

TEMA 10

INTERSECCIONES. CONCEPTO, FUNCIONAMIENTO Y CLASIFICACIÓN. TIPOS DE INTERSECCIONES. INTERSECCIONES CANALIZADAS Y SIN CANALIZAR. PRINCIPIOS BÁSICOS. INFLUENCIA EN LA SEGURIDAD DE LA CIRCULACION.

1. INTERSECCIONES. CONCEPTO, FUNCIONAMIENTO Y CLASIFICACIÓN.....	3
1.1. Concepto.....	3
1.2. Funcionamiento de las intersecciones.....	3
1.3. Clasificación de las intersecciones	7
2. TIPOS DE INTERSECCIONES	7
2.1 Intersecciones sin canalizar.....	7
2.1.1 Generalidades	7
2.1.2 Trazados mínimos para curvas cerradas.....	8
2.2. INTERSECCIONES CANALIZADAS	9
2.2.1 Principios generales de canalización	9
2.2.2 Trazados mínimos para ramales de giro en intersecciones canalizadas. 11	
2.2.3 Relaciones entre la velocidad, radio y peralte	14
2.2.4. Radios mínimos en función de la velocidad específica de giro	15
3. SOLUCIONES TIPO.....	16
3.1 Tipo T; Empalme de una carretera secundaria con una principal.	16
3.2 Tipo T; Empalme de dos carreteras de análoga importancia.....	17
3.3 Tipo Y; Empalme de una carretera secundaria con una principal.....	18
3.4 Tipo Y; Empalme de dos carreteras de análoga importancia.....	19
3.5 Tipo Cruz.....	20
3.6 Tipo X.....	23
3.7 Intersección "estrella"	24
3.8 Elección del tipo de vehículo	24
4.- MORFOLOGÍA DE INTERSECCIONES. GENERALIDADES.-	27
4.1 Movimientos de paso. Giros a la derecha e izquierda.-	28
4.2 Isletas.....	30
4.3 Tratamiento de la mediana.....	33
4.4 Semáforos.....	34
5.- EMPLAZAMIENTO DE LA INTERSECCIÓN.-	35

5.1.- Información necesaria.-	35
5.2.- Emplazamiento en planta.-	35
5.3.- Alzado.-	35
5.4.- Sección transversal.-	36
5.5.- Distancia entre intersecciones.-	36
6.- <i>INTERSECCIONES DE TRES RAMALES.-</i>	<i>37</i>
6.1.- Intersecciones en T.-	38
6.2.- Intersecciones en Y.-	42
7.- <i>INTERSECCIONES DE CUATRO RAMALES.-</i>	<i>43</i>
7.1.- Intersecciones en cruz.-	43
7.2.- Intersecciones en "X".-	49
8.- <i>INTERSECCIONES DE MÁS DE CUATRO RAMALES.-</i>	<i>49</i>

1. INTERSECCIONES. CONCEPTO, FUNCIONAMIENTO Y CLASIFICACIÓN.

1.1. Concepto

Se define como intersección la zona en la que confluyen dos o más vías. Los tramos de carreteras que confluyen en la intersección se denominan ramales.

Las intersecciones constituyen una parte esencial de la red viaria, ya que son los puntos en los que se puede cambiar de vía para seguir el itinerario deseado. En ellas los vehículos pueden seguir distintas trayectorias, y es necesario ordenarlas para reducir los conflictos entre los distintos movimientos.

Por otra parte y especialmente en zonas urbanas, las intersecciones son puntos críticos desde el punto de vista de la capacidad. Producen también una disminución sensible del nivel de servicio, porque es necesario reducir la velocidad, y si la intensidad de tráfico es elevada, puede ser preciso esperar durante algún tiempo antes de poder atravesar una intersección.

Una intersección proyectada para permitir el paso seguro de un tráfico importante resulta relativamente costosa, dado el área que es necesario ocupar y pavimentar, además del coste de la señalización y otros medios de control de tráfico a instalar. Resulta necesario equilibrar las exigencias de un tráfico más rápido y seguro con el coste de las instalaciones necesarias.

Para indicar a los conductores las maniobras necesarias para seguir su ruta, aparte de una señalización adecuada, es preciso que el trazado de la intersección resulte comprensible para el conductor. Esto se puede conseguir más fácilmente si existe una cierta uniformidad en todas las intersecciones de la red, lo que no quiere decir que hayan de ser todas iguales, sino que se apliquen en general los mismos principios de diseño.

Por todo ello para encontrar la solución adecuada en el proyecto de una intersección, se requiere un estudio detallado de los múltiples factores que intervienen.

1.2. Funcionamiento de las intersecciones

Las intersecciones de las diferentes trayectorias de los vehículos dan lugar a la aparición de puntos de conflicto, que pueden ser de los siguientes tipos:

- Puntos de convergencia: a los que llegan los vehículos siguiendo trayectorias distintas, y de los que salen siguiendo una trayectoria única.
- Puntos de divergencia: a los que llegan los vehículos siguiendo una trayectoria común, y de los que salen siguiendo trayectorias distintas.
- Puntos de cruce: en los que se cortan dos trayectorias distintas.

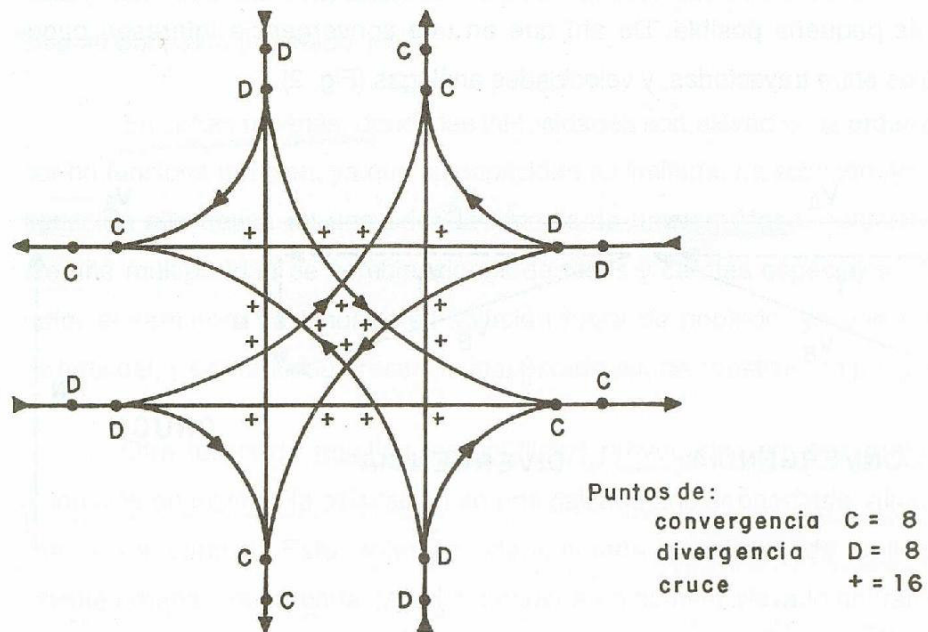


Figura 1

Como puede verse en la figura 1, en el caso de una intersección de 4 ramales completa se presentan 8 puntos de convergencia, 8 puntos de divergencia y 16 puntos de cruce, considerando los puntos de conflicto como simples, es decir, que en ellos concurren únicamente dos trayectorias distintas. En general puede demostrarse que en una intersección con N ramales se presentarán:

- *Puntos de convergencia* = $N * (N-2)$
- *Puntos de divergencia* = $N * (N-2)$
- *Puntos de cruce* = $N^2 * (N-1) * (N-2) / 6$

El número de puntos de conflicto, especialmente de puntos de cruce, crece por tanto muy rápidamente con el número de ramales que confluye. Algunos puntos de conflicto pueden confundirse, resultando puntos múltiples en los que concurren varias trayectorias.

Los puntos de conflicto son puntos potenciales de accidentes, y esta posibilidad será tanto mayor cuanto mayor sea la intensidad de tráfico. Tendrá además una gran influencia la velocidad relativa de los vehículos en conflicto. Supongamos que hay dos vehículos A y B, cuyas trayectorias diferentes pasan por un punto. La velocidad del vehículo B tiene dos componentes, una paralela a la trayectoria de A y otra normal a la misma.

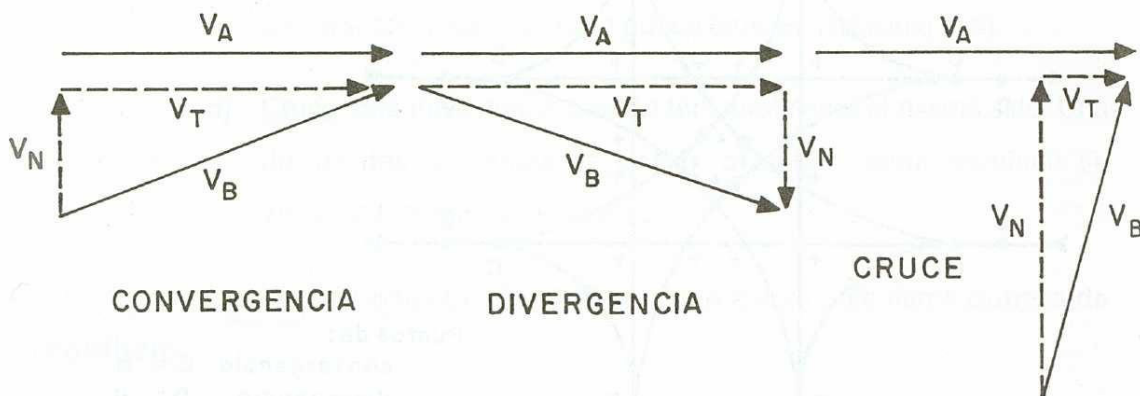


Figura 2

En el caso de una convergencia, interesa que la componente de la velocidad del vehículo que se inserta, paralela a la del otro, sea lo más parecida posible a ésta, en tanto que la componente perpendicular deberá ser lo más pequeña posible. De ahí que en una convergencia interesen pequeños ángulos entre trayectorias, y velocidades análogas.

Las divergencias responden a un esquema similar, en el que interesa, para evitar colisiones por alcance, igualar las velocidades de los vehículos cuyas trayectorias se separan: lo cual, si uno de ellos va a tener que detenerse o inscribirse en una curva de velocidad específica reducida, puede llevar a que sea necesario establecer carriles de cambio de velocidad y/o espera.

En el caso de un cruce, para minimizar el tiempo necesario para realizarlo, interesará que las trayectorias se corten perpendicularmente, y no con ángulos pequeños, con lo que se logran, además, mejores condiciones de visibilidad y de evaluación de la velocidad del otro vehículo.

Para evitar las colisiones en los puntos de cruce ha de haber algún sistema que regule la separación entre los vehículos de ambas trayectorias. El mejor sistema sería separarlos físicamente, de forma que los vehículos se muevan a diferentes niveles. Este es el procedimiento utilizado en los enlaces.

Puede emplearse también una separación en el tiempo mediante un dispositivo que dé alternativamente paso a los vehículos que siguen una u otra trayectoria, tal como se utiliza en las intersecciones reguladas por semáforos. En otro caso hay que establecer unas reglas de prioridad, que determinan la preferencia de paso en los puntos de conflicto mediante una señalización adecuada.

El trazado de la intersección permite disponer adecuadamente los distintos puntos de conflicto de forma que se facilite la tarea del conductor.

Esto puede conseguirse, por ejemplo canalizando las distintas trayectorias mediante isletas y marcas viales, de forma que el conductor llegue a los puntos de conflicto con el ángulo y posición deseables.

Si se dispone de espacio suficiente, pueden incluso suprimirse los puntos de cruce, estableciendo una corriente de tráfico circular alrededor de una isleta central. De esta forma se producen únicamente puntos de convergencia y de divergencia dentro de esta corriente, pero aumenta en cambio la longitud recorrida por los

vehículos dentro de la intersección y aparecen tramos de trenzado que pueden originar problemas de capacidad.

Cuando se proyecta una nueva intersección o se mejora una existente, es necesario tener en cuenta una serie de factores que condicionarán el funcionamiento y el coste de la solución escogida. Estos factores son los siguientes:

a) Función y tipo de carreteras que se cruzan

La función y tipo de las carreteras dentro de la red determinará la clase de intersección a emplear, los métodos de regulación de tráfico, etc. Se considerarán especialmente las separaciones entre intersecciones a lo largo de las carreteras, y los tipos más frecuentemente utilizados. Será preciso tener en cuenta no sólo las características actuales, sino también los proyectos futuros de desarrollo de la red que afecten a la intersección.

b) Tráfico y accidentes

Es necesario conocer las intensidades y composición del tráfico de todos los movimientos posibles en la intersección, así como las previsiones para el futuro. Si las intensidades de tráfico son elevadas, será necesario conocer la evolución de las intensidades de tráfico a lo largo del día, ya que probablemente no coincidirán las horas punta de todos los movimientos y será necesario considerar el funcionamiento de la intersección para distintas combinaciones de intensidades de tráfico en los accesos. Hay que tener en cuenta las capacidades de las vías de acceso que limitan las intensidades posibles en la intersección. También, es necesario conocer las velocidades específicas y reales en las vías de acceso a la intersección.

Por otro lado, en zona urbana, es preciso tener en cuenta el tráfico de peatones y las características del mismo. Si existen medios de transporte público que tengan paradas cercanas a la intersección, será necesario conocer su frecuencia, tiempo que emplean en la parada, etc.

En el caso de mejoras de intersecciones ya existentes, es necesario estudiar las características de los accidentes que hayan podido ocurrir en ellas, para tratar de corregir el trazado de forma que se disminuya la posibilidad y gravedad de nuevos accidentes. En caso de nuevas intersecciones resulta aconsejable el estudio de accidentes en intersecciones de características semejantes.

c) Emplazamiento de la intersección.

Se necesitan planos topográficos más detallados que los que se emplean para el proyecto de otros elementos de la carretera, ya que la forma del terreno tendrá una importancia decisiva en la visibilidad desde los distintos accesos. Además será necesario tener datos sobre las edificaciones, plantaciones, instalaciones, servicios, etc. y el uso del suelo predominante en la zona que rodea la intersección. Como alguno de estos datos puede variar en el futuro, se debe reunir toda la información posible sobre el futuro uso previsto del suelo, así como los planes de los propietarios de edificios o instalaciones que afecten a la intersección.

d) Otras informaciones.

Se necesitan también, como es lógico, los mismos datos que para el proyecto de otros elementos de la carretera, como características geotécnicas, costes de los materiales, posibilidades de construcción, etc.

1.3. Clasificación de las intersecciones

Con frecuencia las intersecciones se clasifican atendiendo al número de ramales y a su forma geométrica. Así se distinguen las intersecciones de tres ramales en T o en Y, las intersecciones de cuatro ramales en Cruz o en X, las intersecciones de ramales múltiples y las glorietas o intersecciones giratorias.

Sin embargo la forma exterior tiene mucha menos influencia sobre el diseño de la intersección y sobre su funcionamiento, que el tipo de regulación de tráfico empleado o la disposición de la circulación dentro de la intersección. Por ello es preferible clasificar a las intersecciones a nivel (al mismo nivel) según que:

- la regulación sea por prioridad de paso o por semáforos.
- la circulación sea giratoria (glorietas) o tenga puntos de cruce.
- estén o no canalizadas.

Las intersecciones más utilizadas son las intersecciones canalizadas o sin canalizar, reguladas por prioridad de paso y con puntos de cruce. Las glorietas con circulación giratoria se emplean en casos especiales, sobre todo en zonas urbanas. Las intersecciones con semáforos no se diferencian esencialmente de las reguladas por prioridad de paso, pero el tipo especial de regulación utilizado, así como el hecho de que se encuentren generalmente en zona urbana, obligan a la introducción de ciertos cambios en el tipo de diseño utilizado.

Las intersecciones pueden clasificarse también por razones funcionales, teniendo en cuenta el tipo de vías que confluyen en la intersección: intersecciones de vías arteriales, de una vía arterial con una vía colectora, etc. Esta clasificación es interesante cuando se trata de uniformizar las intersecciones de una red, dando a sus elementos un tratamiento semejante. En vías importantes, tales como carreteras nacionales o vías arteriales en zonas urbanas, se utilizan tipos de intersecciones que permiten una mayor capacidad y un mejor nivel de servicio, como son las intersecciones canalizadas, o las reguladas por semáforos en zonas urbanas.

2. TIPOS DE INTERSECCIONES

2.1 Intersecciones sin canalizar

2.1.1 Generalidades

El tratamiento que se debe dar a una intersección sin canalizar es el de la pavimentación completa de toda su superficie. Este criterio se aplica para intersecciones de carreteras de dos o más carriles.

En intersecciones oblicuas, con ángulo centrales d e giro pequeños, deben emplearse curvas sencillas de un solo radio, ya que la reducida longitud del arco central hace impracticable el uso de la curva de tres centros.

En las intersecciones oblicuas puede considerarse en algunos casos la conveniencia de introducir una isleta en el ángulo agudo, con objeto de reducir la superficie de la zona pavimentada y proveer espacio para la colocación de señales.

2.1.2 Tazados mínimos para curvas cerradas

Cuando sea necesario ocupar un espacio muy limitado para los vehículos que giran o en intersecciones de poca importancia que no necesitan de canalización alguna, se aplican al trazado las trayectorias mínimas de giro del vehículo tipo seleccionado, que ya están debidamente estudiadas experimentalmente. Y así se tiene que con la menor velocidad práctica de un vehículo, unos 15 Km/h, la trayectoria que éste sigue al girar, se considera satisfactoria a efectos del trazado mínimo de los elementos de la intersección.

Vehículo tipo	Angulo de giro	Curva sencilla radio	Curva compuesta de tres centros		Angulo de giro	Curva compuesta de tres centros	
			Radio	Retranqueo		Radio	Retranqueo
tipo	g	m	m	m	g	m	m
L	30	18,00	—	—	115	30 - 6 - 30	0,75
C		30,00	—	—		30-10,5-30	0,90
VA		60,00	—	—		45 - 12 - 45	1,95
L	50	15,00	—	—	130	30 - 6 - 30	0,60
C		22,50	—	—		30 - 9 - 30	1,50
VA		45,00	60 - 30 - 60	0,90		30-10,5-36	2,10
L	65	12,00	—	—	150	30 - 6 - 30	0,45
C		18,00	—	—		30 - 9 - 30	1,50
VA		—	60-22,5 - 60	1,05		36 - 9 - 36	2,40
L	85	10,50	30 - 7,5 - 30	0,60	165	22,5- 5,4-22,5	0,60
C		16,50	36-13,5-36	0,60		30 - 9 - 30	1,50
VA		—	45-15-4-1	1,65		36 - 9 - 36	2,25
L	100	9,00	30 - 6 - 30	0,75	200	15- 4,5 - 15	1,50
C		15,00	36 - 12-36	0,60		30 - 9 - 30	1,50
VA		—	45 - 15 - 45	1,50		36- 7,5 - 36	3,30

Tabla 1

Con los radios mínimos indicados en la tabla anterior referidos a la arista interior del pavimento, se garantiza que el vehículo correspondiente puede girar a velocidad inferior a 15 Km/h, sin desplazarse lateralmente de su carril de circulación, tanto a la entrada como a la salida de la maniobra y permaneciendo las ruedas interiores como mínimo a 0,30 m. del borde del pavimento. Los datos de dicha tabla permiten proyectar una solución adecuada, aunque pueden emplearse otras combinaciones de curvas que dan soluciones igualmente satisfactorias.

Estos trazados mínimos u otros cercanos a él, son necesarios muchas veces en intersecciones canalizadas, particularmente cuando un cierto número de puntos

de conflicto han de ser controlados o cuando se requieren para la regulación del tráfico. También puede utilizarse en carreteras muy importantes y de alta velocidad específica en aquellos lugares donde la expropiación se encuentra limitada, pero en tales casos deberá usarse en conjunción con vías auxiliares de cambio de velocidad.

El empleo de bordillos limitando la arista del pavimento en curvas cerradas, produce cierto efecto de restricción en los conductores que realizan el giro; éstos han de maniobrar cuidadosamente para ceñirse a su radio mínimo de giro sin tocar el bordillo. Por esta razón es recomendable diseñar curvas más suaves cuando se usan bordillos.

En las intersecciones con ángulos de giro mayores de 90° pueden resultar zonas pavimentadas excesivas, parte de las cuales no son utilizadas por el tráfico. Esto puede llevar a confusión entre los conductores y a peligro para los peatones y debe resolverse recurriendo a la canalización.

2.2. INTERSECCIONES CANALIZADAS.

2.2.1 Principios generales de canalización

Hay una serie de principios generales que deben inspirar el proyecto de una intersección. De las condiciones de cada caso particular, dependerá hasta qué punto es posible seguirlos.

a) Preferencia de los movimientos más importantes .

Los movimientos más importantes deben tener preferencia sobre los secundarios; esto obliga a limitar los movimientos secundarios con señales adecuadas, la reducción de la anchura de estas vías, la introducción de curvas de radio pequeño o a eliminarlos totalmente.

b) Reducción de las áreas de conflicto.

Las grandes superficies pavimentadas invitan a los vehículos y peatones a movimientos desordenados, con la siguiente confusión, que aumenta los accidentes y disminuye la capacidad de la intersección. Estas grandes áreas son características de las intersecciones oblicuas y una de las causas de que no sean recomendables.

c) Perpendicularidad de las trayectorias cuando se cortan.

Las intersecciones en ángulo recto son las que proporcionan las mínimas áreas de conflicto. Además disminuyen la gravedad de los posibles choques y facilitan las maniobras, puesto que permiten a los conductores juzgar en condiciones más favorables las posiciones relativas de los demás.

Se consideran aceptables las intersecciones con ángulos comprendidos entre 60° y 120°.

d) Paralelismo de las trayectorias cuando convergen o divergen.

El tráfico que se incorpora o sale de una vía debe hacerlo con ángulos de incidencia pequeños, del orden de 10° o 15° para aumentar la fluidez de la circulación. Si estos ángulos son mayores, los vehículos se verán obligados en muchos casos a detenerse con la consiguiente disminución de capacidad y seguridad de la intersección.

Si el tráfico es importante, deben disponerse vías de aceleración o deceleración, que permitan la incorporación del tráfico a velocidad adecuada.

e) Separación de los puntos de conflicto.

Mediante una canalización adecuada pueden separarse los puntos de conflicto en una intersección, con lo que los conductores no necesitan atender simultáneamente a varios vehículos. En las intersecciones reguladas con semáforos puede convenir, en ciertos casos concentrar algunos puntos de conflicto, ya que la separación en el tiempo sustituye a la separación en el espacio.

f) Separación de los movimientos.

Cuando la intensidad horaria de proyecto de un determinado movimiento es importante, del orden de 25 o más vehículos, es conveniente dotarle de una vía propia de sentido único, completándola con vía de aceleración o deceleración si fuera necesario. Las isletas que se dispongan con este objeto permiten la colocación de las señales adecuadas.

g) Control de velocidad.

También mediante la canalización puede controlarse la velocidad del tráfico que entra en una intersección, disponiendo curvas de radio adecuado o abocinando las calzadas. Esta última disposición permite, además de reducir la velocidad, evitar los adelantamientos en las áreas de conflicto.

h) Control de los puntos de giro.

Asimismo, la canalización permite evitar giros en puntos no convenientes, empleando isletas adecuadas que los haga materialmente imposibles o muy difíciles. La seguridad es mayor si se disponen isletas elevadas que si la canalización se obtiene mediante marcas pintadas en el pavimento.

i) Creación de zonas protegidas.

Las isletas proporcionan a los vehículos espacios protegidos en las calzadas para esperar una oportunidad de paso. Asimismo pueden servir para que cuando un vehículo necesite cruzar varias vías de circulación pueda hacerlo por etapas sucesivas, sin necesidad de esperar a que simultáneamente se produzca en todas las vías la interrupción de tráfico necesaria.

j) Visibilidad.

La velocidad de los vehículos que acceden a la intersección debe limitarse en función de la visibilidad, incluso llegando a la parada. Entre el punto en que un conductor pueda ver a otro vehículo con preferencia de paso y el punto de conflicto, debe existir, como mínimo la distancia de parada.

k) Previsión.

En general la canalización exige superficies amplias en las intersecciones. Esta circunstancia se debería tener en cuenta por los titulares al autorizar construcciones o instalaciones al margen de la carretera y en los proyectos de nueva construcción.

l) Sencillez y claridad.

Las intersecciones complicadas, que se prestan a que los conductores duden, no son convenientes; la canalización no debe ser excesivamente complicada ni obligar a los vehículos a movimientos molestos o recorridos demasiado largos.

2.2.2 Trazados mínimos para ramales de giro en intersecciones canalizadas.

Cuando el trazado se proyecta para velocidad de los vehículos ligeros de 25 Km/h o más, porque así lo requiera la importancia de la intersección, los radios de giro deben ser mayores que los indicados en la Tabla 1; entonces la zona pavimentada que resulta es excesivamente grande para el propio control del tráfico y hay que evitarlo introduciendo isletas que canalizan los movimientos más importantes y proporcionan ramales de giro separados.

Clasificación del trazado *	Ángulo de giro	Curva compuesta de tres centros		Ancho del ramal	Tamaño aproximado de la isleta	Ángulo de giro	Curva compuesta de tres centros		Ancho del ramal	Tamaño aproximado de la isleta
		Radio	Retranqueo				Radio	Retranqueo		
	g	m	m	m	m ²	g	m	m	m	m ²
L	85	45 - 22,5 - 45	1,05	4,20	5,50	130	30 - 9 - 30	0,75	4,80	11,00
C		45 - 22,5 - 45	1,50	4,80	4,50		30 - 9 - 30	1,50	7,20	6,50
VA'		54 - 27 - 54	1,05	5,40	4,50		36 - 10,5 - 36	2,10	8,40	14,00
L	100	45 - 15 - 45	0,90	4,20	4,50	150	30 - 9 - 30	0,75	4,80	43,00
C		45 - 15 - 45	1,50	4,80	10,00		30 - 9 - 30	1,50	7,80	34,50
VA		54 - 19,5 - 54	1,35	5,40	19,50		36 - 9 - 36	2,40	8,40	46,50
L	115	36 - 12 - 36	0,60	4,50	6,50	165	30 - 9 - 30	0,75	4,80	130,00
C		36 - 12 - 36	1,35	6,00	5,50		30 - 9 - 30	1,50	8,40	116,00
VA		45 - 12 - 45	2,25	7,80	4,50		36 - 9 - 36	2,25	9,60	139,00

L=primordialmente para vehículos ligeros; permite el giro ocasional de camiones, C, con restricción en el sobreancho del ramal.

C= adecuado para camiones; permite el giro ocasional de vehículos articulados con ligera ocupación de los carriles adyacentes de ambas carreteras.

VA= Permite totalmente el giro de VA, sin salirse de su propio carril.

Tabla 2

Los elementos básicos para el trazado de ramales de giro son la alineación del borde interior del pavimento y el ancho del canal o carril que conduce al vehículo tipo en su giro a baja velocidad.

Con los radios mínimos indicados en la Tabla 2. y los anchos correspondientes del carril de giro, queda una zona lo suficientemente grande para permitir la disposición de una isleta, generalmente de forma triangular; esta isleta es conveniente por diversos motivos, como son: servir de guía al tráfico que cruza o que gira en la intersección; proporcionar lugar adecuado para la colocación de señales; servir de refugio o protección para peatones cuando éstos cruzan la calzada, etc. Las isletas no deben ser demasiado pequeñas, como mínimo tendrán $4,5 \text{ m}^2$ y preferiblemente 7 m^2 ; en cuanto a sus dimensiones laterales, una isleta triangular debe tener lados de 2,40 m y mejor de 3 m., como mínimo, una vez redondeados y retranqueados sus vértices.

Los anchos del ramal de giro deben permitir que las ruedas del vehículo tipo seleccionado, encajen su trayectoria dentro de dicho ramal con una tolerancia de 0,50 m a cada lado de los bordes del pavimento; generalmente, este ancho no debe ser inferior a 4 m. Las isletas, en todos los casos, deberán estar retranqueadas 0,50 m como mínimo de las aristas del pavimento de las carreteras que se cortan; cuando sean pequeñas hay que delinearlas por medio de bordillos.

En la Tabla 2 no se incluyen trazados para ángulos de giro inferiores a 85° , ya que requieren radios relativamente grandes que no pueden considerarse como los mínimos necesarios; cuando se presenta un caso de estos, hay que recurrir a un trazado particular, no normalizado, dependiente de las condiciones del tráfico.

En intersecciones importantes, cuando el espacio disponible sea amplio, o la expropiación necesaria sea fácil y económica, puede recurrirse a trazados más amplios de los mínimos reflejados en la Tabla 2. En este caso es muy útil el empleo de la figura 1 que proporciona unas soluciones prácticas y muy funcionales.

RADIO DEL BORDE EXTERIOR DEL PAVIMENTO	ANGULO EN EL CENTRO	CURVA DE TRES CENTROS PARA EL BORDE INTERIOR DEL PAVIMENTO				
R_0	Ω	R_1	R_2	R_3	e	s
m	gr	m	m	m	m	m
14 (2)	67 A 100 (1) 100 A 200 MAYOR DE 100	50 30 23	12.50 6 7	75 60 60	16.80 13.40 14.00	3.60 1.20 0.00
15 (2)	67 A 100 (1) 100 A 200 MAYOR DE 200	54 36 24	13.50 9 7.50	75 60 60	17.70 14.40 15.00	3.60 1.30 0.00
18	67 A 100 (1) 100 A 233 MAYOR DE 233	36 26 24	16 12 11.50	90 90 90	24.40 17.50 18.00	3.40 0.40 0.00
20	67 A 100 (1) 100 A 200 MAYOR DE 200	36 36 30	18 15 14	90 90 90	22.00 19.80 20.00	2.80 0.70 0.00
22.50	67 A 67 67 A 233 MAYOR DE 233	40 36 36	27 17 16.50	90 90 90	31.00 22.10 22.50	4.00 0.40 0.00
30	0 A 33 33 A 67 MAYOR DE 67	85 60 36	CURVA DE UN SOLO RADIO		27 120 120	31.00 1.50 0.00
45	0 A 28 MAYOR DE 28	90 90	CURVA DE UN SOLO RADIO		40.50 120 45.00	0.00
60 (3)	0 A 22 MAYOR DE 22	120 120	CURVA DE UN SOLO RADIO		56.00 120 60.00	0.00

(1) - NO SE RECOMIENDAN RADIOS MENORES DE 22.50 m. PARA ANGULOS DE MENOS DE 67 gr. O MENORES DE 33 m. PARA ANGULOS DE 45 gr. PORQUE RESULTAN ARCOS DE CORTA LONGITUD.

(2) - LOS RADIOS DE 14 Y 15 m. SOLO SE ADMITEN PARA VELOCIDAD PRÁCTICAMENTE NULA SI SE PREVEN VEHICULOS ARTICULADOS; ESTA SOLUCION SOLAMENTE SE USARA EN CASOS CRITICOS.

(3) - PARA CUALQUIER RADIO ENTRE 60 Y 150 m SE UTILIZARAN CURVAS CONCEN TRICAS DE RADIO INTERIOR 4m. MAYOR QUE EL RADIO EXTERIOR, EMPLEANDO CURVAS DE TRANSICION.

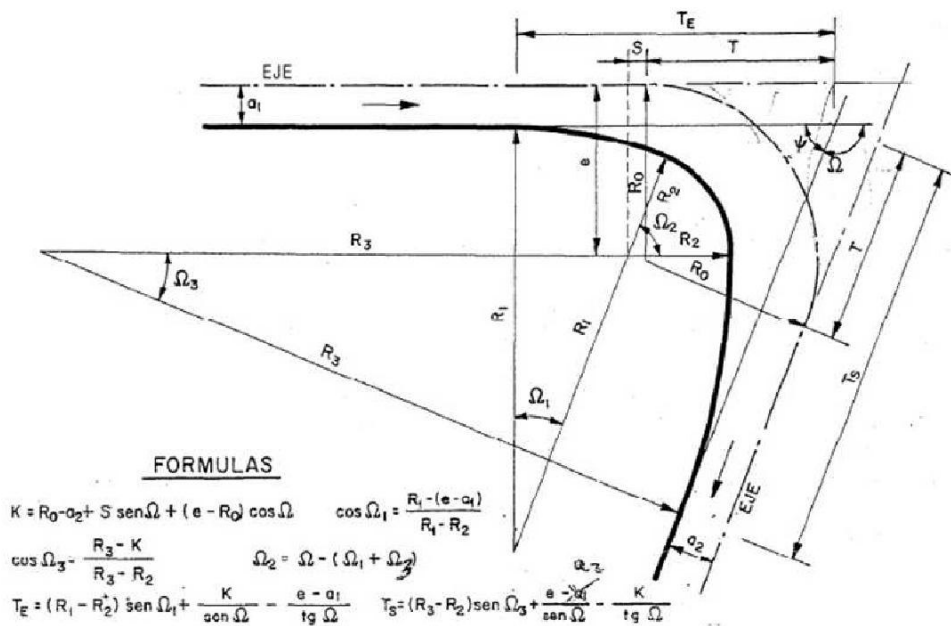


Figura 3

2.2.3 Relaciones entre la velocidad, radio y peralte

La velocidad específica, el radio, el peralte y el coeficiente de rozamiento transversal entre neumático y pavimento están relacionados entre sí por la fórmula siguiente:

$$V^2 = 127 R (p + f)$$

Velocidad específica de giro, V, km/h	25	30	35	40	45	50	55	60
Coef. Rozto. Trans, f	0,31	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17
Peralte mínimo adoptado, p	0,00	0,02	0,03	0,04	0,055	0,07	0,08	0,08
Total, p + f	0,31	0,30	0,28	0,27	0,265	0,26	0,26	0,25
Radio mínimo de cálculo, R, m	15,87	23,62	34,44	46,66	60,17	75,71	91,61	113,39
Radio mínimo adoptado, m	15	25	35	45	60	75	90	120

NOTA: Para velocidades específicas superiores a 60 km/h deben tomarse los mismos valores que para plena carretera.

Tabla 3

Las curvas en las intersecciones no están sujetas exactamente a los mismos principios que las que se encuentran en plena carretera. Se ha observado que la mayoría de los conductores circulan a mayor velocidad en una curva de una intersección que en otras de características análogas en carretera abierta; ello es debido a que el coeficiente de rozamiento transversal se eleva en la maniobra en intersecciones. Los valores de f que aparecen en la Tabla 3 se han deducido experimentalmente con numerosos estudios llevados a cabo sobre distintas intersecciones.

2.2.4. Radios mínimos en función de la velocidad específica de giro

Los trazados mínimos ya indicados anteriormente para intersecciones sin canalizar, están previstos para circulación a baja velocidad, hasta 15 Km/h. Pero frecuentemente, es interesante y factible proyectar trazados para el giro del vehículo a más altas velocidades, sobre todo en la mayoría de las intersecciones situadas en campo abierto. La elección de la velocidad específica de los ramales de giro depende en gran parte de la velocidad de los accesos de las carreteras que se cortan, del tipo de la intersección y de las intensidades de los movimientos de cruce y giro.

En cuanto a los peraltes a adoptar en los ramales de giro, es preciso tener en cuenta que muchas veces es necesario recurrir a valores muy pequeños, con objeto de conseguir un buen enlace de estos ramales con los accesos a la intersección, ya que el desarrollo del carril de giro es corto en bastantes casos. Por este motivo se adoptan los peraltes mínimos indicados en la Tabla 3.

De la relación $V^2 = 127 R (p + f)$ se obtienen los radios mínimos en relación con la velocidad específica de cada ramal de giro y el peralte mínimo adoptado; estos radios son aplicables en todos los casos, ya que si pueden conseguirse peraltes mayores, éstos permitirán a los conductores tomar la curva a mayor velocidad de la específica o con mas comodidad al disminuirse el coeficiente f .

Los radios indicados deben referirse con preferencia al borde interior del pavimento, mejor que a su eje; en todos los casos debe utilizarse el máximo peralte que permita el trazado general, llegando al menos a un 8% y mejor a un 10 %. En los ramales de giro con obligatoriedad de parada - señal de "STOP" - no es necesario disponer de tanto peralte.

3. SOLUCIONES TIPO

3.1 Tipo T; Empalme de una carretera secundaria con una principal.

La solución que se ha empleado muchas veces de disponer una sola isleta central triangular, es muy peligrosa, pues los choques se producen con ángulos de incidencia muy pequeños y, por otra parte, la disposición de la isleta central provoca indecisiones en muchos conductores que van a girar a la izquierda. La canalización más simple (Figura 4), que en general será suficiente, consiste en una isleta de separación de sentidos en el eje de la carretera secundaria, que además contribuye a que las trayectorias se corten en ángulos próximamente rectos. Facilita también el paso de peatones y mejora las condiciones de visibilidad.

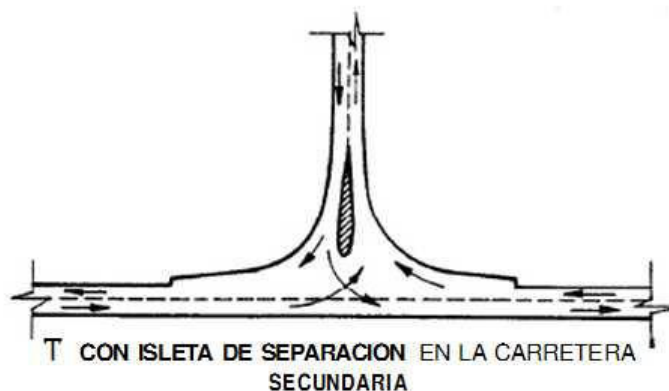


Figura 4

Si el tráfico que gira es importante, conviene además vías especiales para el giro a la derecha, separadas por isletas triangulares, cuyo lado debe ser como mínimo de cuatro metros, disponiendo una vía adicional en la carretera principal para el tráfico que gira a la izquierda (figura 5). Esta canalización puede aplicarse con IHP (intensidad horaria punta), del orden de 500 vehículos en la carretera principal.

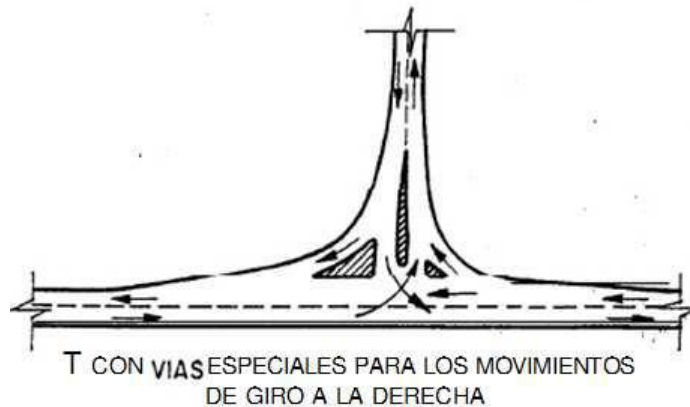


Figura 5

3.2 Tipo T; Empalme de dos carreteras de análoga importancia

Generalmente una solución adecuada es disponer isletas de separación del tráfico en los tres ramales, lográndose que las trayectorias se corten en ángulo recto, aunque tiene el inconveniente de concentrar en uno sólo los posibles puntos de conflicto. Cuando los volúmenes de tráfico son muy importantes, puede llegarse a soluciones mas complicadas como la figura 6 adecuada para el caso de que el tráfico en los tres ramales sea aproximadamente el que corresponde a la capacidad máxima en una carretera de dos vías de circulación y figura 7, que pueden aplicarse en los casos en que una de las carreteras es de 4 circulaciones con mediana. Para la figura 8 es preciso que la anchura de la mediana sea al menos de 12 metros.

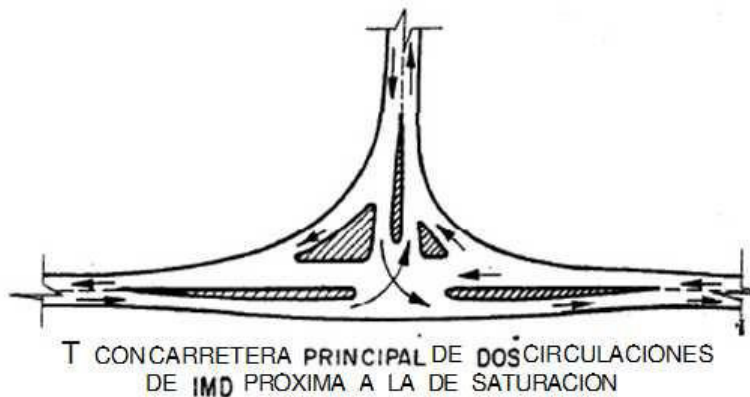
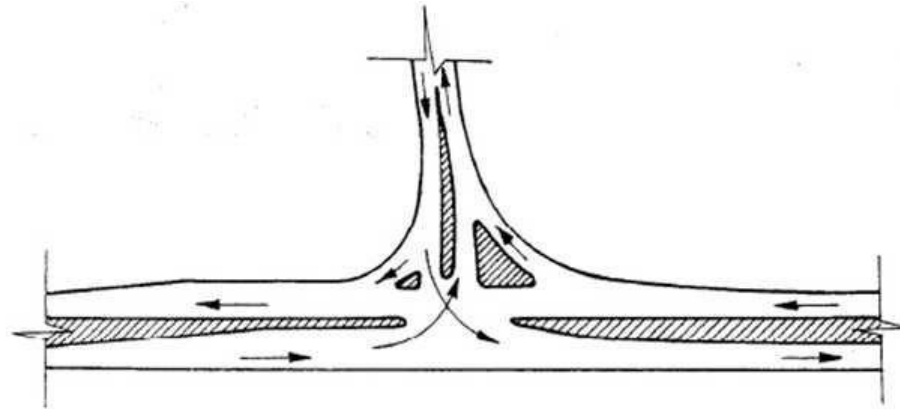
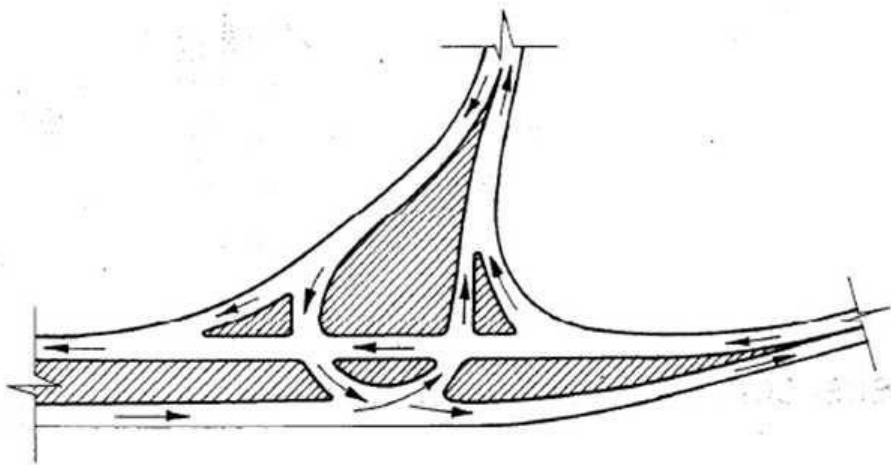


Figura 6



T CON UNA DE LAS CARRETERAS DE CUATRO CIRCULACIONES
CON MEDIANA

Figura 7



T CON UNA DE LAS CARRETERAS DE CUATRO CIRCULACIONES
CON MEDIANA DE ANCHURA SUPERIOR A 12m.

Figura 8

3.3 Tipo Y; Empalme de una carretera secundaria con una principal

En este tipo de intersecciones hay que cuidar especialmente el principio de “Perpendicularidad” de las trayectorias que se cortan.

Cuando la carretera principal está en curva, la alineación de la carretera secundaria nunca deberá quedar tangente a aquella, para evitar confusión.

Cuando la carretera principal sea recta, los casos las Figuras 9 y 10 muestran soluciones elementales, según la posición relativa de los ramales.

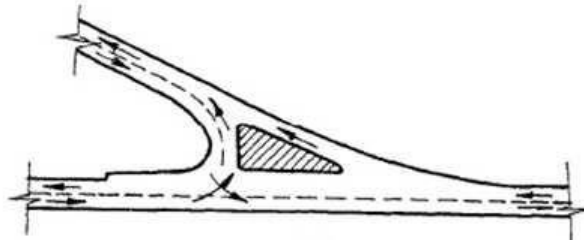


Figura 9

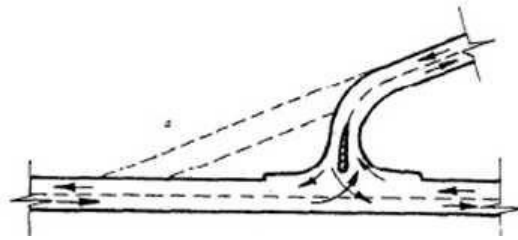


Figura 10

3.4 Tipo Y; Empalme de dos carreteras de análoga importancia

Las figuras 11 y 12, representan dos posibles soluciones, cuyos inconvenientes son la gran superficie que ocupan.

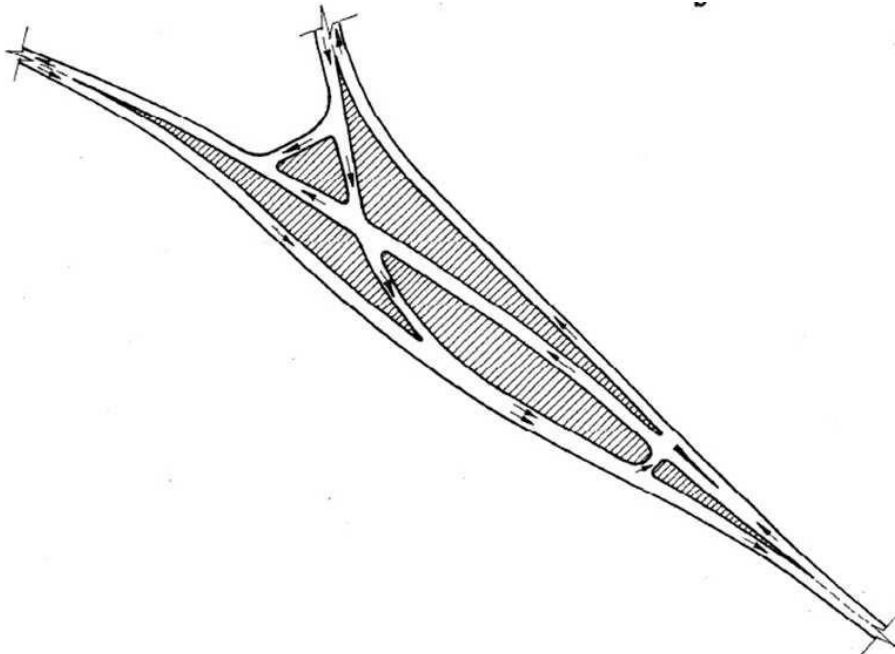


Figura 11

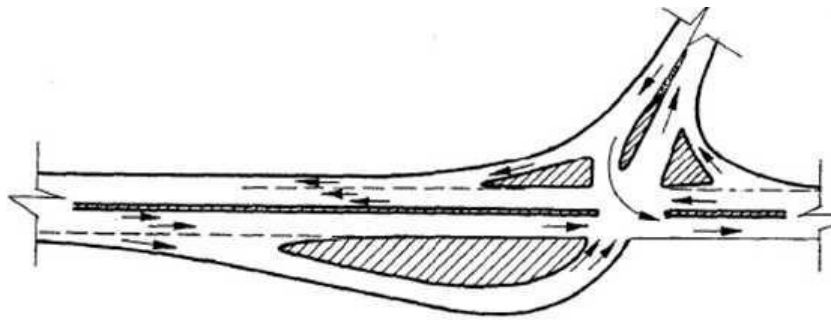


Figura 12

3.5 Tipo Cruz

Si el tráfico en la carretera secundaria es pequeño, basta una canalización simple, con dos isletas de separación de sentidos como se indica en la Figura 13. Si hay un tráfico apreciable entre ambas carreteras, puede convenir introducir vías de deceleración para los vehículos que giren a la izquierda desde la carretera principal, como se indica en la figura 14.

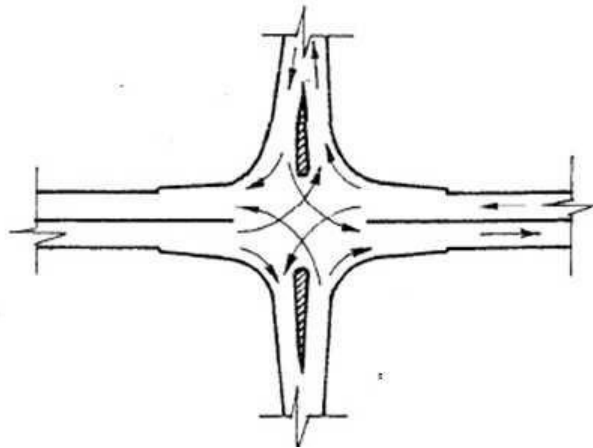


Figura 13

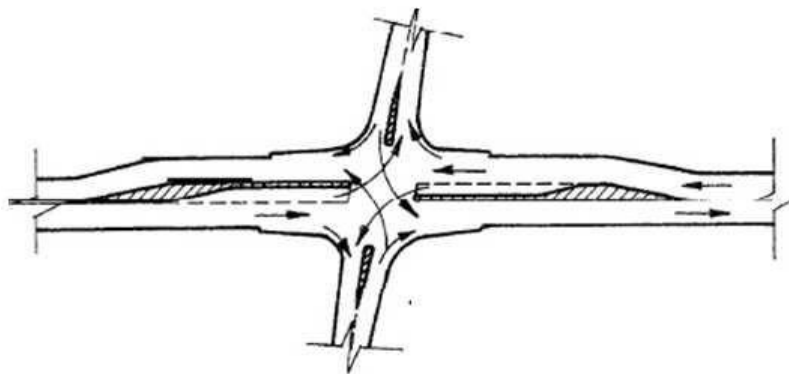


Figura 14

En la Figura 15 se indica una intersección que favorece el tráfico de paso de una carretera proporcionando a la vez un movimiento giratorio para el tráfico que cruza o gira a la izquierda. Los movimientos de giro a la izquierda desde la carretera principal, se producen por la derecha. Este tipo de intersección facilita el control por semáforos reduciendo el número de fases de tres a dos.

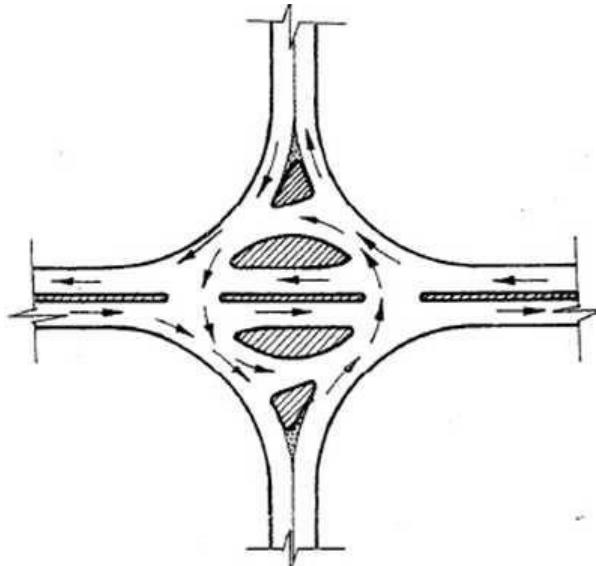


Figura 15

En la Figura 16 se presenta un caso en que se disponen vías separadas para los giros a la derecha, lo cual es conveniente sobre todo en zonas urbanas u cuando la IHP de estos movimientos es superior a 25 vehículos; estas vías aumentan la fluidez de la intersección, pero pueden complicar los pasos de peatones.

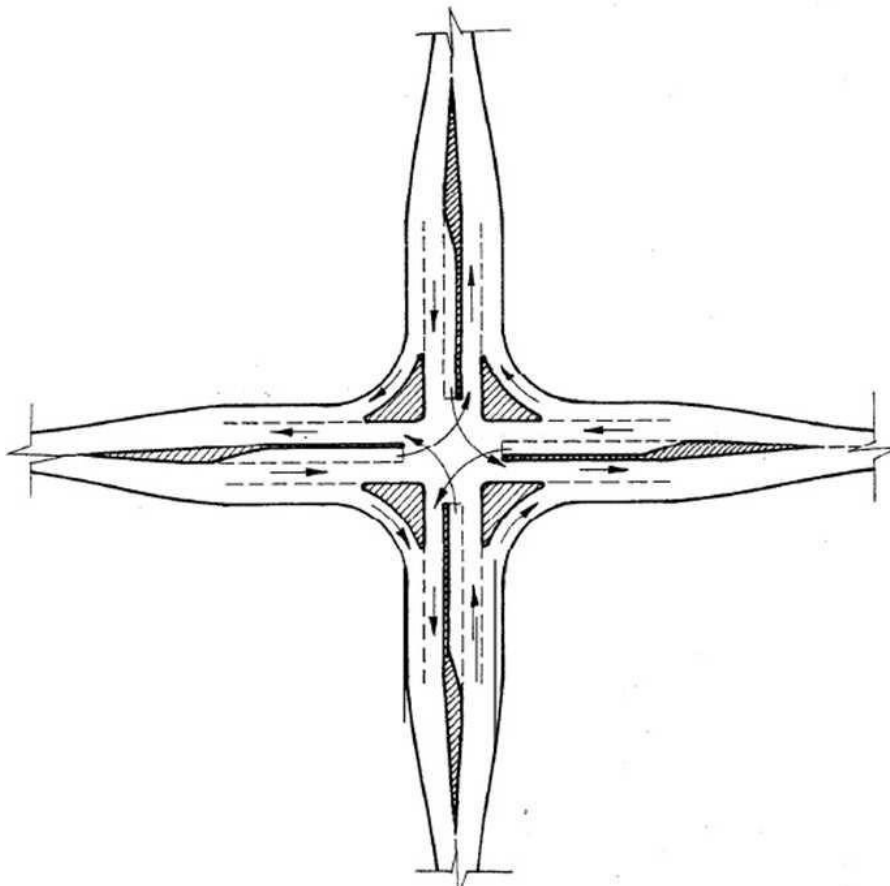


Figura 16

Cuando las carreteras que se cortan son de calzadas separadas con medianas de anchura superior a 12 m., se llega a soluciones del de la figura 17 con separación entre los puntos de conflicto y espacios para espera de vehículos. Este esquema aumenta la seguridad y capacidad de la intersección, pero deben dimensionarse de forma adecuada las zonas de espera de los giros a la izquierda, para evitar perturbaciones a los tráficos de paso.

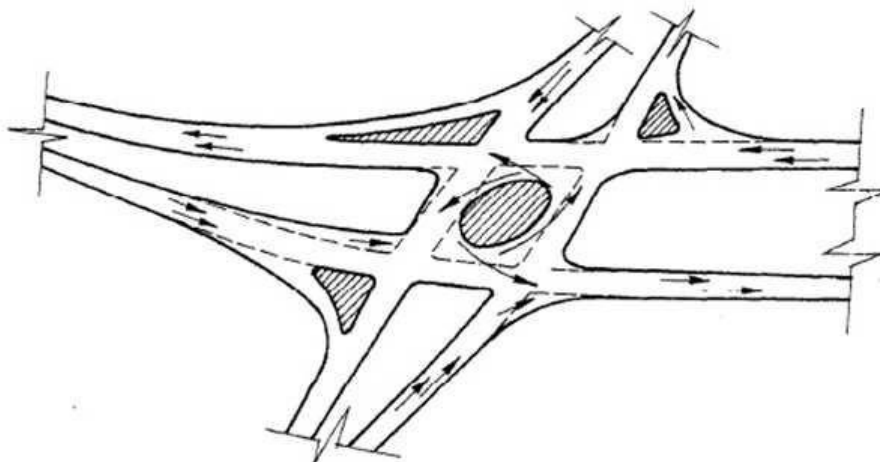


Figura 17

En la Figura 18 se indica una intersección con fuerte tráfico de paso en ambas carreteras y alto volumen de giros a la izquierda en un cuadrante. Los tres puntos de cruce deben tener una separación mínima de 100 m.

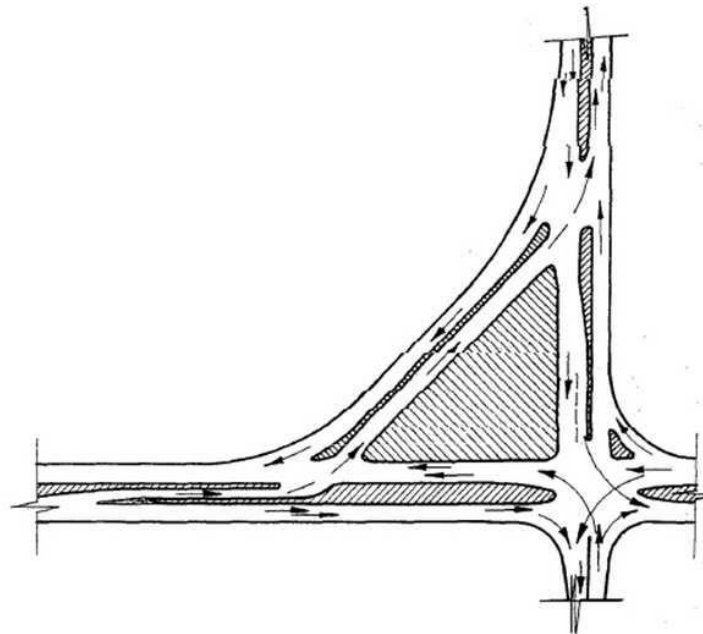


Figura 18

3.6 Tipo X

En el caso de una intersección en "X", siguiendo el principio de la perpendicularidad, es conveniente desviar la carretera de menor importancia para transformar la "X" en cruz o en dos "T". Pueden darse los casos A, B, C y D de la Figura 19. Las soluciones A y B dan buen resultado, la C no es recomendable, pues se introducen giros a la izquierda desde la carretera principal; la D es mejor solución, pues el giro a la izquierda se produce desde la carretera secundaria y, por tanto, con facilidad de esperar sin entorpecer el tráfico principal.

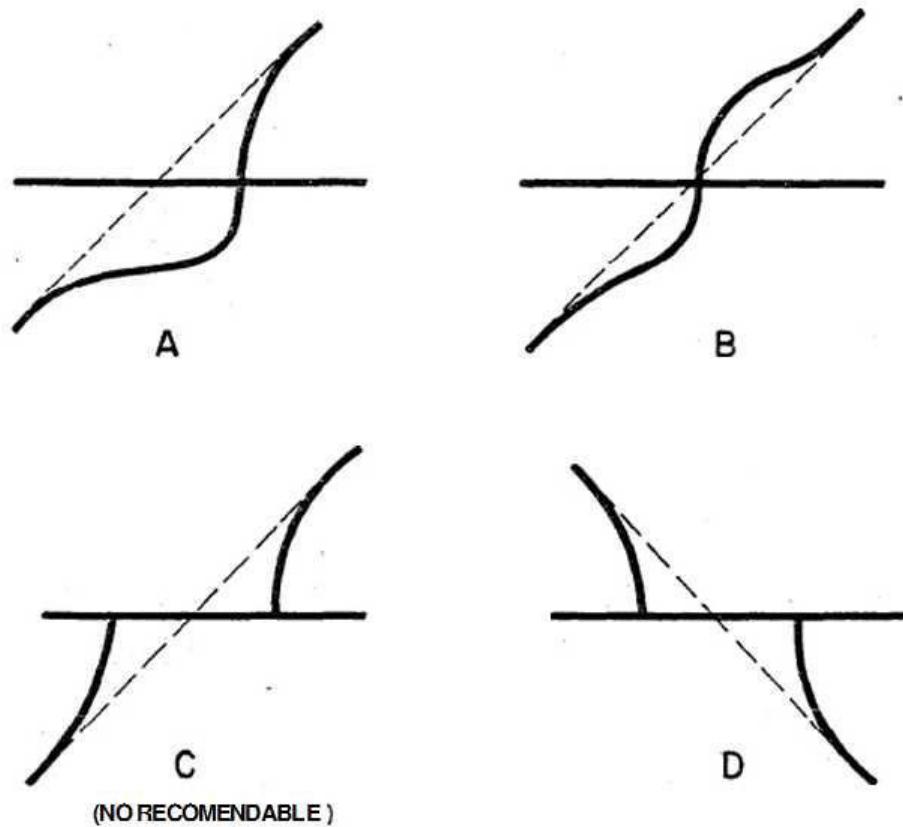


Figura 19

3.7 Intersección "estrella".

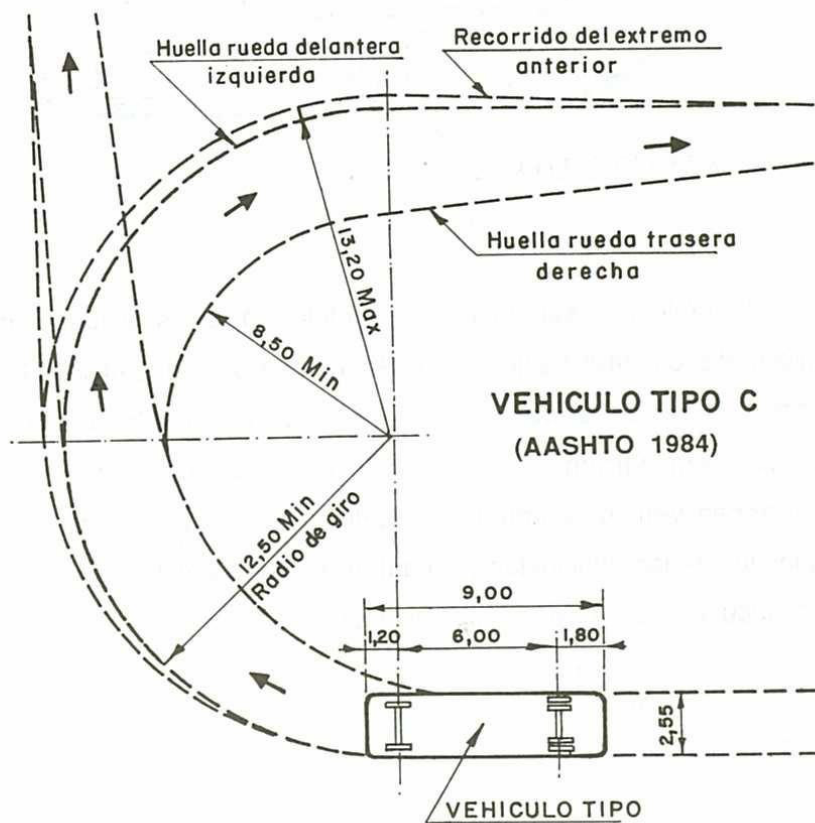
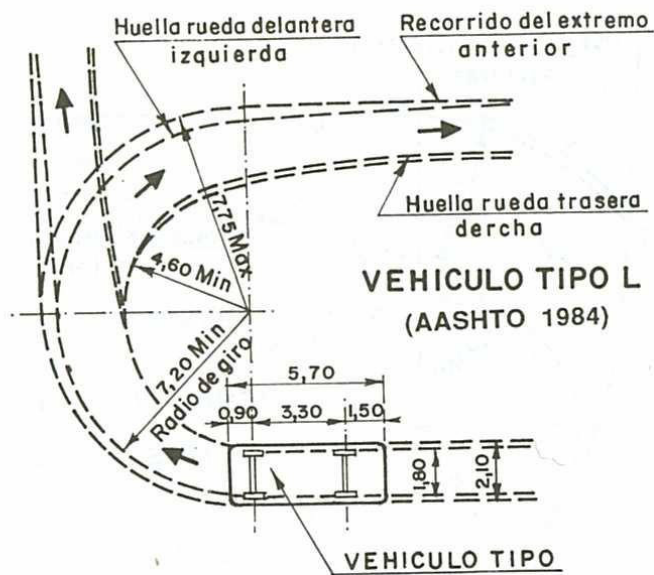
Siempre que sea posible, estas intersecciones se convertirán en otras de cuatro o menos ramales, empalmando algunos fuera de la intersección, introduciendo sentidos únicos, etc.

Si existiese espacio muy amplio y el tráfico fuera poco intenso, puede aceptarse una solución de intersección giratoria.

3.8 Elección del tipo de vehículo

En el trazado de carreteras se emplean unos vehículos tipo que representan a los existentes, de forma que sus dimensiones y radios de giro sólo son superados por un escaso porcentaje de vehículos

LOS VEHICULOS



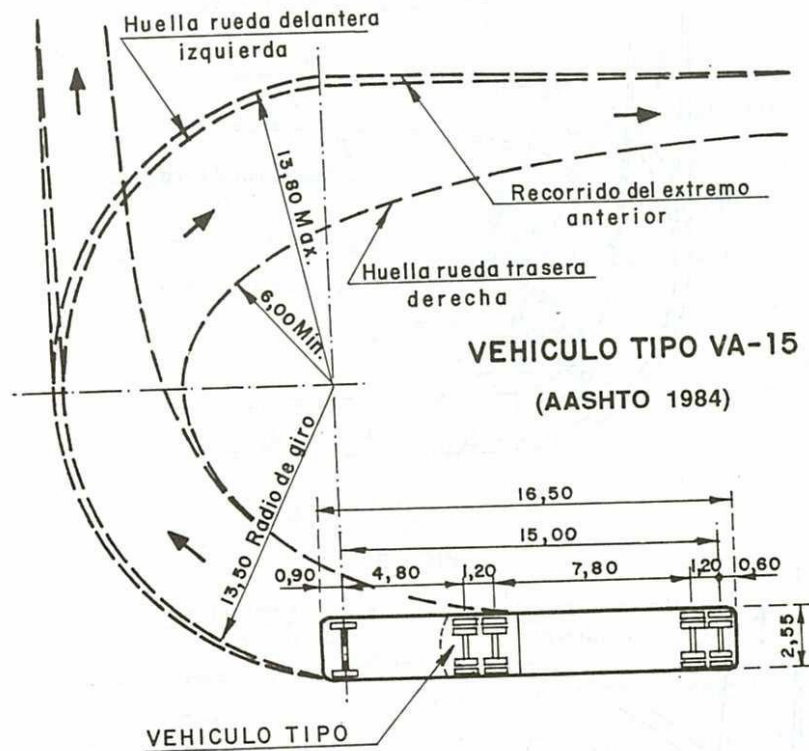


Figura 20

Para el estudio de intersecciones son muy utilizados los 4 vehículos tipo seleccionados en Estados Unidos por la American Association of State Highway Officials, que en orden de tamaños crecientes son un coche, un camión rígido y dos camiones articulados. Para definir el trazado de los elementos de la intersección se elige uno de estos vehículos, de forma que al permitir su maniobra, se asegura también la circulación de los menores que él. El vehículo tipo elegido debe representar a los mayores vehículos que puedan presentarse en la intersección, con la excepción de un pequeño porcentaje.

El coche tipo sólo puede ser vehículo representativo en intersecciones urbanas con limitaciones de espacio, en las que no circulan autobuses, y donde los vehículos de transporte de mercancías son furgonetas o camionetas de tamaño parecido al del coche. Rara vez puede aplicarse en carreteras.

El camión tipo es muy adecuado en la mayoría de las intersecciones de carreteras, y en intersecciones urbanas frecuentadas por autobuses y camiones.

En algunas intersecciones, el número de grandes vehículos de transporte puede hacer necesario utilizar un camión articulado tipo. Dadas las

características de estos camiones en España, debe emplearse el mayor de los semirremolques propuestos por la AASHO.

4.- MORFOLOGÍA DE INTERSECCIONES. GENERALIDADES.-

La red viaria española tiene por objeto facilitar la accesibilidad de los usuarios a la práctica totalidad del territorio, para lo que se ha construido una retícula de vías que llegan a cortarse en unos puntos singulares que denominaremos nudos.

Se dice que existe un nudo en aquellas áreas en las que dos o más vías se cortan; en este punto el usuario de la vía puede cambiar la dirección de su itinerario, lo que dota a la red viaria de una enorme versatilidad para acceder a todos sus puntos.

Estos nudos o áreas de conflicto pueden resolverse al mismo nivel, dando lugar a una intersección, o a distinto nivel, es decir, a dos alturas distintas, dando lugar a un enlace. En el primer caso la solución sería bidimensional –en el mismo plano- y en el segundo, tridimensional –en el espacio.

La selección entre intersección y enlace, se estará a lo establecido establecido en la Orden FOM/273/2016, de 19 de febrero, por la que se aprueba la Norma 3.1IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras, por la que se regulan los accesos a las carreteras del Estado, las vías de servicio y la construcción de instalaciones de servicios; en cualquier caso, se garantizará la existencia, para todas las calzadas y ramales, de la visibilidad requerida en cada caso.

La morfología de la intersección queda determinada por los siguientes aspectos:

- Intensidades de circulación de cada uno de los movimientos.

- Velocidades de circulación que se pretende alcanzar para cada uno de estos movimientos.
- Número de tramos que confluyen en esta intersección, su ángulo de incidencia y la importancia relativa de los flujos circulatorios que confluyen en cada tramo.
- Necesidad de reducción del número de puntos de conflicto.
- La ordenación de la circulación en los puntos de ruce: prioridad fija de paso, semáforo o glorieta.
- La solución que se da a los giros a la izquierda, ya que esto determina la morfología de manera importante.
- Importancia relativa de los tráfico de paso y de giro, y necesidad de separación de los movimientos cuando el tráfico supere los 25 vehículos a la hora.
- El aspecto general del nudo, evitando que en la perspectiva vista por los conductores aparezcan defectos, tales como inversiones de curvatura y puntos angulosos, que pueden dar lugar a confusión.
- Obtención de la mayor perpendicularidad posible de las trayectorias que se cortan, y paralelismo de las trayectorias convergentes o divergentes, que puede implicar la necesidad de construcción de vías de aceleración o deceleración para tráfico importantes.

Ante problemas similares en las intersecciones, las soluciones son similares, lo que da lugar a unas soluciones tipificadas.

Cuando un vehículo llega a una intersección, y salvo que sea físicamente imposible, o esté prohibido por la regulación establecida, puede seguir tres trayectorias distintas: un movimiento de paso con un recorrido aproximadamente recto que cruza con otras vías; un giro a la derecha, y un giro a la izquierda.

4.1 Movimientos de paso. Giros a la derecha e izquierda.-

Para realizar los movimientos de paso se ha de conseguir que la calzada de la vía que pasa lo haga sin obstáculos a través de la otra vía, con anchura suficiente para realizar este movimiento con seguridad y con el nivel de servicio deseado, considerando los flujos de tráfico que acceden a la intersección, y la ordenación en la misma.

Es necesario que el conductor perciba claramente la continuidad del itinerario de paso en la intersección. Por este motivo, en las vías prioritarias que acceden a la intersección se deben mantener y mejorar sus características, para mantener el nivel de servicio, que se ve afectado por la existencia de otros accesos. Asimismo, debe procurarse la mayor visibilidad posible en la zona, para que los usuarios puedan

identificar sin dificultad las maniobras posibles a realizar en esta intersección, por lo que se evitarán las alineaciones curvas y los acuerdos verticales que puedan dar lugar a áreas de la intersección que queden ocultas a la visión del conductor -este fenómeno se denomina “pérdida de trazado”-.

Para realizar un giro a la derecha, el vehículo abandona la trayectoria que realizaba y se incorpora a la que se encuentra a su derecha; por tanto, aparece en primer lugar un punto de divergencia, y al incorporarse aparece un punto de convergencia. El giro a la derecha se puede resolver mediante un ramal directo, en el que la convergencia y la divergencia se producen por la derecha, y el vehículo al describirlo no cruza a ninguna trayectoria de paso.

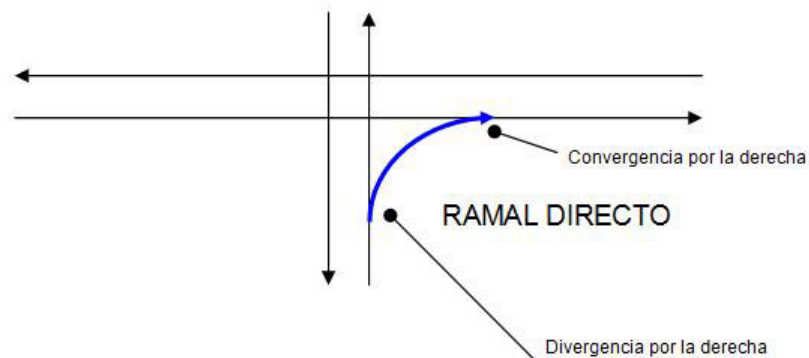


Figura nº 21

Para solucionar el giro a la derecha, también se puede utilizar un ramal semidirecto, con forma de curva en S, que divergen por el lado derecho y convergen por el izquierdo o viceversa, cruzando una de las trayectorias de paso. Este tipo de ramal no suele utilizarse en intersecciones, siendo más recomendable en enlaces.

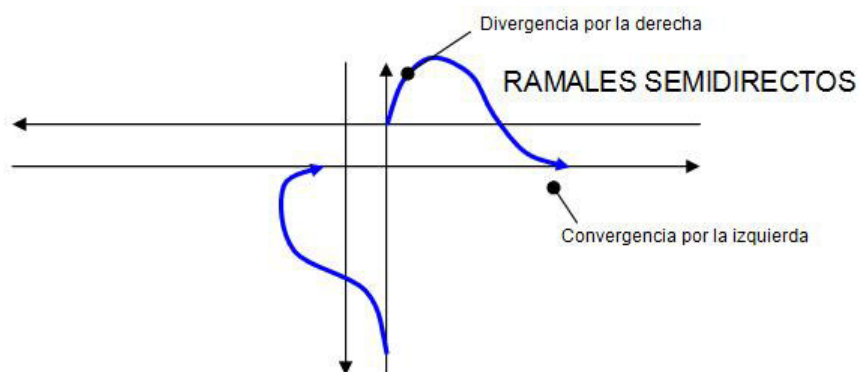


Figura nº 22

Cuando los giros se realizan a velocidad de maniobra, el ramal directo no se segrega del punto de cruce de las vías de paso. Si se pretende que el giro se pueda realizar a mayor velocidad, o si la intensidad de vehículos que giran alcanza una IMD de unos 200 vehículos, el ramal deberá segregarse, o, al menos, dotar la intersección de isletas de encauzamiento, para facilitar la maniobra.

Para realizar un giro a la izquierda los vehículos abandonan una corriente de tráfico –divergencia- para incorporarse a la corriente de vehículos que se encuentra

a su izquierda –convergencia-, pero, a diferencia de los giros a la derecha, el cruce con otras corrientes de tráfico hace que la forma de resolverlo caracterice a la intersección. La solución de carril de espera en mediana para realizar el giro a la izquierda a nivel resulta adecuada cuando se producen las siguientes circunstancias:

- La intensidad horaria máxima de giro a la izquierda resulta del orden de 60 vehículos.
- La suma de la intensidad horaria máxima de giro a la izquierda y la intensidad horaria máxima del tráfico que corta resulta del orden de 500 vehículos.

Si las intensidades son superiores a las indicadas anteriormente, el giro a la izquierda no podrá resolverse sin una regulación específica, debiendo instalarse semáforos, construir una glorieta o resolverlo a distinto nivel mediante un enlace.

4.2 Isletas

Se trata de áreas destinadas a no ser ocupadas por los vehículos cuando circulan para separar y encauzar adecuadamente el tráfico. Pueden delimitarse mediante bordillos montables o con marcas horizontales en la calzada. Cuando la IMD de la carretera de menor intensidad de las que acceden a la intersección sea superior a 300, la intersección estará canalizada.

Según las características, las isletas pueden agruparse en:

Isletas divisorias.- Son las que dividen flujos circulatorios de sentido contrario en carriles aproximadamente paralelos y en vías sin mediana. Se trata, al fin y al cabo, de introducir una mediana en el área de la intersección, que divide los movimientos, y al tiempo, puede servir como elemento indicador de la existencia de una intersección para el conductor. Para construirlas es necesario ampliar la anchura de la plataforma, realizando una transición muy suave, que no introduzca elementos confusos para el conductor. En el caso de que el giro a la izquierda se realice desde un carril de espera en la mediana creada por estas isletas, su anchura debe ser tal que permita alojar el carril de espera –de 3 a 3,5 m-, más los bordillos que la delimitan y los resguardos que se dejan asociados a ellas.

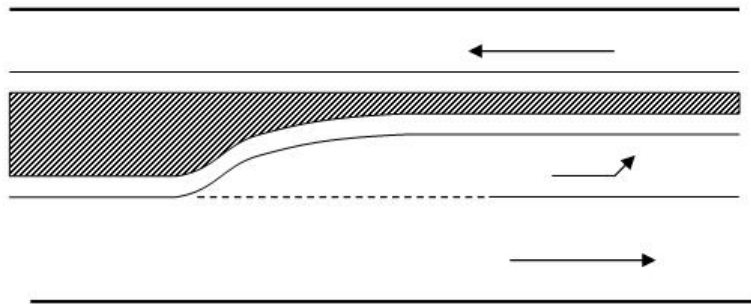


Figura nº 23



Figura nº 23. A-494, acceso a A-5026. Provincia de Huelva.

Otro tipo de isleta divisoria son las denominadas “lágrima”, que se sitúan en las vías secundarias para facilitar el giro a la izquierda desde la vía principal.

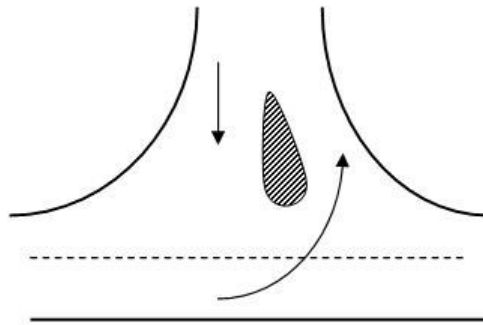


Figura nº 24



Figura nº 24. Acceso a zona residencial en la A-477. Provincia de Sevilla.

Isletas de encauzamiento.- Se utilizan para facilitar los giros, generalmente a la derecha, indicando al conductor la trayectoria a seguir. Asimismo, se utilizan para evitar que aparezca ante el conductor una gran área pavimentada, en la que pueda sentirse desorientado. Los lados de esta isleta deben ser aproximadamente paralelos a las trayectorias de los vehículos. No debe colocarse un número excesivo de ellas, y deben ser perfectamente visibles, para no constituir una sorpresa para el conductor.

4.3 Tratamiento de la mediana

Si existe una mediana en la vía los movimientos de giro a la izquierda se facilitan de manera importante. Se practican aberturas en la mediana para alojar los movimientos de giro cuyos extremos deben rematarse de manera que se adapten a la trayectoria que han de seguir los vehículos.

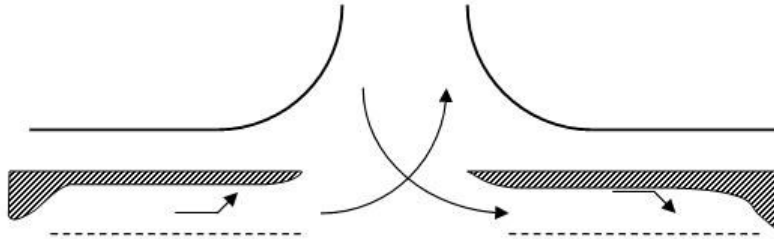


Figura nº 25

Con medianas amplias, el remate de sus extremos tendrá forma ojival. Cuando la mediana tiene una anchura inferior a los 3 metros el remate podrá ser circular.



Figura nº 25. Acceso a fábrica en la A-8059. Provincia de Sevilla.

4.4 Semáforos

Un semáforo asigna de forma alternativa la prioridad de paso a cada movimiento o grupo de movimientos que confluyen en la intersección. La disposición en planta de las intersecciones semaforizadas puede variar respecto a las intersecciones no semaforizadas, ya que, las intersecciones semaforizadas resultan menos exigentes en cuanto a la perpendicularidad de las trayectorias que se cruzan, ya que admiten ángulos de cruce mucho menores. Sin embargo, en las intersecciones semaforizadas la necesidad de espacio para almacenamiento de vehículos resulta crítica. Los semáforos reducen la s posibilidades de choque en ángulo recto, que suele ser el más peligroso, pero incrementa, considerablemente, la posibilidad de accidente por alcance.

Los aspectos a tener en cuenta para su instalación en una intersección dependen del número de vehículos que acceden por cada uno de los accesos, el tránsito de peatones, el tráfico de otro tipo de usuarios –ciclistas, etc-, número y tipología de accidentes, casos excepcionales, etc.

5.- EMPLAZAMIENTO DE LA INTERSECCIÓN.-

5.1.- Información necesaria.-

Para decidir el emplazamiento de una intersección es necesario recopilar información topográfica de precisión, ya que la morfología del terreno tiene una importancia decisiva en la visibilidad desde los distintos accesos.

Asimismo, se debe obtener información sobre las edificaciones, plantaciones, instalaciones, servicios, etc., y el uso del suelo predominante en la zona de la intersección, tanto en la actualidad como las previsiones de evolución en el futuro del uso del suelo y las instalaciones y edificaciones adecuadas.

Aparte de esta información específica para la construcción de la intersección, es necesario recopilar la misma información que se necesita para la construcción de cualquier otro elemento de la vía: características geotécnicas, costes, técnicas de construcción, posibilidades de mantenimiento, etc.

5.2.- Emplazamiento en planta.-

La intersección deberá situarse de manera que se obtenga una visibilidad de cruce suficiente para realizar todos los movimientos permitidos en los accesos a la misma.

Se recomienda que las alineaciones de los tramos sean rectas, y que, de resultar inevitable la configuración de un nudo en curva, el radio de la curva no sea inferior a 300 m.

Si una carretera secundaria, después de una alineación recta muy larga, cortara a otra principal y la ordenación del cruce pudiera implicar la detención de los vehículos que por la secundaria transitaran, se recomienda introducir una curva o serie de curvas de radios decrecientes antes de la intersección, para advertir a los conductores de la proximidad de ésta, con el objeto de que la velocidad de aproximación disminuya, y la atención del conductor se concentre en este nuevo elemento.

5.3.- Alzado.-

Se recomienda situar los nudos en tramos de rasante uniforme o en acuerdos cóncavos, y evitar los convexos, en especial, en las divergencias. En trayectorias prioritarias, la inclinación de la rasante deberá ser lo más reducida posible, fundamentalmente, donde haya carriles de espera, y en todo caso, no superior al 3%. En trayectorias no prioritarias que crucen a otra principal:

- La rasante deberá estar en rampa -del 0,5 al 2%- h asta una distancia mínima de 25 m del borde de la calzada.
- Si la rasante bajara rápidamente al alejarse del cruce y la intensidad de la circulación fuera baja, se podrá reducir la distancia anterior hasta un mínimo de 5 m.
- El parámetro de los acuerdos verticales no podrá ser inferior a 400 m.

5.4.- Sección transversal.-

Se ajustarán las secciones transversales en las zonas de cruce de trayectorias, manteniendo la continuidad de una de ellas –principal- o modificando ambas; en ningún caso podrá haber quiebros superiores al 4%. Se tendrá en cuenta el drenaje superficial de dichas zonas para evitar acumulación de agua sobre la calzada.

5.5.- Distancia entre intersecciones.-

Según se establece en la Instrucción 3.1-I.C. de Trazado, la distancia entre una intersección y otra intersección, ramal de enlace, vía de servicio o vía colectora-distribuidora, cumplirá, salvo expresa justificación en contra, las condiciones exigidas para las distancias de seguridad entre accesos de vías de servicio, que se recogen a continuación:

Tipo de carretera	C-100 y C-80 IMD \geq 5.000	C-100 y C-80 IMD $<$ 5.000	C-60 y C-40
Distancia (m.)	\geq 1.200	\geq 500	\geq 250

Figura nº 26

Es decir, para carreteras con velocidad de proyecto de 100 Km/h o de 80 Km/h, en las que la intensidad media diaria sea superior a 5.000 vehículos se deberá separar dos intersecciones contiguas, al menos, 1.200 m. En estas mismas carreteras, cuando la intensidad media diaria es inferior a 5.000 vehículos, la distancia entre intersecciones deberá ser superior a 500 m. Cuando la velocidad de proyecto de la vía es de 60 ó 40 Km/h, la distancia mínima entre intersecciones, para cualquier intensidad de tráfico, se reduce a 250 m.

Con estas distancias mínimas se trata de evitar tramos de trenzado acusados en la vía principal, entre los vehículos que se incorporan en la primera intersección y los que divergen en la segunda intersección.

6.- INTERSECCIONES DE TRES RAMALES.-

Se trata del caso más sencillo de intersección, cuando en un punto confluyen tres ramales. En esta intersección se pueden realizar los siguientes movimientos:

- Dos movimientos de paso, correspondientes a la vía principal, cuya continuidad se mantiene.
- Dos giros a la derecha.
- Dos giros a la izquierda.

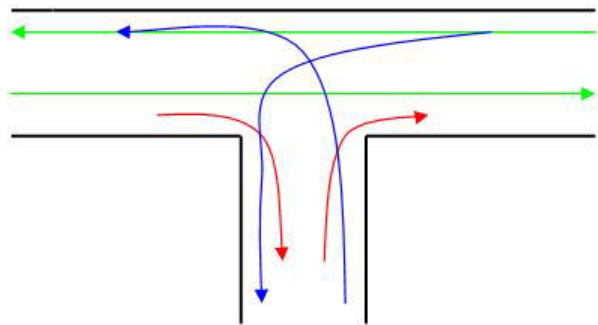


Figura nº 27

La morfología de la intersección debe ser tal que los movimientos de paso que correspondan al tráfico principal se realicen con la mayor continuidad y facilidad posibles. Esta premisa implica la necesidad de adaptar la disposición de los tramos a la importancia relativa de los tráficos, y a la obtención de unos ángulos de incidencia adecuados: en el primer caso de las figuras adjuntas, el tráfico de paso desde el punto 1 al 2 es mucho mayor que el tráfico que gira desde el punto 1 al 3, ó desde el punto 2 al 3, por lo que la morfología de la intersección más adecuada será la que presente un ángulo de incidencia prácticamente perpendicular. En el segundo caso, la circulación que realiza el movimiento desde el punto 1 al 3 y viceversa es mucho más importante que la del resto de movimientos de esta intersección, por lo que la morfología de la misma debe adaptarse a esta circunstancia facilitando el paso en la dirección 1 a 3, en los dos sentidos.

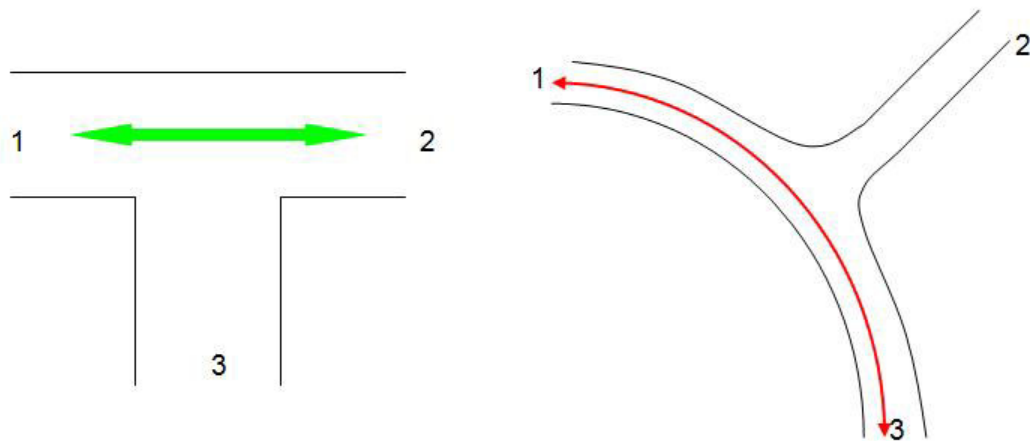


Figura nº 28

Los giros a la derecha se suelen resolver mediante ramales directos, en los que se ejecutarán carriles de aceleración o deceleración, uno o más carriles, isletas canalizadoras, etc., según las características del tráfico y la velocidad a la que se pretende se pueda realizar este giro.

La forma de solucionar los giros a izquierda caracteriza la intersección. A continuación se desarrollan las soluciones tipificadas para las intersecciones de tres tramos.

6.1.- Intersecciones en T.-

En general, y por motivos de visibilidad en la intersección, el ángulo de incidencia de la vía secundaria y principal varía entre 75° y 105° , aunque la disposición perpendicular -90° es la predominante. Todos los cruces se realizan a nivel, y la regulación de paso se suele realizar por prioridad fija –ceda el paso, stop, etc- o prioridad alternativa –semáforos.

El caso más sencillo es el de la “Intersección en T sin canalizar”, en la que los giros a la izquierda se realizan de forma directa. Esta configuración sólo podrá adoptarse cuando las demandas de paso para girar a la izquierda, tanto en la vía secundaria como en la vía principal, sean muy bajas, ya que, el usuario que va por la vía principal y pretende girar a la izquierda para incorporarse a la vía secundaria, tendrá que esperar a que se produzca un hueco en la corriente principal, para cruzarla e incorporarse a la vía menor. En este caso, se pavimenta toda la superficie de la intersección

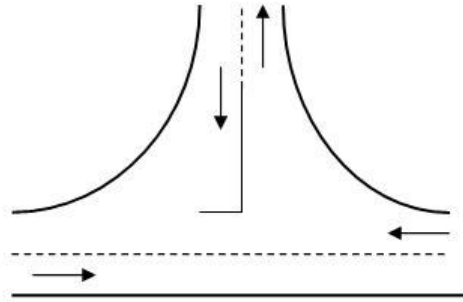


Figura n° 29

Para facilitar los giros a la izquierda se suele ubicar una isleta divisoria en forma de lágrima en la vía secundaria.

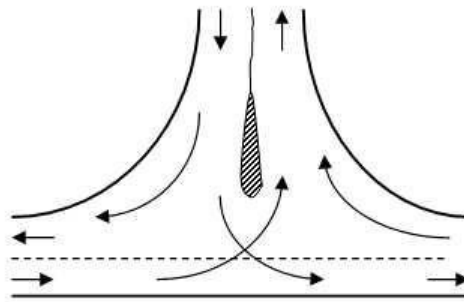


Figura n° 30

En el caso de que la intensidad de vehículos que realizan el giro a la izquierda desde la vía principal sea muy elevada, los vehículos que pretenden realizar esta maniobra se acumularían en la vía principal, interfiriendo con el tráfico de paso en ésta, por lo que se pueden adoptar las siguientes configuraciones:

- I.- Resolver el giro a la izquierda mediante un ramal semidirecto o cayado, en el que los vehículos pueden esperar la aparición de un hueco en la vía principal para incorporarse a la secundaria. El vehículo que realiza el giro interfiere con las dos corrientes de paso de la vía principal.

Esta solución no resulta eficaz si la intensidad de tráfico es muy elevada, ya que resultaría complicada la coincidencia de huecos en las dos corrientes. Para soslayar este inconveniente se puede instalar un semáforo, que alternaría la prioridad de paso, aunque esta solución es recomendable para zonas urbanas.

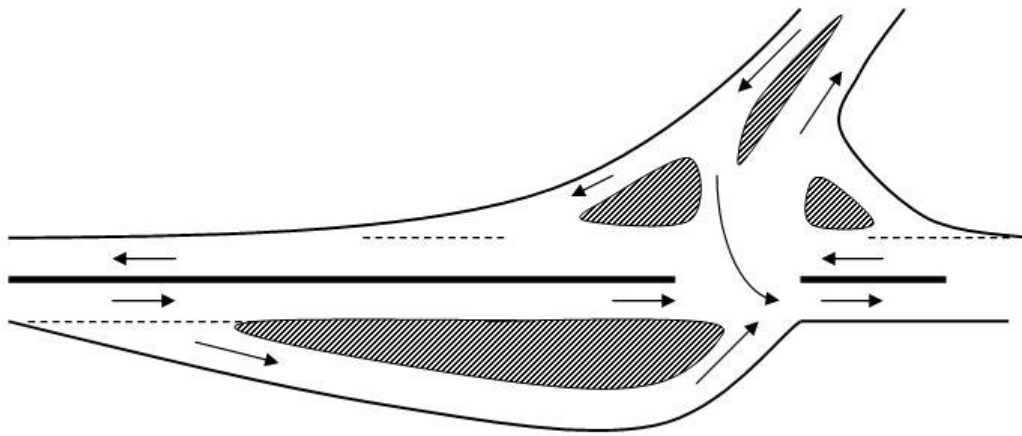


Figura nº 31



Figura nº 31. Intersección de A-436 con SE-6100. Provincia de Sevilla.

II.- Habilitar un carril de espera en la vía principal junto a la mediana, al que se accedería desde la izquierda en el sentido de la marcha, de manera que se acumulan en él los vehículos, y no se interfiere con la circulación de paso de la vía principal. En el caso de que la vía principal no posea mediana, se puede disponer una en el área de la intersección, para la acumulación de vehículos. Resulta aconsejable, la instalación de un carril de deceleración, para eliminar cualquier interacción con el flujo de paso. Con esta configuración, el giro hacia la izquierda se realiza cortando una sola de las corrientes del tráfico principal.

Aprovechando la existencia de mediana se puede dotar al giro a la izquierda desde la vía secundaria de un carril de espera, o incluso, de un carril de aceleración, con entrada por la izquierda.

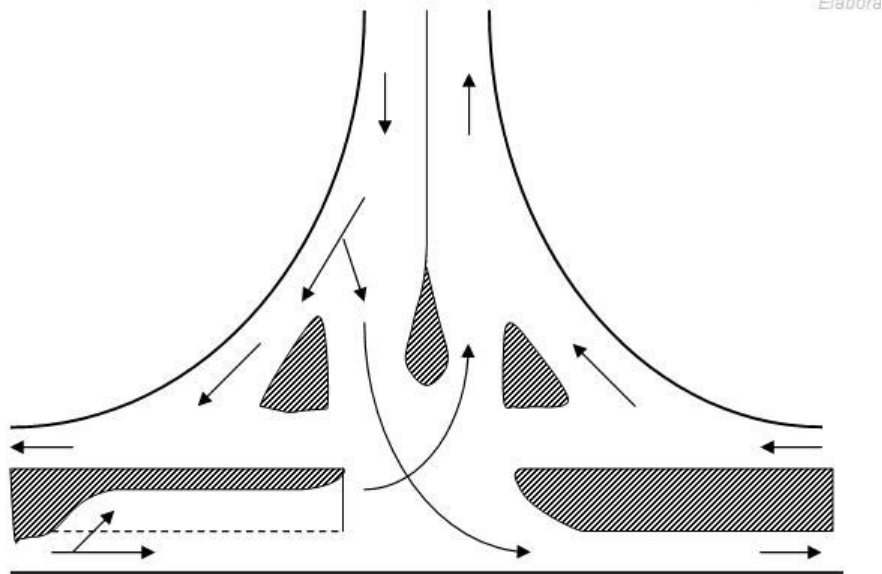


Figura nº 32

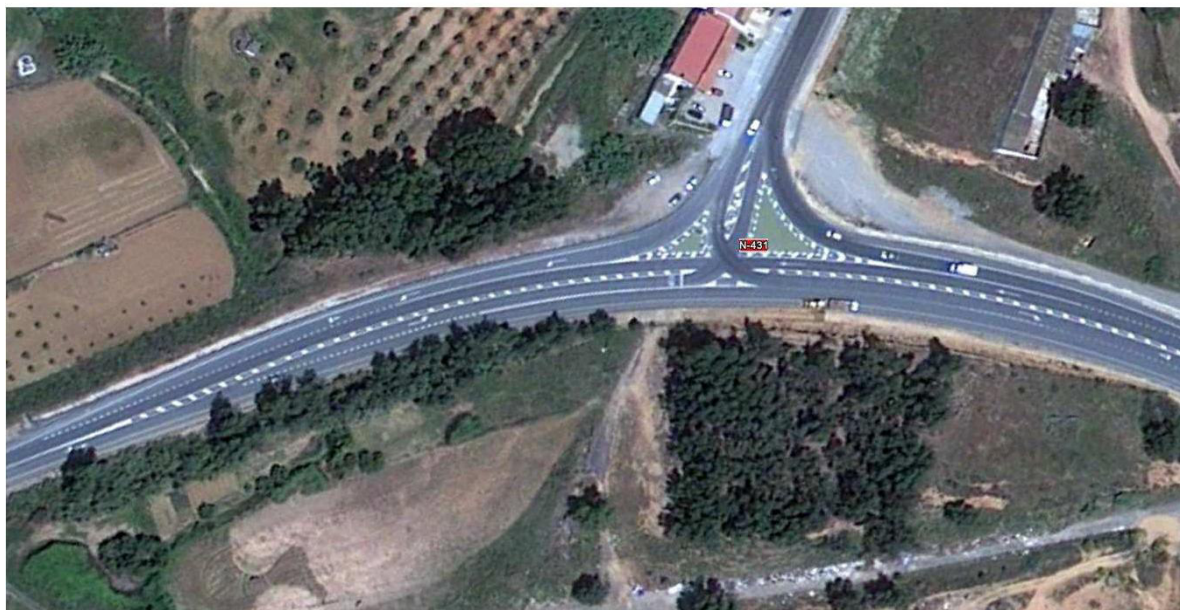


Figura nº 32. Intersección de N-435 con A-495. Provincia de Huelva.

Considerando las intensidades en cada uno de los accesos de la intersección, a continuación se recogen las recomendaciones sobre la morfología de la intersección que la resuelve:

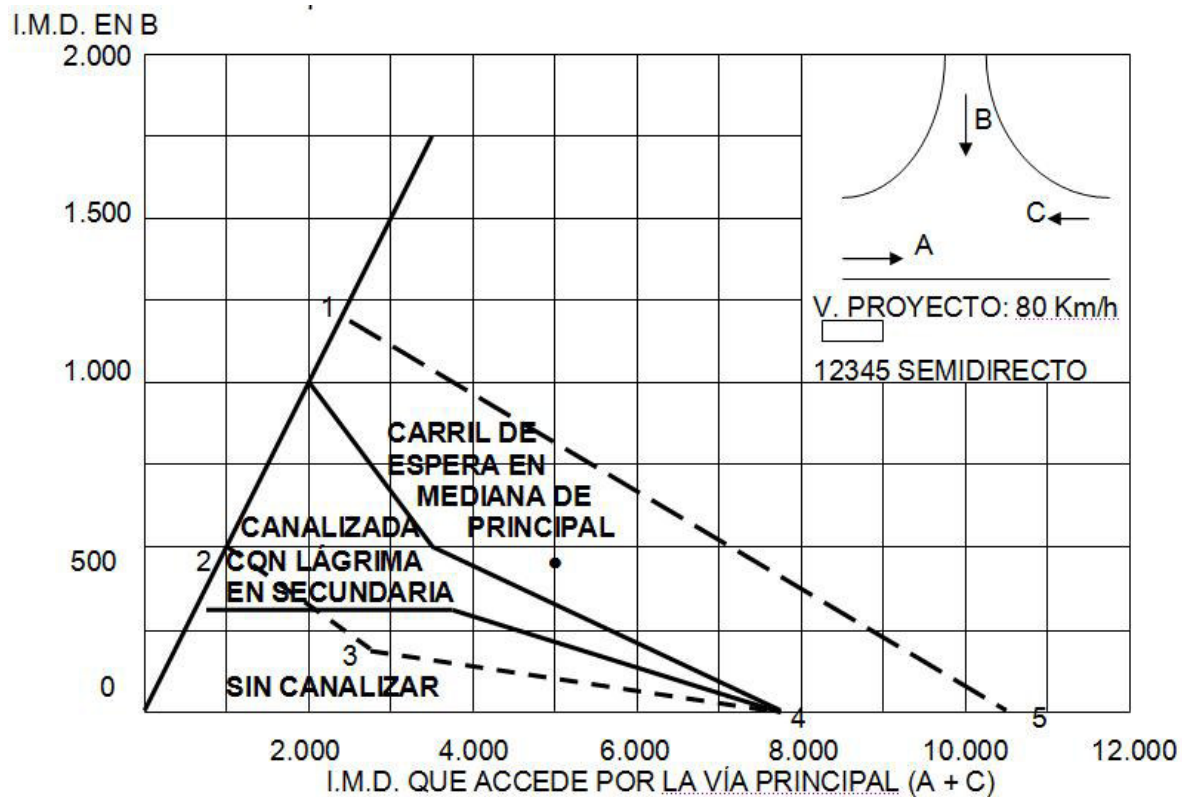


Figura nº 33

Supongamos que se ha de diseñar una intersección a la que acceden tres ramales, dos correspondientes a la vía principal, y el último correspondiente a la secundaria. Se conoce la Intensidad Media Diaria en cada uno de estos ramales, que alcanza los 2.500 vehículos en el acceso A, 500 vehículos en el acceso B y 2.500 vehículos de intensidad media diaria en el acceso C. Si se consultan estos datos en el gráfico anterior el punto que resulta indica que la solución más adecuada para esta intersección será la de instalar un carril de espera en la mediana de la vía principal, debido a la elevada intensidad media diaria en los accesos de la vía principal. Al encontrarse este punto dentro del polígono delimitado por los puntos 1-2-3-4 y 5, el giro a la izquierda desde la vía principal a la secundaria podría resolverse mediante un ramal semidirecto o cayado.

6.2.- Intersecciones en Y.-

Generalmente, una intersección con esta morfología corresponde a la bifurcación de una carretera convencional de calzada única. La principal dificultad estriba en los giros a la izquierda, en especial el que corresponde al menor ángulo de giro.

En estos casos, es deseable realizar una remodelación de los tramos, convirtiendo esta intersección en T, para mejorar la seguridad. Si no es posible

realizar esta remodelación, se deben disponer isletas de encauzamiento, para proporcionar un ángulo de cruce lo más perpendicular posible entre los vehículos que giran a la izquierda con el ángulo pequeño, y el tráfico de paso por el lado opuesto.

Esta solución presenta varios inconvenientes: la aparición de una incorporación por la izquierda; la aparición del tramo de trenzado que puede producirse con los vehículos que pretenden realizar el otro giro a la izquierda y la gran superficie que ocupa esta intersección.

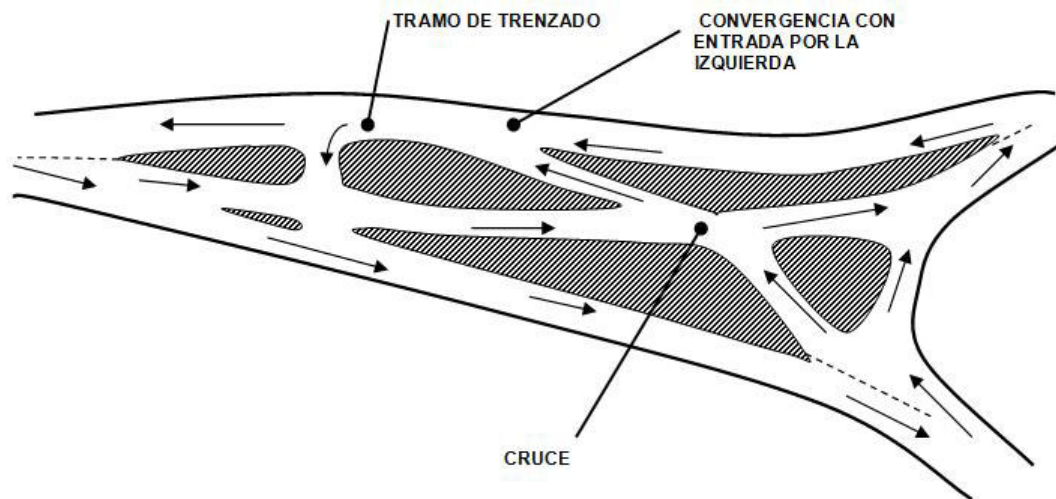


Figura nº 34

7.- INTERSECCIONES DE CUATRO RAMALES.-

Constituyen el caso más frecuente de cruce entre dos vías. Cada uno de los accesos da lugar a tres movimientos:

- Un movimiento de paso de los vehículos que siguen por la vía principal.
- Un giro a la derecha, que generalmente no presenta especiales dificultades.
- Un giro a la izquierda, cuyo tratamiento caracterizará la intersección.

En las intersecciones de cuatro tramos rigen los principios expuestos para las intersecciones de tres tramos, como el tratamiento de los giros a la derecha, o la posibilidad de remodelar los tramos para obtener ángulos de cruce convenientes. Asimismo, hay que jerarquizar las vías, para dar un tratamiento preferente a aquella que presente un tráfico de mayor intensidad .

7.1.- Intersecciones en cruz.-

El ángulo de corte entre las dos vías no difiere del ángulo recto en más de 25°, y todos los cruces se realizan a nivel. La regulación del tráfico se realiza mediante prioridad fija, o prioridad alternativa, regulada por semáforos.

El caso más simple es el que recoge la figura siguiente, donde no hay isletas canalizadoras, y los giros a la izquierda se realizan de manera directa. Esta disposición sólo podrá adoptarse con intensidades de tráfico bajas, tanto en los tráficos de paso como en los giros a la izquierda.

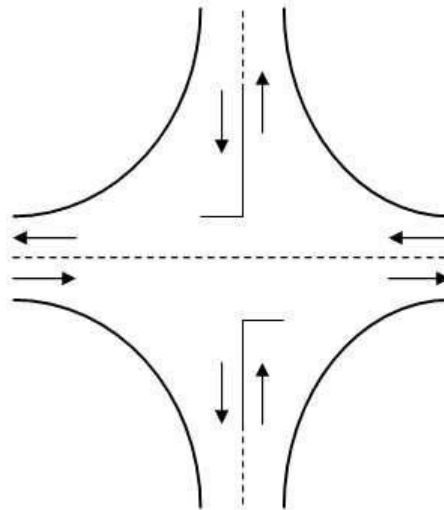


Figura nº 35

La seguridad de la intersección se puede aumentar introduciendo en la vía secundaria unas isletas divisorias tipo lágrima, para encauzar los giros a la izquierda, tal y como se representa en la siguiente figura.

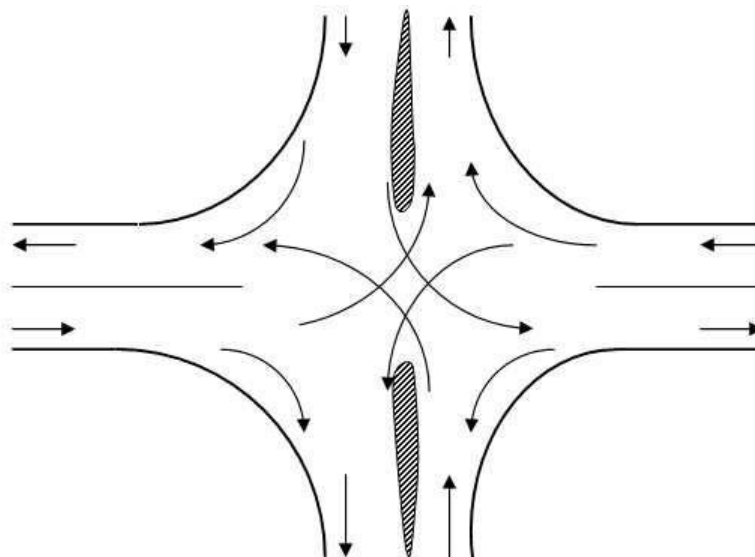


Figura nº 36

Si la intensidad de los vehículos que giran a la izquierda desde la vía principal es elevada, la espera en la vía principal puede estorbar al tráfico de paso de esta vía, por lo que resulta recomendable disponer de una zona de espera segregada del tráfico principal.

Cuando el tráfico en la vía secundaria no es muy elevado, los giros a la izquierda se podrán resolver de forma semidirecta, lo que dará lugar a la intersección denominada glorieta partida. Para que esta intersección funcione de manera correcta el tráfico de paso de la vía secundaria no debe ser demasiado elevado, ya que se le obliga a rodear la isleta central.

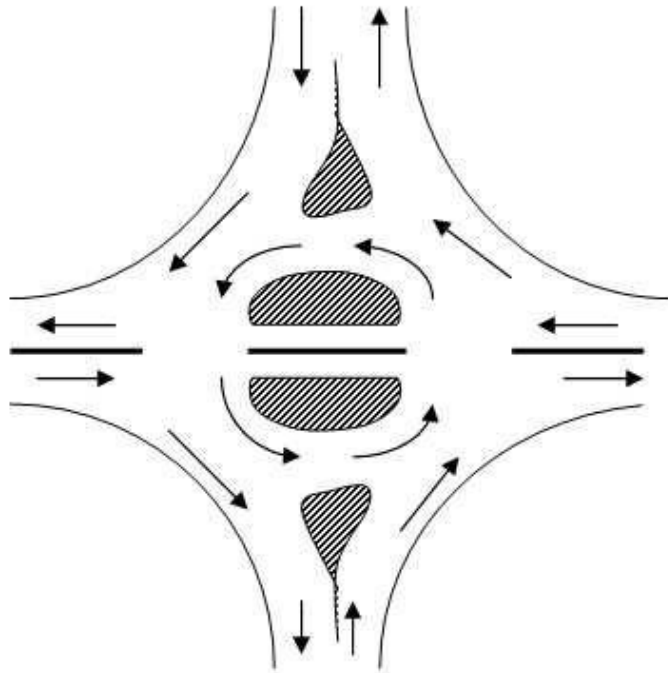


Figura nº 37

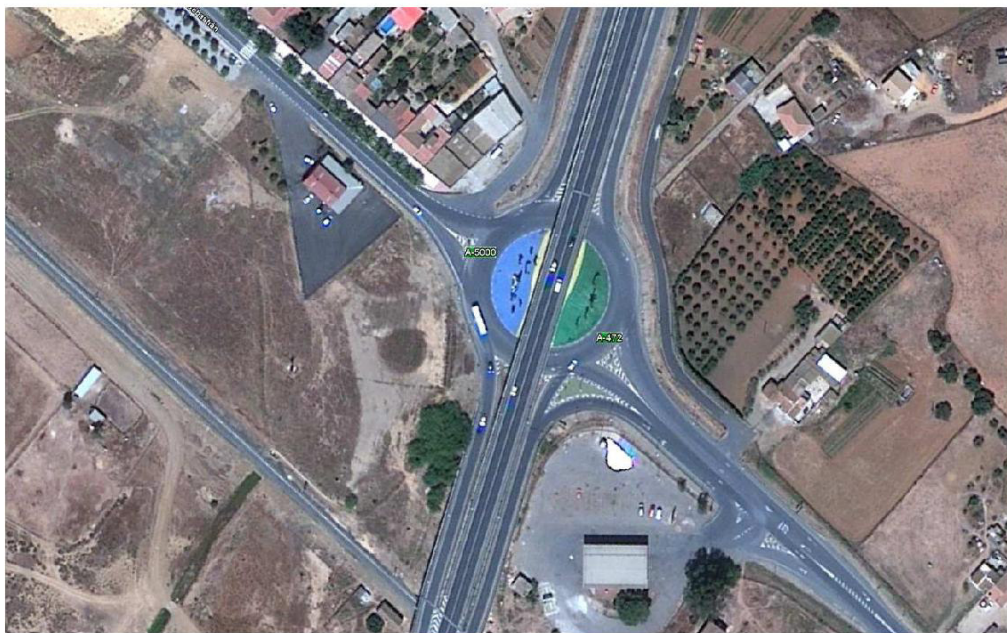


Figura nº 37. Glorieta partida. Intersección de A-5000 con A-472. Huelva.

Esta intersección presenta limitaciones en cuanto a la capacidad, ya que con circulación intensa en la vía principal, los vehículos que cruzan por la vía secundaria han de esperar a la aparición de un hueco simultáneo en las dos corrientes del tráfico principal, lo que origina problemas de acumulación de estos vehículos cuando existe una cierta intensidad de tráfico.

Cuando las intensidades de circulación son elevadas se puede optar por semaforizar la intersección, para dar prioridad alternativa de paso en ambas vías. Sin embargo, esta regulación resulta adecuada especialmente para vías urbanas, mientras que en vías interurbanas la solución óptima puede pasar por segregar los distintos movimientos cuando las intensidades de circulación en todos los accesos son elevadas.

En las intersecciones de cuatro tramos, al igual que en el caso de intersecciones de tres tramos, puede disponerse en la mediana un carril de deceleración y espera para los vehículos que pretenden realizar el giro a la izquierda desde la vía principal, de manera que no se obstaculice el tráfico de paso en la vía principal. Con esta configuración se consigue que los vehículos que giran atraviesen únicamente una de las corrientes de tráfico en sentido opuesto.

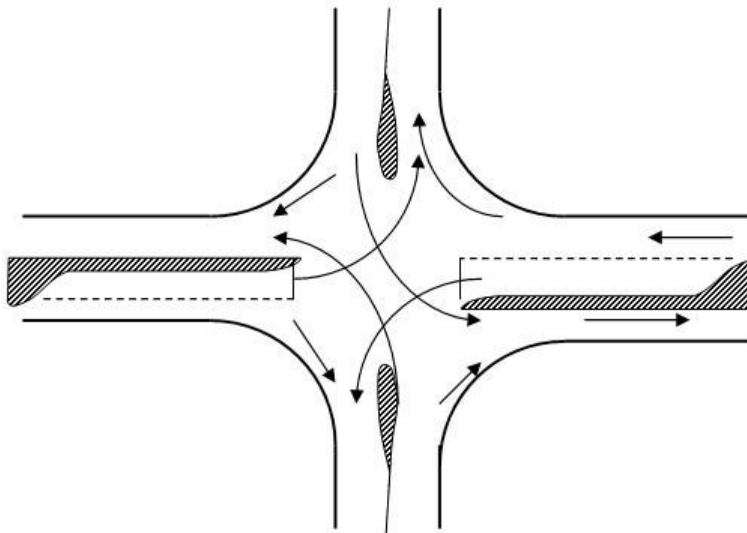


Figura nº 38

Con esta solución, es conveniente que los giros a la izquierda desde la vía principal no se crucen, por lo que se adopta esta disposición denominada “giro a la indonesia”. Esta configuración es especialmente recomendable cuando la intersección se encuentra semaforizada, ya que pueden realizarse, en una misma fase de verde, dos de estos giros a la izquierda.

Cuando la intensidad en los cuatro accesos es elevada y similar en todos ellos, la morfología de la intersección adecuada es la canalización completa, que incluye carriles de espera en mediana en cada uno de los accesos, y una isleta canalizadora para facilitar la incorporación de los vehículos que realizan el giro a la izquierda al flujo principal del ramal al que acceden.

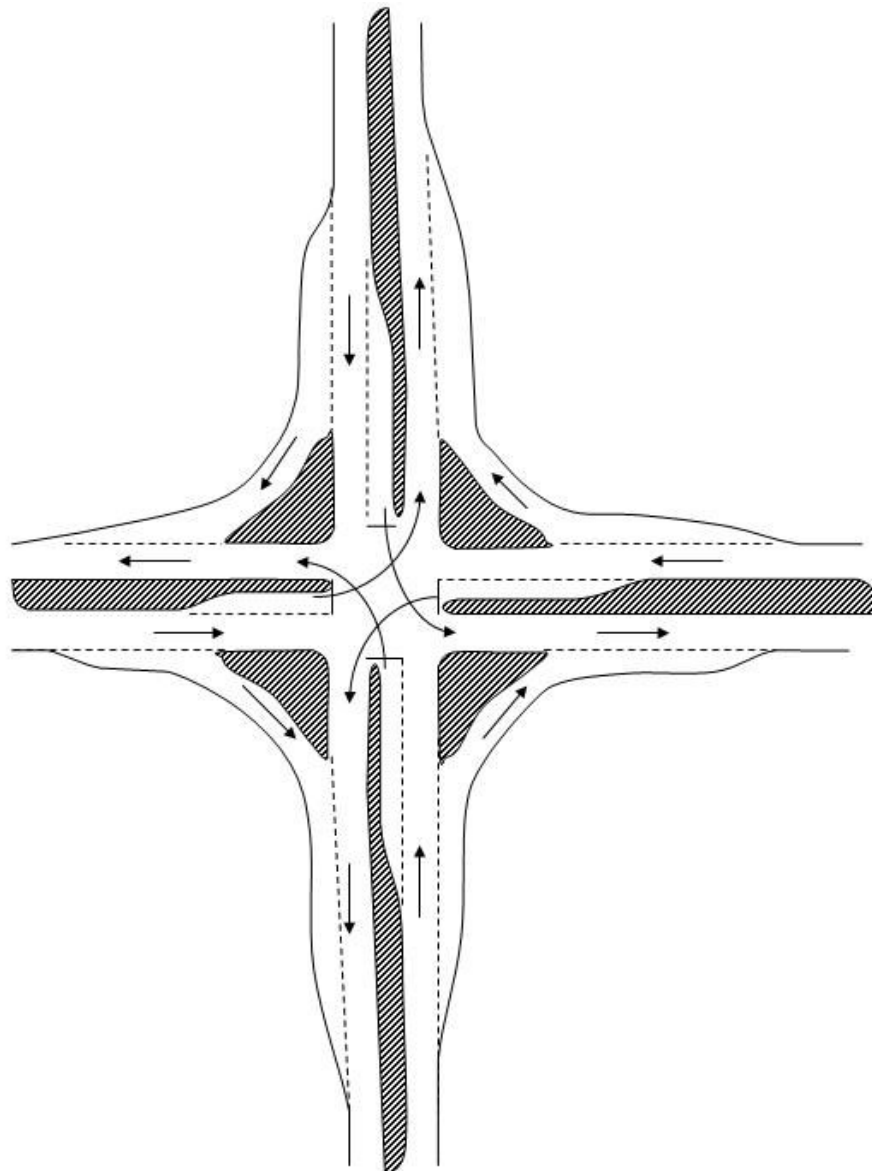


Figura n° 39

En ocasiones, uno de los giros a la izquierda puede ser predominante sobre el resto de los movimientos de la intersección, lo que puede originar la necesidad de segregar este movimiento y alejarlo del resto de puntos de conflicto.

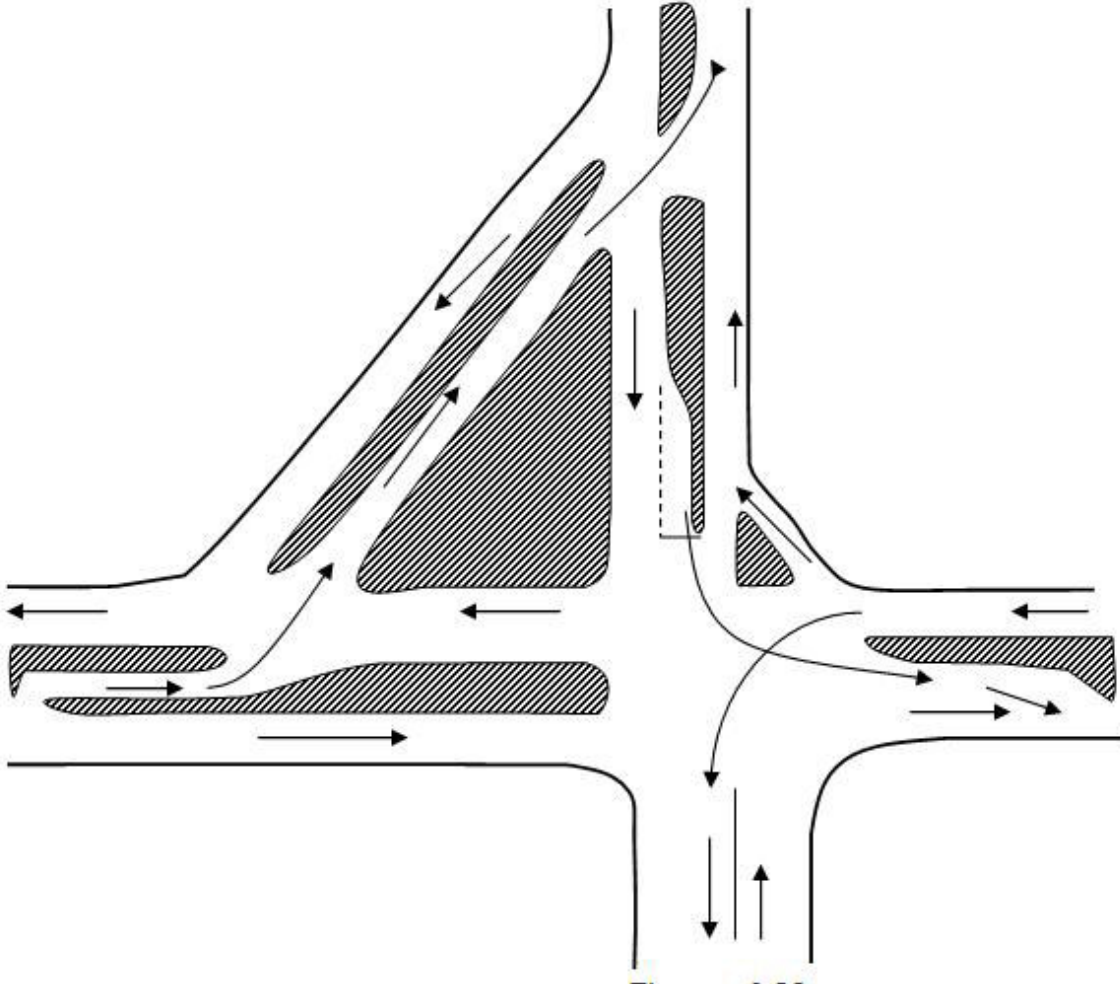


Figura nº 40

Para facilitar la incorporación de los vehículos que han girado a la izquierda se puede habilitar un carril de aceleración en la vía a la que se accede, de manera que en un primer paso se cruza uno de los sentidos de circulación de la vía, y en un segundo paso se converge con el tráfico del mismo sentido, normalmente regulado con un ceda el paso.

7.2.- Intersecciones en "X".-

En el caso de una intersección en "X", siguiendo el principio de perpendicularidad, es conveniente desviar la carretera de menor importancia para transformar la "X" en cruz, o en dos "T".

8.- INTERSECCIONES DE MÁS DE CUATRO RAMALES.-

Las intersecciones de más de cuatro ramales con prioridad fija de paso presentan un elevado número de puntos de conflicto. Incluso en el caso de regularlos mediante prioridad alternativa resultan muy complejos, y pueden parecer confusos a los conductores. Por ello, deben evitarse en la medida de lo posible, realizando los cruces a distinto nivel, o realizando una remodelación del nudo, dividiendo los puntos de conflicto que aparecen en dos o más áreas de cruce distintas.

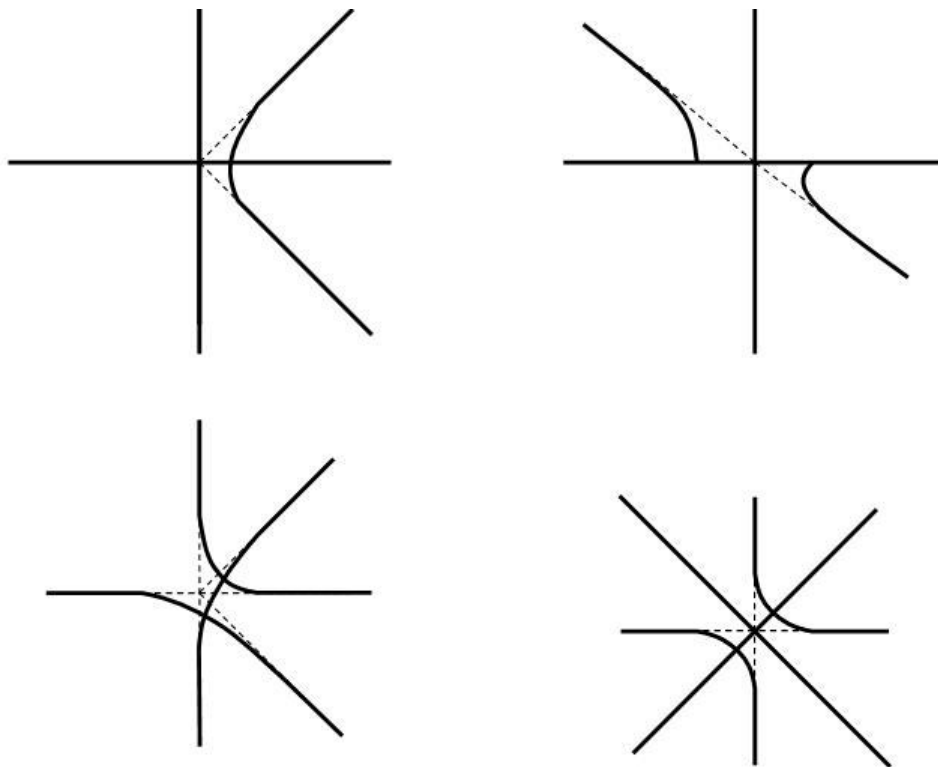


Figura nº 41

Estas remodelaciones se han de plantear teniendo en cuenta la importancia relativa del tráfico que accede por cada uno de los ramales, tratando de mantener la continuidad de paso en los movimientos principales.

Cuando la importancia de los tramos que acceden es similar, la solución más adecuada, en especial para zonas urbanas, será la glorieta, en la que se establece

una corriente de tráfico que gira en sentido antihorario alrededor de una isleta central, por una calzada anular, a la que se incorporan todos los vehículos que acceden a la glorieta y de la que van saliendo conforme llegan a las salidas que les interesan. Esta solución se emplea también en intersecciones de cuatro tramos, cuando todos los giros a la izquierda presentan intensidades muy altas. Esta solución implica una disminución de la velocidad de los vehículos que acceden a la misma.

Para que su funcionamiento sea adecuado, es necesario que los vehículos que se encuentran dentro de la calzada anular tengan preferencia sobre los vehículos que incorporan a la misma, aunque se aproximen por la derecha, circunstancia que no es la regulación habitual, por lo que se deberá señalizar muy claramente para evitar confusión en los conductores.

La capacidad de esta intersección puede llegar a ser superior a la de una intersección canalizada. Sin embargo, si la intensidad de tráfico en los ramales de acceso está descompensada, se provocan demoras de importancia en los accesos de menor intensidad, con lo que su funcionamiento deja de ser satisfactorio. La semaforización de las entradas no aumenta la capacidad, pero puede evitar que la glorieta llegue a bloquearse.

Los ramales de acceso deben presentar un ángulo adecuado para una correcta inserción de los vehículos en la calzada anular, ya que si se realiza con una trayectoria demasiado perpendicular se pueden dar fenómenos de cruce, y si el ángulo es demasiado pequeño, la inserción puede realizarse a una velocidad excesiva. Si se incrementa el número de carriles en la entrada a la calzada anular, se incrementan las posibilidades de entrada de los vehículos. Asimismo, resulta conveniente colocar isletas encauzadoras para ajustar la velocidad de entrada en la calzada anular. La calzada anular debe presentar una anchura superior a la habitual de los carriles de circulación, al ocupar los vehículos mayor superficie al describir la trayectoria curva.

Las consideraciones realizadas para intersecciones con prioridad fija de paso pueden aplicarse a las intersecciones semaforizadas. El semáforo se puede emplear para optimizar el funcionamiento de la intersección: se pueden separar en el tiempo los cruces, y también los puntos de conflicto relacionados con los giros, principalmente a la izquierda, sin más que disponer fases especiales para estos movimientos, combinados con carriles reservados para ellos. Esta configuración da lugar a intersecciones más compactas que las no semaforizadas. En el proyecto hay que considerar además los movimientos de los peatones en la zona, y si existe algún otro grupo de usuarios que precise especial protección: ciclistas, niños, etc.