CARRETERAS URBANAS

Recomendaciones para su planeamiento y proyecto

MOPT
Ministerio de Obras Públicas y Transportes
Dirección General de Carreteras

MOPT

Ministerio de Obras Públicas y Transportes
Secretaría General para las infraestructuras del Transporte Terrestre
Dirección General de Carreteras

CARRETERAS URBANAS

RECOMENDACIONES PARA SU PLANEAMIENTO Y PROYECTO

Madrid 1992

DIRECCION Jesús Rubio
Dirección General de Carreteras, MOPT

AUTORES Pedro Puig-Pey
Ingeniero de Caminos, E.T.T.

Jesús Arroyo
Arquitecto, E.T.T.

COLABORACIONES Han colaborado en la concepción del libro, Maite Pérez y Antonina Dobreva, de E.T.T. Asimismo, las reseñas bibliográficas han sido realizadas por Angel Aparicio (CEDEX-MOPT)

REVISION Y SUPERVISION DEL DOCUMENTO Este documento fue supervisado por D. Sandro Rocci, principalmente, así como por D. Manuel Niño, D. Justo Borrajo y D. Felipe Ruza, de la Dirección General de Carreteras del MOPT.

Es de agradecer la colaboración de las Demarcaciones de Carreteras del Estado; en especial, la Demarcación de Cataluña y la de Asturias.

ILUSTRACIONES Nuestro agradecimiento a la Dirección de Carreteras de la Comunidad de Madrid, Dragados y Construcciones S.A., Ferrovial S.A., Cubiertas MZOV y a la Oficina de Proyectos IDEAM por haber autorizado la publicación de fotografías propias sobre distintas carreteras urbanas, incluidas en este libro.

1ª EDICION: MOPT. Secretaría General Técnica, 1992.

DISEÑO GRAFICO: Experimenta S.L.

DELINEACION DE GRAFICOS: Javier Rodríguez

IMPRESION Y FOTOMECANICA: Espacio Fijo

I.S.B.N. 84-7433-803-4

N.I.P.O. 161-92-038-6

DEPOSITO LEGAL: M-12873 - 1992

MOPT Ministerio de Obras Públicas y Transportes
Secretaría General Técnica
Centro de Publicaciones

CARRETERAS URBANAS

RECOMENDACIONES PARA SU PLANEAMIENTO Y PROYECTO

INDICE

PRESENTACION, 11

INTRODUCCION, 13

A EL PLANEAMIENTO DE CARRETERAS URBANAS

1. PRINCIPIOS GENERALES, 17

¿Qué es una carretera urbana?
Disyuntivas básicas en el planeamiento de redes viarias

2. FUNCIONALIDAD DE LA CARRETERA Y JERARQUIA VIARIA, 21

El principio de jerarquía viaria
Criterios para la jerarquización del viario
Clasificación de la red de carreteras urbanas
Algunas tipologías particulares de la Red Estatal:
Penetraciones, Rondas y Accesos a Puertos

3. TRAFICO Y CAPACIDAD, 33

Aspectos particulares del tráfico en las carreteras urbanas
Niveles de estudio
Metodología de los estudios de tráfico
Dimensionamiento funcional de la carretera

4. MEDIO ATRAVESADO, 43

Morfología de los espacios urbanos
Los tipos de suelo en el Planeamiento Urbanístico

B CONCEPCION GLOBAL DE UNA CARRETERA URBANA

5. PRINCIPALES DECISIONES A ADOPTAR EN EL MARCO DEL ESTUDIO INFORMATIVO Y DEL PROYECTO, 49

Los niveles de estudio: Estudio Informativo y Proyecto de Construcción
La organización del Estudio Informativo
Aspectos previos a considerar en el proyecto de una carretera urbana
Decisiones básicas del Proyecto de Construcción

C ELEMENTOS DEL PROYECTO

6. EL TRAZADO EN PLANTA Y EN ALZADO, 59

Metodología general
La Velocidad de Proyecto como indicador básico de trazado
Velocidades de proyecto y tipo de vías
Parámetros de trazado en planta
Perfil longitudinal

7. LA SECCION TRANSVERSAL, 65

Criterios de dimensionamiento
Elementos de la sección transversal
Vías de servicio
Secciones estrictas por debajo de los estándares medios. Criterios y transiciones

8. NUDOS, 77

Tipo de nudos
Concepción general del sistema de nudos en la carretera
Intersecciones
Glorietas
Enlaces
Control de accesos

9. PEATONES Y TRANSPORTE COLECTIVO, 93

Peatones
Tránsito paetonal segregado en Autopistas, Autovías
y Vías Rápidas Urbanas
Tránsito peatonal no segregado
Elementos de proyecto
Transporte colectivo

10. OTROS ELEMENTOS DE PROYECTO, 105

Firmes y Pavimentos
Drenaje
Señalización
Iluminación
Plantaciones

D Tratamiento del impacto ambiental

11. Ruido, 117

Nuevas Carreteras Urbanas. Niveles de ruido
Efectos socio-económicos del ruido
Medidas para paliar el efecto del ruido: Actuaciones sobre la fuente
Medidas para reducir los niveles de ruido: actuaciones sobre el entorno de la carretera

12. Contaminacion producida por los vehiculos, 131

Factores de emisión
Niveles aceptables de contaminación y medidas de control

13. Elementos del paisaje, 133

Consideraciones generales
Tratamientos paisajísticos en el trazado de una carretera urbana
Recomendaciones paisajísticas a seguir en el proyecto de carreteras integradas en el medio
Desarrollo del estudio de paisaje
Estructuras

E Sintesis de criterios

14. Vias de circulacion continua, autopistas, autovias y vias rapidas urbanas, 141

Características generales y jerarquía viaria
Su justificación en el entorno urbano
Trazado en planta y en alzado
Sección transversal
Nudos
Peatones y transporte colectivo
Otros elementos de proyecto

15. Vias Arteriales Urbanas, 149

Características generales y jerarquía viaria
Su justificación en el entorno urbano
Trazado en planta y en alzado
Sección transversal
Nudos
Peatones y transporte colectivo
Otros elementos de proyecto

Bibliografia basica, 157

Otra bibliografia de interes, 158

Reseñas bibliograficas, 162

Fichas bibliograficas, 163

PRESENTACION

Las realizaciones de carreteras en zonas urbanas son especialmente delicadas por la afección a los ciudadanos; por su integración en un medio dinámico, en cuya consolidación se influye de una manera determinante; por la multiplicidad de usuarios, incluyendo a los no motorizados, y por la exigencia de medidas específicas que garanticen la seguridad y la calidad ambiental de los usuarios de la vía y de los afectados por ella.

La Dirección General de Carreteras, consciente de la necesidad de avanzar en estos aspectos para los cuales la Instrucción de Carreteras planteada para el ámbito interurbano se hace de difícil aplicación, comenzó en 1990 la elaboración de las presentes recomendaciones. Para ello se analizó la situación en diversos países en cuanto a la existencia de normas de obligado cumplimiento, o de recomendaciones; se analizaron decenas de proyectos tanto de la propia Dirección General como de otras administraciones buscando las posibles diferencias de criterio, y por último se consultó a expertos procurando recoger sus criterios personales de diseño, complementando de esta manera las recomendaciones escritas que en documentos municipales o en Planes Generales de Ordenación se plantean.

Las recomendaciones que aquí se presentan han sido sometidas como borrador a una amplia discusión imposible de agradecer de manera personalizada. Fruto de estas aportaciones ha sido la idea de complementar este documento con unas fichas de obras urbanas que al presentar soluciones concretas permitan acumular diversas experiencias que ilustren desde distintas administraciones, equipos de proyectistas y constructores, el presente texto.

La ayuda prestada por los técnicos de las Demarcaciones de Carreteras, y en especial Asturias y Cataluña, ha sido fundamental para abordar la variada casuística que en la red estatal de carreteras se plantea, tanto en lo que se refiere al medio urbano circundante como en las travesías de población y accesos a ciudades y a puertos, objetivos a los que ineludiblemente la red de carreteras del Estado debe dar soluciones seguras, funcionales, económicas y adecuadas medioambientalmente, y siempre imaginativas y detallistas.

José J. Dombriz Lozano
Director General de Carreteras

INTRODUCCION

El planeamiento y proyecto de carreteras en medio urbano ha sido una constante en la actividad del MOPT y, posteriormente, de las Comunidades Autonomas. La Ley de Carreteras de 1974 recoge la figura de la Red Arterial y de su planeamiento como una de las activiades básicas del estudio y proyecto de carreteras.

La tradición en el estudio de redes arteriales, y no sólo de tramos de carretera en medio urbano, se remonta a los años sesenta y principios de los setenta, años en los que se desarrollaron, con criterios típicos de la época, numerosos esquemas arteriales que han marcado la construcción reciente de las carreteras en medio urbano.

Ya más recientemente, el Plan General de Carreteras 1984-91 y los Planes de Carreteras de las Comunidades Autónomas han incluido Programas de Actuación en Medio Urbano que recogen tanto las carreteras de nuevo trazado como los acondicionamientos de carreteras existentes.

Por último, es de destacar que la vigente Ley de Carreteras (25/1998) contempla en su Título IV las figuras de la Travesía y de la Red Arterial.

El aumento de tráfico experimentado en la red viaria, particularmente en las áreas urbanas, ha justificado la dedicación de importantes recursos públicos a la construcción y mejora de las redes estatales y autonómicas de carreteras. Si en los años 80 el peso de la inversión se ha centrado más en la red interurbana, en especial en el Programa de Autovías del MOPT, los años 90 plantean el reto de la mejora de la red urbana y de los tramos de conexión, dentro de la ciudad, entre itinerarios interurbanos.

Este reto debe realizarse atendiendo a los múltiples y complejos factores que intervienen o se ven afectados por un trazado viario en la ciudad. Se trata de pensar no sólo en los problemas funcionales de la circulación de los vehículos sino también en los aspectos urbanísticos de la carretera, en los impactos físicos que genera su trazado o en los balances económicos derivados de una mejor accesibilidad longitudinal o de una penalización de la accesibilidad transversal. Todos estos factores afectan notablemente al diseño de una carretera urbana e imposibilitan un estudio centrado exclusivamente en los problemas de circulación.

El objeto de estas recomendaciones no es el de constituir un manual exhaustivo para el planeamiento y proyecto de carreteras urbanas. Existen numerosos textos citados en la bibliografía que cumplen perfectamente los cometidos de consulta en aspectos particulares del proyecto. El objetivo que se persigue es el de aportar criterios, enfoques de problemas, metodologías o datos básicos que ayuden al proyectista a reflexionar sobre el caso particular en que está trabajando.

Las recomendaciones se subdividen en cinco partes cuya lectura puede realizarse por separado:
Parte A, dedicada a sentar las coordenadas de los estudios de planeamiento de carreteras, objetivos, análisis de tráfico y del medio urbano atravesado.
Parte B, donde se indica de manera sintética el proceso de estudio y proyecto de una carretera urbana.
Parte C, en la que se desarrollan algunos elementos parciales del proyecto de una carretera.
Parte D, dedicada al estudio de impacto de ruido, contaminación del aire y acondicionamiento paisajístico.
Parte E, en la que se realizan unas recomendaciones generales para el proyecto de los dos tipos básicos de carretera urbana: las vías de circulación contínua (autopistas, autovías y vías rápidas) y las vías que admiten intersecciones (vías arteriales).
Se han excluido de estas recomendaciones las vías urbanas de carácter secundario (calles colectoras, distribuidoras y locales), centrando el estudio en las carreteras de las redes primarias que engloban la totalidad de la Red Estatal y de las redes principales de las Comunidades Autónomas.

A

EL PLANEAMIENTO DE CARRETERAS URBANAS

1. PRINCIPIOS GENERALES

1 ¿QUE ES UNA CARRETERA URBANA?

Es posible distinguir funcionalmente una carretera urbana frente a otra trazada fuera de poblado o una calle de la ciudad. A todos efectos, y para diferenciarlas de las calles urbanas, se considera que las carreteras objeto de este estudio:

- Canalizan movimientos de paso o de acceso provenientes del exterior de la ciudad cuya intensidad, si bien puede ser inferior a la de los vehículos estrictamente urbanos, no deja de ser apreciable.

Para diferenciarlas, a su vez, de las carreteras fuera de poblado, se considera que la carretera es urbana si:

- Son utilizadas parcialmente por tráfico urbano.
- Atraviesan áreas urbanas consolidadas o previstas por el ordenamiento urbanístico.
- Generan impactos ambientales sobre el medio urbano próximo.

En esta clasificación se encuentran englobadas las denominadas «travesías de población», definidas en la Ley de Carreteras[1]. Las presentes recomendaciones no tienen por objeto el estudio de las travesías de pequeños núcleos urbanos ni el de las travesías de poblaciones mayores cuyos márgenes están tan consolidados que se han convertido prácticamente en calles y sobre las que no es posible actuar mediante ensanchamientos y homogeneización de la calzada.

La definición de carretera urbana desarrollada en el apartado anterior debe distinguirse de la definición de vía municipal de la ciudad. Las vías municipales principales cumplen objetivos distintos a las carreteras urbanas, a pesar de que algunas funciones de transporte sean similares:

- Constituyen los canales de mayor capacidad de circulación de los vehículos urbanos dentro de una red más extensa de vías secundarias y calles.
- Sirve a las necesidades de accesibilidad de los usos urbanos.

La concepción y planeamiento de las carreteras urbanas y de las redes viarias municipales está interrelacionado. Aunque la concepción y diseño de las primeras pueda realizarse de manera autónoma, la experiencia demuestra que sólo los estudios que integran estos dos tipos de viario pueden resolver, desde una perspectiva global, los problemas del tráfico en la ciudad.

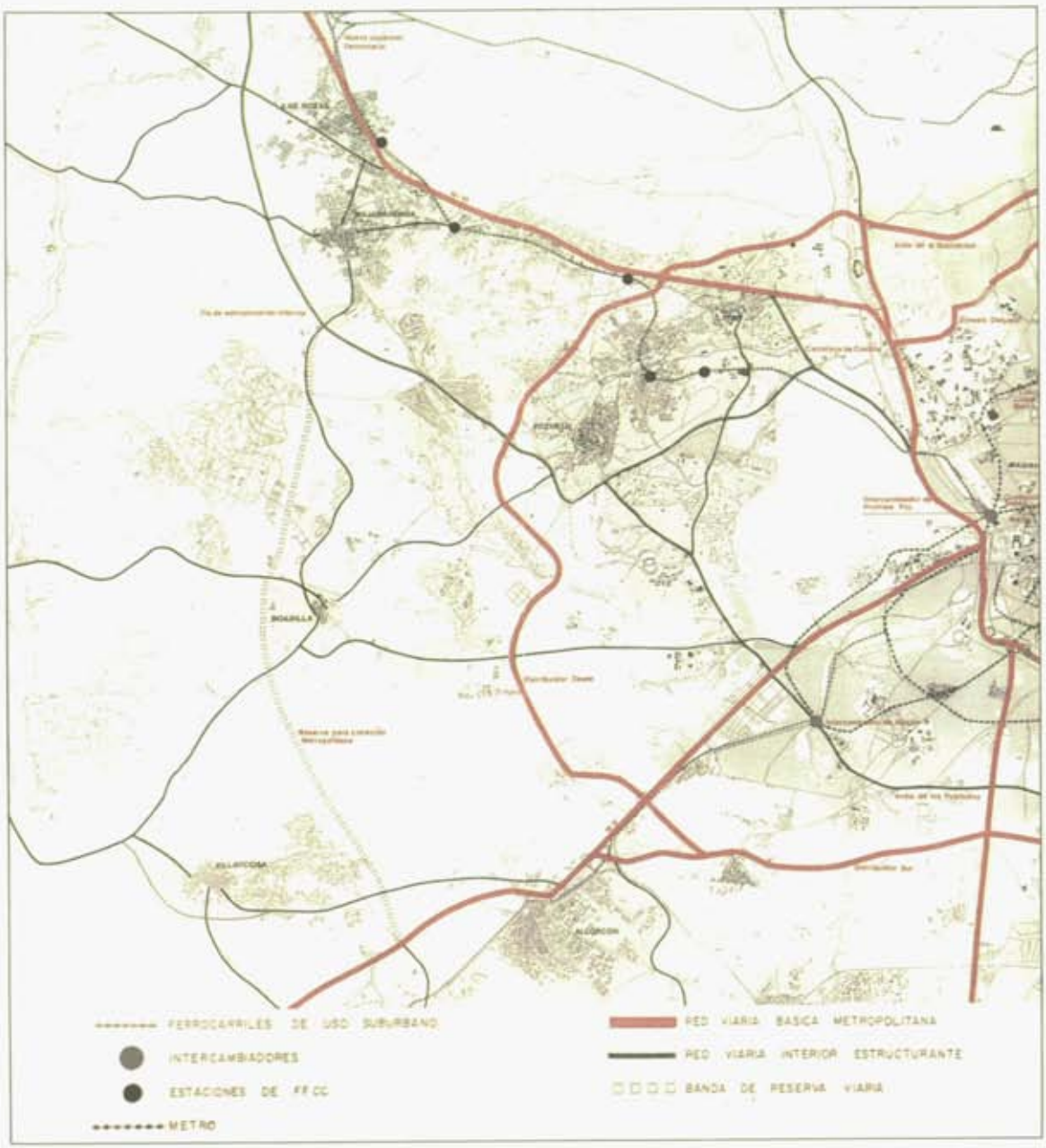
2 DISYUNTIVAS BASICAS EN EL PLANEAMIENTO DE REDES VIARIAS

En el planeamiento de las redes viarias urbanas[2] se presentan tres disyuntivas básicas:

2.1 CONCILIACION DE LAS NECESIDADES DE CIRCULACION DE LOS DISTINTOS TIPOS DE VEHICULOS

Los tráficos urbanos no son homogéneos. La red viaria urbana recoge movimientos exteriores y circulaciones estrictamente urbanas. Tanto unos como otros tienen necesidades de movilidad distintas. Los viajeros de larga distancia y los que realizan movi-

1.



mientos suburbanos son más exigentes que los viajeros estrictamente urbanos, en lo que a condiciones de velocidad y continuidad del itinerario se refiere. Las mayores velocidades desarrolladas por los primeros obligan a comtemplar medidas de seguridad distintas de las del automovilista urbano, que admite velocidades más reducidas.

El planeamiento de la red viaria urbana debe determinar claramente qué funciones están reservadas para cada vía y el tipo de circulación prioritaria que circula por ellas. Aun así, la superposición de tráficos distintos obligará, en numerosos casos, a diseñar vías

1. La red de carreteras debe dar respuesta a tráficos con características y necesidades distintas. Como en este caso, en el que se presenta una red compleja en el Oeste de Madrid.

2. Vías de Servicio. Véase un ejemplo en el Distribuidor Sur metropolitano de Madrid.

polivalentes que respondan parcialmente a la necesidades de cada uno de los tipos de movimientos

2.2 Accesibilidad, impacto ambiental y coste. Umbral ambiental

Los estudios que Buchanan realizó en el Reino Unido a principios de los 60, plantearon la relación entre viario y ciudad en términos de una disyuntiva que sigue estando plenamente vigente: la mayor accesibilidad en automóvil a la ciudad, manteniendo un mismo nivel de calidad ambiental, implica un mayor nivel de infraestructura y, consecuentemente, mayores costes de ejecución. O lo que es lo mismo: con un coste de ejecución en infraestructura limitado, el aumento de accesibilidad producido por una nueva red viaria se traduce en una merma de la calidad ambiental urbana, por lo que habrá que decidir entre uno de los dos objetivos.

La integración de la dimensión ambiental en el proceso de planeamiento ha permitido abordar el diseño viario desde perspectivas no centradas exclusivamente en los aspectos de capacidad vial. Uno de estos nuevos conceptos es el llamado de umbral ambiental de una determinada área urbana.

El umbral ambiental puede imponer a la carretera unos límites de capacidad más estrictos que los simplemente justificados en el estudio de tráfico.

Tal sería el caso de establecer un nivel máximo de ruido a una distancia dada de la carretera, o un límite a la emisión de contaminantes de los vehículos. Los principales problemas que aparecen con la imposición de un umbral ambiental provienen de la dificultad de limitar el número de vehículos que circulan por la carretera, si ésta tiene una capacidad superior. Las soluciones pueden basarse en la planificación de itinerarios alternativos o con un diseño viario que tiene la capacidad y se acomoda a los umbrales ambientales admitidos en la zona atravesada.

2.



2.3 Capacidad de acceso y capacidad interior

Un principio básico a tener en cuenta en el planeamiento de la red viaria urbana es el que postula que la capacidad de circulación y estacionamiento, dados unos determinados niveles ambientales en el interior de un área urbana, no puede ser inferior a la capacidad de acceso de cada penetración por separado. Este principio es de difícil aplicación en el estudio de penetraciones singulares pero puede convertirse en un criterio básico de política de transporte urbano y en una pieza principal de la coordinación entre las administraciones responsables de la construcción de carreteras viarias y los ayuntamientos, responsables en general del viario interior.

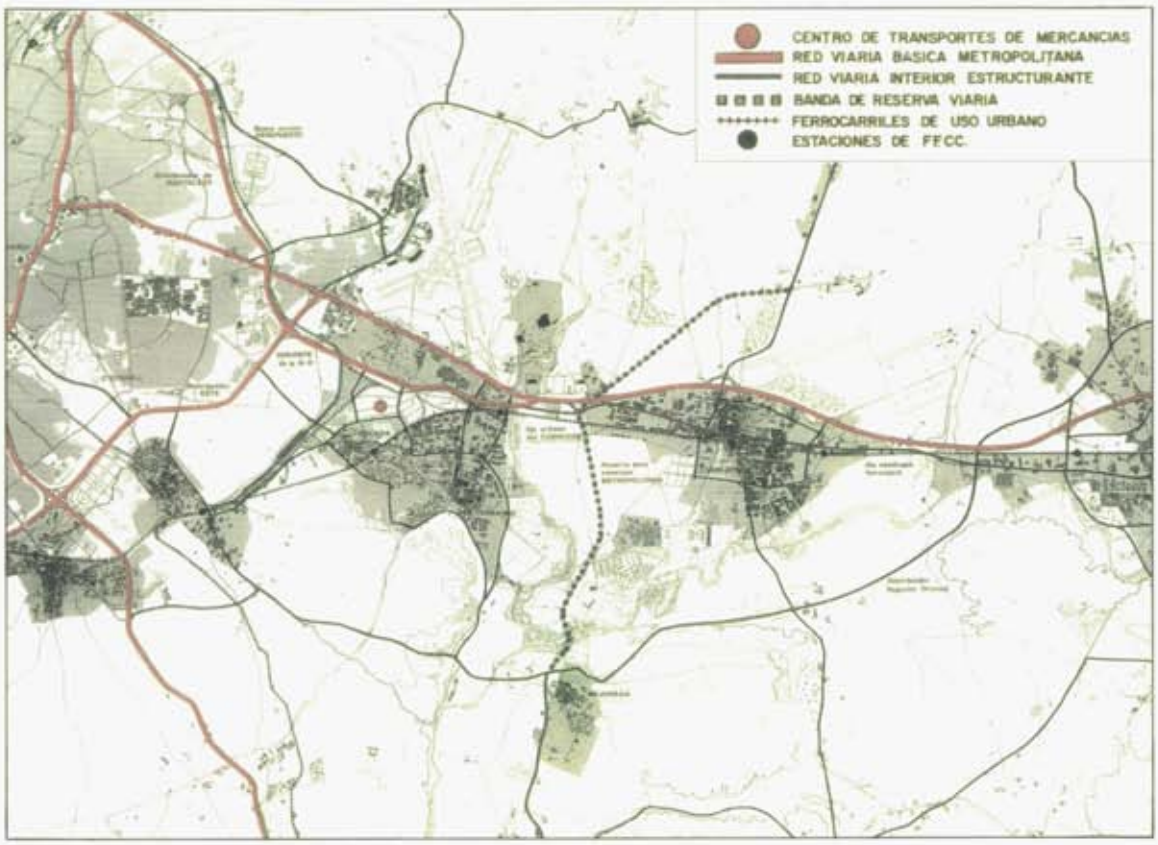
El principio de equilibrio entre accesos y movilidad interior ha sido hasta el presente escasamente considerado, existiendo numerosas ciudades con penetraciones viarias muy potentes, que alcanzan el mismo corazón del casco antiguo, y enormes problemas de congestión y aparcamiento en dicho casco. En la construcción de una nueva penetración o en la mejora de otra existente siempre se aumenta la capacidad de acceso. Ese aumento de capacidad será ineficaz si no se evalúan cuidadosamente sus efectos sobre la circulación en el interior de la zona urbana a la que se accede.

2.4 La funcion urbanistica de una carretera urbana. Capacidad estructurante

Ya se ha indicado que el planeamiento de una red viaria urbana no debe contemplarse exclusivamente desde el punto de vista funcional del vehículo o desde los impactos ambientales que éste produce en el medio. Las vías urbanas son infraestructuras físicas que producen fuertes impactos no exclusivamente ambientales en el territorio, sea cual sea la función de movilidad que cumplan. Es lo que se ha venido llamando capacidad estructurante de la red viaria. Estos impactos pueden resumirse en dos grupos:

- Producen efectos físicos y económicos sobre las tramas urbanas preexistentes, modificando el sistema de accesibilidad y estimulando cambios en los usos urbanos.
- Sobre el suelo no urbanizado, ya esté prevista su urbanización o no, las modificaciones de la red via-

3.



ria mejoran la accesibilidad del territorio que atraviesa, repercuten de manera apreciable en los precios del suelo y, por esta vía, en el uso final que se dará al mismo.

3. La actividad económica y las áreas residenciales se «cuelgan» de las grandes infraestructuras. En la ilustración, el Corredor del Henares, en Madrid y las áreas urbanizadas ubicadas en el mismo.

1. Art. 37. 2, Ley 25/1988: «... carreteras que discurren por entornos urbanos consolidados...»

2. Se entiende como *Red Arterial*, la red de carreteras urbanas de una ciudad. *Red Municipal* se define como el conjunto de vías municipales de la ciudad. Por último, cuando se habla de *Red Viaria Urbana* se hace referencia al conjunto de carreteras y calles urbanas, sea cual sea su titularidad.

2. FUNCIONALIDAD DE LA CARRETERA Y JERARQUIA VIARIA

El planeamiento de carreteras se ha basado en el principio de jerarquía viaria. Gracias a él es posible identificar las funciones principales que debe cumplir un tramo de carretera y asociarlas a unas características geométricas de la vía. No obstante, la aplicación del principio de jerarquía viaria de una manera estricta puede hacer olvidar que una carretera cumple funciones múltiples y que, en mayor o menor medida, debe adaptarse a todas ellas.

1 El principio de jerarquia viaria

La jerarquía viaria determina las funciones principales que debe cumplir cada tramo de carretera y, en base a las mismas, establece condiciones al trazado y sección transversal de la vía, ubicación, número y tipo de nudos, control de accesos, tratamiento de los peatones y otros elementos constitutivos del proyecto de una carretera.

La jerarquía viaria permite un mejor funcionamiento de la red y aumenta su capacidad y seguridad, reduciendo en la mayoría de los casos el impacto ambiental al concentrar movimientos con características similares en las infraestructuras adecuadas.

Por el contrario, una rígida aplicación del principio de jerarquía viaria puede llevar a desdeñar funciones secundarias, no por ello menos relevantes.

Por ejemplo, la construcción de una gran autopista urbana, con nudos muy distantes, sirve escasamente a los movimientos estrictamente urbanos y estará justificada sólo en el caso de que el tráfico de larga distancia sea intenso.

2 Criterios para la jerarquizacion del viario

La jerarquización o clasificación viaria se basa en la identificación de las funciones prioritarias de la carretera. Estas pueden estar referidas exclusivamente al tipo de tráfico rodado que circula, a la posible convivencia con otros modos de transporte (peatones y transporte colectivo) o a la relación del viario con las actividades y usos urbanos.

Los criterios por los que se puede clasificar un determinado viario son los siguientes:

• Por el ámbito del viaje de los vehículos que circulan por la carretera.

Viario que recoge itinerarios internacionales, interregionales, regionales, comarcales y locales.

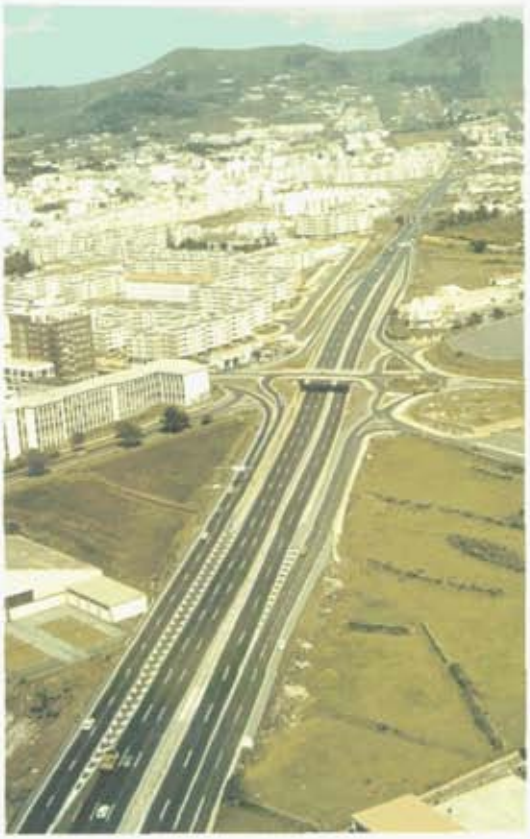
Este criterio es la base de la clasificación de las redes viarias interurbanas.

• Por sus características geométricas o por la intensidad y tipo de vehículo que circula por una determinada vía.Este criterio permite clasificar el viario atendiendo a su capacidad y a las condiciones de circulación de los vehículos. Por ejemplo, autopistas, autovías, vías rápidas, vías arteriales o vías con intensidades importantes de pesados.

• Por su compatibilidad o incompatibilidad con otros modos de transporte, en especial con los peatones.

Este criterio marcará el umbral entre una carretera con prioridad para la circulación de vehículos o una calle o travesía donde la prioridad se centra en las actividades peatonales y urbanas. La compatibilidad o incompatibilidad de vehículos y peatones vendrá determinada, principalmente, por la velocidad de

1



2



3



circulación de los vehículos.

• Por el medio territorial atravesado.

Este criterio persigue compatibilizar el diseño de una vía y sus exigencias funcionales con las características físicas y ambientales de su entorno.

Como resumen, cabe agrupar todos los criterios aludidos en dos grupos básicos:

• Criterios asociados a la función de transporte de la carretera.

• Criterios asociados al medio atravesado.

En el apartado siguiente se esboza una clasificación de las carreteras urbanas basada en los criterios anteriores.

3 Clasificacion de la red de carreteras urbanas

3.1 Calificacion de «Urbana»

La calificación de urbana se dará a una carretera si cumple alguna de las condiciones siguientes:

• El medio que atraviesa esté clasificado como urbano o urbanizable por el planeamiento urbanístico.

• Se detecten impactos ambientales sobre zonas urbanas consolidadas de futuro crecimiento.

• Se prevea en la carretera circulaciones con características urbanas en intensidad apreciable como para considerarlo en el diseño funcional de la vía.

• Existan infraestructuras asociadas a la carretera y preparadas para el peatón o el transporte colectivo (aceras, carriles especiales para bicicletas, etc...) en las proximidades de un entorno urbano.

3.2 Clasificacion funcional de las carreteras urbanas. Criterios

Atendiendo a criterios funcionales (ámbito del viaje, intensidad y tipo de vehículo), las carreteras urbanas pueden clasificarse en los siguientes grupos:

• **Vías Primarias.** Diseñadas para canalizar los movimientos de larga distancia (interurbanos y metropolitanos).

Cumplen funciones de conexión-distribución de los vehículos que acceden a la ciudad o la atraviesan sin detenerse. Forman parte de un itinerario más amplio de características interurbanas o metropolitanas.

Todas las carreteras urbanas de la Red del Estado pertenecen a la clasificación de Vías Primarias.

• **Vías Colectoras**. Admiten funciones de distribución de tráficos urbanos e interurbanos hasta la red local. Se trata de viario intermedio, a menudo sin continuidad en itinerarios interurbanos. Los movimientos urbanos son predominantes y determinan el diseño de la vía.

• **Vías Locales**. Constituidas principalmente por aquellas vías donde la función principal es la de acceso a los usos ubicados en sus márgenes. En las vías locales, los movimientos de larga distancia son de muy pequeña importancia frente al tráfico urbano y, dentro de éste, los movimientos de paso son minoritarios frente a los movimientos de acceso a las actividades ubicadas en las márgenes de la vía.

3.3 Tipologia de las Vias Primarias Urbanas

Las Vías Primarias Urbanas son de muy distinto tipo según sean los condicionantes impuestos por las intensidades y tipo de tráfico, así como por el medio atravesado. Pueden considerarse dos grupos:

• **Vias no convencionales.** Vías Primarias Urbanas con circulación continua, control de accesos, uso exclusivo para el automóvil y total separación con los movimientos peatonales.
• Autopistas Urbanas (APU). Responden a la definición de autopista convencional, con control total de acceso y enlaces. Las autopistas urbanas tienen generalmente características geométricas más estrictas que las interurbanas para permitir una mejor inserción en el territorio atravesado, reducir los impactos en el medio y primar la capacidad viaria frente a la velocidad.
• Autovías Urbanas (AVU). Como en el caso de las Autopistas Urbanas, mantienen condiciones de control de accesos y tipo de nudos similares a sus homólogas interurbanas.
• Vías Rápidas Urbanas (VRU). Se incluyen en este grupo aquellas carreteras de calzada única que disponen de control de accesos. Estas vías suelen constituir la primera fase de una futura autovía o autopista.

• **Vias Convencionales.** Vías Primarias Urbanas de características convencionales (circulación interrumpida por intersecciones, control parcial o ausencia de control de accesos, uso no exclusivo para vehículos automóviles y ausencia de una estricta segregación de peatones y vehículos).

• Vía Arterial (VAU). Se trata de una carretera convencional de una o dos calzadas que puede admitir funciones de acceso a los usos colindantes. Asimismo, admite intersecciones y un grado de integración en el tejido urbano que garantice conexiones adecuadas al tráfico urbano que discurre por la vía. En las Vías Arteriales la función prioritaria sigue siendo la circulación automóvil frente a la peatonal o las actividades urbanas. No obstante, y al contrario que en el caso del grupo anterior, la Vía Arterial puede estar diseñada en función de las necesidades de los movimientos urbanos y no sólo de las generadas por el tráfico de media y larga distancia.

3.4 El medio atravesado

El viario urbano atraviesa distintos tipos de tejido urbano o suburbano[1]. El proyecto de una carretera deberá tener en cuenta este medio, decidir su mayor o menor adaptación al mismo y el nivel de impacto ambiental producido.
El medio urbano es muy complejo y susceptible de numerosas clasificaciones morfológicas. La caracterización de este medio y los condicionantes que impone a la carretera deberán ser analizados particularmente en cada proyecto. No obstante, y como referencia a capítulos posteriores, se mantiene una clasificación general del medio urbano en tres grandes grupos:

• **Urbano consolidado**. Constituido por el continuo urbano[2] de densidad de edificación alta y media; suelos urbanos de características residenciales, terciarias, industriales o, simplemente, equipamientos.

• **Suburbano consolidado.** Se denominan suburbanos los suelos que albergan usos urbanos de media y baja densidad, ya estén distribuidos en un contínuo homogéneo en el territorio o concentra-

1. Vía primaria: Autopista de acceso a los Rodeos. Tenerife.

2. Vía colectora: Paseo de Colón, en Irún.

3. Un ejemplo de calle local.

4.



5.



6.



7.



8.



9.



10.



4. Autopista en las inmediaciones de un continuo urbano. Renteria.

5. Puente de los tres ojos en Madrid.

6. Autovía: M-40, Vía Borde de Hortaleza.

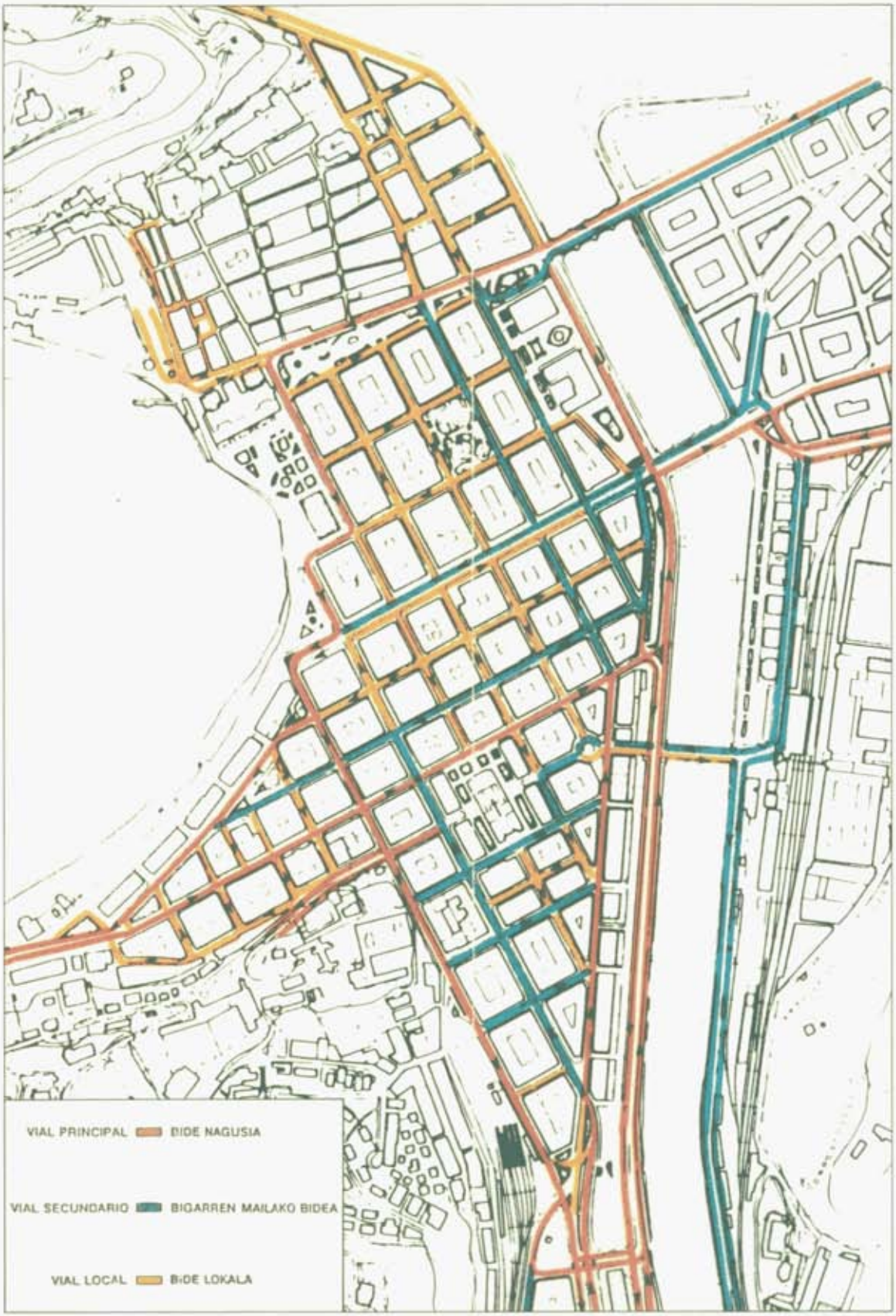
7. Vía arterial: circunvalación de La Coruña.

8. Desdoblamiento de calzada en la salida Sur de Valencia (N. 332).

9. Sección transversal de una vía arterial.

10. Vía arterial con baja velocidad de proyecto.

11.


VIAL PRINCIPAL
BIDE NAGUSIA
VIAL SECUNDARIO
BIGARREN MAILAKO BIDEA
VIAL LOCAL
BIDE LOKALA

12.



13.



dos en polígonos o áreas urbanizadas.
Es de hacer notar que el concepto de suburbano no tiene que ver en este caso con la centralidad urbana y metropolitana. Un barrio periférico de alta densidad tendrá características urbanas a pesar de que, desde el punto de vista metropolitano, pueda considerarse una zona suburbana.

• **Urbano y suburbano previsto en planeamiento urbanístico**. Tanto el medio urbano como el suburbano pueden no estar consolidados pero sí estar previstos en el planeamiento urbanístico.

4 Algunas tipologías particulares de la red estatal. Penetraciones, Rondas y Accesos a Puertos

4.1 Penetraciones

Se entiende por penetración un tramo de carretera que entra en la ciudad siguiendo un trazado más o menos radial. La principal característica de una penetración viaria es la necesidad de la transición desde un medio interurbano a un medio urbano o suburbano.
Las penetraciones canalizan movimientos interurbanos o suburbanos de entrada y salida a la ciudad. Al mismo tiempo, y en sus tramos interiores, pueden ser vías principales para el tráfico estrictamente urbano.
Una penetración viaria puede estar constituida por tramos con características distintas (carreteras fuera de poblado, carretera urbana y calle urbana). El principal problema que plantea su diseño será saber dónde y cómo se debe pasar de un tipo a otro de vía a lo largo del itinerario.

11. Red urbana jerarquizada.

12. Trazado de una carretera por medio urbano consolidado. Vigo.

13. Un ejemplo de medio suburbano. Sevilla.

14.



• **Alternativas de trazado**. Las posibilidades de crear nuevas penetraciones radiales en nuestras ciudades se han visto mermadas al ir consolidándose el medio urbano edificado y ser escasos los suelos libres en los corredores de acceso a la ciudad. A menudo, el trazado de las nuevas penetraciones se fuerza través de áreas verdes de alto valor natural o por zonas edificadas en remodelación.

Tanto en uno como en otro caso, el impacto de una nueva carretera es muy alto y debe ser cuidadosamente evaluado con otras alternativas. Una penetración viaria de nuevo trazado que debería estar justificada donde:

• No existan alternativas viables de transporte colectivo radial en el mismo corredor.

• No existan alternativas de mejora (ampliación o control de tráfico) de la penetración existente.

• No existan alternativas eficaces para canalizar el tráfico a través de circunvalaciones hasta otras penetraciones más holgadas.

• Por último, una nueva penetración puede justificarse porque se ha desarrollado una nueva área urbana central en la que no existen penetraciones viarias con capacidad suficiente.

4.2 Rondas Urbanas

Se incluyen dentro de esta denominación todas aquellas carreteras o vías urbanas que cumplen funciones de circunvalación para los movimientos de paso que atraviesan la ciudad. Es de hacer notar que éste no es el único tipo de circulación que utiliza dicho viario ya que el tráfico urbano de penetración puede utilizar la circunvalación para elegir su camino de entrada a la ciudad y el tráfico urbano para realizar movimientos de corto recorrido.

• **Alternativas de trazado: cercanía o alejamiento de la ciudad.** Existe una amplia variedad de trazados de las vías de circunvalación. Pueden considerarse cuatro tipologías básicas

• Ronda urbana. Vía arterial integrada en el tejido urbano. Mantiene numerosas conexiones con la malla viaria urbana, carece de control total de accesos y admite los movimientos y cruces de peatones a lo largo de la misma.

• Ronda segregada del medio urbano. Se trata de una carretera que atraviesa areas urbanas consolidadas pero, por su trazado y diseño de la sección transversal, se mantiene separada de las mismas. Pueden tratarse de nuevos trazados o de antiguas circunvalaciones con diseño de carretera interurbana que han quedado englobadas en el interior de la ciudad. Los principales impactos a tener en cuenta en este tipo de vías son su inadecuada adaptación funcional al viario urbano, los efectos de barrera y el impacto ambiental que producen (ruido e intrusión visual).

• Vía de límite urbano. Circunvalación concebida en el planeamiento urbanístico como límite de la zona urbana o urbanizable. Este tipo de vías mantienen alineaciones de edificación en uno de sus márgenes mientras que el otro permanece abierto. Los impactos que genera son de distinta importancia a uno y otro lado de la vía; ésta puede tener una sección transversal asimétrica y más generosa que las vías urbanas. Las vías de límite urbano deberán conciliar dos tipos de tejido territorial distinto: el urbano y el rural, con problemas de cortes en el viario urbano y en los caminos y sendas rurales.

• Variante exterior. Similares en sus caracteristicas a una carretera fuera de poblado, recogen los movimientos de paso que eluden la travesía urbana discurriendo por territorios exteriores al área de influencia de la ciudad.

• **La decisión por un trazado: principales disyuntivas.** Quizás sean los trazados de las circunvalaciones urbanas los que reúnan una mayor complejidad por la multitud de factores a los que es necesario atender. El alejamiento o cercanía de una circunvalación a la ciudad tiene dos consecuencias:

• Un trazado alejado de la zona urbana sirve perfectamente como canal del tráfico de paso, evita conflictos con las áreas urbanas y urbanizables, reduce los costes de las expropiaciones y no exige las condiciones de trazado y sección transversal estrictas de las carreteras urbanas. Por el contrario, si la circulación de paso es escasa, la carretera puede estar

15.



16.



14. El estudio de una variante debe necesariamente evaluar distintas alternativas de trazado y de sección transversal. Gerona.

15. Sección transversal en el acceso a Gijón.

16. Un ejemplo de ronda urbana. Oviedo.

CLASIFICACION FUNCIONAL DE LAS CARRETERAS URBANAS

TIPO DE VIA	ACTIVIDAD PREDOMINANTE	PEATONES	ESTACIONAMIENTO	VEHICULOS PESADOS	ACCESO A COLINDANTES	TRAFICO LOCAL	TRAFICO DE PASO	VELOCIDADES
1. PRIMARIA	Tráfico rápido, largas y medias distancias. Control parcial o total de accesos. Sin peatones.	Movimientos muy limitados.	Según tipo de vía.	Circulación preferente en estas vias.	Según tipo de vía. Siempre existe un nivel de control de accesos.	Ninguno o escaso.	Circulación preferente.	De 60 a 100 Km/h. v. proyecto.
1.1 AUTOPISTAS, AUTOVIAS Y VIAS RAPIDAS URBANAS	Canalización del tráfico de paso de media y larga distancia. Tráfico rápido. Todos los nudos se diseñan a desnivel.	Total segregación. No existen cruces a nivel.	Prohibido.	Preferente.	Totalmente limitado excepto en enlaces y vías de servicio.	Mínimo.	Preferente.	De 80 a 100 Km/h con excepciones.
1.2 VIAS ARTERIALES	Canalización del tráfico de paso de media y larga distancia, así como de movimientos exteriores de penetración en continuos urbanos. Admite intersecciones.	Segregación parcial y canalización de cruces a nivel en pasos de peatones definidos.	Admitido sólo en las vías arteriales con v. proyecto bajas (60 Km/h.)	Pueden circular. Admiten transporte público y paradas.	Admitido a excepción de intersecciones y en vías de servicio.	Apreciable.	Preferente.	Desde inferiores a 60 Km/h. a 80 Km/h.
2. COLECTORAS	Distribución de tráfico externo y canalización de tráfico urbano de media distancia.	Admitidos en aceras.	Admitido en troncos centrales de la vía.	Menor importancia. Transporte colectivo.	Admitido pero limitado.	Alto.	Alto porcentaje de tráfico de paso urbano.	Alrededor de 60 Km./h.
3. LOCALES	Acceso de vehículos a colindantes. Estacionamiento y reparto de mercancías. Circulación preferente de peatones.	Admitidos sin segregación.	Si.	Mínimo, y sólo carga y descarga.	Si.	Prioritario.	Mínimo o nulo.	Sobre 30 Km/h. e inferiores
3.1 COEXISTENCIA	Convivencia vehículo-peatón en la calzada. Circulación lenta y obstaculizada.							
3. 2 PEATONAL	Calles exclusivas para peatones con circulación excepcional de vehículos de servicio o transporte colectivo.							

sobredimensionada, ya que no será utilizada por los tráficos urbanos al estar muy alejada de la ciudad.

• Las variantes exteriores[3] suelen favorecer nuevos asentamientos urbanos, no siempre controlados por el planeamiento del suelo. Por ello es recomendable el control de accesos en aquellas variantes donde se prevean presiones de urbanización en sus márgenes. El control de accesos puede encarecer la construcción si tiene que resolver a desnivel numerosos cruces con el viario secundario. Asimismo puede generar efectos de barrera cuya previsión y solución se hace necesaria en la fase del estudio de alternativas.

18.



4.3 Accesos a Puertos

Una de las funciones establecidas para la Red Estatal es la de garantizar el acceso a los Puertos de Interés General. Esta comunicación suele realizarse sobre viario de características urbanas que, dada la ubicación de los puertos con respecto a la ciudad, suelen atravesar barrios densamente poblados o con gran número de actividades. En este sentido, muchos de los accesos actuales son meras «travesías» y las medidas para su mejora se centran en conseguir mayor seguridad para automovilistas y peatones, y evitar, mediante un adecuado control de la velocidad y de las paradas en intersecciones, los impactos ambientales, ruido principalmente, producidos por los vehículos pesados.

Los nuevos accesos a puertos del Plan de Carreteras tienen como objetivo la creación de un itinerario alternativo a la travesía existente. De esta manera, se mejora la circulación de los pesados que acceden al puerto y se reduce el impacto ambiental sobre los núcleos habitados. No obstante, cabe indicar algunas recomendaciones que ayudarán a optimizar el proyecto de este tipo de carreteras.

19.



20.



21.



17. La jerarquía viaria es un instrumento básico para planificar correctamente las carreteras. El cuadro refleja la planificación básica de las carreteras y calles.

18. Ronda.

19. Un ejemplo de vía límite: autopista del Mediterraneo en Valencia.

20. Acceso a puertos. Tarragona, sección transversal.

21. Potente penetración a un puerto. Acceso Sur al Grao de Valencia.

• La circulación prevista de vehículos pesados se traduce generalmente en el diseño de una sección transversal más holgada (carriles y arcenes más amplios, mayores radios de giro en enlaces e intersecciones, etc...). En general estas secciones, unidas a trazados de autovía, admiten una gran capacidad no siempre cubierta por el tráfico exclusivo del puerto. Por ello, en la elección de varios trazados alternativos cabrá valorar positivamente aquél que dote de accesibilidad al puerto, así como a las zonas industriales o de servicios ubicados en sus inmediaciones, de manera que se pueda optimizar la infraestructura desde el punto de vista de la capacidad vial.
• La ubicación central de muchos puertos españoles, obliga a proyectar los nuevos accesos como penetraciones paralelas o perpendiculares a la línea de costa. Estas penetraciones suelen aprovechar canales naturales de márgenes de ríos o la franja litoral que permanece libre de edificación y constituyen reservas de espacios libres urbanos. En estos casos, puede ser de gran interés coordinar la operación de construcción del acceso al puerto con la creación de zonas verdes, parques o paseos marítimos.
En este tipo de vías es importante la segregación del tráfico pesado de los movimientos de ámbito local (acceso a colindantes y circulación interior urbana). Para ello, es conveniente la realización de vías de servicio que permitan la separación de los dos tráficos.

1. El art. 37.2 de la Vigente Ley de Carreteras considera como tramos urbanos aquellos que discurren por suelo calificado de urbano por el correspondiente instrumento de planeamiento urbanístico. Si existen edificaciones al menos en dos terceras partes de la longitud del tramo de la carrtera y un entramado de calles, al menos en uno de los márgenes, se denomina *travesía* en dicho tramo.

2. Se puede denominar *continuo urbano* a las áreas cubiertas en su práctica totalidad por urbanización, no quedando apenas suelos libres. En principio, el continuo urbano puede englobar zonas industriales y áreas de escasa densidad.
Según la definición aplicada, el continuo urbano dependerá de la existencia o no de urbanización y no de la intensidad de la edificación.

3. La variante exterior tambien se denomina *variante periurbana*. *Zonas periurbanas* son los territorios periféricos a las áreas urbanas consolidadas, en los que el trazado de una carretera no produce impactos ambientales directos (ruido, contaminación, efectos de barrera, etc.) sobre las comunidades urbanas pero sí puede afectar al desarrollo de la ciudad (mejora de la accesibilidad a suelos no urbanos) y a su funcionamiento (circulación de tráfico urbano). El término «periurbano» proviene de los suelos agrícolas que circundaban a la ciudad y se favorecían de su proximidad al mercado. Un suelo periurbano es un suelo donde existen expectativas de futuros usos urbanos aunque su clasificación actual sea la de no urbanizable.

3. TRAFICO Y CAPACIDAD

El estudio de tráfico es un instrumento imprescindible para conocer las funciones que una carretera cumple en el conjunto de la red de transporte y la magnitud de los impactos ambientales que puede generar sobre el medio. Asimismo, el estudio de tráfico servirá de base para determinar las características geométricas y de firme en el tronco y nudos de la carretera.

El Estudio de Tráfico tiene como objetivo estimar la intensidad y características de los vehículos que circularán por la carretera durante el periodo de vida de la misma.

1 ASPECTOS PARTICULARES DEL TRAFICO EN LAS CARRETERAS URBANAS

Las carreteras urbanas tienen características específicas de circulación que las diferencian de los tramos fuera de poblado. Estas características, que influyen notablemente en la concepción y realización de los estudios de tráfico urbano, son las siguientes:

• El tráfico que circula está muy relacionado con el tipo e intensidad de los usos urbanos ubicados en los márgenes de la carretera.

En las carreteras fuera de poblado, la intensidad de los vehículos de paso suele ser el factor principal para su dimensionamiento y evaluación del impacto. En las áreas urbanas, la intensidad del tráfico generado por los usos colindantes obliga a considerar la carretera, no como un canal de paso sin relación funcional con su entorno, sino como el eje alrededor del cual se articulan complejas relaciones entre los distintos usos urbanos.

Como consecuencia, el estudio de tráfico obliga a analizar, más detalladamente que en el caso de las carreteras fuera de poblado, las relaciones entre usos del suelo y la movilidad que generan.

• La segunda característica se refiere al tipo de tráfico que circula por una carretera urbana. La circulación del tráfico urbano es distinta de la del tráfico interurbano. Las velocidades de recorrido[1] son inferiores, los movimientos pueden no ser continuos al existir intersecciones, las intensidades suelen ser superiores a los tramos fuera de poblado y las entradas y salidas al tronco de la carretera son más numerosas.

Estas características dan lugar a dimensionamientos estrictos de la carretera en los que se valora, por ejemplo, su adecuación a las fuertes intensidades de tráfico más que a las velocidades altas.

• En tercer lugar, los movimientos urbanos son muy sensibles a la existencia de caminos alternativos. Al contrario que fuera de poblado, donde la selección de itinerarios entre carreteras de características similares con trazados paralelos no suele ser común, la existencia de itinerarios paralelos en los tramos urbanos y las características extremas de circulación (congestión y aumentos de los tiempos de viaje) pueden derivar gran parte del tráfico previsto por otra vía que no esté preparada para ello.

• Por último, el tráfico que circula por los tramos urbanos puede tener una fuerte composición de autobuses y obligar a un diseño viario que introduzca carriles especiales de circulación y paradas en el tronco de la carretera.

1.



2.

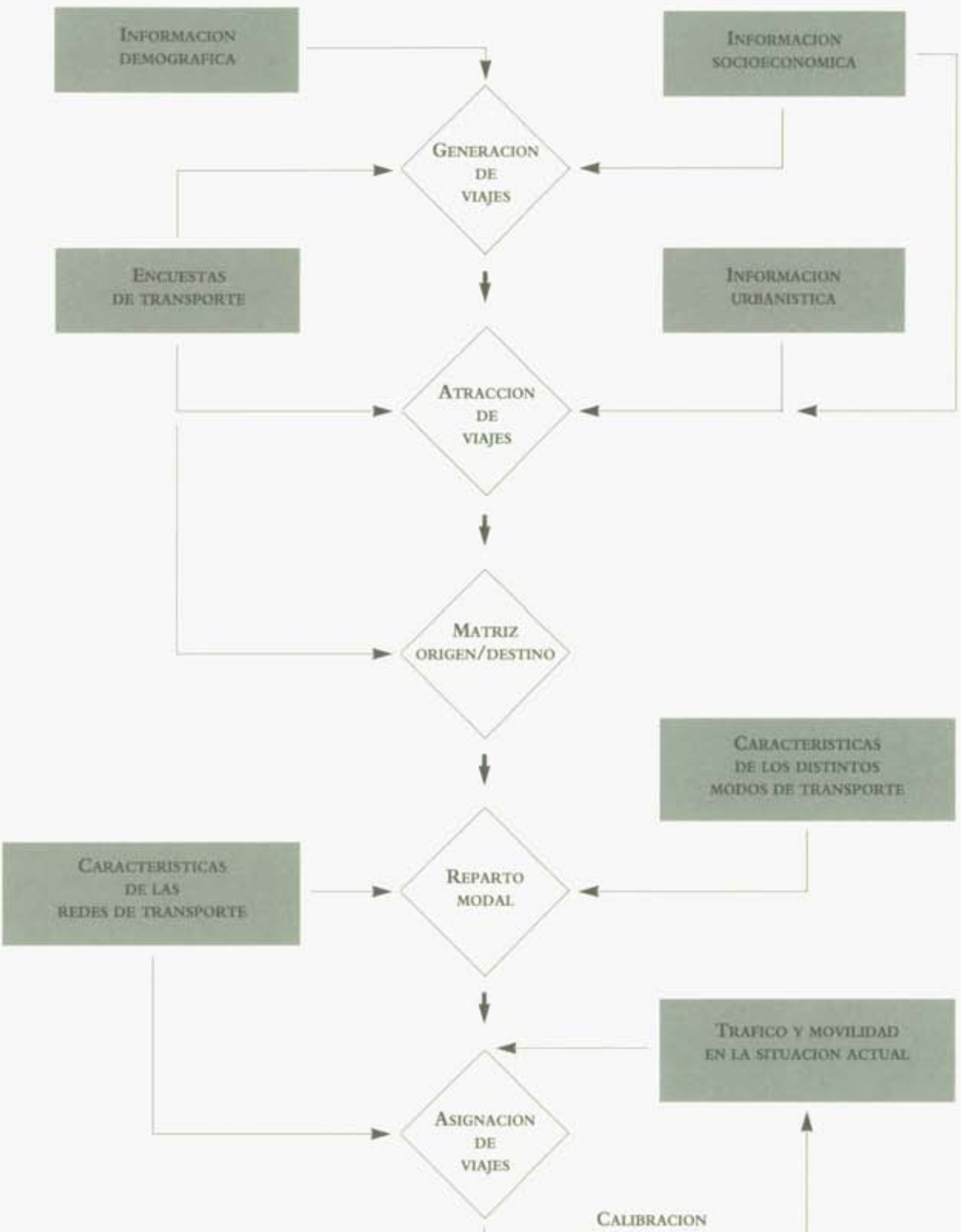


1. Alternativas de trazado en un estudio informativo. Conexión de la A. 1 y A.2, en Madrid.

2. Ejemplo de red arterial. Madrid.

3.

Modelo de generacion-asignacion de trafico



3. Organigrama típico de acciones de un modelo de tráfico de cuatro fases.

2 NIVELES DE ESTUDIO

El estudio de tráfico se desarrolla en dos niveles:

2.1 EL TRAFICO EN EL PLANEAMIENTO DE UNA RED VIARIA

En el nivel superior, el estudio de tráfico se acomete en los distintos marcos del planeamiento viario:

• **Planes de carreteras.** El estudio del tráfico en los tramos urbanos de los planes de carreteras se limita generalmente a evaluar la importancia de los movimientos interurbanos de paso o de acceso a la ciudad. Los resultados de estos analisis se concretan en la estimación de la IMD al año horizonte del plan. Esta información es básica para determinar itinerarios de vehículos y evaluar programas de actuación. No obstante, las peculiaridades de cada ciudad y del tráfico urbano que genera, reduce la validez de las dimensiones basadas en parámetros de crecimiento globales. Estas previsiones resultan demasiado simplificadas e insuficientes.

• **Estudios de Red Arterial.** Los Estudios de Red Arterial tienen como objeto la red de carreteras urbanas de una ciudad. Al tratar la red de carreteras y no el conjunto de la red viaria urbana se limita el alcance del análisis al no contabilizar itinerarios alternativos por el viario estrictamente urbano. Aún así, los estudios de tráfico realizados sobre las redes arteriales constituyen un instrumento básico para un primer diseño de la sección transversal y nudos de la red.

• **Estudios Viarios de los Planes Generales de Ordenación Urbana.** Este tipo de estudios amplía su campo de análisis al conjunto de la red viaria urbana, integrándose en el planeamiento urbanístico. Por su ámbito de aplicación, los estudios viarios abarcan una red más extensa, que engloba a las carreteras urbanas; tratan con mayor detalle la problemática del tráfico urbano pero pueden carecer de una visión supramunicipal que contemple las demandas del tráfico externo a la ciudad.

• **Planes Integrales de transporte urbano.** En los planes de transporte urbano se analizan el conjunto de las redes de transporte individual y colectivo a través de modelos que optimizan el uso de cada una de ellas. Los planes de transporte suelen englobar estudios del viario municipal o estudios de red arterial.

2.2 EL TRAFICO EN EL ESTUDIO INFORMATIVO Y EN EL PROYECTO

El análisis del tráfico en niveles inferiores del planeamiento viario tiene como punto de partida los resultados de los estudios más generales pero no puede limitarse a ellos. Es en el nivel del Estudio Informativo y, si éste no existe, en el del proyecto donde es necesario profundizar en el conocimiento de los flujos detallados de viajes, incorporando a la información ya conocida otros datos específicos para el tramo objeto de estudio:

• Generación y atracción de viajes de usos colindantes o conectados con la carretera, que no hayan sido contemplados expresamente en los estudios globales de planeamiento viario.

• Conocimiento de los movimientos transversales a la carretera estudiada.

• Itinerarios dentro del corredor que puedan ser alternativos a la carretera.

• Movimientos de paso y de giro en intersecciones y enlaces.

Toda esta información puede dar lugar a Estudios de Corredores Urbanos[2].

3 METODOLOGIA DE LOS ESTUDIOS DE TRAFICO

3.1 PLANEAMIENTO VIARIO[3]

Los estudios generales de tráfico, en el ámbito del conjunto de la ciudad o de un área de la misma, parten de una metodología similar, más o menos simplificada según sea el alcance del estudio. El modelo de análisis aplicado se inicia con la cuantificación de los movimientos, a partir de los usos del suelo, y termina con la asignación de tráficos a cada tramo viario. En términos generales, las grandes fases de análisis en este tipo de estudios son las siguientes:

• **Estimación de la demanda de viajes.** La demanda de viajes suele estimarse, en este nivel de planeamiento, a partir de los usos urbanos y de su intensidad. Para ello, los distintos métodos establecen una relación entre usos y viajes totales generados o atraídos por los mismos.

En un estudio que considere distintos modos de transporte, la información de partida se obtendrá a partir de encuestas de tipo domiciliario (generación de viajes de la unidad familiar) o encuestas en puntos de actividad (empresas, industrias o áreas comerciales). Si el estudio se circunscribe al transporte en automóvil, puede ser de utilidad sustituir o complementar las encuestas en puntos de origen o destino de viajes con encuestas de pantalla en el viario urbano.

• **Modelo de distribución.** Su objeto es conocer la matriz origen-destino de los viajes realizados en el área de estudio. Para ello, adquiere especial importancia la división del área estudiada en zonas. El tamaño de las zonas deberá estar de acuerdo con el nivel de detalle de la información disponible y con los resultados que se esperan obtener.
Un modelo de distribución común es el llamado de Gravedad. En ellos, el número de viajes realizados entre dos zonas es función directa del volumen de generación y atracción de cada zona y función inversa de la distancia (medida generalmente en términos de tiempo o coste de transporte).

• **Reparto modal.** En esta fase se realiza el reparto de viajes entre los distintos modos de transporte. Son escasos los estudios centrados sobre la red viaria que incluyan una evaluación del reparto modal de viajes. No obstante, el conocimiento de los viajes que pueden transferirse desde o hacia la red de transporte colectivo puede constituir un dato básico para el dimensionamiento de ciertos tramos de la red.[4]

• **Asignación a la red.** Por último, en la fase de asignación a la red, los viajes se reparten entre los distintos tramos de la red de transporte. En el caso de la red viaria, el criterio básico de reparto es el coste generalizado del viaje en cada uno de los tramos (coste de tiempo más coste de funcionamiento de los vehículos). Estos costes son difíciles de evaluar en la práctica cuando aparece el fenómeno de la congestión. No obstante, los modelos de asignación de tráfico a la red viaria, en especial los modelos con restricción de capacidad[5], pueden llegar a resultados muy ajustados con la realidad. Para la calibración de los modelos de asignación es imprescindible la realización de aforos en la red existente.

3.2 Estudios de corredor urbano

En el nivel de corredor urbano aparecen numerosas simplificaciones sobre la metodología general antes indicada.

• **Ambito.** Los estudios de corredor tienen ámbitos distintos según sea la longitud y configuración del tramo de carretera analizado. Como criterios generales, caben incluir en el ámbito del corredor los siguientes conjuntos:
• Usos colindantes a la carretera estudiada. Asimismo, se incluirán aquellos usos cuya generación o atracción de viajes sea relevante para el tráfico de la carretera.
• Red viaria. Se incluirán en el corredor los itinerarios competitivos con la carretera, la red viaria longitudinal (por ejemplo, posibles vías de servicio) y la red viaria transversal que pueda tener relación con la carretera proyectada.
• Otros modos de transporte. Es recomendable incluir en el corredor la red de transporte colectivo siempre que ésta sea competitiva con la carretera y se prevean modificaciones en el reparto modal. El caso más relevante será el estudio de una penetración viaria.

• **Asignación de tráfico a la carretera.** La metodología a seguir será similar a la explicada para los estudios de planeamiento. No obstante, cabe realizar numerosas simplificaciones que no afectan a la precisión final del estudio.
• Demanda de viajes.
En este nivel de análisis no resulta oportuno realizar encuestas domiciliarias. La información de campo se centra en las encuestas de pantalla y en la evaluación de las demandas de viajes de cada uno de los usos relevantes existentes en el corredor. Si en este último aspecto no existe ningún tipo de información, podrá acudirse a la determinación de la demanda de viajes a partir de índices de generación y atracción según usos. Es recomendable que estos ratios sean obtenidos a partir de casos similares, a ser posible existentes en la misma ciudad.
• Distribución.
En corredores muy simples, sin apenas itinerarios alternativos, el modelo de distribución suele omitirse para realizar directamente una asignación a la red.
• Reparto modal.
Sólo aplicable en corredores con varios modos de transporte. Los modelos más tradicionales de reparto modal estiman la demanda de viajes en cada

modo en función del coste del desplazamiento y de un coste o peso específico de cada modo[6].

• Asignación de viajes.

La asignación de viajes a la carretera se realiza de manera similar a los estudios de planeamiento. Para cada alternativa se deberán conocer los movimientos siguientes:

Movimientos en el tronco principal, desagregados como tráficos de paso y tráficos con origen/destino en el área de estudio.

Movimientos de entrada y salida a los usos colindantes a la carretera.

Movimientos en el viario transversal, así como en los ramales de giro de intersecciones y enlaces.

Para la calibración de la asignación viaria será necesario el apoyo de aforos de tráfico en el tronco principal y en las vías transversales.

• Previsión de tráfico. No es recomendable realizar las previsiones de tráfico urbano a partir de la aplicación de crecimientos «estándar» para un conjunto nacional, regional o provincial. Tampoco se recomienda la simple prolongación de tendencias sobre las Intensidades Medias Diarias que discurren por la sección estudiada.

La manera más precisa de realizar previsiones de tráfico urbano es a partir del estudio de usos del suelo previstos en el planeamiento urbanístico. Se recomienda un horizonte de previsión de 15 años, dividido en dos escenarios. El primero, hasta 10 años, basado en los datos de crecimiento y usos de los programas de los planes de ordenación urbana. El segundo, para el resto, sobre un escenario tendencial de crecimiento a largo plazo, acorde con las previsiones del planeamiento urbano.

4 Dimensionamiento funcional de la carretera

Una vez realizada la asignación se dispondrá de las Intensidades Medias Diarias en el tramo de carretera, en sus ramales y vías de servicio. Igualmente, se conocerá la composición de vehículos ligeros y pesados. Esta información puede ser suficiente para la evaluación de impactos ambientales o para el estudio de rentabilidad económica. No obstante, para el dimensionamiento de la sección transversal de la carretera y para el diseño de los nudos será necesario dar un paso más y realizar el estudio de capacidad vial.

Dicho estudio es similar al realizado en las carreteras fuera de poblado y se basa en varios métodos entre los que cabe destacar las recomendaciones del Manual de Capacidad de Carreteras, del Transportation Research Board[7]. Esta metodología, que parte de la determinación de los niveles de servicio en la carretera por comparación entre la capacidad de la misma y la intensidad que circula por ella, tiene ciertas peculiaridades en su aplicación a las carreteras urbanas. Se resumen a continuación cada uno de los pasos a dar y los criterios a seguir en los casos urbanos.

• **Intensidad Horaria de Dimensionamiento.** La intensidad puede ser distinta según el indicador que se utilice. En secciones interurbanas suele emplearse la Intensidad en Hora 30[8] y, para dimensionamientos más estrictos, la Intensidad Hora 100. En el caso urbano, se considera conveniente emplear como intensidad de dimensionamiento la Intensidad en Hora Punta, correspondiente al día medio.

En ausencia de información detallada sobre la Intensidad en Hora Punta, se aplicará el porcentaje del 10 % sobre la IMD prevista. Asimismo, se considera un reparto entre sentidos de circulación con porcentajes 60-40 %

La complejidad de los movimientos urbanos aconsejan precisar en la mayor medida este parámetro de dimensionamiento. Para ello, cabe realizar aforos por períodos horarios o inferiores a la hora, en horas punta de la mañana o de la tarde, con el fin de evaluar con mayor exactitud la intensidad de dimensionamiento y el número de horas anuales en que ésta es superada.

• **Capacidad del tronco de la carretera.** La capacidad viaria depende de la composición del tráfico, de las características de la sección transversal (anchura de carriles, arcén, mediana, berma, etc...), del perfil longitudinal y de la condiciones climáticas, entre otros factores. Para el cálculo de la capacidad de un tronco viario, puede acudirse al Manual de Capacidad, aludido. No obstante, y a título indicativo, se adjunta el cuadro 4, obtenido de la publicación británica «Roads in Urban Areas»[9], con las capacidades horarias de los distintos tipos de carretera y anchura de calzada.

• **Nivel de servicio.** La relación Intensidad/Capacidad permite obtener el nivel de servicio de una carretera. Las restricciones de suelo, los costes de construcción y las menores velocidades de proyecto

CAPACIDAD HORARIA APROXIMADA PARA CARRETERAS EN MEDIO URBANO

TIPO DE CARRETERA	DOBLE CALZADA			CALZADA UNICA				CALZADA 2 CARRILES				
	CAPACIDAD VEH/H. 1 SENTIDO			CAPACIDAD VEH/H. 1 SENTIDO				CAPACIDAD VEH/H. 2 SENTIDOS				
CALZADA	2 x 2 c.		2 x 3 c.	4 CARRILES		6. CARRILES		2 CARRILES				
ANCHO CALZADA (m.)	6,5	7,0	10,5	12	13	14	18	6	6,5	7,0	9*	10*
A. AUTOPISTA, AUTOVIA URBANA VIA RAPIDA		3.600	7.500							2.000		
B. VIA ARTERIAL NIVEL ALTO v. 80 Km/h.	3..200	4.800		2.550	2.800	3.050	2.950			2.000		
C. VIA ARTERIAL NIVEL BAJO v. 60 Km/h.				1.700	1.800	2.100	2.700	1.100	1.400	1.700	2.200	2.500

Fte.: «Roads in urban Areas». Department of Transport. Reino Unido. 1987 y eleboración propia.
* Contabilizados los arcenes.

5.



Ilustración 3-5. Nivel de servicio A.



Ilustración 3-8. Nivel de servicio D.



Ilustración 3-6. Nivel de servicio B.



Ilustración 3-9. Nivel de servicio E.



Ilustración 3-7. Nivel de servicio C.



Ilustración 3-10. Nivel de servicio F.

5. Carreteras con distintos Niveles de Servicio, según el Manual de Capacidad. (Fte. AIPCR)

aconsejan que el nivel de servicio de dimensionamiento de una carretera urbana esté más ajustado que en su homóloga interurbana. En autopistas, autovías y vías rápidas urbanas, se aconseja un nivel de servicio de dimensionamiento «C» para el año horizonte de previsión de tráfico. En vías arteriales o en circunstancias en las que existen importantes restricciones a la sección transversal, se admite que el nivel de servicio de dimensionamiento pueda llegar al «D».

• **Nudos.** En la práctica totalidad de las vías arteriales y en algunas autovías y vías rápidas, el nivel de servicio de la carretera no viene condicionado por la sección en el tronco sino por la capacidad de sus nudos (intersecciones semaforizadas o no y ramales críticos en enlaces). Este es un aspecto importante que se apuntará en un capítulo posterior y que obliga a realizar el estudio de tráfico de manera conjuntaen el tronco y en los nudos.
Se recomienda que el dimensionamiento del tronco de la carretera y el de sus nudos se encuentre equilibrado para evitar costes excesivos de ejecución o un aumento de la peligrosidad .

1. Como indicador de la velocidad real de los vehículos en una sección dada, se puede utilizar la velocidad media de recorrido o, de una manera más precisa, la velocidad percentil 85 (velocidad real superada por el 85% de los vehículos que atraviesan la sección de la carretera).

2. No hay que confundirlo con los estudios de corredor de los planes de carreteras. Estos últimos abarcan un corredor territorial interurbano de mayor longitud y anchura de banda.

3. Estudios de Redes Arteriales, Estudios de Viario Municipal y Estudios Integrales de Transporte.

4. Como ejemplo, cabe citar la importancia del reparto modal entre transporte colectivo y automovil en las penetraciones urbanas.

5. Los modelos de restricción de capacidad ponderan el aumento del coste de transporte al asignar tráfico a un tramo de carretera y las consecuencias que se derivan de esta asignación: menor nivel de servicio y reducción de la velocidad de recorrido.

6. Por ejemplo, los modelos tipo **Logit** pueden representarse como sigue:

$$\frac{T_k}{\sum t_i} = \frac{e^{-lck+dCk}}{\sum e^{-lci+dCi}}$$

Donde:
$\sum$ suma
e número neperiano
Tk viajes en el modo K
Ck coste generalizado en el modo K
dCk parámetro específico a cada modo de transporte
Fte: «Roads in Urban Areas». Véase bibliografía.
l es un parámetro general, a estimar.

7. «Manual de Capacidad de Carreteras»: «Highway Capacity Manual», Special Report 209. T.R.B. 1985. Traducción española realizada por la Dirección Gral. de Carreteras. MOPT. Madrid, 1987.

8. Intensidad de vehículos que es superada durante 30 horas al año.

9. «Roads in Urban Areas». Department of Transport. HMSO. Londres 1987. Fig. 36.1

4. MEDIO ATRAVESADO

El medio urbano es un concepto que engloba una realidad compleja y diversa que puede ser entendida desde muy diversos puntos de vista. A efectos del estudio de una carretera, el medio urbano puede entenderse desde las siguientes perspectivas:

- Como espacio funcional, generador o atractor de viajes. Esta afección ha sido desarrollada en el capítulo anterior.
- Como espacio físico donde se ubican unos usos que ocupan un suelo susceptible de ser afectado por la construcción de la carretera o por los diversos impactos ambientales de los vehículos que circulan por ella.
- Como espacio económico, donde la mejora de accesibilidad derivada de la construcción de una carretera producirá efectos de crecimiento y transformación de actividades urbanas.

En este capítulo se analizará principalmente la segunda opción, haciendo alguna mención a las otras dos.

Es de hacer notar que el análisis del medio atravesado no puede dejar de lado el Medio Natural (orografía, régimen de aguas, vegetación, fauna, etc...). A efectos de estas recomendaciones, y para el estudio de los aspectos no estrictamente urbanos, se remite a estudios específicos[1].

1 MORFOLOGIA DE LOS ESPACIOS URBANOS

Las carreteras urbanas discurren por espacios urbanos con morfologías distintas. Será necesario identificar los distintos espacios urbanos y enunciar, de manera somera, los condicionantes que imponen a las nuevas carreteras que discurren por ellos.

- **Areas centrales de alta densidad**. Son los espacios donde se ubican los cascos antiguos, ensanches y las áreas más tradicionales de la ciudad. El sistema viario está consolidado y constituido por una red de calles con funciones distribuidoras y locales. Este viario tiene, en general, una capacidad limitada. Las carreteras urbanas suelen ser meras travesías que discurren por calles cuyo uso es principalmente de circulación de tráfico urbano y acceso a usos colindantes.

Los impactos de una nueva carretera en este medio urbano son, principalmente, la ocupación de suelo, el efecto de barrera y el impacto ambiental sobre las zonas aledañas pudiendo paliarse a base de soluciones constructivas de coste alto. Es, asimismo, alto el coste de expropiación de la carretera.

- **Areas residenciales exteriores de alta densidad**. El crecimiento de los nuevos barrios en los últimos 30 años ha dado lugar a zonas residenciales de alta densidad, con tipologías edificatorias de bloque abierto, y una red viaria a menudo escasa y deficientemente comunicada con el resto del viario urbano.

El período de realización de estos barrios ha sido a menudo similar al del primer planeamiento arterial, por lo que suelen existir reservas de suelo para los trazados viarios de nueva planta. El suelo no será, en general, un recurso escaso y no condicionará la construcción de la nueva carretera, a no ser que las reservas para viales hayan sido ocupadas por otros usos (zonas verdes o equipamiento deportivo). Por

1.



2.



3.



4.



5.



1. Carretera por un canal central: Cinturón Litoral de Barcelona.

2. Medio de Baja densidad en el oeste madrileño.

3. Medio Industrial. Circunvalación de Sevilla.

4. Accesos a un Centro de Transporte. Madrid.

5. Carretera en un área de gran centralidad. Acceso de la Avanzada, Bilbao.

el contrario, los impactos más importantes seguirán siendo el efecto de barrera y los impactos ambientales (ruido y contaminación).

• **Areas residenciales de baja densidad**. La morfología del área residencial de baja densidad es muy reciente en España, dejando aparte las numerosas colonias urbanas construídas durante los años veinte y treinta de este siglo. No existen, por tanto, numerosas experiencias sobre la construcción de carreteras a través de este medio. Los escasos ejemplos a los que se ha podido acceder permiten detectar recursos de suelo más escasos que en el caso de la residencia de alta densidad (ausencia de previsión de reservas de suelo viario), problemas importantes de accesibilidad a los usos colindantes y, por último, impactos ambientales potencialmente altos.

• **Nuevas Zonas Industriales**. Las zonas industriales de nueva planta son muy sensibles a una localización cercana a las carreteras urbanas. No obstante, sus accesos no siempre son acordes con esta necesidad de comunicación y pueden estar infradimensionados para las intensidades de tráfico que los utiliza. Los principales problemas de las carreteras en medio industrial se remiten a la conciliación de los movimientos de paso con el tráfico de acceso al área o el puramente interior a la misma. Por esta razón, se opta por soluciones de separación total de tráfico y construcción de vías de servicio para el tráfico local lento. Desde el punto de vista ambiental, los impactos no serán tan relevantes como en las áreas residenciales aunque la disponibilidad de suelo para la construcción de la carretera, si no se ha previsto, puede dar lugar a problemas de adquisición no desdeñables.

• **Centros comerciales**. No existen problemas específicos derivados del impacto de las carreteras a sus paso por las grandes áreas comerciales. El principal aspecto a considerar radica, como en el caso industrial, en el diseño correcto del sistema de accesos y nudos, así como en la segregación entre tráficos locales y tráficos de paso.

• **Suelo vacante en entorno urbano**. La mayor parte de nuestras ciudades se han desarrollado sobre áreas de alta densidad separadas por superficies vacías donde todavía se mantenían actividades agrícolas o ganaderas. Gran parte de las nuevas carreteras urbanas aprovechan este tipo de suelos donde hay suficiente reserva y los problemas de afección a comunidades urbanas consolidadas son más escasos. No obstante, el trazado por suelo vacante puede tener efectos negativos al alejar la infraestructura del usuario urbano y estimular la ubicación de actividades urbanas en áreas no previstas en el planeamiento del suelo.
Por otro lado, el trazado de nuevas carreteras por este tipo de suelos puede generar impactos de importancia que afecten a su valor agrícola y ganadero que, a pesar de no ser un impacto estrictamente urbano, puede llegar a tener gran relevancia.

2 Los tipos de suelo en el planeamiento urbanistico

El planeamiento urbanístico contempla los distintos tipos de suelo desde la perspectiva de los usos a los que se destina y de la programación de su desarrollo.
• El ordenamiento urbanístico clasifica el suelo municipal en tres tipos básicos: suelo urbano, suelo urbanizable (programado y no programado) y suelo no urbanizable. Los Planes Generales de Ordenación Urbana constituyen el instrumento central del planeamiento municipal y de la programación de los distintos tipos de suelo que posteriormente se desarrollarán en Planes Parciales, Planes Especiales y Programas de Actuación.
En el suelo urbano, la definición de la infraestructura viaria es muy precisa, debiéndose indicar las alineaciones y rasantes del viario existente y previsto en dicho suelo.
En el suelo urbanizable programado, la definición es menor ya que los sistemas infraestructurales se desarrollarán posteriormente mediante planeamiento más detallado.
Esta definición es, asimismo, menor en el suelo urbanizable no programado llegando algunos planes a delimitar simples canales de infraestructura viaria y a señalar los usos incompatibles con la misma.
Por último, en el suelo no urbanizable, el planeamiento urbanístico hace hincapié en los aspectos de protección del medio natural, estableciendo límites a su degradación por edificaciones, infraestructuras, etc...
El progresivo detalle en las determinaciones de las distintas figuras del planeamiento urbanístico tiene, como se verá en el capítulo siguiente, su paralelo en las figuras de planeamiento y proyecto de una carretera. De esta forma, el Estudio de Planeamiento,

Estudio Previo, Estudio Informativo, Anteproyecto y Proyecto siguen una secuencia de determinaciones más generales a otras más concretas que pueden permitir, en ciertos casos, acometer simultáneamente la figura urbanística y el estudio de la carretera.

• Los suelos destinados a albergar las nuevas carreteras urbanas son clasificados en la Ley del suelo como Sistemas Generales de Comunicación y forman parte de la estructura general del territorio municipal. Estos suelos y sus zonas de protección deben ser previstas en el planeamiento urbanístico y, en concreto, en las determinaciones de los Planes Generales de Ordenación Urbana. Pueden desarrollarse con cargo a los polígonos urbanos a los que están asociados o, por el contrario, ser acometidos directamente por la Administración competente que recurre al sistema expropiatorio, a la compra o a la cesión del suelo.

El desarrollo autónomo de los Sistemas Generales previstos en la ordenación urbanística puede realizarse mediante la figura del Plan Especial de Ejecución de Infraestructura cuya redacción puede ser acometida directamente por la Administración responsable de la obra.

• **Los mecanismos** contemplados en el ordenamiento urbanístico para la adquisición de suelo destinado a infraestructuras viarias pueden ser de tres tipos:

• Compensación. En el que la ejecución de la infraestructura y su gestión corresponde a los propietarios del polígono que la engloba. Este sistema es de utilización muy escasa en la construcción de carreteras pero es el más utilizado en el desarrollo de sistemas generales municipales insertos en la urbanización general de un polígono. No obstante, pueden darse casos en los que un operador privado puede adelantar la construcción de tramos de carretera, asumiendo su coste de ejecución hasta que la Administración dispone de la asignación presupuestaria correspondiente. Estos casos suelen darse en proyectos de acceso a zonas comerciales o industriales en los que el promotor privado tiene gran interés en adelantar la terminación de la infraestructura.

• Cooperación. En el que los propietarios del polígono que engloba el sistema general aportan suelo de cesión obligatoria para la construcción de la infraestructura, que realiza la Administración. Este mecanismo es utilizado por las Corporaciones Locales para la adquisición de suelo de sistemas generales siendo, por el contrario, muy raro como mecanismo de adquisición de suelo por parte de las Administraciones sectoriales de Carreteras.

• Expropiación. El mecanismo de expropiación forzosa es el comunmente utilizado por las Adminis-traciones de Carreteras para la adquisición directa de suelo fuera de los perímetros delimitados por polígonos urbanos en desarrollo. En medio rural, la expropiación es, prácticamente, el único sistema utilizado.

Los convenios entre las Administraciones de Carreteras y las Corporaciones Locales suelen recoger acuerdos sobre la adquisición de suelo. Es común dejar a los ayuntamientos la gestión y adquisición de suelo para nuevo viario en las áreas urbanas, ya mediante el mecanismo de cooperación como por la expropiación forzosa. La Administración de Carreteras se encarga, por su lado de asumir todos o parte de los costes de ejecución de la infraestructura.

1. Por ejemplo, «Guía metodológica para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Tomo 1: Carreteras y Ferrocarriles». Monografías de la Dirección General de Medio Ambiente. MOPT. Madrid 1989.

B

CONCEPCION GLOBAL DE UNA CARRETERA URBANA

5. PRINCIPALES DECISIONES A ADOPTAR EN EL MARCO DEL ESTUDIO INFORMATIVO Y DEL PROYECTO

En los capítulos anteriores se han indicado los principios básicos que guían el planeamiento y proyecto de las carreteras urbanas. En esta parte de las recomendaciones, y antes de desarrollar cada uno de los elementos técnicos de proyecto, se exponen los distintos tipos de estudios de carreteras contemplados en la legislación vigente, así como algunas metodologías de aplicación en los mismos.

1 Los niveles de estudio. Estudio Informativo y Proyecto de Construccion

Las decisiones que configuran una actuación viaria han sido adoptadas progresivamente desde los niveles más amplios de estudio hasta el proyecto de construcción. La Ley de Carreteras (25/1988) establece en su Art. 7.1 una jerarquía de estudios; a saber:

• **Estudio de Planeamiento.** Consiste en la definición de un esquema vial en un determinado año horizonte, así como de sus características y dimensiones recomendables, necesidades de suelo y otras limitaciones, a la vista del planeamiento territorial y del transporte.
El Estudio de Planeamiento abarca el conjunto o parte de la malla de carreteras urbanas. Su nivel de análisis ha de ser suficiente para poder dar respuesta a los principales problemas funcionales (lo que supone conocer las características del tráfico en los tramos y nudos de la malla viaria). Asimismo, el estudio de planeamiento indica canales territoriales[1] por los que pueden discurrir los trazados viarios.

• **Estudio Previo.** Consiste en la recopilación y análisis de los datos necesarios para definir en líneas generales las diferentes soluciones de un determinado problema.
El Estudio Previo pretende resolver problemas que se presentan en las primeras fases del diseño de una carretera. Estos problemas pueden tener un carácter funcional, incidir sobre una dificultad de trazado o plantear la reducción de un determinado impacto ambiental.

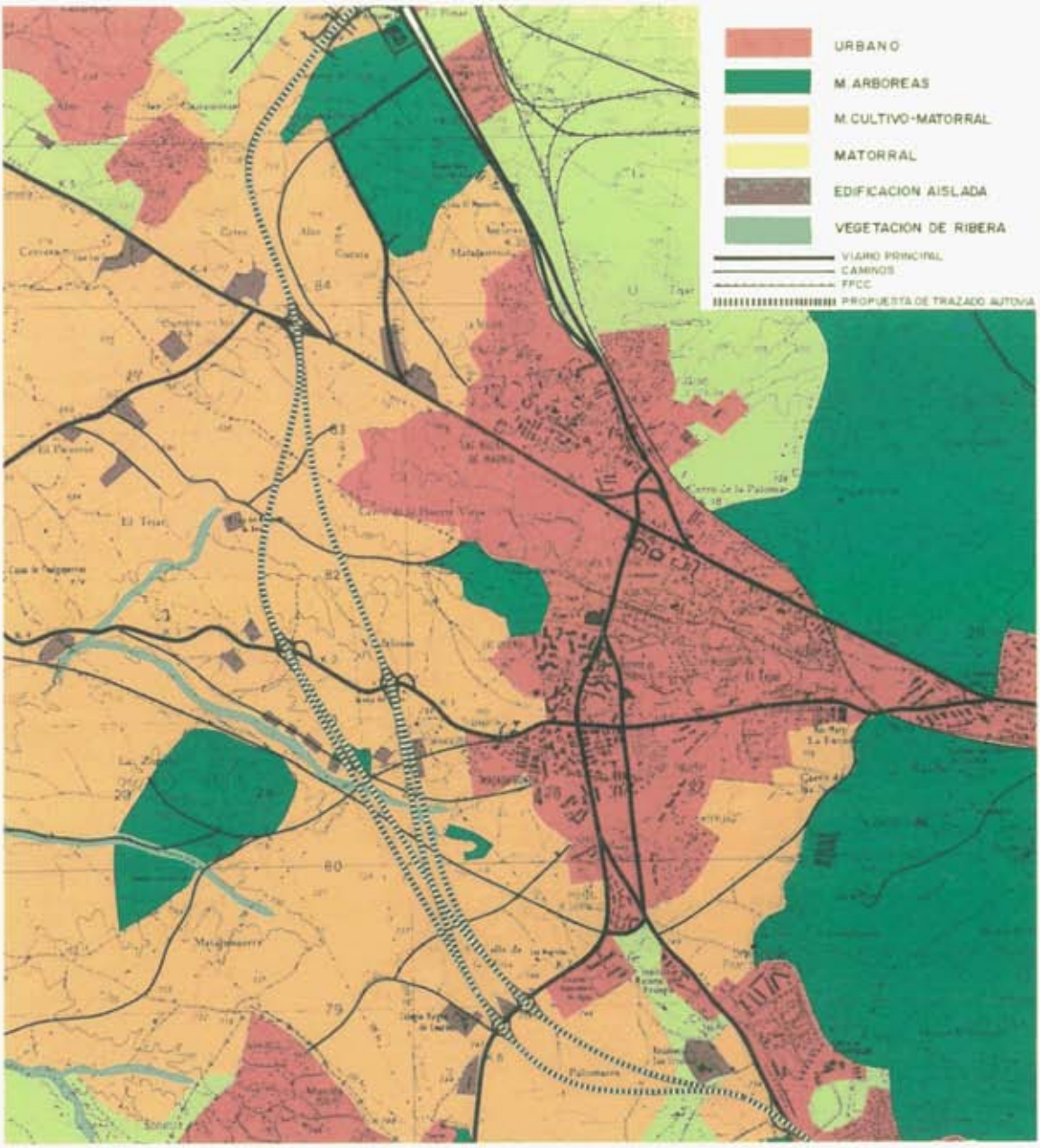
• **Estudio Informativo.** Es la definición, en líneas generales, del trazado de la carretera, a efectos de que pueda servir de base al expediente de información pública que se incoe en su caso.

• **Anteproyecto.** Es el estudio a escala adecuada y consiguiente evaluación de las mejores soluciones al problema planteado, de forma que pueda concretarse la solución óptima.

• **Proyecto de Trazado.** Es la parte del proyecto de construcción que contiene los aspectos geométricos del mismo, así como la definición concreta de los bienes y derechos afectados.

• **Proyecto de Construcción.** Es el desarrollo completo de la solución óptima, con el detalle necesario para hacer factible su construcción y posterior explotación.

1.



1. El Nivel del estudio informativo y del estudio previo obliga a plantear varias alternativas de trazado. En la ilustración, alternativas al eje Pinar-Pozuelo, en Madrid.

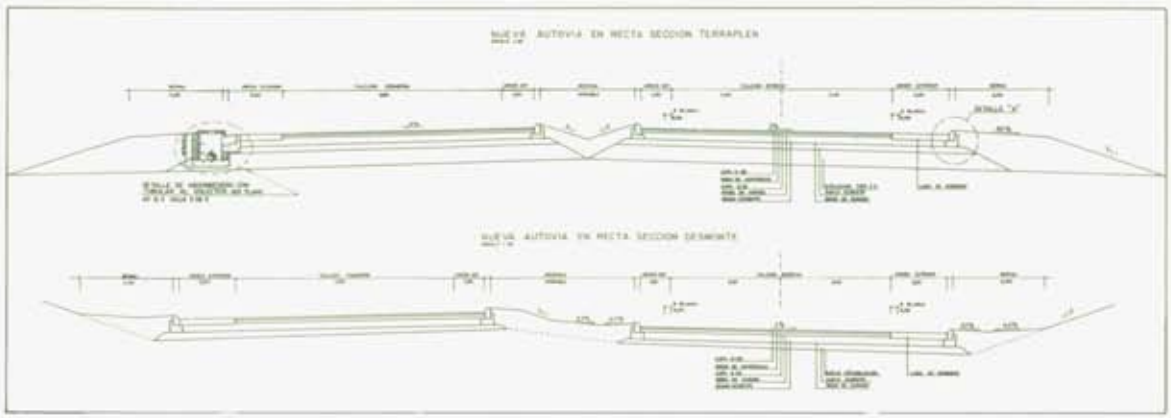
Dejando aparte el contenido detallado de cada uno de los estudios anteriores, que se encuentra explicitado en diversos textos del MOPT[2], cabe agrupar los estudios de carreteras en tres grandes secciones:

• **Estudios de Planeamiento. Estudios de Esquemas Arteriales.** Se han tratado de manera general en los capítulos 1 y 2. Tienen como objeto la definición de una red viaria en un año horizonte. Su análisis no se limita a un tramo de carretera, ni siquiera a un itinerario, sino que abarca el conjunto de la red viaria de un determinado rango. Los resultados del Estudio de Esquema Arterial, cuya escala de trabajo más común se encuentra en el 1:10.000 [3], se dirigen a establecer un programa de actuaciones y su coste, estimar mediante amplios canales las necesidades de suelo para la construcción del viario previsto, tantear trazados y establecer las dimensiones de las distintas secciones tipo.
Estos Estudios de Planeamiento están íntimamente relacionados con el Planeamiento Urbanístico de ámbito municipal. La red de carreteras urbanas está incluida en los sistemas generales viarios de los planes de ordenación. Estos Sistemas Generales engloban, asimismo, el resto de la red urbana principal.
La Ley de Carreteras expone la conveniencia de que los Estudios de Planeamiento de Carreteras Urbanas y el Planeamiento de los Sistemas Generales se realicen coordinadamente. De esta manera se pueden evaluar los distintos criterios de planificación y programar actuaciones en la fase de diseño general del viario.

• **Estudios Previos e Informativos.** El Estudio Previo en un primer nivel, y el Informativo después, abordan la selección de un trazado entre varios alternativos, determinan un canal de suelo ajustado a la futura ocupación de la carretera, definen los enlaces e intersecciones y valoran el impacto ambiental esperable. Asimismo, el Estudio Informativo culmina en un proceso de Información Publica y en la aprobación final del mismo.
Los Estudios Informativos tienen por objeto un nivel de concepción de la carretera (estudio de trazados alternativos) que muchas veces ha sido determinado previamente en el planeamiento urbanístico. En estos casos, los trazados viarios no se someten a información pública de nuevo, pero si deben exponerse otras características de la carretera (movimientos contemplados en los enlaces, perfil longitudinal, permeabilidad transversal, etc...) y, sobre todo, los impactos ambientales generados por el trazado propuesto, tal y como exige la normativa de evaluación de impacto ambiental.
Si la actuación objeto de estudio es la mejora de una Vía Arterial existente (acondicionamiento o desdoblamiento), sin cambios en el trazado, suele omitirse el Estudio Informativo y, consecuentemente, la correspondiente información pública. El estudio de diseño general de la vía se realizará mediante un Estudio Previo, realizado a menudo de manera simultánea al proyecto.
Los Estudios Informativos suelen trabajar con definiciones en planta a escala 1:10.000 ó 1:5.000, y con detalles a escala superior, si fuera necesario. Los estudios sobre carreteras que discurran por tramos urbanos, en los que exista incidencia sobre el suelo urbano o urbanizable, se desarrollarán a escala 1:2.000, con un nivel de precisión de la solución elegida similar a la de los documentos de planificación urbanística que establecen los usos del suelo.
En el Estudio Informativo se incluye, siempre que se trate de carreteras de nuevo trazado, la Evaluación de Impacto Ambiental. Este estudio sigue las directrices de impacto ambiental desarrolladas en el Real Decreto Legislativo 1302/86 y posteriormente reglamentados mediante el Real Decreto 1131/88.

• **Anteproyecto, proyecto de trazado y proyecto de construcción.** Constituyen sucesivas fases en el proceso de definición de la carretera. En el proyecto de construcción se desarrolla totalmente la solución elegida determinando elementos que, en numerosas ocasiones, no son abordados en estudios de nivel anterior. Tal es el caso de los pavimentos, tipos de drenaje, señalización o plantaciones. El proyecto de construcción constituye un documento contractual que servirá de base para el desarrollo posterior de la obra.
La concepción y diseño de una nueva carretera es un proceso único a pesar de que se acometa en fases y documentos sucesivos (Estudio de planeamiento, Estudio informativo, Proyecto). Aunque los apartados siguientes centran su atención en las principales decisiones a adoptar en el marco del Estudio Previo /Informativo y del Proyecto de Construcción, algunas de ellas se habrán discutido antes en Estudios de Planeamiento. Tal puede ser el caso de la definición del trazado en planta y en alzado, o la sección tipo empleada. No preocupará tanto estimar en qué documento se deben adoptar todas estas

2.



decisiones sino cúal es su contenido y como se encadenan en un proceso único.

2 La organizacion del Estudio Informativo

El Estudio Previo y, posteriormente, el Estudio Informativo son estudios de alternativas. Se deberán tener en cuenta, por tanto, cuatro fases de trabajo:

- Descripción de los problemas actuales y previsibles, para su solución.
- Descripción de las alternativas consideradas.
- Evaluación de las mismas según distintos criterios.
- Selección y desarrollo de una solución final.

Esta metodología está desarrollada en textos publicados por el MOPT[4] y no es el cometido de estas recomendaciones entrar en el detalle de la misma. Sí caben indicar algunas particularidades para el caso de carreteras urbanas.

2.1 La base para la evaluacion de varias alternativas de trazado de una carretera urbana es doble

- La adaptación funcional de la carretera a la red viaria en la que está inserta y al tráfico que se prevé circulará por ella.
- La adaptación de la carretera a su entorno urbano o a la ordenación prevista de dicho entorno.

Estas dos líneas de evaluación permiten dirigir el estudio de alternativas no únicamente a las características del trazado y de la sección transversal de la vía, su adaptación al terreno y a la comparación de los costes de transporte y de ejecución mediante un análisis Coste/Beneficio, sino también hacia una aproximación integrada en la que la carretera pueda ser estudiada desde distintos puntos de vista.

2.2 Se proponen tres puntos de vista simultaneos, los cuales conllevaran tres evaluaciones

- Función transporte: Eficacia de la carretera con respecto a su función de transporte y a los costes de construcción y conservación. La evaluación más corriente en este caso es del tipo Coste/Beneficio o Coste/Eficacia[5].
- Impacto físico: Niveles comparados de impacto ambiental (en especial, ruido, contaminación del aire y afección física al medio, umbrales superiores

2. Sección transversal tipo de una vía arterial. En la ilustración, eje del Arroyo Meaques, en Madrid.

admisibles y costes que supone su reducción).
La Ley de Carreteras y el Reglamento de Impacto Ambiental incorporan el procedimiento de Evaluación de Impacto en el caso de construcción de nuevas carreteras[6]. Este procedimiento, que incluye un proceso de información pública, no es preceptivo en actuaciones de acondicionamiento y mejora de carreteras existentes. No obstante, este tipo de proyectos incorporan estudios técnicos de impacto ambiental como un criterio más que interviene en la concepción de la misma.
• Efectos Urbanísticos: Integración de la carretera en la trama urbana y efectos urbanísticos que produce, principalmente, por la modificación del sistema de accesibilidad urbano.

3 Aspectos previos a considerar en el proyecto de una carretera urbana

El Estudio de Planeamiento, el Estudio Informativo u otros estudios similares determinan unos datos de partida para la redacción del proyecto de construcción. Son, principalmente, las siguientes:
• La jerarquía establecida para la carretera (Red Primaria en el caso de las carreteras del Estado).
• El tipo de carretera (autopista, autovía, vía rápida o vía arterial).
• El tipo de movimiento al que se va a dar servicio prioritario (urbano o interurbano).
• La intensidad de tráfico estimada en el tronco de la carretera.
• El tipo de control de accesos.
Junto a estas características, los estudios anteriores al proyecto delimitarán aspectos del trazado y sección transversal de la vía cuya modificación puede llegar a ser posible dentro del proyecto.
• Establecimiento de un canal de suelo por el que discurre el trazado de la carretera. Este canal implica ya una decisión sobre trazados alternativos, adoptada en el marco del Estudio Informativo.
• Dimensionamiento tipo de la sección transversal, en cuanto a la necesidad de elementos para la circulación de vehículos (carriles) y de peatones (aceras).
• Configuración general y ubicación de los nudos.
Por último, se establecerán unas condiciones externas, determinadas por el entorno en el que se encuentra la carretera.
• Restricciones al trazado y sección transversal de la carretera impuesta por alineaciones o puntos singulares que es necesario respetar en el proyecto de trazado.
• Criterios para la reducción del impacto ambiental, en especial ruido e impacto paisajístico producido por la carretera.
• Criterios de permeabilidad transversal.

4 Decisiones basicas del Proyecto de Construccion

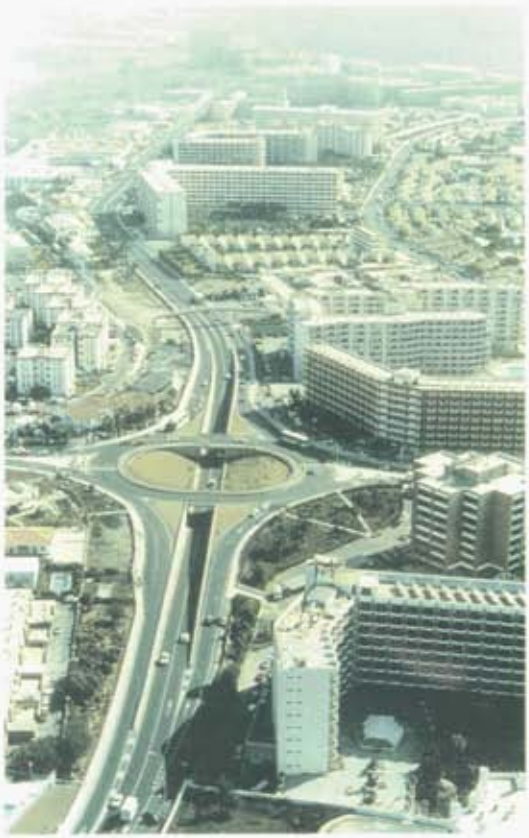
Junto con el tipo de estudios que el proyecto de toda carretera debe acometer, en el caso urbano aparecen particularidades que dan más relevancia a unas decisiones que a otras. Un proyecto de carretera urbana deberá contemplar los aspectos siguientes:

• **Trazado.** Las principales decisiones sobre el trazado suelen ser tomadas en fases previas al proyecto. No obstante, el proyecto debe definir con total precisión el trazado de una carretera, apareciendo nuevos aspectos del mismo que no habían sido resueltos anteriormente.
Al contrario que las Autopistas, Autovías y Vías Rápidas Urbanas, en las que el trazado en planta sigue criterios similares a los de las carreteras fuera de poblado, las Vías Arteriales suelen estar condicionadas por las alineaciones edificadas y las que limitan los distintos usos del suelo. En este caso, es usual someter el trazado de estas vías a las restricciones del medio urbano y no a la inversa.
Por el contrario, el perfil longitudinal adquiere plena importancia tanto en el grupo de vías no convencionales como en el de las vías arteriales. En las primeras, la decisión de adoptar un perfil deprimido, a nivel del terreno o en terraplén influye notablemente en tres aspectos: la configuración y coste de los enlaces, el nivel de impacto del ruido y paisajístico y, por último, la permeabilidad transversal.
En cuanto a las vías arteriales, un perfil longitudinal adecuado puede evitar problemas de ajuste en el borde de la carretera con las rasantes urbanas definidas por las edificaciones y los viales aledaños.
• **Sección transversal.** La sección transversal tipo puede estar definida previamente. No obstante, el proyecto suele cambiar la sección transversal a la luz de nuevos condicionantes externos de la carretera no conocidos anteriormente. Las modificaciones afectan en especial a la anchura y tratamiento de los distintos elementos de la sección transversal: calza-

3.



4.



da, arcenes, berma y márgenes, entre otros.
Asimismo, es de vital importancia el estudio de las secciones restringidas, necesarias en algunos puntos de la carretera, ya se trate de obras de paso, túneles, puntos de gálibo restringido u obstáculos exteriores a la carretera. En el proyecto de construcción se deberán contemplar estas restricciones y la forma en la que se realiza la transición entre las secciones.

• **Nudos.** En el proyecto se aborda el diseño detallado de los nudos, su número y ubicación en la carretera. La decisión sobre cómo realizar un nudo es compleja y necesita de conocimientos precisos del entorno físico en el que se encuentra, de las características geométricas y funcionales del viario que conecta y de los movimientos de vehículos que se prevén en el mismo. En el capítulo 8 se detallan todos estos puntos.
Por último, un aspecto de gran importancia es la definición y diseño de los puntos de cambio de la funcionalidad de la carretera o donde el medio urbano atravesado tiene características distintas. Como se verá en el capítulo 8, estos puntos pueden ser tratados mediante nudos singulares (por ejemplo, glorietas) que rompan la homogeneidad de los tramos viarios.

• **Control de accesos: peatones y ciclistas.** La aplicación de un control de accesos total o parcial es un instrumento que incide directamente sobre el funcionamiento de la carretera, la seguridad y las características de los itinerarios peatonales. En las vías rápidas urbanas, este control es total (autopistas) o prácticamente total (autovías y vías rápidas)[7]. Por el contrario, en las vías arteriales es necesario definir de una manera precisa los niveles de control de acceso para cada tramo de la carretera, los itinerarios peatonales y ciclistas, así como los puntos de cruce en la calzada principal.

• **Seguridad.** Los problemas de seguridad que se presentan en las carreteras tienen características específicas en el medio urbano por las altas intensidades del tráfico y por la importancia de los flujos de peatones, lo que da lugar a un mayor número de atropellos. Asimismo, las zonas de transición de una sección interurbana a otra con característica urbanas suelen ser puntos de mayor peligrosidad si no han sido debidamente diseñados. En todos los casos, la mejora de la seguridad se obtiene mediante un tra-

3. Un enlace típicamente urbano: nudo de la calle Chile, en Logroño.

4. Desdoblamiento de carretera al sur de Gran Canaria. Travesía de un medio urbano.

zado adecuado de la carretera y de sus nudos y, sobre todo, con una correcta aplicación del tipo y nivel de control de accesos.

No obstante, en la seguridad de una carretera urbana es básica la percepción que el automovilista hace de esa vía. Errores muy comunes en el proyecto de estas carreteras es el mantenimiento de trazados y secciones muy holgadas que estimulan la continuidad del itinerario interurbano, donde las características de los nudos, la ausencia de control de accesos o la proximidad del entorno edificado obligan a mantener velocidades más reducidas y un nivel de atención distinto al de los recorridos fuera de poblado.

Por ello son importantes, en la concepción global de una carretera urbana, los cortes drásticos que ayuden al conductor a percibir un tipo de carretera distinto. Ello se consigue mediante la inserción de glorietas, cruces semaforizados u otros puntos singulares en la transición de un trazado de autopista, autovía o vía rápida a otro de vía arterial.

• **Permeabilidad transversal.** En el proyecto de una carretera urbana es imprescindible definir el grado de permeabilidad transversal para vehículos y peatones, así como el número y tipo de cruces. Esta determinación afecta notablemente al nivel de peligrosidad de la carretera, a su funcionalidad y a las pérdidas de accesibilidad transversal sufridas especialmente por los peatones o por los usos del suelo colindantes al trazado viario.

• **Inserción de la carretera en el tejido urbano: Aspectos físicos y paisaje.** Las decisiones sobre una adecuada integración de la carretera en el medio urbano tienen una dimensión física y otra paisajística.

Desde el punto de vista físico, la inserción de la carretera en un medio urbano o suburbano suele presentar numerosos problemas de compatibilidad con la edificación o con el viario urbano. El encaje en planta y en perfil longitudinal, así como una adecuada definición de la sección transversal deben ser complementados con un estudio detallado del borde de la carretera (talud en desmonte y terraplén, muros y borde de talud). El borde es el punto de contacto entre la carretera y su entorno por lo que un estudio cuidadoso del mismo evitará impresiones de ruptura o corte entre los dos.

La integración paisajística ha sido a menudo desdeñada en el proyecto de carreteras. En los entornos urbanos esta integración adquiere suma importancia en la forma de impacto visual sobre las áreas residenciales.

• **Ruido.** El ruido, junto con la contaminación del aire, constituye el impacto ambiental más característico de las carreteras urbanas. Si el segundo es difícil de tratar sin incidir sobre la intensidad de tráfico y el tipo de vehículo, el ruido es susceptible de ser drásticamente reducido mediante modificaciones en el trazado en planta y en el perfil longitudinal. Cabe por último la posibilidad de acudir a sistemas específicos de protección mediante masas de vegetación, pantallas antirruido o la cobertura de la carretera. Todos estos aspectos deben ser definidos en el proyecto.

• **Realización por fases.** La decisión de actuar en una carretera urbana por fases condiciona notablemente algunos elementos de proyecto, que se deben prever para la situación definitiva y no para la transitoria. Tal es el caso de la sección transversal, estructuras de paso o ramales de entrada y salida a las calzadas principales. Todos estos aspectos deberán ser tenidos en cuenta en el proyecto redactado aunque sólo abarque una fase de las obras.

• **Construcción e impactos derivados de la misma**. La construcción en medio urbano o suburbano presenta problemas de no escasa relevancia. A los impactos ambientales de ruido, circulación de vehículos pesados, vibraciones, etc... sobre el entorno inmediato, puede añadirse la afección a servicios urbanos y los cortes del viario público. Todos estos aspectos, junto con la proscripción de sistemas constructivos que superen los umbrales admisibles de impacto[8], deben ser tenidos en cuenta en el proyecto de la carretera. Es de hacer notar, asimismo, la práctica de realizar los trabajos durante la noche, con objeto de afectar en la menor medida posible al tráfico urbano.

• **Explotación y mantenimiento.** Por último, el proyecto debe prever las necesidades derivadas del sistema de explotación de una carretera urbana (semaforización de algunas intersecciones, señalización, sistemas de información o de seguridad, etc...) y el mantenimiento de estos sistemas, de la iluminación, plantaciones, repavimentación, etc...

Estos aspectos no son los únicos a decidir en el proyecto de una carretera urbana. Existen otros que, aunque no nombrados, no por ello dejan de tener

relevancia. Cabe indicar, por ejemplo, el diseño y ubicación de paradas de transporte colectivo en vías arteriales urbanas, la necesidad de un drenaje no confiado a cunetas en numerosas vías que atraviesan entornos muy urbanizados, o las necesidades de iluminación. Todos estos aspectos serán tratados brevemente en la Parte D de estas recomendaciones.

Al igual que en el Estudio Informativo, el proyecto de una carretera urbana incorpora los puntos de vista de nuevos especialistas que centran su atención sobre las implicaciones urbanísticas, paisajísticas o ambientales de la carretera, entre otras. Fruto de esta colaboración debería ser un proyecto bien definido, integrado en el medio que atraviesa. No es fácil aunar en una labor de equipo visiones muy distintas de la carretera y de su entorno pero en el caso que nos ocupa, más que en ningún otro, este intento es necesario para conseguir soluciones equilibradas.

1. Se emplea el término *canal* para definir una franja de terreno en la que es posible encajar el trazado de una carretera. Por el contrario, el término *corredor* refleja una banda territorial que tiene una delimitación funcional mucho más amplia, no limitada a las posibilidades de un trazado. Esta banda engloba tanto suelos que son centros de generación y atracción de viajes como viario paralelo e itinerarios de otros modos de transporte.

2. «Recomendaciones para la realización de los estudios de carreteras». Dirección Gral. de Carreteras. MOPT.

3. Las escalas de los estudios no son siempre homogéneas. Aunque los Estudios de Planeamiento desarrollados por el MOPT se elaboran a escala 1:10.000, pueden incluir detalles a escala superior.

4. «Recomendaciones para la redacción de los estudios de carreteras. 2. El Estudio Previo. y 3. Estudio Informativo». Dirección Gral. de Carreteras. MOPT. Madrid 1983.

5. «Recomendaciones para la evaluación económica coste-beneficio de estudios y proyectos de carreteras». Dirección Gral. de Carreteras. MOPT. 1990. Documento interno con actualizaciones periódicas.

6. Ley 25/88, de Carreteras. Art.9; R.D.L. 1131/88.

7. Se entiende control total de accesos cuando sólo existen comunicaciones con las calzadas centrales de la carretera a través de los enlaces o en los ramales de entrada y salida a las áreas de descanso. Esta característica es exclusiva de las autopistas. Las autovías y las vías rápidas urbanas admiten entradas y salidas a través de ramales que conectan las calzadas centrales con vías de servicio o viario exterior. Este control de accesos no es total pero tampoco es de tan bajo nivel como el definido en las vías arteriales.

8. Los estudios de impacto ambiental y el reglamento que los regula, establecen la identificación de impactos durante el periodo de construcción y no sólo durante la explotación. Art. 10 Reglamento de Impacto Ambiental.



ELEMENTOS DEL PROYECTO

6. El Trazado en planta y en alzado

1 Metodologia general

La definición de la planta de una carretera urbana no suele realizarse exclusivamente en el proyecto sino que viene condicionada por estudios anteriores de planeamiento. Por esta razón, en la mayoría de los casos, el proyecto de una carretera urbana no propondrá soluciones de trazado radicalmente distintas, sino que se limitará a precisar la planta de la carretera en un determinado canal o pasillo.
El trazado de una carretera urbana debe estudiarse como el punto de equilibrio entre tres criterios equidistantes:

• **Condicionantes funcionales de la carretera**. Como condicionantes funcionales se entienden todos aquellos que afectan a la movilidad de los vehículos que circulan por la carretera. Estos son, básicamente, de dos tipos: aquellos condicionantes impuestos por el itinerario en el que se encuentra el tramo de carretera a proyectar y los condicionantes impuestos por la longitud del viaje y la intensidad y tipo de vehículos dentro del propio tramo.

• **Restricciones impuestas por el medio atravesado.** El medio urbano atravesado obliga a restringir las características de un trazado totalmente libre para el automóvil. Como en el criterio anterior, se pueden distinguir dos grupos de restricciones: las impuestas al trazado de la carretera por el medio físico, el medio edificado o el planeamiento urbanístico, y las restricciones derivadas del impacto ambiental sobre el medio físico y la población (ruido, seguridad, efectos de barrera, etc...).

• **Costes de construcción.** Por último, el equilibrio entre la adecuación del trazado a las necesidades funcionales y las restricciones impuestas por el medio atravesado deberá complementarse con una evaluación de costes de construcción.

2 La velocidad de proyecto como indicador basico de trazado

La velocidad de proyecto[1] es el parámetro básico para la determinación de los distintos elementos del trazado de una carretera.
El Borrador de la Instrucción 3.1-IC/1990 [2] establece la velocidad de proyecto directamente a partir de la Orden de Estudio o, en su defecto, a partir de estudios económicos de coste de construcción. Los criterios para fijar la velocidad de proyecto en tramos interurbanos son distintos de los recomendados para los tramos urbanos. En las carreteras urbanas se fijará la velocidad de proyecto siguiendo los criterios siguientes:

• **Itinerario en el que se encuentra el tramo de carretera**. Si la carretera urbana se concibe como parte de un itinerario, y hay un porcentaje elevado de tráfico de paso, el diseño del tramo urbano tendrá como referencia la velocidad de proyecto del conjunto del itinerario. El diseño en zona urbana

puede obligar a reducir las velocidades adoptadas en los tramos fuera de poblado por mayores dificultades topográficas, escasez de suelo libre o conflictos con el planeamiento urbanístico. Siguiendo el criterio de la Instrucción, estas reducciones no serán nunca de más de 30 km/h. Caso de que, por razones de trazado, fuera necesario reducir en mayor proporción (por ejemplo, en las penetraciones hasta el centro urbano), se establecerán dos o más tramos intermedios con velocidades de proyecto también intermedias.

• **Importancia y características del tráfico urbano.** La composición del tráfico en el tramo de carretera proyectado y, en especial, la intensidad del tráfico urbano, es un parámetro básico para el establecimiento de la velocidad de proyecto. La circulación de vehículos urbanos lentos, con recorridos de corta longitud en el tronco de la carretera y con una estructura de movilidad discontinua a causa de las paradas en las intersecciones presenta conflictos y peligrosidad con los vehículos interurbanos, más exigentes en recorridos de mayor velocidad y circulación continua. Unas intensidades altas de tráfico urbano pueden forzar a establecer velocidades de proyecto más bajas que si la carretera fuera recorrida principalmente por vehículos en viaje interurbano.

• **Dificultades físicas y urbanísticas del canal por el que se traza la carretera**. Como ya se ha indicado anteriormente, el trazado por un canal urbano donde existen numerosas restricciones físicas, urbanísticas o ambientales obligará, no sólo a tratar ciertos tramos del trazado como puntos singulares sino a proponer reducciones de la velocidad de proyecto.

•**Costes de construcción**. Los costes de construcción se ven fuertemente afectados por las características de un trazado, en especial si éste atraviesa zonas de dificultad orográfica o urbanística. En aquellos trazados donde existan posibilidades de aplicar distintas velocidades de proyecto, se recomienda realizar un estudio económico previo en el que se evalúen los costes de ejecución para cada una de las velocidades de proyecto elegidas.

Aunque se recomienda una ponderación separada de cada uno de estos criterios, cabe realizar, como apoyo a la decisión adoptada, un balance económico del tipo Coste/Beneficio. Se compararán, para las distintas velocidades de proyecto y una vez tenidos en cuenta los condicionantes urbanos, la estimación general de costes de construcción y mantenimiento de cada opción frente a los ahorros de tiempo y costes de funcionamiento del tráfico previsto, incluidos los costes de congestión, en el año de apertura de la vía. El indicador a emplear será la relación en pesetas Ahorros/Coste[3].

3 Velocidades de proyecto y tipo de vías

Se recomiendan las siguientes velocidades de proyecto en los distintos tipos de carretera que constituyen el Viario Primario Urbano:

Viario primario urbano	V. proy. (Km/h)	Denom.
Grupo A: Vías no convencionales		
Autopistas urbanas	100	Apu-100
	80	Apu-80
Autovías urbanas	100	Avu-100
	80	Avu-80
Vías rápidas urbanas	80	Vru-80
Grupo B: Vías convencionales		

Para realizar esta clasificación se han seguido los criterios generales de tipologías de carreteras establecidos en la Ley[4]. Para una más cómoda denominación, las carreteras se han agrupado en vías no convencionales (circulación continua o ininterrumpida) y vías convencionales. Los criterios de clasificación han sido ya expuestos en el capítulo 3.

En Autopistas Urbanas se admiten velocidades de 100 km/h y, excepcionalmente, superiores. En este caso, se trata de grandes vías que discurren por los vacíos existentes entre distintas áreas del continuo urbano. Su trazado es similar a los de las autopistas fuera de poblado y las restricciones impuestas por el medio urbano son pequeñas.

Autovías Urbanas y las Vías Rápidas Urbanas se plantean con velocidades de proyecto de 100 y 80 km/h. Ello no quiere decir que, excepcionalmente y debidamente justificado, se pueda incrementar o

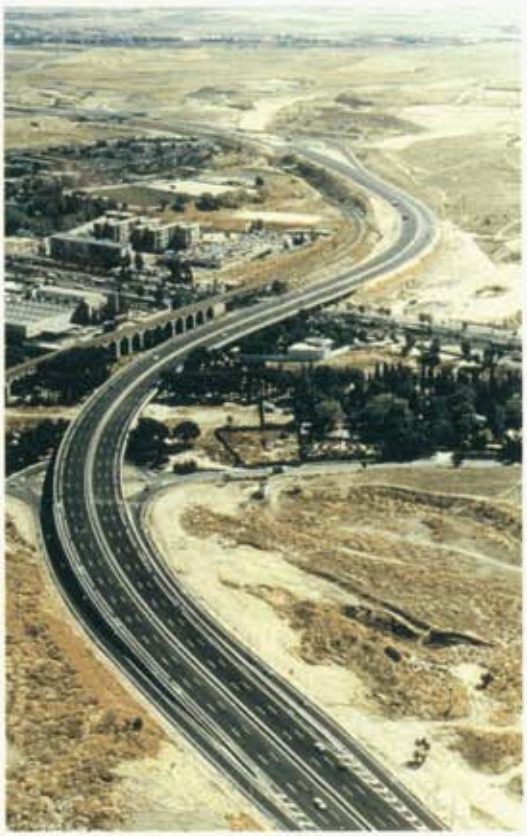
disminuir este parámetro en función de las dificultades de trazado de la carretera.
Por último, las Vías Arteriales se conciben con velocidades específicas de 80 y 60 km/h. La extraordinaria diversidad de estas vías y las múltiples funciones que realizan obligan a considerar las velocidades de proyecto aludidas como una referencia[5]
En numerosos casos, en especial siempre que se trate de acondicionamientos de carreteras existentes en medios urbanos de fuerte densidad, no será posible conseguir 60 km/h de velocidad de proyecto y la vía arterial deberá plantearse con velocidades inferiores.

4 Parametros de trazado en planta

La velocidad de proyecto condiciona gran parte de los parámetros de trazado en planta y en alzado. Se indican a continuación los parámetros básicos y las tolerancias con respecto a los criterios estándar que el Borrador de la Instrucción 3.1-IC recomienda tengan los trazados viarios.

• **Visibilidad.** Las carreteras en zonas urbanas tienen, en general, un perfil longitudinal más suave que fuera de poblado, por lo que suelen tener mayor visibilidad. Sin embargo, el problema se agudiza en las intersecciones dentro de las zonas edificadas cuando los edificios impiden una adecuada visibilidad lateral. Por otro lado, en zonas urbanas, debido a las innumerables posibilidades de conflicto existentes (vehículos aparcados, cruces, peatones, etc.), la visibilidad lateral en las Vías Arteriales pasa a ser un parámetro de gran importancia. No siempre será posible mantener un trazado en áreas urbanas densas con la máxima visibilidad lateral ya que ello obligaría a secciones transversales amplias y al alejamiento de plantaciones, aceras o mobiliario urbano. No obstante, es recomendable mantener una visibilidad mínima acorde con la velocidad de proyecto aún a costa de encarecer los costes de la carretera o de reducir la velocidad de proyecto del tramo.
Asimismo, y como en el resto de las carreteras, convendrá mantener en todo momento una Distancia de Visibilidad Frontal superior a la Distancia de Detención. Para los cálculos de la visibilidad se considerarán las determinaciones del Borrador de Instrucción 3.1-IC/1990, Capítulo 5.

1.



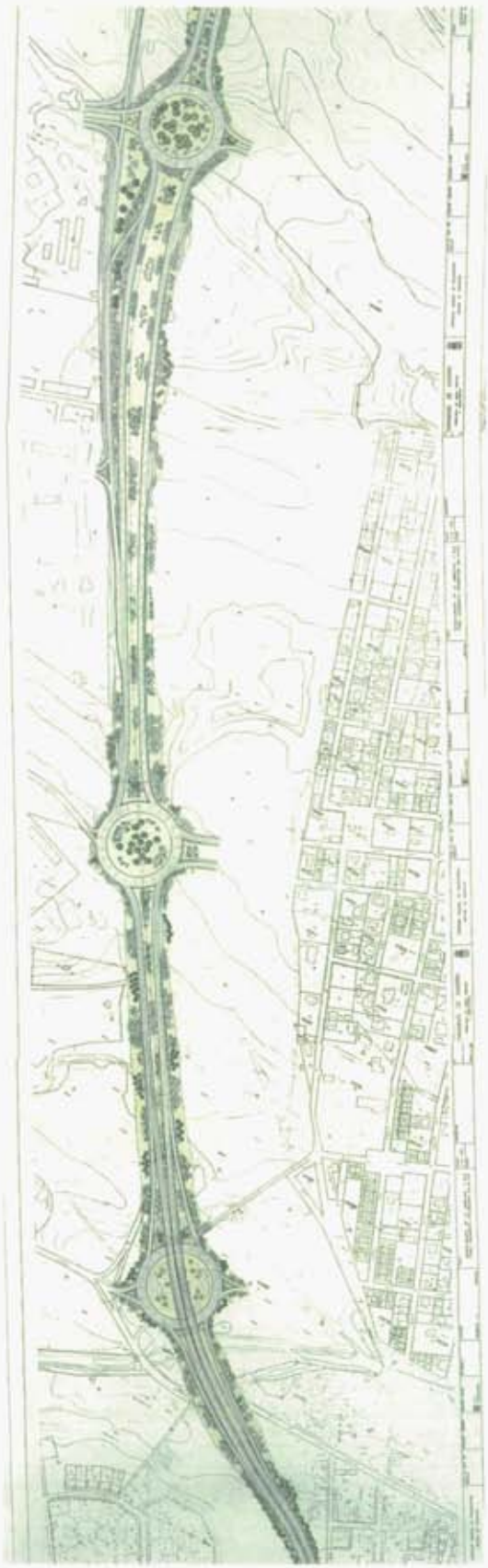
2.



1. Alineaciones rectas de una vía urbana. Acceso de la Avanzada, Bilbao.

2. Trazado de la Vía Borde de Hortaleza por el límite urbano del Noreste madrileño.

3.



• **Curvas y peraltes horizontales.** En todo viario, el cambio de alineaciones rectas en el plano horizontal obliga a disponer unas transiciones curvas en las cuales el vehículo se adapte al cambio de dirección. Estas curvas son generalmente circulares, uniéndose a los tramos rectos mediante curvas de transición de radio variable. La velocidad específica, el radio de la curvatura horizontal, el peralte y el rozamiento transversal se encuentran relacionados, y condicionados mutuamente, por el equilibrio y la comodidad del movimiento de los vehículos en las curvas.

En las carreteras urbanas, la relación entre velocidad, radio de curvatura y peralte se ve influida por factores externos impuestos por el medio atravesado. En el caso concreto de las vías arteriales, donde es necesaria una integración de la carretera con sus márgenes (rasantes), se puede disponer peralte en las curvas pero éste suele ser menor que en las las carreteras fuera de poblado.

La existencia de grandes áreas pavimentadas, la proximidad de construcciones, el control de los perfiles transversales y longitudinales para garantizar el drenaje y la frecuencia de cruces de calles y accesos, se combinan para mantener en el viario urbano peraltes pequeños.

Además, la anchura de los carriles, el resalto de los bordillos, la proximidad de postes y árboles, la presencia de peatones y la proximidad de edificios comerciales o residenciales, aislados y combinados, a menudo anulan las características de velocidad de una carretera bien trazada de acuerdo a las normas fuera de poblado.

El peralte resultará necesario en las autopistas, autovías, vías rápidas urbanas y en algunas vías arteriales diseñadas con alta velocidad de proyecto pero no en las vías arteriales con características totalmente urbanas.

Por todo lo anterior, se recomienda que en Autopistas, Autovías, Vías Rápidas y Vías Arteriales con

3. Planta de una típica vía arterial en medio suburbano: eje del Arroyo Meaques, en Madrid.

velocidades de proyecto similares o superiores a 80 km/h, el peralte no supere el 8%[6].
En zonas urbanas con márgenes consolidados los peraltes de las Vías Arteriales no deben superar el 5%. Habitualmente no hay longitud suficiente de desvanecimiento del peralte. Esta longitud condiciona el peralte admisible.
Para los cálculos del radio mínimo horizontal en función del peralte y de la velocidad específica, se recomienda atenerse al Borrador de Instrucción. No obstante, se adjunta el cuadro siguiente donde, para cada tipo de vía urbana, se relacionan de manera indicativa radios aproximados, peraltes y velocidades de proyecto.

Cuadro 6.2: Peraltes y Radios Horizontales en carreteras urbanas

Tipo Ctra	V. esp. (Km/h)	Per. (%)	Radio (m)
Apu-100	100	8	500
Apu-80 Avu-80 Vru-80	80	8	250
Vau-80			
Vau-60	60	5	156

(*) Mínimo bombeo por drenaje.
Fte: Borrador Instrucción 3.1-IC/90 y elaboración propia

5 Perfil longitudinal

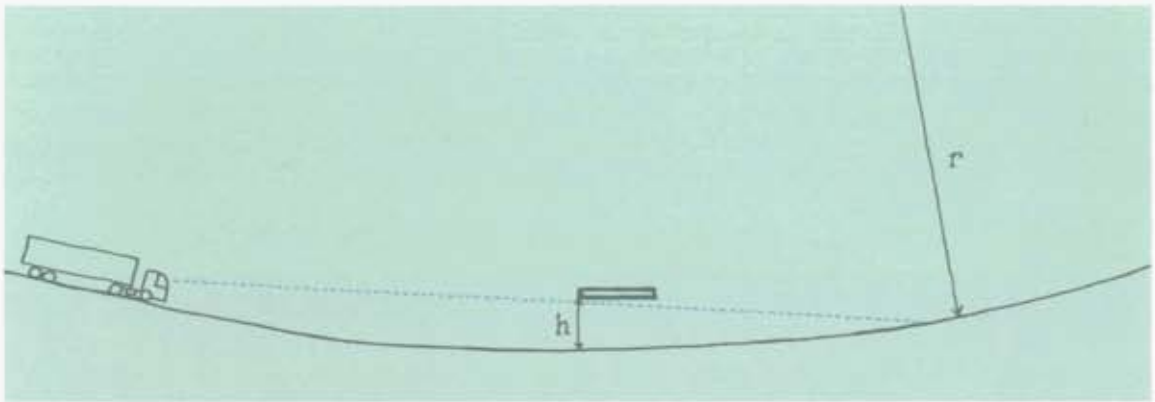
5.1 Criterios Generales

Al proyectar el perfil longitudinal de una carretera en zona urbana aparecen diferencias respecto de las carreteras fuera de poblado similares al caso del trazado en planta. En un entorno consolidado existen numerosos factores limitadores que condicionan el perfil longitudinal. El relieve, en general, no será el primitivo y existirán unas alineaciones y rasantes con las que la carretera se tendrá que compatibilizar.
Para la elección de los límites de las inclinaciones de rasante de las carreteras en zonas urbanas, se deben tener en cuenta no sólo los criterios circulatorios sino también la incidencia urbanística de cada solución y su repercusión económica y ambiental, que en este caso entraña criterios más amplios que el balance de movimientos de tierra o los costes de construcción. Es importante considerar el movimiento de pesados en las rampas, la disminución de su velocidad (interferencias a otros vehículos y reducción del nivel de servicio) y los impactos, preferentemente ruido, que generan.
En las carreteras urbanas, y como simple orientación, se evitará superar una pendiente máxima del 6% en tramos de longitud superior a 30 m. No obstante, este límite superior puede superarse si en el estudio económico sobre la incidencia de la rampa en el coste de ejecución de la carretera frente a los factores de reducción de la velocidad, costes de funcionamiento y aumento del ruido se considera favorable un aumento de la inclinación de la rasante.
Eventualmente, en las autopistas, autovías y vías rápidas pero no en las vías arteriales, puede disponerse un carril para vehículos lentos, en casos de pendientes largas y altas intensidades con porcentajes importantes de pesados. Este carril puede diseñarse reduciendo la mediana, los arcenes o ampliando la plataforma de la carretera. El establecimiento de carriles lentos se proyecta en función del nivel de servicio de la carretera, de la intensidad de vehículos pesados y de la velocidad final del vehículo en la rampa. Los criterios de dimensionamiento están recogidos en el apartado 7.3 del Borrador de Instrucción.
Las intersecciones deben situarse fuera de las grandes rampas, no debiendo superarse, como cifra orientativa, el 3%.

5.2 Acuerdos verticales

Con respecto a las curvas verticales, los trazados urbanos difieren poco de los que se realizan fuera de poblado, con excepción de una mayor preocupación por mantener distancias de visibilidad suficientemente amplias para permitir la detección, no sólo de obstáculos de otros vehículos en la calzada sino también cruces no previstos de peatones o anunciar la proximidad de intersecciones y cruces semafóricos. Es de hacer notar la importancia de conseguir acuerdos verticales correctos en los puntos de unión

4.



de un tramo de nueva creación con otro existente (por ejemplo, en los arranques de las variantes de población), de manera que se garantice en todo momento una adecuada visibilidad.
Para el dimensionamiento de los acuerdos verticales, véase el Apartado 7.4 del Borrador de Instrucción 3.1-IC/90.

5.3 Obras de Paso

El paso de una carretera bajo una estructura merece especial atención al ser los pasos inferiores muy numerosos en el proyecto de enlaces urbanos de una carretera. En estos casos, el perfil de la carretera se deprime y la visibilidad del conductor se ve alterada por la presencia de la obra de paso (figura adjunta).
Como criterio general, se deberá seguir manteniendo una visibilidad suficiente para detenerse. Para ello, la inclinación de la rasante a la entrada del paso inferior deberá permitir la visión de un obstáculo que se encuentra en el interior del paso. A título indicativo, se expone en el cuadro adjunto el radio mínimo del acuerdo en pasos inferiores con un gálibo de 4,5 m.

Cuadro 6.4: Radios Verticales mínimos en pasos inferiores

V. esp. (Km/h)	60	80	100
Radio (m)	185	420	1000

1. El borrador de Instrucción 3.1-IC/90, diferencia entre Velocidad Específica (máxima velocidad de recorrido de un elemento trazado, compatible con el valor de ciertos parámetros del mismo y realizada en condiciones de conducción libre), y la Velocidad de Proyecto, donde la unidad de medida no es el elemento de trazado sino todo un tramo de carretera. La velocidad de Proyecto será siempre la menor de las Velocidades Específicas del tramo.

2. Apartado 4.3.2.

3. Se recomienda utilizar la metodología de las recomendaciones para la Evaluación Económica, Coste-Beneficio, de Estudios y Proyectos de carreteras, citado anteriormente.

4. Art. 2.2, Ley 25/88.

5. Las Vías Arteriales tienen características muy diversas, desde las carreteras convencionales de dos carriles hasta las nuevas vías suburbanas con secciones muy parecidas a las de autovía pero nudos a nivel (generalmente glorietas).

6. El Borrador de la Intrucción 3.1-IC/90 (Ap. 6.3.1) admite peraltes máximos del 10% fuera de poblado y del 5% en medio urbano.

4. Radios de acuerdo en pasos inferiores.

7. LA SECCION TRANSVERSAL

1 CRITERIOS DE DIMENSIONAMIENTO

1.1 CONSIDERACIONES GENERALES

La sección transversal constituye un elemento de extrema importancia en el proyecto de las carreteras urbanas, ya que determina la capacidad e influye notablemente en la percepción que el automovilista tiene del tipo de vía, estimulándole a conducir rápido u obligándole a regular su velocidad y a prestar más atención a los márgenes de la calzada.

Por otro lado, las dimensiones de cada uno de los elementos de que se compone la sección transversal y sus características de pavimento, iluminación, señalización, plantaciones en sus márgenes, etc... ayudan notablemente a conseguir una diferenciación (en el caso de las vías no convencionales) o una integración de la carretera en su entorno urbano.

Si en las autopistas, autovías y vías rápidas urbanas, donde no existen importantes restricciones de suelo, la sección transversal se construye mediante la suma de la anchura óptima de cada uno de sus elementos (márgenes, arcenes, calzada, mediana, etc...), en las vías arteriales, por el contrario, las limitaciones impuestas por las alineaciones urbanas, obligan a concebir la sección transversal con una anchura máxima que es necesario distribuir entre sus elementos.

Las secciones urbanas no suelen ser homogéneas a lo largo de todo el tramo proyectado. Son numerosos los casos donde existen limitaciones de anchura producidas por tramos estrechos entre alineaciones o por obstáculos singulares que no es posible eliminar. En estos casos, la sección transversal se modifica para adaptarse al paso disponible. Tanto esta sección estricta como su transición deberán ser cuidadosamente estudiadas.

En todo caso, el estudio de los distintos elementos de la sección transversal de una vía urbana deberá tener en cuenta, no sus dimensiones óptimas sino los mínimos estrictos y las transiciones de secciones distintas.

Los criterios siguientes influyen en el dimensionamiento de la sección transversal:

- **Tráfico.** La intensidad que recorre el tronco de la carretera y su composición por tipos de vehículos son datos de partida para el dimensionamiento de la calzada. El número de carriles que constituyen la calzada de una carretera urbana y su anchura influyen decisivamente en la capacidad de la vía y el nivel de servicio con el que circulan los vehículos.

- **Tipo de carretera y Velocidad de Proyecto.** El tipo de carretera y su velocidad de proyecto influyen en la disposición y anchura, tanto de los elementos de la plataforma como en los ubicados en los márgenes de la carretera (existencia o no de arcenes y su anchura, dimensiones de la mediana, de los resguardos y la disposición de aceras en las vías arteriales, carriles de bicicletas, paradas de autobús, etc... en los márgenes de la carretera). En cualquier caso, es la funcionalidad específica de estos elementos (arcenes, resguardos, medianas, etc,...) la que acabará justificando su implantación en cada caso concreto.

• **Control de Accesos.** La existencia o no de control de accesos incide en la cercanía de las aceras a la calzada y su separación mediante obstáculos físicos. También incide en la forma y tratamiento de taludes y muros.

• **Alineaciones urbanas**. Como se ha indicado anteriormente, las alineaciones urbanas, las edificaciones aisladas y las delimitaciones de los distintos usos del suelo establecidas en el planeamiento urbanístico, representan limitaciones a la anchura total de la sección transversal.

• **Obras de paso**. Similares al caso anterior, las obras de paso existentes o proyectadas imponen secciones tipo más estrictas que la normal de la carretera.

1.2 Dimensionamiento de la seccion transversal

El proceso de trabajo recomendado es el siguiente:

• **Localización y acotación de las restricciones externas**. A partir del trazado inicial, se establecen los puntos o tramos que representan estrechamientos en el canal o corredor de paso de la carretera. Si este estrechamiento fuera continuo a lo largo de tramos sustanciales de carretera, se evaluará si se mantiene una sección transversal que se adapte a la anchura de alineaciones más estricta o, por el contrario, se proyectan varias secciones transversales de anchuras distintas.
El resultado de este primer análisis permitirá limitar la anchuras totales de la sección transversal y los puntos donde es necesario plantear secciones más estrictas.

• **Determinación de la sección exigida por el tipo de carretera**. El tipo de carretera seleccionado en fases previas de estudio, determina las características generales de la sección transversal. Estas están indicadas en el apartado siguiente para el grupo de vías no convencionales con circulación continua y para el de las vías arteriales. En el diseño de la sección transversal de un determinado tramo de carretera es de suma importancia mantener la continuidad y coherencia de los carriles, dimensionando su anchura y número en los nudos, así como en los tramos de transición.

• **Dimensionamiento por tráfico**. Para realizar el dimensionamiento de las calzadas, se seguirá el método aplicado en los casos de carreteras fuera de poblado y basad0 en las Recomendaciones del Manual de Capacidad de Carreteras, del Transportation Research Board[1]. Este método, expuesto con detalle en el Capítulo 4, se apoya en la determinación de los niveles de servicio en la carretera por comparación entre la capacidad de la misma y la intensidad que circula por ella.

• **Elementos peatonales y ciclistas**. En esta fase se dimensionarán las necesidades de aceras y carriles de bicicleta, si el tipo de carretera lo admite.

• **Secciones estrictas y transiciones**. Por último, se establecerán los puntos y tramos de transición donde la sección es inferior a la establecida como sección tipo. Los criterios para reducir cada uno de los elementos de la sección transversal se encuentan recogidos en el apartado 7.5

2 Elementos de la seccion transversal

2.1 Grupos de vias

Al igual que en el trazado en planta, se diferencian dos grupos básicos de vías cuya sección transversal tiene características distintas; a saber:

• **Vías no convencionales: autopistas, autovías y vías rápidas urbanas.** La sección transversal de estas carreteras es similar, aunque con características más restringidas, a la de sus homólogas fuera de poblado. En el caso de autovías y autopistas, la sección es de calzadas separadas, mediana, arcén interior, arcén exterior y resguardo. La vías rápidas disponen de calzada única con arcenes.
El drenaje puede ser superficial mediante cunetas o subterráneo. En este caso, se instalan bordillos a borde de arcén.
No se establecen aceras ni carriles para bicicletas integrados en la sección transversal aunque éstos pueden existir, de manera similar a las calzadas de servicio, con trazado propio que puede discurrir al pie de talud de la carretera.
Las vías de servicio se conciben como itinerarios alternativos que canalizan movimientos locales. Su longitud puede extenderse a lo largo de la vía y los

puntos de contacto con las calzadas principales se dan en las inmediaciones, dentro de los enlaces o en puntos específicamente diseñados para ello.
El transporte colectivo discurre por las vías de servicio. En su ausencia, pueden utilizar carriles reservados en las calzadas centrales o carriles exclusivos fuera de las calzadas. Las paradas se ubican fuera de la calzada, ocupando parte del resguardo o, preferentemente, en vías de servicio.

• **Vías Arteriales.** Las vías arteriales de mayor categoría pueden mantener secciones similares a las del grupo anterior. No obstante, la sección típica de una vía arterial en el contexto urbano cambia radicalmente: en secciones de más de dos carriles, las más comunes, se pueden plantear calzadas únicas o doble calzada. El arcén interior tiende a disminuir de anchura hasta convertirse en una simple línea blanca. El arcén exterior puede desaparecer para convertirse en un carril más de circulación o en un carril de aparcamiento.
El drenaje longitudinal pasa a realizarse mediante redes subterráneas de pluviales, desapareciendo la cuneta.
La acera o los carriles de bicicleta se integran en la sección transversal como elementos a considerar junto con la plataforma.
Las vías de servicio no tienen ya una función básica de itinerario alternativo para un tráfico más urbano, sino que tienen funciones de acceso a usos colindantes y espacio para el aparcamiento. La distancia entre dos conexiones de la vía de servicio con la calzada principal es menor que en las vías no convencionales de circulación continua, y no tiene que realizarse necesariamente en las intersecciones principales.
El transporte colectivo circula por la vía de servicio o por la calzada principal, con carril exclusivo o no. En este caso, las paradas pueden diseñarse sin que los autobuses dejen el carril de circulación para utilizar carriles de refugios.

2.2 Carriles de circulacion

La anchura usual de los carriles de circulación es de 3,5 m. Esta anchura es similar a la de las carreteras fuera de poblado y se recomienda, si no existen restricciones físicas importantes en los márgenes de la carretera, como anchura de carril típica para las autopistas, autovías y vías rápidas.
No obstante, la anchura el carril puede modificarse en numerosos casos.

• **Reducción de anchura de carril.** Las Vías Arteriales (VAU) diseñadas para velocidades de proyecto iguales o inferiores a 80 km/h admiten anchuras de carril inferiores a 3,5 m. Con objeto de aumentar la capacidad viaria, facilitar el cruce de los peatones y no primar la velocidad de los vehículos, se recomienda utilizar anchuras de carril de 3 m en estas Vías Arteriales, existan intersecciones semaforizadas o no.
Asimismo, se contempla la reducción de la anchura de carril en puntos singulares con restricciones de anchura. Por ejemplo, puentes, túneles o zonas donde las alineaciones urbanas se encuentran muy próximas.

• **Ampliación de la anchura de carril**. No se contemplan anchuras de carril superior a 3,5 m en tramos rectos.

• **Homogeneidad de los carriles**. Los carriles de una carretera suelen ser todos de la misma anchura. No obstante, puede resultar recomendable aumentar la anchura del carril exterior con respecto al resto. Tal es el caso de las vías arteriales con carriles de 3 m. El carril exterior recoge la circulación de autobuses, vehículos pesados e, hipotéticamente, ciclistas. En estos casos, se recomienda acudir a una anchura de carril mínima de 3,25 m.
El mínimo absoluto para la anchura de un carril es de 2,5 m. aunque es usual no realizar carriles inferiores a 2,75 m. en medio urbano. El mínimo absoluto sería exclusivamente utilizado en calles locales con restricción de acceso o en travesías con limitaciones claras del paso de vehículos.

2.3 Arcenes

• **Arcén Exterior**. El arcén exterior cumple funciones de seguridad para los vehículos. Su existencia aumenta la capacidad de la vía al alejar los obstáculos que se encuentran en los márgenes de la carretera. La velocidad puede ser, asimismo, superior. Por último, el arcén exterior recoge todas las paradas de emergencia de los vehículos sin interrumpir el flujo normal de tráfico.
La anchura mínima para que el arcén exterior pueda cumplir todas estas funciones es de 2 m. No obstante, en vías con altas intensidades de pesados, se recomienda diseñar arcenes de 2,5 m. y hasta 3 m para que los vehículos aparcados no interfieran con los que circulan por el carril exterior. Por otro lado, el arcén puede eliminarse cuando puede ser causa

1.



2.



3.



1. Sección estricta en la penetración a Gijón.

2. Sección transversal del acceso al puerto de Tarragona. Mediana estricta pavimentada.

3. Una sección transversal típica de ronda urbana. Ronda de camiones, en Gijón

de aparcamiento ilegal que aumente la peligrosidad. Todas las vías no convencionales disponen de arcén exterior (en el caso de las vías rápidas, este arcén es el mismo en ambos márgenes por tratarse de vías de calzada única y dos carriles). En este tipo de carreteras, y en secciones transversales estrictas, es preferible mantener la anchura de la calzada aun a costa de reducir e incluso eliminar el arcén.
Las vías arteriales pueden tener arcén exterior o no. En el nivel inferior de estas vías, el arcén se elimina y suele ser sustituido por un carril de aparcamiento, por un sobreancho del carril exterior o por un nuevo carril de circulación.

• **Carril de aparcamiento**. No se recomienda la instalación de aparcamientos por encima de velocidades de proyecto de 60 km/h. En todo caso, las bandas de aparcamiento son exclusivas de las vías arteriales y son necesarias en tramos urbanos donde existe una fuerte intensidad de usos en los márgenes de la carretera y es imposible o inconveniente el trazado de una vía de servicio.
Los carriles de aparcamiento con mayoría de vehículos ligeros (áreas residenciales, terciarias o de servicios) tienen 2 m. de anchura. Si el aparcamiento es de vehículos pesados (áreas industriales) la anchura mínima será de 2,5 m. No se recomienda en ningún caso aparcamientos en batería sobre este tipo de vías.

• **Arcén Interior.** Las funciones que cumple el arcén interior son las de alejamiento de los obstáculos de la mediana para incrementar la seguridad del conductor. La anchura del arcén interior depende en gran medida de la anchura de la mediana y de si se ubican en la misma barreras de protección, plantaciones, señalización u otro tipo de objetos.
En autopistas y autovías urbanas, la anchura mínima del arcén interior, si existen barreras de protección en la mediana, es de 1 m. Esta anchura puede reducirse en las vías arteriales hasta llegar a 0,2 m; es decir, la reducción del arcén a la anchura de la línea blanca de límite de calzada.

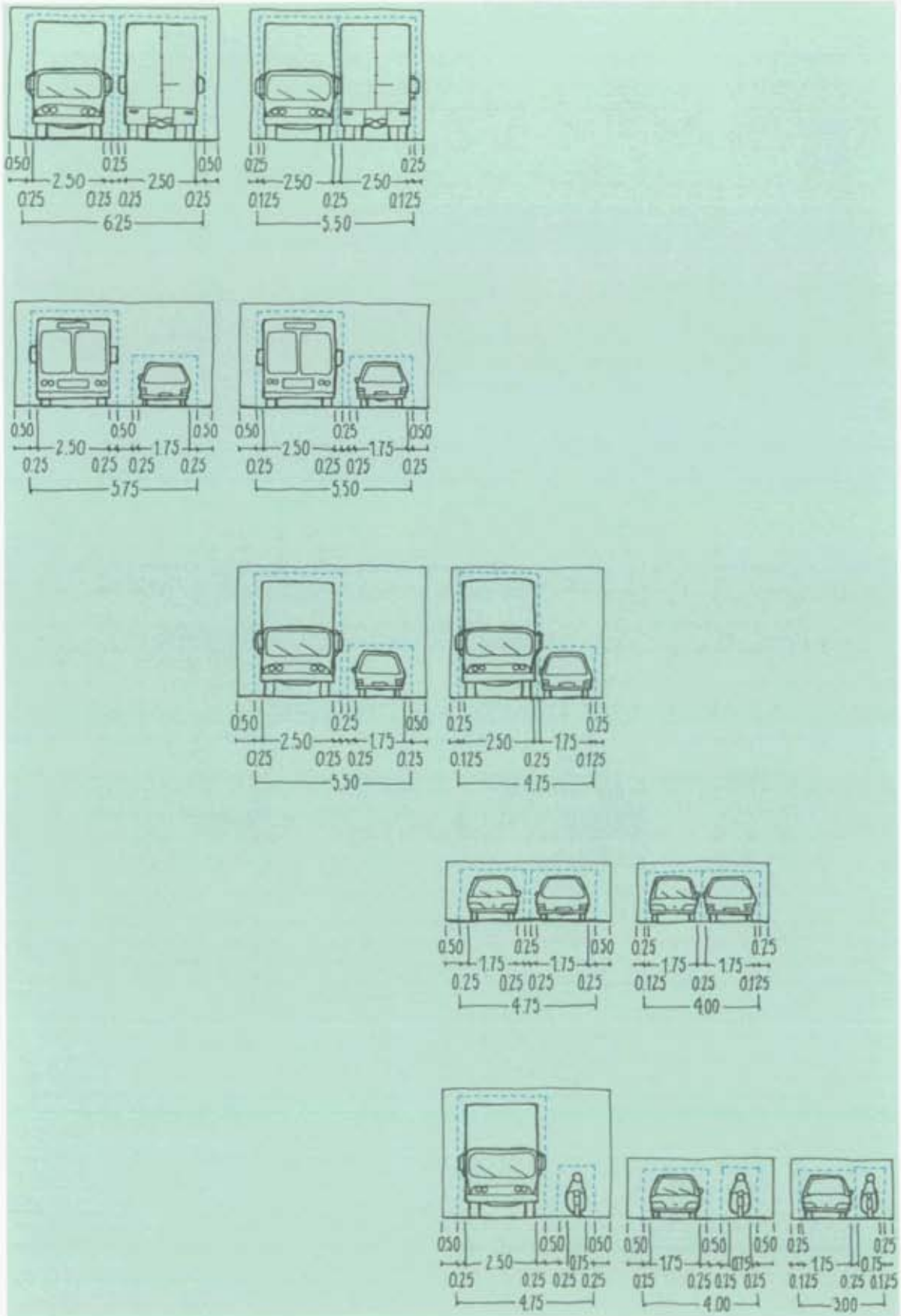
• **Berma.** Se denomina berma a la franja de terreno utilizable por los vehículos y no pavimentada, ubicada a uno o ambos lados de la calzada, y que cumple funciones similares a las de los arcenes. Las dimensiones y disposición de las bermas en la sección transversal se regirá por los mismos criterios que en el caso de los arcenes.

2.4 La mediana

En las carreteras con calzadas separadas, la mediana es un elemento de la sección transversal de suma importancia para aumentar la seguridad de los vehículos. Asimismo, la mediana tiene otras funciones entre las que caben destacar las siguientes:
Constituye el espacio necesario para ubicar barreras de seguridad, plantaciones antideslumbrantes, en algunos casos iluminación, cierto tipo de señalización, etc...
Por encima de los 6 m. la mediana puede constituir una reserva de ampliación de la calzada en un carril por sentido.
En las Vías Arteriales con paso de peatones, la mediana mínima de 2 m. es un refugio para peatones que cruzan secciones de carretera demasiado anchas.
La mediana de ciertas Vías Arteriales puede albergar carriles de giro a la izquierda en las inmediaciones de intersecciones semaforizadas o no.
Las medianas son objeto de regulación por la Dirección Gral. de Carreteras del MOPT, en su Circular N° 312/90 T y P, que establecen sus distintos tipos y el tratamiento que deben recibir en lo que respecta a taludes internos, ubicación de plantaciones y señales, barreras de seguridad y drenaje.
Dependiendo de la anchura de sección disponible[2], las medianas pueden ser estrictas, intermedias o amplias[3]. Cada tipo es recomendable según el tramo que se proyecta.

• **Medianas estrictas (hasta unos 3 m.)**. Idóneas para las vías arteriales, siempre que no se conciba la mediana central como bulevar, y aplicadas en secciones estrictas de autovías urbanas.
La sección mínima de la mediana coincide con la mínima anchura de la barrera de protección central. Puede considerarse que el mínimo estricto son 0,5 m (banda blanca). Si no existen arcenes interiores, se recomienda una anchura de mediana mínima de 1,5 m.
En el límite superior, una anchura de 3 m. admite plantaciones arbustivas y si se llega a 4,2 m. (anchura de un carril más 0,7 m.) es posible ubicar carriles de giro a la izquierda o un carril adicional en las inmediaciones de una intersección semaforizada.
Con medianas de anchura muy escasa y sin arcén interior se recomienda la instalación de barreras de seguridad[4]. Donde no se establezca bordillo y se mantenga la rasante de la calzada, es conveniente-mente instalar un pavimento contrastado de mayor rugosidad y distinto colorido al aplicado en los

4.


0.50 0.25 0.50
2.50 2.50
0.25 0.25 0.25 0.25
6.25
0.25 0.25
2.50 2.50
0.125 0.25 0.125
5.50
0.50 0.50 0.50
2.50 1.75
0.25 0.25 0.25 0.25
5.75
0.50 0.25 0.50
2.50 1.75
0.25 0.25 0.25 0.25
5.50
0.50 0.25 0.50
2.50 1.75
0.25 0.25 0.25 0.25
5.50
0.25 0.25
2.50 1.75
0.125 0.25 0.125
4.75
0.50 0.25 0.50
1.75 1.75
0.25 0.25 0.25 0.25
4.75
0.25 0.25
1.75 1.75
0.125 0.25 0.125
4.00
0.50 0.50 0.50
2.50 0.75
0.25 0.25 0.25 0.25
4.75
0.50 0.50 0.50
1.75 0.75
0.25 0.25 0.25 0.25
4.00
0.25 0.25
1.75 0.75
0.125 0.25 0.125
3.00

carriles de circulación y arcén interior.

• **Medianas intermedias (3 a 10 m.)**. Hasta 6 m. son las medianas más adecuadas para autopistas y autovías urbanas en las que no se prevea una ampliación posterior en su sección central. Estas medianas admiten, a partir de 5 m. plantaciones centrales de tipo arbóreo.
Por otro lado, estas medianas siguen necesitando de barreras de seguridad instaladas en el límite con el arcén interior.
Se desaconseja instalar bordillo en este tipo de medianas siendo más interesante un perfil en «V» y tratamiento similar al del margen exterior. La zona de la mediana que limita con la plataforma puede pavimentarse con un pavimento rugoso de manera que la transición con la capa de rodadura- tierra no sea tan brusca.
Las medianas entre 6 y 10 m. no son aconsejables. No representan mejoras sobre las medianas más estrechas, ocupando más superficie. Por otro lado, no admiten ensanchamientos de calzada superiores a un carril, quedando la mediana resultante muy estrecha.

• **Medianas amplias (más de 10 m.).** Estas medianas son raras en las carreteras urbanas por la gran superficie de suelo que ocupan. No obstante, algunas autopistas y autovías urbanas que atraviesan zonas vacías o de muy baja densidad pueden disponer de medianas superiores a 10 m.
Por encima de los 10 m. puede estudiarse la eliminación de las barreras de seguridad. La mediana se tratará como un margen de la carretera.
El diseño adecuado de una mediana influye notablemente en la seguridad de la carretera. En medianas intermedias y anchas es preferible alejar las barreras de seguridad y otros obstáculos del borde de la carretera. De esta manera se evitan colisiones propias de pequeños despistes y se ahorra en el mantenimiento de barreras. Por otro lado, es asimismo importante para la seguridad un correcto drenaje en la mediana que evite el paso del agua por la calzada. En general, en medianas sin cunetas[5] suele disponerse un sistema de caz longitudinal desaguado por sumideros dispuestos regularmente o de manera continua. La ubicación del drenaje dependerá del peralte de las calzadas de la carretera, de manera que en todo momento se impida el cruce del agua por la superficie de la calzada.

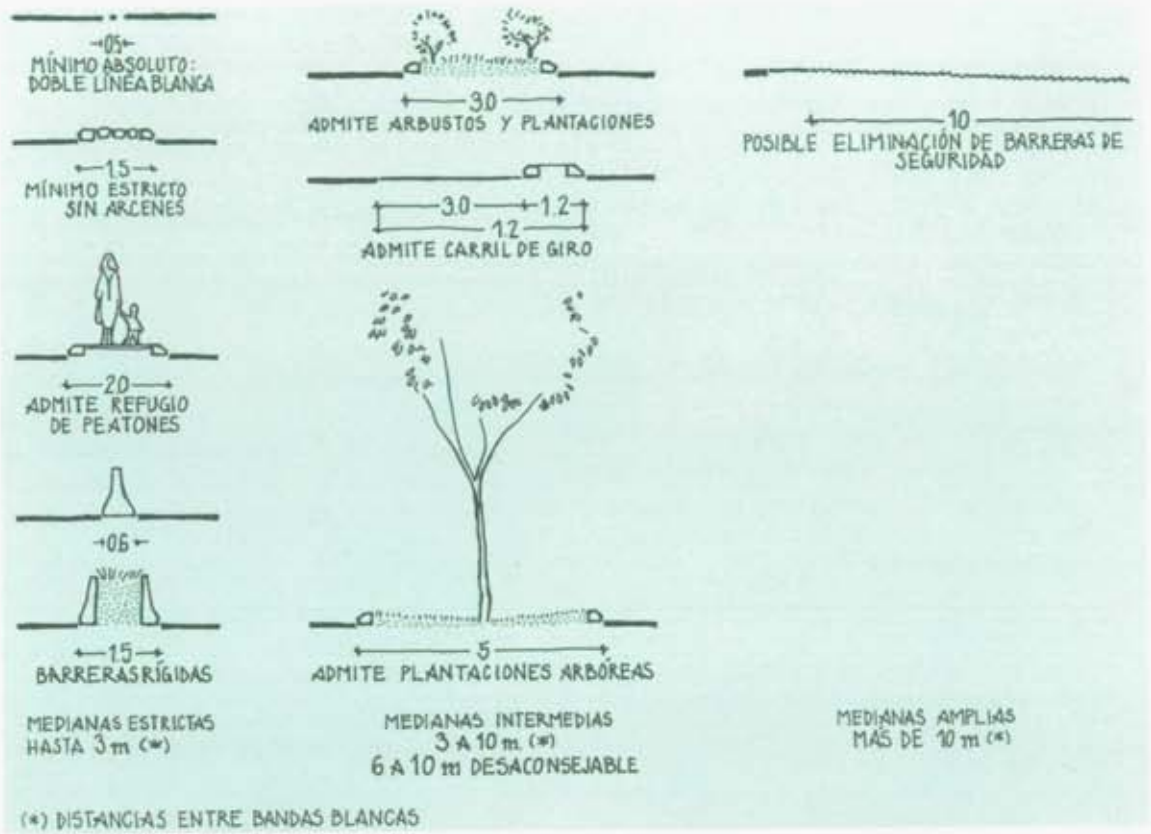
2.5 Los márgenes: resguardos, aceras, terraplenes y desmontes

• **Resguardos**. Puede concebirse el resguardo como una franja de protección, no utilizable por los vehículos, con funciones de:
• Ubicación del drenaje longitudinal de la calzada.
• Ubicación de barreras de seguridad y señalización.
• Protección de aceras y carriles de bicicletas en las Vías Arteriales.
• Ubicación de los carriles especiales y refugios para las paradas de autobús.
La anchura mínima de un resguardo en carreteras urbanas, sin ninguna barrera de seguridad u obstáculo es de 0,7 m. aunque estas dimensiones son escasas y, a menudo, pasan a ser simples franjas de borde de acera.
Con barreras de seguridad metálicas y señalización, se recomiendan anchuras mínimas de resguardo de 1,5 m. En todo caso, existirá siempre una distancia de 0,45 m entre el borde del obstáculo (excluida la barrera de seguridad) y el borde de calzada.
La anchura óptima del resguardo para admitir plantaciones es de 4 m en el entorno urbano. Es de hacer notar que no es recomendable ubicar en la misma franja las tuberías de recogida de pluviales y las plantaciones arbóreas. En este caso, se ubicará el drenaje longitudinal en el límite con el arcén exterior mientras que las plantaciones se retranquean hasta el extremo opuesto del resguardo.

• **Barreras y Bordillos.** Se recomienda en autopistas, autovías y vías rápidas urbanas, en las que no existen movimientos transversales, el uso de barreras rígidas tanto en mediana como en el margen exterior de la carretera. La altura de la barrera rígida se podría reducir respecto a la utilizada en tramos interurbanos si la velocidad está limitada por las condi-

4. Secciones de paso entre vehículos.

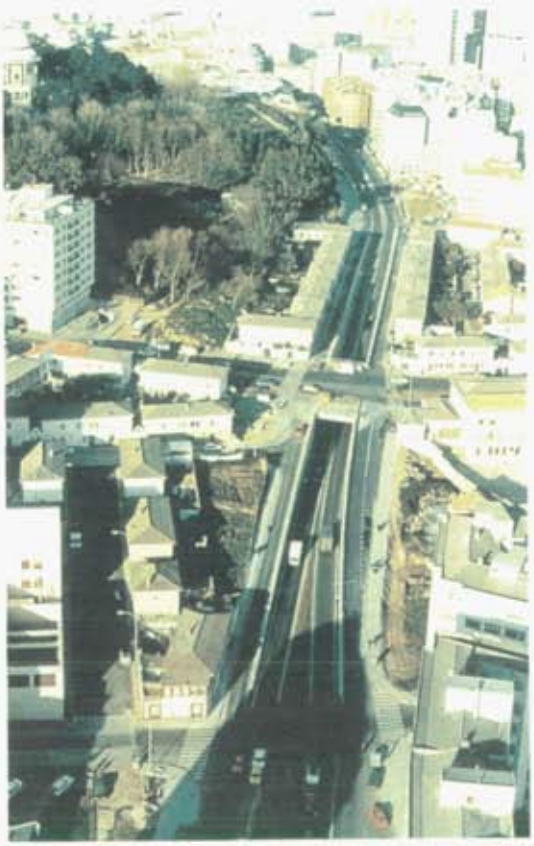
5.


0.5
MÍNIMO ABSOLUTO: DOBLE LÍNEA BLANCA
1.5
MÍNIMO ESTRICTO SIN ARCENES
2.0
ADMITE REFUGIO DE PEATONES
0.6
1.5
BARRERAS RÍGIDAS
MEDIANAS ESTRICTAS HASTA 3 m (*)
3.0
ADMITE ARBUSTOS Y PLANTACIONES
3.0
1.2
1.2
ADMITE CARRIL DE GIRO
5
ADMITE PLANTACIONES ARBÓREAS
MEDIANAS INTERMEDIAS
3 A 10 m (*)
6 A 10 m DESACONSEJABLE
10
POSIBLE ELIMINACIÓN DE BARRERAS DE SEGURIDAD
MEDIANAS AMPLIAS
MÁS DE 10 m (*)
(*) DISTANCIAS ENTRE BANDAS BLANCAS

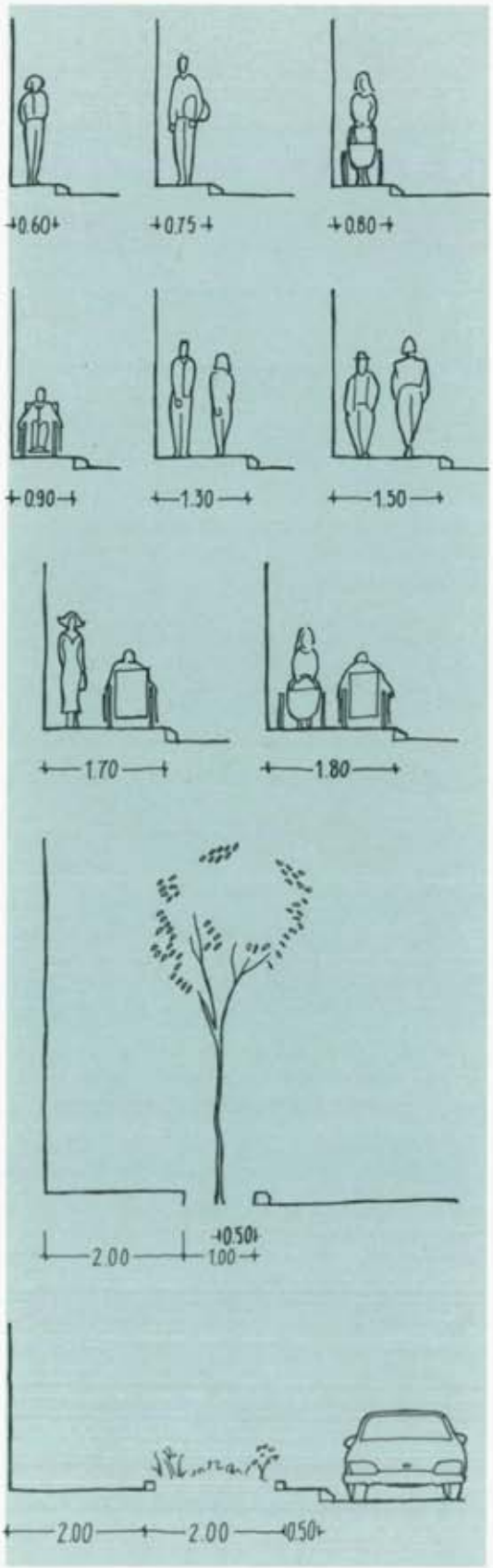
6.



7.



8.



ciones urbanas. Su uso exige la normalización previa de la barrera.

La mayor parte de las vías arteriales disponen de bordillo como separador de la calzada y su margen, o de la calzada con la mediana. Si se utilizan en tramos con velocidad de proyecto superior a 60 Km/h, deben instalarse en compañía de barreras de seguridad. Con velocidad inferior, el bordillo puede cumplir, con reservas, funciones de barrera siempre que su perfil sea no montable. En tramos donde la velocidad de los vehículos es reducida y los márgenes son amplios, absorbiendo las salidas de calzada (por ejemplo, en carreteras que atraviesan parques urbanos), pueden disponerse bordillos montables o encintados para conseguir una mejor integración estética de la calzada con el resto de la sección transversal.

• **Aceras.** Las aceras no deben instalarse como constitutivas de la sección transversal de una autopista, autovía o vía rápida urbana. Por el contrario, las vías arteriales pueden y deben tener aceras si el flujo de peatones es importante o si atraviesan áreas urbanas consolidadas.

La anchura mínima absoluta de una acera es de 1,5 m, mínimo para el cruce de dos peatones. La anchura óptima en aceras con escasa afluencia de peatones es de 3 m. Con mayores afluencias es necesario acondicionar la acera con mayor anchura.

La acera admite plantaciones aunque, en el caso de las carreteras urbanas, éstas se ubicarán preferentemente en los márgenes. En áreas muy urbanizadas el resguardo y la acera se tratarán como una unidad de diseño, sin diferenciación tipológica.

• **Muros, terraplenes y desmontes.** Numerosas carreteras urbanas, en especial las autopistas y autovías, discurren deprimidas o por encima del terreno.

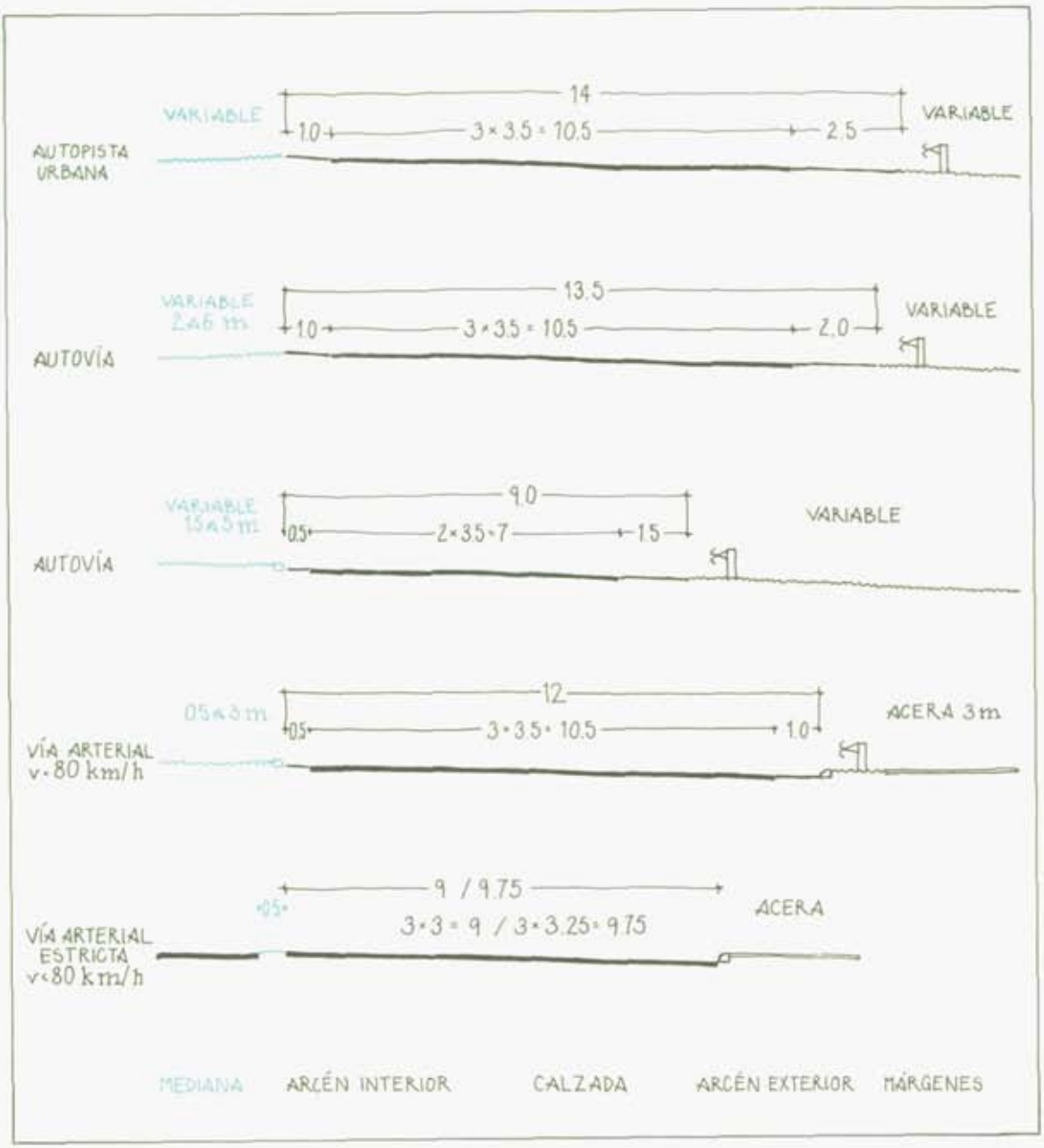
5. Dimensiones de algunas medianas y elementos que pueden ubicarse en su interior.

6. Tratamiento de margen mediante muro y talud. Oviedo.

7. Estrechamiento de la sección transversal para poder superar un tramo estricto. La Coruña.

8. Anchuras de acera mínimas y paso de peatones.

9.



9. Diversas secciones típicas en vías urbanas convencionales y no convencionales.

En la mayoría de los casos existirán dos criterios opuestos sobre los que se deberá llegar a una solución de compromiso:
Los taludes amplios (1V/2H mínimo, 1V/3H óptimo) permiten tratamientos de plantaciones adecuados al medio urbano al tiempo que reducen el efecto visual de barrera o zanja de una carretera elevada o deprimida.
Por el contrario, estos taludes aumentan notablemente la anchura de la sección transversal, incrementando la ocupación de suelo.
La selección de una solución adecuada dependerá del perfil longitudinal elegido y del análisis del medio atravesado. Son recomendables soluciones extremas; es decir, acudir a secciones amplias con taludes tendidos siempre que exista disponibilidad de suelo y buscar soluciones estrictas, con muro en los perfiles deprimidos o estructuras en los perfiles elevados, que ocupen la menor superficie posible y se inserten en el paisaje urbano sin crear fuertes heridas visuales.

3 Vías de servicio

En las carreteras urbanas puede ser de gran importancia la separación de tráficos de paso con tráficos de acceso a las áreas colindantes. Esta separación permite un tratamiento de la vía con control de accesos total o parcial. Para conseguirlo, se deben diseñar vías de servicio conectadas con la calzada central en puntos suficientemente distantes como para admitir un funcionamiento óptimo de la carretera principal.
Las vías de servicio en las autopistas y autovías urbanas constituyen tramos de longitud apreciable. Cumplen funciones de distribuidores secundarios que canalizan el tráfico urbano de corta distancia desde la calzada principal al viario urbano. Su conexión con las calzadas principales se realiza en los enlaces aunque las autovías admiten conexiones intermedias.
Por el contrario, las vías de servicio de las vías arteriales pueden estar constituidas por tramos de menor longitud ya que cumplen básicamente funciones de acceso a usos colindantes y de aparcamiento. La dificultad para diseñar intersecciones o glorietas, en las que se incorporen las vías de servicio, obliga a considerar la conexiones entre la calzada central y las vías de servicio en el tramo entre intersecciones y no en estas últimas.

Las vías de servicio, en general, tendrán un solo sentido de circulación y deben separarse de la calzada principal físicamente, por un separador de 1,50 m. mínimo, siendo recomendable llegar a anchuras que permitan establecer plantaciones (3 m.). Asimismo, se deberá tener en cuenta la posible ampliación de la calzada central, si ésta ha sido prevista.
La anchura típica de una vía de servicio puede ser de 5 m. en vías de un sentido de circulación, y de 7 m. con calzada de 6 m. en vías de dos sentidos. Asimismo, pueden preverse carriles de estacionamiento mediante el ensanchamiento del arcén o realizando un carril específico.

4 Secciones estrictas por debajo de los estandares medios. Criterios y transiciones

Ya se ha indicado en apartados anteriores la necesidad de prever cambios en la sección transversal ocasionados por restricciones de anchura en tramos urbanos. Estas modificaciones deben afectar en la menor medida posible la percepción de la anchura de calzada por el conductor, por lo que será conveniente establecer un orden de limitación que garantice la circulación y seguridad de los vehículos. Cuando sea necesario reducir la sección de una carretera urbana, se seguirá el siguiente orden:
• Reducir la anchura del resguardo, eliminando obstáculos que puedan sobresalir en la calzada como la señalización o la iluminación.
• Reducir la mediana hasta el mínimo admisible para albergar barreras de seguridad. Esta reducción implica la eliminación de las plantaciones.
• Reducir o suprimir el arcén interior, siempre que la mediana mantenga anchuras superiores a 1,5 m.
• Reducir el arcén exterior hasta anchuras de 0,5 a 1 m. Suprimir el arcén exterior.
Tanto en la reducción o supresión del arcén interior como en la del exterior, se mantendrá una adecuada visibilidad lateral, en especial en las curvas de amplios radios.
• Por último, reducción de los carriles de circulación hasta 3 m. de anchura. La reducción de carriles se desaconseja en las carreteras con velocidad de proyecto superior a 80 km/h.
En las autopistas, autovías y vías rápidas, la longitud de la transición de una sección transversal a otra distinta seguirá los criterios siguientes[7]:

• Ampliación de un carril: en el caso de creación de carriles para vehículos lentos, la ampliación se realizará por la derecha de la calzada. En los otros casos, se aumentará la anchura del carril izquierdo hasta conseguir la anchura del nuevo carril. La longitud aproximada de la transición es de 150 m.
• Reducción de un carril: reducir la anchura de la calzada por la derecha (carriles lentos) o izquierda en una longitud entre 170 m. (V.proy. 80 km/h) y 200 m. (V.proy. 100 km/h).
• Variaciones en la ampliación y reducción de carriles y arcenes: La ampliación se realiza mediante un gradiente medio que permite variaciones de anchura de 2,5 m. cada 100 m. de longitud. En la reducción, la variación es de 1,5 m. cada 100 m. de longitud.

1. «Manual de Capacidad de Carreteras». Traducción española de la Dirección Gral. de Carreteras del «Highway Capacity Manual», Special Report 209. T.R.B. 1985. Madrid, 1987

2. La anchura de la mediana se mide entre bordes de calzada e incluye el arcén interior, si existe.

3. Borrador 3.1-IC/90, apartado 9. 4. 3

4. Si la barrera de seguridad es del tipo rígido, el bordillo puede omitirse.

5. La instalación de cunetas suele realizarse exclusivamente en medianas amplias

6. Se recomienda consultar la Circular 306/89 P del MOPT, sobre calzadas de servicio y accesos a zonas de servicio.

7. Según recomendaciones de ICTAVRU /86/, apartados 3. 6. y 3. 7.

8. NUDOS

Con el nombre genérico de nudo se entiende todo tipo de comunicación entre dos vías de igual o distinto rango.

Los nudos tienen en las carreteras urbanas una gran importancia. Por un lado, su diseño correcto es imprescindible para conseguir un buen funcionamiento del tráfico que circula por el mismo. Por otro lado, en los nudos se concentran gran parte de los impactos que genera una carretera sobre el territorio urbano, desde la mayor ocupación de suelo hasta los problemas de barrera transversal o peligrosidad para peatones.

El sistema de nudos de la red de carreteras urbanas deberá perseguir los siguientes objetivos:

•Maximizar la eficacia de la carretera al equiparar la capacidad vial en tramos y nudos. Como se ha indicado anteriormente, es usual que los nudos determinen los límites de capacidad de una vía.

• Maximizar la seguridad para automovilistas y peatones mediante un correcto diseño.

• Minimizar la ocupación de suelo en areas donde éste sea escaso.

• Minimizar los impactos ambientales, en especial de ruido y efecto estético en los alrededores del nudo.

Un nudo debe tener un diseño acorde con la vía a la que pertenece, al tiempo que debe cumplir funciones de transición entre las vías que une.

El medio atravesado influye notablemente en el comportamiento del automovilista. Es imprescindible adecuar el trazado de los ramales al medio en el que se encuentran, evitando tramos que estimulen altas velocidades en zonas donde existe una fuerte proximidad del continuo edificado o donde la carretera se conecta con una red viaria urbana cuyas características de capacidad y velocidad son muy inferiores.

1 TIPO DE NUDOS

Los nudos, pueden clasificarse en dos grupos:

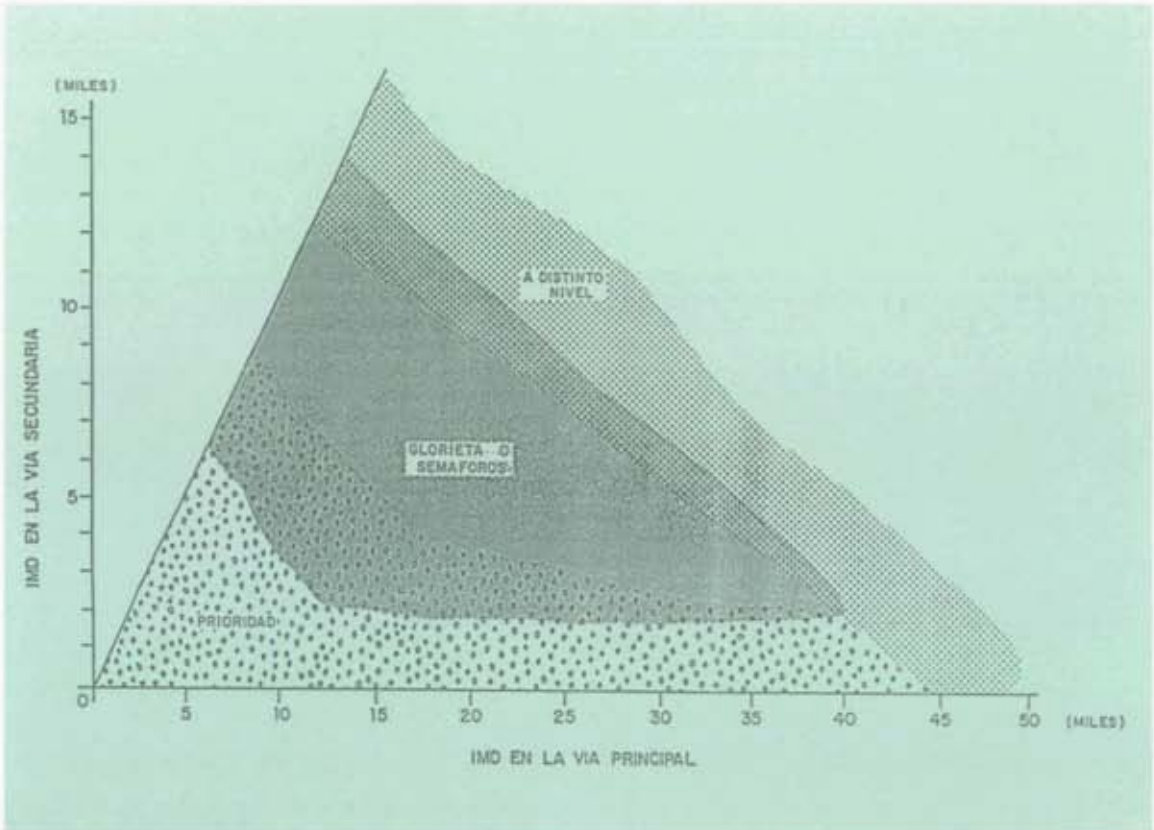
▪ **Intersecciones**. Son cruces a nivel entre dos vías. En las carreteras urbanas, objeto de estas recomendaciones, existe siempre prioridad para una de las vías, a no ser que la intersección sea una glorieta o se encuentre semaforizada.

En el grupo de intersecciones se incluyen las glorietas ya que su funcionamiento, a pesar de ser muy específico, se asemeja más al de varias intersecciones conectadas entre sí que al de los tramos de trenzado propios a cierto tipo de enlaces.

Tanto las intersecciones simples como las glorietas pueden semaforizarse. El concepto funcional cambia y los cálculos de capacidad pasan a regirse por parámetros distintos.

• **Enlaces**. Esta denominación se aplica genéricamente a todo tipo de nudos donde existe al menos un movimiento que se resuelve a desnivel. Según el tipo de enlace de que se trate, existirán intersecciones asociadas al mismo (tal es el caso de los diamantes) o, por el contrario, ninguno de sus ramales se cruzará a nivel con otra vía.

1.



No es corriente que los enlaces y nudos se encuentren semaforizados ya que, en los mismos, se persigue una continuidad de circulación, sin detenciones. Aun así, algunos enlaces con fuertes intensidades de tráfico pueden tener instalados semáforos para regular la circulación de ciertos ramales críticos o la inserción adecuada de vehículos desde los ramales de acceso al tronco central.

2 Concepcion general del sistema de nudos en la carretera

La elección del número de nudos y de su configuración dependerá de distintos criterios. Las decisiones a adoptar por el proyectista abarcarán, en una primera fase, los aspectos siguientes:

2.1 Criterios para decidir el tipo de nudo. Jerarquia viaria, intensidad, tipo de trafico y medio atravesado

El tipo de nudo a diseñar en un determinado tramo de carretera depende de los siguientes criterios:

• **Jerarquía viaria e itinerario en el que se encuentra la carretera.** Una jerarquía viaria alta o la inserción de la carretera en un determinado itinerario puede obligar a que los nudos tengan características similares a las del resto del itinerario. La homogeneidad en la percepción de los nudos por parte del conductor es un elemento nada desdeñable de seguridad vial. Asimismo, es importante garantizar la continuidad del itinerario donde se encuentre el nudo. Para ello, se debe mantener la continuidad de los carriles de circulación de las calzadas principales, antes y después del nudo, siempre que esté justificado por la intensidad de tráfico.
No obstante, las carreteras urbanas raramente pueden mantener un sistema homogéneo de nudos, dadas las características distintas del tráfico, la capacidad del viario transversal o la simple disposición de suelo. El criterio de homogeneidad y continuidad de tratamiento de los nudos deberá considerarse como un objetivo al que cabrá apuntar numerosas excepciones.

• **Intensidad y tipo de tráfico.** El tipo de nudo está condicionado por su capacidad, las intensidades de tráfico que discurren por las vías principal y

secundaria, y la importancia de los movimientos de giro. En el gráfico adjunto se indica, de manera orientativa, la conveniencia de un tipo u otro de nudo, en base a la intensidad de tráfico que recorre la vía principal y la secundaria.

La metodología del estudio de tráfico para el diseño de un nudo será similar a la del dimensionamiento de la sección transversal tipo de la carretera y viene detallada en el Capítulo 3. Las fases propuestas son las siguientes:

Determinación del tráfico futuro en sus distintos escenarios, a partir de aforos actuales de movimientos en el nudo y de las previsiones de asignación de vehículos en la red o corredor en la que se encuentra. La unidad de dimensionamiento será la Intensidad en Hora Punta, comprobando el funcionamiento del nudo en las diversas puntas a lo largo del día. La determinación de la intensidad de tráfico antes y después del nudo será imprescindible en caso de considerar un cambio de sección del itinerario principal.

Cálculo de la capacidad del nudo, a partir de su tipología básica (intersección semaforizada o no, glorieta o enlace). Para los cálculos de capacidad en enlaces e intersecciones se seguirán las determinaciones del Manual de Capacidad, y las Recomendaciones sobre Glorietas de la Dirección Gral. de Carreteras. MOPT[1] en el cálculo de capacidad de glorietas.

Cálculo del nivel de servicio en la intersección o en los ramales y tronco del enlace.

• **Criterios urbanísticos.** El primer condicionante es la ocupación de suelo del nudo y la afección a suelos dedicados a otros usos.

En segundo lugar, los nudos urbanos se ven condicionados por las características de la urbanización circundante, la configuración de la red viaria, la proximidad de areas residenciales y puntos singulares como hospitales, colegios o centros comerciales.

• **Movimientos peatonales y ciclistas.** En areas densamente pobladas, en las inmediaciones de paradas de transporte colectivo o en zonas de actividad comercial o recreativa, los itinerarios peatonales pueden adquirir una importancia determinante en el tipo y dimensionamiento de un nudo. Se recomienda trazar itinerarios cortos y protegidos para acceder rapidamente al cruce a desnivel. En las intersecciones, hay que evitar que el peatón dé rodeos y se aleje de los puntos lógicos de cruce. El Capítulo 9 amplía el tratamiento que debe darse a peatones y ciclistas en un nudo.

• **Criterios fisicos**. La configuración del terreno, su relieve y el perfil longitudinal de la carretera son, asimismo, elementos que condicionan la decisión sobre el tipo de nudo a realizar. Por ejemplo, los terrenos accidentados o la rasante de una carretera por encima o debajo de la cota del terreno favorecen soluciones de enlace. Un terreno accidentado no facilita, por otro lado, la ubicación de nudos del tipo glorieta.

• **Tipología de carretera.** Con carácter general, y admitiendo casos excepcionales, cabe recomendar los siguientes tipos de nudo para cada carretera:

Autopista Urbana (APU): todos los nudos son enlaces. Sólo se admiten conexiones como acceso a vías de servicio o de descanso.

Autovía Urbana (AVU): todos los nudos son enlaces. Pueden admitirse casos donde se planteen intersecciones del tipo glorieta o cruces semafóricos en los puntos de cambio de la tipología de la carretera (dando paso al viario urbano o a una Vía Arterial). Asimismo, se admiten conexiones (carriles de entrada y salida a la calzada principal) en puntos distintos a los enlaces.

• **Vía Rápida Urbana (VRU):** Similar a las autopistas.

• **Vías Arteriales (VAU):** Admiten intersecciones de distinto tipo según el rango de la vía y el entorno atravesado. En areas densamente pobladas se recomiendan soluciones semafóricas. En areas suburbanas, la glorieta puede ser una solución adecuada. Los enlaces se diseñan excepcionalmente, justificados por las necesidades de tráfico o la configuración del terreno. En todo caso, se buscará un consumo reducido de suelo.

1. Optimización del tipo de nudo, según criterios de tráfico. El gráfico representa las áreas idóneas para cada uno. Fte. Recomendaciones sobre glorietas. MOPT.

2



2.2 Distancia entre nudos

La distancia entre nudos está condicionada por la estructura de la red viaria que se comunica con la carretera, su densidad y la adopción de soluciones basadas en vías de servicio a la calzada principal.

• **Autopistas, autovías y vías rápidas urbanas (APU, AVU, VRU).** Enlaces recomendados con distancias de trenzado superiores a 1,2 km entre ramales de entrada y salida (2 km en las autopistas urbanas). Si la necesidad de enlaces obligara a distancias menores, se recomienda un estudio detallado del funcionamiento del tronco de la carretera entre los dos enlaces o la adopción de soluciones del tipo vía de servicio.

• **Vías Arteriales Urbanas (VAU).** Intersecciones condicionadas por la red viaria transversal a la que se da acceso. En áreas semaforizadas se buscará el óptimo de explotación semafórica mediante la creación de ondas verdes. Estas distancias pueden estar entre 200 y 700 m.
En áreas suburbanas o en intersecciones cuya regulación no se asigne por semáforos, se recomiendan distancias entre nudos no inferiores a 500 m.
Es recomendable buscar una homogeneidad de las distancias entre intersecciones para evitar en el conductor cambios en la percepción de la proximidad del cruce.

2.3 Criterios de independencia o complementariedad de los nudos

Al contrario que fuera de poblado, los nudos urbanos pueden tener restricciones de suelo o estar fuertemente condicionados por el entorno urbanizado. En estos casos puede ser imposible o inconveniente plantear nudos que admitan todos los movimientos de giro. Adquiere entonces una especial importancia el estudio de complementariedad entre dos o más nudos. Esta complementariedad es más necesaria en el caso de los enlaces ya que éstos, al necesitar de mayor superficie para su desarrollo completo, suelen diseñarse, en numerosos casos, eliminando alguno de los movimientos de giro.
Se recomienda, siempre que sea posible, aplicar el principio de simplicidad en los nudos urbanos y perseguir la complementariedad de varios nudos sencillos antes que el diseño de un nudo complica-

3.

VELOCIDAD MEDIA DE COORDINACION EN DOBLE SENTIDO (KM/H)											
	DISTANCIA										
D(m) C(s)	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
60 s	24	30	36	42	45	54	60	66	72	78	85
70 s	20,6	25,7	30,9	36	41,1	44,3	51,4	56,6	61,7	66,9	72
80 s	18	22,5	27	31,5	36	40,5	45	49,5	54	58,5	63
90 s	16	20	24	26	32	36	40	44	4,8	52	56
100 s	14,4	16	21,6	25,2	28,5	32,4	36	39,9	43,2	46,5	50,4

do. Este principio se ve favorecido en areas urbanas donde la red viaria tiene una capacidad limitada y no admite en una sola vía todos los vehículos que provienen de un nudo completo.

2.4 COSTES

La selección de un determinado tipo de nudo y su diseño puede influir notablemente en los costes de construcción de la carretera y en el balance Ahorros (de tiempo y funcionamiento de los vehículos) /Coste. Se recomienda realizar, en las fases previas del proyecto, análisis del tipo Coste/Beneficio con las distintas alternativas contempladas a fin de adoptar una solución económicamente eficiente.

3 INTERSECCIONES

3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Las intersecciones propiamente dichas (se excluyen de este apartado las glorietas, a las que se hará mención en el apartado posterior) son nudos a nivel entre dos vías. Los aspectos más relevantes a tener en cuenta serán su tipología (número de accesos) y como se dirimen las prioridades. Siguiendo la tipología expuesta en el Borrador de la Instrucción 3.1-IC/90 [2], las intersecciones pueden clasificarse según su configuración geométrica y según su sistema de ordenación de la circulación.

Según su configuración, las intersecciones pueden tener tres tramos (en «T», en «Y») y cuatro tramos (en «cruz»). En las carreteras urbanas es difícil encontrar intersecciones de más de cuatro tramos.

Según su regulación, las intersecciones pueden ser no prioritarias para ninguna de las vías de acceso (menos de 1000 v/d en la suma de sus accesos), con prioridad fija a una de las vías, prioridad variable, e intersecciones reguladas por semáforos. La complejidad del tráfico urbano descarta prácticamente, en este medio, a las intersecciones sin prioridad.

La transición de los tramos de autovía o vía rápida a tramos de vía arterial o del propio viario urbano suele hacerse, asimismo, a través de intersecciones semaforizadas o de glorietas.

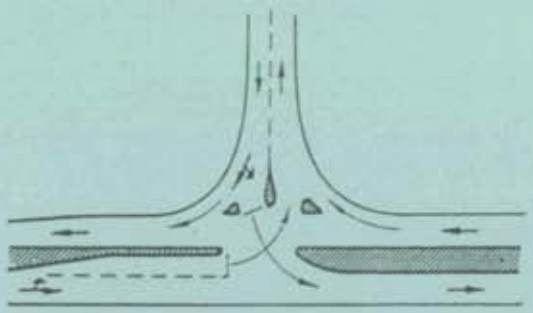
El trazado de las vías arteriales (VAU) tiende a favorecer los nudos a nivel. Dentro de un area urbana semaforizada, se recomienda que las intersecciones tengan la misma regulación. En areas suburbanas donde el itinerario no tenga cruces semaforizados, se recomienda acudir a soluciones del tipo glorieta.

2. Un ejemplo de nudo complejo y gran consumidor de suelo. El supersur, en Madrid.

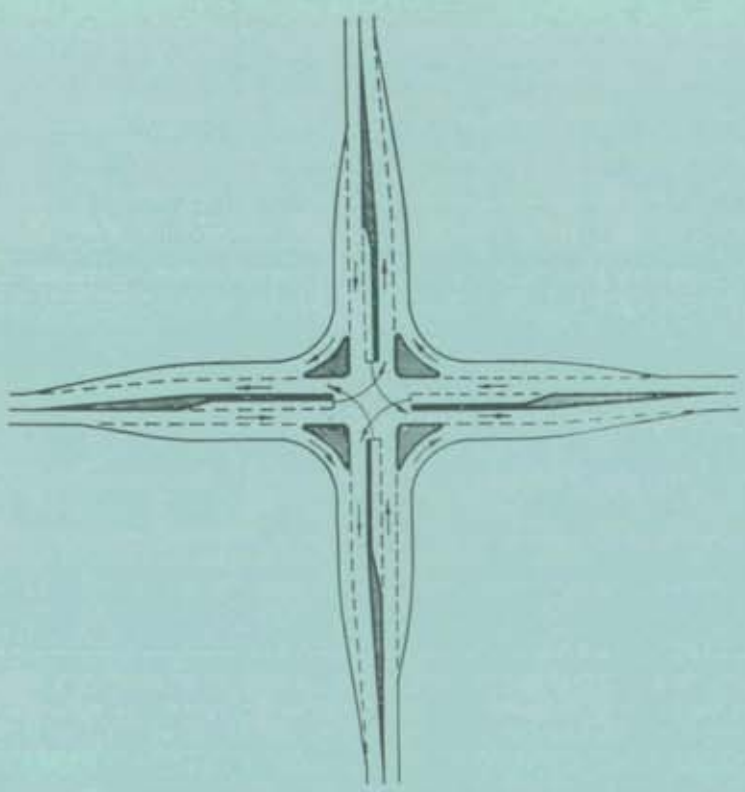
3. Distancias óptimas entre intersecciones semaforizadas, en función de la velocidad media y el ciclo semafórico. Fte. ICTAVAU.

4

INTERSECCION EN T CON CARRIL DE ESPERA EN MEDIANA

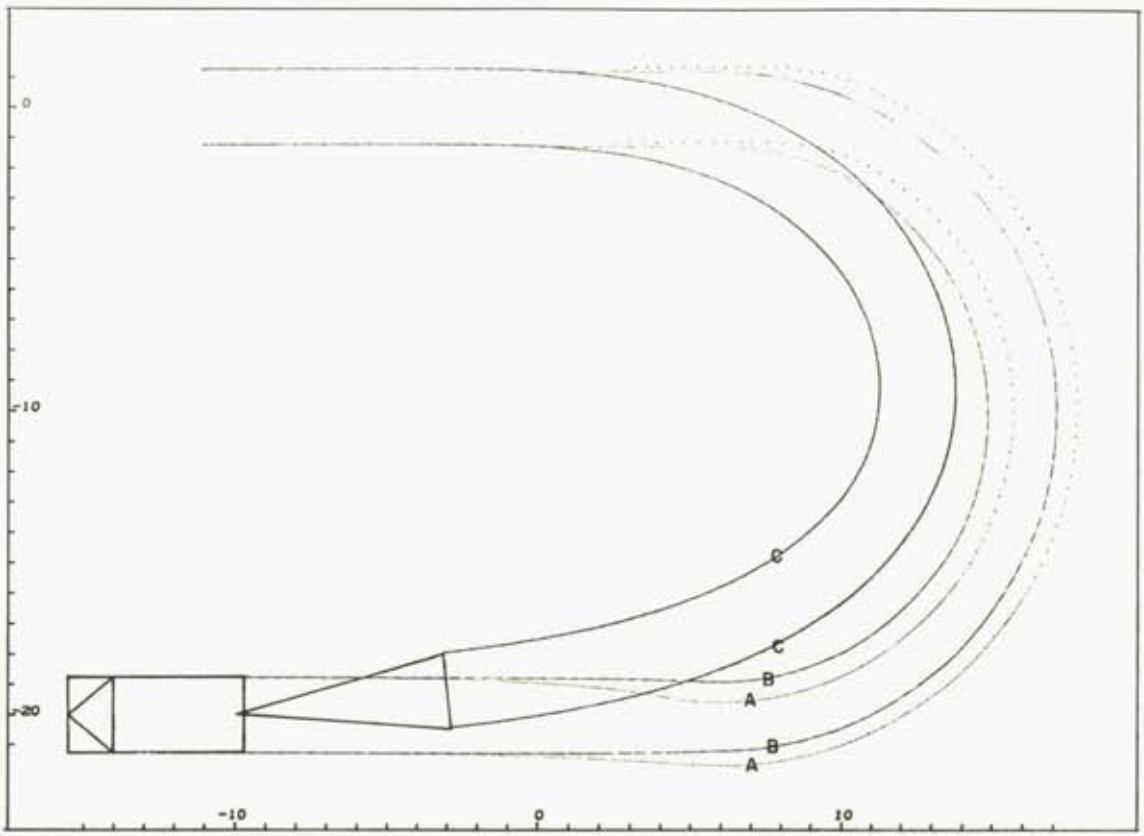


INTERSECCION EN CRUZ CON CARRILES
DE ESPERA EN LAS DOS CARRETERAS



FUENTES: BORRADOR DE INSTRUCCION 3.1-IC/1990 (TRAZADO).

5.



La intensidad de tráfico puede obligar a plantear en una intersección un movimiento a desnivel. Una intersección donde se ha resuelto un movimiento a desnivel pasa a ser propiamente un enlace.

3.2 Criterios de diseño

La planta y alzado de una intersección está condicionada por los siguientes factores:
Importancia de los giros; en especial, de los giros a izquierda, cuya prohibición o resolución es determinante.
Velocidad e intensidad de tráfico de las vías principales.
Intensidades peatonales que cruzan la intersección
Existencia de itinerarios ciclistas y de paradas de transporte colectivo.

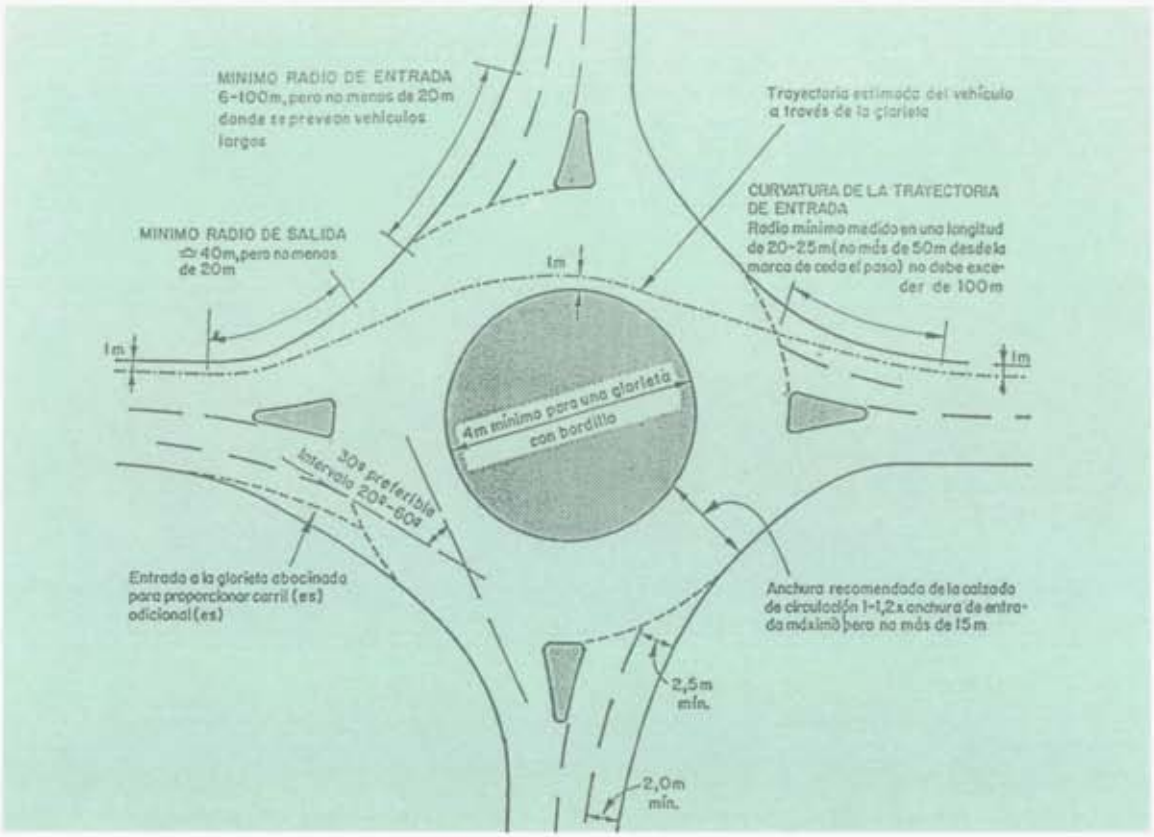
3.3 Radios de giro[3]

En las intersecciones, donde los vehículos que acceden por la vía secundaria suelen detenerse, es imprescindible establecer radios de giro adecuados a los movimientos de los vehículos.
Los radios de giro mínimos determinados en el Borrados de Instrucción 3.1-IC/90, son los siguientes:
Autobuses 11 m.
Camiones 10,65 m.
Automóviles 5 m.
Vehículos Articulados 6.55 m.[4]
El proyecto de intersecciones deberá acomodarse a los radios de giro antes indicados. Se recomiendan radios en bordillo mínimos de 12 m, óptimos de 15 m y superiores si la anchura del carril de giro es inferior a 4 m y exista una apreciable intensidad de vehículos pesados. Los radios de bordillo inferiores

4. Tipos de intersecciones. Fte. Borrador 3.1-IC/90.

5. Trayectorias de giro de vehículos a baja velocidad. Fte. MOPT.

6.



(por ejemplo, 6 m), son típicos en calles secundarias donde la circulación de vehículos pesados es escasa y el retranqueo de la acera causado por un radio grande puede dar lugar a pasos muy estrictos entre el límite de la edificación y el bordillo. No obstante, con radios pequeños, los pasos de peatones pueden acercarse a la intersección por lo que es recomendable su uso en intersecciones muy urbanas, preferentemente semaforizadas, con tráfico eminentemente ligero.

Previo a la intersección, y para aumentar su capacidad, pueden establecerse ensanchamientos de calzada a partir de cuñas con arranques a 60 m del cruce. La anchura de la cuña en el punto más cercano a la intersección será equivalente a la de un carril, de 3 a 4 m. De la misma manera, pueden realizarse embocaduras de la salida de los giros a derecha, con anchuras de 1,5 m y longitud de la cuña de 30 m.[5]

3.4 Isletas canalizadoras

Su uso es recomendado con intensidades de giro apreciables. Las isletas canalizadoras ayudan a una correcta conducción de los vehículos a lo largo del carril de giro, sirven de refugio para los peatones y pueden albergar señales, semáforos y otro tipo de mobiliario urbano[6].

3.5 Inclinación de la rasante

Como se indicó al analizar el perfil longitudinal de la carretera, las intersecciones de cuatro tramos no deberían superar una pendiente del 3%. No obstante, las condiciones del terreno pueden obligar excepcionalmente a diseñar intersecciones hasta con el 5 o el 6% de pendiente. En estos casos, la visibilidad frontal y lateral deberá ser superior a la mínima. Se evitarán acuerdos verticales pronunciados en las inmediaciones de la intersección.

4 Glorietas

4.1 Consideraciones generales

Las glorietas son intersecciones concebidas como un anillo circular al que acceden o del que parten tramos de carretera. La prioridad se da siempre a los vehículos que circulan por el interior del anillo, por lo que

una glorieta puede considerarse como un mecanismo de inserción de los vehículos que provienen de los accesos a una calzada central con prioridad.

Las glorietas han sido objeto de estudios detallados en los últimos tiempos. En España se encuentran publicados dos estudios sobre glorietas que recogen la experiencia nacional y extranjera[7].

Se recomienda el uso de glorietas en los siguientes casos:

• Como elementos de corte de un tipo de vía a otro de características geométricas distintas. Tal es el caso, en numerosas penetraciones, del paso de una autovía urbana a una vía arterial. El cambio de una sección transversal similar a la de las carreteras fuera de poblado a otra urbana puede hacerse de manera gradual pero se recomienda, siempre que sea posible, una transición brusca localizada en un punto de conexión, de manera que el automovilista tenga la percepción de entrar en un viario de características distintas. En ese sentido, la glorieta consigue mejor los objetivos anteriores ya que representa un obstáculo físico en el que el automovilista que accede no tiene prioridad de paso.

• Como paso de un medio rural a otro urbano y viceversa, siguiendo criterios similares a los del punto anterior.

• En intersecciones donde existan cuatro o más tramos de acceso y/o las intensidades de tráfico sean del mismo orden de magnitud.

• Donde se prevean intensidades de giro importantes entre los distintos accesos.

Por problemas de seguridad. Las glorietas, siempre que estén bien diseñadas y señalizadas, suelen tener accidentes menos graves que los de las intersecciones no semaforizadas. Por el contrario, las glorietas se ven restringidas en:

• Areas con fuertes pendientes. Se recomienda una inclinación máxima de la glorieta y de sus accesos del 3%.

Donde existe una circulación peatonal muy importante. Las glorietas de gran tamaño penalizan los movimientos peatonales obligando a realizar un rodeo. Además, las glorietas pueden ser peligrosas para los ciclistas si éstos circulan por las calzadas centrales y no por carriles exclusivos.

Las glorietas convencionales consumen generalmente más suelo que las intersecciones simples. Las áreas donde exista escasez de suelo serán, en principio, menos aptas para la instalación de glorietas.

7.



8.



6. Parámetros básicos de dimensionamiento de una glorieta. Fte. MOPT.

7. Glorieta a nivel en la carretera de Fuenlabrada-Mostoles. Madrid.

8. Glorieta elevada en el Distribuidor Sur de Madrid.

4.2 Tipos de glorietas

La glorieta a la que se ha hecho referencia en el apartado anterior es la que se podría denominar convencional o glorieta tipo. Se trata de una glorieta con radio interior superior a 4 m, siendo las dimensiones más comunes los radios de giro de los vehículos pesados (12 a 18 m). Este tipo de glorieta funciona como mecanismo de inserción de los vehículos que provienen de los accesos en una *corriente prioritaria*[8]. Las intensidades máximas que pueden absorber las glorietas convencionales rondan los 35.000 veh/día (suma de todos los accesos), llegando a intensidades en hora punta de hasta 6.000 vehículos.

Junto a estas glorietas, existen otras variaciones que se mencionan a continuación. Se trata de los grupos siguientes:

Miniglorietas (radios de 2 a 4 mm)
Glorietas dobles
Glorietas a distinto nivel
Glorietas de dos puentes
Glorietas tipo «pesa»
Intersecciones anulares
Glorietas semaforizadas

4.3 Principios básicos de diseño de glorietas tipo

El diseño de glorietas tipo está debidamente expuesto en las recomendaciones aludidas en el presente apartado y a ellas es necesario remitirse para la realización del proyecto de una glorieta. No obstante, se indican a continuación algunos parámetros básicos de diseño.

• **Tamaño** Radios interiores mínimos de 4 m, máximos no superiores a 40 m, siendo recomendables en áreas suburbanas los radios entre 12 y 30 m (*áreas urbanas, radios inferiores*).

• **Anchura de calzada** 5 a 6 m en calzadas de un carril, 8 a 10 m en calzada con doble carril. Máximo, 15 m.

Peralte transversal: En calzadas con dos o mas carriles, recomendable a dos aguas, con el punto más alto a 1/3 del exterior de la calzada.

• **Inclinación de la rasante** Máximo 3%

• **Distancias entre entrada y salida** Mínimo 20 m.

• **Características de los accesos** Ejes de las carreteras de acceso alineados con el centro de la glorieta. En glorietas con anchuras de calzada anular equivalente a dos o más carriles de circulación se recomienda, con intensidades de acceso altas, la instalación de doble carril de entrada.

Anchura de carriles de entrada, 4 m. Salida, 5 m.

Angulo de entrada del acceso con el eje de la calzada circular: 20 a 60 ° (ver gráfico adjunto).

Radio de giro en bordillo de entrada, 6-100 m (15 a 25 m preferido). En salida, hasta 20 a 100 m (30-40 preferido).

• **Vías especiales de giro a derecha entre dos accesos consecutivos** Recomendadas con intensidades superiores a 300 v/h o más del 50% de los vehículos que acceden.

4.4 Acondicionamiento paisajístico

Las glorietas constituyen puntos singulares en los itinerarios urbanos y suburbanos. Ello hace posible su utilización como elemento significante, como hito de referencia para el automovilista.

Atendiendo a las demandas de vehículos y peatones, el acondicionamiento paisajístico debe contribuir mediante plantaciones a guiar los recorridos evitando *maniobras y trayectorias inseguras. En el caso de* los peatones, disuadiendo el cruce de la glorieta a través de la calzada circular.

Es importante el cierre de perspectivas frontales para los vehículos que acceden a la glorieta. Ello se consigue con el arbolado de la glorieta central y la creación de pequeñas elevaciones en el centro de la misma.

Asimismo, cabe utilizar elementos verticales que enfaticen el recorrido circular de la glorieta (arbolado, iluminación, etc...).

La ordenación de la corona exterior queda subordinada a la definición de los caminos peatonales, mientras en la isleta central, en la que el acceso peatonal es desaconsejable, la ordenación queda condicionada por la perspectiva dada al conductor.

4.5 Acondicionamiento en la isleta central

Con isletas de pequeño tamaño, es aconsejable su pavimentación con empleo de materiales con textura y color que resalte sobre la calzada. La pintura y la instalación de elementos reflectantes, como los

captafaros, pueden ayudar a conseguir esta diferenciación con la calzada.
Asimismo, se recomienda un perfil ligeramente elevado con respecto a la calzada, con bordillos montables o superficies alabeadas.
Los hitos centrales pueden ser elementos singulares de pequeño tamaño y fuerte significación (esculturas, fuentes, luminarias, etc...).
Con isletas mayores es preferible el modelado del terreno natural y el tratamiento vegetal, con alturas progresivas de la capa de tierra desde los bordes hacia el centro, constituyendo un montículo.
En los márgenes de isleta se utilizará bordillo (preferentemente montable) o pavimentos contrastados con la calzada (como el adoquinado).

5 Enlaces

5.1 Consideraciones generales

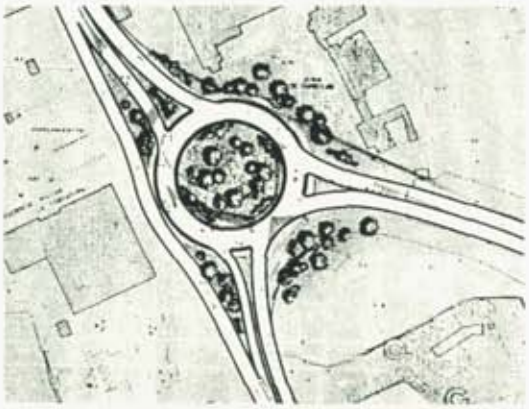
Los enlaces son nudos donde al menos un movimiento se resuelve a desnivel.
En los enlaces, el tráfico de paso circula por calzadas con el mismo nivel de diseño que el tronco de la carretera.
Los ramales de un enlace cumplen funciones de adaptación de la velocidad de los vehículos y de las condiciones salientes a las entrantes en la vía que se comunica. En el medio urbano, la vía secundaria puede tener características muy estrictas de velocidad y capacidad, por lo que el enlace ha de ser capaz de absorber importantes reducciones de velocidad.
La no disponibilidad de suelo puede obligar a reducir a mínimos absolutos los parámetros geométricos de ciertos ramales y aun a eliminarlos del enlace. En ramales con longitudes muy estrictas y cambios bruscos de velocidad, una adecuada señalización vertical y horizontal es imprescindible para conseguir un buen nivel de seguridad.

5.2 Tipos de enlaces

Se puede establecer una jerarquía de enlaces, desde los de menor capacidad en sus ramales a los que admiten todo tipo de movimientos con niveles de servicio similares a los de la calzada central.[9]

• **Diamantes**. Solución más simple y de menor ocupación de suelo. Recomendada en zonas urbanas con suelo escaso y limitación de anchura por alineaciones. Asimismo, recomendado para arranques de calzadas de servicio.
No se privilegia ningún movimiento de giro y la capacidad viene condicionada por los giros a la izquierda en la intersección con la vía secundaria. Admite intensidades en ramal de giro máximas de 600 v/h.
La mejora de este punto crítico puede realizarse separando los sentidos de circulación de la vía secundaria mediante dos estructuras de paso. La capacidad en ramal de giro aumenta hasta 1.000 v/h.

9.



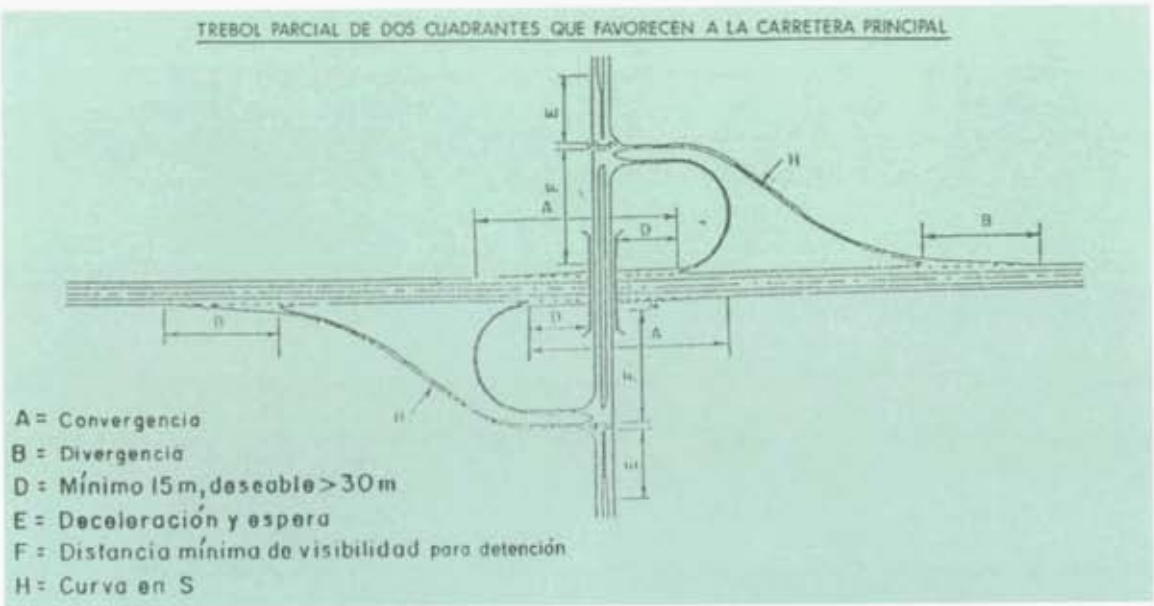
10.



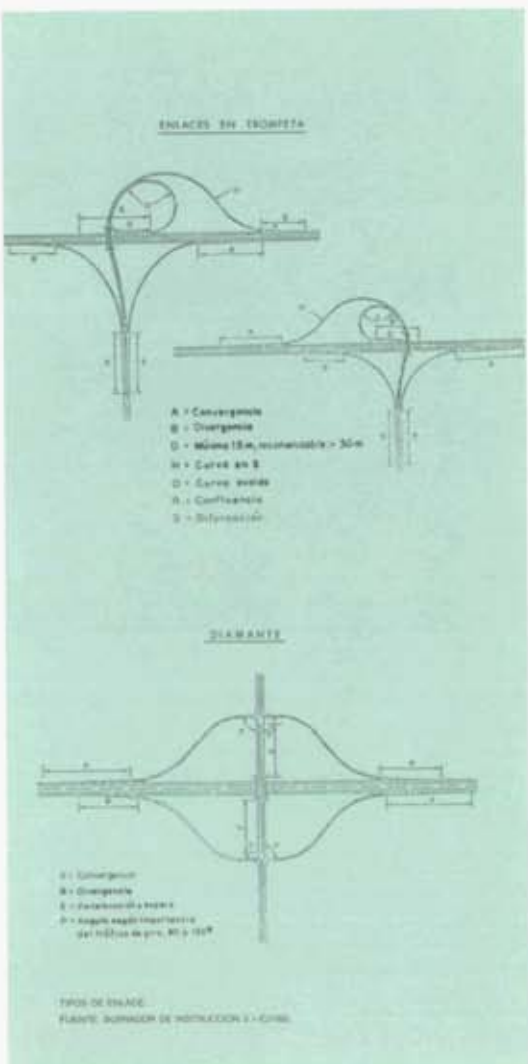
9. Glorieta urbana en Cadiz y tratamiento de plantaciones.

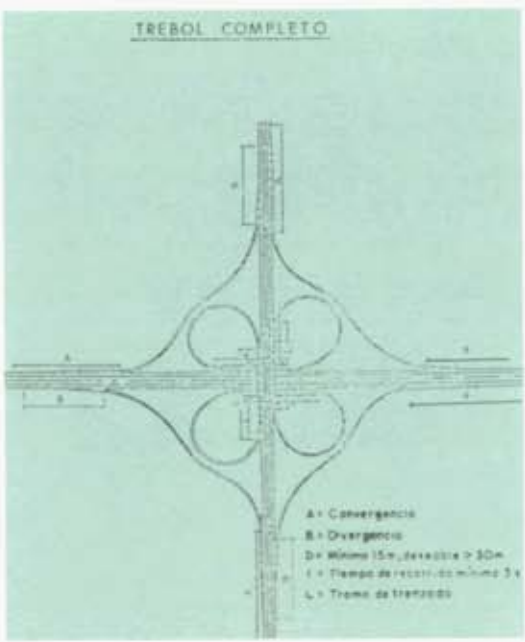
10. Enlace en el tramo este de la M.40. Madrid.

11.



12.





11. Tipos de enlace. Fte. Borrador 3.1-IC/90. MOPT.

12. Tipos de enlace, Fuente: Borrador de instrucción 3.1-1C/1990.

Si la intersección sigue siendo crítica, puede adoptarse la solución de sustituirla por una glorieta o miniglorieta.

• **Trébol parcial**. La solución anterior introduce una segunda configuración muy eficaz en forma de trébol que, en medio urbano, no suele ser completo. Es común encontrar soluciones de trébol parcial donde se resuelven mediante lazos los giros a izquierda más conflictivos. Estas soluciones pueden ser compatibles con la instalación de ramales tipo diamante para el resto de los giros. Es usual encontrar soluciones de enlace basadas en dos tréboles parciales consecutivos cuyos movimientos son complementarios.

•**Trompetas**. Configuraciones equivalentes a los tréboles para enlaces de tres tramos. No son recomendables en medio urbano.

• **Tréboles completos.** Su realización no es recomendable en medio urbano, a excepción cruces de autopistas o autovías en zonas con amplia disponibilidad de suelo.

Glorieta elevada. La solución de los movimientos de giro se realiza mediante una glorieta a distinto nivel de la calzada principal. Estas soluciones tienen capacidades superiores a los diamantes e inferiores a los tréboles completos. Asimismo, el suelo ocupado es intermedio ente uno y otro tipo de enlace.
Si la intensidad de tráfico en la vía secundaria es alta (véase el gráfico de capacidad de intersecciones, glorietas y enlaces en el apartado 9.1), se puede acudir a soluciones de glorieta a tres niveles, con separación de movimientos de giro y en las calzadas principales.

• **Enlaces completos**. El Borrador de la Instrucción 3.1-IC/90 presenta en su apartado 14.4.3 una amplia gama de enlaces completos, sin intersecciones con la vía secundaria. Estas soluciones pueden ser eficaces, según la importancia de los giros a los que se desee dar prioridad y la configuración del suelo donde se ubica el enlace.

5.3 Principios basicos de diseño

El Borrador de la Instrucción 3.1-IC/90 recoge los parámetros de proyecto, configuración de enlaces, ramales, vias de aceleración y deceleración, etc... Se remite a este documento para el proyecto detallado de enlaces.
No obstante, caben sintetizar algunas recomendaciones sobre aspectos generales y particulares de los enlaces. Se exponen a continuación:

• **Solución del movimiento principal de cruce.**.
Se recomienda que el movimiento principal de cruce en un enlace se resuelva en el nivel inferior por las siguientes razones:
Menor impacto visual y sonoro del tráfico más importante; en especial si el trazado se realiza en desmonte.
Menores dimensiones y coste de las estructuras elevadas que es necesario realizar.
Favorecen el incrementeo de velocidad en las entradas a la vía principal y la reducción de la velocidad en las salidas de la vía.

• **Velocidad específica en los ramales**. Los ramales deben servir como elemento regulador de la velocidad entre la carretera principal y el viario secundario. Su trazado en planta y en alzado debe favorecer esta transición.

• **Longitudes de las vías de aceleración y deceleración**[10] Deceleración: L=100 m. para Velocidad de Proyecto 80 km/h, velocidad final 60-40 km/h. Pendiente 0%
Aceleración: L=200 m. para Velocidad de Proyecto 100 km/h, velocidad inicial 60-40 km/h. Pendiente 0%

• **Inclinación de la rasantes de los ramales**. Similares a las de las calzadas principales. Es imprescindible mantener la visibilidad en el acuerdo vertical.

• **Peatones**. Se recomienda separación total de los itinerarios peatonales con respecto a los vehículos. No es aconsejable establecer cruces de peatones a nivel en la vía secundaria inmediatamente despues de la confluencia de un ramal de giro, a no ser que esta incorporación esté fijada mediante un STOP o con semáforos.

• **Transporte colectivo**. No es recomendable la ubicación de paradas de autobús en las calzadas principales de un enlace ya que es el tramo donde los vehículos circulan a mayor velocidad y donde los peatones tienen más dificultad para acceder.
Se recomienda una ubicación de las paradas en la

vía secundaria, si tiene características de vía urbana, o en ramales especialmente habilitados al efecto.
La ubicación de las paradas deberá hacerse en los tramos donde la velocidad de los vehículos es menor y las alineaciones son rectas o de curvas amplias.

6 Control de accesos

El control de accesos en una carretera regula las comunicacones entre la carretera y los usos colindantes. Cada uno de los tipos de carretera urbana estudiados en el apartado 3.3.3 tiene distinto tipo de control de accesos.
En autopistas y vías rápidas el control de accesos es total y las entradas y salidas a las calzadas principales de la carretera se realizan en los enlaces o como accesos a áreas de servicio específicas.
Las autovías urbanas mantienen, de manera similar, el control de accesos pero admiten incorporaciones y salidas al viario secundario o de servicio fuera de los enlaces.
En las vías arteriales urbanas puede admitirse un control de accesos parcial o ninguno en absoluto, según sea el rango dado a la carretera, la posibilidad de establecer vías de servicio y la importancia de los usos ubicados en sus márgenes.

6.1 Tipos de control de acceso

La Ley de Carreteras establece que las autopistas, autovías y vías rápidas tengan control de accesos[11]. Es una ordenación legal, basada en unas necesidades funcionales que obliga al cerramiento continuo de la carretera e impide el acceso de vehículos desde las propiedades colindantes.
Por el contrario, en carreteras convencionales del tipo vía arterial, puede darse la necesidad o conveniencia de establecer separaciones entre la carretera y los usos en sus márgenes. Esta separación es funcional, manteniéndose la comunicación con los colindantes mediante múltiples conexiones con las vías de servicio.
En tercer lugar, se puede hablar de control de accesos físico cuando el perfil longitudinal de la carretera impide el acceso de vehículos. Este tipo de control de acceso no es siempre deseado por el proyectista y puede convertirse en un problema de barrera de la carretera para los movimientos transversales.
Por último, la ordenación de usos y su disposición, así como la red viaria secundaria prevista en la ordenación urbanística pueden perseguir la limitación de accesos con la carretera para evitar una accesibilidad excesiva, la consolidación de itinerarios de paso por la urbanización u otros efectos similares.

6.2 Efectos del control de accesos

El control de accesos mejora notablemente la funcionalidad de la carretera, manteniendo condiciones homogéneas de circulación y aumentando la capacidad del vial.
Además, el control de accesos incrementa la seguridad al disminuir el riesgo de salidas o entradas incontroladas en la calzada.
Por el contrario, el control de accesos agudiza los efectos de barrera de la carretera, alargando itinerarios de vehículos que realizan movimientos transversales a la misma.
Por último, el control de accesos puede ser un instrumento eficaz de ordenación urbanística, siempre que se coordine con el planeamiento y gestión del suelo. La concentración de accesibilidad en los nudos de la carretera, en combinación con una política adecuada de concesión de licencias de edificación, pueden dirigir el crecimiento de las nuevas áreas edificadas en zonas donde existen fuertes expectativas y tensiones sobre el suelo no urbano.
Dentro del planeamiento urbanístico es imprescindible conseguir una ordenación que disuada de una accesibilidad directa desde la carretera. Ello puede realizarse creando franjas de suelo no edificado (zonas verdes o area de equipamiento) en los márgenes de la carretera y volcando hacia las vías de servicio los usos generadores de tráfico.

6.3 Peatones y control de accesos

Aunque el control de accesos de una carretera está dirigido principalmente a impedir accesos desde o hacia la carretera por vehículos que circulan por ella, también busca evitar el cruce indiscriminado de peatones a través de la calzada. Este aspecto es mucho más difícil de controlar, ya que los peatones son mucho más sensibles que los automovilistas a los caminos mínimos. Además, los peatones pueden superar taludes, barreras y obstáculos imposibles para los automóviles.
Por estas razones, para que un control de accesos sea eficaz y no se convierta en una fuente de peli-

13.



gro, será necesario coordinar las medidas de control con el estudio de los itinerarios peatonales, y el estudio y distribución de pasos a lo largo de la carretera. El criterio recomendado en áreas urbanas es el de multiplicar los pasos de manera que los rodeos sean mínimos, aun a costa de mayores costes económicos.

6.5 VIAS DE SERVICIO

Para garantizar un adecuado nivel de accesibilidad a los usos del suelo, a los que se les ha aplicado el control de accesos, es necesaria la realización de vías de servicio. Ello representa unas necesidades adicionales de suelo al aumentar la anchura de la sección transversal. En las vías arteriales, estas vías de servicio pueden estar muy próximas a las calzadas principales, cumpliendo estrictamente funciones de aparcamiento y acceso a colindantes. Por el contrario, en las carreteras no convencionales, las vías de servicio tienen que conciliar funciones de acceso con funciones de circulación de vehículos urbanos que no utiliza la carretera principal.

1. «*Recomendacioness obre glorietas*». Dirección Gral. de Carreteras. MOPT. Madrid 1989.

2. Ap. 4.3 Borrador Instrucción 3.1-IC/90

3. Se recomienda la consulta de la publicación: «*Trayectorias de giro de vehículos a baja velocidad*». Dirección Gral. de Carreteras. MOPT 1988.

4. Borrador Instrucción 3.1-IC/90, apartado 6.3.3. El radio de Giro se mide a partir de la trayectoria del punto medio del vehículo.

5. Borrador Instrucción 3.1-IC/90, Fig. 56

6.Criterios para su trazado en el Borrador Instrucción 3.1-IC/90, Apartado 13.4

7. «*Recomendaciones sobre Glorietas*». Dirección Gral. de Carreteras. MOPT. Madrid 1989.
«*Recomendaciones para el diseño de glorietas suburbanas*». Comunidad de Madrid. Madrid 1989.

8. «*Recomendaciones sobre Glorietas*», Dirección Gral. de Carreteras. MOPT. Madrid 1989, Capítulo 2.

9. Borrador Instrucción, Apartado 13.3.3. y 14.4.3

10. Tablas 28 y 29, Borrador Instrucción

11. Art. 2 Ley 25/28

13. Central de accesos a Barajas. Madrid.

14. En pág. 92, una estructura elevada en la glorieta suburbana de Arroyo Meaques, en Madrid. IDEAM.

14.





9. PEATONES Y TRANSPORTE COLECTIVO

1 PEATONES

1.1 CONSIDERACIONES GENERALES

La correcta resolución de las vías peatonales en los proyectos de carreteras urbanas requiere un buen conocimiento previo de la estructura de usos del suelo y de los esquemas de movilidad peatonal existentes y previstos. Cada tipo de vía requiere un grado diferente de separación entre vehículos y peatones:

• En las autopistas, autovías y vías rápidas urbanas, los peatones no entran en ningún momento en conflicto físico con la circulación de vehículos. En este tipo de vías, los itinerarios longitudinales de peatones (aceras y sendas) se suelen diseñar fuera del ámbito estricto de la sección transversal.

Asimismo, no existen cruces a nivel y los peatones atraviesan la vía mediante pasos sobre o bajo la carretera. Para garantizar la no interferencia entre peatones y automóviles, este tipo de carreteras disponen de cerramiento en toda su longitud.

• En las vías arteriales, la separación entre peatones y automóviles no es total. Se admite la existencia de aceras o sendas dentro de la sección transversal de la vía, a continuación de la berma o junto a la calzada en tramos muy urbanos. Asimismo, se admiten cruces de peatones a nivel, preferentemente ubicados en las intersecciones.

Utilizando la velocidad de los vehículos como indicador de compatibilidad con el tránsito peatonal puede decirse que sólo por debajo de 30 km/h pueden plantearse soluciones integradas peatón-automóvil. En velocidades hasta 60 km/h pueden plantearse soluciones con separación física (aceras o caminos con o sin protección), así como cruces a nivel. En velocidades superiores a 60 km/h, la segregación debe ser total, con pasos a distinto nivel y separación física de recorridos en toda su longitud.

En soluciones sin segregación total es fundamental la claridad en la percepción de prioridades de vehículos o peatones en cada punto, siendo las situaciones ambiguas generadores potenciales de accidentes, por usos indebidos. Deben utilizarse en estos casos dispositivos que hagan efectiva o al menos incentiven la reducción de la velocidad y otros que garanticen, al menos en los sectores de mayor conflictividad, la protección y canalización del tránsito peatonal.

Un adecuado diseño de los itinerarios peatonales y de los puntos de cruce con la calzada principal redunda en una mayor seguridad de la carretera y en la reducción de los impactos negativos de impermeabilidad transversal de la vía. Dependiendo del tipo de vía, el estudio de los itinerarios peatonales debe centrarse en aspectos diferentes:

• En las autopistas, autovías y vías rápidas urbanas, se estudiarán exclusivamente los itinerarios transversales de peatones, las mayores distancias a que obliga la construcción de la nueva vía, los puntos de paso y todos los problemas derivados del efecto de barrera de la carretera.

• En las vías arteriales, además de lo indicado en el punto anterior, se estudiarán los movimientos longitudinales, ubicación de aceras, diseño de cruces para conseguir la máxima seguridad y el tipo de control parcial de accesos a establecer, si es necesario.

1.



2.



1. La permeabilidad transversal es uno de los impactos negativos sobre los peatones más importantes. Paso peatonal en la Plaza de Castilla, Madrid.

2. Las transiciones de paso de una carretera al entrar en medio urbano no siempre están resueltas para los peatones.

2 TRANSITO PEATONAL SEGREGADO EN AUTOPISTAS, AUTOVIAS Y VIAS RAPIDAS URBANAS

2.1 IMPERMEABILIDAD TRANSVERSAL PARA VEHICULOS Y PEATONES. EFECTOS DE BARRERA.

En la progresión de la especialización del viario y al consolidarse la total separación física del tráfico de paso del medio que atraviesa, la vía pasa a configurarse como una frontera difícilmente atravesable psicológica y físicamente por los movimientos más locales de vehículos y peatones. Los efectos de impermeabilidad transversal se darán en todo tipo de carreteras urbanas en las que tiene prioridad el automóvil. No obstante, estos efectos serán mayores en las autopistas, autovías y vías rápidas.

Este efecto no es exclusivo de los peatones y automovilistas. La barrera física de una autopista o autovía puede dar lugar a efectos de embalse de agua o a limitaciones a los movimientos de animales. Estos dos aspectos del efecto de barrera pueden llegar a ser muy importantes en entornos no urbanos. No obstante, en las carreteras urbanas, y teniendo presente que los impactos anteriores pueden existir, cabrá concentrarse en los efectos sobre los peatones y automovilistas. Los conflictos de impermeabilidad transversal son, en la mayoría de las carreteras urbanas el tipo de impacto más sufrido por las comunidades colindantes a la carretera.

La gran ocupación de espacio, la imagen de gran infraestructura y la estricta limitacion de posibilidades de cruce para vehículos y peatones, disuade en gran medida de realizar desplazamientos transversales, especialmente los de peatones, que quedan reducidos en número al aumentar notablemente los recorridos sobre infraestructuras no habilitadas especialmente para ellos y que pueden llegar a ser incómodas (en igualdad de distancias la amenidad de una calle urbana facilita mucho más la comunicación que un conjunto de aceras protegidas por cerramientos y pasarelas a distinto nivel).

2.2 CRITERIOS PARA EL TRATAMIENTO DEL EFECTO BARRERA

• **Información básica**. En el estudio de la impermeabilidad transversal de una carretera es básico el conocimiento de los itinerarios de vehículos y peatones, así como su cuantificación.

Con los peatones, es imprescindible identificar los itinerarios actuales a partir de la información de usos del suelo (ubicación de centros de fuerte generación y atracción como mercados, centros comerciales, colegios y equipamientos diversos) y localizar los itinerarios seguidos. La cuantificación puede realizarse según órdenes de magnitud aunque puede ser necesario recurrir a aforos de peatones siempre que sea imprescindible una evaluación económica de los pasos o cruces previstos. Si no es posible precisar la información sobre el peso de los itinerarios peatonales, podrá acudirse a métodos simplificados de evaluación del efecto de barrera, como el cálculo del número de caminos o calles cortadas por longitud del tramo de carretera.

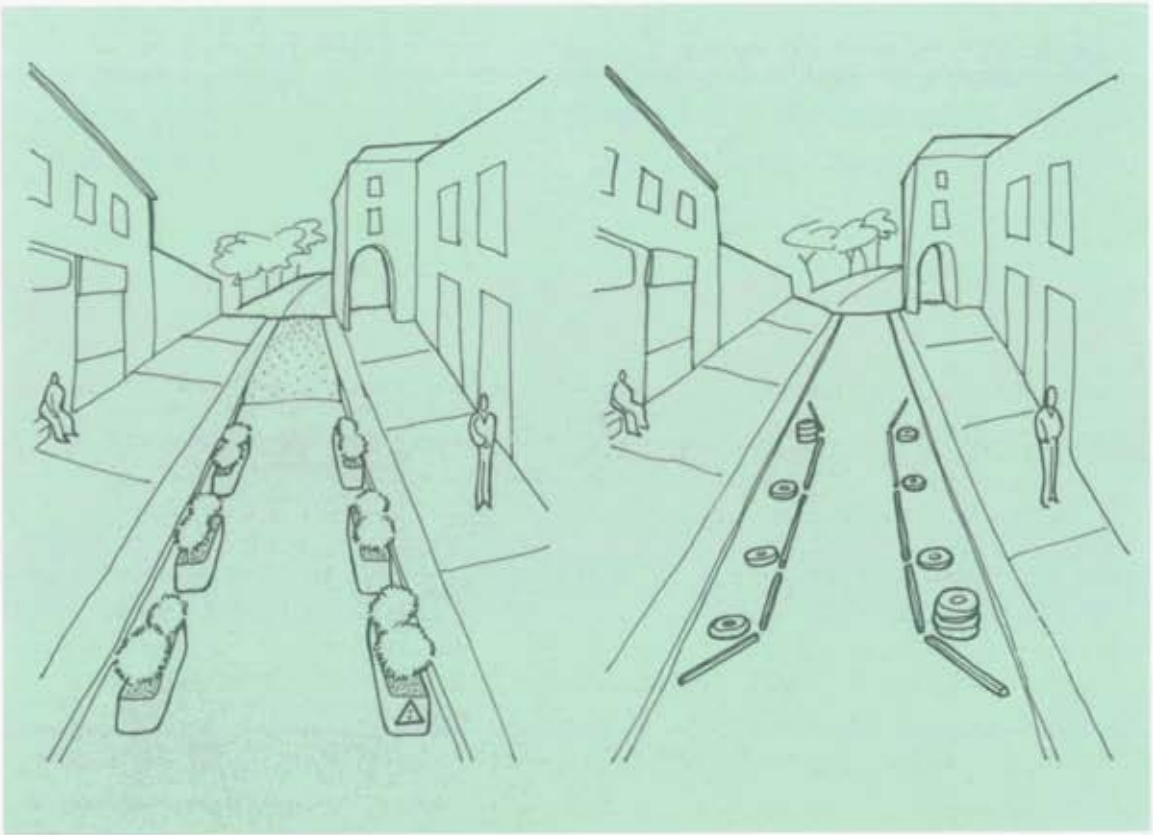
• **Tratamiento del efecto barrera.** Debe tenerse siempre presente el carácter singular de cada caso pudiendo establecerse más una metodología de actuación que unas recomendaciones generales basadas en parámetros numéricos.

Un primer criterio a seguir es el mantenimiento en lo posible de los itinerarios anteriores, a pesar de que suponga un mayor coste de construcción de pasos. Es aconsejable dar la mejor solución posible a los movimientos transversales antes que arriesgar un aumento de la peligrosidad por incumplimiento de los pasos previstos. Las soluciones del tipo vía de servicio y concentración de pasos sólo son eficaces si la distancia entre pasos y el aumento de longitud que conlleva es admisible para el peatón.

Un segundo criterio se refiere al perfil longitudinal de la carretera. Las calzadas deprimidas facilitan notablemente el cruce de peatones al no tener que sufrir el ascenso por una rampa. Por otro lado, las secciones en desmonte con taludes de tierra son más anchas por lo que el recorrido del cruce será mayor.

En situaciones críticas, con gran intensidad de cruce, podrá acudirse al cierre de la carretera mediante un falso túnel o la construcción de una estructura elevada, en cuyo caso deberá cuidarse especialmente su estética. Ambos casos deben ser cuidadosamente evaluados al incrementarse notablemente los costes de construcción. No obstante, las ventajas obtenidas para la actividad urbana pueden justificar ampliamente soluciones de este tipo.

3.



3 TRANSITO PEATONAL NO SEGREGADO (EN VIAS ARTERIALES)

3.1 VELOCIDAD Y SEGURIDAD DEL PEATON

La seguridad del peatón, en soluciones de tráficos no segregados está muy subordinada al factor velocidad, y el cumplimiento efectivo de las limitaciones legales de velocidad precisa de medidas físicas destinadas a condicionar este factor.

Las actuales soluciones de dispositivos de moderación de la velocidad, parten sobre todo de la experiencia de soluciones a posteriori, acondicionamiento de carreteras ya existentes en medio urbano, en casos en que el alto nivel de peligrosidad[1] hace necesaria la adopción de medidas sin precedentes con el fin de conseguir que los vehículos tengan comportamientos más compatibles con el entorno.

3. Algunos dispositivos provisionales empleados en travesías urbanas para disuadir la circulación rápida de vehículos. Maceteros, estrechamiento artificial de calzada y obstáculos. Fte. Vivre et Circuler. Paris 1990.

3.2 MEDIDAS DE REDUCCION DE LA VELOCIDAD

• Dispositivos de alerta

•Semáforos ámbar intermitentes subrayando señales de límite de velocidad.

• Señalización informativa luminosa cambiante. Por ejemplo, paneles con fibra óptica de mensaje cambiante alternado: límite de velocidad más otro tipo de señal informativa o de peligro.
• Bandas transversales pintadas en calzada. Provocando sensaciones de mayor velocidad en el conductor y utilizando separaciones de bandas decrecientes en aproximación a puntos o zonas de peligro.
• Bandas transversales rugosas. Su uso no es recomendable.

• Dispositivos de ralentización
•Coordinación de semáforos. Forzando secuencias de apertura que eviten velocidades mayores.
• Glorietas. Debe tenerse especial cuidado en los ramales de acceso, utilizando radios interiores que eviten conexiones tangenciales de los accesos y hagan confusa la pérdida de prioridad.
• Miniglorietas. Sólo utilizables en áreas con escaso tráfico de pesados (isleta central con radio entre 2,5 y 4 m. Es conveniente el uso de bordillos montables en la isleta para permitir el uso eventual por camiones.
• Estrechamiento de calzadas. Estrechamientos progresivos de la anchura de carriles dan como consecuencia reducciones efectivas de velocidad.
La necesidad de cruce de vehículos pesados puede obligar a dimensiones más holgadas de lo deseado para automóviles. Para evitarlo existe la opción de estrechamiento de carriles fijados para vehículos ligeros con bandas laterales montables de adoquinado, etc, (de textura rugosa) para cruce de vehículos pesados.
• Resaltos en la calzada. No recomendable en vías con tráfico de paso.
• Creación de itinerarios sinuosos mediante estrechamientos de la sección transversal, obstáculos en la calzada y señalización.
Estas soluciones representan una amplia gama de medidas cuya aplicación es común en las travesías de población de numerosas ciudades europeas. Inicialmente, los trazados sinuosos fueron aplicados a las calles residenciales donde se desaba limitar la velocidad de los vehículos. Más recientemente, su aplicación ha ido extendiéndose a las travesías urbanas con importante tráfico de paso. Por citar un ejemplo, experiencias alemanas comprueban que el estrechamiento de la calzada en una travesía, hasta secciones que sólo admiten paso alternativo de vehículos y obligan a reducir su velocidad, siguen admitiendo intensidades altas de vehículos[2].

3.3 COMPORTAMIENTOS DEL PEATON Y DEL CONDUCTOR EN LOS CRUCES

• Comportamiento del peatón en itinerarios y cruces. Las pautas básicas seguidas por el peatón en sus desplazamientos obedecen a criterios distintos a los del automóvil. Se pueden destacar entre ellos los siguientes:
• Tendencia a recorridos mínimos (resistencia al rodeo)
• Tolerancia de mínimos tiempos de espera en cruces, pudiendo ponderarse las expectativas con tiempos mayores en vías de tráfico intenso y, peligrosamente, con tiempos menores en horas de menor demanda y vías de menor intensidad pero, consecuentemente, con mayores velocidades de vehículos.
• Tendencia a subvalorar el tiempo necesario para cruces de calzada.
Según diversos estudios, las velocidades de cruce de peatones en pasos pueden estimarse del siguiente modo:
Velocidad media global 1,29 m/s
Velocidad superada por el 90% 0,93 m/s
Velocidad no superada por el 17% 1 m/s (3,6 km/h)
• El peatón se guía más por la propia circulación de vehículos que por la señalización.
• Tendencia a utilizar los carriles de pavimento más cómodo y dejar en desuso los demás.

• Comportamientos del conductor en pasos peatonales. El parámetro básico a considerar en el comportamiento del conductor es la distancia necesaria para detener un vehículo. Consideradas en esta distancia el tiempo necesario para reacción y el espacio necesario para frenada, a una velocidad media de 60 km/h las distancias necesarias son:

TIPO DE CALZADA	REACC. (m)	FREN. (m)	TOTAL (m)
Calzada seca (coef. roz. long. 0,7):	33	14	47
Calzada mojada y pavimento rugoso	33	20	53
Calzada mojada y pavimento rugoso gastado	33	47	80

Del cuadro anterior se deduce la gran importancia del mantenimiento adecuado del pavimento y las ventajas del uso de pavimentos rugosos y drenantes.

4 Elementos de proyecto

4.1 Pasos de peatones

• Soluciones segregadas. Pasos a distinto nivel. Su uso está recomendado donde haya una total separación física del peatón que no permita el cruce a nivel.

Deben resolverse siempre en rampa, si sólo hay una alternativa de acceso, o en escalera y rampa opcionales.

Las pendientes aceptables en las rampas, en función de las alturas a franquear pueden llegar como máximo a valores del 8,3% para alturas de 5 m. y máximo al 16,6% para alturas inferiores a 3 m.

Las anchuras de pasos pueden oscilar entre 2 y 5 m. normalmente y según niveles de tráfico peatonal.

En la alternativa de elección entre pasos inferiores o pasarelas deben sopesarse ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos en cada caso particular.

Como norma general, los pasos inferiores presentan *ventajas de menores recorridos verticales contra* inconvenientes de interferencias con redes de infraestructuras, necesidad de iluminación artificial y drenaje y riesgo de vandalismo con la consecuente sensación de inseguridad. Las pasarelas presentan las ventajas de un espacio abierto y los inconvenientes de mayores recorridos verticales y de intrusión visual.

Si se opta por pasos inferiores debe procurarse un alumbrado intensificado y protegido contra vandalismo (mediante mallas protectoras e iluminación indirecta, con materiales no inflamables), introducir en lo posible luz natural (desde la mediana, por ejemplo), diseñar trazados de rampas que favorezcan apertura de vistas desde y hacia el túnel (efectos de acortamiento y mayor sensación de seguridad).

• Soluciones no segregadas. Pasos a nivel. Presentan la alternativa de pasos con semáforo o pasos de cebra, siendo estos últimos aconsejables solamente en vías con tráfico inferior a 600 vehículos/hora en ambos sentidos.

La ubicación de los pasos debe recoger los itinerarios más frecuentados, con mínimas distancias. En vías urbanas con importante dinámica de usos no es conveniente separar los pasos más de 100 m. bajo riesgo, en caso contrario, de cruces imprevistos. Por igual motivo, en cruces es conveniente facilitar el paso por todos los lados posibles. La especial peligrosidad de este tipo de cruce hace necesario contemplar una serie de medidas de seguridad. A título orientativo se citan:

• Buena visibilidad mutua vehículo-peatón

Evitando el aparcamiento indebido.

Evitando ubicación inadecuada de señalización y mobiliario urbano.

Recurriendo a la iluminación adicional de pasos con especial cuidado en vías rápidas para evitar deslumbramientos.

• Correcta señalización

Teniendo en cuenta la escasa eficacia de la señalización exclusivamente vertical, sobre todo en medio urbano, debido a la ocultación o confusión con otros símbolos, resulta eficaz el empleo de balizas reflectantes en calzada de aviso y marcaje del paso.

Deben enfatizarse los avisos de circulaciones imprevistas (autobuses a contra mano, salidas de túneles, etc.).

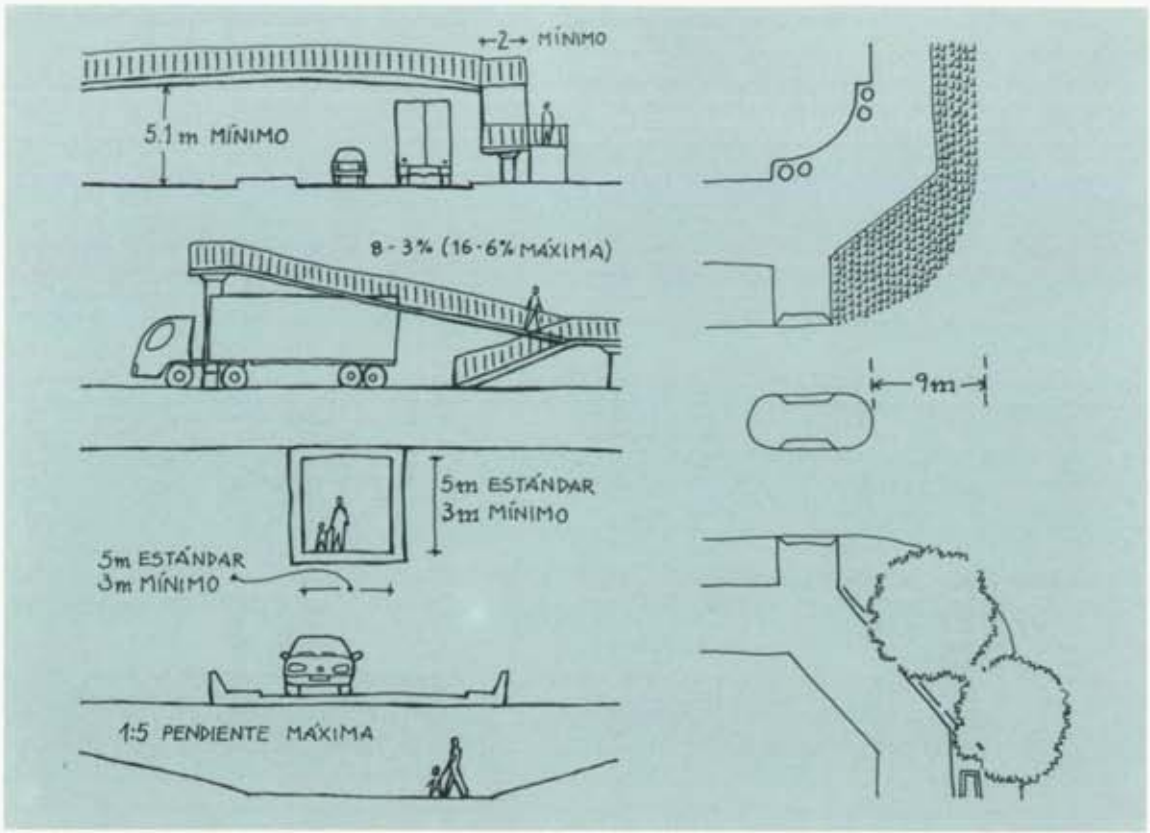
• Canalización (mediante barreras) de los recorridos peatonales.

4.



4. Los itinerarios seguidos por los peatones no siempre pueden ser previstos.

5.



6.



5. Dimensiones de refugios para peatones.

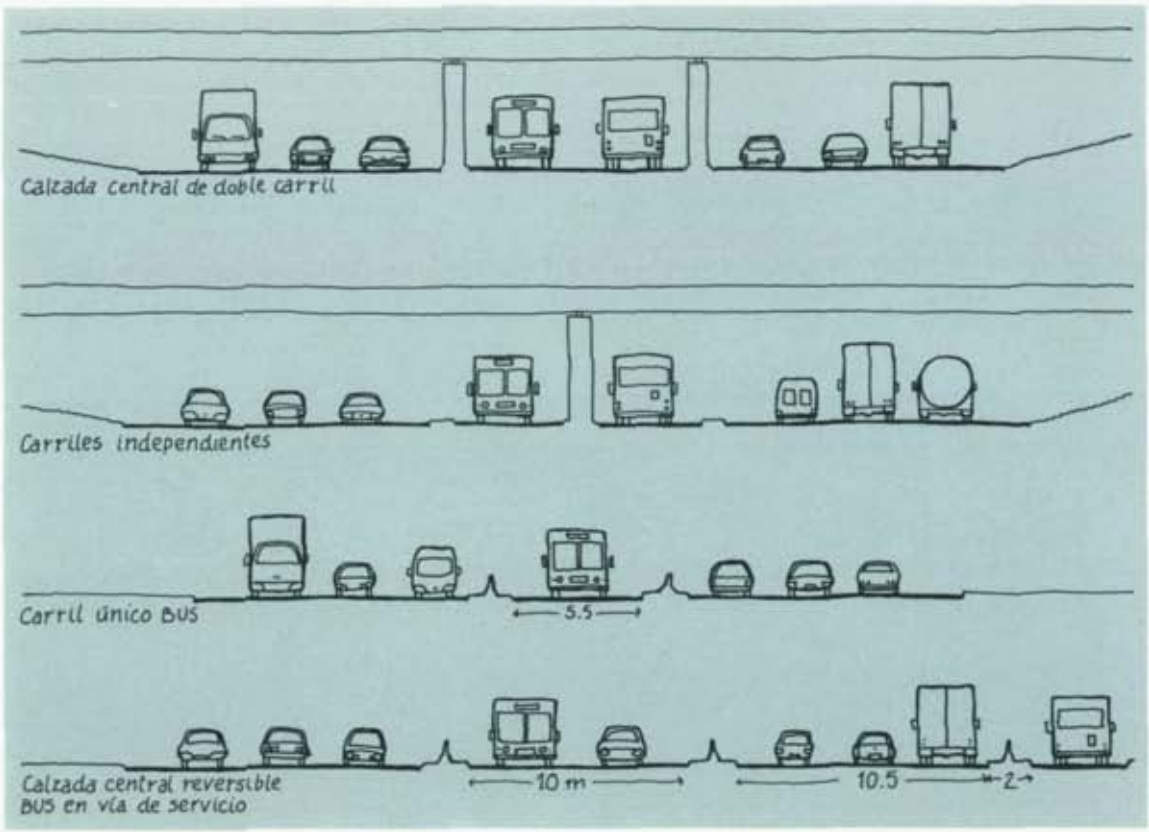
6. Un refugio central para peatones mínimo, a costa de ganar un carril de giro a la izquierda en la calzada.

Son necesarios para evitar cruces anárquicos de mínimo recorrido e imprescindibles en áreas de colegios (con la precaución de diseños no utilizables como objeto de juego).
Si se utilizan setos debe cuidarse que sean de altura moderada, sin obstaculizar la visión, y preferir las formas irregulares (de menor efecto psicológico de barrera).
Si se utilizan vallas, deben separarse al menos 0,5 m. de la calzada, y no deben tener alturas excesivas (rechazo visual).
• Disposición de refugios centrales (isletas)
Necesarios siempre que la calzada tenga una anchura superior a 12 m, o en semáforos de 2 fases. Los refugios deben tener anchuras mínimas de 2 m, que permiten la estancia de una persona con un carrito.
En semáforos en dos fases es aconsejable la utilización de pasos quebrados que eviten continuación del recorrido por inercia.
Debe evitarse la resolución de intersecciones con multiplicidad de isletas de pequeño tamaño que rompan la trayectoria del peatón. Una isleta separadora en calzadas anchas es suficiente.
Es aconsejable el rebaje de bordillos en toda la banda de paso, y el trazado de estas bandas en función de las líneas de deseo del tránsito peatonal, llegando a una conciliación entre las exigencias del automóvil y las del peatón.
• Prolongación de aceras en peninsulas de acortamiento del paso
Se trata de estrechamientos de calzada en los puntos de paso para peatones. Su aplicación se realiza en vías con velocidad reducida.
Pueden ser fijas, en continuidad con la acera, o prefabricadas simplemente asentadas en la calzada.
Su disposición ideal es a continuación con los carriles de aparcamiento.
• Instalación de semáforos con pulsador
Eficaces en carreteras de gran intensidad de tráfico (5.000 a 9.000 v/día y > 250 personas/hora) y velocidad moderada, nunca en vías de velocidad alta (por encima de 60 km/h).
Los tiempos de espera deben estar proporcionados a la densidad de tráfico o, de lo contrario, favorecen el cruce anárquico en vías de tráfico reducido.
En los cruces peatonales deben contemplarse dos recomendaciones fundamentales: la primera evitar la multiplicidad de interrupciones en el recorrido de los peatones reduciendo al mínimo los cruces de dos fases y disposición quebrada. En segundo lugar, intentar evitar trazados de vías peatonales supeditados a las necesidades de circulación y giro de vehículos (retranqueos en los pasos). Es preferible recoger líneas de deseo del tránsito peatonal antes que diseñar pasos que van a ser escasamente utilizados.
Como criterio general, con el objeto de mejorar la movilidad de personas con limitaciones físicas o el propio tránsito de coches de niños, deben tomarse medidas de eliminación de barreras arquitectónicas tales como rebaje de bordillos en aceras e isletas (alternativamente cabe la opción de sobreelevación de la calzada hasta el nivel de la acera en el cruce aunque esta medida es aplicable exclusivamente en calles residenciales con escaso tráfico). Otras medidas como la utilización de texturas especiales en aceras, implantación de señales acústicas en semáforos para ciegos, prolongación opcional de tiempos de paso con pulsador, colaboran en el mismo sentido.

4.2 Dispositivos de proteccion del peaton

Las funciones de estos dispositivos son básicamente la protección de salidas accidentales de calzada, la canalización de movimientos peatonales (evitando cruces no deseados o invasiones de calzada), y la disuasión del estacionamiento ilegal.
Entre los elementos utilizados para estos fines pueden destacarse los siguientes.
• Bordillos sobrelevados.
Con alturas en tramos hasta 40 cm. Sólo resultan eficaces para velocidades inferiores a 60 km/h y con ángulos de incidencia menores de 15 a 20°.
Son muy útiles para disuadir a los peatones del cruce de la calzada, por simple incomodidad.
• Barreras metálicas.
Solamente aceptables en áreas periurbanas por su estética y escasa eficiencia si se implantan de manera discontínua, como es preciso en áreas urbanas densas.
• Vallas para peatones.
Precisan de una separación mínima de 50 cm respecto a la calzada. Son preferibles las soluciones modulares, que permiten más fácil reposición.
• Bolardos en aceras.
Requieren, al igual que las vallas un retranqueo de 50 cm respecto a la calzada. Para impedir el aparcamiento deben implantarse a distancias menores de 1,5 m. Sólo son aconsejables en aceras de anchura superior a 2 m.
Pueden ser metálicos (más esbeltos) o pétreos, con formas de apariencia masiva en piedra u hormigón.
• Barreras rígidas de piedra u hormigón.
Son recomendables como separadores de tráficos en

7.



calzadas sin aceras. Presentan la ventaja de su resistencia a la intemperie.

• Jardineras.

Requieren un especial cuidado de las plantaciones, evitando que su crecimiento impida una buena visibilidad.

Es recomendable un retranqueo mínimo de 50 cm. respecto a la calzada.

5 TRANSPORTE COLECTIVO

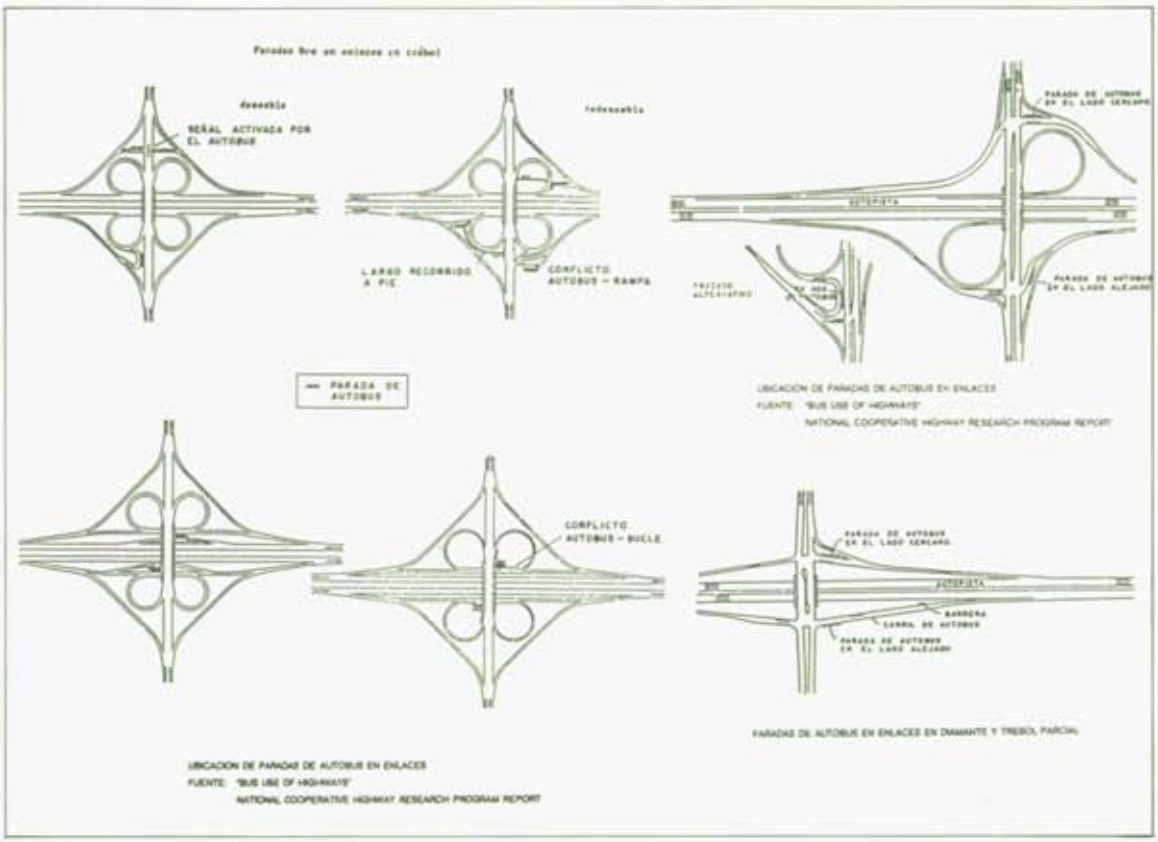
5.1 CARRILES EXCLUSIVOS BUS/V.A.O. (VEHICULOS CON ALTA OCUPACION)

• **Consideraciones generales.** El uso de carriles exclusivos de autobús en autopistas y carreteras urbanas es un medio eficaz para la circulación del transporte colectivo en tramos fuertemente congestionados. La dedicación de un carril de la calzada a carriles exclusivos para el autobús, al igual que su dedicación a otros vehículos (por ejemplo, automóviles con ocupación completa de plazas) pretende reducir sus tiempos de desplazamiento y, consecuentemente, estimular su uso.

Su implantación exige un estudio detallado ya que la congestión en el resto de los carriles se incrementa y aparecen problemas con los cruces de los vehículos ligeros. Puede estudiarse su implantación únicamente en las horas de mayor demanda y, en cualquier caso, siempre que se establezcan las medidas para garantizar su cumplimiento.

7. Secciones Tipo de vías exclusivas para la circulación de transporte colectivo.

8.



• **Implantación en autopistas, autovías y vías rápidas urbanas.** En lo relativo a la implantación física, se pueden considerar varias alternativas:

• Carriles reservados a derechas.

• Carriles en una doble vía central fuera de la calzada normal, incluida en la mediana, en disposición central o a ambos lados.

• Carriles en vías de servicio.

• **Implantación en vías arteriales.** En este caso, los carriles exclusivos de autobús se integran en la calzada central, dentro del carril derecho. Excepcionalmente y en función de la intensidad de autobuses, pueden establecerse carriles reservados de circulación.

5.2 Paradas de autobus

• **Ubicación en Autopistas, Autovías y vías rápidas urbanas.**

• Autopistas urbanas

Las paradas de autobús se plantean fuera de las calzadas centrales, en vías de servicio.

• Autovías y vías rápidas

Se recomienda la utilización de vías de servicio, al igual que en las autopistas. Siempre que no existan vías de servicio se podrán habilitar carriles de parada de pequeña longitud, separados de las calzadas centrales mediante una berma y comunicados con ellas mediante los correspondientes tramos de aceleración y deceleración.

• Ubicación concreta en enlaces

Como ya se ha indicado en el capítulo correspondiente, la mejor ubicación de una parada en un enlace se encuentra en carriles especiales. Si no fuera posible, se buscaría su localización en los ramales de salida, en tramos rectos o casi rectos con suficiente visibilidad, cercanos a la confluencia con la

8. Ubicación de paradas de transporte colectivo en ramales de enlace.

vía secundaria o en las inmediaciones de intersecciones secundarias (por ejemplo, en los diamantes), donde los vehículos circulan con mayor lentitud.

• Ubicación en vías arteriales.

En las vías arteriales con Vproy = 80 km/h y condiciones suburbanas, se habilitarán carriles de parada de anchura igual o superior a 3 m, mediante retranqueos en el resguardo de la carretera.

Si esta franja no admite por su anchura la instalación del carril de estacionaminto para el autobús al tiempo que un espacio para los peatones, se acudirá a ocupar parte o todo el arcén exterior sin que, en ningún caso, el vehículo estacionado ocupe parte del carril derecho.

En Vías Arteriales con velocidades inferiores, cabe mantener el vehículo detenido en el carril derecho de circulación, sin refugios especialmente acondicionados.

• Ubicación concreta en intersecciones

Es recomendable la ubicación de la parada antes de la intersección. Con ello se facilita el cruce de peatones y se reducen al mínimo los impedimentos a la carretera ya que es el punto donde los vehículos están parados o circulan más despacio.

En intersecciones donde existan carriles de giro a derecha, se retrasará la parada hasta unos 10 m antes del carril de giro.

En glorietas puede ubicarse la parada de autobús en el borde exterior de la calzada central si la anchura de éste es suficiente para el paso simultáneo de los vehículos previstos. Esta localización puede alargar los movimientos peatonales de cruce y estimular su paso por el centro de la glorieta. Una segunda localización, si se dispone de posibilidad de refugio para el autobús, es en la calzada de salida, en el tramo cercano a la glorieta. Por último, las paradas en las inmediaciones de las entradas a las glorietas suelen reducir su capacidad por lo que se recomienda que, caso de decidir una parada en dicho punto, se retrase lo suficiente para que no afecte la circulación en el abocinamiento de entrada.

1. La dirección Gral. de Carreteras del MOPT viene desarrollando desde hace bastantes años un método de detección de los puntos más peligrosos de la red, basado en el inventario y evaluación de los tramos de longitud de 1 Km. con 3 o más accidentes al año.

2. Por ejemplo R. Baier. «Voies à fort Trafic». en Congrés International Vivre et Circuler en Ville. CETUR & ADTS. París 1990.

10. OTROS ELEMENTOS DE PROYECTO

1 FIRMES Y PAVIMENTOS

1.1 FIRMES

No es objeto de estas Recomendaciones un estudio detallado de los distintos tipos de firme y de su dimensionamiento. El análisis estructural de los firmes de carretera y las distintas opciones a seleccionar en función del tráfico y del tipo de terreno está definido en la Instrucion de Carreteras[1]. Asimismo, existen normativas municipales y autonómicas para el dimensionamiento de firmes en viales urbanos[2].

En España, el pavimento bituminoso, ha monopolizado la mayor parte de las carreteras fuera de poblado siendo, por otro lado, comun en los viales urbanos el uso de firmes mixtos[3]. Durante los últimos años, los pavimentos de hormigón se han aplicado de manera progresiva en tramos de autovía o nueva carretera, incluídas algunas variantes de población. Por otro lado, este tipo de firmes tiene aceptación en algunos tipos de viales urbanos: zonas residenciales de baja densidad, polígonos industriales, estaciones de servicio y aparcamientos.

1.2 PAVIMENTOS

El pavimento es la capa superficial de un firme. Esta capa alberga todas las características de textura, color, permeabilidad, desgaste, etc... exigidas para una adecuada circulación de vehículos y la reducción de ciertos impactos ambientales.

Existen diferencias entre los pavimentos de carreteras fuera de poblado y los pavimentos del viario urbano. En el primer caso, junto a las exigencias impuestas por la rodadura de vehículos, el mayor impacto puede provenir del aspecto de las grandes superficies pavimentadas. En los tramos urbanos, los pavimentos en calzadas tienen otras particularidades:

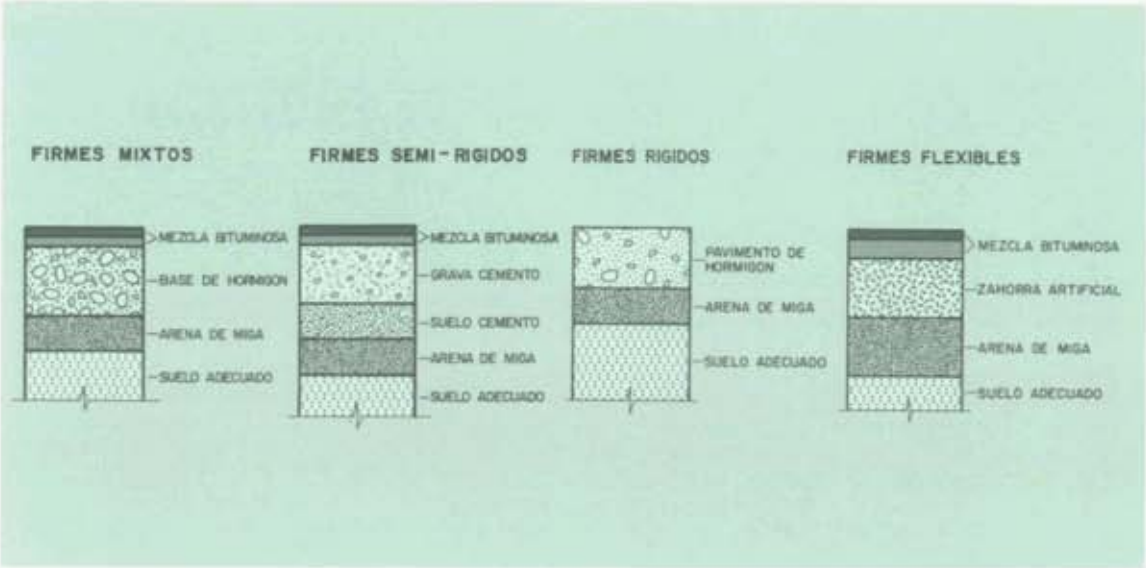
- **Coexistencia estética con otros pavimentos urbanos.** Además de calzadas y arcenes existen aceras, zonas de aparcamiento, pasos de peatones, zonas pavimentadas de carácter estancial (plazas, islas urbanas ajardinadas y otros espacios de la vía pública donde el peatón permanece parado), lo que se traduce en la coexistencia de una gran variedad de pavimentos muy próximos entre sí.

- **Exigencias funcionales.** Existe un alto nivel de solicitaciones debido a las grandes intensidades de tráfico existentes, unidas al efecto frenada-arranque.

- **Exigencias de mantenimiento de redes de servicio.** Este mantenimiento se convierte en un factor muy importante debido al trazado de redes de servicio debajo de la calzada y arcenes, a la gran abundancia de obras de reforma y la necesidad de revisión periódica de dichas redes.

- **Nivel de ruido.** El ruido de rodadura emitido por los pavimentos urbanos puede producir un alto nivel de ruido al velocidades elevadas, como se expondrá en el Capítulo 11.

1.



1.3 Criterios para el diseño de pavimentos en calzadas

La instalación de un determinado tipo de pavimento deberá contemplar los siguientes criterios:

- Rugosidad de la capa de rodadura, tanto en seco como en mojado. Mantenimiento de las condiciones de rugosidad en el tiempo.
- Seguridad en la frenada, garantizando distancias mínimas en seco o mojado.
- Durabilidad y resistencia a la degradación por tráfico, agua o elementos climáticos.
- Mínimo nivel de ruido y vibraciones, tanto desde el punto de vista del conductor como de la población afectada. No obstante, en ciertos casos, un nivel de ruido superior a la media de los pavimentos puede ser buscado como efecto de disuasión de altas velocidades de los vehículos.
- Calidad visual, permitiendo la variedad y potenciando efectos dinámicos sobre la percepción del conductor o las propiedades difusoras ante la iluminación.

Con respecto a los criterios anteriormente citados, el comportamiento de los materiales más habituales es el siguiente:

- **Pavimentos bituminosos** Buen comportamiento ante el ruido y escasa calidad visual. En general, menor rugosidad y durabilidad que los pavimentos de hormigón.

- **Pavimentos de hormigón** Buena adherencia y durabilidad. Impacto visual medio y alto nivel de ruido. Difícil reposición de servicios.

- **Pavimentos porosos** Muy efectivos contra el ruido y con especiales ventajas de rugosidad y amortiguación de ruido con lluvia. Escasa calidad visual.

- **Pavimentos discontinuos (Adoquines de hormigón).** De efectos favorables en la reducción de velocidad, de gran durabilidad. Fácilmente registrables, permiten gran variedad de formas y colores. Tienen en cambio un efecto negativo de aumento de ruido.

Puede existir una carretera que, por su carácter e importancia urbana deba ser objeto de un tratamiento especial. Para estos casos podría pensarse, entre otras, en soluciones de pavimentos integrados con los de las aceras; por ejemplo, y a pesar de su mayor nivel sonoro, un firme de adoquín prefabricado. Esta solución puede resultar muy adecuada en intersecciones donde interese reducir la velocidad de los vehículos.

Las principales ventajas de una pavimentación adoquinada en intersecciones serían:

- La diferencia en color y textura de las superficies de la calzada, así como la diferencia en el comportamiento de los vehículos, que avisa al conductor de la presencia de una intersección.
- La alta resistencia al deslizamiento de los adoquines de hormigón aumenta la seguridad.
- Una superficie de adoquines de hormigón sobre una buena base es más duradera que muchas superficies bituminosas.
- En el caso, habitual, de existir una gran concen-

tracion subterrránea de servicios, el pavimento de adoquines facilita las obras de reparacion.
• La posibilidad de adoquines de colores permite la incorporacion de varios tipos de marcas permanentes en el pavimento.

1.4 PAVIMENTOS EN ACERAS Y VIAS PEATONALES

Las cualidades requeridas para estos pavimentos han de ser, principalmente; comodidad, registrabilidad (facilitar la inspección y reparación de redes de servicios subterráneas), durabilidad y calidad visual.
En lo relativo a la comodidad, deben considerarse tanto los usos peatonales de viandantes como los cochecitos de niños y sillas de ruedas, que dificilmente soportan texturas rugosas o con estrías pronunciadas. En este sentido, son preferibles texturas lisas. Por el contrario, los materiales rugosos son útiles en zonas accesibles pero por las que el tránsito no es deseable.
La registrabilidad, para el acceso a redes de infraestructura enterradas es siempre necesaria, siendo los pavimentos discontinuos sobre lecho de áridos los tipos más favorables.
De cara a la amenidad visual, la posibilidad de empleo de color es muy positiva en áreas peatonales. Tanto el color como la textura pueden contribuir a marcar zonas de usos diferenciados o a enfatizar la geometria ordenadora del conjunto.
Las cualidades de los materiales más habituales son los siguientes:

• **Mezclas bituminosas.** Cumplen buenas cualidades de comodidad. Requieren encintados de bordillos y, en grandes superficies, su color negro tiene un fuerte impacto visual.

• **Hormigones.** Admiten disposiciones y tratamientos superficiales muy variados dependiendo el resultado final en gran medida de la buena resolución de juntas y bordes y del tratamiento superficial.

• **Adoquines de hormigón** Permiten múltiples operaciones de formas, colores y estructuras. Son más facilmente registrables. Deben evitarse soluciones incómodas por texturas muy acusadas.

• **Losas y losetas.** Presentan una gama de posibilidades muy semejentes al caso anterior, con la ventaja de una mayor variedad de materiales: piedra natural, terrazos, losetas hidráulicas, materiales cerámicos...

1.5 PAVIMENTOS EN BERMAS, ISLETAS Y MEDIANAS NO TRANSITABLES.

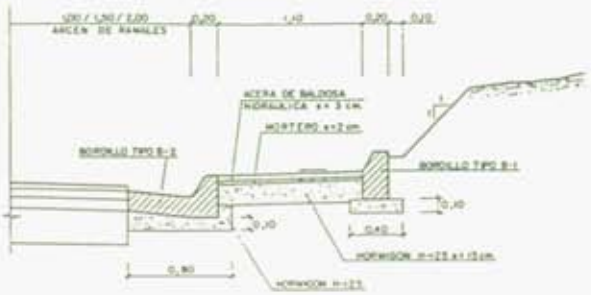
La pavimentación de estos espacios tiene como objeto el acondicionamiento sin mantenimiento de zonas con dificil acceso, la disuasión de tránsitos peatonales peligrosos y la garantía de buena visibilidad para el tráfico.
Los pavimentos más frecuentemente utilizados son los descritos para aceras.
Una solución intermedia eficaz son los pavimentos discontinuos (adoquines, cantos rodados, etc...) con puntos de hierba, prácticamente sin mantenimiento, en los ésta crece de modo estacional y sólo en casos excepcionales requiere operaciones de siega.

2 DRENAJE

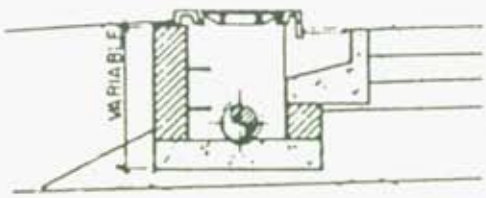
El drenaje resulta normalmente más dificil y costoso en las carreteras urbanas debido al mayor daño potencial que pueden producir los volúmenes de agua a desaguar y la dificultad para instalar sistemas de drenaje superficiales (cunetas) en zonas de cruces de peatones o tramos densamente poblados. No se debe menospreciar el coste del drenaje en las carreteras urbanas. Un diseño cuidadoso reducirá costes tanto de construccion como, muy importante, de mantenimiento.
Sería deseable que en autopistas, autovías y vías rápidas en entornos urbanos densos, el drenaje longitudinal se realizase mediante canalización subterránea.
Las vías arteriales se diseñan en su práctica totalidad con recogida subterránea de pluviales en lugar de

1. Diversas pastillas de firme utilizado en carreteras urbanas.

2.



DETALLE DE ACERAS EN RAMALES DE ENLACES



DETALLE DE ABSORBEDERO CON TUBULAR AL COLECTOR



cunetas. Ello obliga a un dimensionamiento cuidadoso de la red de drenaje, del sistema de arquetas y dimensiones de los sumideros de manera que las escorrentías no ocupen parte de la calzada dificultando la circulación de vehículos.

El recurso a un drenaje no superficial hace necesario el uso de bordillos como elementos de contención del agua. El caz formado entre la calzada y el bordillo puede diseñarse para recoger las aguas de escorrentía entre dos sumideros. Ello se consigue de manera eficaz aumentando ligeramente la inclinación de la pendiente transversal en el borde de la calzada de manera que la escorrentía discurra exclusivamente por el contacto bordillo-pavimento y no se extienda al resto de la calzada. La ubicación del colector y de los sumideros puede mantenerse en el lado interior o en el lado exterior de la calzada, según sea la inclinación del peralte.

Se deberán evitar tapas de sumidero que aumenten la peligrosidad de los automovilistas; en especial, de los motoristas. Tal es el caso de las rejillas de paso amplio.

La pendiente transversal recomendada en calzadas urbanas es del 2%, intentando no superar nunca el 3%. En cualquier tipo de vía se tratará de que la inclinación mínima de la línea de máxima pendiente no sea inferior al 0,5-1% El valor mas bajo se podrá utilizar si se trata de pavimentos de calidad con una buena subbase. En cualquier caso, se deben eliminar o acortar los tramos horizontales o relativamente horizontales[4].

Los pavimentos porosos pueden tener gran aplicación en las carreteras urbanas. Es un tipo de pavimento de muy bajo nivel de ruido cuya aplicación puede ser interesante en entornos residenciales. Alguno de estos pavimentos han presentado problemas de colmatación por lo que se recomienda la realización de estudios detallados antes de su aplicación.

2. Tipos de drenaje: detalles.

3 SEÑALIZACION[5]

•Consideraciones funcionales. Recomendaciones. Para evitar la inflación de señales que lleve a su trivialización es preferible emplear solo las precisas y conseguir así una mejor atención.
En áreas urbanas, evitar la confusión con otros símbolos, la ocultación por la vegetación o por los vehículos aparcados, o la mala visibilidad nocturna por contrastes desfavorables de luz.
Clasificar, agrupando en mástiles únicos, señales de mensajes relacionados.
Utilizar grafismos legibles y homogéneos.
Limitar la señalización privada y la publicidad de actividades junto a la carretera.
Utilizar señalización específica para recorridos peatonales (información de usos de utilidad en el itinerario) evitando interferencias con la señalización para el automóvil.
Establecer una estrecha vinculación entre señalización vertical y horizontal, con objeto de que la información continua suministrada por la señalización horizontal se vea complementada y no entre en contradicción con la vertical.

• Consideraciones estéticas y de implantación.
Es necesario considerar desde un principio la señalización como elemento del paisaje que debe diseñarse de modo homogéneo con todos los demás elementos del proyecto global.
Para ello, puede actuarse sobre los elementos auxiliares de la señalización no sometidos a normativas prefijadas (formas y colores de mástiles y pórticos), jugar con los modos de agrupación de mensajes en familias (haciendo corresponder tipos de soportes característicos para cada tipo de familia) o coordinar la propia señalización con otros elementos de mobiliario urbano, estructuras y báculos de alumbrado.
Como recomendaciones concretas de implantación se citan las siguientes:
• Buscar el apoyo mutuo de la señalización con las estructuras, adaptando la normativa (de distancias mínimas) a cada caso particular y evitando aplicaciones rígidas de la misma, tales como pórticos previos a puentes muy próximos, o detrás de ellos (quedando ocultos).
• Prever en las obras de paso las esperas necesarias para la fijación de paneles y evitar así las malas soluciones a «posteriori».
• Evitar la implantación de pórticos y paneles sobre aceras y vias peatonales (es preferible la utilización de la mediana).
• Mantener, en la señalización ubicada en medianas y maspenes una distancia mínima al arcén, de 0,7 m.

4 ILUMINACION

El alumbrado debe contemplarse, no solamente desde una perspectiva funcional sino también como componente del paisaje urbano. La instalación de alumbrado debe cuidar su adecuación a la escala del lugar y su unidad con el espacio circundante. El diseño del soporte y de la luminaria se realizarán en función del contexto urbano en el que se inserten, como un mobiliario más.
Es consejable que el viario esté iluminado cuando se de alguna de las siguientes[6] circunstancias.

• Altas Intensidades de tráfico. Puede establecerse el umbral a partir del cual es necesaria la iluminación del tronco de la carretera en 30.000 v/d (10.000 v/d en nudos).

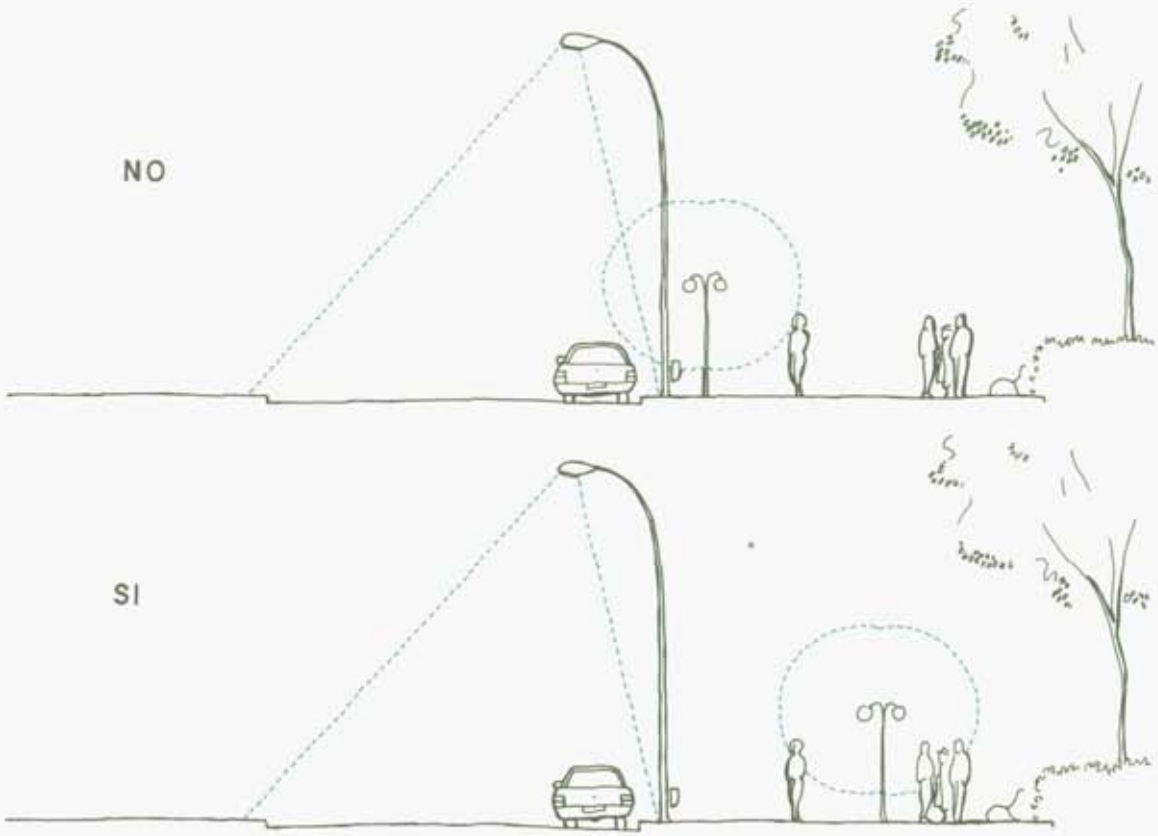
• Multiplicidad de nudos. Cuando existen varios nudos próximos en un tramo de carretera urbana. Como criterio, puede recomendarse la iluminación con distancias entre nudos inferiores a 2 km.

• Carácter del medio urbano atravesado. Se recomienda la iluminación de la carretera en las inmediaciones de áreas residenciales densas, zonas comerciales, allí donde exista una red de calles locales iluminadas, o en tramos de carrretera donde existen cambios en la sección transversal que obliguen a variaciones de la velocidad de los vehículos.

• Accidentes. Allí donde la relación entre accidentes noctuctos y diurnos es superior a una determinada proporción; por ejemplo, 2 (1,5 en nudos).
En las carreteras urbanas es, en cualquier caso, recomendable la iluminación de intersecciones y túneles, así como la previsión de reservas para el cableado de cruces de calzada o en estructuras, precisas para una futura instalación.

• Niveles de iluminación. Las carreteras urbanas deberán tener mejor iluminación que el resto de las calles, debido al posible incremento de la velocidad durante la noche y para permitir la perfecta visibili-

3.



dad entre peatones y conductores. En el cuadro siguiente se incluyen los valores, normal y mínimo, recomendados para la iluminacion de las carreteras en zonas urbanas:

	Normal	Mínimo
Iluminación media (lux)	2.200	1.500
Factor de uniformidad	0,30	0,25

Es importante evitar áreas de fuerte contraste luminoso, tales como entradas y salidas de túneles (tener iluminado noche y día el tunel aunque el exterior esté sin iluminar) o finales bruscos de tramos con alumbrado. Es para ello preciso disponer alumbrados graduales de transición que permitan la acomodación del ojo humano.

• **Implantación.** Las soluciones de implantación axil sobre la mediana, «a priori» más baratas, son desaconsejables por sus problemas de mantenimiento. Son preferibles soluciones laterales por su facilidad de instalación y mantenimiento.

• **Elementos técnicos.** En enlaces y puntos singulares pueden suponer una buena opción las torres con luminarias de gran potencia. En estos casos se requiere un estudio detallado que contemple las sombras arrojadas en estructuras, el rendimiento energético, etc.

En general debe buscarse la utilización de báculos y luminarias adaptados formalmente al medio. En las áreas más urbanas se requieren báculos de altura más reducida (proporcionados a los volúmenes del entorno) con menores separaciones y fuentes de luz de alto rendimiento.

En las áreas mas exigentes, las de usos peatonales y obras de paso, es recomendable el alumbrado a baja altura y de luz blanca (fluorescente), con luminarias continuas. En este caso resulta imprescindible un adecuado nivel de protección contra vandalismo.

Las redes eléctricas más frecuentemente utilizadas son de baja tensión, si bien en vias de gran longitud puede resultar rentable el tendido de redes en media tensión, debiendo estudiarse los costes de instalación y mantenimiento.

• **Recomendaciones prácticas en algunos casos particulares**

• Alumbrado de plantaciones: En estos casos resulta fundamental el realce del colorido. Así, para los diferentes tipos de plantaciones, son deseables tipos

diferentes de fuentes luminosas:
De vapor de mercurio para especies con tonos azulados (pinos, cedros, abetos...)
De vapor de sodio para tonos cálidos (plátanos, plameras, naranjos...)
Incandescentes con color natural para jardines florales.
• Alumbrado de túneles: Para calzadas de tipo medio se requiere niveles de iluminación entre 1.500 y 3.500 lux. Es aconsejable establecer dos periodos diferenciados.
Iluminación de día, con tramos de transición de alumbrado más acusado en embocaduras para evitar contraste.
Iluminación de noche, con régimen reducido y acomodación gradual a los niveles de alumbrado exterior.

5 PLANTACIONES

La integración de las plantaciones en el diseño de la vía pública no debe ser contemplada únicamente como un elemento complementario y adicional. Las funciones que desempeñan, variables segun el tipo de viario y la morfología del paisaje urbano, son lo suficientemente amplias como para merecer un tratamiento de igualdad con otros aspectos integrantes del diseño global del viario.
Se alega frecuentemente el caracter «ornamental» y no «infraestructural» de la jardinería en el viario pero, entre las principales funciones de las plantaciones en el viario se pueden enumerar las siguientes:
• Refuerzo de aspectos funcionales e infraestructurales: subrayado de curvas, apoyo a cambios de alineacion, desviaciones o bifurcaciones, aviso de intersecciones y manifestación de su organización interna (glorietas, enlaces...).
Refuerzo y creación de efectos visuales de la carretera: efectos dinámicos o estáticos, creación o ruptura de perspectivas, modificacion de la sección transversal de la carretera, creando diversos umbrales a escalas o distancias graduales.
• Uso volumétrico de las masas de plantaciones como refuerzo y contraste de los volúmenes de las edificaciones.
• Señalización de puntos singulares (pasos de peatones, paradas..) y protección de los mismos.
• Ocultación de aspectos estéticos negativos.
• Contrastes de forma, textura, volumen y color con otros elementos de diseño, singularmente con la edificación.
• Constitución, en sí mismos, de hitos urbanos singulares.
• Introducción de elementos vivos, de variación estacional, dentro de un marco inerte y duro.
• Creación de barreras de protección contra el ruido, el viento y la contaminación atmosférica.

5.1 RECOMENDACIONES PARA LA APLICACION DE LAS PLANTACIONES

• Mantenimiento de la vegetación preexistente.
Es aconsejable mantener la vegetación asociada a los elementos geográficos y que refuerza la impronta del paisaje, por ejemplo los arbolados de ribera asociados a cauces.
Deben mantenerse las áreas arboladas de interés, potenciándolas o clareándolas si existen vistas de interés más allá de la banda ajardinada.
Deben evitarse los cortes bruscos en áreas boscosas, insertando árboles y arbustos de tamaño progresivo para conseguir un aspecto más natural y evitar los efectos del viento en árboles repentinamente desprotegidos. En prevención de incendios, son eficaces los cortafuegos dispuestos tanto longitudinal-

4.



3. Dos ejemplos de iluminación correcta e incorrecta de aceras.

4. Plantaciones arbustivas en una mediana y glorieta. Carretera de acceso a la margen derecha de Avilés en Asturias.

5.



mente a la carretera como en sentido transversal.

• Recomendaciones generales en nueva implantación. Es fundamental la elección de especies adaptadas a las circunstancias concretas:

- Al clima, tanto al natural como al microclima de la propia carretera.
- Al suelo, con sus condiciones de composición química, granulometría, porosidad, humedad, etc.
- A los índices de contaminación y la consecuente acumulación de polvo y contaminantes sobre las hojas.

Las posibilidades de mantenimiento inmediato y futuro serán un determinante básico en la elección de espécies.

Con cuidado intensivo pueden elegirse especies raras o poco adaptadas que requieren riego y podas o siegas frecuentes.

Con mínimo mantenimiento deben elegirse especies de crecimiento lento y adaptadas al clima, siendo preferibles las dispersiones aleatorias en las que las pérdidas no resultan tan notorias como en las plantaciones regulares.

Como caso extremo de mantenimiento mínimo puede optarse por la regeneración natural. Para ello puede recurrirse a la plantación provisional de plantas colonizadoras en un primer momento, para evitar la erosión del suelo vegetal, permitiendo el posterior crecimiento de las espécies autóctonas.

Debe tenerse siempre presente la compatibilidad de las plantaciones con el drenaje, dotando al terreno de un nivel de drenaje adecuado a las necesidades de agua de las plantaciones, y evitando la implantación de especies que obstruyan los canales de drenaje. En ellos sólo es aconsejable la implantación de herbáceas que, sin impedir el flujo de agua, evitan el arrastre de tierras hacia los sumideros.

Todo esfuerzo de nueva plantación será baldío si desde el propio proyecto no se establece una reserva presupuestaria para la implantación y primer mantenimiento, que garantice el apoyo necesario hasta el momento en que las nuevas plantas sean capaces de sobrevivir de modo autónomo.

• Inplantación en borde de calzada. Proporciona el beneficio de la ocultación de los vehículos y la protección de taludes contra la erosión.

La proximidad a la calzada de los distintos tipos de plantaciones viene limitada por criterios de seguridad. En función de la velocidad de proyecto y de la

solución constructiva que se adopte en el borde de plataforma, la implantación de árboles requiere las siguientes distancias mínimas:
• Fuera de poblado y entornos no edificados: > 9 m.
• En areas urbanas: > 4 m.
• En calles con aceras y aparcamiento: >0,5 m.
En los taludes son recomendables plantaciones de crecimiento rápido, escasas necesidades de agua, y buen sistema radicular.
Para evitar que la erosión se produzca en el periodo inmediato a las obras, son recomendables siembras provisionales sobre lecho de paja.
En función de la pendiente del talud son recomendables diferentes tipos de plantaciones:
• En taludes con pendiente superior a 1/2 son aconsejables plantas tapizantes.
• En taludes con pendiente superior a 1/3 es recomendable la regeneración natural con crecimiento espontáneo de la hierba. En estas pendientes es ya posible el riego mecánico.
Los anteriores datos, válidos para suelos de tipo medio, han de ponderarse en suelos de comportamientos extremos ante la erosión.
En áreas de montaña o clima extremado deben evitarse plantaciones que arrojen sombra sobre zonas propicias al hielo.

• **Implantación en superficies amplias.** Donde el espacio disponible permita la implantación de arbolado en retícula, las distancias que definen esta retícula deben oscilar entre los 4 y 5 m. para árboles de pequeño y medio porte, y los 7 y 8 m para árboles de gran desarrollo.

• **Implantaciones en aceras y bermas.** Si el arbolado se dispone en simple alineación sobre aceras, la plantación debe densificarse algo más para compensar su escasa profundidad.
Los alcorques deben ser dimensionados de modo generoso, y siempre con medidas superiores a 1 x 1m.
Las distancias entre el eje del árbol y el bordillo (en vías urbanas) deben ser de al menos 0,5 a 0,8 m si hay carril de estacionamiento. El retranqueo debe ser superior donde no exista aparcamiento o haya banda ajardinada (mínimo 1,5 a 2 m. según el porte del arbolado).
Las distancias del eje de árbol a la línea de edificación deben siempre ser superiores a:
• 1/2 de la separación entre árboles.
• 1/2 de la altura prevista para el árbol desarrollado.

• **Implantación en isletas y medianas.** La mínima anchura de mediana susceptible de ser ajardinada es de 1,5 m. Son recomendables medianas de al menos 2 m., si se desean ajardinar.
En medianas de anchura superior a 5 m. comienzan a ser posibles soluciones de ajardinado progresivo, con vegetación baja en los bordes y especies progresivamente más altas hacia el centro.
Las isletas son siempre zonas de difícil accesibilidad para mantenimiento, al tiempo que requieren garantía permanente de buena visibilidad. Por ello resulta solamente aconsejable ajardinar isletas con superficie superior a 20 - 30 m^2, y emplear especies tapizantes y vivaces con preferencia sobre las praderas de gramíneas, por su mantenimiento mucho menos exigente.

• **Implantación en glorietas.** En este tipo de intersección las plantaciones pueden tener un importante papel de colaboración a su buen funcionamiento, sirviendo de guia visual a los recorridos de los vehículos, evitando trayectorias peligrosas debidas a un mala lectura del trazado (acceso en curva y pérdida de prioridad en las entradas). Véanse para ello las recomendaciones del capítulo 8.
En este sentido, la opacidad de la isla central rompe la perspectiva en la visión de aproximación e insinúa la circulación rotatoria.
Por seguridad, no deben plantarse árboles en los bordes de la isla central, siendo preferibles disposiciones de altura progresiva desde los bordes hacia el centro.
El caracter, a menudo, de punto fuerte y de referencia que toman las glorietas exige la utilización de plantaciones singulares (especies exóticas o de gran porte y disposiciones geométricas) tanto en la isleta central como enmarcando la corona exterior.
Las plantaciones perimetrales vienen condicionadas por la canalización de los recorridos peatonales

5. Detalle de proyecto con plantaciones en taludes e interior de una glorieta.

basándose en la máxima amenidad y en la disuasión de los cruces peligrosos.

• **Implantación en plazas.** En la secuencia de espacios urbanos, las plazas son puntos de inflexión y, en correspondencia con su carácter, las plantaciones deberán presentar aspectos de continuidad (continuidad de especies dominantes en las alineaciones) y de singularidad (elementos variantes, proporcionando amenidad y dotando de carácter propio).
En este tipo de espacios la vegetación debe sujetarse a las directivas formales de la geometría urbana.
Por ejemplo la vegetación perimetral puede colaborar al efecto de cierre del espacio.

• **Implantación en enlaces.** La colaboración de la vegetación en la funcionalidad de enlaces se muestra en sus facetas de guía visual en curvas y bifurcaciones (enmarcadas por árboles y arbustos), y de garantía de visibilidad en incorporaciones (dejando áreas despejadas de cesped o pequeños arbustos).
La definición de las áreas despejadas en ramales de enlace se realizará atendiendo a los criteriosde visibilidad, expuestos en el Borrador de Instrucción 3.1-IC/90 [8]

• **Recomendaciones sobre plantaciones.** En la ejecución de la obra se retira una capa de suelo vegetal que sería recomendable almacenar, convenientemente recubierto, para su posterior utilización como base de plantaciones, evitando sobrecostos por aportación exterior de este tipo de suelo fértil.
Es recomendable que las excavaciones previas a la plantación sean amplias, por su efecto beneficioso en el crecimiento. Así, para arbustos son recomendables cajas superiores a 0,5 x 0,5m. y en árboles cajas entre 1 x 1 y 3 x 3 m.
En áreas muy pisadas o terrenos claros es conveniente la colocación de rejillas y tubos de aireación del suelo.

5.2 MANTENIMIENTO

Puede distinguirse entre mantenimiento de primer establecimiento y mantenimiento habitual.
El mantenimiento de primer establecimiento debe extenderse hasta los 2 primeros años o el período equivalente de garantía y recepción definitiva de la obra. Es recomendable contratarlo junto con la plantación, incluyendo la reposición de marras.
El mantenimiento habitual debe quedar recogido en un programa plurianual en el que se determinen las podas, temporadas de riego, siega contra incendios, plantaciones de temporada, etc.
El establecimiento de redes de riego automático debe considerarse, de modo especial en áreas muy urbanas y lugares de difícil acceso.

1. Instrucción 6.1-I.C y 6.2-I.C de Carreteras.

2. Por ejemplo. «Normalización de elementos constructivos para obras de urbanización». Ayuntamiento de Madrid.

3. En los viales urbanos, donde la interferencia de las redes de servicios puede ser mayor, es común la aplicación de un firme mixto compuesto de una doble capa de aglomerado bituminoso en caliente sobre base de hormigón en masa.

4. Como ejemplo, cabe citar los puntos desfavorables de drenaje ubicados en los vértices inferiores del perfil longitudinal, cuando éste coincide con un punto de inflexión del trazado en planta (peralte transversal 0).

5. Para la señalización vertical, se recomienda la utilización de la Instrucción Provisional 8.1-IC.

6. Los criterios e indicadores seguidos pueden encontrarse en la publicación: I.395/I.66 «Trafic management system. Phase 1 Report», Commonwealth of Virginia. Department of Highways and Transport. Julio 1979.

7. Se recomienda la consulta de la publicación «Catálogo de especies vegetales a utilizar en plantaciones de carreteras». Dirección Gral. de Carreteras. MOPT. 1990.

8. Borrador de Instrucción 3.1-IC/90. Ap. 5.3.2.

D

TRATAMIENTO DEL IMPACTO AMBIENTAL

11. RUIDO

La rodadura de un vehículo, las explosiones del carburante, las vibraciones producidas por los motores y su mecánica interna constituyen una importante fuente de ruido en la ciudad. El aire y los objetos naturales o artificiales asentados sobre el terreno constituyen el medio de transmisión del ruido. Por último, el oído humano toma el papel de receptor en este ciclo de transmisión energética.

El conocimiento del problema global del ruido producido por los vehículos en la ciudad es una premisa básica para tomar decisiones en el diseño de las carreteras urbanas.

1 NUEVAS CARRETERAS URBANAS. NIVELES DE RUIDO

Los niveles de ruido producido por el tráfico que circula por una carretera urbana pueden obtenerse por dos caminos distintos y complementarios[1]:

- Por un lado, modelos teóricos que permitan pronosticar niveles de ruido en función de datos de tráfico y de las características geométricas de la carretera (estos modelos son de gran utilidad en el estudio de previsiones en carreteras de nueva construcción). En el anejo al capítulo se presenta, simplificado, uno de estos métodos de cálculo del nivel de ruido.
- Por otro lado, en las carreteras existentes por las que circulan vehículos, será necesario realizar mediciones sistemáticas en puntos escogidos que permitan obtener un conocimiento real y la verificación de los valores obtenidos con aproximaciones teóricas, siempre simplificadoras.

El nivel de ruido es indicador de la presión sonora sobre el oído. Su formulación más general (el Decibelio: dB) es una función logarítmica de la presión sonora, cuya forma es la siguiente:

$$\text{Nivel Pres. Sonora} = 20 \text{ Log } \frac{P}{Po}$$

donde:

P es la presión sonora del sonido medido

Po es la presión sonora de referencia

Es de hacer notar que, al tratarse de una función logarítmica, los aumentos de la presión sonora no son linealmente proporcionales a los niveles de ruido.

La unidad de medida del nivel de ruido variable con el tiempo, comunmente aceptada en mediciones de las emisiones de los vehículos que circulan por una carretera, es el Nivel Sonoro Continuo Equivalente (Leq). Esta magnitud es la más adecuada como escala de medida de la exposición prolongada al ruido variable. Representa el nivel de ruido constante que, en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total que el ruido fluctuante que se ha medido[2].

El Nivel Sonoro Continuo Equivalente (Leq) es ponderado con la escala A, la que mejor tiene en cuenta el comportamiento del oído humano a los diferentes espectros de frecuencia que constituyen el ruido.

Eventualmente, para el estudio de las variaciones temporales de ruido, pueden utilizarse complementariamente otras medidas del nivel de ruido, como el L10[3] y otros niveles estadísticos.

1.1 Estudio de las fuentes de ruido

Podemos establecer pronósticos o estimaciones de los niveles de ruido a partir de los datos de tráfico, existentes o previstos, y de la geometría del viario.
Las fuentes de ruido de la circulación viaria son, principalmente, dos:

- El motor de explosión del vehículo, factor principal a bajas velocidades (por debajo de 80 km/h). Al ruido del motor cabe añadir otros ruidos producidos por los vehículos y cuyo carácter no es continuo, como las bocinas, frenazos, etc...
- La rodadura del vehículo sobre la calzada. Este ruido empieza a ser importante en la circulación con velocidades por encima de 80 km/h y predominante, por encima de los 110 km/h.

En el funcionamiento del motor de los vehículos y en la rodadura de los neumáticos, la infraestructura tiene un papel importante:

- El trazado, en especial el perfil longitudinal (longitud e inclinación de las rampas) influye notablemente en el nivel de ruido emitido por los vehículos, en especial los vehículos pesados.
- La existencia de intersecciones, que representan detenciones en el tráfico, es, asimismo, un factor a tener en cuenta en el cálculo del nivel de ruido.
- Por último, el tipo de pavimento es un factor clave en la determinación del nivel de ruido producido por la rodadura del vehículo.

1.2 El medio de difusion

El aire es el medio difusor más general del ruido producido por los vehículos. La sección transversal y el tipo de alineaciones en sus márgenes son datos imprescindibles para conocer su nivel en un determinado entorno. A ellos habrá que incorporar la intensidad de tráfico y su composición como parámetros relevantes de las fuentes de ruido.
En función de la manera en que se transmite el ruido, el entorno inmediato a una carretera urbana puede ser de dos tipos:

- Vías en U, (con edificación en ambos márgenes y cuando la relación Altura de edificación /Anchura entre alineaciones >0,2).

Las vías en U tienden a las condiciones acústicas de un campo difuso debido a la importancia de las reflexiones de las ondas acústicas.

- Alineaciones abiertas (cuando H/A<0,2).

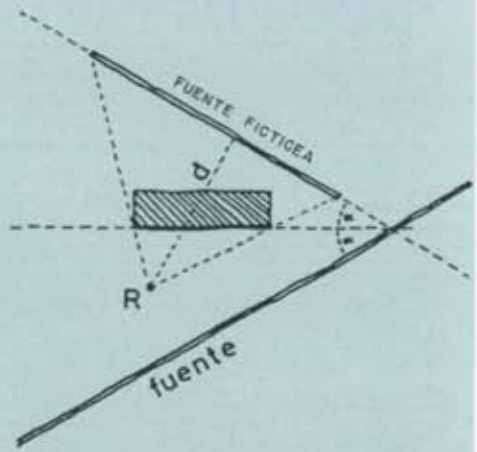
Las vías en tejido abierto tienden a las condiciones de un campo directo (recepción directa de las ondas sonoras, sin fenómenos de reflexión), siendo en este caso fundamental el factor distancia.

1.3 Niveles admisibles de ruido

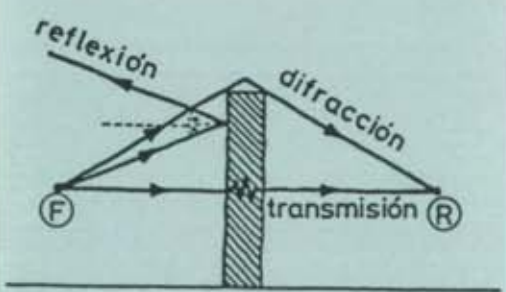
Los efectos perjudiciales derivados de los altos niveles de ruido, al que pueden estar expuestos personas individuales o colectivos, obligan a establecer limitaciones que pueden referirse, por un lado, al nivel de emisión de la fuente; es decir, el vehículo. La regulación de estos límites se realiza, en este caso, por organismos no directamente relacionados con la construcción de carreteras (por ejemplo, el Ministerio de Industria y Energía), que tienen capacidad de establecer normas de obligado cumplimiento sobre las características sonoras de los vehículos y accesorios que se fabrican.
Por otro lado, el nivel de ruido puede medirse, no en la fuente sino a una distancia dada de la misma. Desde la perspectiva del planeamiento y proyecto de carreteras, son estas las mediciones que tienen mayor interés. No existe una norma legal que fije los niveles de ruido admisibles en las fachadas de las viviendas ubicadas en los márgenes de la carretera. Como orientación, se adjunta una relación de los niveles de ruido máximos admisibles, según recomendaciones establecidas en el Simposio celebrado por la A.I.P.C.R. en S. Sebastián, sobre el tema.

• Niveles máximos para nuevas construcciones (Medidos a 2m de la pared exterior de los edificios)	
Zonas Residenciales	
Leq (7 h a 23 h)	65 dB(A)
Leq (23 h a 7 h)	55 dB(A)
Zonas de Enseñanza y Hospitales	
Leq (7 h a 23 h)	55 dB(A)
Leq (23 h a 7 h)	45 dB(A)
Zonas Comerciales e Industriales	
Leq (7 h a 23 h)	75 dB(A)
Leq (23 h a 7 h)	75 dB(A)
• Niveles máximos para construcciones existentes. *Los anteriores aumentados en 10 dB(A)*	

1.

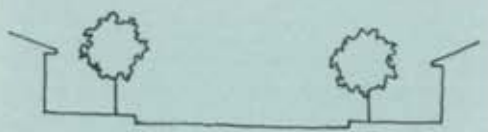


EVALUACION DE LA REFLEXION EN OBJETOS DEL ENTORNO
(REFLEXION EQUIVALENTE A FUENTE FICTICEA SIMETRICA DE LA REAL)

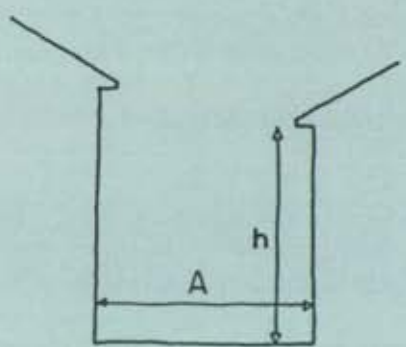


FORMAS DE DIFUSION DEL RUIDO

2.



SECCION ABIERTA



SECCION EN U

PROPORCION DE LA SECCION TRANSVERSAL

2 Efectos socio-economicos del ruido

Múltiples encuestas realizadas en los últimos años en varios paises europeos muestran que un importante porcentaje de la población se ve afectado por las molestias del ruido generado por el tráfico.

Estas molestias se traducen en dificultades para el descanso o la comunicación en las viviendas por el alto ruido de fondo[4], incomodidad psíquica general, disminución del rendimiento laboral y,en último extremo, perjuicios a la salud al verse mermadas las facultades auditivas tras exposición continuada a altos niveles de ruido.

Las molestias citadas anteriormente se traducen en efectos económicos directos o indirectos: pérdidas económicas por disminución del rendimiento laboral, por depreciación de terrenos e inmuebles afectados por el ruido viario y, naturalmente, gastos derivados de la protección contra el ruido (gastos particulares en aislamiento acústico de las edificaciones y gastos públicos en protecciones acústicas en carreteras tales como diques de tierra, pantallas acústicas, arbolado o cubrimiento de la carretera), que son en sí referencias de la valoración económica de sus perjuicios y, como tales, suelen ser incluidos en las evaluaciones multicriterio o del tipo coste/beneficio del proyecto.

3 Medidas para paliar el efecto del ruido. Actuaciones sobre la fuente

3.1 Sobre los vehiculos

Una medida básica, que queda fuera del alcance de estas recomendaciones, es la reducción de niveles de ruido emitido por los vehículos, tanto mediante progresos de investigación en el campo de la mecánica como mediante la instalación de equipos reductores de la emisión de ruidos. Son interesantes en este sentido, las experiencias británicas con ayuda pública[5] que ha intentado conseguir, para 1990, unos niveles de ruido en camiones inferiores en un 50% a los conseguidos en 1981.

En esta estrategia es básica la investigación sobre motores y escapes más silenciosos; en especial, en el caso de vehículos pesados, causantes de una parte importante del ruido producido por el tráfico.

El tipo de neumático es otro de los elementos a tener en cuenta. Se han realizado múltiples investigaciones según las cuales son, en general, menos ruidosos los neumáticos con acanaladuras longitudinales y todos aquellos que faciliten un buen desalojo de la lámina de agua (es muy importante el aumento de ruido de rodadura sobre pavimentos mojados). Sin embargo, parte de estas características son contraproducentes de cara a la seguridad y la economía, por lo que, como se verá más adelante, se deja al tipo de pavimento toda la responsabilidad en la reducción del ruido de rodaduras.

3.2 Actuaciones sobre la infraestructura

Los pavimentos deben hacer compatible la seguridad y economía conseguidas con una alta rugosidad, por un lado, y el bajo índice de ruido conseguido, en general, con pavimentos de superficies muy lisas (lo cual es en principio contradictorio con una mayor seguridad).

En los últimos años se han venido aplicando pavimentos bituminosos porosos o de textura abierta que presentan las siguientes ventajas:

- Una buena adherencia especialmente por su capacidad drenante que colabora además a la reducción del ruido sobre piso mojado.
- Una superficie acústicamente absorbente que no refleja el ruido emitido por los vehículos.
- Una considerable reducción del ruido de rodadura que puede oscilar entre 3 dB(A) para vehículos pesados y 4 dB(A) para vehículos ligeros, con espesores mínimos de 40 mm.

Como apoyo a un pavimento de bajo nivel de ruido, la carretera debe tener un trazado que evite fuertes aceleraciones y deceleraciones bruscas. Asimismo, deben evitarse fuertes rampas (de especial

1. Sistemas de difusión del ruido.

2. Secciones de calzada: abierta y perfil en «U».

influencia en el ruido generado por vehículos pesados) e interrupciones por cruces, estrechamientos, informaciones confusas o cualquier otro tipo de obstáculo.
En el caso de las vías arteriales, los problemas de ruido se ven agudizados por las detenciones en las intersecciones y una semaforización incorrecta que obligue a los vehículos a constantes paradas.

3.3 Medidas de ordenacion y regulacion de la circulacion

Dejando de lado las medidas de planeamiento viario tendentes a buscar itinerarios alternativos a los vehículos, medidas que no se incluyen propiamente en las acciones de protección contra el ruido, las principales actuaciones de regulación de tráfico se dirigen hacia la consecución de dos objetivos: en primer lugar, una mayor fluidez, evitando detenciones producidas por las intersecciones y la congestión. En segundo lugar, hacia la reducción de las velocidades de los vehículos.
La reducción de la velocidad es un medio importante para conseguir reducciones de los niveles de ruido en las carreteras urbanas. Pueden llegarse a resultados óptimos en torno a velocidades de 60 km/h. Por debajo de esta velocidad pueden darse aumentos del nivel de ruido al utilizar los vehículos marchas más cortas y mantener el motor más revolucionado.
En otro capítulo se ha hecho referencia a las medidas adecuadas para conseguir una reducción de la velocidad. Cabe indicar que una eficaz regulación de la velocidad de los vehículos necesitará apoyarse generalmente en actuaciones infraestructurales (trazados sinuosos, modificaciones de la sección transversal, señalización, etc...).
Algunas medidas de control de la velocidad pueden tener efectos negativos en el nivel de ruido. Por ejemplo, la semaforización de las intersecciones de una carretera urbana puede ocasionar frecuentes detenciones y, a la larga, incrementar el nivel de ruido en la calzada.

4 Medidas para reducir los niveles de ruido. Actuaciones sobre el entorno de la carretera

Existe una amplia gama de medidas para reducir los niveles de ruido producido por el tráfico en su entono inmediato. A continuación se describen algunas de ellas, empezando por aquellas cuyo efecto en la amortiguación es menor pero mayor su integración estética.

4.1 Utilizacion de vegetacion

El efecto que respecto a la reducción del ruido se consigue con la vegetación es más psicológico que real, suavizando la presencia visual de la vía. Sólo con grandes masas (espesores superiores a los 30 m.) y vegetación densa se pueden conseguir resultados apreciables de amortiguación sonora.
La vegetación tiene un carácter levemente absorbente y sobre todo difusor, lo cual aumenta la capacidad de amortiguación propia del aire y facilita la colaboración de los suelos absorbentes.
A la altura humana, la vegetación amortigua la transmisión directa a través de la masa y la reflexión del suelo mientras que, a mayores alturas y según el porte del arbolado y la proximidad a la calzada, la transmisión del ruido tenderá a ser directa.
Existen multitud de datos bastante divergentes en torno a la capacidad de amortiguación del ruido por la vegetación. En cualquier caso, se pueden estimar como datos de referencia que, para espesores de 30 m de arbolado, se pueden conseguir atenuaciones de 3 a 4,5 dB(A) a la altura del hombre.
Cada grupo de especies vegetales presenta diferentes respuestas de amortiguación acústica; así, el arbolado atenúa el efecto del ruido de manera apreciable en las frecuencias mas bajas, mientras la vegetación arbustiva es más eficaz en medias y altas frecuencias. Es por ello conveniente, en cualquier caso, la utilización de caracteres mezclados, teniendo además en cuenta las condiciones de estacionalidad y tiempo de crecimiento que puedan dejar períodos de desprotección.
El carácter poroso del suelo es básico en el efecto combinado en el que éste aporta su carácter absorbente (especialmente en bajas frecuencias).
Reconocidas las limitaciones del uso de la vegetación como protección contra el ruido, es conveniente destacar las ventajas de su utilización combi-

nada con otros medios de amortiguación del ruido. La vegetación aporta sus mejores cualidades paisajísticas al tiempo que su carácter difusor mientras los otros medios aportan sus mejores capacidades de reflexión o absorción acústica.
Así se demuestra que, utilizando adecuadamente vegetación sobre taludes, se consiguen amortiguaciones adicionales del orden de 3,5 dB(A), al tiempo que una mejor tolerancia visual (característica aplicable a la combinación con muros, pantallas, etc...)

4.2 Utilizacion de diques de tierra

Los diques de tierra se utilizan como barrera longitudinal de protección. En ellos, la altura pasa a ser su principal característica definitoria, obteniéndose resultados semejantes a los conseguidos con pantallas acústicas de gran masa y altura similar a la máxima del dique.
Es importante la resolución de las discontinuidades de los diques de tierra, adoptando soluciones de solape similares a las utilizadas en pantallas. De esta manera se evitan pérdidas de protección importantes en las zonas de abertura del dique.
Las lomas, generalmente acondicionadas con vegetación, son lugares atractivos para juego de niños, etc... pero peligrosos por su proximidad a la carretera, por lo que deben ser protegidos con cerramientos (cuidando siempre la no intrusión visual y situando la valla fuera del perfil visto desde el nivel del suelo).
La implantación del arbolado en las partes más bajas aminora el efecto de barrera visual y superpone los efectos ventajosos de ambas intervenciones. Otra solución mixta es la utilización conjunta de diques de tierra y muros, que permite soluciones en secciones con márgenes estrechos y no llegan a tener el impacto visual de las pantallas.

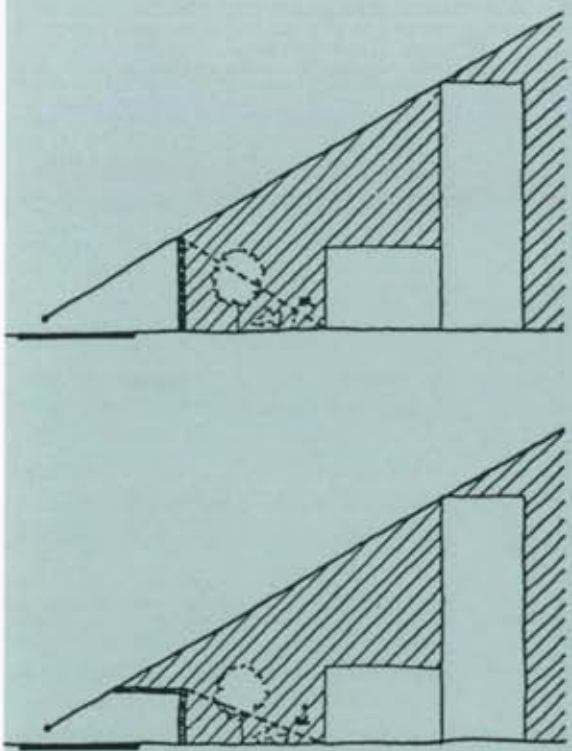
4.3 Utilizacion de pantallas acusticas: criterios generales

Las pantallas acústicas constituyen objetos diseñados especialmente para reducir los efectos del ruido allí donde la falta de espacio impida otros tratamientos más extensivos, basados en barreras de tierra o plantaciones.
El índice de amortiguación define la capacidad de la masa de la pantalla para amortiguar el ruido por transmisión. Quedará de este modo una zona de sombra, tras la pantalla, donde se impida la transmisión directa del sonido.
A sotavento de la pantalla incidirá, además, el ruido transmitido por difracción (difuso), mientras que del lado del vial aparecerán los efectos de la reflexión de la pantalla.

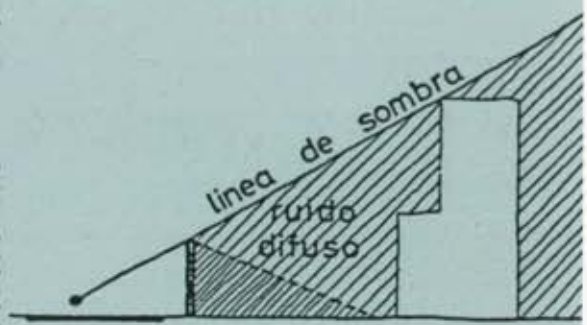
• **Acústica y características constructivas.** La distancia de la pantalla a la fuente deberá ser la menor posible (dará una máxima área de sombra) situándose a la mínima distancia de seguridad del borde de la plataforma o en continuidad con el muro de contención, si existe, en carreteras deprimidas.
La altura de la pantalla quedará definida por la necesidad de dejar toda la edificación y espacios públicos a proteger en zona de sombra. En cualquier caso no son eficaces alturas inferiores a 1 m ni visualmente admisibles alturas superiores a 4 m. En caso de ser precisas alturas superiores a 4 m, debe recurrirse a coberturas parciales que faciliten el mismo efecto con un menor ángulo de intrusión visual.
La longitud necesaria para proteger una zona debe prolongarse, por ser una fuente lineal, entre 150 y 250 m antes y después de la zona, salvo que se recurra a formas convexas envolventes.
La estanqueidad debe quedar garantizada, resolviéndose las interrupciones con pantallas paralelas solapadas.
Los extremos deben resolverse con formas graduales en cuña o escalonados que eviten efectos de incidencia brusca del viento sobre los vehículos o del ruido sobre la zona.
Debe cuidarse especialmente el efecto de las reflexiones, que puede provocar canalizaciones desfavorables del flujo de ruido y acumulaciones, en el caso de pantallas paralelas, que mermen su efectividad. Tanto los materiales absorbentes como las soluciones de planos inclinados pueden compensar este efecto.
Por situarse próximas a la calzada, las pantallas deben tener un buen comportamiento ante la posibilidad de choques. Por un lado, el papel de protección puede quedar resuelto con barreras previas o ser asumido por la propia pantalla si se la dota de características resistentes y, en cualquier caso, debe garantizarse que, en caso de ser afectada la pantalla, no romperá arrojando fragmentos peligrosos al entorno.
Debe considerarse en cada proyecto de pantalla el efecto que producirá en la canalización del viento, la posible acumulación de nieve o la formación de hielo facilitada por su sombra, si las condiciones climáticas así lo justifican.
Los materiales serán siempre durables, de buen com-

3.

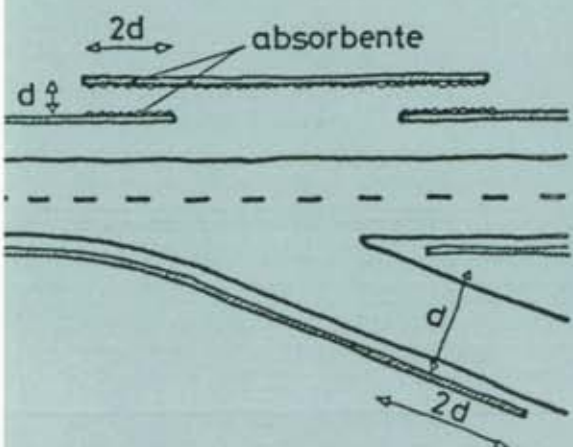
AREAS DE SOMBRA Y DIFRACCION EN PANTALLAS



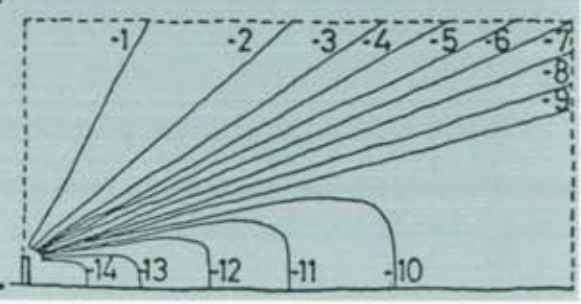
AREAS DE SOMBRA TOTAL Y DE RUIDO DIFUSO TRAS UNA PANTALLA



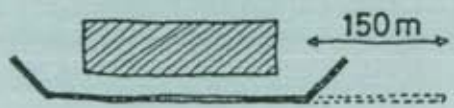
SOLAPES MINIMOS EN DISCONTINUIDADES DE LA PANTALLA



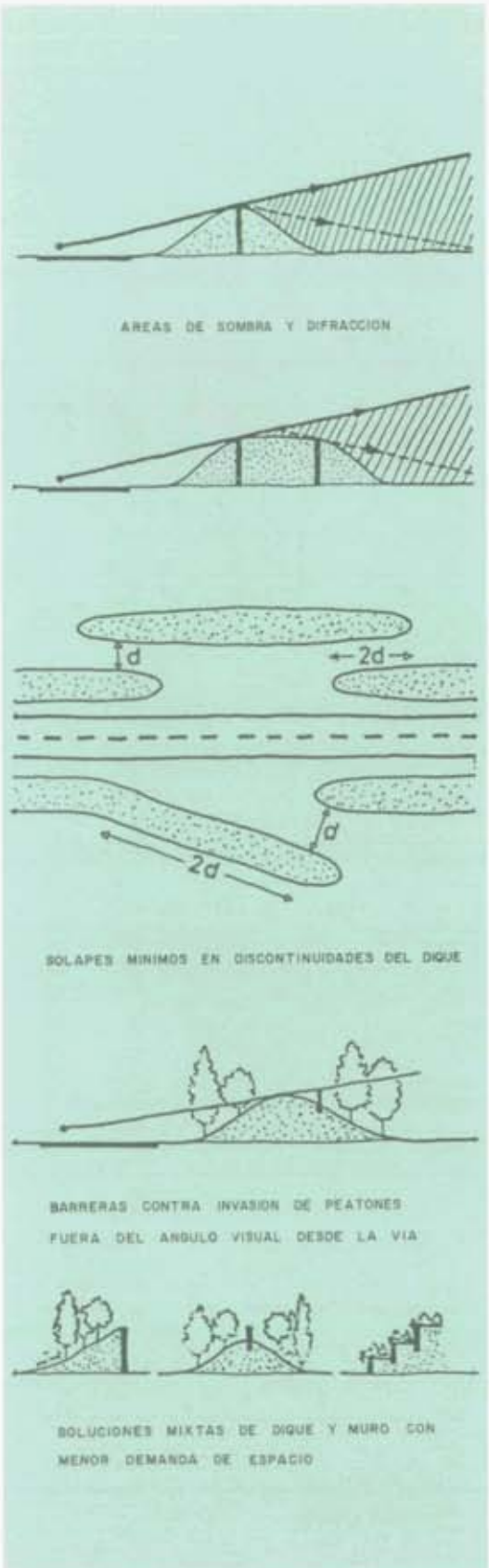
DISTRIBUCION ORIENTATIVA DE LINEAS ISOFONAS AL EXTERIOR DE UNA PANTALLA



LONGITUDES DE MARGEN EN PANTALLAS DE PROTECCION DE ELEMENTOS AISLADOS



4



portamiento a la intemperie y fácil mantenimiento.

• **Impacto visual.** La instalación de una pantalla acústica presenta un doble problema: la resolución del aislamiento del ruido y la minimización del impacto visual causado por la pantalla.
La pantalla supone un obstáculo visual para el entorno y restringe las vistas hacia los márgenes de la carretera. El proyecto de instalación de pantallas acústicas deberá evaluar el valor de las posibles vistas laterales y hacer mínima esta intrusión, cuando así se justifique. De todos modos, es importante diseñar la pantalla de forma que tenga amenidad propia con colores, texturas distintas o jardineras, que eviten el efecto monótono de un cerramiento opaco y continuo.

4.4 Tipo de pantallas y caracteristicas

A. Pantallas reflectantes:

• **Pantallas de hormigón**[5]. Pueden ser estructuras prefabricadas o elaboradas «in situ» . Para densidades de 30 kg. /m^2 se obtiene un índice de amortiguación en transmisión R>22 dB(A). Su uso queda condicionado por las posibilidades de cimentación, siendo admisibles costes de ésta entre el 30 y 50% del total. Admiten múltiples acabados en color y textura.

• **Pantallas de madera de alta densidad.** Sobre estructuras portantes de madera o perfiles metálicos (lo segundo siempre que la altura supere los 3 ó 4 m.). Paneles formados por planchas de 15 a 20 cm y más de 30 mm de espesor, con alturas hasta 3 - 4 m. Para espesores de 40 mm, el coeficiente de reducción del nivel de ruido puede llegar a ser R=25- 28 dB(A).

• **Pantallas de madera inyectada.** Protegida contra la intemperie y los insectos xilófagos. Cons-

3. Disposición y principios de funcionamiento de las pantallas antiruido.

4. Disposición en planta y alzado de barreras de tierra.

5.



6.



7.



8.



tituída por paneles prefabricados de 2 a 4 m^2.

• **Pantallas metálicas reflectantes.** Doble lámina perfilada y protegida contra la intemperie con cámara de aire central sobre soportes separados hasta 6 m. Para pesos de 30 a 40 kg/m^2, valores de reducción «R» entre 26 y 28 dB(A).

• **Pantallas de planchas metálicas hincables.** Planchas modulares plegadas y con sistema de ensamblaje lateral con anchuras entre 36 y 60 cm. y espesores de 5 a 10 mm. Se hincan periódicamente en el suelo y no precisan cimentación. Pesos de 70 a 100 kg/m^2. Acabados en pinturas o mortero proyectado.

B. Pantallas absorbentes:

• **Pantallas de arcilla porosa.** Material poroso cerámico de textura y color variable. Tratable contra la humedad. Placas de 50 x 50 a 80 cm. sobre paneles portantes de acero u hormigón, con pesos de unos 50 kg/m^2. Indice de amortiguación R>22 dB(A).

• **Pantallas de ladrillo.** Ladrillos perforados y con rellenos fibrosos absorbentes. Pueden ser autoportantes o paneles sobre estructura portante.

• **Pantallas de hormigón poroso o cubiertas con hormigón poroso.**

• **Pantallas de paneles metálicos compuestos.** Paneles compuestos por un panel resistente, un intersticio conteniendo material fibroso absorbente y un panel metálico perforado de protección. Estructura portante de madera, acero u hormigón. Son fáciles de manejo y puesta en obra. Indice de amortiguación R>22 dB(A).

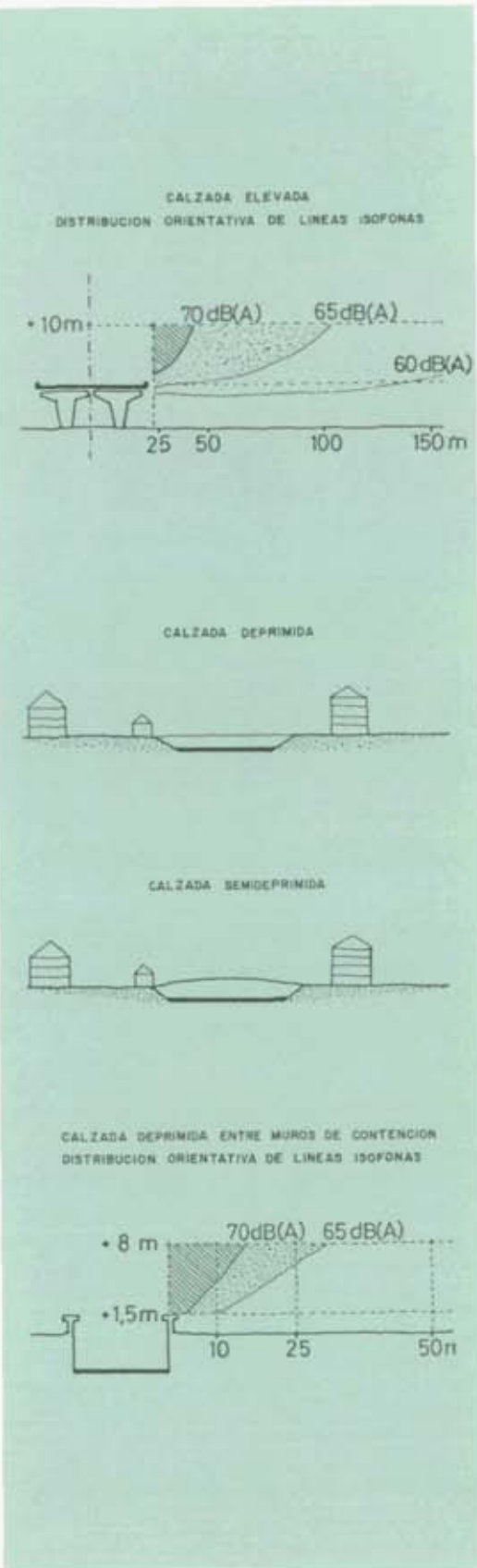
5. Pantalla de hormigón reflectante protegida con barrera rígida.

6. Pantalla de aluminio absorbente sobre talud.

7. Pantalla transparente de policarbonato con zócalo de aluminio absorbente, protegida por barrera metálica.

8. Muro jardinera de módulos de hormigón prefabricado autorresistente.

9.



• **Pantallas en madera absorbentes.** De similar composición a las anteriores sustituyéndose los paneles metálicos por otros de madera.

C. Pantallas con permeabilidad visual:

• **Pantallas en vidrio (reflectantes)**. Láminas de vidrio normal, armado, templado o laminado en dimensiones de 1,15 a 2,00 x 1,12 a 1,94 con espesores de 1 a 1,2 cm. Sobre estructuras portantes de aluminio, acero u hormigón. Indice de amortiguación R>22 dB(A).

• **Pantallas en plásticos transparentes.**

• Láminas de policarbonato (estándar o anti-abrasión)
Características: Buena resistencia al choque, resistencia a la intemperie, buena visibilidad y coste elevado.

• Láminas de metacrilato
Características: Buena resistencia al choque, sensibilidad a los cambios de temperatura, menor transparencia, menor coste.

Las estructuras portantes de apoyo son de aluminio, acero, madera u hormigón

Para pesos en torno a 10-14 kg/m^2, índice de amortiguación R=22 a 26 dB(A)

D. Pantallas de seguridad:

Pueden ser absorbentes o reflectantes y proceden de la adición de propiedades resistentes a los sistemas convencionales.

4.5 Aminoracion de impactos de ruido con soluciones de calzadas a distinto nivel

• **Calzadas elevadas.** En estas soluciones se aminora el nivel de ruido por debajo de la calzada, hasta una distancia determinada. Estas soluciones

9. Difusión del ruido según el perfil transversal de una calzada.

minimizan, además, el efecto barrera a cambio de costes elevados de construcción.

• **Calzadas deprimidas.** Permiten el efecto combinado de la vegetación con resultados semejantes a los diques de tierra (reducciones en el entorno próximo de 6 a 8 dB(A)). Su intrusión visual es mínima, facilita los cruces a desnivel y su coste es medio. Por el contrario, el consumo de espacio es superior a otras soluciones y precisa de costes adicionales de compensación del efecto barrera en las comunicaciones transversales.

• **Calzadas deprimidas con muros.** No son recomendables muros con superficie reflectante del ruido. La disminución del nivel de ruido es pequeña con profundidades de calzada entre 3 y 9 m. por el efecto de reflexión de las ondas sonoras en los muros. Este efecto contraproducente puede compensarse con superficies absorbentes que cubran los muros de la carretera. Los paneles absorbentes deben situarse a partir de 1,5 m. de altura, por ser este primer tramo poco efectivo y de difícil conservación. Otras soluciones para evitar la reflexión es la de disponer las pantallas ligeramente inclinadas (aproximadamente, 15 grados) o construir un muro en la mediana que apantalle la emisión de la calzada contraria. Es igualmente efectivo el estrechamiento de la apertura superior del tajo (en perjuicio de los niveles de ruido sobre la propia calzada).
Este tipo de solución reduce la ocupación de suelo a costa de dar al conductor un aspecto de la vía más duro. Presenta una escasa intrusión visual exterior y una compensación más fácil del efecto barrera. Su coste es medio-alto.

• **Calzadas en túnel artificial.** Admiten soluciones graduales, desde las coberturas ligeras en celosía abierta, que filtran el efecto del ruido y permiten luz y ventilación natural, hasta coberturas con estructura pesada y totalmente cerradas que requieren luz y ventilación artificial, permitiendo a cambio el uso de la superficie exterior de la cobertura.
En cualquier caso, se trata de una solución de elevado coste, utilizable únicamente en entornos muy exigentes o donde el perjuicio económico de la nueva actuación sea superior al coste de la protección.
Cualquiera de estas soluciones requiere tratamientos de superficies absorbentes, pues se dan aumentos de los niveles de ruido en el interior entre 4 y 10 dB(A). Los problemas de reflexión son especialmente importantes en entradas y salidas, añadiéndose en ellos el efecto de contraste instantáneo de niveles acústicos.

4.6 Anejo: Calculo de los niveles de ruido

Existen numerosísimos métodos para el cálculo teórico de los niveles del ruido producido por el tráfico en una carretera desarrollados principalmente en Francia (CETUR), Estados Unidos (TRB), Alemania y Gran Bretaña. Todos ellos establecen para vías en U y abiertas una formulación completa de factores que influyen en el nivel de ruido (introduciendo valores de absorción, emisión particularizada de vehículos, etc.) cuyo resultado final es la estimación de este nivel en las fachadas colindantes a la carretera.
La mayor parte de los modelos de medición obtienen como resultado los niveles a cierta distancia y altura del borde de la calzada. Se intenta con ello simular los efectos en los peatones y sobre las viviendas ubicadas en las márgenes de la carretera. Como se ha apuntado anteriormente, el indicador usualmente aceptado del nivel de ruido es el Nivel Sonoro Contínuo Equivalente (Leq), indicador que será calculado en el método que se expone a continuación.
La metodología descrita, a modo de ejemplo, está desarrollada en la publicación francesa «Bruit et formes urbaines»[7]. Se ha elegido esta metodología por tratarse de una publicación de no difícil adquisición y consulta. Hubiera sido nuestro deseo utilizar métodos simplificados de cálculo del nivel de ruido, editados en publicaciones españolas pero ello no ha sido posible por no encontrar métodos satisfactorios o por ser éstos incompletos. El presentar este método francés, no quiere decir que se recomiende su uso exclusivo, ya que existen otros igualmente válidos. El cálculo de los niveles de ruido requiere, a menudo, modelos complejos y calibraciones con datos reales. En cualquier caso, es necesario realizar un estudio completo del tramo de carretera y de su entorno, y aplicar el modelo más conveniente a los objetivos que se persiguen.
Los datos de partida del método expuesto, para conocer el nivel de ruido en un punto determinado de los bordes de la carretera son los siguientes:
• Tráfico Medio Horario de vehículos ligeros y pesados (IHL, IHP)
• Velocidades medias de recorrido, en Km/h (V)
• Distancia del borde de la calzada al receptor (d)
• Anchura de calzada (A_c)

• Angulo vertical del receptor con respecto a la calzada (i)
• Anchura entre alineaciones de fachada (A_f)
• E = equivalencia acústica entre vehículos ligeros y pesados (ver cuadro)

El Nivel Sonoro Contínuo Equivalente Horario (Leq h) se calcula a partir de la expresión siguiente:

A) Areas abiertas; es decir, sin edificaciones continuas consolidadas a uno u otro la de la vía.
Leq = 20 + 10Log (IHL + ExIHP) + 20Log V - 12Log (d + Ac/3) + 10Log i/180

B) Areas cerradas, con edificación consolidada y continua en sus márgenes
Leq = 55 + 10Log (IHL + E x IHP) - 10Log A_f $+K_v + K_h + K_r$ + [Leq_I]

Factores de corrección:
• Si el pavimento está adoquinado se suma + 5 dB(A); si se trata de un pavimento continuo rugoso, se suma + 2 dB(A)

• K_h = factor de corrección por la altura del punto receptor:

$K_h = -2\ (h-4)/A_f$
h = Altura del punto receptor respecto de la vía

• K_v = factor de corrección por velocidad
Añadir 1 dB(A) por cada 10 Km./h por encima de 60 Km./h
Por debajo de esta velocidad, el factor K_v es 0

• Kr = factor de corrección por rampa de la vía
Puede omitirse si el factor de equivalencia acústica entre vehículos ligeros y pesados se ha realizado atendiendo a la inclinación de la rampa existente.
En otro caso, emplear como aproximación la fórmula $K_r = 0{,}3xp$
p: pendiente en %

• Leq_I = factor de corrección por la existencia de calzadas transversales
En las inmediaciones de una intersección es necesario tener en cuenta el nivel sonoro de la o las vías transversales. No es éste un factor que se sume directamente en Decibelios al nivel de ruido de la calzada principal ya que el nivel resultante del ruido corresponderá a la presión suma de los distintos ruidos, cuya plasmación en Decibelios debe tener en cuenta la escala logarítmica en la que éstos se miden.
El nivel de ruido debido la calzada transversal, calculado por las fórmulas anteriores, debe ser corregido en función de la distancia del receptor a la misma, según la fórmula
$L_1 = L_2 - (3 + 0{,}1\ d_2)$, siendo:
L_2 el nivel sonoro de la vía transversal.
d_2 distancia del receptor a la intersección
El nivel sonoro final (Leq) que soporta el receptor será:
Leq_I: 10 log $10^{Li/10}$

EQUIVALENCIA DE VEHICULOS LIGEROS Y PESADOS, A EFECTOS DEL RUIDO

Tipo de vía	Valor de la pendiente				
	≤ 2%	2 a 3%	3 a 4%	4 a 6%	> 6%
Autopista y autovía	E= 4	5	5	6	6
Vía arterial (v: 80 Km/h)	7	9	10	11	12
Vía arterial (v: ≤ 60 Km/h)	10	13	16	18	20

Fte. «Bruit et formes urbaines». CETUR. 1981

1. Entre la numerosa bibliografía sobre el ruido producido por las carreteras, cabe citar las publicaciones españolas «El ruido». José Manuel Sanz. Secretaría del Medio Ambiente. MOPT 1990; y «Manual de diseño antirruido en las carreteras». Victor Sanchez Blanco. AIPCR. 1984. Entre la bibliografía extranjera, cabe destacar la francesa. Los franceses se han preocupado notablemente por el estudio del impacto del ruido de las carretras y las medidas que pueden aplicarse para paliarlo. Es interesante consultar las publicaciones de CETUR, como la serie *Dossier*, o «Bruit et formes urbaines» 1981.

2. Véase «El ruido». José Manuel Sanz. Secretaría General del Medio Ambiente. MOPT 1990.

3. Medidas estadísticas que reflejan el porcentaje de tiempo total en el que se supera un nivel de ruido determinado. En este caso, 10%

4. Se estima estadísticamente que para niveles de ruido L_{eq}= 40 dB(A) existe una posibilidad de interrumpir el sueño de las personas de un 10%, mientras que para niveles L_{eq} = 70 dB(A) la posibilidad asciende a un 60%

5. Como el proyecto Q.H.V. (Quiet Hesavy Vehicle)

6. Cabe mencionar la Nota Informativa sobre pantallas de hormigón, emitida por la dirección Gral. de Carreteras del MOPT, el 5 de Diciembre de 1990.

7. CETUR. 1981.
También CETUR 1980. «Guide du bruit des transports terrestres. Fasc. 6: Prevision des niveaux sonores».

12. CONTAMINACION PRODUCIDA POR LOS VEHICULOS

1 FACTORES DE EMISION

Los principales contaminantes del aire emitidos por los vehículos son los siguientes:

- Monóxido de carbono (CO) procedente de la combustión incompleta de compuestos carbonosos.
- Hidrocarburos volátiles procedentes de la combustión incompleta de hidrocarburos.
- Anhídrido sulfuroso (SO_2) procedente de la combustión de elementos compuestos del azufre.
- Oxidos de nitrógeno (NO_x) procedentes de la oxidación del nitrógeno atmosférico a altas temperaturas.
- Oxidantes, procedentes de reacciones fotoquímicas de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos reactivos.
- Impurezas sólidas, residuos de la combustión.
- Plomo y derivados, usados como antidetonantes en los combustibles.
- Asbesto, procedente de la frotación de guarniciones en frenos.

Todos estos contaminantes tienen efectos sobre la salud de las personas, animales y plantas. Un segundo efecto nocivo es el del deterioro de los materiales. La contaminación atmosférica se propaga directamente a través del aire o mediante la disolución de los contaminantes en las aguas de lluvia (lluvias ácidas), superficial y subterránea. La contaminación colabora en la la creación de microclimas urbanos, corrosión de los metales, en el deterioro del caucho, en la agresión atmosférica a las pinturas, etc... y, de modo importante, incide en el deterioro de la imagen urbana cubriendo de suciedad fachadas, instalaciones, mobiliario, etc.

La contaminación del agua por disolución de gases y partículas emitidas por los vehículos, puede ser importante y justificar medidas de depuración de la red de drenaje; en especial si el agua tiene usos posteriores de riego o abastecimiento[1]

2 NIVELES ACEPTABLES DE CONTAMINACION Y MEDIDAS DE CONTROL

Como referencia, se cita en el cuadro adjunto los índices de los Estados Miembros de la C.E.E. de emisión de contaminantes al aire. Las posibilidades de actuación para el control de la contaminación del aire por los vehículos son muy limitadas y se reducen a dos alternativas:

- La reducción de las emisiones en vehículos mediante mejoras en el proceso de combustión y correcciones en los mecanismos de escape de gases.
- La mejora en el control del tráfico con medidas en general paralelas a las ya citadas como necesarias para reducir el ruido (evitando circunstancias que requieran aceleraciones y deceleraciones bruscas o pronunciadas, contribuyendo a reducir el volumen de tráfico, segregando en alternativas exteriores los vehículos más contaminantes, etc.).

1. Como referencia, cabe citar las conclusiones de la mesa redonda 79, Conferencia Europea de Ministros de transportes. INRES. Se contempla la posibilidad de realizar análisis y depuraciones primarias y decantación de la escorrentía de la carretera antes de verter a cauces mayores.

CONTAMINANTE	ESTADOS MIEMBROS DE LA COMUNIDAD EUROPEA		
CO	E 15 mg/m³		Media hora
	U 10 mg/m³		Media anual
	NL 10 mg/m³	(8h)	90 percentil
	I 10 mg/m³	(8h)	
	E 45 mg/m³	(30')	Media 30'
	D 30 mg/m³	(30')	98 Percentil
	I 40 mg/m³	(1h)	
	NL 40 mg/m³	(1h)	99 Percentil
HC	I' 200 ug/m³		
	E'' 140 mg/m³		Media de 24 horas
	E''' 280 mg/m³		Media de 30'
NO_x	Valor límite		
	200 ug NO_2/m³		98 Percentil
	Valores de 1 hora		durante un año
	Valores guía		
	50 ug NO_2/m³		(50 percentil)
	135 ug NO_2/m³		(98 percentil)
SO_2	A) Asociados con partículas en suspensión medidas como humos negros.		
	a) 80 ug/m³ SO_2 si humo	> 40 ug/m³	Mediana anual
	ó 120 ug/m³ SO_2 "	≤ 40 ug/m³	de valores de 24 h.
	b) 130 ug/m³ SO_2 "	> 60 ug/m³	Mediana de invierno
	ó 180 ug/m³ SO_2 "	≤ 60 ug/m³	valores de 24 h.
	c) 250 ug/m³ SO_2 "	>150 ug/m³	98 percentil
	ó 350 ug/m³ SO_2	≤150 ug/m³	para valor 24 h.
	B) Objetivo a largo plazo	40-60 ug/m³ SO_2	Media anual
		100-150 ug/m³ SO_2	Media de 24 h.
Partículas en suspensión	A) Medidas como humo negro		
	a)	80 ug /m³	Mediana anual de valores de 24 h.
		130 ug/m³	Mediana de invierno valores de 24 h.
		250 ug/m³	Valores de 24 h. año
	b) Objetivos a largo plazo		
		40-60 ug/m³	Media anual de valores de 24 h.
		100-150 ug/m³	Valor medio diario
	B) Medidas gravimétricas		
	a)	150 ug/m³	Media anual de valores diarios en el año
		300 ug/m³	Percentil de valores diarios en el año
	b) Objetivo a largo plazo. Se detiene sólo con humo negro. A) b)		
Pb partículas		2 ug Pb/m³	Media anual de valores en 24 h.
O_3	Ninguno	1.200 ug/m³	(1h. concentración que no debe excederse una vez por mes)

13. ELEMENTOS DEL PAISAJE

1 CONSIDERACIONES GENERALES

Son objetivos fundamentales de esta faceta del proyecto, el tratamiento de la carretera como parte de una imagen urbana más amplia, la puesta en valor visual del entorno, y la comodidad del conductor y del ciudadano.

El acondicionamiento paisajístico cumple las funciones de elemento integrador y de compensación de la desagregación del paisaje en el entorno de las carreteras urbanas (dualidad carretera-medio atravesado). Debe contribuir a la moderación de la fuerte presencia de las grandes vías, que imponen sus parámetros de trazado y sus elementos formales característicos; debe colaborar a armonizar la gran diversidad de implantaciones en los márgenes (con enorme variedad de formas, estilos, colores, usos...), conectar visualmente entornos de la carretera autónomos y, por último, proporcionar al viajero de paso una secuencia de puntos de referencia.

Los estudios de paisaje deben elaborar una relación de los elementos significantes del entorno existente y de los elementos formales más característicos de la nueva actuación:

- Elementos naturales relevantes en el ámbito rural o urbano, como bosques, colinas, láminas de agua, etc...
- Hitos urbanos de primer orden (a nivel de toda la ciudad) y de orden local (a nivel del entorno inmediato).
- Puntos significativos en el ritmo de la nueva vía (nudos, conexiones con la trama urbana, estructuras, etc...).

El objetivo de comodidad del automovilista se consigue ayudando a una mejor comprensión del trazado de la vía mediante elementos de refuerzo de su imagen y amortiguando las perturbaciones visuales del tráfico y de la propia infraestructura.

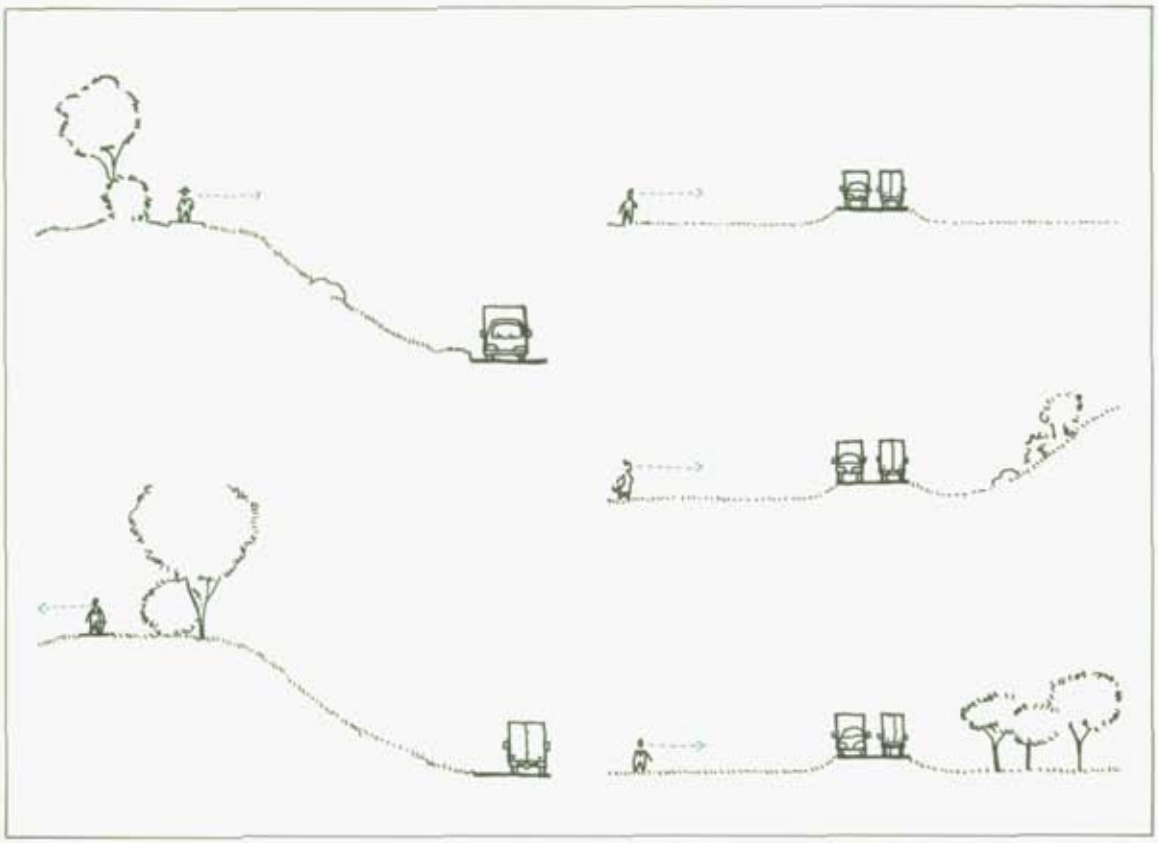
Es igualmente importante para el automovilista, la animación de la percepción, que debe basarse en la organización de secuencias de visión con criterios de ritmos adecuados y amenidad de imágenes variadas dentro de una intención de coherencia global.

El acondicionamiento paisajístico debe entenderse como condicionante de partida de un proyecto, nunca como una adición o complemento. Debe, de este modo, adaptarse la reserva de suelo a las necesidades de acondicionamiento paisajístico procurando la incorporación de elementos de interés preexistentes en el entorno inmediato y la trabazón en continuidad con los espacios públicos destinados a zonas verdes.

2 TRATAMIENTOS PAISAJISTICOS EN EL TRAZADO DE UNA CARRETERA URBANA

La consecución de los objetivos reseñados en el apartado anterior no puede confiarse a un acondicionamiento paisajístico realizado posteriormente al trazado de una carretera urbana. En las decisiones de trazado deben estar presentes factores tales como la relación de vistas desde la vía y hacia la vía, el ritmo de acontecimientos en la secuencia de recorrido o los efectos dinámicos de la percepción del entorno.

1.



Los trazados de las carreteras urbanas son muy diversos pero, atendiendo al medio que atraviesan y a las alineaciones que mantienen en sus márgenes, se pueden agrupar desde el punto de vista paisajístico en dos apartados:

• Vías que atraviesan un medio urbano denso, donde las alineaciones viales son líneas rectas en perspectiva y los cambios de alineación se realizan mediante nudos que actuan como rótulas de articulación rígida entre alineaciones.

• Vías que atraviesan áreas donde no existen alineaciones rectas. Los trazados se aproximan más a los empleados fuera de poblado; es decir, equilibrio de alineaciones rectas y curvas y empleo de curvas de transición en las carreteras convencionales, y sucesión de alineaciones curvas en sentido longitudinal, eliminando tramos rectos, en autopistas y autovías.

El análisis paisajístico de un trazado de carretera debe realizarse atendiendo a dos puntos de vista distintos:

• Vistas hacia la carretera. Análisis de la carretera como parte constitutiva de un paisaje urbano.

En este tipo de estudio, se tratará de determinar el grado de integración visual de la carretera en el medio que atraviesa. Una primera decisión estriba en delimitar los elementos de la carretera que interesa resaltar por su singularidad y los que es necesario integrar. Esta integración, como se indica en apartados posteriores, puede conseguirse mediante una adecuado trazado en planta y en perfil longitudinal (por ejemplo, secciones en trinchera) que esconda las vistas de la carretera desde los puntos de vista predominantes.

Asimismo, se puede buscar una integración en el entorno a partir de elementos formales (como plantaciones, pavimentos, etc...), que sean acordes con los correspondientes al entorno urbanizado.

• Vistas desde la carretera. Análisis dinámico de vistas.

Este segundo tipo de análisis intenta dotar de ritmo y amenidad a las vistas exteriores percibidas por el viajero. El análisis dinámico no tiene una exclusiva función estética. Por el contrario, la percepción de la carretera y de su entorno por el conductor es un factor que condiciona su tipo de conducción y, en definitiva, su seguridad.

En la percepción dinámica, serán de suma importancia los hitos urbanos o naturales elegidos como puntos de apoyo en el paisaje. Estos hitos pueden llegar a ser condicionantes del trazado, al constituirse en objetivo su vista frontal u oblicua desde la vía.

En alineaciones rectas, es siempre conveniente el cierre de perspectivas que eviten la sensación de espacio inacabado. A falta de remate significativo de estas perspectivas, deben evitarse acondicionamientos de borde que enfaticen el efecto (alineaciones de árboles, etc...).

Las vistas oblícuas desde la carretera deberán tener en cuenta el ángulo de visión del conductor. Este ángulo no suele superar los 30°, siendo cada vez menor a medida que la velocidad aumenta.

• Ritmo y amenidad.

En la visión dinámica del conductor, la aparición de hitos y el cambio de perspectivas requiere un ritmo mínimo que garantice la amenidad y el propio mantenimiento de los niveles de atención del usuario.

Se consigue un ritmo visual a partir de la ubicación en el espacio de vistas cambiantes, cuya separación estará en función de la velocidad de circulación. Así, para la velocidad de un vehículo, las distancias que permiten una percepción visual separada y garantizan la amenidad no deben ser inferiores a 300 m. Para el peatón, por ejemplo, esta distancia será de 30 a 50 m.

• Efectos dinámicos de la percepción.

Como se ha indicado, la velocidad de desplazamiento de los vehículos depende en buena medida de la sensación de velocidad percibida por el conductor y ésta, en general, de la percepción del entorno desde la vía. Este entorno debe considerarse perceptivamente a la escala del automóvil, para la cual el volumen y el color deben dominar sobre el detalle. Los cuerpos en altura y en primer plano captan más la atención de conductor, mientras que los espacios abiertos y los huecos entre edificaciones desaparecen de la imagen inmediata.

3 RECOMENDACIONES PAISAJISTICAS A SEGUIR EN EL PROYECTO DE CARRETERAS INTEGRADAS EN EL MEDIO

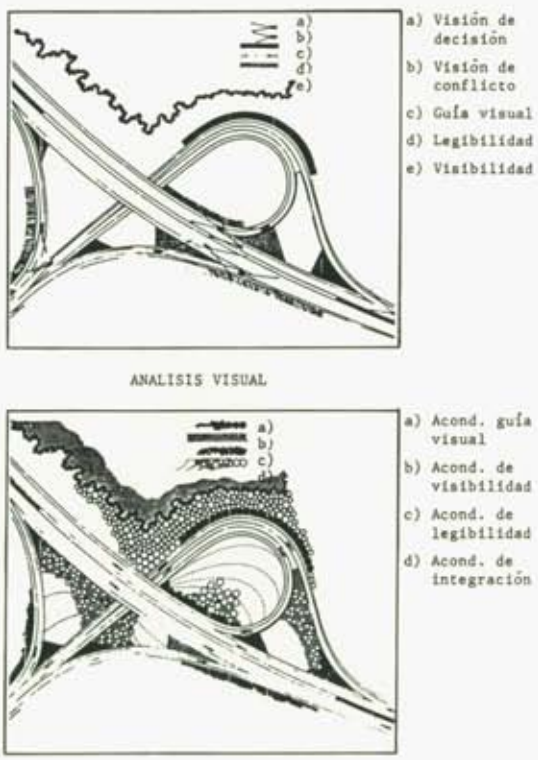
• **Adaptación al relieve.** Es siempre recomendable evitar explanaciones abruptas y plegarse en lo posible al terrero natural. Los desmontes y terraplenes necesarios deben acomodarse de modo progresivo al terreno natural, utilizando pendientes variables y modelando superficies curvas de aspecto más natural en lugar de planos y aristas vivas.

En medios muy urbanizados es aconsejable el uso de muros de contención o de pie, con objeto de encajar la carretera en un espacio cerrado. No obstante, siempre que las reservas de espacio lo permitan y la carretera discurra por canales con perspectivas más abiertas, son preferibles las soluciones intermedias como los taludes escalonados.

Desde el punto de vista paisajístico, es importante el tratamiento de las tierras sobrantes. Deben evitarse las excavaciones y vertidos incontrolados, así como garantizar el acondicionamiento visual de canteras y graveras.

El uso de acuerdos curvos para la suavización de

2.



1. Vistas desde y hacia la carretera.

2. Acondicionamiento visual del lazo de un enlace.

aristas de pie de talud y pendientes de éstos más tendidas (inclinación superior a 1/3), rompe la percepción de la vía como barrera, permite plantaciones y puede hacer innecesario el uso de barreras de seguridad si la anchura del terraplén es suficiente.
En secciones de carretera en desmonte, allí donde los taludes tengan una composición mixta de muro y talud de tierras, se buscará la combinación que se adapte a las necesidades particulares del tramo de carretera proyectado, atendiendo a los criterios siguientes:

- Un margen constituido por berma-muro-talud, favorece a las actividades colindantes ya que es más eficaz para esconder visualmente la calzada y los vehículos. Por otro lado, los efectos de ruido hacia el exterior pueden ser inferiores aunque no para los conductores que pueden sufrir la reflexión del ruido.
La ubicación de posibles aceras o vías de servicio a partir del borde de talud suaviza el efecto de separación con la carretera y permite plantaciones que la aislen. Por el contrario, el muro junto a la calzada introduce sensación de inseguridad en el conductor y disuade de circular a velocidades altas.
- En el caso contrario, el talud junto a la calzada aumenta la sensación de seguridad del conductor pero, a menos que la anchura de talud sea grande y pequeña la altura de muro, no existen mejoras en el aislamiento visual de la carretera o en la disminución del ruido.

• **Adaptación a los usos urbanos.** Si fuera de poblado resulta dominante la selección de vistas lejanas del paisaje natural, la transición a la ciudad se debe corresponder en el tratamiento paisajístico con elementos de énfasis que marquen la entrada en ciudad y garanticen la predisposición del automovilista para un cambio de atención y la reducción de la velocidad.
En zonas residenciales, los objetivos dominantes del tratamiento paisajístico son la propia estructuración del espacio urbano y el realce de sus puntos de apoyo, así como aquellos otros usados por los peatones (aceras e intersecciones).
La escala del peatón toma en este caso una importancia fundamental urbana y el mobiliario urbano se une a la vegetación como elemento básico de diseño.

• **Unidad y diversidad.** El carácter unitario de la imagen de la vía ha de venir tanto de la homogeneidad en sus parámetros de trazado, como de la coherencia de los elementos de acondicionamiento paisajístico.
Debe evitarse la pura adición de elementos de calidad individual, buscando una imagen global con coherencia y cuidado en el desarrollo de los detalles.
La diversidad habrá que buscarla en la valoración del entorno, en los cambios del paisaje o del escaparate urbano, y en el tratamiento personalizado de cada zona.

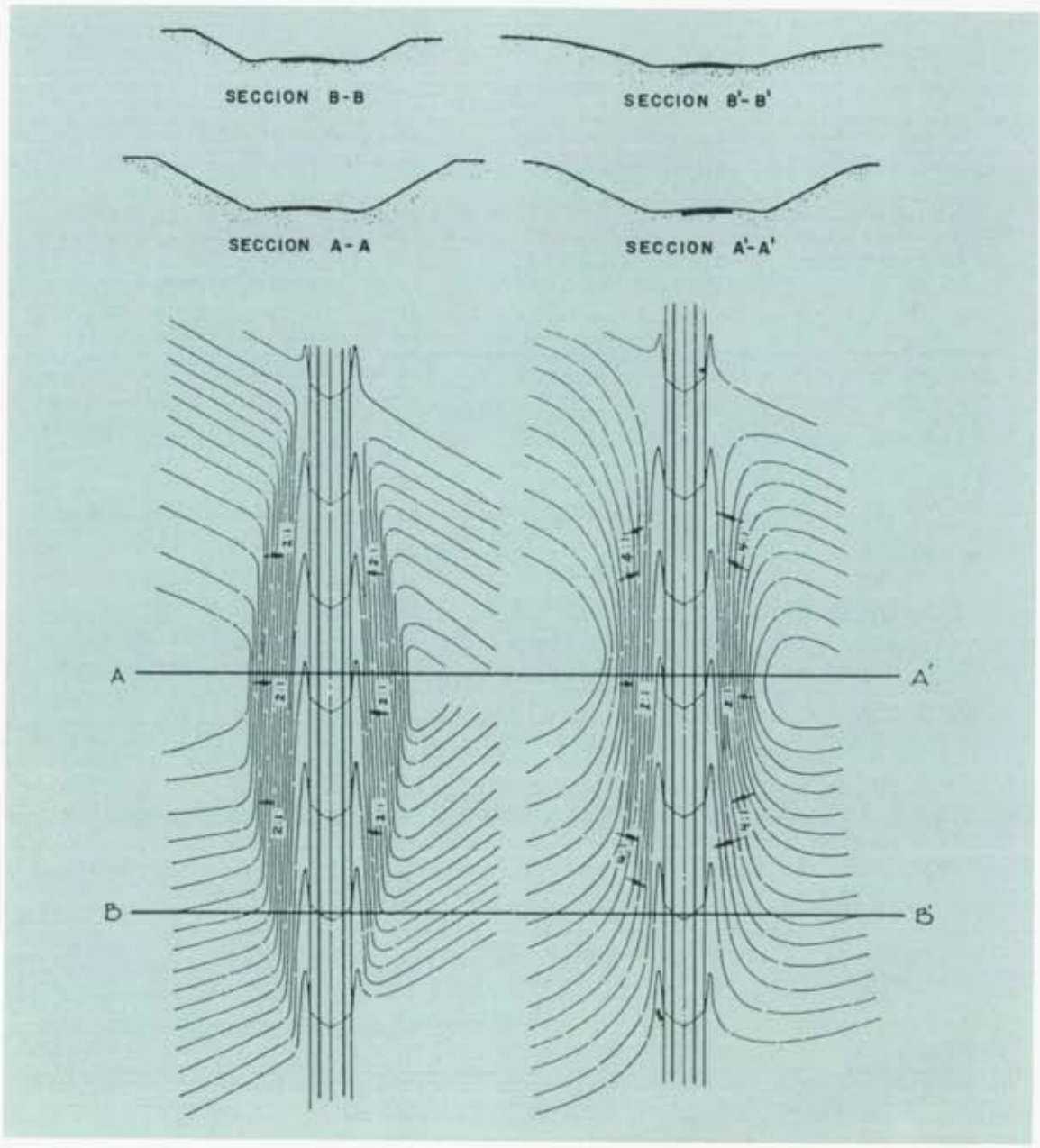
• **Consideración de las escalas de percepción.** En el tratamiento paisajístico deben tenerse presente las diferentes escalas de percepción dominadas por los tipos de destinatarios: conductor y peatón.
El nivel de percepción del conductor hace objeto de su atención el trazado básico de la vía, las plantaciones y elementos minerales o de fábrica contínuos a lo largo del recorrido. El nivel de percepción del peatón, por el contrario, requiere una mayor aproximación al detalle, y un ritmo más vivo de animación de los recorridos, pasando a tomar mayor relevancia las plantaciones bajas y los detalles de mobiliario.

• **Coordinación con el acondicionamiento de los espacios privados.** Los retranqueos exigidos en ocasiones a la edificación dentro de las parcelas privadas dan lugar a espacios abiertos a la carretera, cuyo tratamiento debe coordinarse con el propio tratamiento paisajístico del espacio de dominio público. Es deseable siempre la continuidad visual de estos espacios, evitando cerramientos opacos con vallas o muros que provocan enclaustramiento.

4 Desarrollo del estudio de paisaje

Aunque hasta ahora se ha hecho referencia a los criterios que dirigen una adecuada integración paisajísitca de la carretera en el entorno, el proyecto de una carretera puede partir de objetivos de diferenciación antes que de integración.
Una primera alternativa a decidir en los estados previos del proyecto es la de adoptar criterios de diferenciación o, por el contrario, buscar una presencia que no contraste con el entorno. En el primer caso se buscará una fuerte personalización de la carretera, aprovechando elementos singulares como las estructuras de paso y diferenciando muros, pavimentos o vegetación de la existente en los márgenes gracias a tratamientos con texturas o colores distintos. En el segundo caso, se buscará la máxima integración del

3.



3. Modulación del terreno para conseguir un efecto visual más agradable.

4. Las Estructuras en un marco urbano pueden ser elementos singulares de gran valor paisajístico. Langreo, Asturias.

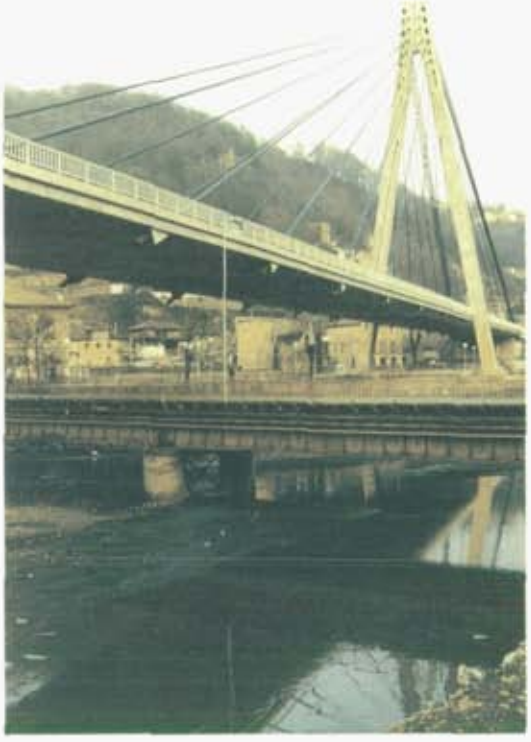
trazado en el terreno y se utilizarán masas vegetales de transición y adaptacion entre la carretera y sus márgenes.
Una segunda alternativa de tipo global es la selección entre opciones plásticas adecuadas al carácter buscado para la vía. Pueden, en este sentido, distinguirse tres opciones iniciales:

• **La imagen vegetal.** Caracterizada por los espacios cerrados entre abundante vegetación, potenciando el carácter de estancia sobre el dinamismo y el de parque sobre el de calle, y dominando las formas orgánicas sobre las geométricas.

• **La imagen intermedia.** Dominada por los espacios abiertos y las perspectivas, en la que la vegetación sirve de marco y refuerzo del trazado y en la que se combinan las áreas de estancia y el dinamismo de los paseos en perspectivas rectas.

• **La imagen mineral.** Con espacios muy abiertos, visión total, y dominio de los elementos construidos (pavimentos, mobiliario...), quedando la vegetación reducida a espacios mínimos con jardinería de cuidado intensivo.

4.



5 Estructuras

Como parte sustancial de la imagen de las carreteras urbanas, las estructuras deben quedar integradas dentro de la concepción paisajística global de la obra.
La coherencia con el tratamiento paisajístico global nunca se conseguirá por adiciones de elementos ornamentales a obras resueltas con criterios puramente técnicos. Las estructuras han de ser obras de síntesis con intención formal desde su concepción.
Desde un principio deben tenerse en cuenta aspectos de coherencia formal con el entorno (elección de materiales, forma y tamaño) y opciones de permeabilidad visual en función de la planificación de vistas desde la vía y desde el entorno (estructuras diáfanas o pantallas de fondo).
De modo general pueden establecerse para los dos tipos de medio atravesado, urbano y suburbano, criterios orientativos sobre los aspectos formales deseables en cada caso.
En medio suburbano, en coherencia con un acondicionamiento paisajístico dominantemente vegetal, son deseables soluciones con taludes suaves, sin muros de contención, y plantaciones en puntos de transición entre terreno y estructura (amortiguando la fuerza de imagen).
En medio urbano, con reservas más estrictas de espacio, y acondicionamientos de carácter más intensivo, son deseables opciones formales con mínimos taludes, prefiriendo la utilización de muros de contención y tramos más amplios salvados con estructuras en favor de una máxima permeabilidad. En este medio, la coherencia con el entorno construido requiere un mayor cuidado en la elección de materiales, formas y colores.



SINTESIS DE CRITERIOS

14. VIAS DE CIRCULACION CONTINUA. AUTOPISTAS, AUTOVIAS Y VIAS RAPIDAS URBANAS

En la presente parte de las Recomendaciones se sintetizan los criterios más importantes a seguir en la concepción y proyecto de los distintos tipos de carreteras urbanas. El valor de los capítulos que siguen es de consulta. Para una explicación más detallada se puede acudir a la Parte C Elementos de proyecto o, directamente, a las Instrucciones y Recomendaciones citadas en las referencias de cada capítulo. Como ya se ha expuesto en el capítulo 2, las carreteras urbanas se agrupan en vías con circulación continua y vías arteriales. Los capítulos 14 y 15 están dedicados, respectivamente, a cada uno de estos grupos.

1 CARACTERISTICAS GENERALES Y JERARQUIA VIARIA

• **Autopistas Urbanas (APU).** Concebidas para un uso exclusivo de automóviles, calzadas separadas, sin cruces a nivel con el viario transversal y con control total de accesos a las propiedades colindantes es total.

• **Autovías Urbanas (AVU).** Similares a las autopistas, tienen separación de sentidos de circulación por calzadas y control de accesos. Pueden admitir incorporaciones o salidas a derechas fuera de los nudos.

• **Vías Rápidas Urbanas (VRU).** Carreteras con control de accesos y calzada única.

La clasificación de la carretera como urbana se adoptará cuando cumplan una de las siguientes características:

• Cuando el medio que atraviesan esté clasificado como urbano o urbanizable por el planeamiento urbanístico.

• Cuando se detecten impactos sobre zonas urbanas consolidadas o previstas.

• Cuando exista en la carretera un tráfico con caracterísiticas urbanas, en intensidad apreciable como para considerarlo en el diseño funcional de la vía.

• Cuando existan infraestructuras asociadas a la carretera y preparadas para el peatón o el transporte colectivo (aceras, carriles especiales para bicicletas, etc...) en las proximidades de un entorno urbano.

En el grupo de vías de circulación continua o ininterrumpida, priman los siguientes criterios de diseño:

• Los elementos básicos de la carretera (trazado en planta y alzado, pavimentos, tipo de conexiones, etc...) se conciben para garantizar la circulación de los automóviles con características de conducción similares, aunque más estrictas, que las de una carretera de este tipo fuera de poblado.

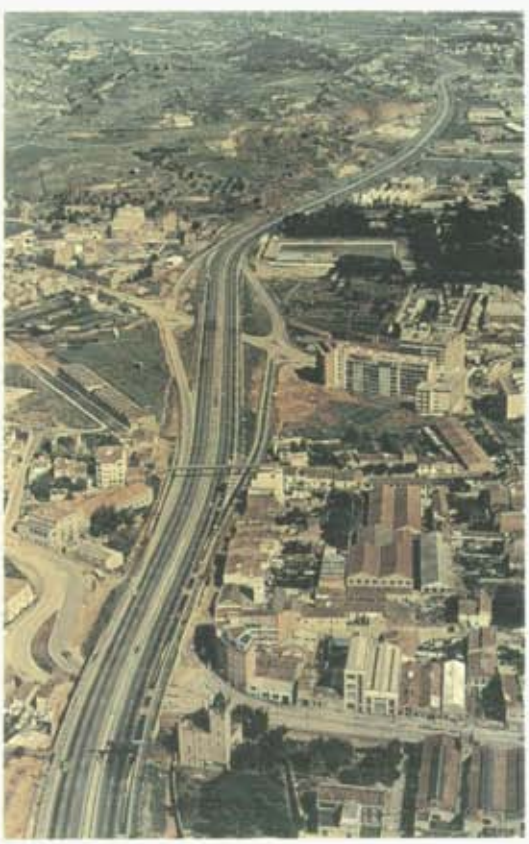
• Este criterio prima sobre el de la circulación de vehículos locales, movimientos peatonales y ciclistas. Todos estos movimientos se conciben fuera de la sección básica de la vía y se realizan en vías de servicio, aceras o carriles especiales, con trazado independiente y ubicados en los márgenes de la carretera. Asimismo, existe una total segregación de movimientos en los cruces, a no ser que las características excepcionales del entorno urbano obliguen a mantener intersecciones en tramos de autovía o de vía rápida.

• La relación con el medio urbano es de separación

1.



2.



3.



formal y funcional. Es común que estas carreteras discurran con rasantes por encima o debajo del terreno, independientes de las alineaciones y rasantes del medio urbano. Esta separación se traduce en una concepción autónoma de la carretera. Consecuentemente, será de suma importancia conseguir la integración de los márgenes de la carretera en el medio atravesado, con objeto de reducir el tipo y magnitud del impacto sobre el mismo.

• Los impactos más importantes a tener en cuenta en medio urbano son los siguientes:

Ocupación de suelo: Dentro de una concepción de suelo escaso, susceptible de otros usos urbanos.

Ruido: De especial importancia en áreas residenciales junto a la carretera.

Efecto de barrera: Impermeabilidad transversal para tráfico urbano, peatones y ciclistas, con posible desaparición en la trama urbana de comunicaciones anteriores a la carretera.

• El más importante peligro en las vías de circulación continua es una concepción de la misma que no se adapte a las características del tráfico y del medio urbano que atraviesa: es de evitar un diseño con velocidades de proyecto altas si el tráfico de paso tiene escasa importancia frente al tráfico local. Asimismo, donde se atraviesen zonas urbanas de gran densidad de usos y suelo escaso, se tenderá a soluciones viarias que no interfieran con el medio urbano, a pesar de su mayor coste (cobertura de la vía o estructuras elevadas).

• Es de evitar, asimismo, un sobredimensionamiento del tronco de la carretera si el límite de capacidad viene impuesto por algunos nudos existentes en el tramo. En ese sentido, será imprescindible la realización de un Estudio de Tráfico en el corredor por el que discurre el trazado de la vía.

2 Su justificacion en el entorno urbano

2.1 TRAFICO Y FUNCIONALIDAD

Las vías de circulación continua se justifican en medio urbano por los criterios siguientes:

• Donde sea necesario dar continuidad a un itinerario interurbano o metropolitano con características de autopista, autovía o vía rápida, y según las determinaciones del correspondiente plan de carreteras.

• Si el tráfico de paso, no estrictamente urbano, tiene una proporción equivalente o superior a la del tráfico urbano que circula por la carretera. Para la aplicación de este criterio, será necesaria la realización, en el marco del estudio de tráfico, de encuestas de pantalla.

Las autopistas, autovías y vías rápidas se encuentran incluidas en la jerarquía funcional de Vías Primarias Urbanas.

2.2 MEDIO ATRAVESADO

La realización de autopistas, autovías y vías rápidas,

• Presenta escasos problemas en medios suburbanos de baja densidad y amplios espacios vacíos, donde existe fuerte disponibilidad de suelo, escasa entidad de los movimientos peatonales y bajas intensidades de tráfico en el viario local.

• Se facilita su trazado en espacios vacíos entre aglomeraciones urbanas, donde el planeamiento urbanístico ha limitado su desarrollo como suelo urbano.

• Se debe evitar en áreas de fuerte densidad, con tráfico urbano importante y numerosos itinerarios peatonales.

• Se debe evitar en las penetraciones urbanas, interiores al último cinturón de circunvalación que tenga características de circulación continua o ininterrumpida.

• Su realización puede ser aconsejable en grandes áreas industriales como forma eficaz de control de accesos.

3 Trazado en planta y en alzado

3.1 VELOCIDAD DE PROYECTO

• Autopistas Urbanas

V.proy. 100 km/h (APU-100)

V.proy. 80 km/h (APU-80)

1. Enlace de conexión de la autopista de Tarrasa, en Barcelona.

2. Autopista Badalona-Mongat, en Barcelona.

3. Cinturón lateral de Sant Adrià. Barcelona.

• Autovías Urbanas
V.proy 100 km/h (AVU-100)
V.proy. 80 km/h (AVU-80)

• Vías Rápidas Urbanas
V.proy. 80 km/h (VRU-80)
Pueden admitirse excepciones en función de las características del medio urbano atravesado, de la topografía o del tipo de tráfico.
En los trazados urbanos deberá contemplarse la posible modificación de la velocidad específica de algunos subtramos de la carretera, si ésta atraviesa zonas en las que es necesario encajar un trazado o sección transversal muy estricta. La transición entre subtramos de velocidades distintas tendrá especial importancia dentro del trazado general de la vía.

3.2 RADIOS, PERALTES Y ACUERDOS HORIZONTALES

• Radios mínimos:
APU-100 500 m
AVU-80 250 m
VRU-80 250 m
• Peraltes: máximo 8%
• Transiciones:
Se realizan con criterios similares a los de fuera de poblado, según indica el Borrador de Instrucción 3.1-IC/90.

3.3 VISIBILIDAD

Criterios similares a fuera de poblado, con especial atención a la visibilidad lateral en secciones estrictas donde el resguardo sea estrecho o existan plantaciones, alineaciones o elementos de actividad urbana cerca de la calzada.

3.4 RAMPAS, PENDIENTES Y ACUERDOS VERTICALES

• Inclinación de la rasante. No se es partidario de limitar la inclinación máxima de la rasante. En general, dependerá del tipo de terreno atravesado y de las exigencias impuestas por las rasantes urbanas colindantes. A partir de inclinaciones superiores al 6%, se recomienda realizar un estudio específico sobre varias alternativas de perfil longitudinal, y en el que se evalúen los costes de construcción y los de explotación de los vehículos.

• Acuerdos verticales. Se seguirán criterios similares a las carreteras fuera de poblado.

• Criterios generales de trazado en planta y en alzado. La mayor parte las vías rápidas urbanas se realizan sobre nuevos trazados y no aprovechan trazados existentes. Ello da una cierta libertad de criterios a la hora de proyectar el trazado, libertad que está condicionada por:
• Disponibilidad de suelo en el canal o corredor por el que discurre la vía.
• Los tramos en planta de anchura estricta, obstáculos, etc.. que obligan a plantear secciones transversales más estrictas.
• Condicionantes del perfil longitudinal, justificados principalmente por el paso de vías transversales a desnivel o la necesidad de diseñar nudos en puntos dados.
Por otro lado, el trazado de una vía rápida puede discurrir con rasante por encima, debajo o a nivel del terreno. Cada una de estas soluciones tiene sus ventajas e inconvenientes, debiendo el proyectista combinarlas para conseguir un trazado variado y acomodado a las exigencias que impone el medio que atraviesa y a la red viaria que tiene que conectar.

• Trazados deprimidos. Profundidad aconsejada entre 2 y 3 m con descensos mayores en áreas de paso de estructuras (gálibo 4,75 m).
Son trazados que reducen el impacto del ruido y mejoran la integración visual al esconder los vehículos. Su efecto barrera para movimientos transversales en automóvil es menor ya que los cruces pueden realizarse a desnivel sin apenas modificaciones en la rasante de la vía transversal. Por el contrario, la existencia de taludes amplios alarga los movimientos peatonales aunque las rampas sean menores.
Los taludes tendidos (superior a 1V:3H), permiten plantaciones que esconden la vía y amortiguan el ruido.
Acceden a los nudos en la mejor circunstancia, permitiendo el paso transversal de los vehículos a nivel superior y un trazado de ramales de aceleración y deceleración acorde con su perfil longitudinal.
Los problemas presentados atañen a las explanaciones necesarias, su coste y la descompensación de volúmenes de tierra en el tramo completo de la carretera. No obstante, y dado que muchas de las nuevas carreteras urbanas discurren por suelos geotécnicamente no consolidados (rellenos) que es necesario sanear con potencias apreciables, los costes de una solución

deprimida pueden ser menores que los esperados.

• **Trazados en terraplén.** Como en el caso de los trazados deprimidos, se hará referencia exclusivamente a los trazados sobre explanaciones y no a los que discurren sobre estructuras.
En áreas urbanas y suburbanas, estos trazados están desaconsejados por la barrera visual y física que representan. Asimismo, los impactos del ruido son superiores a las soluciones deprimidas. Las distintas soluciones de nudos presentan formas menos favorables para su integración en el medio urbano.

4 SECCION TRANSVERSAL

4.1 ELEMENTOS DE LA SECCION TRANSVERSAL TIPO. ANCHURAS

La sección tipo es similar a la de los tramos fuera de poblado. Sus elementos y dimensiones recomendables son los siguientes:

• **Mediana.** Anchuras mínimas absolutas de 1,5 m y óptimas en áreas urbanas de 3 a 6 m. A partir de 3 m, la mediana admite plantaciones arbustivas. A partir de 5 m, las plantaciones pueden ser arbóreas.

• **Arcenes.** Arcén interior con anchura de 1 m. Arcén exterior mínimo de 2 m, óptimo de 2,5 m. En secciones muy estrictas, los arcenes pueden reducirse de anchura.

• **Carriles.** Tamaño «estandar» de los carriles, de 3,5 m. En medio urbano consolidado, con sección transversal estricta, la anchura de carril pueden ser inferior reduciéndose, consecuentemente, la velocidad de proyecto de la carretera.

• **Resguardos.** Anchura mínima de 1,5 m., óptima de 3 m.

• **Desmontes y terraplenes.** La pendiente óptima para admitir plantaciones, poder eliminar las barreras de seguridad y conseguir una suave integración de los márgenes de la carretera en su borde es de 1V:3H. La principal dificultad para conseguir estos perfiles estriba en la disponibilidad de suelo.
En áreas muy urbanizadas es preferible acudir a secciones con bordes verticales (muros), antes que buscar taludes empinados donde la plantación es imposible.
En taludes mixtos en desmonte del tipo muro - talud de tierra, se conseguirá un menor impacto visual y de ruido colocando el muro junto a la calzada y no a la inversa. Esta solución incrementa la percepción de peligro en el conductor y le disuade de utilizar velocidades altas.

• **Inserción de la sección transversal en el medio urbano atravesado.** La integración de la sección transversal en el medio urbano atravesado se realiza principalmente de dos maneras:
• Mediante el tratamiento del talud, muro y bordes, buscando su armonía con el tejido urbano colindante. En estos casos, se debe tender a buscar soluciones que mantengan la separación entre la actividad urbana tráfico y movimientos peatonales, pero que integren visualmente la carretera, ya escondiéndola (con vegetación, soluciones deprimidas, estructuras de cobertura) o resaltándola (estructuras elevadas o puntos de vista panorámicos de la carretera.
• Mediante un adecuado tratamiento de los pasos transversales y conexiones de la vía, de manera que se minimice el efecto de barrera.

4.



4. Vía Borde de Hortaleza.
Sección transversal.

5.



6.



5 Nudos

5.1 Criterios generales para el diseño y ubicacion de conexiones

Estas carreteras se proyectan con nudos a desnivel (enlaces). Excepcionalmente, las vías rápidas urbanas podrán tener intersecciones. En este caso, se recomiendan soluciones semafóricas en áreas urbanas con tráfico transversal y soluciones de glorieta en áreas suburbanas.

5. Nudo Suo en Madrid.

6. Glorieta a desnivel como solución a los accesos a Barajas. Madrid.

En cualquier caso, se recomienda resolver los puntos de unión de tramos de autopistas, autovías y vías rápidas con el viario arterial u otro tipo de viario urbano, mediante nudos que representen hitos y fuercen a un cambio en la percepción y comportamiento del conductor. Las soluciones más adecuadas son las glorietas, donde existe disponibilidad de suelo, y las intersecciones en «x» semaforizadas, siendo recomendable que estas intersecciones marquen un cambio en la sección transversal de la carretera

5.2 Tipos mas comunes

Los enlaces recomendados, por la baja ocupación de suelo, son los siguientes:

- **Diamantes.** En todas sus variedades (con separación de sentidos de circulación, con glorietas en lugar de intersecciones, etc...).

- **Tréboles parciales.** Con un máximo de dos cuadrantes.

- **Glorietas a distinto nivel.** Con paso a desnivel de las calzadas principales, preferentemente por debajo de la glorieta.

Vias de servicio

Las vías de servicio en este tipo de carreteras se convierten en itinerarios para el tráfico urbano o local. Deben mantener unas características mínimas de velocidad (por ejemplo, 60 km/h.) y el aparcamiento y acceso a colindantes debe conciliarse con un adecuado nivel de servicio para la circulación de paso.
Se extienden a lo largo de la carretera y sus nudos con la calzada principal se realizan en las inmediaciones de los enlaces.

6 Peatones y transporte colectivo

6.1 Tratamiento de peatones y ciclistas: control de accesos

Los peatones y ciclistas circulan de manera totalmente segregada de la carretera. No existen cruces a nivel con la calzada principal. Sólo en las escasas intersecciones que puedan plantearse se justificarán los pasos de peatones.
Los pasos a desnivel deberán ser lo más numerosos posible y tenderán a mantener todos los itinerarios peatonales de cierta entidad. La rampa óptima en pasos es, aproximadamente, del 8% y la anchura mínima de 2 m.
En áreas urbanas puede ser necesario el cerramiento de la carretera para evitar cruces incontrolados de peatones.

6.2 Transporte colectivo

El transporte colectivo suele circular por el carril derecho de la carretera, carril que puede ser exclusivo. En carreteras con tramos largos de vía de servicio, es recomendable que el autobús discurra por la misma.
Las paradas se ubican en los puntos de menor velocidad de los vehículos. Por este orden, serán los siguientes: vías de servicio, ramales exclusivos y de deceleración en enlaces y, muy excepcionalmente, en el tronco de la carretera. En el último caso, y siempre que no se trate de una autopista, se habilitarán carriles de servicio para paradas, separados de la calzada principal por una barrera. Estos carriles se comunicarán con la calzada principal mediante las correspondientes entradas y salidas.

7 Otros elementos de proyecto

7.1 Pavimentos

Los pavimentos son similares a los de las carreteras fuera de poblado. No obstante, y por motivos de seguridad, cabe diferenciar con pavimentos, texturas o colores distintos el pavimento en la calzada y en el arcén exterior (por ejemplo, combinando pavimento bituminoso en calzada y hormigón en el arcén).

7.2 Drenaje

El drenaje longitudinal puede ser superficial, mediante cunetas o subterráneo. Siempre que la carretera discurra por áreas urbanizadas, será recomendable este último tipo de drenaje. En secciones limitadas por muros, estructuras o túneles se acudirá, asimismo, a drenajes subterráneos.

15. Vías Arteriales Urbanas

1 Caracteristicas generales y jerarquia viaria

Las Vías Arteriales Urbanas son carreteras convencionales que discurren por entornos urbanos, suburbanos o urbanizables. Una definición tan genérica recoge muchos tipos distintos de viario. No obstante, se pueden distinguir algunas características que las diferencian de las vías de circulación continua, por un lado, y del viario estrictamente urbano, por otro.

• Diferencias con las vías de circulación continua o ininterrumpida:

• Control parcial de accesos o ausencia total de control de accesos a las propiedades colindantes. El control parcial de accesos se consigue mediante vías de servicio.

• Inserción de los itinerarios peatonales dentro del dominio de la carretera, ya longitudinalmente (aceras) ya transversalmente (cruces a nivel).

• Concepción de los nudos como intersecciones. Ello obliga a que el estudio de capacidad de la carretera se guíe por la capacidad de las intersecciones antes que por la capacidad de los tramos continuos. Los enlaces se conciben de forma excepcional o como forma de resolver un cruce crítico en una intersección.

• Diferencias con el viario urbano:

• Canalizan tráfico de paso de ámbito interurbano y metropolitano. Este tráfico puede tener un extremo del viaje en el interior de la ciudad.

• La movilidad peatonal está limitada. La circulación de peatones está restringida a las aceras y a los cruces, existiendo segregación entre peatones y vehículos a lo largo de la calzada.

Las vías arteriales son carreteras concebidas para la circulación de automóviles, segregados de otros modos de transporte como los peatones y ciclistas. No obstante, esta circulación suele realizarse a velocidades inferiores a las de las autopistas, autovías y vías rápidas. Ello por varios motivos:

Atraviesan un medio urbano densificado, donde se desarrollan numerosas actividades que necesitan de la vía para mantener un grado adecuado de accesibilidad.

No disponen generalmente del suelo necesario para mantener trazados y secciones transversales holgadas, típicas de las carreteras con velocidades de proyecto altas.

Cumplen funciones urbanas. Ello da lugar a conexiones múltiples con el viario transversal y a pasos de peatones.

Todo ello caracteriza un diseño de la carretera que:

• Supedita la velocidad de proyecto a los condicionantes urbanos. Este criterio repercute en algunos parámetros de trazado y sección transversal, que pasan a estar definidos por las restricciones impuestas por el medio urbano antes que por sus características óptimas para conseguir velocidades altas (por encima de 80 km/h).

• Con limitaciones de trazado, valora conseguir una mayor capacidad viaria antes que altas velocidades de proyecto.

• Hace hincapié en la capacidad de los nudos ya que

1.



son los puntos donde se limita la capacidad de todo el tramo.

• Cuida especialmente la seguridad, al permitir nudos a nivel, pasos de peatones y circulación de los mismos por aceras cercanas a la calzada.

• Los impactos más relevantes que deberán tenerse en cuenta en este tipo de vías son:

Seguridad de peatones y automovilistas, al no existir un control total de accesos.

Integración de la vía en la trama urbana, que se concreta en varios niveles:

Físico (armonía del trazado en planta y sección transversal con el estado de alineaciones y rasantes del entorno urbano).

Funcional (conexiones adecuadas con el resto de la red viaria urbana).

Ambiental (efecto de barrera para los peatones).

Ruido.

2 Su justificacion en el entorno urbano

2.1 Trafico y funcionalidad

Las vías arteriales se justifican funcionalmente:

• Donde el tráfico urbano es preponderante en la carretera. Se entiende como tráfico urbano aquél que tiene origen y destino en la ciudad, realizando movimientos de corto recorrido[1].

• Donde la carretera tenga asignadas funciones de conexión urbana y, como tal, esté incluida en la red viaria de la ciudad.

2.2 Medio atravesado

La mayor parte del acondicionamiento de carreteras existentes en medio urbano está restringido por los usos del suelo que se han desarrollado en sus márgenes. La escasez de suelo disponible y la necesidad de dar acceso a los colindantes hace que la vía proyectada sea preferentemente una vía arterial y no una autopista o autovía.

En gran parte de las ciudades existen reservas de

2.



suelo para infraestructuras, previstas en el planeamiento urbanístico. El crecimiento de la ciudad ha cambiado la función inicialmente asignada a estas reservas, densificando sus márgenes y convirtiendolas en corredores de suelo libre muy interiores a la ciudad. En estos casos, cabe replantearse el tipo de carretera inicialmente previsto y proyectar vías de carácter más urbano.

Es recomendable que las penetraciones urbanas, en su tramo interior a un cinturón de circunvalación, tengan características de vías arteriales.

Por último, las dificultades de obtención de suelo o la magnitud de los impactos ambientales sobre el entorno urbano puede justificar, por encima de los criterios de tráfico y en ausencia de trazados alternativos competitivos, la constucción de una vía arterial.

3 TRAZADO EN PLANTA Y EN ALZADO

3.1 VELOCIDAD DE PROYECTO

V.proy. 80 km/h (VAU-80)
V.proy. 60 km/h (VAU-60)

En el proyecto de nuevas vías arteriales, se recomiendan las dos velocidades de referencia. No obstante, la casuística de este tipo de carreteras y los condicionantes urbanos a los que tienen que hacer frente son tan amplios que, contrariamente a las autopistas, autovías y vías rápidas, es recomendable una gran flexibilidad en la determinación de la velocidad de proyecto y en la de las velocidades específicas de cada tramo.

No se recomienda proyectar vías arteriales con velocidades de proyecto inferiores a 60 km/h, a no ser que se trate de acondicionamientos y mejoras de travesías o tramos de carretera totalmente urbanos,

3.



4.



1. La avenida de la Ilustración en Madrid cuyo proyecto original es el prototipo de vía arterial urbana.

2. Vía arterial. Cinturón de Colón. Barcelona.

3.Sección transversal de una vía arterial. Acceso N-630. Oviedo.

4. Enlace a desnivel en una vía arterial. Nudo Ugaldebieta en Bilbao.

donde los márgenes limiten cualquier modificación sobre el trazado actual.

3.2 Radios, peraltes y acuerdos horizontales

Los parámetros de trazado en planta se atienen a los indicados en el apartado 7.4 para las velocidades de referencia.

• **Radios mínimos.**
VAU-80 250 m
VAU-60 150 m

• **Peralte.**
VAU-80 5 %
VAU-60 5 %
Estos parámetros pueden reducirse en tramos con velocidades específicas inferiores, llegando a peraltes 2% (mínimo de bombeo transversal) y radios de 34 m en tramos urbanos y V proy=30 km/h.
En áreas muy urbanizadas, es preferible sacrificar una velocidad de proyecto media o alta para conseguir un adecuado encaje en el medio que se atraviesa (principalmente en las alineaciones y rasantes de la edificación y viales ubicados en los márgenes). Ello se consigue mediante alineaciones rectas paralelas a las edificaciones, radios en planta estrictos y peraltes bajos.

3.3 Visibilidad

Los criterios de visibilidad seguirán las determinaciones del Borrador de Instrucción 3.1-IC/90. Como en el caso de las vías de circulación continua, la visibilidad lateral, en especial en las inmediaciones de las intersecciones, adquiere una especial importancia.

3.4 Rampas, pendientes y acuerdos verticales

El perfil longitudinal de una vía arterial se encuenta condicionado por la rasante de terreno y de las edificaciones y viales de sus márgenes. No se establecen parámetros máximos de rampas y pendientes, recomendando que la carretera mantenga un perfil sensiblemente ajustado al terreno, y siendo excepcionales los casos en los que pueda discurrir deprimida o en terraplén.

3.5 Criterios generales de trazado en planta y en alzado

Las vías arteriales se someten a los condicionantes urbanos en mayor medida que las vías de circulación continua o ininterrumpida. Ello puede dar lugar a trazados con las caracterísitcas siguientes:
• Alineaciones rectas.
• Cambios de alineación bruscos, en puntos singulares como intersecciones, glorietas o plazas, en los que se establecen cruces a nivel con el viario urbano.
• Peraltes pequeños, justificados por el medio urbano (estado de rasantes a uno y otro lado de la vía, cruce de peatones, drenaje, etc...).
• Rampas y pendientes condicionadas por la rasante urbana.

4 Seccion tansversal

4.1 Elementos de la seccion transversal tipo: anchuras

La concepción de la sección tranversal se realiza a partir de las anchuras totales disponibles en el canal o corredor por el que está trazada la carretera. Estas anchuras disponibles dependen de las alineaciones urbanas o de la delimitación de los distintos usos del suelo y su modificación es, generalmente, más difícil que en las autopistas, autovías y vías rápidas cuyo trazado discurre por zonas de menor densidad.
La sección transversal puede ser similar a la de una autopista o autovía (arcén exterior, calzada, arcén interior y mediana) pero es más común plantear secciones con característica más urbanas:

• **Mediana**. Donde existe mediana, las anchuras suelen ser más estrictas que en las vías rápidas. Optimo de 2 a 5 m. para permitir el cruce de peatones. Numerosas vías arteriales se conciben como una calzada única de cuatro carriles. La mediana se reduce en este caso a una banda de 0,5 m. mínimo, pintada con doble linea continua o tratada con un pavimento diferenciado de la calzada.
Por el contrario, algunas vías arteriales tienen medianas que realizan funciones de bulevar. Las anchuras de las mismas dependerán de las funciones urbanas asignadas a dicho bulevar.

• **Arcenes.** El arcén interior suele reducirse a la marca vial (0,2 a 0,3 m.). El arcén exterior desaparece para ser sustituido por un carril de circulación o por un carril de estacionamiento.

• **Carriles.** Se recomiendan anchuras de carril inferiores a 3,5 m. En áreas urbanas, con prioridad adjudicada por semáforos y velocidades inferiores a 80 km/h, se pueden plantear carriles de hasta 3 m. (en el interior de la ciudad, algunas calles llegan a tener carriles de 2,75 m. de anchura). El carril derecho puede ser ligeramente más ancho al tener que admitir autobuses y mayoría de vehículos pesados (3,25 m.)

• **Resguardo y acera.** El resguardo se integra en el espacio de acera y se separa de la calzada mediante un bordillo. Se convierte así en la banda de protección y separación entre el peatón y el automóvil y no sólo en la franja de seguridad para el automóvil de las autopistas y autovías. Las anchuras óptimas suelen estar entre 0,5 y 3 m.

• **Desmontes y terraplenes.** Es de desear que los desmontes y terraplenes de la carretera no sean importantes y puedan ser absorbidos por elementos de su propia sección transversal (mediana o resguardo). No se recomiendan perfiles continuados por encima o debajo del terreno.

5 Nudos

5.1 Criterios generales para el diseño y ubicacion de nudos

Los nudos de las vías arteriales se conciben a nivel. Ello no quiere decir que se planteen enlaces en ciertos cruces:

• Si la intensidad del tráfico entre movimientos que se cruzan justifica la realización de un enlace.

• Donde se realiza un cruce con una vía de circulación continua.

La separación entre intersecciones es variable y depende de la densidad de la red viaria transversal, del tipo de control de la prioridad en las mismas (semaforización) y del nivel de control de accesos. En áreas de densidad media, una distancia adecuada estará sobre los 500 m. En áreas más densas, la distancia será inferior.

5.2 Tipos mas comunes. Restricciones del entorno urbano

Se recomiendan los criterios siguientes:

Evitar intersecciones en cruz no semaforizadas, aunque la intensidad de tráfico sea baja.

Minimizar el número de intersecciones en «T» no semaforizadas. Sustituir estas intersecciones por conexiones con vías de servicio y salidas y entradas a la calzada principal a través de las mismas.

En áreas semaforizadas, se recomienda incorporar este tipo de ordenación a todas las intersecciones de la carretera.

Donde haya disponibilidad de suelo, en áreas fuera de la ordenación semafórica, se recomienda acudir a glorietas.

Incluso en áreas densamente urbanizadas, siempre que existan cambios bruscos de alineaciones en la carretera o confluyan en la intersección más de cuatro tramos, se recomienda un diseño de glorieta (que puede estar semaforizado).

5.3 Vias de servicio

Las vías de servicio de las vías arteriales tienen las siguientes funciones:

• Acceso a las propiedades colindantes.

• Colectoras del tráfico que accede por intersecciones no semaforizadas.

• Espacio de aparcamiento.

Con estas características, las vías de servicio no tienen las funciones de itinerario que sí tienen en las autopistas y autovías. Su longitud es inferior, así como superior el número de conexiones con la calzada principal.

Los puntos más delicados de diseño se encuentran en las intersecciones, donde es necesario comunicar las calzadas centrales con las vías de servicio y el viario transversal.

6 Peatones y transporte colectivo

6.1 Tratamiento de peatones y ciclistas: control de accesos

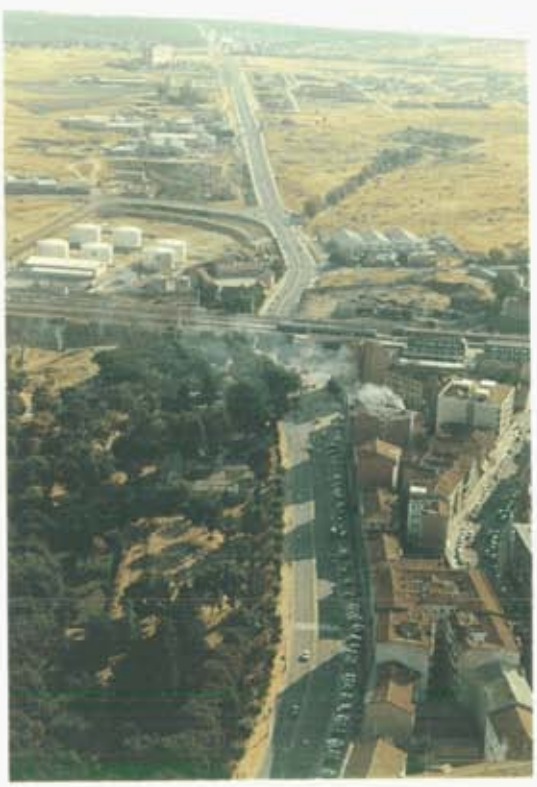
Peatones y ciclistas circulan paralelos a la vía y pueden cruzarla por pasos previamente establecidos. Existe segregación de tráficos pero no separación total, como en las vías de circulación continua.

Con estos criterios, no serán importantes sólo los

5.



6.



elementos de separación entre peatones y automóviles. El diseño de los itinerarios peatonales adquiere especial importancia dentro del esquema de seguridad de la carretera ya que, en este tipo de vías donde no existen impedimentos físicos (cerramientos), el incumplimiento por parte del peatón de los cruces erróneamente establecidos es mucho más fácil que en las vías con control total de accesos.

El tratamiento de peatones y ciclistas en las vías arteriales debe desarrollarse en los puntos siguientes:

- Delimitación de las áreas de uso peatonal limítrofes con la carretera o incluidas en la misma (caso de los bulevares con anchura suficiente).
- Determinación de los itinerarios peatonales actuales; longitudes, puntos de paso y características de los cruces en planta y perfil longitudinal.
- Esquema general de itinerarios longitudinales en la vía proyectada (uno o ambos márgenes de la carretera, por la mediana, delante o detrás de las vías de servicio, etc..)
- Disposición de los cruces transversales a nivel y desnivel.
- Estudio conjunto de itinerarios longitudinales y cruces transversales desde la persepectiva de los aumentos y reducciones de longitud.
- Definición detallada de la sección transversal, anchuras de acera, berma y elementos de separación entre peatones y automóviles.
- Definición detallada de los cruces de peatones.

6.2 Transporte colectivo

El transporte colectivo en una vía arterial suele seguir los siguientes criterios de ciculación y ubicación de paradas:

- En VAU-80, criterios similares a los de las vías rápidas, con especial énfasis en la creación de refugios para el vehículo, en áreas de parada, a costa de

5. La necesidad de clarificar el tráfico peatonal adquiere especial relevancia en las vías arteriales urbanas. Acceso al Musel. Gijón.

6. Acceso a Avila. Transición de una penetración hasta convertirse en vía urbana.

la zona de resguardo.

- En VAU-60 y resto de vías arteriales, criterios de viario urbano (circulación por el carril exterior y paradas en las inmediaciones de las intersecciones y pasos de peatones).

7 OTROS ELEMENTOS DE PROYECTO

7.1 PAVIMENTOS

La utilización en calzada de pavimentos distintos a los de las carreteras fuera de poblado es mayor cuanto mayor sea la integración urbana y menor la velocidad de proyecto.

No obstante, las intersecciones pueden y deben tratarse con pavimentos diferenciados, en especial si son continuidad de los de la vía transversal o marcan el inicio de un tramo urbano con características distintas.

7.2 DRENAJE

El drenaje de las vías arteriales dependerá del medio que atraviesen. En medios urbanos o donde se espera una consolidación urbanística de sus márgenes, se recomienda evitar el drenaje en superficie y acudir sistemas subterráneos cuya conexión a la red de alcantarillado urbano se deberá resolver en cada caso particular.

1. Longitudes de viajes inferiores a 10-20 Km. en el ámbito urbano. Esta cifra debe ser tomada con prudencia ya que la longitud de un viaje urbano estará ligada al tamaño de la ciudad en la que se realiza este viaje.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA BASICA

A.A.S.H.T.O. A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF HIGHWAYS AND STREETS, WASHINGTON, A.A.S.H.T.O. 1990.

AA.VV., ROADS IN URBAN AREAS. XVIII WORLD ROAD CONGRESS, DIVERSAS PONENCIAS. BRUSELAS, 1987.

C.E.T.U.R./A.D.T.S., VIVRE ET CIRCULER EN VILLE. LIVRE DES COMUNICATIONS, INTERVENCIONES DEL CONGRESO. PARIS, 1990.

C.E.T.U.R., CARREFOURS URBAINS CONCEPTION ET AMENAGEMENT. BAGNEUX (FRANCIA), 1978.

C.E.T.U.R. CATALOGUE DE DIFFUSEURS URBAINES FASE 1, 2, 3 (tres tomos), C.E.T.U.R. BAGENUX (FRANCIA), 1978.

C.E.T.U.R., INSTRUCTION SUR LES CONDITIONS TECHNIQUES D'AMENAGEMENT DESVOIES RAPIDES URBAINES (ICTAVRU). BAGNEUX (FRANCIA), 1990.

C.E.T.U.R., LES DISPOSITIFS DE PROTECTION POUR LES PIETONS, LES DOSSIERS DU CETUR (DOSSIER 9). BAGNEUX (FRANCIA), 1981.

C.E.T.U.R., CONCEPTION DES CARREFOURS A SENS GIRATOIRE IMPLANTES EN MILIEU URBAIN. BAGNEUX (FRANCIA), 1988.

DEPARTMENT OF TRANSPORT, TD 20/85: TRAFFIC FLOWS AND CARRIAGEWAY WIDTH ASSESSMENT, LONDRES, H.M.S.O., 1985.

DEPARTMENT OF TRANSPORT, ROADS AND TRAFFIC IN URBAN AREAS, H.M.S.O.LONDRES, 1987.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (M.O.P.T.), RECOMENDACIONES PARA LAREDACCION DE LOS ESTUDIOS DE CARRETERAS (1. EL ESTUDIO DE PLANEAMIENTO; 2. EL ESTUDIO PREVIO; 3. EL ESTUDIO INFORMATIVO; 4. EL PROYECTO DE TRAZADO; 5. EL PROYECTO DE CONSTRUCCION), MADRID, M.O.P.T., 1983.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (M.O.P.T.), RECOMENDACIONES PARA EL PROYECTO DE ENLACES, 1968.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (M.O.P.T.), RECOMENDACIONES PARA EL PROYECTO DE INTERSECCIONES, MADRID, 1987.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (M.O.P.T.), BORRADOR DE INSTRUCCION DE CARRETERAS 3.1-IC, MADRID, M.O.P.T., 1990.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (M.O.P.T.), TRAYECTORIAS DE GIRO DE VEHICULOS A BAJA VELOCIDAD, MADRID, M.O.P.T., 1988.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (M.O.P.T.), CIRCULAR 306/89 P y P SOBRE CALZADAS DE SERVICIO Y ACCESOS A VIAS DE SERVICIO, MADRID, M.O.P.T. 1989.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (M.O.P.T.), CIRCULAR 312/90 T Y P SOBRE MEDIANAS; MADRID, M.O.P.T., 1989.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (M.O.P.T.), BORRADOR DE LA INSTRUCCION DE CARRETERAS 8.1-I.C. «SEÑALIZACION VERTICAL», MADRID, M.O.P.T., 1990.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (M.O.P.T.), INSTRUCCION DE CARRETERAS 8.2- I.C. «SEÑALIZACION HORIZONTAL», MADRID, M.O.P.T.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (M.O.P.T.), *INSTRUCCION DE CARRETERAS 6.1-I.C. y 6.2-I.C. «FIRMES Y PAVIMENTOS»*, MADRID, M.O.P.T., 1990.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (M.O.P.T.), *RECOMENDACIONES SOBRE GLORIETAS, MADRID*, M.O.P.T., 1989.

DIRECCION GENERAL DE TRANSPORTES (COMUNIDAD AUTONOMA DE MADRID), RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE GLORIETAS EN CARRETERAS SUBURBANAS, MADRID, CONSEJERIA DE POLITICA TERRITORIAL DE LA C.A.M., 1989.

DIRECCION GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE (M.O.P.T.), GUIA METODOLOGICA PARA LA ELABORACION DE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL. TEMA 1: CARRETERAS Y FERROCARRILES, MADRID, M.O.P.T. 1989.

DIRECCION GENERAL DE TRANSPORTES (COMUNIDAD AUTONOMA DE MADRID), DISEÑO DE CARRETERAS EN AREAS SUBURBANAS. MADRID, 1991.

INSTITUTO NACIONAL DE LA ADMINISTRACION PUBLICA (INAP), CRITERIOS PARA EL DISEÑO Y PROYECTO DEL VIARIO URBANO. MADRID, 1989. (TRABAJO INEDITO).

Mc CLUSKEY, *EL DISEÑO DE VIAS URBANAS, GUSTAVO* GILI, MADRID, 1985.

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, INSTRUCTION SUR LES CONDITIONS TECHNIQUES D'AMENAGEMENT DES VOIES RAPIDES URBAINES (I.C.T.A.V.R.U.), BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1990.

M.O.P.T., SANZ SA, J. M., EL RUIDO, MADRID, SECRETARIA GENERAL DE MEDIO AMBIENTE (M.O.P.T.), 1990.

PUBLIC ROADS ADMINISTRATION. DIRECTORATE OF PUBLIC ROADS. NORWAY, ROAD SYSTEM AND ROAD STANDAR., PROPOPOSAL FOR REVISION OF ROAD SYSTEM DESIGN POLICY MANUALS. 1985.

R.T.A.C., MANUAL OF GEOMETRIC DESIGN STRANDARS FOR CANADIAN ROADS, OTAWA, 1986.

RUIZ DE LA TORRE, CATALOGO DE ESPECIES VEGETALES A UTILIZAR EN PLANTACIONES DE CARRETERAS, M.O.P.T., 1990.

SANCHEZ, V., MANUAL DE DISEÑO ANTIRUIDO EN CARRETERAS, MADRID, ASOCIACION ESPAÑOLA DE CONGRESOS, 1984.

SOSSLAU A. ET ALT., QUICK-RESPONSE URBAN TRAVEL ESTIMATION TECHNIQUES AND TRANSFERABLE *PARAMETERS USER'S GUIDE, WASHINGTON D.C.*, T.R.B., 1978.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, MANUAL DE CAPACIDAD DE CARRETERAS, ED. ESPAÑOL: M.O.P.T., MADRID, 1987.

VEREINIGUNG SCHWEZERISCHER STRASSENFACHLEUTE/ UNION DES PROFFESIONELS SUISSES DE LA ROUTE (V.S.S.), SCHWEISER NORM S.N. 640 280, S.N. 640 281, S.N. 640 282, S.N. 640 283 Y S.N. 640 284, VERKEHRSBERUHIGUNG/MODERATION DU TRAFIC; ZURICH, V.S.S., 1985.

VEREINIGUNG SCHWEZERISCHER STRASSENFACHLEUTE/ UNION DES PROFFESIONELS SUISSES DE LA ROUTE (V.S.S.), NORME SUISSE DES ROUTES, ZURICH, V.S.S., 1985.

OTRA BIBLIOGRAFIA DE INTERES

A.A.S.H.O., A GUIDE FOR HIGHWAY LANDSCAPE AND *ENVIRONMENTAL DESIGN; WASHINGTON D.C.*, A.A.S.H.O., 1970.

A.A.S.H.O., A POLICY ON GEOMETRIC DESIGN OF URBAN HIGHWAYS AND ARTERIAL STREETS; WASHINGTON D.C., A.A.S.H.O., 1973.

A.A.S.H.T.O., A GUIDE FOR HIGHWAY LANDSCAPE AND ENVIROMENTAL DESIGN, WASHINGTON D.C., A.A.S.H.T.O., 1970.

AA.VV., THE FREEWAY IN THE CITY. PRINCIPLES OF PLANNING AND DESIGN; WASHINGTON D.C., U.S. GOVERNMENT, 1968.

AA.VV., URBANISME N° 217. NUMERO MONOGRAFICO «ROUTE ET DEVELOPEMENT URBAIN; BOULEVARDS DE L'AN 2000»; JANVIER 1987.

AA.VV., THE NO-ACTION ALTERNATIVE. IMPACT ASSESSMENT GUIDELINES; NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM (N.C.H.R.P.) REPORT N° 217; WASHINGTON D.C., TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 1979.

A.I.P.C.R. Subcomité de Dinamarca, THROUGH TRAFFIC IN SMALL TOWNS, 1990.

A.I.P.C.R., REDUCTION OF CAR TRAFFIC IN CITY CENTERS, REVISTA ROUTES/ROADS. PARIS, 1990.

A.I.P.C.R., THE URBAN NETWORK DESIGN, REVISTA ROUTES/ROADS. PARIS, 1991.

ALEXANDER, ISHIKAWA Y SILVERSTEIN, UN LENGUAJE DE PATRONES, GUSTAVO GILI, 1980.

ANDERSON, CALLES.PROBLEMAS DE ESTRUCTURA Y DISEÑO, GUSTAVO GILI. MADRID, 1981.

APPLEYARD, DONALD, LIVABLE STREETS, UNIV. CALIFORNIA, 1981.

APPLEYARD, DONALD; LYNCH, KEVIN, THE VIEW FROM THE ROAD, CAMBRIDGE, M.I.T. PRESS, 1964.

AYUNTAMIENTO DE MADRID. OFICINA MUNICIPAL DEL PLAN, RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DEL VIARIO. MADRID, 1984. A.V.E.: CIRCULATION ET ENVIRONNEMENT URBAIN, A.V.E., 1990.

BELLO-MORALES, A., TRATAMIENTO ESTETICO, PAISAJISTICO Y FUNCIONAL DE LAS CARRETERAS, 1986.

BOEMINGHAUS, PAVIMENTOS Y LIMITES URBANOS, GUSTAVO GILI, 1984.

THE BRITISH TRUST FOR CONSERVATION, FOOTPATHS. A PRACTICAL CONSEVATION HANDBOOK, 1983.

CARTWRIGHT, R.M., THE DESIGN OF URBAN SPACE. THE ARCHITECTURAL PRESS LTD. LONDRES, 1990.

C.E.T.U.R., EVOLUTION DES CARACTERISTIQUES DES DEPLACEMENTS EN MILIEU URBAIN, BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1977.

C.E.T.U.R., ETUDE D'ENVIRONNEMENT, BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1978.

C.E.T.U.R., ETUDES D'IMPACT DES PROJETS ROUTIERS EN MILIEU URBAIN. (DIRECTIVE ET ANNEXE 1); BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1979.

C.E.T.U.R., ILUSTRATION D'UNE DEMARCHE D'AMENAGEMENT, BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1980.

C.E.T.U.R., BRUIT ET FORMES URBAINES, BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1981.

C.E.T.U.R./S.T.U., GUIDE POUR LA CONCEPTION DE L'ECLAIRAGE PUBLIC EN MILIEU URBAIN, BAGNEUX, C.E.T.U.R, 1981.

C.E.T.U.R., LES EPURES DE GIRATION, LES DOSSIERS DU C.E.T.U.R. (DOSSIER 10), BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1981.

C.E.T.U.R., AMENAGEMENTS PAYSAGERS DES VOIRIES URBAINES, LES DOSSIERS DU C.E.T.U.R. (DOSSIER 15), BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1982.

C.E.T.U.R., LA RN 152 ETUDES PREALABLES A SON AMENAGEMENT, BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1982.

C.E.T.U.R., LE PROFIL EN TRAVERS, LES DOSSIERS DU C.E.T.U.R. (DOSSIER 16), BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1982.

C.E.T.U.R. ACOUSTIQUE ET VEGETATION, LES DOSSIERS DU CETUR (DOSSIER 17), BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1983.

C.E.T.U.R./CETE, LA RN7 DANS LA PERIPHERIE NORD DE CORBEIL-ESSONNES, BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1983.

C.E.T.U.R., SECURITE DES PIETONS LORS DE LEUR TRAVERSEE DE CHAUSSEES, LES DOSSIERS DU C.E.T.U.R. (DOSSIER 21), BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1983.

C.E.T.U.R., VOIES EN ENTREE D'AGLOMERATION, BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1983.

C.E.T.U.R., CARREFOURS A FEUX, LES DOSSIERS DU C.E.T.U.R. (DOSSIER 25), BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1985.

C.E.T.U.R., PAYSAGE POUR UNE ROCADE, BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1986.

C.E.T.U.R., PROGRAMMATION DES OPERATIONS DE TRANSPORT EN MILIEU URBAIN. VILLETEMOIN, BAG-

NEUX, C.E.T.U.R., 1973.

C.E.T.U.R., RESULTATS DE BASE DES ENQUETES MENAGES, BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1986.

C.E.T.U.R., CARREFOURS A FEUX, BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1988.

C.E.T.U.R./IVF, VOIRIE URBAINE, GUIDE GENERAL DE LA VOIRIE URBAINE, BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1988.

C.E.T.U.R., CHEMINEMENT PIETONNIER URBAIN, BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1989.

C.E.T.U.R., LES ETUDES DE PREVISION DE TRAFIC EN MILIEU URBAIN, BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1989.

C.E.T.U.R., REALISATION D'ECRANS ACOUSTIQUES, BAGNEUX, C.E.T.U.R., 1989.

C.E.T.U.R. SIGNALISATION DE DIRECTION EQUIPEMENT D'UNE AGGLOMERATION, BAGNEUX, C.E.T.U.R. 1989.

COURBIS, R. MULTIREGIONAL MODELING, XV REUNION DE ESTUDIOS REGIONALES, GAMA, 1989.

DEPARTMENT OF TRANSPORT, DEPARTMENTAL STANDARD TD 9/81. ROAD LAYOUT AND GEOMETRY; HIGHWAY LINK DESIGN (AND AMENDMENT 1/198); LONDRES, DEPARTMENT OF TRANSPORT, 1989 (1981); 70 PAGS.

DEPARTMENT OF TRANSPORT, DEPARTMENTAL ADVICE NOTE TA 43/84. HIGHWAY LINK DESIGN; LONDRES, DEPARTMENT OF TRANSPORT, 1986; 70 PAGS.

DIPUTACION DE BARCELONA, IDEAS PARA UN NUEVO CONCEPTO DE DISEÑO Y DE USO DE LAS TRAVESIAS DE LA RED PROVINCIAL. BARCELONA, 1990.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (M.O.P.T.), RECOMENDACIONES PARA LA REDACCION DE LOS PROYECTOS DE PLANTACIONES, MADRID, M.O.P.T., 1984.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (M.O.P.T.), CATALOGO DE OPERACIONES DE CONSERVACION DE CARRETERAS, MADRID, M.O.P.T., 1986.

DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE, GUIDE ENVIRONNEMENT PAYSAGE, PARIS, MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, 1974.

DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE, LES PLANS D'INVESTISSEMENTS EN MILIEU URBAIN, PARIS, MINISTERE DE L'EQUIPEMENT, 1974.

DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE, INSTRUCTION SUR LES METHODES D'EVALUATION DES EFFETS ECONOMIQUES DES INVESTISSEMENTS ROUTIERS EN RASE CAMPAGNE, PARIS, MINISTERE DES TRANSPORTS, 1980.

DIRECTION DES ROUTES ET DE LA CIRCULATION ROUTIERE, LES CARREFOURS PLANS SUR ROUTES INTERURBAINES, PARIS, MINISTERE DES TRANSPORTS, 1980.

DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, LAYOUT OF HOUSING ROADS, LONDRES, H.M.S.O., 1988.

DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, RESIDENTIAL ROADS AN FOOTPATHS, LONDRES, H.M.S.O., 1966.

DEPARTMENT OF TRANSPORT, TRAFFIC NOISE: THE VEHICLE REGULATIONS AND THEIR ENFORCEMENT, LONDRES, H.M.S.O., 1972.

DEPARTMENT OF TRANSPORT, DEPARTMENTAL STANDARS, ADVICE NOTES AND TECHNICAL MEMORANDA, LONDRES, 1983.

DEPARTMENT OF TRANSPORT, THE M-25 ORBITAL MOTORWAY AROUND LONDON, LONDRES, H.M.S.O. 1986.

DEPARTMENT OF TRANSPORT, TRANSPORT AND THE ENVIRONNEMENT PAYSAGE, LONDRES, H.M.S.O. 1987.

DEPARTMENT OF TRANSPORT, URBAN ROAD APPRAISAL, LONDRES, H.M.S.O, 1985.

DIRECION GENERAL DE CARRETERAS (M.O.P.T.), EVALUACION VISUAL DE FIRMES, MADRID, M.O.P.T. 1981.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (M.O.P.T.), CATALOGO DE DETERIORO DE FIRMES, 1986.

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS (M.O.P.T.), ESTUDIOS DE PLANEAMIENTO, MADRID, M.O.P.T., 1984.

DIRECTION DEPARTAMENTALE DE L'EQUIPEMENT, PROGAMMATION DES OPERATIONS DE VOIRIE ET DE TRANSPORT EN MILIEU URBAIN 7 PLAN, DOSSIER D'AGGLOMERATION, 1974.

DUGUET, LES MURS DE SOUTENEMENT, C.E.T.U.R. 1989.

E.T.T./ INITEC, CRITERIOS URBANISTICOS PARA EL ANALISIS Y LA RACIONALIZACION DEL TRAFICO EN LAS CIUDADES, MADRID, I.T.U.R./M.O.P.T., 1989.

EQUIPO DE URBANISMO Y ARQUITECTURA, RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DEL VIARIO, 1984.

ESCARIO, JOSE LUIS, CAMINOS, 0000.

EUROPEAN CONFERENCE OF MINISTERS TRANS, EUROPEAN RULES CONCERNING ROAD TRAFFIC SIGNS AND SIGNALS, 1974.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (F.H.W.A.), HIGHWAY FUNCTIONAL CLASSIFICATION: CONCEPTS, CRITERIA, AND PROCEDURES; WASHINGTON D.C., U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE, 1974.

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN (F.G.S.V.), E.A.E. 85; COLONIA, F.G.S.V., 1985.

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN (F.G.S.V.), RICHTLINIEN FÜR DIE ANLAGE VON STRASSEN (R.A.S.- L1); COLONIA, F.G.S.V., 1988.

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN (F.G.S.V.), EMPFEHLUNGEN ZUR STRASSENRAUMGESTALTUNG INNERHALB BEBAUTER GEBIETE (E.S.G. 87), COLONIA, F.G.S.V., 1987.

GAMBLE, H.B. DAVINROY, T.B., «BENEFICIAL EFFECTS ASSOCIATED WITH HIGHWAY CONSTRUCTION. ENVIRONMENTAL, SOCIAL, AND ECONOMIC»; NATIONAL-COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM (N.C.H.R.P.) REPORT N° 193; WASHINGTON D.C., TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, 1978.

HEINEMANN, REINHARD (RFA), ROADS IN URBAN AREAS XVIII WORLD ROAD CONGRES- BRUSSELS, 1987.

HERRERO, A., EXPERIENCIA DE DISEÑO DE GLORIETAS EN LA C.A.M., MADRID, CONSEJERIA DE POLITICA TERRITORIAL (C.A.M.), 1989.

HIMANEN VELI, ROADS IN URBAN AREAS. XVIII WORLD ROAD CONGRES (BRUSELAS), BRUSELAS, A.I.P.C.R., 1987.

HOMBURGER ET AL., RESIDENTIAL STREET DESIGN AND TRAFFIC CONTROL. LONDRES, 1989.

I.T.U.R., INTRODUCCION AL DISEÑO URBANO, MADRID, M.O.P.T., 1986.

L.C.P.C./C.E.T.U.R./I.V.F., INTERVENTIONS SUR VOIRIES URBAINES, 1989.

INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS, ORBITAL MOTORWAYS (ACTAS DEL CONGRESO INTERNACIONAL). STRATFORD UPON AVON, 1990.

MAIRIE DE BORDEAUX, VIVRE ET CIRCULER EN VILLE. ACTAS DEL CONGRESO. BORDEAUX, 1991.

MANCHON, F. Y SANTAMERA, J., MANUAL PARA EL DISEÑO Y PROYECTO DEL VIARIO URBANO., MADRID, CENTRO DE ESTUDIOS URBANOS, 1987.

MC CLUSKEY, PARKING.MANUAL DE DISEÑO AMBIENTAL. GUSTAVO GILI, 1990.

MINISTERE DES TRANSPORTS, «MILIEU URBAIN» EN CYCLE D'ETUDE 1979, LA ROUTE ET L'ENVIRONNEMENT (THEME 1A: ETUDES PREALABLES; THEME 1B: ETUDES DE DETAIL; THEME 2A: BRUIT; THEME 2B: INSERTION VISUELLE); BAGNEUX, S.E.T.R.A., 1979.

MINISTERE DE L'URBANISME, DU LOGEMENT ET DES TRANSPORTS, «LES VOIES RAPIDES URBAINES» EN CYCLE D'ETUDES «SECURITE ET INFRASTRUCTURES ROUTIERES»; PARIS, M.U.L.T., 1986.

MULLER, A., ROADS IN URBAN AREAS. XVIII WORLD ROAD CONGRES (BRUSELAS), BRUSELAS, A.I.P.C.R. 1987.

THE NATIONAL BOARD OF PHYSICAL PLANNING, GENERAL GUIDELINES FOR PLANNING AND URBAN TRAFFIC NETWORKS, 1982.

ORBITAL MOTOR WAYS, PONENCIAS DEL CONGRESO ORGANIZADO POR LA ASOCIACION DE INGENIEROS CIVILES INGLESA, STRATFORD UPON AVON. GRAN BRETAÑA, 1990.

PAYNE-MAXIE CONSULTANTS; BLAYNEY-DYETT, THE LAND USE AND URBAN DEVELOPMENT IMPACTS OF BELTWAYS (CASE STUDIES, GUIDEBOOK, SUMMARY & FINAL REPORT); WASHINGTON D.C., U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 1980.

PEDERSEN N. J. & SAMDAHL D.R. JHK & ASS., HIGHWAY TRAFFIC DATA FOR URBANIZED AREA PROJECT PLANNING AND DESIGN, WASHINGTON D.C., T.R.B. 1982.

RAUMORDNUNG, TEMPO 30. STATEBAULICHE AUSWIRKINGEN, 1989.

SANTIAGO,S, CLIMAS DE RUIDO DE TRAFICO EN MADRID, C.I.F., 0000.

SCOTTISH DEVELOPMENT DEPARTMENT, URBAN TRAFFIC ENGINEERING TECHNIQUES, 1966.

S.E.T.R.A., CARREFOURS GIRATOIRES, BAGNEUX, S.E.T.R.A., 19__

S.E.T.R.A./C.E.T.U.R./A.C.E., VOIES POUR LA COMMUNICATION, BAGNEUX, S.E.T.R.A., 1984.

S.E.T.R.A., INSTRUCTION GENERALE SUR LES CONDITIONS TECHNIQUES D'AMENAGEMENT DES VOIES RAPIDES URBAINES, BAGNEUX, S.E.T.R.A., 1968.

S.E.T.R.A., CONDITIONS TECNIQUES D'AMENAGEMENT DES VOIES RAPIDES URBAINES VRU-MP 69, BAGNEUX, S.E.T.R.A., 1969.

S.E.T.R.A., GUIDE DU BRUIT DE ROUTES URBAINES ET DE SES IMPLICATIONS TECHNIQUES, BAGNEUX, S.E.T.R.A., 1972.

S.E.T.R.A. LES VOIES URBAINES, BAGNEUX, S.E.T.R.A. 1975.

S.E.T.R.A., LES VOIES URBAINES. GUIDE TECHNIQUE, BAGNEUX, S.E.T.R.A., 1975.

S.E.T.R.A., CONDITIONS TECNIQUES D'AMENAGEMENT DES VOIES RAPIDES URBAINES. DISPOSITIFS DE SORTIE ET D'ENTREE SUR CHAUSSEE SEPAREE, BAGNEUX, S.E.T.R.A., 1979.

S.E.T.R.A., EFFECTS DE LA VEGETATION SUR LA PROPAGATION DES POLLUANTS, BAGNEUX, S.E.T.R.A., 1983.

S.E.T.R.A., UN OUTIL DE GESTION INFORMATISE DU RESEAU ROUTIER NATIONAL, BAGNEUX, S.E.T.R.A. 1987.

VALDES, A., INGENIERIA DE TRAFICO, 1978.

VELOSO PINTO, JOSE AUGUSTO, ROADS IN URBAN AREAS. XVIII WORLD ROAD CONGRES (BRUSELAS), A.I.P.C.R., BRUSELAS, 1987.

VOIGT, WERNER (RDA), ROADS IN URBAN AREAS. XVIII WORLD ROAD CONGRES (BRUSELAS), A.I.P.C.R., BRUSELAS, 1987.

YVELINES, SECURITE ROUTIERE EN MILIEU URBAIN, 1988.

Reseñas bibliograficas

A. EL PLANEAMIENTO DE REDES VIARIAS URBANAS.

1. Department of Transport; Roads and Traffic in Urban Areas; Londres, H.M.S.O., 1987.

2. A.A.S.H.T.O. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets; Washington, 1984.

3. M.O.P.T. El estudio informativo; Madrid, 1984.

4. M.O.P.T. El estudio previo; Madrid, 1984.

5. A.A.S.H.O. A Policy on Geometric Design of Urban Highways and Streets; Washington, 1973.

6. AA.VV. The Freeway in the City. Principles of Planning and Design; Washington D.C., U.S. Government, 1968; 141 págs.

7. PAYNE-MAXIE Consultants; BLAYNEY-DYETT; The Land Use and Urban Development Impacts of Beltways (case studies, guidebook, summary & final report); Washington D.C., U.S. Department of Transportation, 1980

8. Federal Highway Administration (F.H.W.A.); Highway Functional Classification: Concepts, Criteria, and Procedures; Washington D.C., U.S. Government Printing Office, 1974.

B. CONCEPCION GLOBAL DE UNA CARRETERA URBANA.

1. A.A.S.H.T.O. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets; Washington, 1984.

2. A.A.S.H.O. A Policy on Geometric Design of Urban Highways and Streets; Washington, 1973.

3. C.E.T.U.R. Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines. Bagneux, C.E.T.U.R., 1.990.

4. M.O.P.T. El estudio informativo; Madrid, 1984.

5. M.O.P.T. El estudio previo; Madrid, 1984.

6. Transportation Research Board; Manual de Capacidad de Carreteras; Edición Española del «Highway Capacity Manual»; A.I.P.C.R., Madrid, 1.987.

7. Ministère de l'Urbanismo, du Logement et des Transports; «Les Voies Rapides Urbaines» en Cycle d'études» Sécurité et Infrastructures Routières»; París, M.U.L.T., 1986; 116 págs.

C. ELEMENTOS DE PROYECTO.

1. F.G.S.V.; E.A.E. 85; Colonia, F.G.S.V., 1985.

2. F.G.S.V.; Richtlinien für die Anlage von Strassen (R.A.S.- L1); Colonia, F.G.S.V.

3. M.O.P.T. Instrucción de Carreteras 3.1.-I.C., «Trazado»; Madrid, 1.990 (Borrador).

4. Vereinigung Schwezerischer Strassenfachleute (V.S.S.); Schweiser Norm S.N. 640 280, S.N. 640 281, S.N. 640 282, S.N. 640 283 y S.N. 640 284, Verkehrsberuhigung/Modération du trafic; Zurich, V.S.S., 1984.

5. Department of Transport; Departmental Standard TD 9/81. Road Layout and Geometry; Highway Link Design (and Amendment 1/198); Londres, Department of Transport, 1989 (1981); 70 págs.

6. Department of Transport; Departmental Advice Note TA 43/84. Highway Link Design; Londres, Department of Transport, 1986; 70 págs.

D. IMPACTOS AMBIENTALES.

1. A.A.S.H.T.O. A Guide for Highway Landscape and Environmental Design; Washington, A.A.S.H.O., 1970.

2. C.E.T.U.R.; Etudes d'Impact des Projets Routiers en milieu urbain. (Directive et Annexe 1) Bagneux, C.E.T.U.R., 1979.

3. Department of Transport; Urban Road Appraisal.

4. F.G.S.V.; E.S.G.87; Colonia, F.G.S.V., 1987.

5. GAMBLE, H.B.; DAVINROY, T.B.; «Beneficial Effects Associated with Highway Construction. Environmental, Social, and Economic»; National Cooperative Highway Research Program (N.C.H.R.P.) Report N° 193; Washington D.C., Transportation Research Board, 1978; 110 págs.

6. Urbanisme N° 217. Número monográfico «Route et dévelopement urbain; boulevards de l'an 2000»; Janvier 1987.

7. Ministère des Transports; «Milieu Urbain» en Cycle d'étude 1979, la Route et l'Environnement (Thème 1a: études préalables; Thème 1b: études de détail; Thème 2a: bruit; Thème 2b: insertion visuelle); Bagneux, S.E.T.R.A., 1979.

8. AA.VV.; The No-Action Alternative. Impact Assessment Guidelines; National Cooperative Highway Research Program (N.C.H.R.P.) Report N° 217; Washington D.C., Transportation Research Board, 1979; 110 págs.

9. APPLEYARD, Donald; LYNCH, Kevin; The View from the Road, Cambridge, M.I.T., 1964.

FICHAS BIBLIOGRAFICAS

FICHA N° 1

C.E.T.U.R. Instruction sus les Conditions Techniques d'Aménagement des Voies Rapides Urbaines (I.C.T.A.V.R.U.); Bagneux, C.E.T.U.R., 1990.

Esta publicación sustituye a la I.C.T.A.V.R.U. de 1968. Sus principales novedades son la introdución de un documento denominado «programa» concebido como una reflexión sobre los objetivos del proyecto y la consideración del impacto ambiental de la vía dentro de los elementos técnicos del proyeto.

La Instrucción es de obligada aplicación a la Vías Rápidas con carácter urbano realizadas por el Estado.

El contenido de la Instrucción se estructura en dos títulos: «Etablissement du Programme» y «Eléments Techniques du Projet». El primero recoge todos los elementos necesarios para establecer las «grandes líneas» y el marco de desarrollo del proyecto. El segundo permite definir totalmente el proyecto desde el punto de vista técnico: trazado y sección transversal, impactos ambientales, ocupación del suelo, equipamiento de la carretera y obras de paso. Incluye unas recomendaciones para el caso en que se prevea una ejecución por fases y unas indicaciones para el caso en que no sea posible mantener las características de la vía rápida.

Cada uno de los capítulos contiene una bibliografía específica. Las referencias son, generalmente, francesas y suelen referirse a Instrucciones y recomendaciones para carreteras fuera de poblado y estudios sobre viario urbano.

El título primero (establecimiento del programa) pone el acento en las cuestiones siguientes:

- Conveniencia de establecer, en un documento escrito, cuáles son los objetivos que persigue la actuación.
- Necesidad de que este documento se elabore con la participación de todos los afectados: administraciones locales, usuarios, propietarios de zonas colindantes, etc. y de todos los técnicos involucrados en el proyecto (ingenieros, arquitectos, urbanistas).
- Este programa, más que un documento, se concibe como una reflexión permanente durante todas las fases de elaboración del proyecto.

El programa establece la funcionalidad de la futura vía, dado el marco en el que se tomarán en el futuro todas las decisiones sobre el proyecto y asegura la coordinación entre todos los implicados.

Dentro del título segundo, las novedades más importantes son los siguientes:

- El apartado dedicado a intersecciones y enlaces realiza unas recomendaciones sobre las ventajas e inconvenientes de cada solución en medio urbano.
- El apartado sobre Impactos distingue dos fases: el «estudio de paisaje, dentro de los estudios previos, donde se incluyen consideraciones de tipo sociológico, y el «estudio de ordenación paisajística» donde se recogen las actuaciones concretas a realizar en la solución técnica finalmente adoptada.
- El apartado sobre ocupación del suelo contiene unas recomendaciones muy interesantes sobre la determinación de la zona a ocupar y su gestión.
- El apartado sobre equipamientos de la carretera incluye aquellos equipos para la gestión del tráfico (equipos de señalización variable, información al usuario, etc). Se establecen cuatro niveles de información creciente al conductor, con una tabla de criterios para seleccionar el nivel adecuado a cada caso.

FICHA N° 2

Institution of Highways and Transportation, Department of

Transport; Roads and Traffic in Urban Areas; 1987.

Esta publicación sustituye a «Roads in Urban Areas» (1966) y a «Urban Traffic Engineering Techniques» (1965). La revisión ha pretendido hacer frente a las nuevas necesidades del transporte urbano (desarrollo de la periferia, incremento del tráfico y de los conflictos vehículo- peatón, etc).

Este manual no ha sido elaborado por el Department of Transport, por lo que no es de obligado cumplimiento ni siquiera en las carreteras dependientes de este organismo.

En el contenido de la Instrucción cabe distinguir tres grandes apartados. El primero (partes 1 y 2) se refiere a aspectos generales de legislación y planificación del transporte. Por consiguiente, se consideran aquí otros modos de transporte urbano además de la carretera. El segundo (partes 3 y 4) recoge elementos de ingeniería de tráfico. Finalmente, la parte 5 se refiere a los elementos de proyecto de carreteras urbanas. Cada uno de los capítulos contiene una bibliografía específica en la que se incluyen por una parte, las referencias citadas en el texto y, por otra, otras publicaciones que permiten profundizar en esos aspectos del proyecto.

Los elementos de planeamiento y proyecto de carreteras urbanas abordados en este documento son los siguientes:

• Proyecto de viario en zonas urbanas residenciales, comerciales e industriales de nueva construcción (parte 4).

• La planificación de las carreteras urbanas (parte 5, capítulo 35). Se recoge el procedimiento legal para la aprobación de un proyecto.

•Los elementos del proyecto (parte 5, capítulo 34). Se establecen aquí los criterios generales a tener en cuenta en cada uno de los elementos del proyecto (trazado, intersecciones, peatones, entorno, etc.).

• Elementos de la Sección Transversal (bordillos, anchura de carriles,etc. con estudio de situaciones tan particulares del medio urbano como los carriles reversibles o las aceras.

• En otros aspectos (trazado, enlaces, equipamiento de la carretera, etc), el documento se limita prácticamente a remitir al proyectista a la Normativa del Department of Transport. No obstante, se introducen algunas recomendaciones sobre las especificidades del medio urbano.

FICHA Nº 3

A.A.S.H.T.O. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets; Washington D.C., A.A.S.H.T.O., 1984.

En esta publicación se recogen, actualizadas, recomendaciones técnicas que hasta entonces habían sido objeto de documentos específicos.

Las recomendaciones del documento son aplicables a todo tipo de viario, desde la red Interestatal hasta carreteras locales o calles, siempre que se trate del proyecto de nuevas vías o de modificaciones sustanciales en una vía ya existente.

La amplitud de su aplicación hace que el documento sea bastante flexible en los valores que preconiza para las dimensiones críticas de la carretera.

El documento contiene los criterios de tipo geométrico para el proyecto del viario urbano. Sin embargo, en lo referente al Planeamiento Urbano y algunas otras cuestiones del proyecto, siguen siendo de aplicación las prescripciones del documento anterior: «A Policy on Design of Urban Highways and Arterial Streets», de 1973.

El documento insiste en la necesidad de integrar el proyecto de la carretera en el marco de un Plan de Transportes y un Planeamiento Urbano. Por otra parte, se enfatiza la necesidad de favorecer el uso de los corredores de transporte por parte de los «otros usuarios»: peatones, ciclistas y vehículos de transporte público.

Cada uno de los capítulos recoge una amplia bibliografía (exclusivamente estadounidense) sobre dicho tema. El documento incluye un índice temático.

La estructuración del documento parte de una clasificación funcional del viario (capítulo 1), distinguiéndose entre vías arteriales (principales y secundarias), colectoras y locales (diferenciándose en todos los casos según sean urbanas o fuera de poblado). Aunque desde un punto de vista funcional la autopista es una vía arterial principal, se considera como un tipo independiente.

La clasificación funcional pone el acento en el papel de la vía dentro del sistema de transporte (núcleos que une, tipo de viajes a los que sirve, etc.), por lo que la velocidad de proyecto y el nivel de servicio a adoptar se establecen a partir de la función de la vía y no a partir del volumen de tráfico previsto.

Los capítulos 2, 3 y 4 recogen elementos comunes a todos los tipos de vía.

El capítulo 2 contiene los criterios de proyecto (en cuanto a características de los vehículos, comportamiento del conductor, estudios de tráfico y de capacidad, control de accesos, peatones y ciclistas, seguridad y, muy de pasada, evaluación económica y medio ambiental.

El capítulo 3 recoge los elementos fundamentales del trazado: visibilidad, trazado en planta y en alzado, etc.

El capítulo 4 se dedica a la sección transversal, incluyendo algunos elementos característicos del vario urbano, tal como aceras, vías de servicio, control del ruido, pasos de peatones, autobuses, etc.

Los capítulos 5 a 8 se dedican a cada uno de los tipos de vía establecidos en el capítulo primero. En cada uno de ellos se distingue según la vía sea urbana o no. Los capítulos 7 (arterias) y 8 (autopistas) se refieren al tipo de vario más en relación con el contenido de estas recomendaciones.

El capítulo 7 resalta la importancia de estas vías como elementos de paso de un entorno rural a otro urbano. Se realizan una serie de recomendaciones específicas sobre todos los elementos del proyecto. Se presta especial atención, con numerosos ejemplos, al problema del control de accesos y a las posibles actuaciones en conexión con la regulación del tráfico.

El capítulo 8 recoge una serie de consideraciones de interés sobre las singularidades de las autopistas respecto al resto del vario. De gran interés resultan las recomendaciones de proyecto, en las que se hace una clasificación según la autopista vaya elevada sobre el terreno, en trinchera o enterrada, a nivel o esté formada por tramos de diferentes tipos. Se recogen también algunos tipos de diseño singulares, como las autopistas con carriles reversibles o las autopistas formadas por cuatro o más calzadas. También resulta de sumo interés las cuestiones sobre el

diseño en relación a algunas actuaciones de gestión del tráfico (carriles H.O.V., uso conjunto del corredor por el transporte público, etc).

Los dos últimos capítulos se dedican al proyecto de intersecciones a nivel (capítulo 9) y de enlaces (capítulo 10). Se establecen los criterios a tener en cuenta a la hora de proyectar estos elementos y se discuten con gran detalle las diferentes soluciones existentes.

FICHA Nº 4

A.A.S.H.O. A Policy on Design of Urban Highways and Arterial Streets; Washington D.C., A.A.S.H.O., 1973.

Esta publicación actualiza un documento de 1957 (A Policy on Arterial Highways in Urban Areas) que quedó obsoleto por las nuevas exigencias de los sistemas de transporte urbanos.

Las recomendaciones del documento son aplicables a todo tipo de viario urbano, desde la red Interestatal hasta carreteras locales o calles, exclusivamente en lo referente a aquellos puntos no contemplados en la publicación de la A.A.S.H.T.O. «A Policy on Geometric Design of Highways and Streets», de 1984. Estos puntos son, principalmente, los referentes al Planeamiento Urbano y de Transportes y cuestiones de evaluación de alternativas tales como calidad visual, consideración del entorno, etc. Las cuestiones de proyecto se encuentran contenidas en la publicación de 1984.

El documento se estructura en un resumen introductorio y tres partes, dedicadas a cada una de las fases hasta la definición de la nueva vía: la Planificación del Transporte, la definición del trazado de la vía (selección entre alternativas) y el Proyecto de la carretera.

El objetivo de la primera parte es presentar de manera resumida los principios, objetivos y procedimientos del Planeamiento. El proyecto de una carretera urbana debe enmarcarse dentro de un Plan de Transporte elaborado de acuerdo con el Planeamiento Urbano. Dentro de esta parte, el capítulo C recoge el proceso para la elaboración de un Plan de Transporte, comentando los datos que son necesarios considerar, los modelos de transporte y las proyecciones. El resto de este apartado resulta muy específico de la realidad EE.UU. y tiene escasa aplicación práctica para otros países.

La parte segunda recoge los criterios a tener en cuenta en el estudio de alternativas para la carretera urbana. El contenido de mayor interés son las consideraciones sobre la calidad visual del trazado (capítulo D) y sobre las posibilidades de desarrollo de operaciones urbanas aprovechando la realización de la nueva carretera («joint development»). Las recomendaciones para los estudios de entorno y evaluación de las alternativas resultan excesivamente concisas.

Cada capítulo contiene un número apreciable de referencias bibliográficas (siempre estadounidenses) sobre el tema abordado.