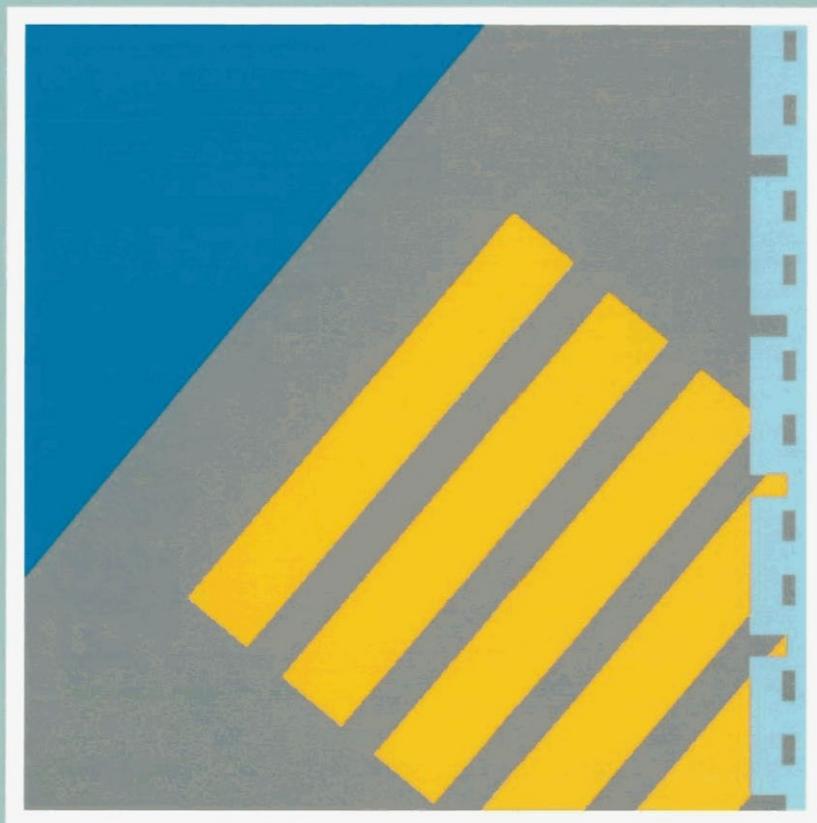


serie normativas

Documento resumen



Carreteras urbanas

Recomendaciones para
su planeamiento y proyecto

MOPT

Ministerio de Obras Públicas y Transportes
Dirección General de Carreteras

CARRETERAS URBANAS

RECOMENDACIONES PARA SU PLANEAMIENTO Y PROYECTO

D O C U M E N T O R E S U M E N



Ministerio de Obras Públicas y Transportes

Secretaría General para las Infraestructuras del Transporte Terrestre

Dirección General de Carreteras

Madrid 1993

- DIRECCION Jesús Rubio
Dirección General de Carreteras, MOPT
- CONSULTORES 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 Dobрева, 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 del IDEAM por haber autorizado la publicación de fotografías propias sobre distintas carreteras urbanas, incluidas en este libro.

EDITA: Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica.
Ministerio de Obras Públicas y Transportes

DISEÑO Y MAQUETACION: Experimenta, S.L.

DISEÑO DE CUBIERTA: Carmen G. Ayala

DELINEACION DE GRAFICOS: Javier Rodríguez

I.S.B.N. 84-7433-890-5

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

DEPOSITO LEGAL: M-11731 - 1993

CARRETERAS URBANAS

RECOMENDACIONES PARA SU PLANEAMIENTO Y PROYECTO

D O C U M E N T O R E S U M E N

INDICE

PRESENTACION, 7

INTRODUCCION, 9

1. EL PLANEAMIENTO DE CARRETERAS EN MEDIO URBANO, 11

- 1.1 ¿Qué es una carretera urbana?
- 1.2 Grupos básicos
- 1.3 Medio atravesado
- 1.4 Niveles de planeamiento
- 1.5 El estudio de planeamiento viario: Criterios generales
- 1.6 El corredor viario: alternativas de trazado
- 1.7 El proyecto viario: dimensionamiento por tráfico
- 1.8 El proyecto viario: identificación de impactos
- 1.9 Las carreteras urbanas en el planeamiento urbanístico

2. TIPOLOGIA DE LAS CARRETERAS URBANAS, 23

- 2.1 La necesidad de una jerarquía viaria
- 2.2 Clasificación funcional de la red viaria urbana
- 2.3 Tipología de las carreteras urbanas: vías no convencionales y vías convencionales
- 2.4 Algunos casos particulares: penetraciones y circunvalaciones viarias

3. AUTOPISTAS, AUTOVIAS Y VIAS RAPIDAS URBANAS, 29

- 3.1 Consideraciones generales
- 3.2 Su justificación en el entorno urbano
- 3.3 Trazado en planta y en alzado
- 3.4 Sección transversal
- 3.5 Nudos
- 3.6 Peatones y transporte colectivo
- 3.7 Otros elementos de proyecto

4. VIAS ARTERIALES, 37

- 4.1 Consideraciones generales
- 4.2 Su justificación en el entorno urbano
- 4.3 Geometría de las vías arteriales
- 4.4 Sección transversal
- 4.5 Nudos
- 4.6 Peatones y transporte colectivo
- 4.7 Otros elementos de proyecto

5. TRATAMIENTO DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LAS CARRETERAS URBANAS, 47

- 5.1 Peatones y seguridad vial
- 5.2 Ruido

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 unas recomendaciones, editadas en mayo de 1992. 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.

El presente documento es un resumen de las citadas recomendaciones, que fueron 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. Domínguez 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 actividades básicas del estudio y proyecto de carreteras.

La tradición en el estudio de redes arteriales, y no de tramos aislados de accesos viarios a las ciudades, 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 las recomendaciones que aquí se resumen 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 publicadas en mayo de 1992 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 continua (autopistas, autovías y vías rápidas) y las vías que admiten intersecciones (vías arteriales).

Se han excluido de dichas recomendaciones las vías urbanas de carácter secundario (calles colectoras, distribuidoras y locales), centrandolo 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.

En el presente documento, resumen del anterior se ha preferido ordenar el contenido en cinco capítulos que abordan en primer lugar las cuestiones referentes a la planificación de las carreteras en medio urbano y la tipología viaria que se plantea, como tercer y cuarto capítulos se establecen los elementos a considerar en el proyecto de autopistas, autovías y vías rápidas, y de las vías arteriales, no sometidas a control de accesos como las anteriores, y como último capítulo figuran las reflexiones correspondientes al tratamiento ambiental y la seguridad vial, cuya mejora debe ser objeto de permanente preocupación por parte de todos los responsables de la planificación, proyecto y gestión de nuestras carreteras en general, y en concreto a su paso por poblaciones.

Jesús Rubio Alférez

1. PLANEAMIENTO DE CARRETERAS EN MEDIO URBANO

1.1 ¿QUE ES UNA CARRETERA URBANA?

La carretera urbana constituye una infraestructura viaria con características mixtas entre las carreteras que discurren fuera de poblado y el viario principal de la ciudad. De ahí la complejidad de su planeamiento y diseño: la carretera que atraviesa un medio urbano o metropolitano debe satisfacer las necesidades de tráficos locales e interurbanos, tráficos con características y exigencias distintas, al tiempo que produce impactos, no sólo sobre el medio natural sino también sobre las comunidades urbanas.

Se considera que una carretera tiene categoría de urbana cuando:

- Atraviesa medio urbano o urbanizable, según las determinaciones del planeamiento urbanístico.
- Genera impactos ambientales sobre medios urbanizados.
- Soporta la circulación de tráficos urbanos de cierta importancia.

Las carreteras que cumplen uno de los requisitos anteriores pueden considerarse urbanas. En esta Memoria Resumen se presenta una breve síntesis de su planeamiento y diseño. En cualquier caso, es de hacer notar que la infraestructura a la que se va a hacer referencia es una *carretera*; es decir, viario que canaliza movimientos de media o larga longitud, con itinerarios de paso o acceso a las distintas partes de la ciudad.

La frontera entre la carretera y la red viaria estrictamente urbana no está claramente definida. La clasi-

ficación de un viario en uno u otro grupo dependerá en gran medida de tres factores:

- La titularidad de la infraestructura.
- La importancia del tráfico local (estrictamente urbano).
- Las funciones de la carretera como acceso a propiedades y actividades colindantes.

1.2 GRUPOS BASICOS

Las carreteras urbanas se clasifican, atendiendo a sus características geométricas y de circulación, en dos grupos:

• **Vías no convencionales.** Circulación continua, control de accesos, ausencia de nudos a nivel y trazados con fuerte independencia del medio urbano atravesado, en lo que respecta a la geometría en planta y perfil longitudinal.

Las carreteras incluidas en este grupo son Autopistas Urbanas, Autovías Urbanas y Vías Rápidas Urbanas.

• **Vías convencionales.** Carreteras con posibilidad de control parcial o sin control de accesos, cruces a nivel para vehículos y peatones, y circulación de peatones por aceras integradas en la sección transversal.

Las carreteras que pertenecen a este grupo tienen el título genérico de Vías Arteriales Urbanas.

1.3 MEDIO ATRAVESADO



El tipo de tráfico que circula por la carretera, así como el nivel de impacto ambiental que genera dependen en gran medida del medio urbano atravesado. Además, sus características geométricas estarán a menudo condicionadas por las posibilidades de paso a través de las áreas urbanas por las que discurre. Los ámbitos urbanos son complejos y variados. A efectos de tipificar los efectos de una carretera urbana, pueden agruparse en distintas morfologías:

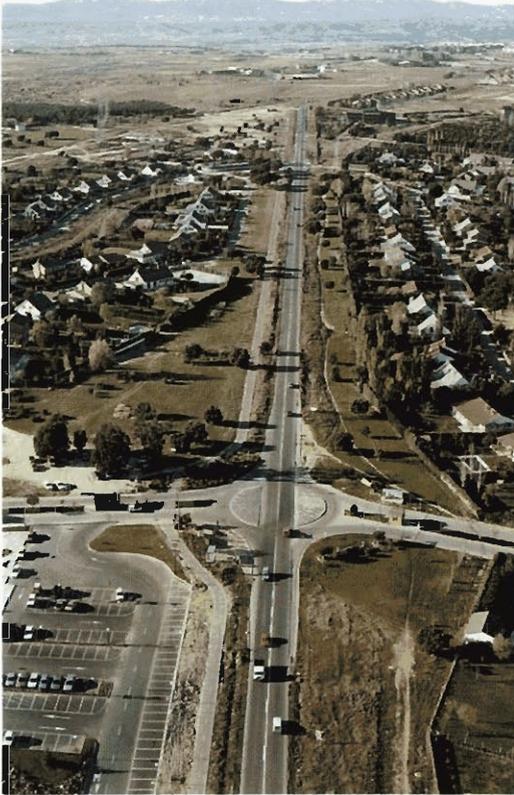
• **Áreas centrales de alta densidad.** Caracterizadas por disponer de suelo escaso para infraestructuras, con altos costes de construcción y gestión. Las áreas centrales soportan altos impactos ambientales ocasionados por el tráfico. Los nuevos trazados viarios suelen ser raros por la ausencia de reservas de suelo. En cualquier caso, los impactos más importantes producidos por estos trazados son el ruido y la inaccesibilidad transversal (efecto barrera).

• **Áreas residenciales exteriores de alta densidad.** Se engloban en este conjunto las urbanizaciones residenciales de la periferia urbana. Su tipología suele ser la del bloque abierto, disponiendo, por reserva de planeamiento, de suelo para trazados viarios. Los costes de construcción de estos trazados suelen ser medio-altos, debiéndose prever medidas para paliar los efectos producidos por el ruido, considerado como el impacto más característico. Los problemas de impermeabilidad transversal son menos relevantes. Aún así, deberán ser tenidos en cuenta en la concepción del trazado y sección transversal de la carretera.

• **Áreas Residenciales de baja densidad.** Es una morfología urbana poco extendida en España, que va adquiriendo cada día mayor importancia. Los problemas de trazado detectados en las áreas de alta densidad se reproducen también aquí, limitados por la menor densidad demográfica pero ampliados por las mayores exigencias ambientales de este tipo de urbanización. Al impacto del ruido y del efecto barrera cabrá añadir el impacto paisajístico de la infraestructura, al atravesar un área especialmente sensible a este tipo de efectos.

• **Zonas industriales de nueva planta.** La buena accesibilidad constituye la exigencia principal

3.

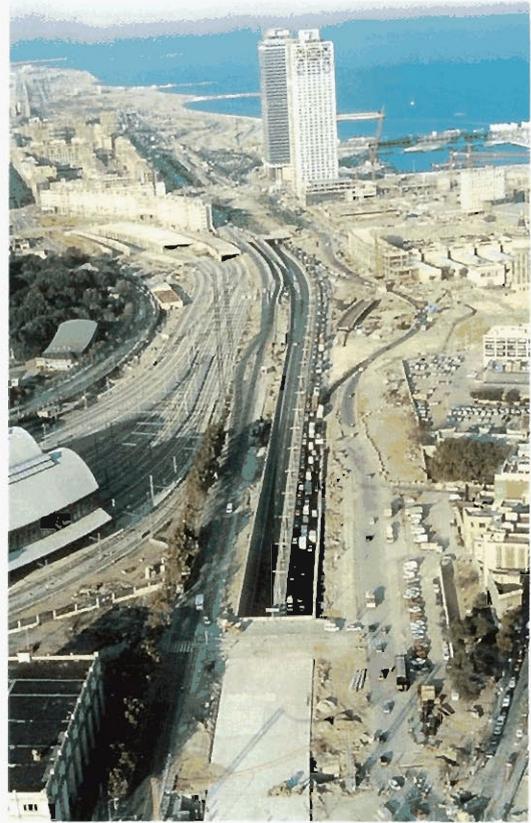


entre las áreas industriales y el nuevo viario. Los aspectos más relevantes a tener en cuenta en el trazado son la compatibilización de tráficos de paso con los estrictamente industriales (soluciones de vías de servicio, etc...) y el diseño de los nudos de acceso, haciéndolos compatibles con la circulación de vehículos pesados.

• **Centros comerciales.** No existen problemas específicos derivados del impacto de las carreteras a su paso por las grandes áreas comerciales. Como en el caso industrial, el correcto sistema de accesos y la segregación de tráficos de paso e interiores son los aspectos de mayor relevancia a tener en cuenta.

• **Suelo vacante en entorno urbano.** Las infraestructuras viarias utilizan suelos vacantes previstos en el planeamiento urbanístico. A menudo, estos suelos son escasos y su uso es competitivo con otros asentamientos urbanos como la industria, equipamientos y servicios. En cualquier caso, el trazado de las nuevas carreteras urbanas por este medio deberá tener en cuenta la capacidad de mejorar la accesibilidad a suelos no previstos y, consecuentemente, generar expectativas de urbanización fuera del pla-

4.



neamiento urbanístico. El control de accesos es un instrumento eficaz para evitar este proceso.

1.4 NIVELES DE PLANEAMIENTO

La concepción y diseño de cada uno de los elementos que definen una carretera urbana se realiza a lo largo de un proceso de planeamiento y proyecto que, progresivamente, va abordando distintos

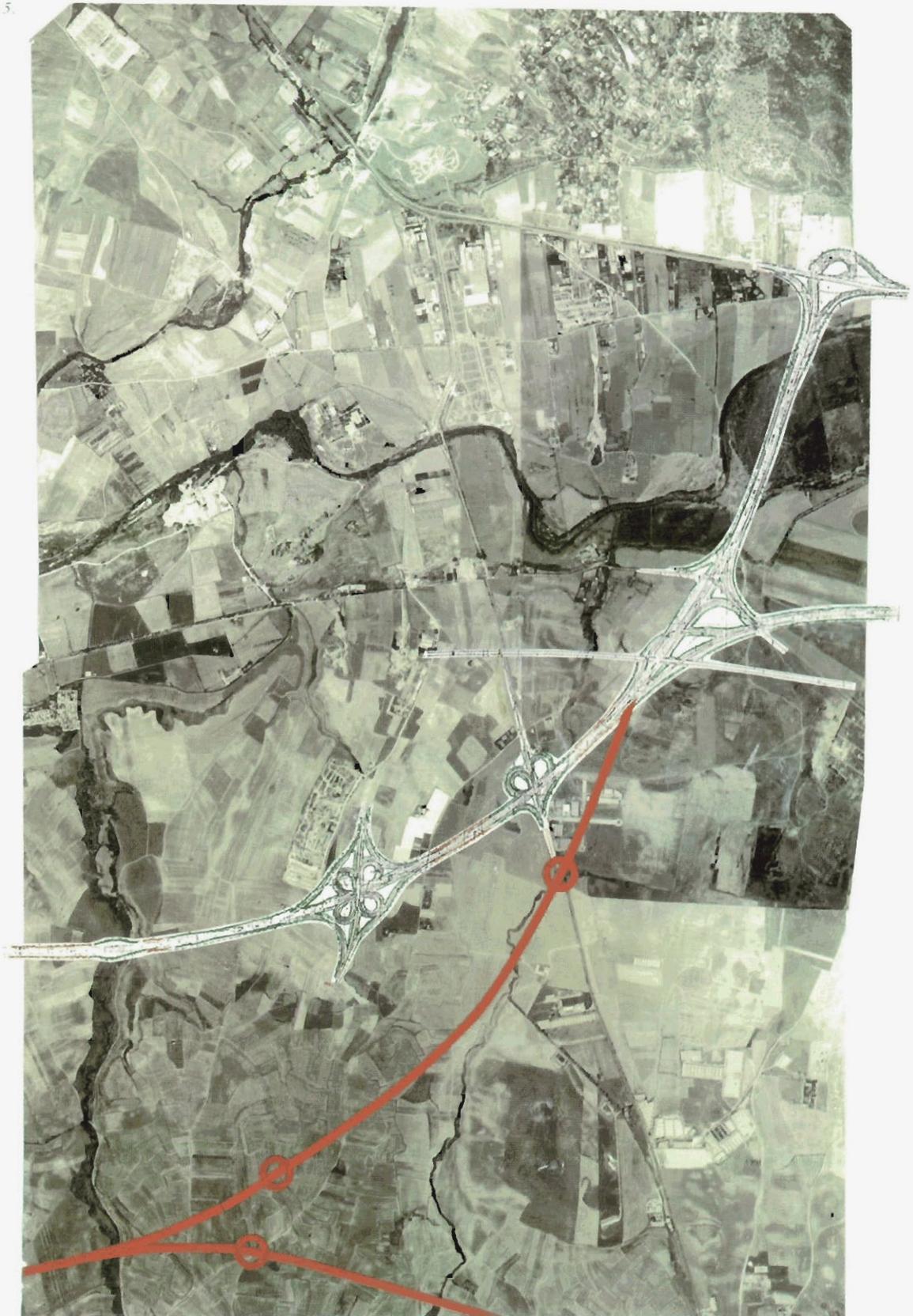
1. Vía primaria: Autopista de acceso a los Rodeos. Tenerife.

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

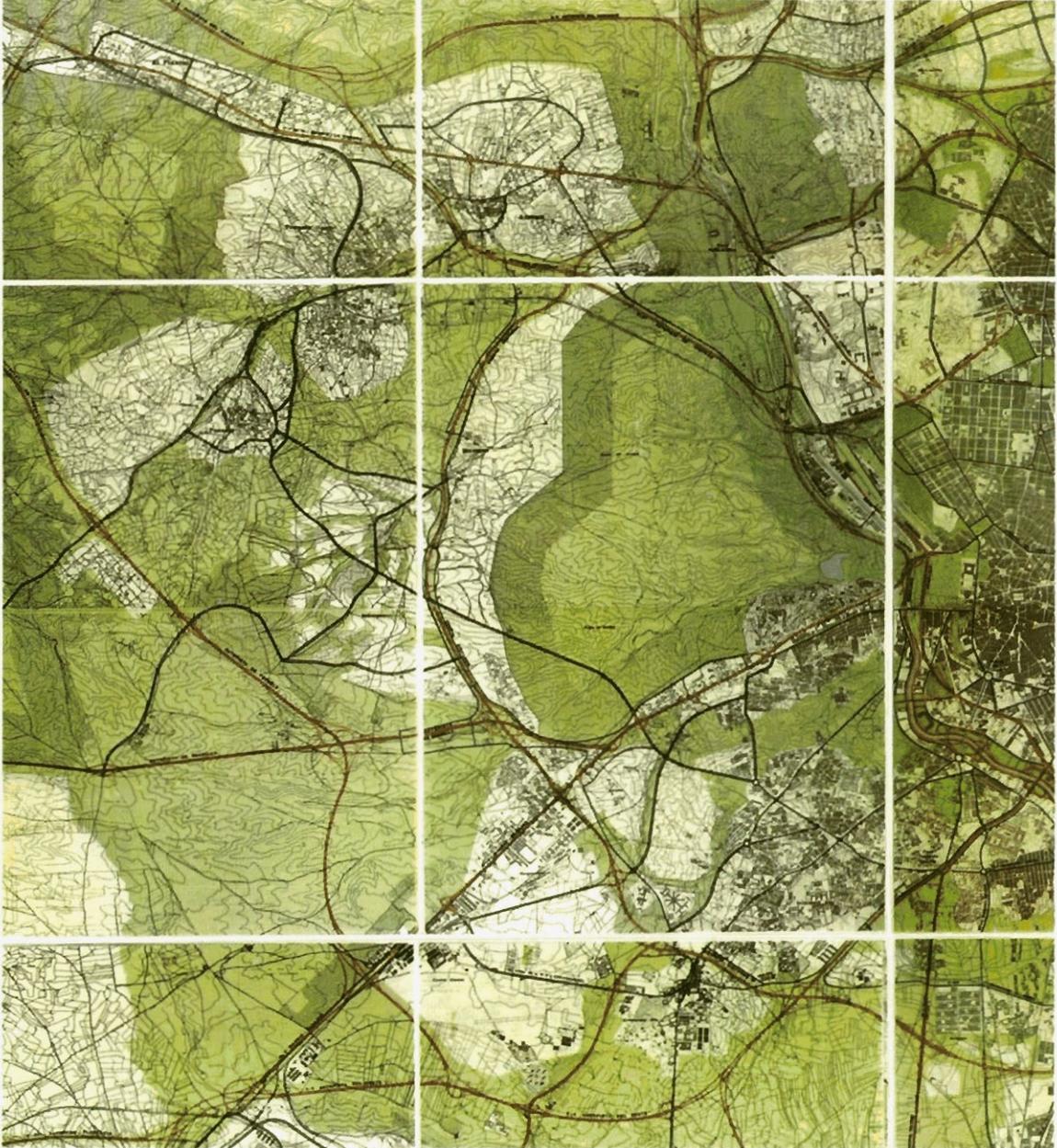
3. Medio de Baja densidad en el oeste madrileño.

4. Carretera por un canal central: Cinturón litoral de Barcelona.

5.



6.



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

6. Ejemplo de red arterial. Madrid.

aspectos de la vía en niveles consecutivamente más detallados.

Tres son los niveles básicos del estudio del viario urbano:

● **El estudio de planeamiento.** La figura más característica del estudio de planeamiento viario es el **Estudio de Red Arterial**, figura que abarca el conjunto de la red de carreteras que garantizan la continuidad y conexión de los itinerarios de la red del Estado en la ciudad o prestan servicio de acceso a la misma. Al igual que la red arterial, el resto de carreteras urbanas dependientes de las administraciones autonómicas y corporaciones locales suelen ser objeto de planeamientos sectoriales (planes regionales y municipales de la red viaria). Las previsiones de nuevos trazados de carretera deberán ser recogidas en los **sistemas generales viarios** de los planes de ordenación urbana. Estos planes constituyen el marco que coordina los nuevos trazados viarios con las determinaciones de usos del suelo en el ámbito municipal.

● **El estudio de corredor.** Reflejado en el planeamiento viario a través de las figuras del **Estudio Previo** y del **Estudio Informativo**. Sobre la necesidad de establecer una infraestructura en un corredor territorial, estos estudios abordan las distintas alternativas de trazado, sección transversal, ubicación y tipos de nudos, de manera que pueda evaluarse su eficacia desde el punto de vista del transporte, los costes de ejecución y el tipo y nivel de impacto producido.

● **El proyecto de la carretera.** Cuya definición última, el **proyecto de construcción**, constituye el desarrollo completo de la solución vial elegida, de manera que se encuentren definidos todos los elementos necesarios para su construcción y posterior explotación. El proyecto de construcción es un documento contractual que sirve de base para la realización posterior de la obra.

1.5 EL ESTUDIO DE PLANEAMIENTO VIARIO: CRITERIOS GENERALES

El estudio de planeamiento definirá la red viaria urbana en un año horizonte, en función de las

necesidades y problemas detectados. Esta definición se limitará a la red del Estado, al conjunto de carreteras urbanas o a la red viaria completa de la ciudad según sea el ámbito del análisis. Es un nivel de estudio adecuado para establecer la coordinación con el planeamiento urbanístico y obtener soluciones viarias consensuadas, que permitan un desarrollo posterior, más detallado y menos costoso en términos de gestión. El estudio de planeamiento deberá tener en cuenta los siguientes aspectos:

● **Estudio funcional y de tráfico.** Cuyo objetivo es el de conocer la intensidad y tipo de tráfico que recorre cada uno de los tramos viarios.

● **Condicionantes de tipo urbanístico** que se ven influidos por los cambios de **accesibilidad** de la red viaria o, por el contrario, inciden en el trazado de los nuevos tramos de carretera al ocupar suelos urbanos.

● **Condicionantes ambientales**, tanto en los aspectos relacionados con la travesía de espacios libres de valor natural o agrícola como en las afecciones a las comunidades residentes.

De los tres aspectos a tener en cuenta en el estudio de planeamiento viario, el estudio de tráfico se convierte en el pilar central que justifica o no la necesidad de realizar cada uno de los tramos de la red. El planeamiento viario debe plantear el estudio de tráfico desde una perspectiva global, que incluya el análisis de la demanda total de movilidad y considere las posibilidades de transferencias de viajes desde otros modos de transporte. Un índice conciso del estudio de tráfico en este nivel de planeamiento sería el siguiente:

● Estimación de la demanda de viajes (generación y atracción)

● Distribución de viajes y matriz origen/destino.

● Reparto modal

● Asignación de viajes a la red viaria en estudio

Los escenarios del estudio de tráfico pueden extenderse entre 15 y 20 años, divididos en dos grupos: los primeros 8 años, con previsiones ajustadas al planeamiento urbanístico y el resto, como prolongación de las tendencias previstas en el mismo planeamiento.

Los estudios de planeamiento tienen como resultado la definición de una red viaria con las características siguientes:

● Definición en planta, usualmente a escala 1:10.000, pudiéndose llegar a escalas más detalladas donde sea necesario.

- Definición de los llamados "canales de trazado" por los que puede discurrir el nuevo viario. Estos canales pueden constituir reservas de suelo para infraestructuras, recogidas en el planeamiento urbanístico.
- Definición de las secciones tipo orientativas para cada uno de los tramos viarios en estudio.
- Ubicación de nudos y características funcionales de los mismos.
- Primera evaluación de costes de construcción de los distintos tramos a realizar.

1.6 EL CORREDOR VIARIO: ALTERNATIVAS DE TRAZADO

El corredor viario refleja una franja de territorio, de anchura variable, por la que discurre un trazado de carretera. La delimitación de un corredor debe englobar **todas las alternativas** de un determinado trazado viario. Las figuras de planeamiento viario que mejor se adaptan al estudio de corredor son el Estudio Previo y el Estudio Informativo. En ambos casos, el nivel de trabajo debe adaptarse a una definición suficiente del trazado, así como a la identificación de impactos que permita evaluar las distintas alternativas.

Los estudios de corredor se organizan en las siguientes fases:

- Análisis y diagnóstico de la situación actual.
- Descripción y justificación de las alternativas consideradas.
- Evaluación de las alternativas.
- Selección y desarrollo de la solución adoptada.

La fase de evaluación de alternativas es la más característica en este nivel de planeamiento. En el caso de las carreteras urbanas, se proponen tres criterios de evaluación que permitan seleccionar una de ellas:

- **Criterios funcionales:**
 - Adecuación de la carretera a la jerarquía viaria y al tipo de tráfico que discurre por ella.
 - Eficacia de la carretera en la relación coste (construcción y mantenimiento)/ahorros (tiempo y funcionamiento de vehículos).
 - Eficacia de la carretera como parte de un sistema global de transporte, incluidos otros modos.
 - Mejora de la seguridad de los usuarios de la **carretera y peatones.**

- **Criterios ambientales:**

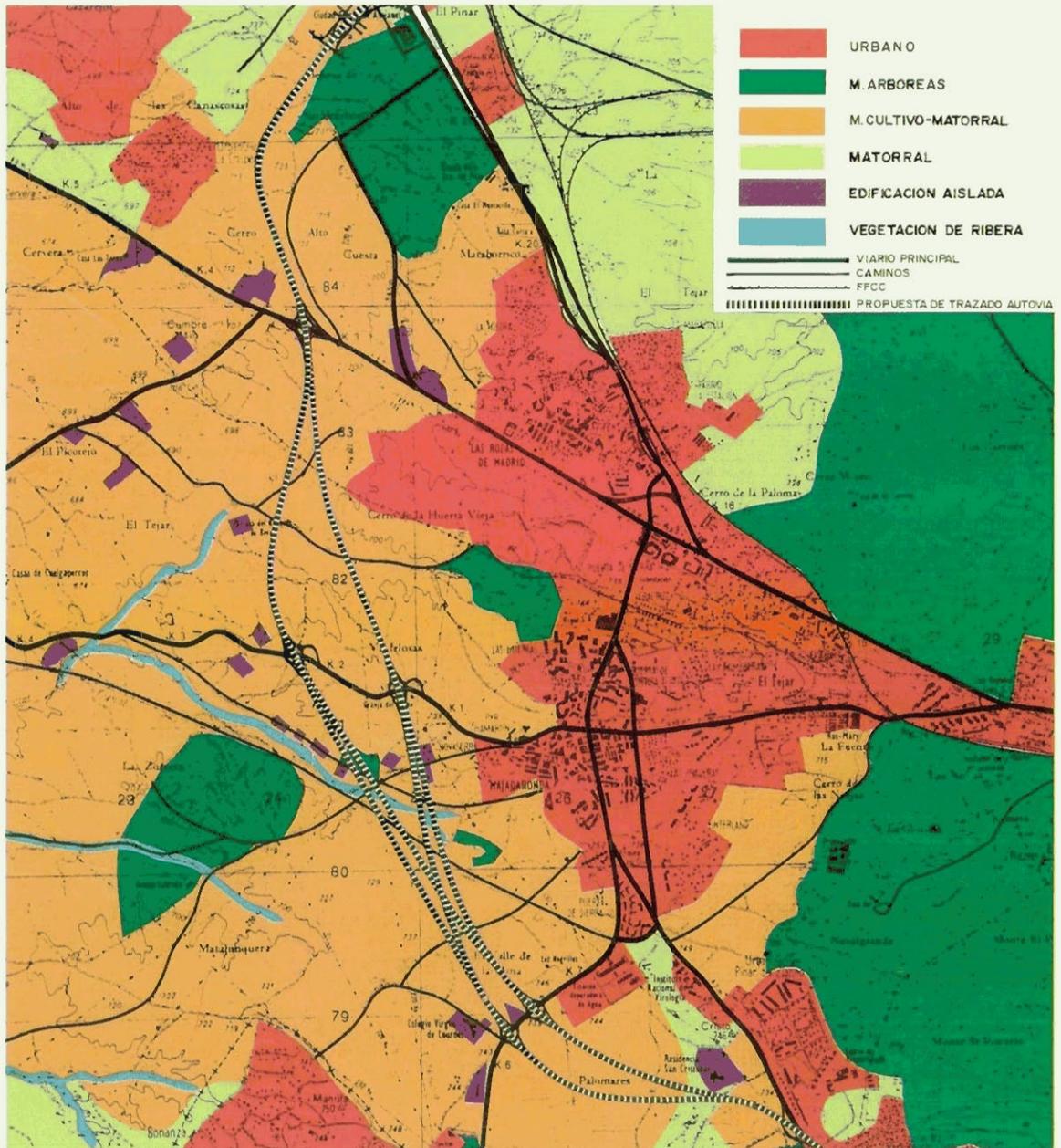
- Niveles admisibles de ruido y contaminación atmosférica.
- Afección al medio natural.
- Afección al paisaje.
- **Criterios urbanísticos:**
 - Previsiones municipales existentes.
 - Ocupación de suelo.
 - Mejora de la accesibilidad y capacidad estructurante sobre los nuevos suelos de desarrollo urbano.
 - Pérdida de accesibilidad transversal y efectos de barrera.

Los estudios previos e informativos en medio urbano se han desarrollado, a veces, a escalas entre 1:10.000 ó 1:5.000. Actualmente, dado que la vigente Ley de Carreteras condiciona la futura revisión del ordenamiento urbanístico si existe un Estudio Informativo aprobado, la escala habitual de trabajo es la 1:2.000, similar a la que permite representar los usos del suelo urbano en el documento urbanístico.

Siempre que se trate de carreteras de nuevo trazado, no incluidas en la ordenación urbanística vigente, el estudio informativo debe incluir una evaluación del impacto ambiental. Estos estudios siguen las directrices del Real Decreto Legislativo 1302/86, reglamentado posteriormente mediante el Real Decreto 1131/88. En todo caso, se realizará un estudio ambiental a incluir en el proyecto, con las medidas preventivas y correctoras necesarias.

1.7 EL PROYECTO VIARIO: DIMENSIONAMIENTO POR TRAFICO

De los estudios complementarios a realizar en el nivel del proyecto, el análisis de los movimientos y su intensidad de tráfico es imprescindible para conseguir un correcto dimensionamiento del tronco, sección transversal y nudos de la carretera. En fases anteriores del planeamiento viario se han llegado a estimar intensidades de tráfico en función de la demanda existente y de las hipótesis de crecimiento para el año horizonte. Queda para la fase de proyecto el análisis pormenorizado de la capacidad vial y niveles de servicio en el tronco, ramales y accesos de la carretera. En las carreteras urbanas, el conjunto de ramales y accesos a los nudos suelen ser más restrictivos que el propio tronco, en lo que respecta



7. 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.

8. Carreteras con distintos Niveles de Servicio, según el Manual de Capacidad. (Fie. AIPCR)

8.

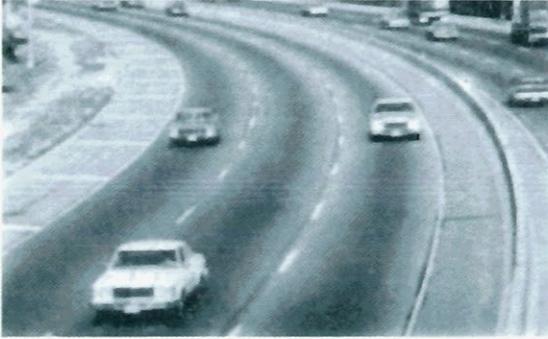


Ilustración 3-5. Nivel de servicio A.



Ilustración 3-8. Nivel de servicio D.

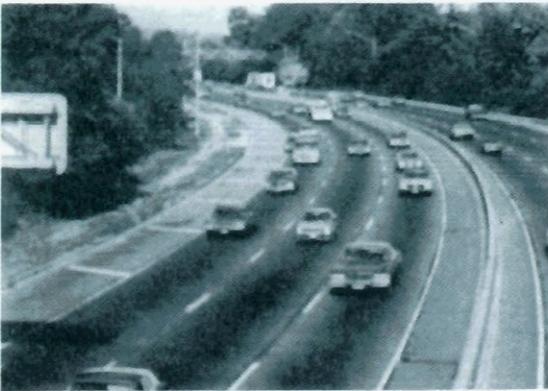


Ilustración 3-6. Nivel de servicio B.

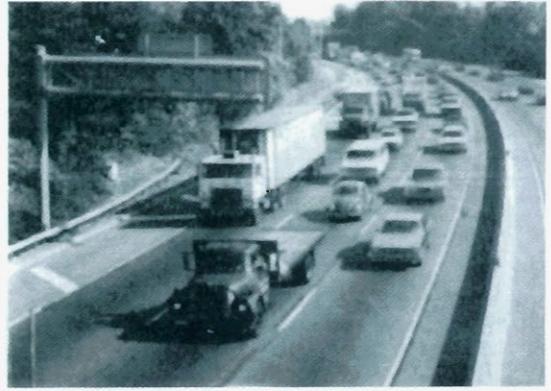


Ilustración 3-9. Nivel de servicio E.



Ilustración 3-7. Nivel de servicio C.

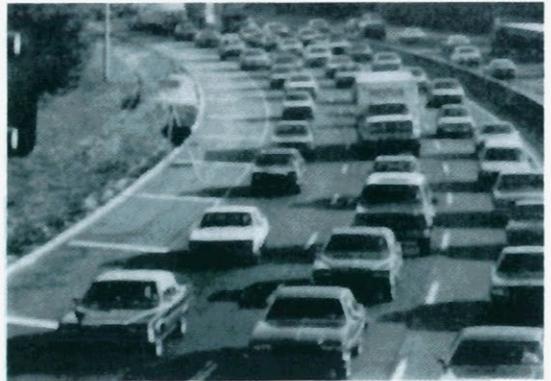


Ilustración 3-10. Nivel de servicio F.

a su capacidad vial.

Los estudios de capacidad usualmente realizados en España se basan en el Manual de Capacidad de Carreteras, del Transportation Research Board¹. La metodología a seguir parte del cálculos de las intensidades horarias en períodos punta para compararlas con las capacidades ideales de cada uno de los tramos de calzada y ramales, detectando un nivel de servicio para cada uno de ellos. En el caso urbano, es recomendable la realización exhaustiva de aforos que permitan caracterizar de la manera más precisa posible cada uno de los distintos tráficos. En cualquier caso, los coeficientes utilizados en ausencia de información detallada, varían sobre los usuales aplicados en carreteras fuera de poblado:

● **Intensidad horaria de dimensionamiento**

Se utilizará como Intensidad de Dimensionamiento, la Intensidad en Hora Punta del día medio. A falta de aforos, esta intensidad se estima en un 10 % de la IMD. Reparto por sentidos de circulación 60-40 %.

● **Nivel de Servicio:**

En Autopistas, Autovías y Vías Rápidas Urbanas, se realizará el dimensionamiento de la sección transversal y nudos con un nivel de servicio "C". En Vías Arteriales, puede llegarse a niveles de servicio "D"; en especial, si existen condicionantes físicos y urbanísticos que limiten la capacidad de la carretera.

● **Nudos:**

En las vías arteriales y en algunas autopistas y autovías, la capacidad de los nudos condiciona la capacidad global, ya que la primera puede ser inferior a la del tronco de la carretera. Es imprescindible un dimensionamiento equilibrado del tronco y de los nudos para evitar cuellos de botella o excesos de capacidad no utilizada.

1.8 EL PROYECTO VIARIO: IDENTIFICACION DE IMPACTOS

En el proyecto de una carretera en medio urbano deberán tenerse en cuenta todos los efectos sobre el medio atravesado, producidos por la infraestructura o por los vehículos que circulan por la misma. La evaluación del impacto no puede ser posterior al proceso de definición del trazado sino simultánea. La función de los estudios de impacto no es simplemente corregir los efectos negativos de un trazado

viario sino colaborar en su propia definición.

Los impactos más relevantes de las carreteras en el medio urbano, a los que se deberá dar respuesta en la fase de proyecto, pueden ser resumidos en los grupos siguientes:

● **Afección a peatones y ciclistas**

Como se verá en capítulos posteriores, la relación vehículo-peatón es un elemento básico de seguridad y de calidad ambiental. Las carreteras urbanas aplican control de accesos total o parcial, según el tipo de vía de que se trate: en las autopistas, autovías y vías rápidas, este control es total o prácticamente total. 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. 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 trazado adecuado de la carretera y de sus nudos y, sobre todo, con una correcta aplicación del tipo y nivel de control de accesos.

Tan importante para la seguridad como un adecuado control de accesos, es conseguir del conductor la percepción de que está atravesando un medio urbano. Esta percepción se consigue mediante un trazado que disuada de emplear altas velocidades y restringiendo con marcas viales y objetos en los márgenes la sensación de libre circulación. Por último, cabe diseñar puntos de corte en la carretera, como por ejemplo glorietas, que separen tipologías viarias distintas, al tiempo que señalan la entrada a un ámbito urbano.

● **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.

9.



10.



• **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 dificultades en zonas densas, al afectar a edificaciones o cortar los trazados del viario transversal de segundo orden. Con objeto de minimizar los impactos de la vía, es necesaria una adecuada definición de la sección transversal, complementada con un estudio detallado del borde de la carretera, de manera que se optimice su inserción en el medio atravesado.

• **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 antirruído o la cobertura de la carretera. Todos estos aspectos deben ser definidos en el proyecto.

1.9 LAS CARRETERAS URBANAS EN EL PLANEAMIENTO URBANÍSTICO

El planeamiento urbanístico tiene en consideración distintos tipos de suelo, atendiendo a los usos a que se destinan y a la programación de su desarrollo.

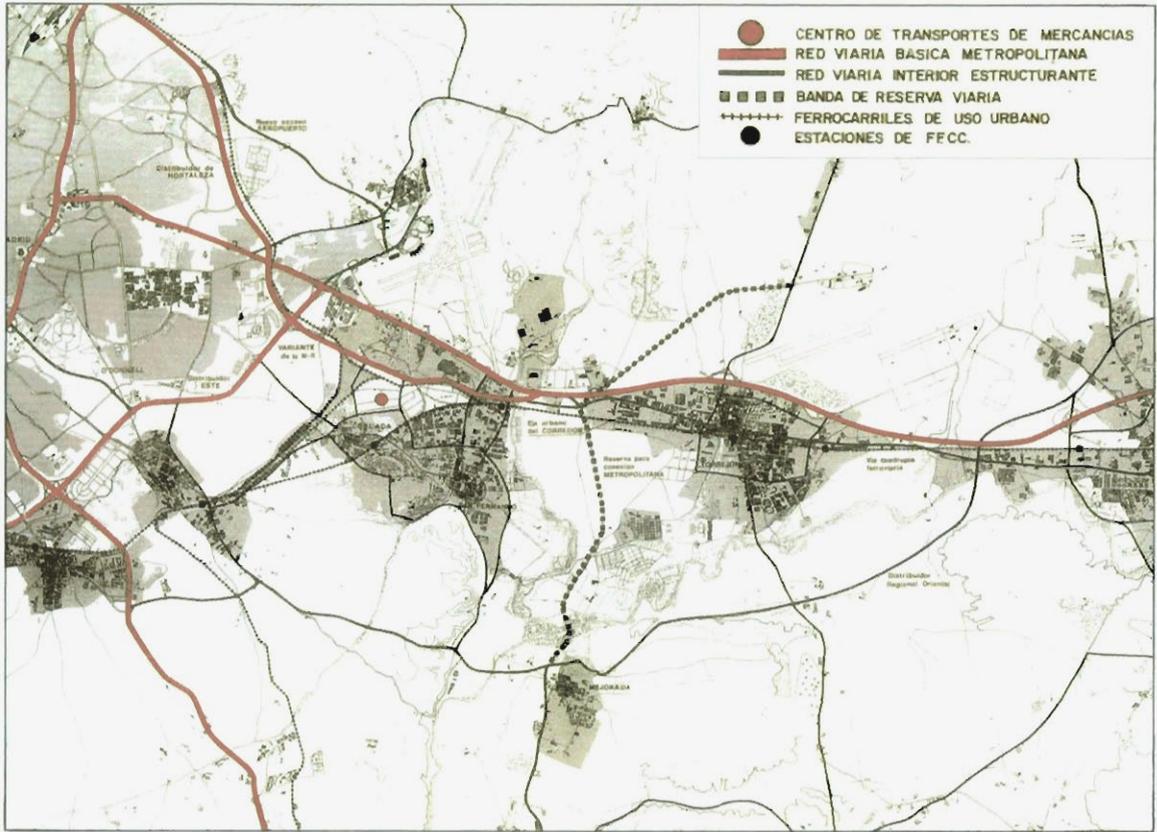
Los Planes Generales de Ordenación Urbana cons-

9. Integración de los espacios destinados al peatón, parada de transporte público y vía de circulación. Salamanca.

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

11. 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.

11.



tituyen 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...

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 o a la cesión del suelo.

1. Traducción española: «Manual de Capacidad de carreteras», Dirección Gral. de Carreteras. MOPT. 1987.

2. TIPOLOGIA DE LAS CARRETERAS URBANAS

2.1 LA NECESIDAD DE UNA JERARQUIA VIARIA

¿Por qué establecer una jerarquía en la red viaria?. La respuesta a esta pregunta proviene de las propias funciones que se dan en una carretera. La red viaria urbana tiene que canalizar tráficos distintos, mantener accesibles los usos colindantes y albergar, en numerosos casos, funciones de espacio público urbano, adaptándose a la circulación o estancia de peatones.

No pueden darse tráficos con velocidades altas en viario sin control de accesos, en cuyas inmediaciones se mueven personas a pie. Por el contrario, en las carreteras concebidas para canalizar tráficos interurbanos o metropolitanos, la ausencia de un control de accesos efectivo puede ser un factor de peligrosidad que es necesario evitar.

Adaptando el viario a un tipo de tráfico homogéneo, puede conseguirse un aumento de la capacidad y seguridad, reduciendo en la mayoría de los casos el impacto ambiental al concentrar movimientos con características similares en las infraestructuras adecuadas.

No obstante, es desaconsejable una rígida aplicación del principio de jerarquía viaria que pudiera acarrear el abandono de otras funciones secundarias del tramo de carretera en detrimento de las principales.

2.2 CLASIFICACION FUNCIONAL DE LA RED VIARIA URBANA

La red viaria urbana se clasifica, atendiendo a la categoría del tráfico que circula por ella y a las funciones de acceso a las áreas colindantes, en los grupos siguientes:

- **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. Suelen tener control total o parcial de accesos.

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

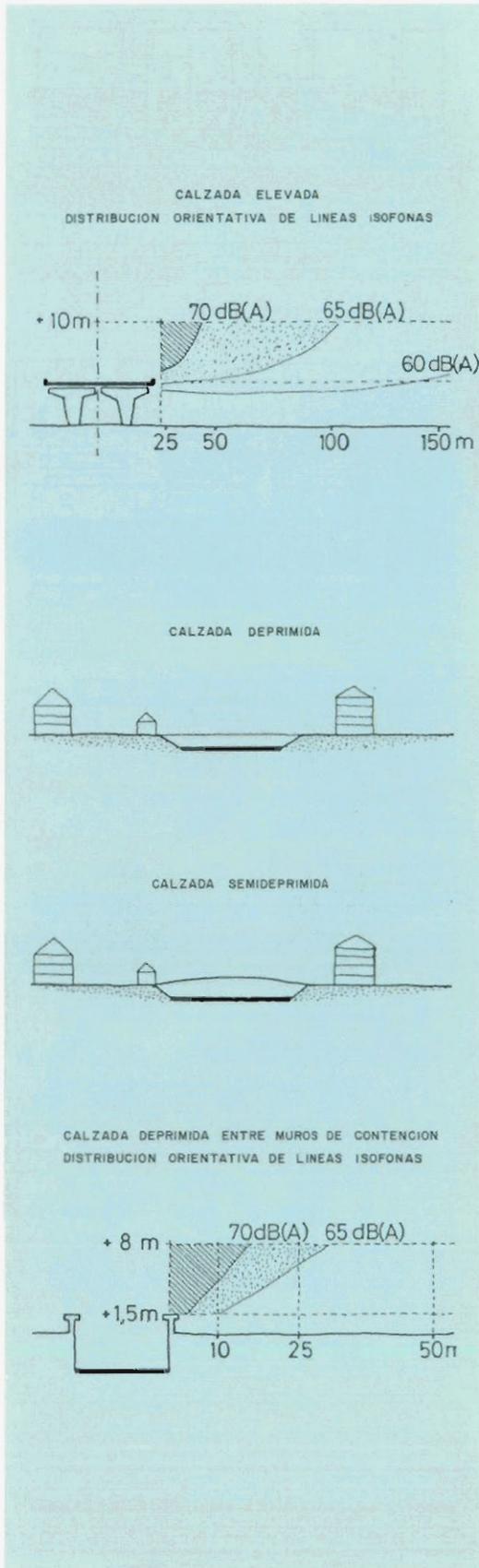
- **Vías Colectoras:**

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.

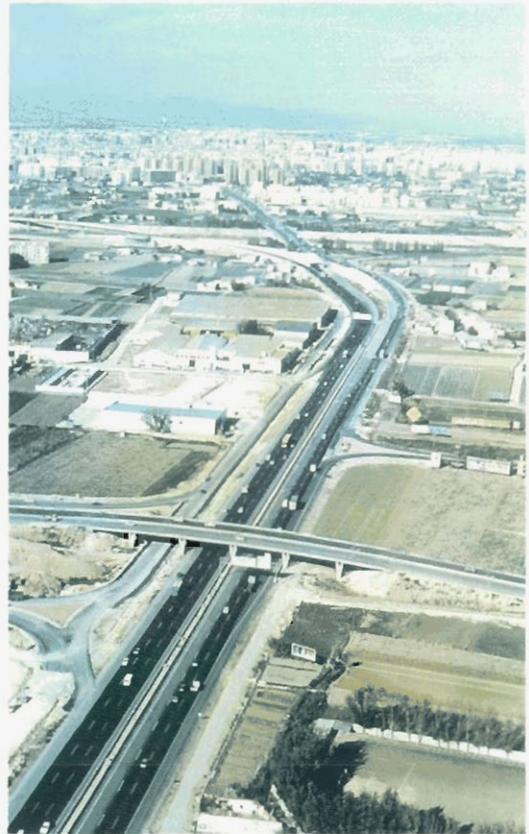
- **Vías Locales:**

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.

1.



2.



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

2. Desdoblamiento de calzada en la salida sur de Valencia (N-332).

2.3 TIPOLOGIA DE LAS CARRETERAS URBANAS: VIAS NO CONVENCIONALES Y VIAS CONVENCIONALES

Las carreteras urbanas pueden asimismo clasificarse atendiendo a las características geométricas y funcionales de su trazado en planta y sección transversal. Como se ha indicado en el capítulo anterior, son dos los grupos tipológicos de carretera:

- **Carreteras urbanas no convencionales.** Son 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 accesos 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 homólogos 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.

- **Carreteras urbanas convencionales.** Vías primarias urbanas de con *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.

2.4 ALGUNOS CASOS PARTICULARES: PENETRACIONES Y CIRCUNVALACIONES VIARIAS

Las funciones que realizan las carreteras urbanas son diversas. No obstante, hay dos que por su importancia han dado lugar a la construcción de infraestructuras especializadas. Se trata de las penetraciones y de las circunvalaciones viarias.

- **Penetraciones.** El viario con características radiales ha sido tradicionalmente objeto de tratamientos muy diversos. La entrada en el continuo urbano desde un ámbito exterior obliga a modificar las condiciones de la carretera para adaptarlas a las de una vía principal urbana. Estas modificaciones suelen realizarse en áreas interiores de la ciudad, de manera que los vehículos puedan discurrir a velocidades altas la mayor parte del trayecto.

El principal aspecto a destacar en una penetración urbana será, por tanto, cómo diseñar la transición desde una carretera con características interurbanas a una vía urbana y dónde ubicarla. El diseño de esta transición debe tener en cuenta los criterios siguientes:

- Es recomendable que las transiciones de uno a otro tipo de carretera se realicen de manera radical y no progresiva. Es imprescindible que el conductor se de cuenta de que entra en un viario distinto al anterior. El paso de autovía a vía arterial puede realizarse mediante la instalación de glorietas, elemento que marca un hito en el itinerario y obliga a una reducción de la velocidad y del concepto de prioridad por parte del conductor. El paso de una vía arterial a una vía urbana puede realizarse de la misma manera o mediante la instalación de semáforos.

- El diseño del trazado en planta y sección transversal de cada tramo de penetración debe adaptarse al medio que atraviesa, de manera que sean las propias características de la carretera las que induzcan al

3.



4.



3. Autopista de Circunvalación en las inmediaciones de un continuo urbano. Rentería.

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

conductor a circular a velocidades más bajas o a poner mayor atención en los márgenes.

● **Variantes y circunvalaciones.** Las variantes, rondas, anillos o circunvalaciones son carreteras que realizan funciones de circunvalación y distribución del tráfico de paso o de acceso a la ciudad. Como en el caso de las penetraciones, las circunvalaciones no son funcionalmente homogéneas y su trazado debe responder a las características del medio que atraviesan y la complejidad del tráfico que discurre por ellas. A título de ejemplo, pueden apuntarse dos disyuntivas básicas en el trazado de variantes y circunvalaciones:

● La cercanía o alejamiento del trazado de una circunvalación a la ciudad influye notablemente en las características de la carretera: 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 sobredimensionada, ya que no será utilizada por los tráficos urbanos al estar muy alejada de la ciudad.

● Las variantes que discurren fuera del ámbito urbano mejoran notablemente la accesibilidad a suelos cuyo desarrollo no siempre está previsto en el planeamiento urbanístico. Por ello es recomendable el control de accesos en aquellas variantes donde se prevean presiones de urbanización en sus márgenes.

3. AUTOPISTAS, AUTOVIAS Y VIAS RAPIDAS URBANAS

3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Las autopistas, autovías y vías rápidas pertenecen al grupo de carreteras llamadas no convencionales, caracterizadas por permitir una circulación continua, sin intersecciones, y mantener un fuerte control de accesos para personas y vehículos.

Las autopistas, autovías y vías rápidas se conciben cuando sea necesario dar prioridad absoluta al tráfico frente a otras funciones urbanas. Esta prioridad se traduce en una características de diseño de la vía cuyos criterios pueden resumirse de la siguiente manera:

- 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.

- La relación con el medio urbano es de separación 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, sólo condicionada por restricciones en planta o alzado, sobre algunos tramos o puntos críticos. 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.** Los trazados de autopista y autovía, así como el diseño de sus enlaces son grandes consumidores de suelo. Siempre que el medio atravesado y las características funcionales de la carretera lo permitan, deberá acudirse a trazados más estrictos, separación de movimientos entre varios nudos complementarios o eliminación de taludes muy tendidos

- **Ruido.** El impacto producido por el ruido sobre las comunidades residentes puede llegar a ser muy importante y forzar modificaciones de trazado de la carretera. En cualquier caso, deberán preverse medidas de protección contra el ruido ya por medio de trazados deprimidos que minimicen el nivel sonoro ya mediante la instalación de barreras vegetales, de tierra o pantallas específicas.

- **Efecto de barrera.** El estricto control de accesos y una concepción autónoma de la carretera obliga a considerar la impermeabilidad transversal como uno de los principales impactos de las autopistas, autovías y vías rápidas sobre el medio urbano.

1.



● Es de vital importancia que el diseño de la carretera se adapte a las características del tráfico: 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.

3.2 SU JUSTIFICACION EN EL ENTORNO URBANO

- **Tráfico 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 planeamiento de ámbito superior, como un plan de carreteras.

- Si el tráfico de paso, no estrictamente urbano, tiene una importancia superior a la del tráfico urbano que circula por la carretera.

- **Medio atravesado.** La realización de autopistas, autovías y vías rápidas,
 - Presenta problemas menores 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, planteando su terminación en la circunvalación más exterior, con características de circulación continua o ininterrumpida.
 - Su realización puede ser aconsejable en grandes áreas industriales como forma eficaz de control de accesos.

3.3 TRAZADO EN PLANTA Y EN ALZADO

El trazado de autopistas y autovías en planta y alzado se atenderá en todo momento a las determinaciones incluidas en la correspondiente Instrucción de trazado. Aun así, es recomendable que sus caracte-

1. Penetración. Acceso de la Avanzada, Bilbao.

2. Enlace de conexión de la autopista de Tarrasa, en Barcelona.

2.



ísticas sean estrictas y se adapten en la mayor medida posible a las condiciones impuestas por el medio urbano que atraviesan. Los parámetros de trazado recomendados son los siguientes:

Tipo de carretera	Grupo	Velocidad de proy.	Radios horizont.
Autopista	APU-100	100Km/h	500 m
	APU-80	80 Km/h	250 m
Autovía	AVU-100	100 Km/h	500 m
	AVU-80	80Km/h	250 m
Vía Rápida	VRU-80	80 Km/h	250 m

• **Peralte** máximo: 8%

• **Curvas de transición.** Se realizan con criterios similares a los de fuera de poblado, según indica la Instrucción de trazado.

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 una sección transversal muy estricta. La transición entre subtramos de velocidades distintas tendrá especial importancia dentro del trazado general de la vía.

• **Visibilidad.** Criterios similares a fuera de poblado, con especial atención a la visibilidad lateral en secciones estrictas donde la berma sea estrecha o existan plantaciones, alineaciones o elementos de actividad urbana cerca de la calzada.

• **Inclinación de la rasante.** No es recomendable limitar de manera estricta 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.

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 hace 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.

3.4 SECCION TRANSVERSAL

La sección tipo es similar a la de los tramos fuera de poblado; es decir, se mantienen prácticamente todos sus elementos (arcenes, mediana, berma, etc..) y éstos son eliminados sólo cuando la anchura disponible en tramos estrictos obligue a hacerlo.

● **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.** La anchura habitual de los carriles es de 3,5 m. En áreas muy urbanas con sección transversal estricta, los carriles pueden reducirse hasta 3 m.

● **Bermas o resguardos².** Se llama con este nombre a la zona de margen limítrofe al arcén exterior, en la que se ubican barreras de seguridad, señalización, etc... al tiempo que sirve de separador con la vía de servicio y posibles aceras. 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.

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 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.

3.5 NUDOS

Las autopistas, autovías y vías rápidas 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.

Se recomienda resolver los puntos de transición 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 cruz, semaforizadas, siendo recomendable que estas intersecciones marquen un cambio en la sección transversal de la carretera.

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.

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 es recomendable que sus conexiones con la calzada principal se realicen en las inmediaciones de los enlaces.

3.



3. Sección transversal de una vía arterial.

4.



3.6 PEATONES Y TRANSPORTE COLECTIVO

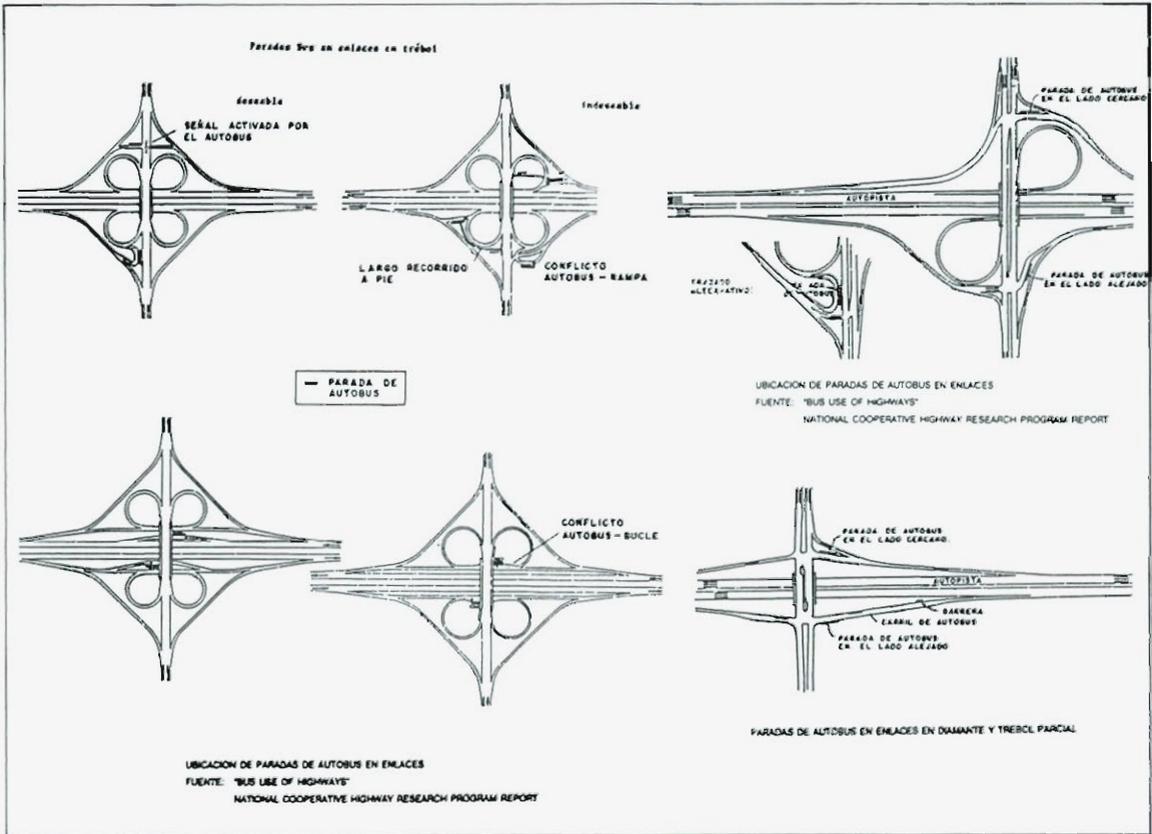
• **Peatones y ciclistas.** Los peatones y ciclistas circulan de manera totalmente segregada de la carretera. No existen cruces a nivel con la calzada principal. Sólo en las escasas intersecciones que puedan plantearse se justificarán los pasos de peatones. Los pasos a desnivel deberán ser lo más numerosos posibles y tenderán a mantener todos los itinerarios peatonales de cierta entidad. La rampa óptima en pasos de más de 3 m de altura 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.

• **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 discorra 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

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

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

5.



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.

• **Drenaje.** El drenaje longitudinal puede ser superficial, mediante cunetas o subterráneo. Siempre que la carretera discorra por áreas urbanizadas, será recomendable este último tipo de drenaje. En secciones limitadas por muros, estructuras o túneles se acudirá, asimismo, a drenajes subterráneos.

3.7 OTROS ELEMENTOS DE PROYECTO

• **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). Asimismo, el medio urbano es muy adecuado para la aplicación de pavimentos especiales que reduzcan el nivel sonoro de la rodadura de los vehículos.

2. La acepción estricta del término «berma» es la de un arcén no pavimentado. Aún así, es común llamar «berma» a la franja de margen de la carretera, exterior a la plataforma, generalmente no pavimentada y donde se ubica la señalización, plantaciones, barreteras de seguridad, etc... En este documento se utilizará indistintamente el término «berma» y «resguardo».

4. VIAS ARTERIALES

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El segundo gran grupo de carreteras son las *vías arteriales*. Se trata de carreteras que admiten nudos a nivel (intersecciones) y mantienen un bajo nivel o ningún control de accesos. Estas carreteras discurren por medios urbanos y suburbanos, y canalizan mayores porcentajes de tráfico locales frente a las autopistas y autovías cuyos tráfico son de mayor ámbito territorial.

Pueden precisarse más algunas de las características básicas de este tipo de carretera:

- El control parcial de accesos o ausencia total de control de accesos a las propiedades colindantes permite la realización de intersecciones en "T" e incorporaciones a la carretera. En cualquier caso, es necesario tener en cuenta que las vías arteriales son carreteras y no calles, por lo que siempre debe existir un cierto control de accesos a las propiedades colindantes, control ejercido principalmente a través de vía de servicio.
- Los itinerarios peatonales se insertan dentro del dominio de la carretera, ya longitudinalmente (aceras) ya transversalmente (cruces a nivel). En cualquier caso, siempre existirá una segregación entre peatones y automóviles.
- Gran parte de los nudos son 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 en los cruces con carreteras de rango superior o como for-

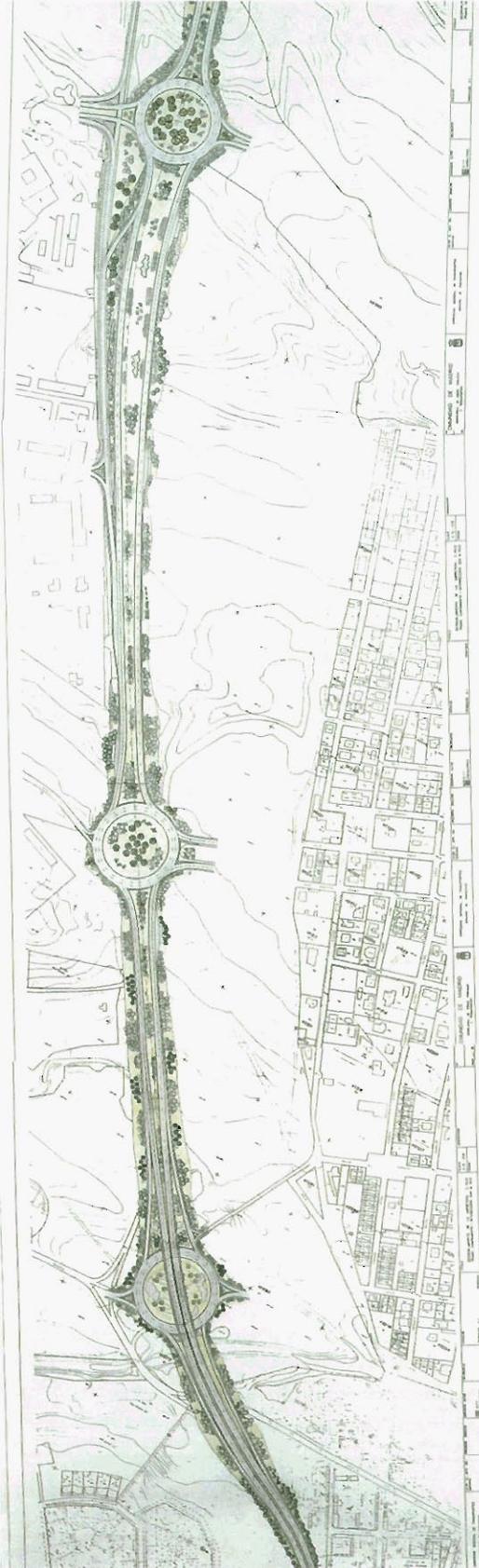
ma de resolver un cruce crítico en una intersección. La circulación por una vía arterial suele realizarse a velocidades inferiores a las de las autopistas, autovías y vías rápidas. Ello por varios motivos:

- Atravesan 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.

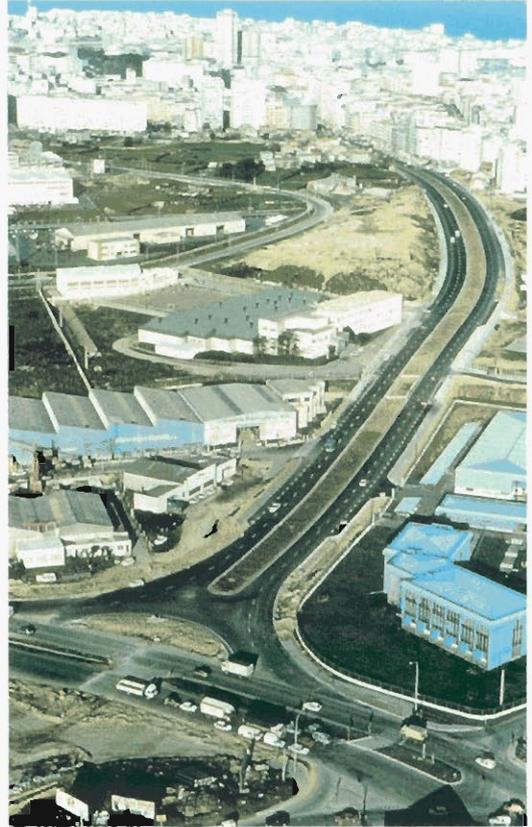
Los condicionantes antes indicados configuran un diseño viario distinto al de las autopistas y autovías. Las prioridades cambian y las vías arteriales deben atender, además de las funciones propias de canalización del tráfico, otros aspectos:

- Supeditar 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).
- Se valora conseguir una mayor capacidad viaria antes que altas velocidades de proyecto.
 - La capacidad de los nudos son claramente los puntos donde se limita la capacidad de todo el tramo.
 - La seguridad, aspecto clave al permitir nudos a nivel, pasos de peatones y circulación de los mismos

1.



2.



por aceras cercanas a la calzada, se convierte en un elemento básico de diseño.

● Los impactos más relevantes que deberán tenerse en cuenta en este tipo de vías son la seguridad de peatones y automovilistas, al no existir un control total de accesos, y la 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

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

2. Vía arterial: circunvalación de La Concha

3. Secciones de paso entre vehículos.

la red viaria urbana)

- Ambiental (efecto de barrera para los peatones)
- Nivel de ruido

4.2 SU JUSTIFICACION EN EL ENTORNO URBANO

La realización de una vía arterial se justifica por criterios funcionales. Es conveniente la realización de este tipo de carreteras:

- Donde el tráfico urbano sea preponderante. Se entiende como tráfico urbano aquél que tiene origen y destino en la ciudad, realizando movimientos de corto recorrido.

- Donde la carretera tenga asignadas funciones de conexión urbana con el viario transversal y necesite dar acceso a usos colindantes.

Asimismo, el medio atravesado por la carretera representa una restricción a una concepción de la vía exclusivamente centrada en el tráfico. La vía arterial viene a cubrir esta amplia gama de viario que debe adaptarse a las exigencias del entorno urbano:

- 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 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 convirtiéndolas 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 construcción de una vía arterial.

4.3 GEOMETRIA DE LAS VIAS ARTERIALES

- **Velocidad de proyecto.** En el proyecto de nuevas vías arteriales, se recomiendan las dos velocidades de proyecto de referencia. No obstante, la amplia 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.

Las velocidades de referencia para los dos grupos principales de vías arteriales son las siguientes:

V. proy. 80 km/h (VAU-80)

V. proy. 60 km/h (VAU-60)

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, donde los márgenes limiten cualquier modificación sobre el trazado actual.

- **Radios, peraltes y acuerdos horizontales.**

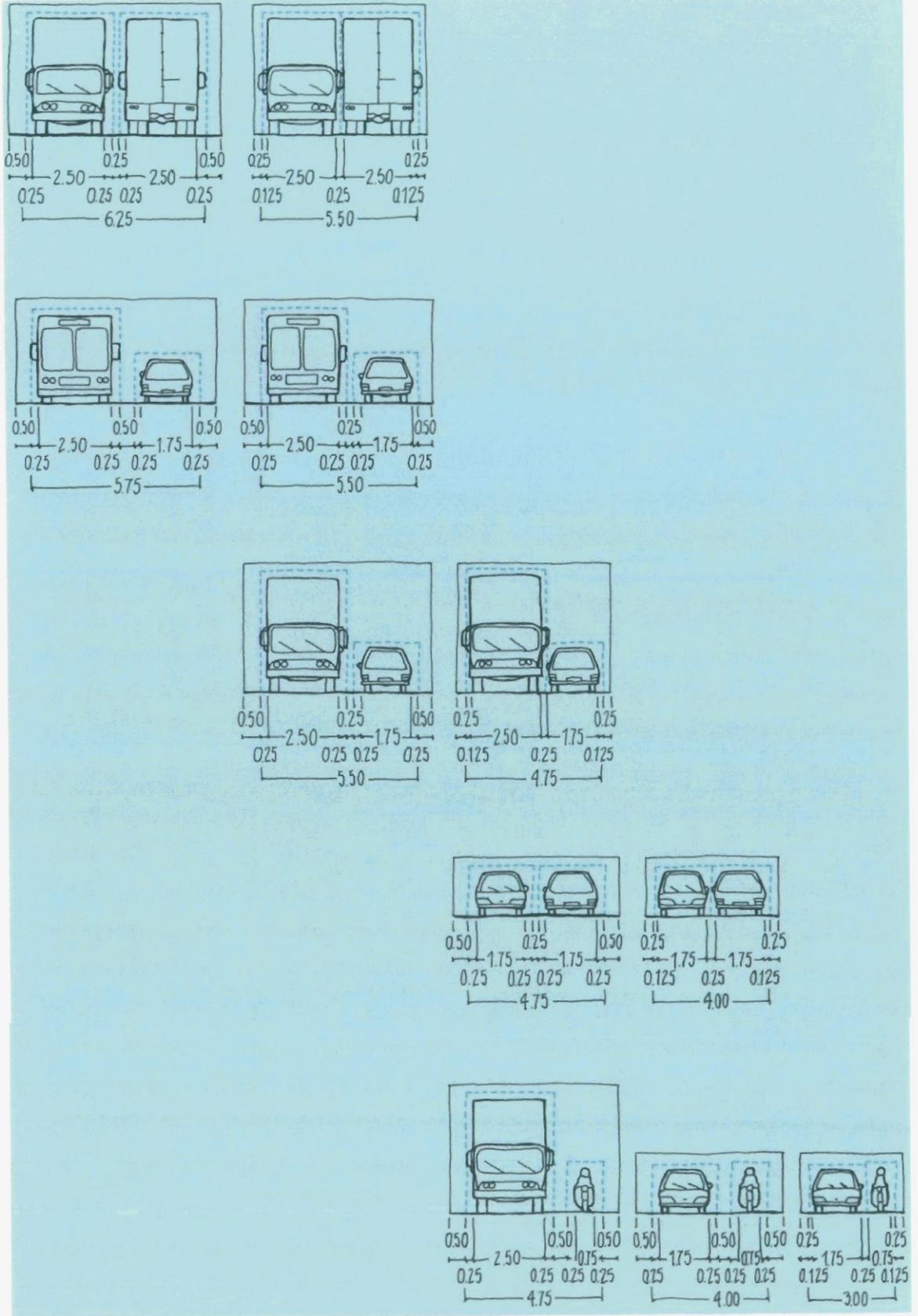
Las vías arteriales se guían por la Instrucción de Trazado vigente. El cuadro siguiente refleja, de manera simplificada, los radios mínimos y peraltes máximos orientativos en este tipo de carreteras.

VIAS ARTERIALES		
Tipo	VAU-80	VAU-60
Velocidad de Proyecto	80 Km/h	60 Km/h
Radio mínimo	250 m	250 m
Peralte máximo	8%	5%

Estos parámetros pueden reducirse en tramos con velocidades específicas inferiores, llegando a peraltes 0% y radios mínimos 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

3.



de la edificación y viales ubicados en los márgenes). Ello se consigue mediante alineaciones rectas paralelas a las alineaciones, radios en planta estrictos y peraltes bajos.

● **Rampas, pendientes y acuerdos verticales.**

El perfil longitudinal de una vía arterial se encuentra 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.

● **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 suele dar lugar a trazados en el que las trayectorias de los vehículos a velocidad deben ser corregidas por las obligaciones impuestas por el medio que atraviesa la carretera:

- Alineaciones rectas para mantener alineaciones de edificación urbana.
- Cambios de alineación bruscos, en puntos singulares como intersecciones, glorietas o plazas, en los que se establecen cruces a nivel con el viario urbano. Carece de sentido plantear curvas de acuerdo en trazados que abocan en intersecciones en las que la velocidad del automóvil acabará siendo muy pequeña.
- 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.

4.4 SECCION TRANSVERSAL

La concepción de la sección transversal 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:

● **Medianas.** 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 línea 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.

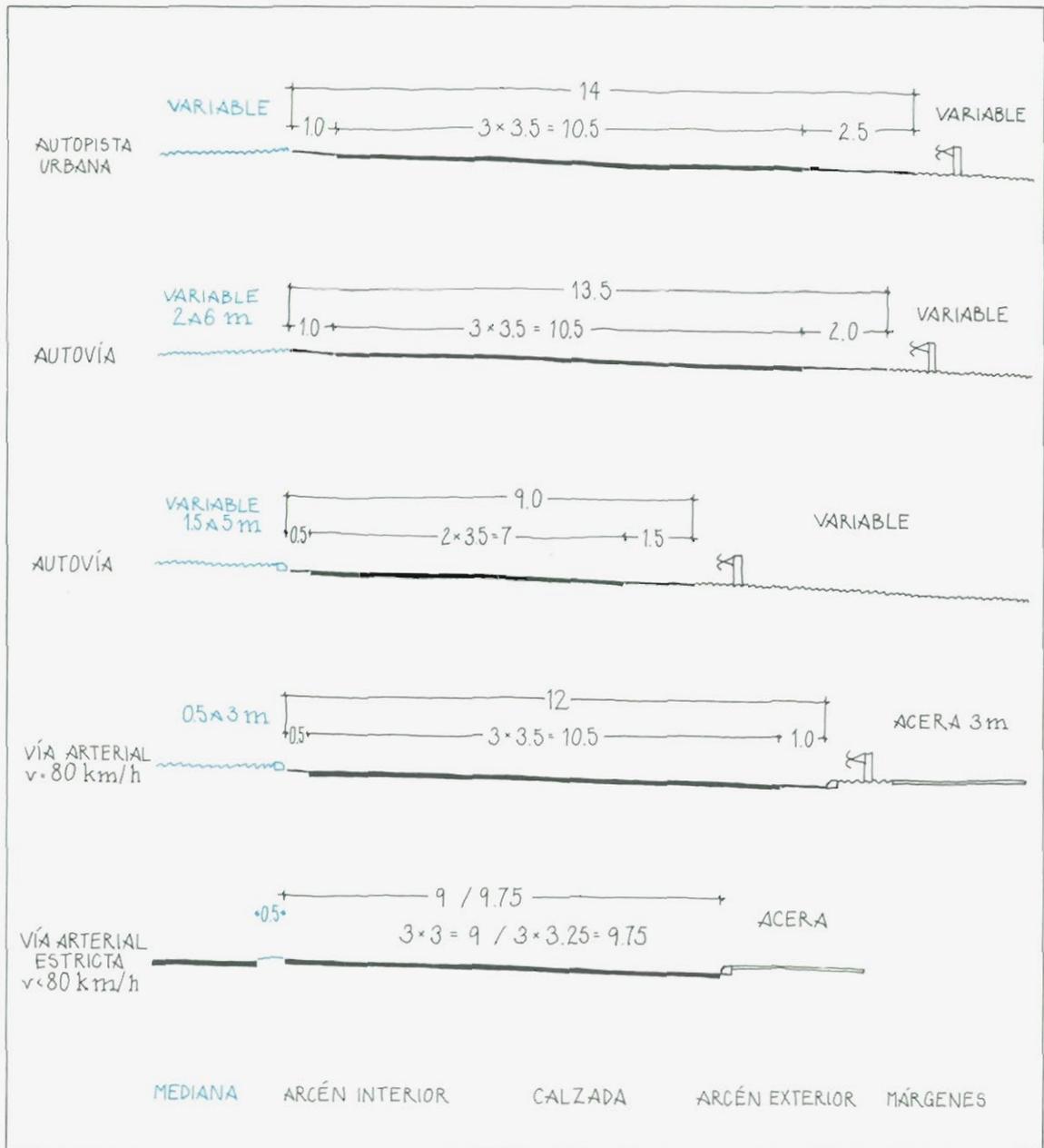
● **Arcenes.** El arcén interior suele reducirse a la marca vial (0,2 a 0,3 m). En medio fuertemente urbanizados, el arcén exterior desaparece para ser sustituido por un carril de circulación o por un carril de estacionamiento. En medio suburbano, el arcén sigue existiendo aunque con características más reducidas que en autopistas y autovías.

● **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 3 m. 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.

4.



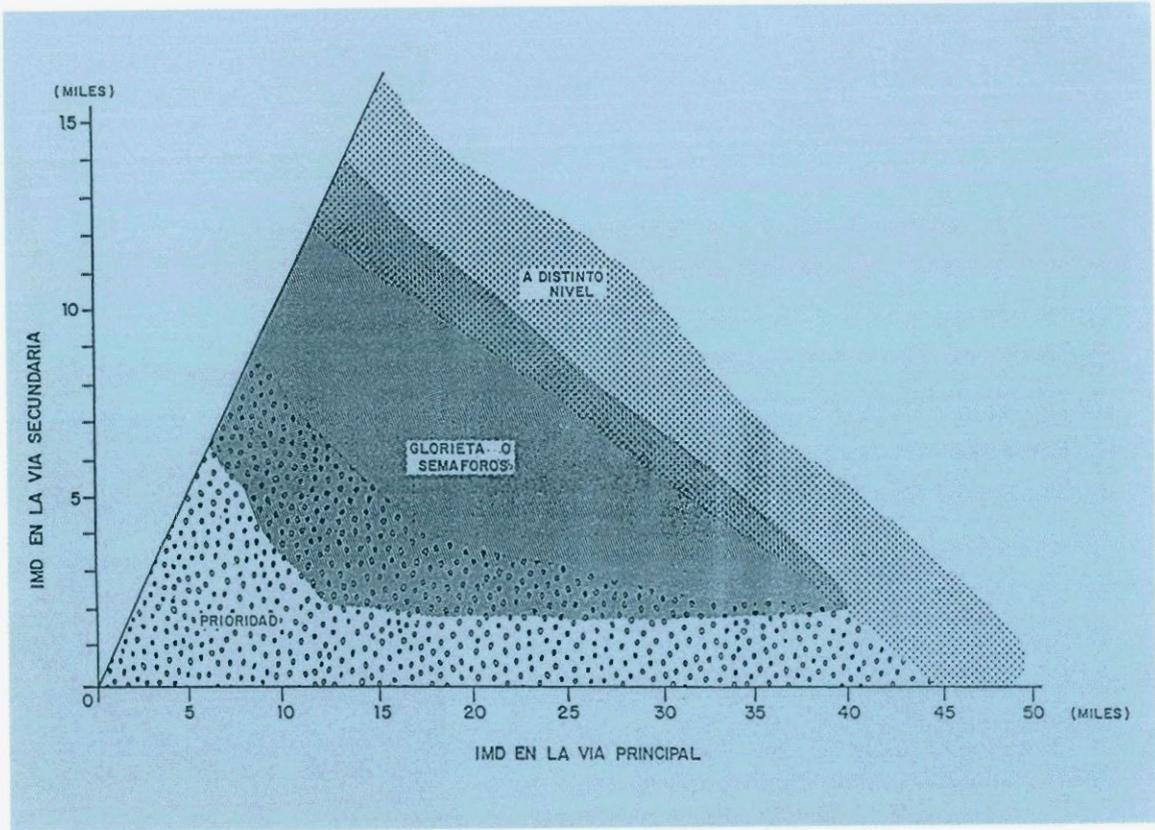
4. Diversas secciones típicas en vías urbanas convencionales y no convencionales.

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

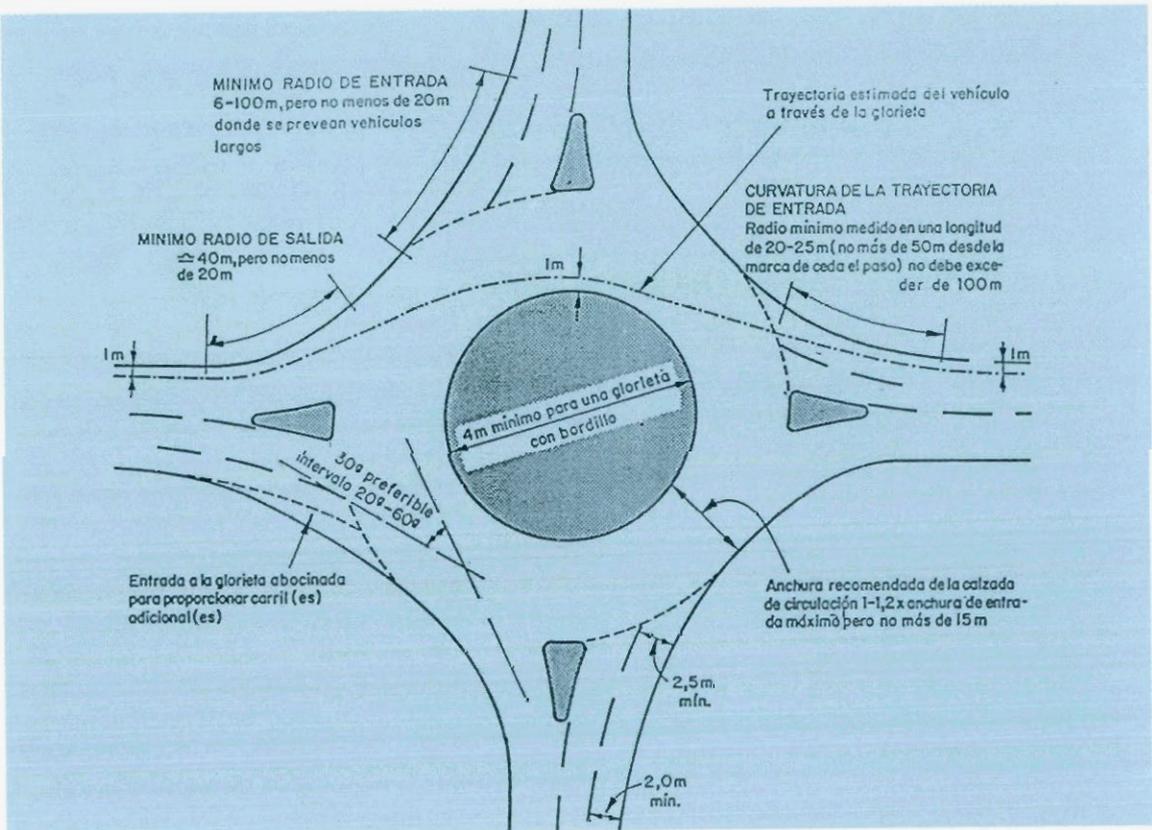
6. Parámetros básicos de dimensionamiento de una glorietta. Fte. MOPT.

7. La necesidad de clarificar el tráfico peatonal adquiere especial relevancia en las vías arteriales urbanas: acceso al Mussel. Gijón.

5.



6.



4.5 NUDOS

Los nudos de las vías arteriales se conciben a nivel. Ello no quiere decir que no 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.

En el diseño de las intersecciones de una vía arterial, se recomienda seguir los siguientes criterios:

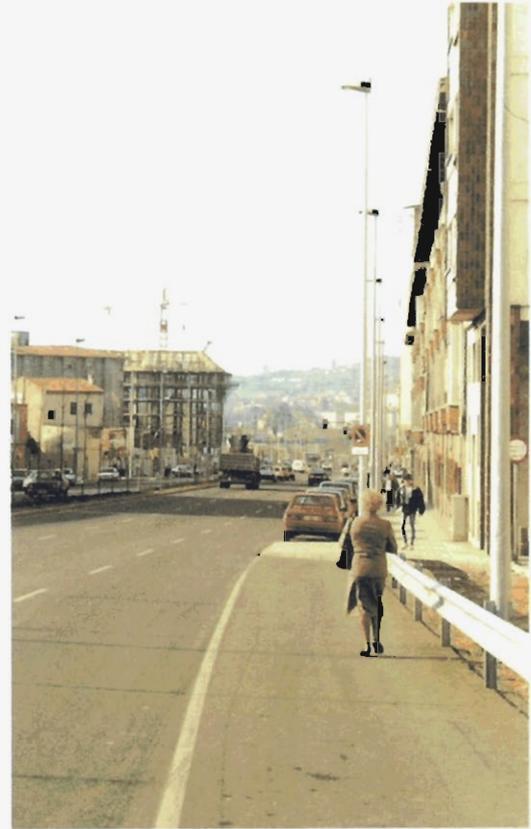
- Evitar siempre las glorietas partidas.
- Evitar intersecciones en cruz no semaforizadas, aunque la intensidad de tráfico sea baja.
- Minimizar el número de intersecciones en "T" no semaforizadas. Sustituir estas intersecciones por conexiones con vías de servicio y salidas y entradas a la calzada principal 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 semaforica, 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).

Las vías de servicio cumplen funciones distintas a las de las autopistas y autovías. Si en las primeras canalizaban un tráfico de ámbito más local, en las vías arteriales cumplen principalmente funciones de acceso a las propiedades colindantes, son colectoras del tráfico que accede por intersecciones no semaforizadas y sirven de espacio para el aparcamiento cuando éste no se realiza en la propia vía.

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

7.



las calzadas centrales con las vías de servicio y el viario transversal.

4.6 PEATONES Y TRANSPORTE COLECTIVO

- **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 tráfico pero no separación total, como en las vías de circulación continua.

Con estos criterios, no serán importantes sólo los elementos de separación entre peatones y automóviles. El diseño de los itinerarios peatonales adquiere especial relevancia 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; orígenes y destinos (colegios, equipamientos, mercados, etc...), 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 perspectiva 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.

- **Transporte colectivo.** El transporte colectivo en una vía arterial suele seguir los siguientes criterios de circulación y ubicación de paradas:
 - En vías arteriales con velocidades de proyecto alrededor de 80 km/h se seguirán criterios similares a los de las autovías, con especial énfasis en la creación de refugios para el vehículo, en áreas de parada, a costa de la zona de resguardo.
 - En vías arteriales con velocidades de proyecto inferiores se seguirán los criterios del viario urbano (circulación por el carril exterior y paradas en las inmediaciones de las intersecciones y pasos de peatones, generalmente sin retranqueo, a no ser que las intensidades de circulación y giro en el carril sean altas).

- **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 a sistemas subterráneos cuya conexión a la red de alcantarillado urbano se deberá analizar en cada caso particular.

4.7 OTROS ELEMENTOS DE PROYECTO

- **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.

5. TRATAMIENTO DEL IMPACTO AMBIENTAL EN LAS CARRETERAS URBANAS

El tratamiento del impacto ambiental adquiere una singular importancia en las carreteras trazadas en medio urbano. No se trata de minimizar los efectos de su construcción sobre un medio natural sino de proteger la calidad de vida de las comunidades humanas que residen, se desplazan o trabajan en sus inmediaciones. A los impactos tradicionales producidos por la construcción de la carretera (ocupación de suelo, demoliciones o efectos de barrera) cabe añadir los muy importantes impactos ocasionados por el tráfico que circula por la misma. Estos impactos son, principalmente, la seguridad para los peatones y el ruido generado por los vehículos. La contaminación del aire es un impacto de primera magnitud, causa de la degradación de la vida urbana en gran parte de nuestras ciudades. Aún con todo, se trata de un impacto cuya resolución es escasamente abordable en el marco de un proyecto de carretera. Sus soluciones deberán ser globales y ocuparán al conjunto de la política de transporte urbano.

5.1 PEATONES Y SEGURIDAD VIAL

La circulación de peatones en las inmediaciones de las carreteras no debe contemplarse como un obstáculo para el buen funcionamiento del tráfico. Es una realidad unida a las propias características del entorno urbano y, como tal, debe ser tenida en cuenta, no como un aspecto negativo sino como

un elemento más a considerar en el diseño de la vía. En capítulos anteriores se ha distinguido entre el tratamiento de los peatones en las carreteras no convencionales (autopistas, autovías y vías rápidas) y en las vías arteriales:

- En las autopistas, autovías y vías rápidas urbanas, los peatones no entran en ningún momento en



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

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

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

2.



3.



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.

La velocidad de los vehículos es un factor importante que decide la mayor o menor compatibilidad entre peatones y automóviles: sólo por debajo de 30 km/h pueden plantearse soluciones integradas peatón-automóvil. A velocidades de hasta 60 km/h pueden plantearse soluciones con separación física (aceras o caminos con o sin protección), así como cruces a nivel. A 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.

El conocimiento de los puntos de generación y atracción de peatones es garantía de un correcto diseño de sus itinerarios. Estos puntos pueden ser zonas residenciales, parques, mercados, colegios u otros equipamientos situados en las inmediaciones de la carretera. En todos estos casos, los itinerarios previstos deberán contemplar la máxima accesibilidad a los puntos de generación/atracción, como única garantía de que puedan ser eficaces.

El tratamiento de los itinerarios se realizará atendiendo a los caminos peatonales preexistentes. El peatón mantiene sus hábitos, busca los caminos mínimos y, sobre todo, es un vehículo todo terreno capaz de superar importantes obstáculos puestos en su camino. El itinerario peatonal deberá, por tanto, adaptarse en la mayor medida posible al itinerario natural del peatón, evitando rodeos excesivos, rampas o escalones prolongados, y medios hostiles (pasos inferiores estrechos y mal iluminados, carriles canalizados sin visibilidad, etc...) que disuadan al peatón de utilizar el itinerario.

- En las autopistas, autovías y vías rápidas urbanas, el peatón se encuentra totalmente segregado de la sección transversal. Se estudiarán, por tanto, sólo

los itinerarios transversales, con especial atención a los problemas suscitados por el efecto de barrera. La experiencia demuestra que, a la larga, resulta más eficaz mantener el mayor número de pasos transversales sobre o bajo la vía que concentrarlos en unos pocos y obligar a circulaciones peatonales más largas. 1

- En las vías arteriales, además de lo indicado en el punto anterior, deben estudiarse los movimientos peatonales de carácter longitudinal, cara a la ubicación y dimensionamiento de aceras. El diseño de los cruces es otro elemento de vital importancia en este tipo de vías que, en ausencia de un cerramiento que mantenga el control de acceso, son susceptibles de ser cruzadas en puntos no deseados.

- **Criterios para el tratamiento peatonal en vías arteriales.** La seguridad del peatón en las vías arteriales; es decir, en soluciones de tráfico no segregados, está muy subordinada al factor velocidad y al cumplimiento efectivo de las limitaciones legales de velocidad. Este cumplimiento precisa de medidas físicas destinadas a limitar la velocidad de circulación en las inmediaciones de los cruces peatonales. Cuando la vía arterial está concebida con velocidades de proyecto de 80 km/h, las medidas de limitación de la velocidad deben ser acordes a la seguridad para el automovilista, debiéndose evitar obstáculos físicos (barreras, estrechamientos bruscos, badenes, etc...) como primer elemento de aviso para reducir la velocidad). en estos casos es conveniente la instalación de dispositivos de aviso de carácter luminoso o señalización específica, al tiempo que pueden adoptarse modificaciones graduales en el trazado en planta y en la sección transversal de la vía (como, por ejemplo, las modificaciones de la geometría de una calzada al acceder a una glorieta).

- **Comportamientos del peatón y conductor en los cruces.** Los cruces peatonales suelen ser puntos críticos en el itinerario de los peatones. Un diseño adecuado de los mismos deberá tener en cuenta tanto el comportamiento del peatón como el del automovilista:

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 los

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.

Para el **conductor**, el parámetro básico a considerar es la distancia necesaria para detener un vehículo. esta distancia depende de la velocidad a la que discurre el conductor, de su visibilidad y de las características y condiciones del firme y del vehículo.

- **Elementos viarios de los itinerarios peatonales.** La amplia variedad de elementos de proyecto que constituyen la base de los itinerarios peatonales pueden agruparse en dispositivos longitudinales (aceras y elementos de protección del peatón) y transversales (cruces), estos últimos divididos a su vez en cruces a desnivel y elementos de cruces a nivel. A continuación se indica, muy brevemente, las características básicas de cada uno de estos grupos:

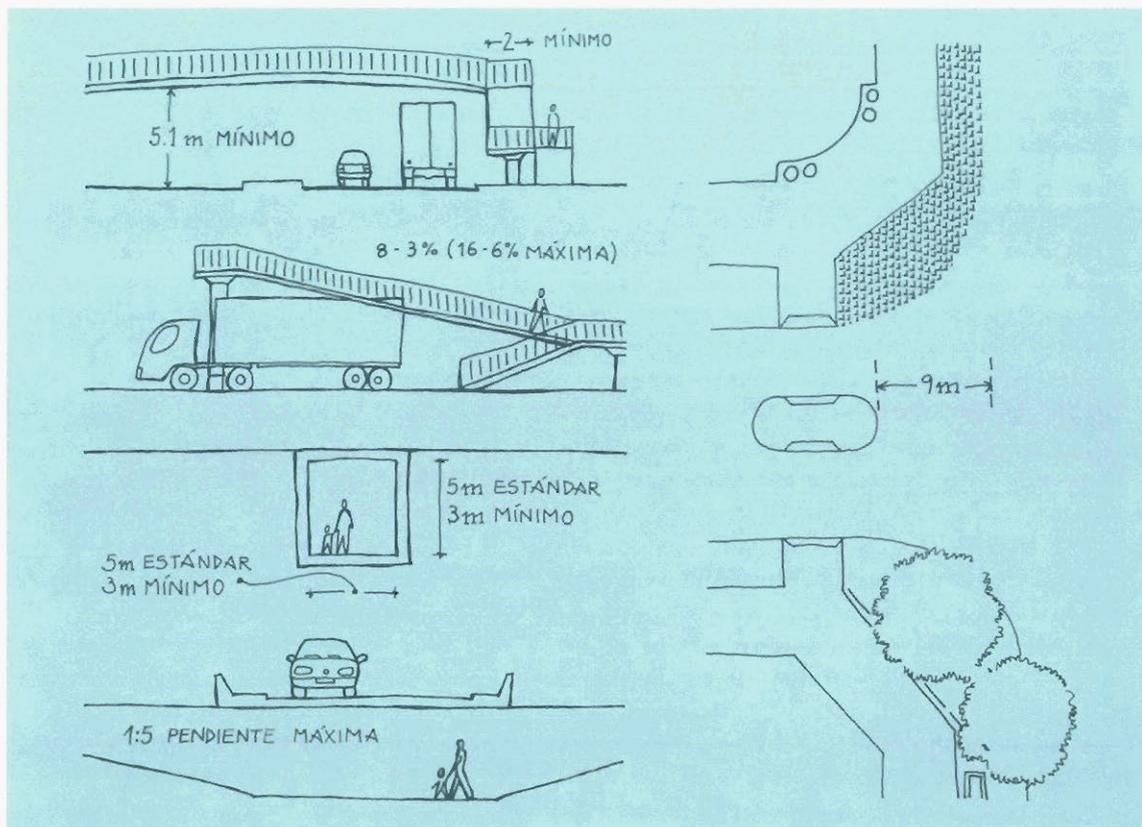
- **Pasos de peatones.** Soluciones segregadas: Pasos a distinto nivel

Obligatorio donde haya una total separación física del peatón que no permita el cruce a nivel.

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, introducir en lo posible luz natural y diseñar trazados de rampas que favorezcan apertura de vistas

4.



desde y hacia el túnel.

● 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. Es conveniente facilitar el acceso, al tiempo que se mantienen unas adecuadas medidas de seguridad. Los criterios a seguir en este tipo de cruces son los siguientes:

- Buena visibilidad mutua vehículo-peatón, evitando el aparcamiento en el paso, obstáculos producidos por la señalización o el mobiliario urbano, y una buena accesibilidad.
- Correcta señalización, enfatizando las circulaciones imprevistas de vehículos, como los autobuses a contramano o los giros a izquierda.
- Canalización (mediante barreras) de los recorridos peatonales. Es una medida necesaria para evitar cruces anárquicos de mínimo recorrido, e imprescindible en áreas de colegios (con la precaución de dise-

ños no utilizables como objeto de juego).

- Disposición de refugios centrales (isletas), necesarios siempre que la calzada tenga una anchura superior a 12 m, o en semáforos en 2 fases.

Los refugios deben tener anchuras mínimas de 2 m, que permiten la estancia de una persona con un carrito.

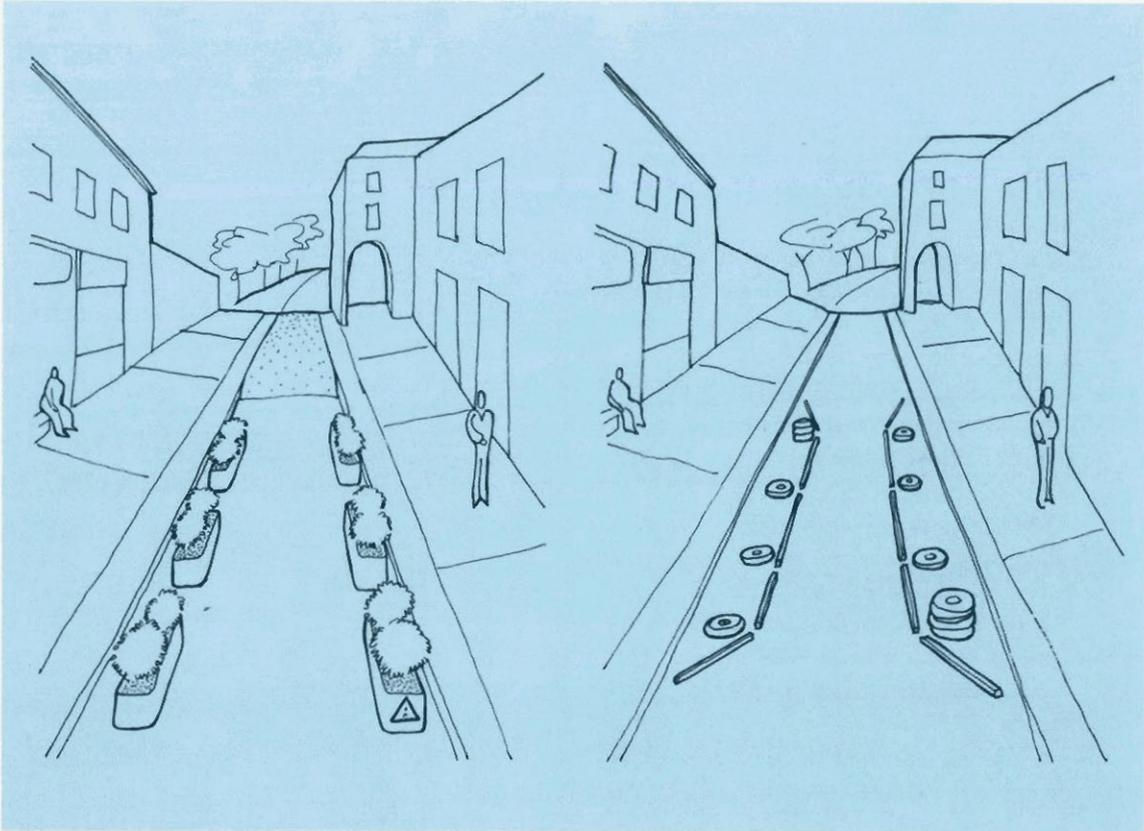
Debe evitarse la resolución de intersecciones con multiplicidad de isletas de pequeño tamaño que rompan la trayectoria del peatón. Una isleta separadora en calzadas anchas es suficiente.

Es aconsejable el rebaje de bordillos en toda la ban-

4. Dimensiones de refugios para peatones.

5. 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.

5.



da 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 penínsulas 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

- 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).

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).

- **La protección del peatón en los itinerarios paralelos a la carretera.** En vías arteriales con circulación alta (80 km/h) se admiten aceras en sus

márgenes. No obstante, éstas deben estar separadas de la calzada y protegidas de la misma mediante barreras vegetales o elementos de mobiliario urbano. El objeto de estas protecciones es variado; por un lado, las más completas impiden el acceso indiscriminado de peatones a la calzada. Por otro, se evita la sensación de inseguridad producida por la cercanía visual de peatones y vehículos. Entre los elementos utilizados como protectores, pueden citarse los siguientes:

- Bordillos sobrelevados.

- Barreras metálicas, solamente aceptables en áreas periurbanas por su estética y escasa eficiencia si se implantan de manera discontinua, 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.

- Barreras rígidas de piedra u hormigón.

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

5.2 RUIDO

El ruido es, quizás, el impacto urbano más estudiado y el que representa afecciones a capas más amplias de la sociedad urbana. Durante los últimos veinte años, el ruido producido por los automóviles ha sido analizado con exhaustividad, destacándose en ese sentido las investigaciones realizadas en Francia y Alemania. Estas investigaciones han dado lugar a un panorama muy amplio de métodos de detección del nivel de ruido, de evaluación de sus efectos sobre las personas y de medidas de atenuación o eliminación del mismo.

• **Detección del nivel de ruido.** Los niveles de ruido producidos por el tráfico de una carretera suelen ser estudiados desde dos puntos de vista:

• El primero, a través de modelos teóricos que permiten diagnosticar el nivel de ruido en base a las características de la carretera, el tráfico y el medio urbano.

• El segundo, mediante la toma de datos directamente en la carretera.

Está ampliamente admitido el uso del Decibelio (dB) como medida de la presión sonora sobre el oído. Esta unidad de medida puntual es corregida en su aplicación al estudio del impacto del ruido sobre un medio urbano. La unidad comúnmente utilizada es el *Nivel Sonoro Continuo Equivalente (Leq)*. Esta magnitud es la más adecuada como escala de medida de la exposición prolongada al ruido variable y 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 de manera puntual.

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.

El ruido producido por los vehículos tiene dos fuentes distintas, cuya importancia varía al variar la velocidad de circulación de los vehículos:

• 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.

La legislación de los distintos países establecen niveles máximos de ruido, en función de los usos urbanos existentes. En España no existe una legislación que establezca estas limitaciones aunque son numerosas las recomendaciones sobre los umbrales por encima de los cuales el nivel de ruido puede ocasionar fuertes molestias.

A título de ejemplo, se indica uno de ellos³:

• Niveles máximos para nuevas construcciones (Medidos a 2 m 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)

• **Medidas para paliar el ruido.** La atenuación del nivel sonoro se consigue actuando en varios frentes. Por un lado, es necesario que la fuente productora sea lo más silenciosa posible. Por otro, se debe actuar sobre el medio transmisor, el aire, y el receptor, una edificación o espacio público, para amortiguar los efectos que no han podido ser limitados en su origen.

La actuación sobre la **fente emisora** se dirige principalmente a mejorar la tecnología de los automóviles, de manera que el nivel de ruido emitido sea tolerable. Ya dentro del ámbito del proyecto, el nivel de ruido se reduce actuando sobre el firme de la carretera. En ese sentido, los pavimentos porosos consiguen efectos muy positivos sobre el nivel de ruido:

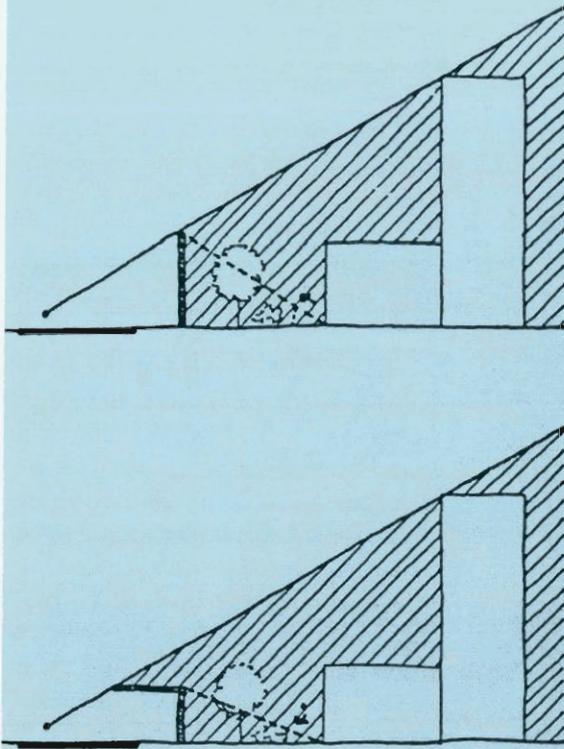
• La buena adherencia, especialmente por su capacidad drenante, colabora a la reducción del ruido sobre piso mojado.

• La superficie es acústicamente absorbente y no refleja el ruido emitido por los vehículos.

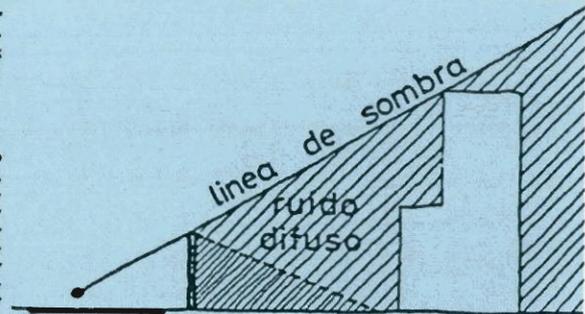
La reducción del ruido de rodadura mediante actuaciones sobre los firmes puede oscilar entre 3 dB(A) para vehículos pesados y 4 dB(A) para vehículos ligeros.

6.

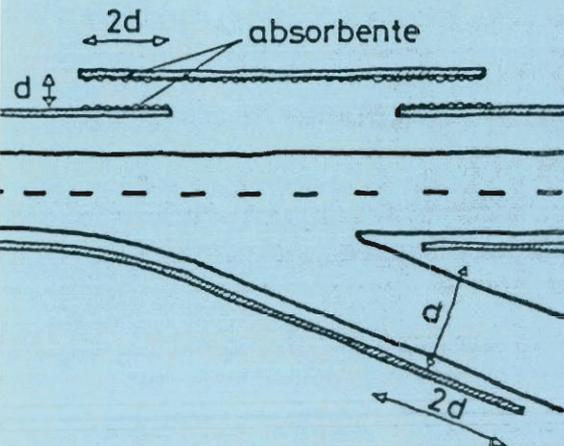
AREAS DE SOMBRA Y DIFRACCION EN PANTALLAS



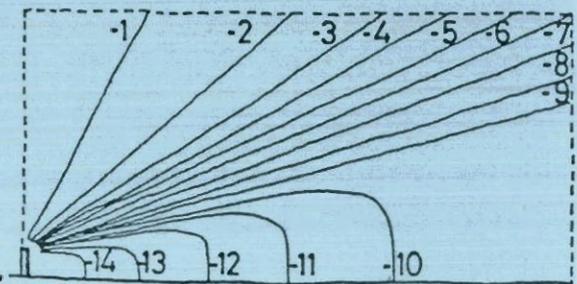
AREAS DE SOMBRA TOTAL Y DE RUIDO DIFUSO TRAS UNA PANTALLA



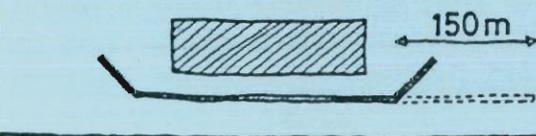
SOLAPES MINIMOS EN DISCONTINUIDADES DE LA PANTALLA



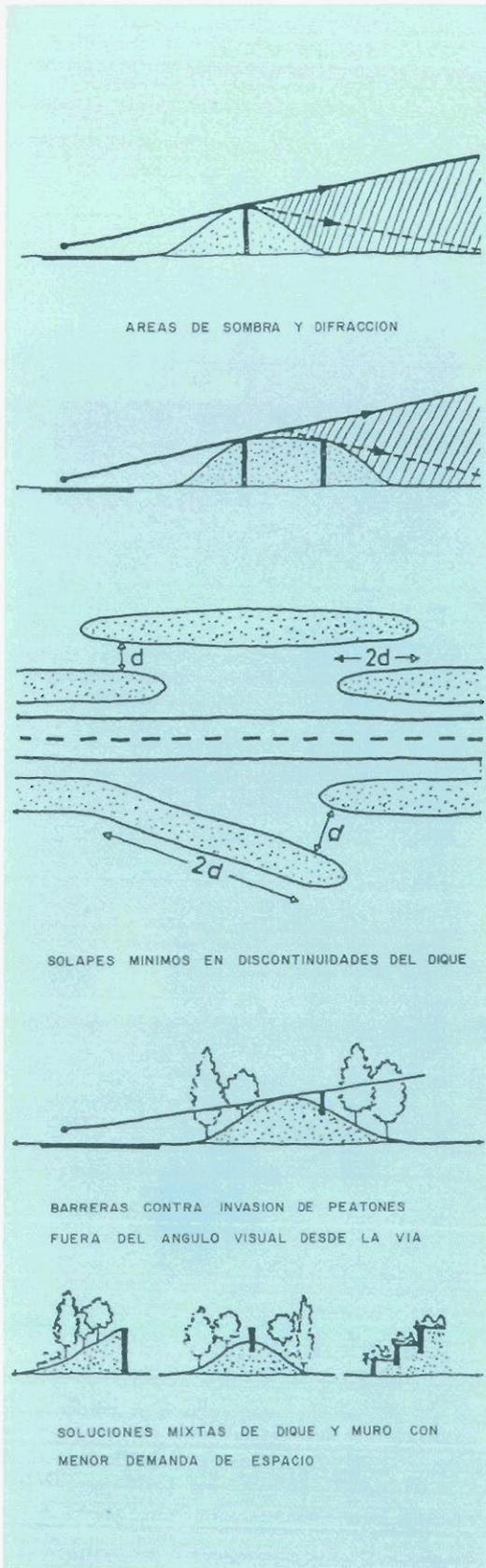
DISTRIBUCION ORIENTATIVA DE LINEAS ISOFONAS AL EXTERIOR DE UNA PANTALLA



LONGITUDES DE MARGEN EN PANTALLAS DE PROTECCION DE ELEMENTOS AISLADOS



7.



8.



Asimismo, el nivel de ruido se reduce con un trazado de carretera óptimo. Este debe evitar fuertes aceleraciones y deceleraciones bruscas. Asimismo, deben evitarse fuertes rampas (de especial 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.

• **Medidas sobre el entorno de la carretera.** Las principales medidas para reducir el ruido del tráfico se dirigen a proteger el entorno de la carretera mediante la realización de obstáculos a la libre propagación de las ondas sonoras. La variada gama de medidas, caben ser agrupadas de la manera siguiente:

• **Vegetación.** 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 conse-

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

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

8. Pantalla de hormigón reflectante protegida con barrera rígida.

guir resultados apreciables de amortiguación sonora. A pesar de las limitaciones del uso de la vegetación como protección contra el ruido, es conveniente destacar las ventajas de su utilización combinada 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.

- **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.

La implantación del arbolado en las partes más bajas aminorará 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.

- **Pantallas acústicas.** 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. Las pantallas deben cumplir unas condiciones básicas en sus dimensiones y materiales y disposición en la carretera, de manera que esté garantizada su eficacia:

- 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.

- 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 por el choque, no se romperá arrojando fragmentos peligrosos al entorno.

- 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.

3. Simposio sobre el ruido, A.I.P.C.R. S. Sebastián (1987).



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

P.V.P.: 800 ptas.
I.V.A. incluido