO – EUA 1997 *Highway Safety Design and Operations Guide*

AASHTO Ware® IGrds® - EUA 2002 *M-1 Ramps Design – Tools for Highway Design*

NEW YORK STATE DOT – EUA 1979 *HDM C6 Interchanges*

<https://www.nysdot.gov/divisions/engineering/design/dgab/hdm/chapter-6>

TEXAS DOT – EUA *Research Report 1732-2 Re-Evaluation of Ramp Design Speed Criteria*

http://www.utexas.edu/research/ctr/pdf_reports/1732_1.pdf

DEPARTMENT OF MAIN ROADS Queensland – Australia 2005

Road Planning and Design Manual C16 Interchanges

<http://www.mainroads.qld.gov.au/Business-and-industry/Road-builders/Technical-publications/Road-planning-and-design-manual.aspx>

WIKIPEDIA 2010 *Interchange (road) – De intercambio (por carretera)*

[http://en.wikipedia.org/wiki/Interchange_\(road\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Interchange_(road))

- En español – Archivos pdf en DVD Actualización 2010

C6 Bibliografía Particular de Consulta

