

RESUMEN TEMA 5 GRUPO INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE.**SUBGRUPO 1 CARRETERAS****TRAZADO DE CARRETERAS****1. TRAZADO DE CARRETERAS. NORMA 3.1-IC DE TRAZADO.**

La normativa legal básica de aplicación en materia de trazado de carreteras se recoge en la **Ley 37/15 de Carreteras y en su Reglamento de desarrollo aprobado por RD 1812/1994**, mientras que la normativa técnica básica es la **Norma 3.1-IC de Trazado aprobada por Orden FOM 273/2016**, complementada con la **Orden Ministerial de Fomento de 1997 que regula los accesos a las carreteras del Estado**, la **Guía de Nudos viarios de 2012** y la **Orden FOM 3317/2010 de mejora de la eficiencia de las inversiones en infraestructuras**.

La Instrucción de Trazado **entró en vigor el 5 de marzo de 2016** y contempla las especificaciones de los elementos básicos para el estudio o proyecto de trazado de carreteras, recogiendo las condiciones relativas a la planta, alzado y sección transversal y los criterios para obtener una adecuada coordinación entre ellos, incluyendo además criterios para nudos, conexiones y accesos, así como secciones transversales singulares. Será de **aplicación a estudios y proyectos de carreteras interurbanas y estudios y proyectos de tramos urbanos y periurbanos de carreteras**. Sin embargo, **no será de aplicación** a proyectos de vías ciclistas, caminos de servicio y caminos agrícolas.

Introduce una nueva denominación de las carreteras, distinguiendo 3 **grupos** según la categoría de carretera y su velocidad de proyecto, donde encontramos:

- ✓ **Grupo 1:** Autopistas y autovías A-140 y A-130.
- ✓ **Grupo 2:** Autopistas y autovías A-120, A-110, A-100, A-90 y A-80 y Carreteras C-100.
- ✓ **Grupo 3:** Carreteras C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40.

En el trazado influirán básicamente 2 factores como son la **velocidad y la visibilidad**, distinguiéndose **5 tipos de velocidades**: velocidad específica de una curva circular, de proyecto de un tramo, de recorrido de un tramo, velocidad libre y velocidad V85 o velocidad operativa característica de un elemento.

Respecto a la **visibilidad disponible** depende de los elementos de trazado, pero no de la velocidad de circulación, existiendo 4 visibilidades, la de parada, adelantamiento, decisión y cruce. Por su parte la **visibilidad necesaria** sí que depende de la velocidad de los vehículos y del tipo de maniobra, distinguiendo igualmente entre, distancia de parada, adelantamiento, decisión y cruce. Por lo que la **visibilidad disponible deberá ser en todo caso mayor que la necesaria para lograr así una conducción segura**.

2. TRAZADO EN PLANTA.

Se compone de la **adecuada combinación de 3 elementos**: alineaciones rectas, curvas circulares y curvas de transición. En cuanto a las alineaciones rectas, se tendrán en cuenta unos límites como evitar longitudes mayores a la distancia recorrida en 60 segundos a la velocidad de proyecto, o una longitud mínima de 5 segundos a la velocidad de proyecto en rectas entre trazados en S o de 10 segundos en caso contrario.

Por su parte, **fijada una determinada velocidad de proyecto, el radio mínimo** a adoptar en curvas circulares dependerá de:

- Peralte máximo y el rozamiento transversal máximo movilizado
- La visibilidad de parada en toda su longitud
- La coordinación de trazado en planta y alzado para evitar pérdidas de trazado, de orientación y dinámica.

El **radio mínimo** a adoptar en carreteras del grupo 1 será de 850 m y en carreteras del grupo 2 de 250 m. y de 50 m para carreteras del grupo 3. Asimismo, el peralte en carreteras del grupo 1 y grupo 2 oscila entre el 2-8% y entre el 2-7% en carreteras del grupo 3.

En cuanto a las **curvas de transición**, tienen por objeto evitar las discontinuidades de curvatura de la traza, adoptando en todos los casos como **curva de transición la clotoide**. Tendrá una longitud mínima en función de:

- Limitación de la variación de la aceleración centrífuga en el plano horizontal de entre 0,4-0,7 m/s²
- Limitación por transición del peralte
- Limitaciones por condiciones de percepción visual para que resulte fácilmente perceptible por el conductor

Podrá prescindirse de la utilización de curvas de transición en los casos en que el radio de la curva circular sea > 5000 m en carreteras del grupo 1 y 2 o de 2500 m en carreteras del grupo 3, así como cuando el ángulo entre alineaciones rectas sea inferior a 6 gonios, donde se enlazarán únicamente con curvas circulares sin clotoides. También se limita su longitud máxima a 1,5 veces su longitud mínima.

Será precisa, en todo caso, una **adecuada coordinación** de elementos de trazado en planta, con medidas como que el ángulo entre dos alineaciones rectas no sea inferior a 2 gonios, así como garantizar la consistencia del trazado en planta de carreteras convencionales que discurren por terreno llano u ondulado, en determinados casos como en el que la diferencia entre la V85 o velocidad operativa y la velocidad de proyecto del tramo sea menor o igual a 10 km/h. Por último, habría que destacar en este apartado la necesidad de llevar a cabo un correcto desvanecimiento del bombeo y transición del peralte en base a dos condiciones:

- Unas características dinámicas aceptables para el vehículo
- Rápida evacuación de las aguas de la calzada

3. TRAZADO EN ALZADO.

Se define el trazado en alzado en base a **dos elementos**, como son las **rasantes rectas y los acuerdos verticales**. De las rasantes rectas puede destacarse su inclinación máxima, que variará:

- ✓ Entre el 4 y el 5% como valores máximos para rampa o pendiente en Autovías y Autopistas, si bien en casos suficientemente justificados podrá incrementarse un 1% adicional los valores anteriores, así como cuando las calzadas tenga trazado en alzado independiente.
- ✓ Entre el 4-7% como inclinación máxima en carreteras convencionales y multicarril y una inclinación excepcional entre el 5-10%.

Además, se tendrá como **valor mínimo de pendiente longitudinal el 0,5% con carácter general y, excepcionalmente, el 0,2%**, si bien la inclinación de la **línea de máxima pendiente en cualquier punto de la plataforma no será menor al 0,5%**. La longitud de dichas rasantes deberá ser mayor a la longitud recorrida en 10 segundos a la velocidad de proyecto. Con los valores máximos de inclinación, las longitudes no serán mayores de 3000 m.

Hay también determinaciones más específicas, como es el caso de túneles de autopistas y autovías con velocidad de proyecto igual o superior a 100 km/h, donde la rasante será tal que deberá permitir que la velocidad de vehículos pesados sea igual o superior a los 60 km/h.

En cuanto a los **acuerdos verticales**, éstos podrán ser cóncavos o convexos, cuya curva es una parábola de eje vertical. Se exigen unos valores mínimos de dicho parámetro en función de la velocidad de proyecto, que dependerán de las Condiciones de visibilidad y de las Consideraciones de percepción visual.

Se exige un valor mínimo del parámetro de la parábola en función de la longitud de la curva de acuerdo vertical. Además, se exige una adecuada **coordinación de los trazados en planta y alzado**, ante lo que la norma 3.1-IC destaca **5 clases de defectos** frecuentes en trazados no debidamente coordinados: pérdidas de trazado, pérdidas de orientación, pérdida dinámica, situaciones combinadas y acentuada desproporción entre elementos.

4. SECCIÓN TRANSVERSAL.

La sección transversal será fijada en función de la **intensidad y de la composición del tráfico** previsible en la hora de proyecto del año horizonte, a los 20 años desde su puesta en servicio. Se compone de 4 elementos básicos, como son la calzada, los arcenes, la berma, así como la mediana y la terciaria.

La **calzada** es la zona destinada a la circulación de vehículos, pavimentada y dividida en carriles con un ancho habitual de 3,5 m, si bien podrá ser de hasta 3-3,5 m en determinados casos, como en carreteras convencionales con velocidad de proyecto entre 40-50 km/h. Los **arcenes**, por su parte, son franjas longitudinales pavimentadas contiguas a la calzada no destinadas a la circulación de vehículos salvo en circunstancias excepcionales. En el caso particular de las Autopistas y Autovías, tienen un ancho normal de entre 1-1,5 m para el carril interior izquierdo y de 2,5 m para el derecho. Las **bermas** son franjas longitudinales afirmadas o no, entre el borde exterior del arcén y la cuneta o talud, con un ancho mínimo de 1 m salvo en determinados casos como en carreteras multicarril con Vp de entre 40-50 km/h, que podrá reducirse a 0,5 m.

Los últimos elementos a contemplar son las **medianas y las terciarias**. Las **medianas** son la franja longitudinal entre 2 plataformas separadas con distinto sentido de circulación, no destinada a la circulación de vehículos, con una anchura mínima de 10 m en el caso de que se prevea ampliar el número de carriles para carreteras. Dicha anchura será de 2 metros en casos en que no se prevea la ampliación de la calzada, o la anchura de trabajo del sistema de contención de vehículos en ambos sentidos si fuese superior. Las **terciarias** son la franja longitudinal no destinada a la circulación, situada entre dos plataformas separadas correspondientes al tronco de una carretera y una vía complementaria.

Otra cuestión es el **bombeo aplicado en rectas** para evacuar las aguas superficiales, con una pendiente transversal mínima del 2%, si bien en zonas de elevada pluviometría podrá justificarse aumentarla al 2,5 %, y en curvas circulares ésta pendiente será coincidente con el peralte de la curva. Otro aspecto es la **altura libre mínima** en cualquier punto de la plataforma: En pasos superiores $\geq 5,3$ m en tramos interurbanos y periurbanos y ≥ 5 m en tramos urbanos, En pasarelas, pórticos o banderolas $\geq 5,5$ m, En túneles ≥ 5 m y Sobre las aceras ≥ 2 m

La norma también incluye toda una serie de referencias a las denominadas “**secciones transversales singulares**” (p.e. túneles, obras de paso, etc...), teniendo en cuenta la dificultad de su posterior ampliación o modificación como es, por ejemplo, que, en estas obras el **año horizonte se sitúa treinta (30) años después de la fecha de entrada en servicio**.

Y para finalizar, la norma incluye una serie de disposiciones relativas a:

- ✚ **Carriles adicionales y apartaderos:** implantación de un carril adicional en una carretera, salvo indicación en contrario, no supondrá la disminución del ancho de los arcenes ni su supresión.
- ✚ **Transición del ancho de carriles y arcenes:** en determinados casos puede reducirse el ancho de los carriles o arcenes (p.e. los carriles en tramos periurbanos y urbanos)
- ✚ **Análisis de obstáculos en calzadas y márgenes**

5. NUDOS, ENLACES E INTERSECCIONES.

Un nudo se define como la **zona en la que existe cualquier tipo de concurrencia espacial de dos o más vías que implique la posibilidad de pasar de una a las otras**, clasificándose en **Intersecciones** donde todos los movimientos se hacen al mismo nivel y los **enlaces** donde al menos alguno de los movimientos se hace a distinto nivel. Los nudos son puntos débiles en cuanto a movilidad, accesibilidad, seguridad y coste y los **2 principios básicos** empleados en su diseño son los de **sencillez y uniformidad**.

El artículo 36 de la Ley 37/2015 de Carreteras y su desarrollo reglamentario, recogen algunos aspectos relativos a la limitación de accesos, introduciendo unas cuestiones básicas a tener en cuenta en el diseño de cualquier tipo de nudo (**si bien no serán de aplicación en las actuaciones destinadas a la reordenación o mejora de accesos ya existentes**)

- El cruce de algún carril o calzada de una carretera estatal se hará a distinto nivel para cruzar una AP, AV y R.
- En caso de carreteras convencionales con $IMD > 5000$ v/d quedan prohibidos los giros a la izquierda, el cruce de carriles a nivel y la construcción de glorietas salvo que estas a juicio de la DGC mejoren las condiciones de seguridad de la vía

Los **elementos de trazado** en los nudos son aquellos que habrá que combinar de modo que los 3 posibles movimientos puedan realizarse con seguridad y comodidad.

- Movimientos de paso cruzando otras vías bien a nivel o desnivel.
- Giros a la derecha con ramales directos sin cruzar trayectorias saliendo y entrando por la derecha o ramales semi-directos cruzando una trayectoria, saliendo por la derecha y entrando por la izquierda
- Giros a la izquierda con posible cruce de trayectorias, bien empleando lazos, ramales directos/semi-directos, círculos o asas interiores y exteriores

Respecto a la **morfología** en función de las intensidades y velocidades previstas se resuelve el trazado del nudo mediante: Nudos de 3 tramos como las intersecciones en T,Y o los enlaces de 3 tramos, Nudos de 4 tramos como las intersecciones en cruz o enlaces de 4 tramos como los diamantes y tréboles, Nudos de más de 4 tramos, que no deben emplearse siendo recomendable su sustitución por 2 enlaces y por último, se presentan soluciones con intersecciones reguladas con semáforos, señales fijas o glorietas

A la hora de **determinar el nudo a disponer** habrá que **tener en consideración una serie de criterios recogidos en la instrucción de trazado entre los que se pueden destacar:**

- ✓ Condicionantes de movilidad, accesibilidad, seguridad de la circulación, criterios medioambientales y coste.
- ✓ Las interacciones entre vehículos
- ✓ Resoluciones de las maniobras de giro a la derecha y a la izquierda

A la hora de elegir el nudo a proyectar habrá que seguir los siguientes pasos:

1. Seleccionar las morfologías funcionalmente viables
2. Realizar un dimensionamiento previo de las soluciones posibles, estudiando aspectos como la capacidad, nivel de servicio, continuidad de itinerarios o iluminación
3. Realizar un estudio en detalle de las soluciones seleccionadas anteriormente desde el punto de vista de la seguridad, el coste y el impacto ambiental
4. Finalmente se determina la solución más ventajosa.

En cuanto a los **criterios de diseño tanto en planta como alzado y la sección transversal de los nudos tenemos que:**

A. En el caso de las **INTERSECCIONES** habría que destacar que:

- En **planta**, las vías concurrentes se cruzarán, en lo posible, con un ángulo lo más próximo a uno recto para mejorar las condiciones de decisión de la maniobra y reducir el tiempo para atravesar otra trayectoria.
- En **alzado**, se tiene que las rasantes de las vías que concurren en una intersección deberán tener la menor inclinación posible compatible con el drenaje superficial.

Tienen destacada **importancia las intersecciones tipo glorieta**, que son aquellas calzadas anulares, generalmente circulares, con sentido único de circulación y prioritario, si bien no funcionan como tales las glorietas controladas por semáforos, las glorietas en hipódromo o las glorietas partidas.

B. Por su parte en el caso de los **ENLACES** habría que destacar que se constituye como la agrupación coordinada de una serie de elementos entre los que se tienen, ramales de enlace, vías colectoras-distribuidoras o tramos de vías de servicio. Las **distancias entre enlaces consecutivos** serán, salvo justificación expresa en caso contrario:

En carreteras de calzadas separadas: La distancia entre enlaces consecutivos en **carreteras interurbanas** será mayor o igual que seis kilómetros (**≥6 km**), medida entre las secciones características de los carriles de cambio de velocidad más próximos. La distancia entre enlaces consecutivos en **carreteras urbanas y periurbanas** será mayor o igual que dos kilómetros (**≥2 km**), medida entre las secciones.

En carreteras de calzada única: Si existe **previsión de duplicación de calzada**, será de **aplicación lo indicado para carreteras de calzadas separadas**. Si no existe **previsión de duplicación de calzada**, la distancia entre enlaces consecutivos, será mayor o igual que dos kilómetros (≥ 2 km) medida entre las secciones características de los carriles de cambio de velocidad más próximos.

Habría que destacar, entre los distintos elementos que conforman los enlaces, **los ramales de enlace**, que se definen como la carretera que une otras dos que concurren en él, considerándose únicamente a efectos de la instrucción de trazado aquellos que tienen uno o dos carriles por sentido, si bien se pueden admitir excepcionalmente más de dos carriles en un ramal de enlace si dichos carriles se adicionan posteriormente al inicio de dicho ramal.

6. ORDEN CIRCULAR 1/2021 SOBRE RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS 2+1 Y CARRILES ADICIONALES DE ADELANTAMIENTO.

Las carreteras 2+1 constituyen una situación de **diseño intermedia entre una autopista o autovía 2+2 y una carretera convencional 1+1**, es decir, se dispone de una única plataforma donde se mantiene una separación permanente entre sentidos de circulación y se implantan carriles adicionales dedicados al adelantamiento de forma alterna para cada sentido de circulación. La DGC del MITMA aprobó el 12 de marzo de 2021 la Orden Circular 1/2021 que sirve para desarrollar el diseño de este tipo de vía y que consta de 12 apartados en los que se tratan aspectos como: criterios de implantación, principios básicos de diseño, estudio de la capacidad y del nivel de servicio, nudos, señalización, sección transversal...

Destacamos, por ejemplo, que en esta Orden Circular se definen varias situaciones en la que es **recomendable analizar la posibilidad de implantar un tramo de Carretera 2+1**. Entre ellas se puede destacar los **tramos de carretera que se encuentren cerca de alcanzar su nivel de servicio mínimo** debido a condiciones asociadas a las inclinaciones de la rasante, la disponibilidad de **oportunidades de adelantamiento** o la presencia en la composición del **tráfico de vehículos pesados**.

Por otro lado, se establecen **tres categorías principales de diseño** de carreteras convencionales para el caso de uso aislado o coordinado de los carriles adicionales de adelantamiento, en función del nivel de diseño: **Tipo 1, 2, y 3**. Siendo el 1, el de diseño más elevado para proyectos de nuevo trazado y el 3, una solución estricta de diseño para la implantación de carriles de adelantamiento aislados o para Carreteras 2+1 con condicionantes significativos. Estos 3 tipos determinarán las dimensiones de, por ejemplo, la sección transversal a la longitud de las cuñas de transición.

Para terminar, en relación con la **sección transversal**, el elemento diferenciador es que dentro de la plataforma se incluye, además de los carriles y arcenes, una separación central no destinada a la circulación de vehículos cuya función es materializar la separación de sentidos. Esta separación central no tiene la consideración de mediana en tanto que no independiza funcionalmente dos plataformas de circulación. Por ejemplo, en la categoría de diseño Tipo 1 se recomienda la disposición de sistemas de contención de vehículos en esta zona, mientras que en el tipo 3, sólo se dispondrá en casos muy justificados. Si bien, una vez se ha definido su necesidad, el dimensionamiento vendrá dado por la OC 35/2014 sobre criterios de aplicación de sistemas de contención de vehículos.