

TEMA 11

GLORIETAS Y ENLACES. CONCEPTO Y CLASES DE INTERSECCIONES GIRATORIAS. CRITERIOS GENERALES PARA IMPLANTACIÓN DE LAS GLORIETAS. CONCEPTO Y JUSTIFICACIÓN DEL ENLACE. NOMENCLATURA Y DEFINICIONES. TIPOS DE ENLACE. CAPACIDAD. NIVELES DE SERVICIO. TRAMOS DE TRENZADO. RAMALES DE ENLACE. INFLUENCIA EN LA SEGURIDAD DE LA CIRCULACIÓN.

- 1.- GLORIETAS Y ENLACES.**
- 2.- CONCEPTO Y CLASES DE INTERSECCIONES GIRATORIAS.**
- 3.- CRITERIOS GENERALES PARA IMPLANTACIÓN DE LAS GLORIETAS.**
- 4.- CONCEPTO Y JUSTIFICACIÓN DEL ENLACE.**
- 5.- NOMENCLATURA Y DEFINICIONES.**
- 6.- TIPOS DE ENLACE**
- 7.- CAPACIDAD.**
- 8- NIVELES DE SERVICIO.**
- 9.- TRAMOS DE TRENZADO.**
- 10.- RAMALES DE ENLACE.**
- 11.- INFLUENCIA EN LA SEGURIDAD DE LA CIRCULACIÓN**

1.- GLORIETAS Y ENLACES.

La red viaria se compone de un amplio conjunto de vías las cuales se van cruzando y uniendo a lo largo del territorio para dar continuidad a la circulación.

Dentro de los distintos tipos de intersecciones una de las más empleadas y que aporta un elevado nivel de seguridad es la glorieta, de las cuales se detallan a continuación sus tipologías y criterios generales de implantación para un uso óptimo dentro del diseño de la vía. Por otro lado, en el caso de que la intersección se produzca a distinto nivel el enlace es el elemento empleado para efectuar el cambio de una vía a otra.

Desde un punto de vista de gestión del tráfico se trata en muchas ocasiones de elementos críticos que ante elevadas intensidades circulatorias deben ser monitorizados y regulados correctamente para evitar la formación de retenciones en la intersección y en las vías a las que de servicio.

2.- CONCEPTO Y CLASES DE INTERSECCIONES GIRATORIAS.

2.1.- Concepto:

Bajo la denominación de glorieta se designa a un tipo especial de intersección, caracterizada porque los tramos que en ella confluyen se comunican a través de un anillo (calzada aproximadamente circular) en el que se establece una circulación rotatoria alrededor de una isleta central.

Si bien legalmente no existe definición del término glorieta en la legislación de tráfico, se puede encontrar en el artículo 87 del Reglamento General de Circulación una definición aproximada de glorieta como plaza de circulación giratoria. Por otra parte, en las instrucciones de carreteras del Ministerio de Fomento, se define glorieta como “intersección dispuesta en forma de anillo (generalmente circular) siendo único el sentido de circulación en el mismo”.

La circulación en la glorieta se realiza dejando la isleta central a la mano izquierda del conductor y, hecho excepcional, los vehículos que se encuentran dentro de la calzada circular tienen preferencia sobre los que se incorporan a ella, a pesar de llegar por su derecha.

En una glorieta, las trayectorias de los vehículos no se cruzan, sino que convergen y divergen: por ello el número de puntos de conflicto es más reducido que en otros tipos de nudo, especialmente al aumentar el número de tramos que confluyen en la intersección (por lo que resultan especialmente adecuadas en este caso).

Hay que hacer especial hincapié en que no son glorietas propiamente dichas —y, por tanto, quedan fuera del ámbito de este estudio— las intersecciones conocidas vulgarmente como glorietas partidas, en las que dos tramos —generalmente opuestos— se conectan directamente a través de la isleta central, por lo que el tráfico que pasa de uno a otro no la rodea. Estos dos tramos suelen formar parte de un único itinerario principal, mientras que uno o dos tramos más que llegan a la intersección son vías de carácter secundario respecto al itinerario principal.

2.2.- Clases

2.2.1 Según su geometría

Hay tres tipos principales de glorieta: normal, miniglorieta y doble. Las demás son variantes de estos tipos básicos: intersección anular, glorieta a distinto nivel y glorieta con semáforos.

Como se ha explicado en el apartado anterior, la glorieta partida no se puede considerar glorieta en el sentido funcional.

A) GLORIETA NORMAL

Una glorieta normal tiene una isleta central —dotada de bordillos— de 4 m o más de diámetro, y generalmente entradas “abocinadas” que permiten una entrada múltiple de vehículos.

El número recomendado de tramos es tres o cuatro. Las glorietas normales funcionan especialmente bien con tres tramos —mejor que las intersecciones reguladas por semáforos—, siempre que la intensidad de la circulación esté bien equilibrada entre los accesos. Si el número de tramos es mayor de cuatro, su comprensión por el conductor se ve afectada y la glorieta ha de ser mayor, con lo que las velocidades resultan mayores: en estas circunstancias pueden resultar más convenientes las glorietas dobles.

Ver anexo A.

B) MINIGLORIETA

Una miniglorieta tiene una isleta circular —a nivel o ligeramente abombada— de menos de 4 m de diámetro, y entradas abocinadas o sin abocinar.

Las miniglorietas pueden ser muy efectivas para mejorar intersecciones urbanas existentes con problemas de capacidad y seguridad. Sólo deben usarse si todos los accesos tienen su velocidad limitada a 50 Km/h.

Donde no sea posible la inflexión de la trayectoria a la entrada por su trazado, puede lograrse, en cierto grado, mediante marcas viales y pequeñas isletas deflectoras. Estas isletas deben liberarse de todo mobiliario excepto las señales imprescindibles.

La isleta central debe ser circular (de 1 a 4 m de diámetro, el mayor posible), y se recomienda abombarla hasta una altura máxima de 15 cm en su centro. Este bombeo, junto con un cierto contraperalte, ayuda a hacer más identificable la glorieta por los conductores.

Según las recomendaciones del Ministerio de Fomento, el bombeo se construye generalmente con mezclas bituminosas, hormigón o adoquines, y se rodea por una corona de adoquines 5 cm por encima de la superficie de calzada, o bien por un aro de acero encajado en ésta con un resalto máximo de unos 15 cm en su interior. También se puede fijar con resina epoxi un bombeo prefabricado. El bombeo debe ser totalmente blanco y reflexivo. Es efectivo un anillo de captafaros alrededor de su periferia. Los bombeos hechos con materiales —como los adoquines— que no contrastan con el pavimento contiguo no son suficientemente identificables cuando es mala la visibilidad. No deben colocarse señales, mojoneros, postes de iluminación ni ningún otro mobiliario vial en la isleta central, salvo que se coloquen en su punto central.

La mayor parte de las miniglorietas implican giros cerrados que producen severas huellas de neumáticos, y deben inspeccionarse de forma sistemática para asegurarse de que las isletas abombadas están intactas y son claramente visibles. En miniglorietas con espacio muy restringido es inevitable la entrada de los vehículos más largos en la isleta central. En tales casos ésta debe materializarse simplemente con pintura, aunque su periferia puede delinearse con captafaros.

Debido a la poca distancia entre sus entradas, las miniglorietas exigen que los conductores que pretenden entrar estén muy pendientes de la presencia de otros vehículos dentro de ella, y que reaccionen rápidamente cuando se presente un hueco. En tales circunstancias los ciclistas pueden no ser percibidos, por lo que si su número es elevado la miniglorieta puede no resultar adecuada: los semáforos probablemente son una solución más conveniente desde el punto de vista de la seguridad vial.

Ver anexo A.

C) GLORIETA DOBLE

Una glorieta doble es una intersección compuesta por dos glorietas normales o miniglorietas, contiguas o conectadas por un tramo de unión o por una isleta alargada materializada por un bordillo. Las glorietas dobles pueden ser especialmente útiles:

- Para unir dos carreteras paralelas separadas por un obstáculo lineal tal como un río, un ferrocarril o una autopista.
- Para acondicionar intersecciones existentes separando giros a la izquierda opuestos con una ordenación de "giro a la indonesia".

- En intersecciones asimétricas o de planta muy desviada, en las que una intersección convencional requeriría un amplio desvío de los accesos, y una glorieta normal una excesiva ocupación.
- En glorietas normales congestionadas, porque se incrementa su capacidad al reducir la intensidad más allá de las entradas críticas.

En intersecciones con más de 4 tramos, una glorieta doble consigue una mayor capacidad con una seguridad aceptable y un uso más eficiente del espacio, mientras que las glorietas normales son grandes y producen elevadas velocidades, con la consiguiente pérdida de capacidad y seguridad.

Ver anexo A.

D) GLORIETA A DISTINTO NIVEL

Es una glorieta en la que al menos un tramo conecta con una carretera que la cruza a otro nivel. Las más habituales son las de dos puentes y las de tipo "pesa".

Ver anexo A.

1.- DOS PUENTES

Puede haber problemas debido a su gran tamaño, que permite velocidades elevadas: como consecuencia se reduce la capacidad y la seguridad, y se incrementan los problemas de percepción. Si se adopta este tipo de glorieta, se debe conseguir un diseño compacto.

Ver anexo A.

2.- GLORIETA TIPO PESA

Este tipo de glorieta constituye una solución intermedia entre el enlace en diamante y la glorieta de dos puentes. Tiene la ventaja de su forma compacta y bajo coste.

Ver anexo A.

E) INTERSECCIÓN ANULAR

Es una glorieta en la que la circulación habitual en sentido único alrededor de la isleta central ha sido reemplazada por una circulación en doble sentido, con miniglorietas de tres ramales o semáforos en cada acceso a la calzada anular. Se requiere que los conductores que estén en ésta cedan el paso a los que entran, contrariamente a lo habitual en una glorieta.

La conversión de glorietas muy grandes —con problemas en sus entradas— en intersecciones anulares es una solución eficaz, que elimina problemas de congestión sin reducir la seguridad.

Ver anexo A.

F) GLORIETA CON SEMÁFOROS

Cuando una glorieta no funciona bien, ya sea por exceso de intensidad de la circulación o por un reparto desequilibrado entre sus entradas, que impidan la autorregulación propia de una glorieta, puede aliviarse el problema con semáforos (con funcionamiento continuo o a tiempo parcial) en alguna de sus entradas, o en todas ellas.

2.2.2 Según su ubicación

A) INTERURBANAS

Las glorietas que sirven como intersección de carreteras suelen ser de gran tamaño y al tener un tráfico más disperso no hay problemas en los tramos afluentes de carácter secundario. Sin embargo, tienen el problema de que imponen una cesión de paso de una vía que muchos conductores asumen como principal ante otra por lo que ninguna tiene una preeminencia sobresaliente. Sin una cultura automovilística de uso de glorietas esto puede acarrear problemas cuando no accidentes con gran número de conductores.

B) SUBURBANAS O PERIURBANAS

En vías suburbanas o periurbanas, las glorietas tienen la ventaja de que obligan al conductor a percibir que se acerca a zona poblada. Aunque en muchas ocasiones, sean glorietas de cuatro tramos, los cuales forman dos vías bien diferenciadas, una principal y otra secundaria, en estos casos, es una ventaja, y no un inconveniente, la obligación de ceder el paso al llegar a la intersección por el cambio psicológico que inducen en el conductor.

C) URBANAS

En zonas urbanas, las habituales limitaciones de espacio y las grandes variaciones de intensidad de tráfico según la hora del día, hacen que las glorietas funcionen mal sobre todo en horas punta.

Esto puede obligar a la semaforización de la glorieta aunque sea a tiempo parcial.

Distinto es el caso de vías urbanas interiores con poca intensidad de tráfico donde la imposición de “ceda el paso” a todas las calles favorece la seguridad, y

donde una miniglorieta no tendrá problemas al ser vías vedadas a los vehículos pesados.

3.- CRITERIOS GENERALES PARA IMPLANTACIÓN DE LAS GLORIETAS.

3.1. Entorno y funcionamiento

Hay dos situaciones diferentes en relación con el emplazamiento y funcionamiento de las glorietas:

- En zona urbana o suburbana, con altas intensidades —frecuentemente asociadas a importantes variaciones a lo largo del día— y limitaciones de espacio, las glorietas pueden destacar la transición entre carretera y vía urbana; pero no suelen ser compatibles con los sistemas urbanos de control de la circulación, que mueven los vehículos en grupos coordinando las fases de los semáforos para permitir su avance. Las glorietas interfieren este tipo de movimiento agrupado, hasta el punto de que dichos sistemas no pueden predecir con precisión las intensidades más allá de ellas. Además, imponen recorridos más largos a peatones y ciclistas.
- Fuera de poblado, con altas velocidades de acceso, menores variaciones de la intensidad y pocas limitaciones de espacio. La glorieta es preferible a la regulación por semáforos; pero la pérdida de prioridad que impone al tráfico de paso disminuye su nivel de servicio, y esto puede resultar poco conveniente en un itinerario principal.

3.2 Tipos de acceso

La glorieta es el único nudo a nivel posible cuando el número de tramos excede de cuatro.

En carreteras de calzada única, en que las posibilidades de adelantamiento sean limitadas, una juiciosa implantación de glorietas puede mejorar la proporción de alineaciones rectas aptas para adelantamientos sin que aumente excesivamente la velocidad.

No es recomendable emplear glorietas en carreteras de calzadas separadas de más de dos carriles cada una, ya que se interrumpe su continuidad, salvo que se busque precisamente ese efecto. En este caso, la seguridad exige que la presencia de la glorieta resulte muy evidente, y que se cuide especialmente la transición de velocidad en sus accesos.

3.3 Intensidad de la circulación

Las glorietas resultan especialmente ventajosas si las intensidades de la circulación en los tramos que a ella acceden son del mismo orden de magnitud, o si los movimientos de giro predominan sobre los de paso. Por el contrario, si alguno de

los tráficos de paso es muy predominante no resulta justificada —desde este punto de vista— la demora que le impone la glorieta.

Su elevada capacidad permite disponer de una reserva para acomodar puntas de demanda, y permite evitar en muchos casos el recurso a la ordenación por semáforos.

Las glorietas se utilizan en emplazamientos con intensidades superiores a las que soportan intersecciones convencionales con prioridad para una dirección.

Hay que tener en cuenta que la vigente normativa del Ministerio de Fomento prohíbe la construcción de glorietas en carreteras cuya I.M.D. sea superior a 5.000 vehículos.

3.4. Velocidad

El paso por una glorieta obliga al tráfico a reducir su velocidad. Ello permite:

- Marcar un cambio significativo en la funcionalidad de la carretera, como el paso de calzadas separadas a calzada única, o de una carretera con enlaces a otra con intersecciones.
- Marcar la transición de una zona urbana o suburbana a otra fuera de poblado.
- Efectuar cambios muy bruscos de alineación, que no podrían lograrse mediante curvas, ni siquiera de radios inferiores a los mininos.

3.5. Posibilidades de evolución

En glorietas existentes es posible añadir un nuevo tramo, siempre que la distancia a los contiguos resulte suficiente a efectos de la seguridad de la circulación (no de la capacidad).

En ciertos casos, la disponibilidad de terreno ofrecida por una glorieta puede facilitar su evolución a enlace: aunque esto no debe conducir a implantar glorietas demasiado grandes, no deseables desde el punto de vista de la seguridad.

3.6. Consideraciones ambientales

El impacto ambiental (intrusión visual y ruido, principalmente) de una glorieta suele ser menor que el de otro tipo de nudos, especialmente que el de los enlaces. La posibilidad de ajardinar la isleta central es otro elemento importante a tener en cuenta.

4.- CONCEPTO Y JUSTIFICACIÓN DEL ENLACE.

4.1. Concepto

Las grandes vías de altas densidades de tráfico rápido con preferencia absoluta de paso y los problemas de falta de capacidad que se producen en las intersecciones, hacen necesario, para su adecuada resolución, la utilización de niveles diferentes entre las distintas vías de forma que se evite el cruce de los diferentes sentidos de circulación en un mismo plano.

Al conjunto de ramales que se proyectan para facilitar el paso del tráfico entre infraestructuras viarias que se cruzan en niveles diferentes, es lo que técnicamente se conoce como enlace.

En España, se han construido y están en funcionamiento un gran número de enlaces integrados en los planes de autovías y autopistas. Los problemas de falta de capacidad que diariamente se producen, en muchos de ellos, han de producir en un futuro inmediato la necesidad de proyectar y construir un gran número de enlaces o la modificación de los ya existentes.

Del análisis de las normas aplicadas o que se están aplicando en otros países, con mayor experiencia en este tipo de infraestructuras se pueden inferir las tipologías, adaptaciones y/o mejoras aplicándolas a cada caso concreto, bien sea en medio urbano o interurbano.

4.2. Justificación del Enlace

Como norma general, la justificación de la necesidad del enlace debe basarse en los siguientes criterios técnico - económicos:

- a) Funcional: Análisis del sistema de vías objeto de estudio como parte integrante de un conjunto de autopistas y/o autovías. Actualmente incluso en las carreteras de altas intensidades, aún sin doble sentido de circulación, también se presenta este tipo de necesidad.
- b) Estudio Coste - Beneficio: Estudio de la rentabilidad de las inversiones a realizar.
- c) Capacidad: Determinación de la necesidad del enlace por rentabilidad indirecta en base a la mejora del potencial del desarrollo de la zona objeto de implantación.
- d) Seguridad Vial: Incremento de la seguridad vial por eliminación de puntos de conflicto generadores de accidentes a causa de la elevada intensidad de tráfico y por tanto de puntos de conflicto.

De forma análoga a estos criterios se podrían establecer otros que en realidad ya no serían independientes sino una combinación de los conceptos anteriores.

5.- NOMENCLATURA Y DEFINICIONES.

Con objeto de facilitar una mejor comprensión de los términos más utilizados en este tema se relacionan a continuación los conceptos más importantes:

5.1. Infraestructuras.

- **Carretera principal o de paso:** Es la que conduce el movimiento más importante de tráfico de un enlace, siendo generalmente una autopista o una autovía.
- **Carretera transversal o secundaria:** Es la que cruza la carretera principal a través del enlace y, en zonas urbanas, puede designarse como calle transversal. En algunas ocasiones puede ser una autopista o autovía de importancia análoga a la carretera principal.
- **Carril 1:** Carril exterior a la derecha de una autopista o autovía, siguiendo el sentido de circulación del tráfico. En una autopista o autovía con dos carriles para cada sentido de circulación, el carril uno se denomina también lento y el carril dos se llama rápido.
- **Carril o vía de deceleración:** Carril o vía auxiliar de una carretera de circulación rápida destinada especialmente a reducir la velocidad de los vehículos que salen de la misma.
- **Carril o vía de aceleración:** Carril o vía auxiliar destinada especialmente a que los vehículos que afluyen a una carretera de circulación rápida alcancen una velocidad comparable con la de los vehículos que circulan por ella.
- **Enlace:** Zona en la que dos o más carreteras se cruzan a distinto nivel y en la que se incluyen las plataformas que pueden utilizar los vehículos para el desarrollo de todos los movimientos posibles de cambio de una carretera a otra. Pueden ser de libre circulación, cuando el intercambio de vehículos se realiza sin restricción alguna debido a cualquier tipo de control de tráfico, o con condición de parada, cuando alguno de los movimientos de cambio está restringido por señales de limitación o parada. Los ramales de enlace son cada uno de los tramos de carretera que conectan entre sí las vías principal y secundaria de un enlace y conducen los movimientos de cambio de vehículos entre ambas. La parte intermedia de un tramo del enlace que presenta una alineación definida por una curvatura concreta y una pendiente transversal y longitudinal se denomina ramal. Este puede ser:
 - **Ramal de salida:** Ramal de enlace destinado a conducir el movimiento de salida de una carretera hacia la otra. (Se considera salida desde la vía o carretera principal hacia la carretera o vía secundaria.)
 - **Ramal de entrada:** Ramal de enlace destinado a encauzar el movimiento de los vehículos que entran en una carretera procedentes de la otra. (Se considera entrada hacia la vía o carretera principal desde la carretera o vía secundaria.)
 - **Ramal directo:** tipo de ramal de enlace que une directamente las carreteras que se cruzan y que permite los movimientos de giro a la derecha o a la izquierda con salida y entrada por la derecha o por la izquierda, respectivamente, y sin intersecciones a nivel.

- **Ramal semi-directo:** tipo de ramal de enlace sin intersecciones a nivel para encauzar los movimientos de giro a la izquierda, pero con salida y entrada por la derecha de las carreteras que se cruzan en un enlace.
- **Pata:** Tipo de ramal de enlace, característico del enlace denominado “diamante” de alineación o forma prácticamente recta y cuyo trazado discurre casi paralelo con respecto al de la carretera principal.
- **Lazo:** Tipo de ramal característico del enlace denominado “trébol” o en “trompeta” de alineación o forma de curva y con un desarrollo aproximadamente de 300 grados.
- **Tramo de trenzado:** Tramo de carretera de un sólo sentido de circulación en el que se cruzan entre sí los vehículos que proceden de dos direcciones convergentes y salen por dos divergentes.

5.2. Parámetros de la vía.

- 1) **Capacidad:** Es el número máximo de vehículos que pueden pasar por una sección determinada de un carril o de una calzada en un sentido de circulación (o en ambos cuando se trata de carreteras de 2 ó 3 carriles), durante un periodo establecido de tiempo y bajo unas condiciones predominantes de trazado de la carretera y de tráfico. Se mide en nº de vehículos por un periodo de tiempo, generalmente hora y día, obteniéndose así la intensidad media horaria y diaria.
- 2) **Condiciones ideales o básicas de circulación:** son las condiciones básicas que se utilizan para determinar la capacidad de una carretera y comprenden:
 - a) Circulación continua, libre sin interrupciones debidas a vehículos ni a peatones.
 - b) Existencia de vehículos ligeros únicamente dentro de la composición del tráfico.
 - c) Carriles de ancho mínimo de 3,50 m. con arcenes adecuados y sin obstrucciones laterales en 1,75 m. contados a partir del borde exterior de la calzada.
 - d) Alineación en planta y perfil debidamente coordinada para una velocidad específica de proyecto superior a 110 km/h. y sin restricciones en la distancia de visibilidad de adelantamiento para aquellas carreteras que constan de 2 ó 3 carriles.
- 3) **Factores:**
 - a) Factor de hora-punta: es la relación entre intensidad de hora-punta y el promedio de afluencia correspondiente a un periodo de tiempo fijado dentro de dicha hora-punta. Es una medida de las características de la “punta” de circulación de vehículos, cuyo valor máximo de 1 es difícil de alcanzar en la práctica. Siempre que se emplee este factor hay que indicar el período de

tiempo considerado para su determinación, que suele ser de 5' a 6' para autopistas y de 15' para intersecciones.

- b) Factor de carga: es la relación entre el número de ciclos de luz verde que son plenamente utilizados por los vehículos que entran en una intersección durante la hora-punta y el número total de ciclos verdes que tienen lugar en dicha hora. Su valor máximo es 1.

4) Geométricos:

- a) Rampa: inclinaciones longitudinales en la rasante positiva, es decir, subiendo.
- b) Pendiente: inclinaciones longitudinales en la rasante negativa, es decir, bajando.
- c) Rasante: estado de alineación en alzado de la zona de rodadura de una vía de circulación. Cuando se trata de una carretera con doble sentido de circulación se corresponde con el eje longitudinal situado en el centro de la calzada y en vías con dos ó más carriles por cada sentido de circulación se suele localizar en la línea blanca que separa el carril 2 ó rápido del área interior.

5) Intensidades:

- a) Intensidad de servicio: es el número máximo de vehículos que pueden pasar por una sección de un carril o una calzada determinada en un sentido de circulación (o en ambos cuando se trata de carreteras de 2 ó 3 carriles) durante un periodo de tiempo específico, mientras que las condiciones de la circulación se mantengan dentro de las correspondientes al nivel de servicio seleccionado. También se denomina "demanda de tráfico".
- b) Intensidad de tráfico: es el número de vehículos que pasan sobre una sección determinada de una calzada o carril durante un periodo de tiempo determinado. Se expresa en términos de tráfico por el nº de vehículos, horario, diario, semanal o anual.
- c) Intensidad horaria de proyecto: es el número de vehículos que deben poder utilizar la carretera que se proyecta para un año horizonte, durante un período de tiempo de una hora, y para un nivel de servicio fijado.
- d) Intensidad de hora-punta: es el número máximo de vehículos que pasan por una sección determinada de un carril o calzada durante sesenta minutos consecutivos.
- e) Promedio de afluencia: es el valor horario correspondiente al número de vehículos que pasan por un tramo determinado durante un período de tiempo específico inferior a una hora. Se obtiene multiplicando el nº de vehículos estimados durante el período de tiempo fijado por la relación entre 60 minutos y el número de minutos de dicho período, que será el que determina el valor representado por el promedio de afluencia. Por ejemplo, un aforo de N vehículos realizado en 15', multiplicado por $60'/15'=4$, equivale a un promedio de afluencia de 4N.

6) Nivel de servicio:

Es una determinación o medida del funcionamiento o calidad de operación de una carretera que depende de varios factores, tales como velocidad y tiempo de trayecto, interrupciones de tráfico, libertad de maniobra, seguridad y conveniencia de los usuarios, y costes de operación. En su más amplia interpretación, nivel de servicio, es un término que indica uno cualquiera de un número infinito de las diferentes condiciones de circulación que puede presentar un carril o una calzada determinada cuando circulan distintas intensidades de tráfico. En la práctica se selecciona una gama de niveles de servicio, definido cada uno, por ciertos valores límites de los factores que influyen en el funcionamiento de la carretera.

7) Velocidades:

- a) Velocidad específica de proyecto: velocidad seleccionada para el proyecto de trazado de una carretera teniendo en cuenta toda una serie de factores, tales como curvas circulares en planta, peraltes y distancias de visibilidad, de los cuales depende la seguridad en la operación de los vehículos.
- b) Velocidad real de circulación: la máxima velocidad media que puede desarrollar un conductor en un tramo determinado de carretera bajo las condiciones predominantes del tráfico y sin que exceda en cualquier momento de la velocidad segura de circulación determinada por la velocidad específica del proyecto del tramo en cuestión.
- c) Velocidad media de circulación: es la resultante de dividir la longitud de un tramo elemental determinado de carretera por el tiempo requerido por un vehículo para atravesarlo, teniendo en cuenta solamente la fracción total de dicho tiempo en que el vehículo ha permanecido en movimiento. Indica la velocidad en una sección dada ó entre dos paradas consecutivas.
- d) Velocidad media de recorrido: es el resultante de dividir la longitud de uno ó varios tramos determinados consecutivos de carretera por el tiempo requerido por un vehículo para atravesarlos, teniendo en cuenta solamente la fracción total de dicho tiempo en que el vehículo ha permanecido en movimiento. Indica la velocidad media realizada entre un origen y un destino descartando los tiempos de parada.

6.- TIPOS DE ENLACE.

6.1. Generalidades.

A la hora de definir un enlace, no ha de considerarse que la solución se ha de corresponder con una única y determinada configuración, sino más bien ha de realizarse una conjunción de soluciones que sirvan de respuesta a los condicionantes a resolver.

Se pretende establecer una clasificación general, indicando cuales son las soluciones mas conocidas y sus denominaciones aplicables, únicamente en forma

general. La primera clasificación que puede hacerse de un enlace es en función del número de ramales que concurren en el mismo.

Así pues, los enlaces pueden clasificarse en:

- a) enlaces de tres ramales.
- b) enlaces de cuatro ramales.
- c) enlaces de más de cuatro ramales.

6.2. Enlaces de tres ramales.

Como su nombre indica, estos enlaces se producen cuando una carretera se incorpora a otra, perdiendo a partir de ese momento su continuidad.

Es evidente que este tipo de enlace ha de resultar simple, ya que el número de giros a la izquierda a resolver son únicamente de dos. Según que estos giros se resuelvan de forma directa, semidirecta o en lazo, se llegará a una u otra solución. Asimismo, tiene gran influencia la importancia relativa de las carreteras que se cruzan y los movimientos de giro que se producen. En el lenguaje técnico se denomina a estos enlaces de tipo trompeta.

En las figuras 2.1 y 2.2 se recogen, sin carácter exhaustivo, algunas de las soluciones clásicas. De éstas las más utilizadas son la 2.1.a, 2.1.c, 2.2a y 2.2b; con lo que se indica que sean a las que necesariamente se debe acudir.

6.3. Enlaces de cuatro ramales.

Para poder estudiar más fácilmente los enlaces de cuatro ramales, éstos se dividen funcionalmente en dos grandes grupos:

a) Enlaces con condición de parada.

En estos enlaces todos los giros a la izquierda, o al menos parte de ellos, se resuelven con intersecciones a nivel en la carretera secundaria y, por consiguiente, requieren la detención del tráfico antes de su incorporación o salida.

Los enlaces de este tipo se denominan, en el lenguaje técnico, diamantes y tréboles parciales, según que todos los giros a la izquierda tengan condición de parada o alguno no la tenga.

En la figura 2.3, se representan las soluciones clásicas para el enlace tipo diamante en los que todos los giros a la izquierda se resuelven mediante intersecciones completas.

En la figura 2.4, se recogen diversas soluciones y combinaciones para conseguir simplificar puntos de conflicto de las intersecciones. Existen en la actualidad, enlaces para tres o más ramales que incorporan en lugar de las intersecciones a nivel con punto de conflicto, el uso de las glorietas como un

elemento de mejor definición del encauzamiento de movimientos, y de las limitaciones de ocupación del terreno, así como de la posibilidad de realizar el cambio de sentido.

En la figura 2.5, se presentan soluciones del tipo diamante en que, mediante estructuras adicionales, se consigue reducir el nº de conflictos. Como se ha indicado anteriormente, cuando se pretende hacer continuo el movimiento de alguno de los giros a la izquierda, se llega a soluciones denominadas de trébol parcial. En la figura 2.6 se indican algunas de las posibles combinaciones, según que se quiera mejorar uno u otro giro, o según que existan obstáculos en uno u otro cuadrante.

Tanto en un tipo de enlace como en el otro, la elección de la solución más adecuada es relativamente fácil, sin embargo, el campo de aplicación de estos enlaces hace necesario que una de las vías sea secundaria y que las intensidades de tráfico no sean demasiado elevadas para los giros a la izquierda.

b) Enlaces de libre circulación.

En estos enlaces todos los giros se resuelven sin intersecciones. El nº de combinaciones posibles a realizar para un enlace de este tipo es tan grande que resulta prácticamente imposible su clasificación funcional.

Por ello, para poder establecer unos criterios generales se recurre a suponer que los cuatro cuadrantes del enlace se resuelven de forma simétrica, reduciendo así el nº de posibles combinaciones.

En la figura 2.7, se presentan las posibles soluciones en estas condiciones de simetría.

De todas las soluciones representadas, únicamente la primera, denominada técnicamente trébol, requiere una única estructura, ya que los giros a la izquierda se resuelven mediante lazos a la derecha.

El enlace denominado “omni-direccional” es, por tener todos los ramales direccionales o semidireccionales, el que admite una mayor capacidad de vehículos, siendo, por tanto, el más adecuado cuando se trata de unir vías tipo autopistas o autovías de similar o parecida intensidad de tráfico. Sin embargo, presenta el inconveniente de precisar una alta ocupación de terrenos así como un elevado coste debido a las necesidades de estructuras y al desarrollo de los ramales.

6.4. Enlaces de más de cuatro ramales.

Estos enlaces resultan tan complejos, como norma general, salvo contadas excepciones, que es necesario evitarlos a toda costa. Como solución posible se puede recurrir a enlazar primero dos de las vías y luego el resto de ellas. También se ha recurrido a primar dos o tres ramales frente a los restantes, con objeto de llegar a una alternativa que haga posible una solución funcional.

Se debe procurar, por tanto, evitar el tener que llegar a soluciones de este tipo, mediante una adecuada planificación vial o estudio de alternativas tendentes a generar una separación en la localización de los enlaces de modo que puedan reducirse a dos enlaces de los tipos anteriores.

Todas las figuras citadas, se recogen en el Anexo A.

7.- CAPACIDAD.

El estudio de funcionamiento de una carretera se realiza en base al concepto del nivel de servicio. Este concepto, sustituye en la actualidad los antiguos conceptos de capacidad práctica y capacidad posible.

Los valores de capacidad usualmente utilizados son:

CONDICIONES	TIPO DE VÍA	CAPACIDAD (Veh./h y carril.)
Ideales de tráfico y trazado	4 o más carriles	2.300 (un solo sentido)
Ideales de tráfico y trazado	2 o más carriles	2.200 (sentido doble)
Tráfico interrumpido	Urbanas	2.000 (hora de luz verde y carril)
Tráfico con interrupciones aisladas	Urbanas	1.500 (hora de luz verde y carril)

Cuando en la carretera existan enlaces, han de estudiarse, además del tronco, los ramales de enlace y los tramos de trenzado.

8.- NIVELES DE SERVICIO.

Cuando la intensidad de tráfico llega a igualar la capacidad de una carretera o calle cualquiera, las condiciones de operación en la misma se tornan deficientes con velocidades de circulación pequeñas y frecuentes paradas y demoras considerables en el viaje, aun cuando las condiciones de trazado y de tráfico sean ideales. La intensidad máxima de vehículos que puede soportar una carretera par un nivel de servicio seleccionado, es lo que se ha definido como “intensidad de servicio” para dicho nivel.

Para valorar un nivel de servicio con una aproximación práctica aceptable, se recurre a dos factores fundamentales: el primero y principal es la velocidad y tiempo de circulación, y el segundo, la relación entre la demanda de tráfico o intensidad de servicio y la capacidad, que se indicará abreviadamente como “relación I_s / C ”.

Se consideran seis niveles de servicio para cualquier tipo de carretera o calle, en los que se identifican las condiciones, existentes bajo ciertos requerimientos previos de intensidad y velocidad, que se designan de A a F, e indican una mejor (nivel A) o peor (nivel F) calidad de circulación como seguidamente se indica.

a) Nivel de servicio A: Representa las características de una circulación libre, fluida, solo posible cuando la intensidad de servicio es pequeña y la velocidad de trayecto elevada, donde los conductores pueden desarrollar la velocidad por ellos mismo elegida con gran libertad de maniobra.

b) Nivel de servicio B: Indica la zona donde la circulación es libre pero la velocidad comienza a sentirse restringida por algunas condiciones del tráfico. Sin embargo, los conductores aún poseen libertad razonable para seleccionar su propia velocidad y carril de circulación. El límite inferior de esta zona (menor velocidad y mayor intensidad de servicio) debe considerarse como el deseable cuando se definen carreteras en zona rural y en terreno llano.

c) Nivel de servicio C: Este nivel representa aún las características de una circulación estable, fluida, aunque la velocidad posible a desarrollar y la libertad de maniobra de los conductores están ya más ligadas a las condiciones impuestas por el tráfico que a la propia voluntad de aquéllos. La mayor parte de los usuarios encuentra restricciones para seleccionar su propia velocidad, cambiar de carril y adelantar a otros vehículos. Como todavía pueden desarrollarse velocidades apreciables con intensidades de servicio importantes, puede considerarse este nivel como el deseable para el proyecto de vías urbanas.

d) Nivel de servicio D: Dentro de esta zona, las condiciones de operación se aproximan a la inestabilidad, con velocidad real tolerable, aunque difícil de mantener constante a través de un trayecto largo. Los conductores encuentran poca libertad de maniobra y comodidad, aunque estas circunstancias pueden soportarlas siempre que tengan lugar durante cortos espacios de tiempo. Debe considerarse como el nivel mínimo absoluto para el proyecto de carreteras importantes en zona rural y un mínimo conveniente de no rebasar para el de autopistas y autovías en zona urbana.

e) Nivel de servicio E: Determina las características de una circulación inestable con velocidad variable y paradas de breve duración; la velocidad oscila normalmente alrededor de los 50 Km/h y las intensidades de servicio se acercan mucho a la capacidad de la vía.

f) Nivel de servicio F: Representa las condiciones de circulación forzada con pequeña velocidad y paradas frecuentes de menor o mayor duración, debidas a la congestión del tráfico; en casos extremos, la velocidad y la intensidad de servicio pueden descender a cero.

En la publicación “Recomendaciones para el proyecto de Enlaces” existen las tablas 3.1 a 3.4, que contienen los distintos valores para la velocidad de circulación y la relación I_s/C para los diferentes niveles de servicio y distintos tipos de carreteras, Estos valores se corresponden para condiciones ideales de trazado y tráfico.

Los valores para el factor de hora-punta, corresponden a los promedios más frecuentes observados en la práctica, pudiendo considerarse el de 0,77 como típico de carreteras en zona rural y los restantes característicos de zonas urbanas, más elevados cuanto mayor es el núcleo y más se acerca la vía a su centro o distrito comercial; el valor máximo de 1 rara vez se alcanza en la práctica.

Para estimar los valores reales habrán de tenerse en cuenta una serie de factores de reducción inherentes a las condiciones de trazado (rampa y/o pendiente, existencia y ancho de arcén, ancho de carriles, obstrucciones laterales, vehículos parados, etc.) y del tráfico (composición del tráfico total, log. de las rampas, etc.). Remitimos de nuevo al documento "Highway Capacity Manual" de 1.965 para una mayor información.

9.- TRAMOS DE TRENZADO.

Un ejemplo típico de tramo de trenzado se da en una entrada y salida de una autopista, siendo por tanto frecuente su presencia en los enlaces. Su estudio es fundamental en el proyecto de enlaces, ya que es un punto crítico del trazado que puede afectar al buen funcionamiento del enlace, tanto en su aspecto de velocidad de circulación deseable como en el de la seguridad del tráfico.

Donde las circunstancias lo permitan, el efecto adverso de un tramo de trenzado puede anularse aumentando la separación entre la entrada y la salida siguiente; también puede eliminarse de una carretera la presencia física de un tramo de trenzado, mediante la introducción de una estructura de separación de niveles. Donde estos recursos no sean factibles, debido principalmente a razones económicas, y el tramo de trenzado aparezca como una solución aceptable, su longitud deberá ser suficiente para permitir un nivel de servicio del tramo compatible con el nivel de servicio de la propia carretera donde queda integrado, con adecuada visibilidad ante sus accesos y en la totalidad de su desarrollo. Tanta importancia como esta longitud tiene el ancho del tramo expresado en número de carriles. Ambos aspectos se calculan a continuación.

9.1. Longitud de Trenzado.

La longitud necesaria de un tramo de trenzado se determina con ayuda del ábaco de la figura 3.1, de la publicación antes citada, en función del número de vehículos que se entrecruzan y del nivel de servicio deseado representado por las curvas I a V. (De mayor a menor nivel de servicio o calidad de la circulación como a continuación se indica.) Tabla 3.7.

9.2. Ancho de carril.

Puede hacerse según dos procedimientos: el 1º consiste en determinar por separado el nº de carriles necesarios para los movimientos directos por la fórmula:

$$\frac{F_1 + F_2}{I_s}$$

en la que F1 y F2 son el nº de vehículos por hora en cada uno de los movimientos directos e I_s la intensidad de servicio correspondiente por carril (ver tabla 3.5), y añadir los carriles necesarios para los movimientos de trenzado que se determinan, de forma análoga, por la expresión:

$$\frac{T_1 + K T_2}{I_s}$$

donde T_1 es el nº de vehículos en el mayor de los dos movimientos de trenzado, T_2 es el menor, k un factor que influye en la maniobra variable entre los límites de 1 y 3 e I_s lo anteriormente indicado.

El 2º procedimiento se basa en la combinación de las dos fórmulas indicadas anteriormente, con lo que resulta que el nº total de carriles, N será igual a:

$$N = \frac{F_1 + F_2 + T_1 + K T_2}{I_s} \quad \text{ó} \quad N = \frac{I + (K-1) T_2}{I_s}$$

Con $I = F_1 + F_2 + T_1 + T_2$, si se toma en cuenta el nº total de vehículos por hora en los movimientos directos y de trenzado.

TABLA 3.5: Relación entre el Nivel de Servicio de un Tramo de Trenzado y la máxima Intensidad de Servicio por carril

NIVEL DE SERVICIO DEL TRAMO	I_s máxima por carril (Veh. Ligeros por hora)
I	2.000
II	1.900
III	1.800
IV	1.700
V	1.600

Normalmente, el valor obtenido para N no se corresponderá con un número entero; entonces el resultado debe interpretarse juiciosamente en atención a considerarlos por exceso o por defecto, ya que no existe un criterio definido para hacerlo. Por un extremo, cuando se ha seleccionado un nivel de servicio elevado (menor que I_s), los movimientos directos predominan y la fracción decimal de N es pequeña, un carril adicional resultará innecesario, ya que el tramo en cuestión podrá

absorber la pequeña sobrecarga sin dificultad. Por otro extremo, cuando el nivel de servicio sea más bajo (mayor que I_s), los vehículos envueltos en la maniobra de trenzado constituyan una proporción importante sobre el tráfico total y la fracción de N sea grande, será esencial disponer de un carril adicional.

9.3. Tramos fuera de trenzado.

Cuanto mayor es la longitud de un tramo de trenzado, el efecto adverso de la maniobra se minimiza hasta llegar a un punto para el cual el efecto de esta maniobra es equiparable al producido por cualquier cambio normal de los vehículos entre carriles. Estas longitudes en función del número de vehículos que se entrecruzan, para ciertos volúmenes determinados, se exponen en la Tabla 3.6.

TABLA 3.6: Longitudes de tramos fuera del efecto del trenzado

Nº TOTAL DE VEHÍCULOS QUE SE ENTRECRUZAN (Vehículos ligeros por hora)	LONGITUD MÍNIMA DEL TRAMO (Metros)
500	300
1.000	720
1.500	1.200
2.000	1.800

9.4. Capacidad y niveles de servicio.

En la Tabla 3.7 se indican las relaciones que deben existir entre los niveles básicos de los distintos tipos de carreteras y el nivel de servicio en los tramos de trenzado incluidos en su desarrollo.

TABLA 3.7: Relación entre el nivel de servicio básico de las carreteras y el nivel de servicio en tramos de trenzado.

Nivel de servicio básico	Nivel de servicio en el tramo			
	Autopistas y carreteras de 4 ó más carriles		Carreteras de dos carriles	Calles arteriales, urbanas y suburbanas
	En la propia carretera	Conexiones, vías C-D y otras carreteras en los enlaces.		
A	I - II	II - III	II	III - IV
B	II	III	II - III	III - IV
C	II - III	III - IV	IV	IV
D	III - IV	IV	IV	IV
E (1)	IV - V	V	V	V
F	No es satisfactorio (2)			

(1) Equivale a capacidad.

(2) El nº máximo de vehículos que se entrecruzan, equivale al dado por la curva V, pero puede ser mucho más bajo como consecuencia de presentarse atascos o taponamientos en la circulación.

Las relaciones localizadas por debajo de la línea gruesa no son deseables y en su caso de producirse estarían indicando la incapacidad de la zona de trenzado y por tanto la necesidad de su modificación y/o remodelación. Donde se indican dos niveles de servicio básico, el de la izquierda es el deseable y el de la derecha el mínimo; el primero de ellos deberá considerarse siempre para el proyecto de tramos de trenzado entre enlaces de dos autopistas importantes con control de accesos en el caso de que las entradas y salidas sean lados opuestos de la calzada.

El significado del nivel de servicio del tramo que representan las curvas I a V, del Anexo A es el siguiente:

Curva I: Las condiciones de circulación y la velocidad se aproximan a las normalmente establecida bajo las condiciones de libre circulación sin existencia de movimientos de trenzado y están influenciadas en gran parte por los volúmenes medios por carril. El efecto producido por el trenzado es débil y pueden alcanzarse velocidades de 80 Km/h o mayores, siempre que el nº de carriles sea el apropiado.

Curva II: Las condiciones de funcionamiento y la velocidad se encuentra ligeramente más restringidas que las normales bajo condiciones de libre circulación sin trenzado de vehículos. El efecto producido por el trazado es de débil a normal y pueden mantenerse velocidades de 70 a 80 Km/h con el nº de carriles adecuado.

Curva III: Los vehículos que se entrecruzan pueden mantener velocidades del orden de 65 a 70 km/h, aunque ésta podrá variar considerablemente de unos vehículos a otros y en cortos períodos de tiempo dentro de cada hora. Los vehículos que siguen movimientos directos pueden desarrollar velocidades más altas si los carriles correspondientes a dichos movimientos tienen suficiente capacidad. Las condiciones de operación son más restringidas que las normales para libre circulación, pero aceptables cuando la velocidad de los vehículos que se acercan al tramo es de 80 km/h, aproximadamente.

Curva IV: Aunque la velocidad particular de cada vehículo puede variar considerablemente, el conjunto puede mantener velocidades entre 50 y 55 km/h. Al igual que en el caso anterior, los conductores que siguen movimientos directos circulan a mayor velocidad. Las condiciones de circulación son aceptables para el tráfico que se aproxima al tramo con velocidad inferior a 65 km/h. especialmente en aquellas zonas muy desarrolladas donde predominan los trayectos cortos; ocasionalmente se presentan ligeros descensos en la velocidad y cierta restricción de maniobra.

Curva V: Esta curva representa la capacidad de un tramo de trenzado de una longitud determinada, o sea, el máximo número de vehículos que pueden atravesarlo en una hora. La velocidad en estas condiciones puede variar rápidamente entre 50 y 30 km/h. o aún menos. Se presentan con frecuencia situaciones forzadas y de turbulencia, incluyendo paradas obligadas de los vehículos que se entrecruzan y paso alternativo de los mismos de unos carriles a otros. La operación de los conductores que siguen movimientos directos puede resultar o no razonable, según la capacidad de los propios carriles. Son de esperar accidentes de poca gravedad y con relativa frecuencia y pérdidas de nivel de servicio en las entradas, al menos en una de ellas, durante los períodos de mayor afluencia de vehículos, que afectan a la totalidad de tráfico, tanto al de trenzado como al directo.

9.5. Separación de los enlaces a lo largo de una autopista.

Es necesaria una distancia apropiada entre los sucesivos enlaces de una autopista que permita la adecuada separación entre las entradas y salidas consecutivas a efectos de señalización y de trenzado de vehículos. Teniendo en cuenta estas circunstancias y las longitudes necesarias para las conexiones y desarrollo de los ramales de entrada y salida de la autopista, los límites de separación dependerán de diversos aspectos del trazado (forma y longitud de los ramales, etc.)

Si se emplean vías colectoras – distribuidoras (C-D) a lo largo del enlace, o entre sucesivos enlaces, las longitudes precisas para los tramos de trenzado pueden ser menores que las necesarias en la propia autopista, por ello, con la inclusión de estas vías C-D, pueden reducirse los límites de separación entre enlaces.

En “Recomendaciones para el Proyecto de Enlaces”, las fig. 3.2 y 3.3, permiten determinar la longitud de separación de enlaces con o sin C-D.

En zonas rurales y suburbanas se puede conseguir, normalmente, la separación necesaria entre sucesivos enlaces. Sin embargo, en zonas urbanas de gran desarrollo y concentración, esta separación es difícil de lograr como consecuencia de la fuerte demanda de tráfico que exige accesos demasiado frecuentes; entonces hay que recurrir a disposiciones o arreglos especiales para los ramales, que permitan más salidas y entradas de las que normalmente puede satisfacer la autopista, algunas de las cuales se presentan en la figura 3.4. (Una aplicación de este tipo puede verse en la M-30 de Madrid).

En la figura 3.5. se indican, solo como orientación, la comparación de los límites de separación entre enlaces con el empleo de estas disposiciones especiales y en relación con la disposición básica o normal.

Como resumen general, a efectos de la ubicación de los enlaces se respetarán, salvo expresa justificación en contrario, las siguientes distancias:

- ❖ En carreteras de calzadas separadas.
 - La distancia entre enlaces consecutivos será superior a seis kilómetros (6 Km), medida entre las secciones características de los carriles de cambio de velocidad más próximos.
- ❖ En carreteras de calzada única.
 - Con previsión de duplicación de calzada, será de aplicación la prescripción anterior.
 - Sin previsión de duplicación de calzada, la distancia entre enlaces consecutivos, será como mínimo de dos Kilómetros (2 Km) medida entre las secciones características de los carriles de cambio de velocidad más próximos.

10.- RAMALES DE ENLACE.

La capacidad a lo largo de todo el ramal depende por lo menos de tres factores:

- 1.- La capacidad de su conexión con la autopista o vía principal.
- 2.- La capacidad del propio ramal.
- 3.- La capacidad de la conexión con la Carretera transversal o secundaria.

En la mayor parte de los casos, el primero y el último son los que determinan las condiciones del ramal en sí.

La unión con la carretera transversal puede ser en algunos casos una conexión con otra autopista que presenta problemas análogos al de la salida, pero la

mayoría de las veces aparece como una intersección o glorieta a nivel, cuya capacidad se determina de acuerdo con las normas dadas en "Recomendaciones para el Proyecto de Intersecciones" y "Recomendaciones sobre glorietas" respectivamente. Frecuentemente, ésto obliga a ensanchar el acceso del ramal a la transversal a dos o aún a tres carriles, al objeto de proveer suficiente número de carriles que equilibren la capacidad del ramal con la del acceso, teniendo en cuenta la posibilidad de la existencia de algún tipo de control de tráfico para el cruce de la carretera transversal. En ocasiones, será necesario prolongar estos carriles adicionales a lo largo del ramal y en una longitud suficiente para que el efecto de los vehículos parados no perturbe a la conexión de salida de la autopista o a los propios carriles de circulación de la misma.

La capacidad de un ramal de un solo carril puede llegar, bajo condiciones ideales, a 2.000 vehículos ligeros por hora, pero en la realidad las condiciones que se presentan suelen reunir un trazado geométrico restringido con curvas de pequeño radio y rasantes pronunciadas, por lo que la intensidad de servicio de un ramal resultará considerablemente más baja que su capacidad. A efectos prácticos, puede considerarse:

- i) de 1.000 vehículos ligeros por hora, para ramales de velocidad específica igual o menor de 50 km/h.
- ii) de 1.200 para los de velocidad específica mayor de 50 km/h, con los coeficientes de reducción indicados en la tabla 3.8, en función del porcentaje de vehículos pesados.

Cuando la demanda de tráfico exceda los volúmenes expresados anteriormente o, cuando sin exceder, los ramales presentan su trazado en rampa con más de 300 metros de longitud y soporten fuerte intensidad con porcentaje importante de camiones, serán necesarios dos carriles de modo que puedan proporcionar una intensidad de servicio doble a la ya indicada; las conexiones con las autopistas o vía principal se acordarán sin embargo a un solo carril, mientras en dichos punto la afluencia no sobrepase a los 30 vehículos ligeros por minuto en un período punta de cinco minutos, equivalente a intensidades de 1.400 a 1.500 vehículos ligeros por hora.

Si la intensidad de servicio es superior a los valores anteriores, se deberán de proyectar dos ramales, o bien con trazado tipo bifurcación o bien añadiendo un carril adicional, con longitud suficiente, al tronco de la autopista o vía principal destinado a encauzar el tráfico procedente del ramal.

TABLA 3.8: Efectos del trafico pesado en la intensidad de servicio de los ramales de enlace.

Porcentaje del tráfico pesado	Rasantes		
	± 0 a 2%	± 3 a 4%	+5%
10	0.90	0.83	0.77
20	0.83	0.71	0.62
30	0.77	0.62	0.53

La capacidad de las conexiones con la autopista, factor principal en la capacidad del propio ramal, depende del nivel de servicio y de la intensidad de tráfico del carril 1, o carril lento, de la autopista, y será normalmente la que controle la intensidad de servicio del ramal.

En la tabla 3.9. se indican las intensidades de servicio correspondientes a distintos niveles de servicio de la autopista, que pueden alcanzarse en la proximidad de las conexiones, teniendo en cuenta el tráfico de paso en el carril 1, más el tráfico del ramal de salida o de entrada. En muchos casos, la demanda de tráfico en las cercanías de un enlace incrementa la intensidad de servicio de la autopista en tramos relativamente pequeños con el consiguiente descenso de su nivel de servicio, descenso que es tolerable para los conductores en cortas distancias, por lo cual un nivel C puede considerarse como bueno para tramos de 300 ó 600 metros de autopistas con un nivel de servicio normal A y B (ver tabla 3.1). El nivel D, debe ser el mínimo a considerar, por estar ya en los límites de un servicio tolerable.

Cuando el tráfico de paso previsto para el carril 1, más el correspondiente al ramal, sea muy elevado, es muy útil disponer un carril auxiliar de suficiente longitud entre una entrada y la salida sucesiva que ayuda a acomodar el exceso de tráfico y facilita las maniobras de los vehículos.

Al depender la intensidad de servicio de un ramal del número de vehículos que ocupan el carril 1 de la autopista, su determinación es muy compleja y puede variar entre unos límites muy extensos, que dependerán, en definitiva, de la intensidad del tráfico total de la autopista.

La capacidad de los lazos de los tréboles se ve limitada no sólo por las conexiones con la autopista, sino también por el efecto del trenzado entre los vehículos que salen y entran; en un trazado de longitud normal esta restricción supone una intensidad de servicio máxima para ambos lazos, de 1.100 a 1.200 vehículos ligeros por hora, en zonas rurales, y de 1.500 a 1.650 en zonas urbanas. Hasta volúmenes de trenzado de 800 a 1.000 vehículos por hora, puede proyectarse el trazado sin vías C-D, y a partir de dichas cantidades, si la intensidad de tráfico de la autopista es importante, es recomendable el empleo de dicha vía, que supone un aumento de un 50 por 100 aproximadamente en la intensidad de servicio de los lazos.

11.- INFLUENCIA EN LA SEGURIDAD DE LA CIRCULACIÓN

Los puntos donde dos vías se intersectan son por su propia naturaleza un punto de conflicto donde confluyen tráficos distintos con sentidos no necesariamente coincidentes.

Más allá de las normas propias de preferencia que a tal efecto se recogen en el Reglamento General de Circulación, o de la existencia de algún tipo de señalización o regulación semafórica, la propia infraestructura debe permitir que el cruce o incorporación se realice en las mejores condiciones posibles de seguridad.

En la seguridad de la circulación por glorieta intervienen diversos aspectos de su trazado, desgraciadamente no siempre compatibles: por lo que hay que llegar a un compromiso entre objetivos contrapuestos, consiguiendo que los vehículos cambien de tramo en condiciones de seguridad y con poca demora. El logro de este compromiso se ve dificultado por intensidades o velocidades elevadas y por limitaciones de espacio; estas últimas son a menudo el factor determinante al acondicionar una intersección existente, especialmente en zona urbana.

La mayoría de los accidentes en intersecciones cuya circulación está ordenada por prioridad de paso están relacionados con los conflictos de cruce debidos a giros a la izquierda, que no tienen lugar en las glorietas.

Sin embargo, a pesar del buen historial de las glorietas, se debe prestar especialmente gran atención a la seguridad en su diseño, y especialmente en el de sus entradas. El parámetro más importante es la curvatura mínima $1/R$ de la trayectoria de los vehículos que entran. Las isletas centrales demasiado grandes (de más de 50 m de diámetro) o no circulares presentan un nivel de seguridad menor. La presencia de peatones o de vehículos de dos ruedas puede provocar problemas especiales.

Según datos estadísticos de Gran Bretaña, el 4% de los accidentes con víctimas ocurrieron en glorietas. La proporción de estos accidentes que resultó mortal fue del 0,7%, frente al 1,5% de todas las demás intersecciones y el 3,1% fuera de ellas. El coste medio por accidente fue, en glorietas, un 30% menor que en las demás intersecciones y un 60% menor que fuera de ellas. Estos datos —aun con las reservas que pudieran hacerse respecto del elevado número de glorietas que hay en ese país, y de lo acostumbrados que a ellas están sus conductores— indica lo efectivas que resultan las glorietas en la reducción de la gravedad de los accidentes en intersecciones.

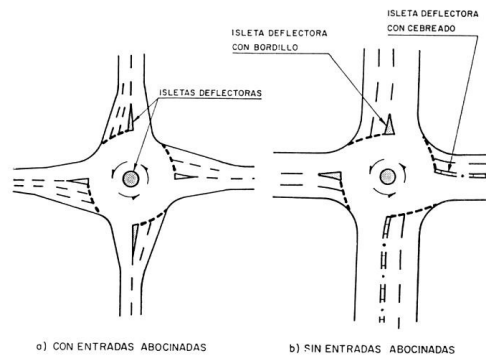
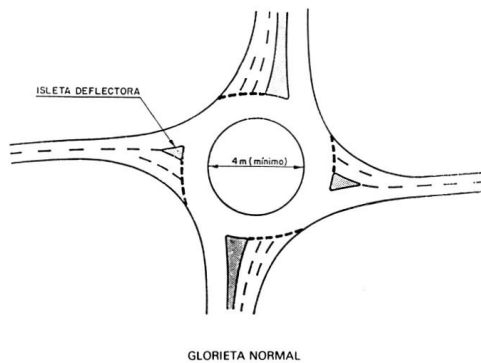
La experiencia francesa muestra asimismo una fuerte reducción del número de accidentes con víctimas en las glorietas —y una aún mayor de su gravedad— frente a las intersecciones convencionales.

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que en las glorietas en que se producen accidentes suelen terminar por instalarse semáforos, con lo que la intersección pasa a ser considerada con semáforos y en las estadísticas desaparece como glorieta.

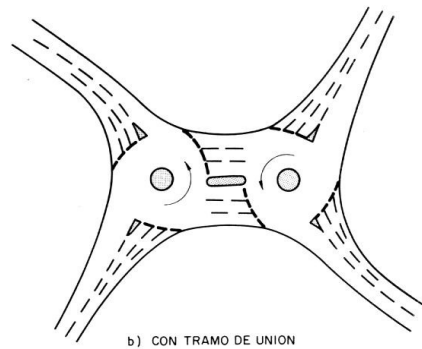
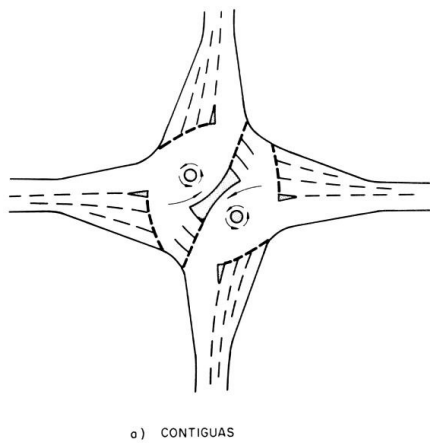
Los accidentes más frecuentes (alrededor de un 40% de los accidentes con víctimas y del 90% de los mortales) se deben a vehículos aislados que se salen de la calzada en una entrada a la glorieta, especialmente si la isleta central representa un obstáculo.

ANEXO A

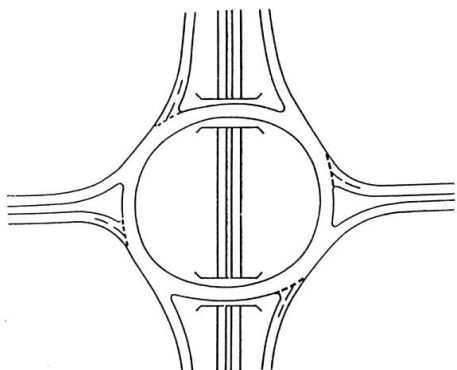
- Tipos de glorietas



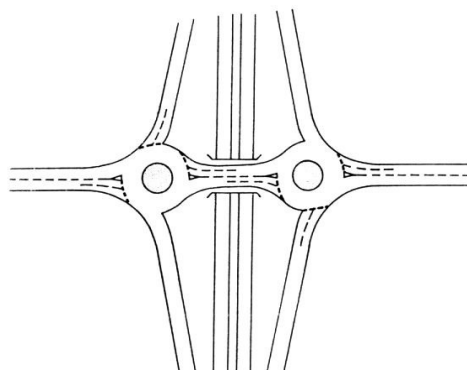
MINIGLORIETAS



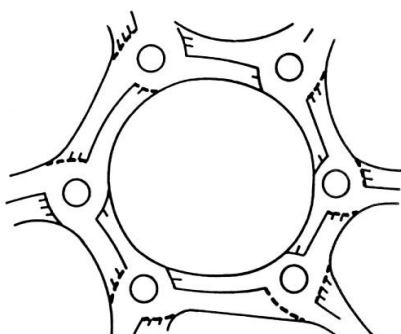
GLORIETAS DOBLES



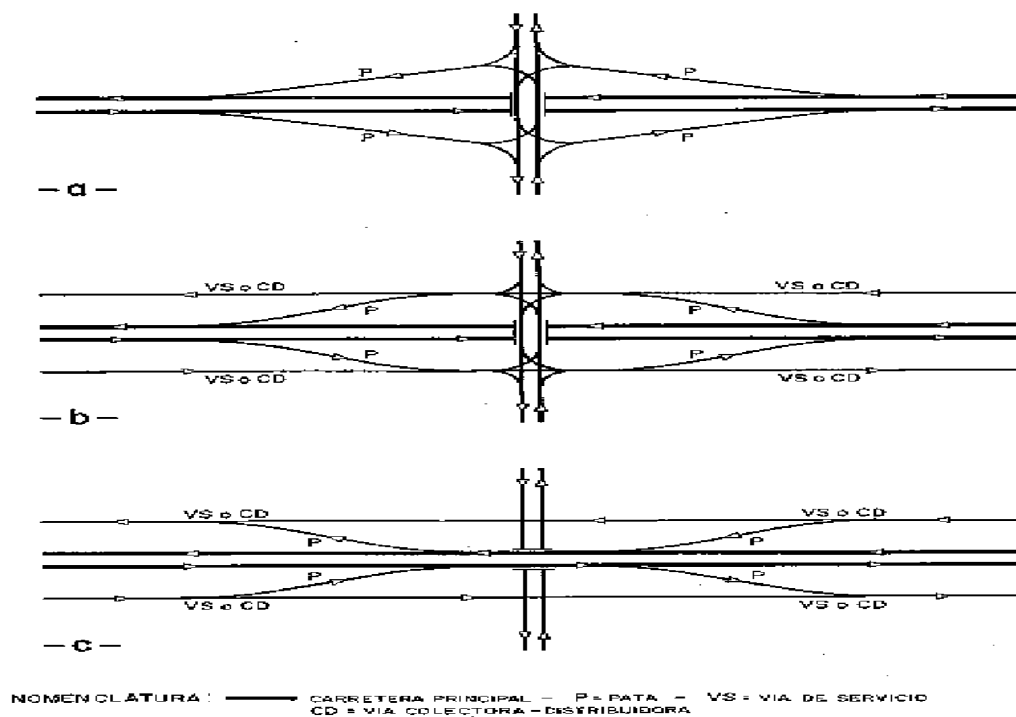
GLORIETA A DISTINTO NIVEL CON DOS PUENTES



GLORIETA A DISTINTO NIVEL TIPO "PESA"

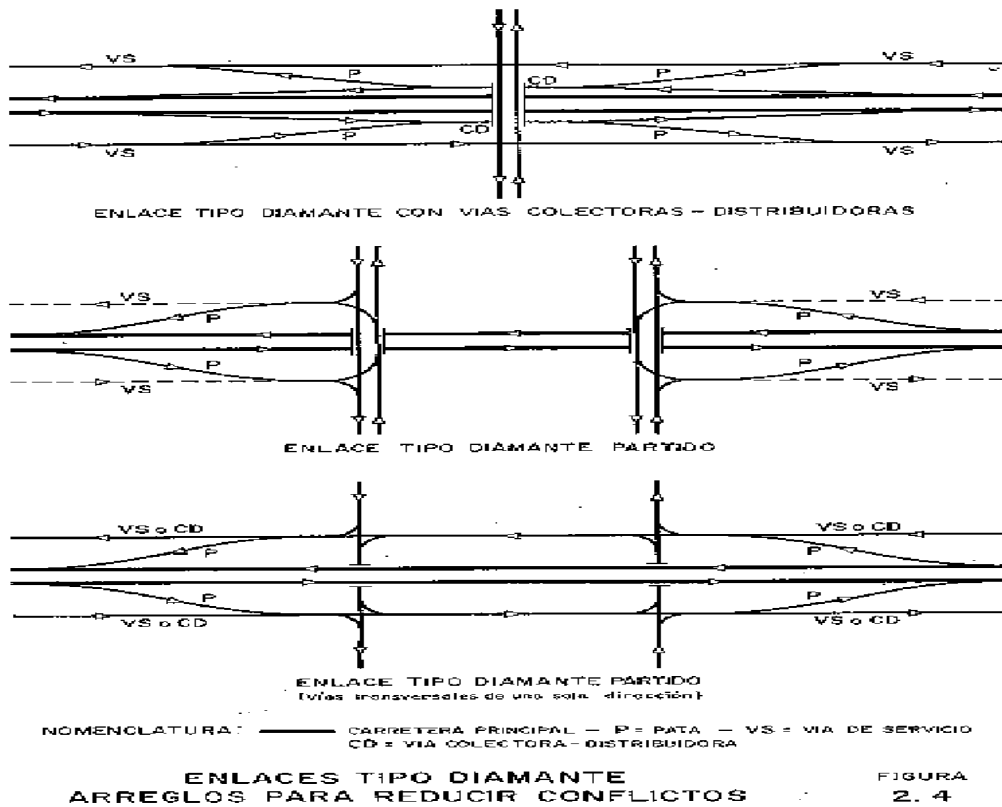


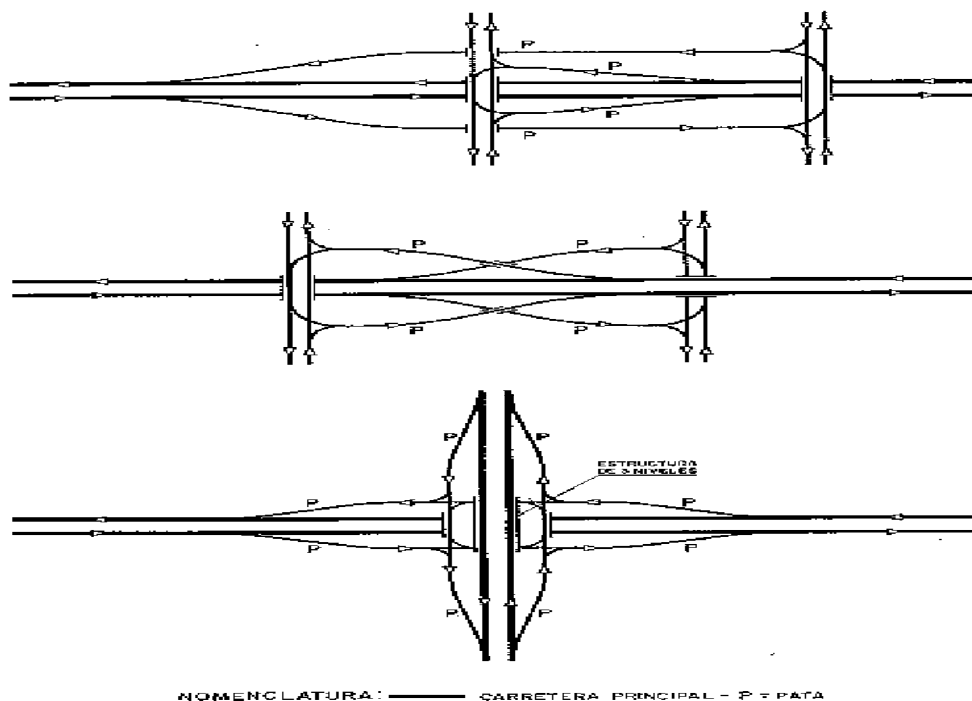
INTERSECCION ANULAR CON MINIGLORIETAS



ENLACES TIPO DIAMANTE - CLASICO

FIGURA
2.3

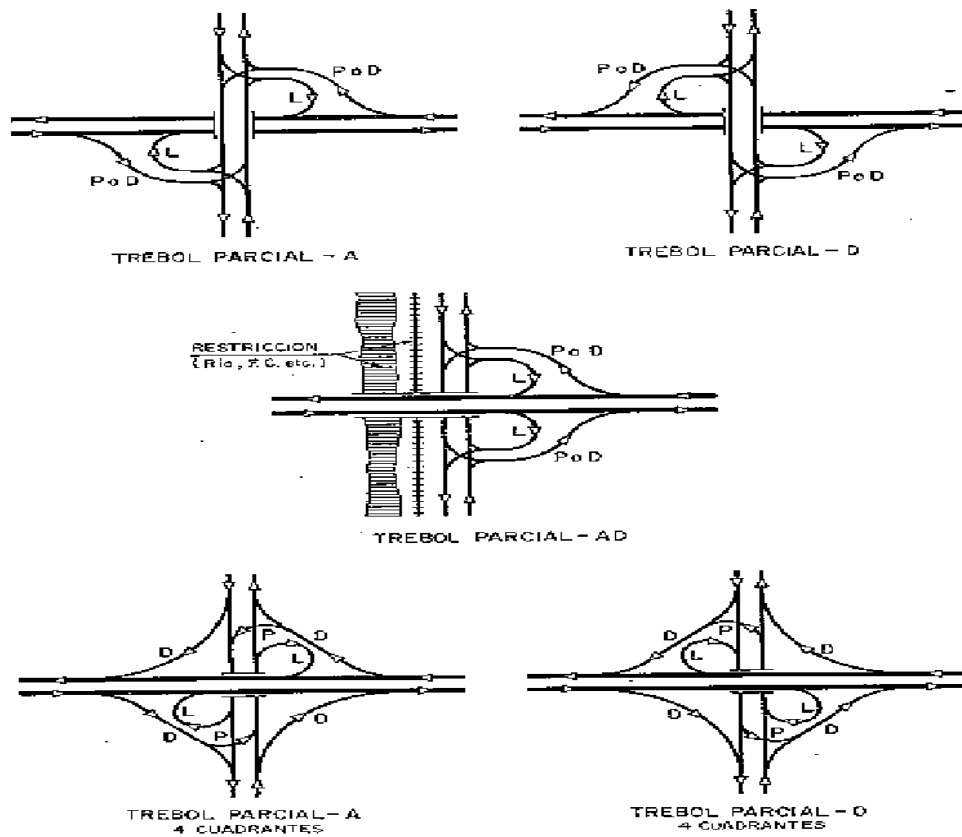




NOMENCLATURA: — CARRETERA PRINCIPAL - P = PATA

ENLACES TIPO DIAMANTE
 CON ESTRUCTURAS ADICIONALES

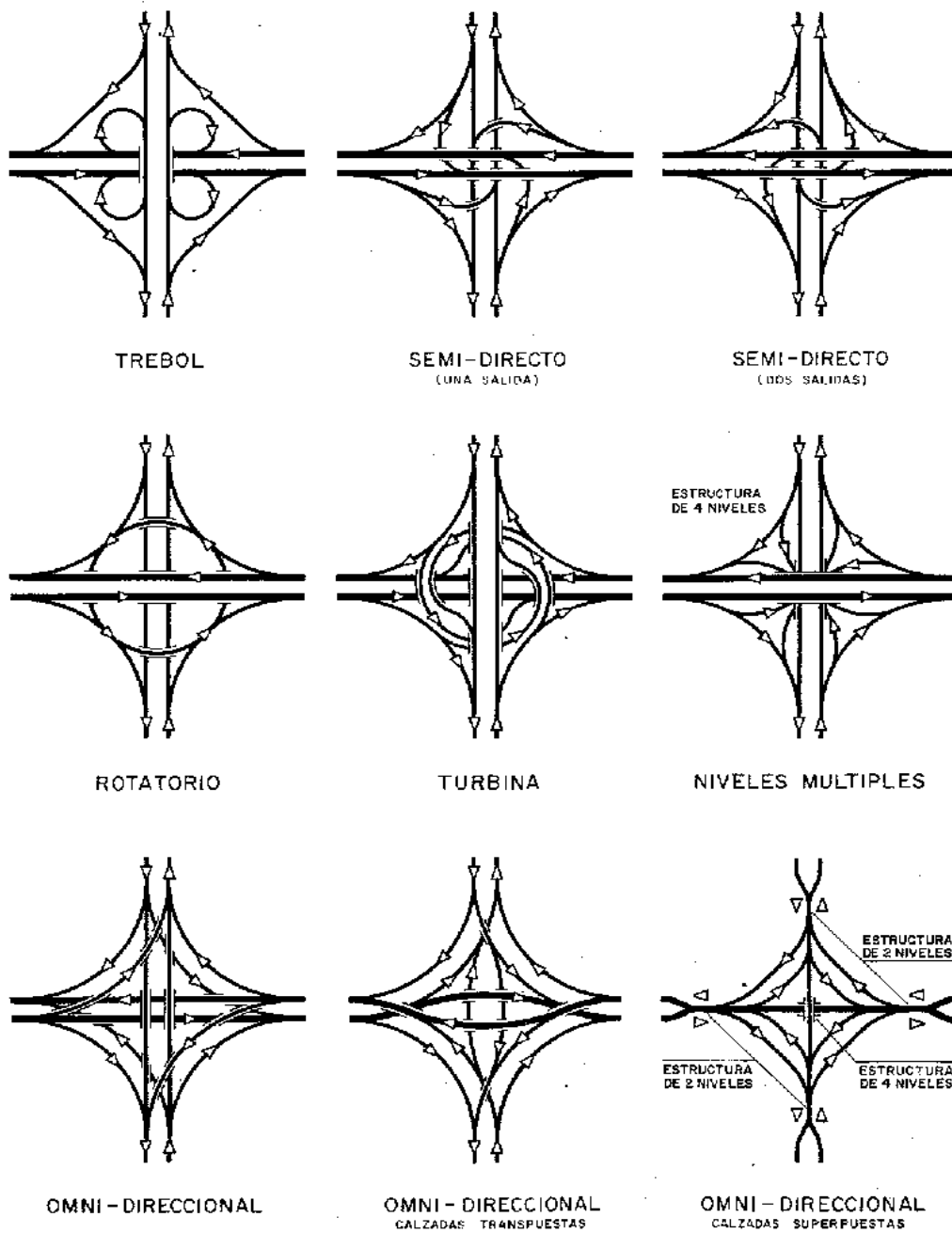
FIGURA
 2.5



NOMENCLATURA: — CARRETERA PRINCIPAL — D = RAMAL DIRECTO — L = LAZO — P = PATA
 NOTA: la designación A o D del trebol parcial aligñas que la salida de la carretera principal este ANTES o DESPUES de la restricción

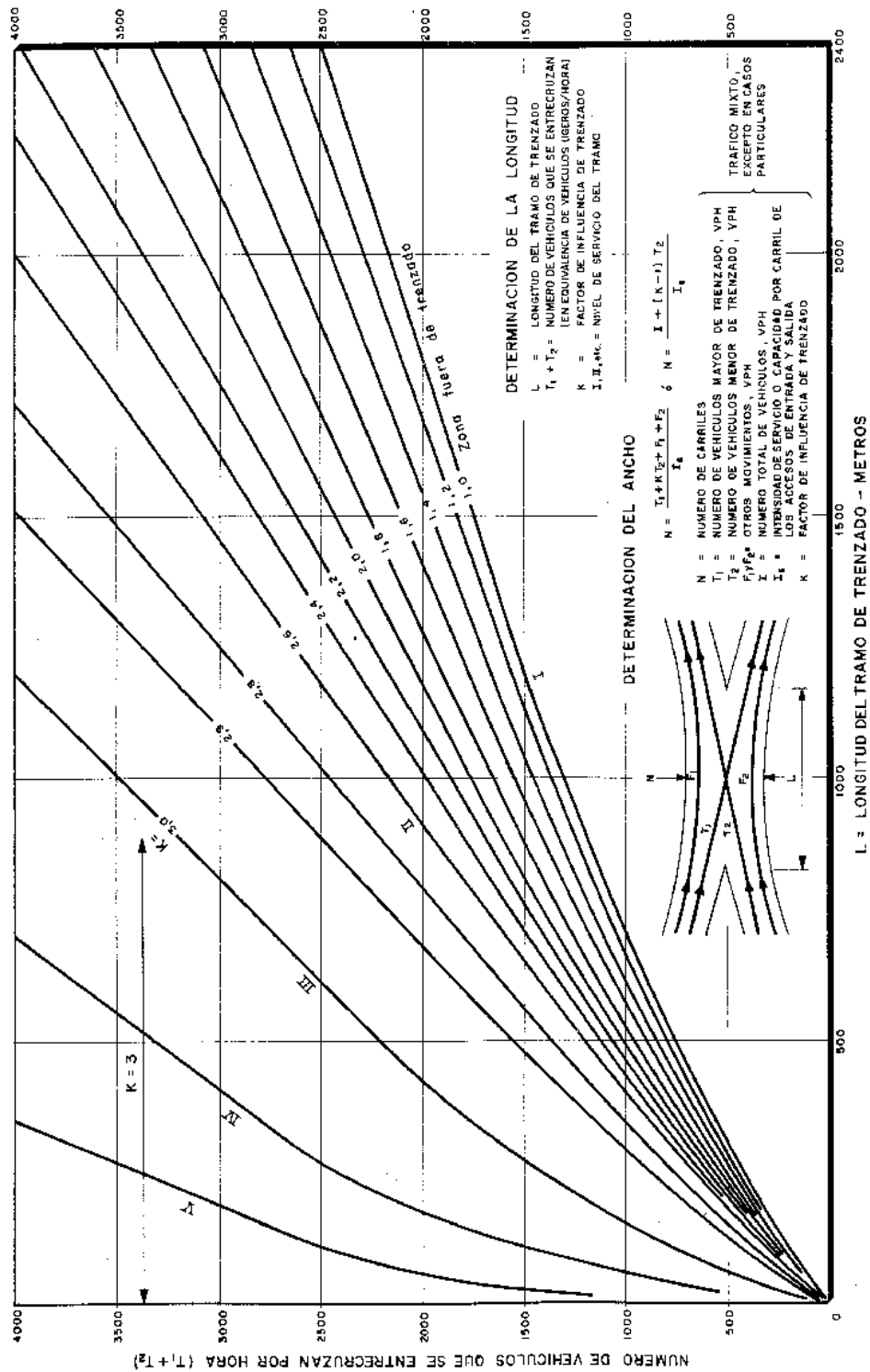
ENLACES TIPO TREBOL PARCIAL

FIGURA
 2.6



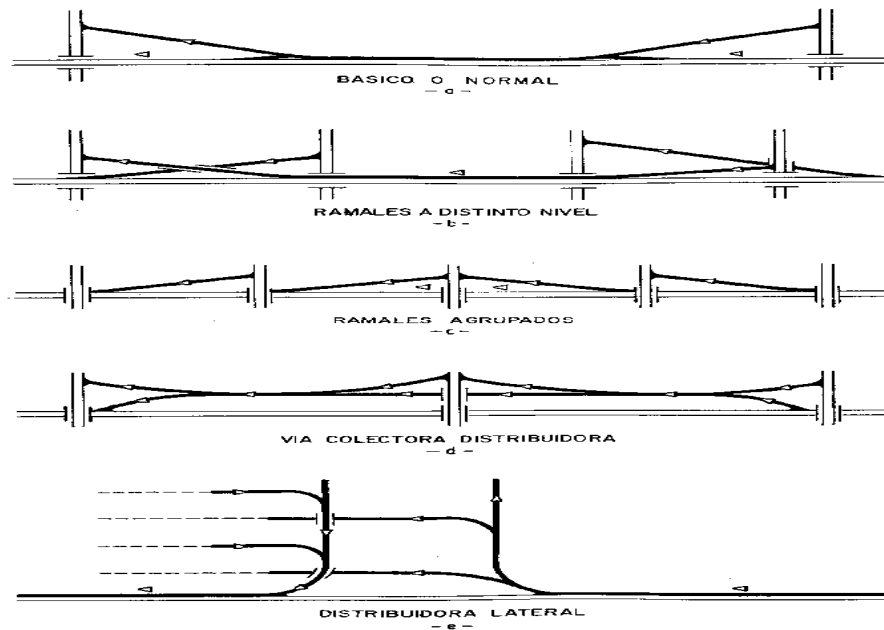
TIPOS DE ENLACES SIMÉTRICOS
 CON CONDICIONES DE LIBRE CIRCULACIÓN

FIGURA
 2.7



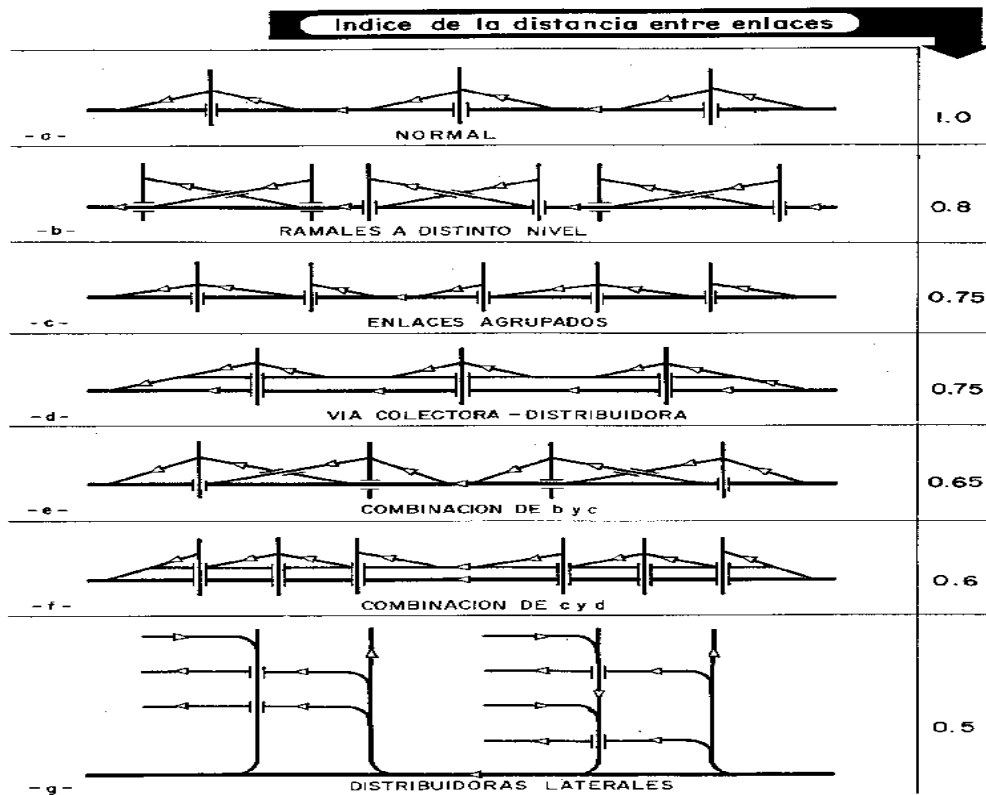
ABACO PARA LA DETERMINACION DE LA LONGITUD NECESARIA DE LOS TRAMOS DE TRENZADO

FIGURA 3.1



DISPOSICIONES ESPECIALES DE LOS RAMALES QUE PERMITEN REDUCIR LOS LIMITES DE SEPARACION ENTRE ENLACES

FIGURA 3.4



COMPARACION ENTRE LOS LIMITES DE SEPARACION ENTRE ENLACES MEDIANTE DISPOSICIONES ESPECIALES DE LOS RAMALES

FIGURA 3.5

TABLA 3.9
INTENSIDADES DE SERVICIO Y CAPACIDAD EN LA PROXIMIDAD DE CONEXIONES DE RAMALES
(V.P.H. DE TRAFICO MIXTO DE UNA DIRECCION, CON RASANTES SUAVES Y HASTA UN 5% DE VEHICULOS PESADOS)

NIVEL DE SERVICIO	INTENSIDAD DE SERVICIO DE LA AUTOPISTA, UNA SOLA DIRECCION, V.P.H. ⁽¹⁾⁽²⁾												INTENSIDAD DE SERVICIO EN EL PUNTO DE CONTROL, V.P.H. ⁽³⁾		NUMERO TOTAL DE VEHICULOS DE PUEDEN ENTRECruzARSE V.P.H. ⁽⁶⁾			
	4 CARRILES	6 CARRILES	8 CARRILES	ENTRADA ⁽⁵⁾	SALIDA ⁽⁴⁾													
A	1400	2400	3400	1000	1100													
B	2000	3500	5000	1200	1300													
FACTOR DE HORA PUNTA ⁽⁶⁾	0,77	0,83	0,91	⁽⁷⁾ 1,00	⁽⁷⁾ 0,77	0,83	0,91	⁽⁷⁾ 1,00	⁽⁷⁾ 0,77	0,83	0,91	⁽⁷⁾ 1,00	⁽⁷⁾ 0,77	0,83	0,91	⁽⁷⁾ 1,00		
C	2300	2500	2750	3000	3700	4000	4350	4800	5100	5500	6000	6500	7100	1400	1500	1650		
D	2800	3000	3300	3500	4150	4500	4900	5400	5800	6000	6500	7100	1400	1500	1650	1800		
E ⁽⁸⁾	≤ 4000			≤ 6000			≤ 8000			≤ 2000			≤ 2000					
F	MUY VARIABLE																	

- (1) Valor máximo límite para cada nivel de servicio
- (2) Representa la intensidad observada para el total de las carriles de la autopista entre ramales de un enlace o entre enlaces
- (3) Representa la intensidad de convergencia que se determina por la suma de la intensidad del carril 1 más la del ramal de entrada
- (4) Representa la intensidad del carril 1 inmediatamente antes de un ramal de salida; incluye la del tráfico de paso y la del de salida
- (5) Para tramos de tronzado en la autopista entre ramales de entrada y salida en una distancia de 150 m.
- (6) Para autopistas, la relación de la intensidad de la hora-punta al valor máximo de la afluencia que tiene lugar en un intervalo de 5 minutos
- (7) Factor igual a 1,00 se alcanza raramente; los valores dados deben ser considerados como mediciones máximas del factor de hora-punta probables de obtener durante el periodo de 5' dentro de dicha hora.
- (8) Equivale a capacidad.