

FICHA 10.2

Acondicionamientos frente al ruido

1. Introducción y ámbito normativo

El vigente PGOUM establece el marco normativo general sobre los niveles sonoros admisibles en medio urbano en el capítulo 5.3 de sus NNUU ("Regulación de los niveles sonoros Ambientales") y remite la regulación de límites y procedimientos de medida para su control a la Ordenanza General de Protección del Medio Ambiente Urbano (OGPMAU).

En la presente Instrucción, se recoge el contenido del PGOUM y, en tanto no se reforme la Ordenanza General de Protección del Medio Ambiente Urbano para adaptarse a la normativa específica de aplicación, se establece que:

Todos los planes y proyectos en suelo urbano y urbanizable que definan la vía pública del municipio de Madrid deberán garantizar el cumplimiento de los límites de los niveles sonoros ambientales fijados en las NNUU.

Se considera que los límites de los niveles sonoros ambientales quedan garantizados si se respetan las prohibiciones de colindancia de ciertas actividades con las vías y las distancias mínimas de los usos a la vía, establecidas a título indicativo en las NNUU y recogidas, en el anexo de la Ficha 4.1 de la presente Instrucción.

Los planes y proyectos que no respeten las prohibiciones o no garanticen las distancias mínimas a que se refiere el párrafo anterior, deberán presentar una estimación de los niveles sonoros ambientales que pueden generar las vías de la red principal y las colectoras locales a que afecten. En caso de que la estimación supere los límites de los niveles sonoros previstos para los distintos usos, deberán incorporar las medidas de reducción del nivel sonoro suficientes para cumplir los citados límites. Para la estimación de los niveles sonoros se utilizarán procedimientos contrastados de cálculo, como los referidos en OCDE (1995).

En calles y carreteras que cuenten con vías de servicio, de velocidad limitada a 30 km/h, las distancias a que se refiere el Título 5 de las NNUU del PGOUM, se medirán desde el borde exterior de la calzada central, no considerándose a esos efectos como parte de la calle o carretera los bulevares laterales y las vías de servicio.

Los niveles sonoros ambientales se expresarán mediante el nivel sonoro continuo equivalente de presión acústica, determinado para el período diurno (de las 7:00 hasta las 23:00 horas) y el nocturno (de las 23:00, a las 7:00 horas), y expresado en decibelios ponderados mediante la red de ponderación A (Leq dBA).

2. Tipos de medidas frente al ruido

Las medidas de actuación frente al ruido del tráfico se clasifican en:

Las que distinguen entre medidas que tienen por objeto reducir la generación de ruido y las que tienen por objeto corregir el impacto del ruido ya producido.

Las que distinguen entre medidas a considerar desde el proyecto y medidas posteriores a la construcción de los elementos viarios.

Dentro de las medidas de reducción de la generación del ruido del tráfico, se distinguen las siguientes:

La regulación de la velocidad, entendida como limitación por debajo de un máximo y como homogeneización de velocidades. Tiene por objeto reducir la generación de ruido que producen las altas velocidades de circulación (ruido producido por la fricción del aire y los neumáticos) y por los cambios de velocidad (aceleraciones y frenadas). Para ser eficaces, las medidas de regulación de la velocidad deben concebirse desde el proyecto (distancia entre intersecciones, radios de giro, etc), aunque algunas de ellas pueden aplicarse sobre vías construidas (regulación semafórica).

Minimización de pendientes en rampas. Su objetivo es evitar que los vehículos, especialmente los pesados, tengan que recurrir a marchas cortas de circulación, que elevan sensiblemente la emisión sonora. Una red viaria con pendientes suaves debe preverse en las etapas de planificación y proyecto.

Los pavimentos especiales. Pueden reducir de forma importante la emisión del ruido, especialmente relevante a velocidades elevadas (superiores a 60 Km/h). Se trata de una medida que debe preverse desde el proyecto de urbanización o construcción, pero que puede aplicarse sobre viario existente.

Dentro de las medidas para corregir los efectos del ruido producido por el tráfico, se distinguen las siguientes:

La disposición relativa de usos sensibles y vías generadoras de ruido. Simplemente evitando la proximidad espacial de los puntos emisores y receptores, los efectos del ruido pueden reducirse significativamente.

La adecuada utilización de la topografía para aprovechar barreras naturales a la transmisión del ruido. En concreto, la utilización de rasantes inferiores (túneles y trincheras) o superiores a la de los bordes de la calzada supone un obstáculo físico muy eficaz a la propagación del sonido al crear amplias zonas de sombra en sus inmediaciones. Este tipo de medidas deben necesariamente preverse desde el proyecto.

Los diques de tierra, bordeando longitudinalmente la vía, constituyen una de las medidas más eficaces para evitar la propagación del ruido del tráfico. Dada la ocupación de suelo que suponen, deben preverse desde el proyecto, allí donde las medidas anteriores no sean posibles.

La cubrición parcial o total de la vía constituye otra de las opciones para reducir la propagación del ruido del tráfico a prever desde el proyecto.

Las bandas o pantallas de arbolado, que requieren su previsión desde el proyecto y se basan en el efecto de reducción del ruido que tienen ciertas especies de árboles dispuestas adecuadamente.

Las pantallas sónicas, de diversos materiales, cuyo objetivo es evitar o reducir la propagación del ruido. Pueden emplearse sobre vías construidas, aunque resultan más eficaces si se prevén desde el proyecto.

Finalmente y como último recurso en la corrección de los impactos sonoros, puede proponerse el aislamiento sónico de edificios e instalaciones, un recurso normalmente parcial, pues no protege el exterior de los edificios, pero que puede resultar inevitable en determinadas situaciones. Aunque puede preverse desde el proyecto, técnicamente, el aislamiento de edificios constituye una medida totalmente autónoma de los proyectos de viario, por lo que no se desarrollan en esta Instrucción.

3. Campo de aplicación de las diversas medidas

La elección del tipo de medida a emplear en cada situación depende de numerosos factores, entre ellos, de la situación de la vía y el tipo de entorno, la topografía y espacio disponible, el presupuesto, etc.

Con carácter general, se establece la obligatoriedad de utilizar medidas que reduzcan la generación de ruido por el tráfico, desde la concepción y planificación del viario en los planes parciales y especiales.

En concreto, en planes parciales, planes especiales y proyectos de urbanización, que contengan actividades sensibles al ruido, se considerará la utilización de las siguientes medidas:

- Disposición de los usos sensibles en posiciones protegidas o alejadas de las fuentes emisoras.
- Medidas de control de la velocidad, en particular, mediante el diseño y disposición de las intersecciones (distancias y localización) o la previsión de regulaciones semafóricas reductoras del ruido (ondas verdes).
- Reducción de pendientes, siempre que no genere problemas de rasantes con los solares colindantes.
- Previsión de pavimentos especiales para las calzadas de las vías colectoras y principales.
- Excepcionalmente, para el aislamiento de elementos viarios de borde de fuerte impacto sonoro, puede preverse la utilización de diques de tierra y pantallas sónicas.

En planes parciales, planes especiales y proyectos de vías de la red principal, en suelos y entornos no urbanos, se contemplarán las siguientes medidas:

- Aprovechamiento de barreras naturales para aislar las fuentes de emisión, es decir, las vías principales.
- Control y regulación de la velocidad mediante una adecuada geometría y disposición de intersecciones.
- Reducción de pendientes.
- Construcción de diques de tierra, en tramos sin restricción de sección, o pantallas sónicas.

En cualquier caso, en la elección y diseño de las medidas de reducción de la generación o impacto sónico en áreas urbanas, se tendrá en cuenta que, algunas medidas:

- Acentúan el efecto barrera de los elementos viarios (diques de tierra, pantallas, etc).
- Tienen consecuencias estéticas problemáticas (construcción elevada, pantallas, etc).
- Son incompatibles con las de templado de tráfico (homogeneización de la velocidad del tráfico en un itinerario).

4. Medidas para la regulación de la velocidad

4.1. Definición y tipos

Se incluyen en este tipo todas aquellas medidas cuyo objetivo es regular la velocidad de circulación con objeto de reducir la emisión sónica.

Se distinguen las siguientes medidas, algunas de las cuales se describen en otras fichas de esta Instrucción:

- Limitación de longitud de los tramos rectos.
- Utilización de radios de curvatura.
- Establecimiento de una adecuada distancia entre intersecciones.
- Utilización de determinados tipos de intersecciones.
- Regulación semafórica mediante ondas verdes.
- Utilización de algunas medidas de templado de tráfico.

4.2. Especificaciones y campo de aplicación

La regulación de la velocidad es especialmente eficaz en vías cuya velocidad sea de 60 km/h o superior, a partir de la cual el ruido de la fricción del aire y los neumáticos se convierte en dominante sobre el conjunto de los emitidos. No obstante, velocidades por debajo de los 50 Km/h pueden obligar a la utilización de marchas cortas. Por ello, las vías de rango urbano o distrital se diseñaran para mantener una velocidad fluida de circulación entre 50 y 60 Km/h, en ausencia de vías de servicio.

Las medidas de regulación de la velocidad deben concebirse desde la planificación de la red viaria y concretarse en el proyecto.

Para la regulación mediante ondas verdes, se adoptarán las distancias mínimas entre intersecciones previstas en la Ficha 5.2, cuadro 5.2 - 2.3.

En la utilización de las diversas medidas posibles, debe tenerse en cuenta que el objetivo de la regulación de la velocidad es doble, mantenerla por debajo de un cierto umbral y evitar variaciones bruscas que provoquen un aumento en la emisión de ruido (aceleraciones y frenadas).

En la red local, la regulación de la velocidad puede conseguirse mediante la aplicación de medidas de templado de tráfico, que reducen la intensidad de la circulación y moderan la velocidad, actuando doblemente frente al ruido. Debe subrayarse que no todas las medidas de templado son eficaces contra el ruido, ya que algunas pueden incluso aumentar su generación (baldos, franjas transversales de alerta, etc), ni deben utilizarse aisladas, ya que el objetivo no es sólo la reducción de la velocidad, sino, fundamentalmente, su homogeneización, evitando acelerones y frenadas.

5. Minimización de pendientes en rampas

5.1. Definición

Se trata de mantener la pendiente de las rampas en calles y carreteras por debajo de los umbrales que obligan a los vehículos, sobretodo a los pesados, a cambiar la marcha del motor y utilizar las más cortas, dado el incremento de ruido que provocan.

5.2. Especificaciones

Aunque, cuanto menor sea la pendiente de las rampas, tanto menores serán las posibilidades de que se produzca un incremento sónico por cambio de marcha, se recomienda evitar pendientes en rampas superiores al 3% en áreas sensibles al ruido, teniendo en cuenta que por cada incremento de un punto en la pendiente, el nivel de ruido se incrementa aproximadamente en 2 dB(A), por su efecto sobre los vehículos pesados.

5.3. Campo de utilización

Este tipo de medidas, que sólo pueden implementarse operativamente considerándolas desde la planificación y el proyecto viario, se considerarán en todos los planes y proyectos que afecten a vías de la red principal.

El límite del campo de aplicación de estas medidas son los posibles problemas de encaje de rasantes con el entorno edificado, que puedan provocar en áreas urbanas.

6. Los pavimentos especiales

6.1. Definición

Se trata de la utilización en vías con posibles impactos sonoros de pavimentos especialmente concebidos para reducir el ruido provocado por la fricción de los neumáticos de los automóviles con el suelo.

6.2. Especificaciones y campo de utilización

Según la experiencia existente, el pavimento más ruidoso es el adoquinado, seguido del hormigón estriado, hormigón liso, tratamientos superficiales, pavimentos tradicionales asfálticos, y con los mejores resultados, las mezclas abiertas o porosas.

En áreas sensibles al ruido, se recomienda la utilización de pavimentos bituminosos porosos o de textura abierta que, con 40 mm de espesor, pueden reducir el ruido de rodadura entre 3 o 4 dB(A). Asimismo, se recomienda no utilizar adoquinados y hormigones estriados en dichas áreas.

Los firmes especiales antiruido son eficaces en vías con velocidades superiores a 60 km/h, por lo que se recomienda su utilización en las vías de la red principal y, muy particularmente, en las de la red metropolitana o la urbana de velocidad 80 km/h.

Los pavimentos especiales deben preverse desde el proyecto de urbanización o construcción, pero pueden aplicarse sobre viario existente.

En la utilización de pavimentos especiales contra el ruido debe tenerse en cuenta que, en general, los que proporcionan una superficie de rodadura más lisa reducen la emisión sónica, pero reducen simultáneamente la adherencia y, por tanto, la seguridad de la circulación.

Asimismo, debe tenerse en cuenta que la vida útil de los pavimentos porosos y de textura abierta es considerablemente menor que la de los firmes asfálticos tradicionales (en torno al 50%).

7. Disposición relativa de los usos sensibles y de las vías

7.1. Definición y tipos

Se trata de medidas de planificación y diseño cuyo objetivo es localizar las fuentes de ruido viario y los usos más sensibles al mismo, en una disposición espacial relativa que minimice el impacto de las primeras sobre los segundos.

Se distinguen dos tipos básicos:

Medidas de jerarquización del viario, que segreguen el tráfico de paso o molesto (pesados, etc) de las áreas sensibles al ruido y lo concentren en vías alejadas, específicamente diseñadas.

Elaboración de modelos tipológicos de grupos de edificación antiruido que protejan los usos y espacios más sensibles al mismo.

7.2. Especificaciones

En cuanto a las distancias a mantener entre vías y actividades, se estará a lo establecido en el Título 5 de las NNUU del PGOUM y en su anexo sobre "límites de los niveles sonoros ambientales", todos ellos recogidos en los anexos 1 y 2 de la ficha 4.1 de la presente Instrucción.

7.3. Campo de utilización

Una adecuada disposición relativa de los usos a efectos de impacto sonoro sólo es operativa si se considera en la fase de planeamiento urbanístico, es decir, para áreas urbanas nuevas, en los planes parciales que las desarrollen.

Los límites de la utilización de la localización relativa de los usos en relación a la corrección de los impactos sonoros tiene su límite lógico en su influencia en la organización funcional de las áreas urbanas.

8. Utilización de la topografía

8.1. Definición y tipos

Se incluyen en esta denominación, las medidas que tratan de utilizar o corregir la topografía del terreno para constituir barreras físicas que interrumpen la transmisión del ruido, desde las fuentes emisoras (vías) a los usos sensibles.

Como formas más eficaces de utilización de la topografía, se utilizarán las siguientes:

- La construcción en trinchera
- La construcción de diques de tierra, en los bordes de la vía, que la aíslen de su entorno.
- La construcción en túnel y la cubrición parcial o total.
- La construcción elevada de la carretera

8.2. Especificaciones

Para asegurar un efecto importante de la construcción en trinchera o de los diques de tierra, debe comprobarse que la localización y pendiente de los desmontes o terraplenes deja en zona de sombra sonora el área y los edificios que se desean proteger.

En la construcción en trinchera y en los diques de tierra, se recomienda acondicionar los taludes con superficies absorbentes de terreno blando, recubiertos de plantaciones de matorrales o árboles.

Asimismo, en ese tipo de soluciones, debe estudiarse especialmente un adecuado desagüe del talud y la seguridad de la circulación.

La altura y localización de los diques de tierra se decidirá en función del tipo de edificación y usos existentes en los bordes de la vía, con objeto de dejar en zona de sombra acústica todos los espacios y edificios sensibles al ruido

8.3. Campo de utilización

En conjunto, este tipo de medidas debe preverse desde el planeamiento urbanístico y su utilización se limitará a elementos viarios de la red principal que no atraviesen zonas centrales o residenciales, a excepción de la cubrición total que puede ser de aplicación en casos excepcionales.

Debe tenerse en cuenta que, tanto la construcción en trinchera, como los diques de tierra, suponen una barrera física, que se añade a la propia de la vía, por lo que no resultan adecuadas en el interior de áreas urbanas. Por ello son recomendables fundamentalmente en vías de la red principal que bordean áreas urbanas residenciales o terciarias.

No obstante, tanto la construcción en trinchera como en túnel, además de reducir el impacto del ruido, reducen el impacto visual de la circulación, que también consiguen los diques de tierra, y facilitan la construcción de intersecciones a distinto nivel, lo que puede hacerlas aconsejables para mejorar la conexión entre dos áreas separadas por vías rápidas.

La construcción en trinchera es recomendable, cuando exista una topografía favorable para ello, por ejemplo, por presencia de una vaguada. Por su parte, la construcción de diques es recomendable en zonas llanas.

Se recomienda combinar la construcción en trinchera y los diques de tierra con la disposición de barreras acústicas en su cima para conseguir una mayor eficacia en la obstrucción del ruido.

La construcción en túnel y la cubrición total tienen un costo de construcción mucho más elevado que el de las vías a nivel y dificultan más las conexiones con el resto del viario. Se recomiendan, por tanto, en áreas poco urbanizadas, o para la travesía de zonas muy específicas por vías de rango metropolitano. En su utilización debe tenerse en cuenta, no obstante, la concentración de ruido que la construcción en túnel provoca hasta 50 m de sus bocas.

Los diques de tierra exigen mayor disponibilidad de espacio que otras barreras artificiales, como las pantallas, pero ambiental y estéticamente encajan mejor en ambientes suburbanos. La ocupación de suelo puede reducirse utilizando muros de tierra armada, o muros de hormigón escalonados con plantaciones.

Los diques de tierra resultan caros si es necesario traer el material de fuera, pero son muy recomendables cuando existen sobrantes de movimiento de tierras o escombros que deban eliminarse y pueden acondicionarse mediante arbolado y su vertiente externa puede integrarse en parques limítrofes con la vía y utilizarse como tal.

La construcción elevada es únicamente recomendable en circunstancias de escasez de suelo, en proyectos sobre entornos edificados de baja altura. En ámbitos de edificios de más altura, deberá combinarse con la colocación de pantallas sónicas en sus bordes. Puede ejecutarse mediante terraplenes o sobre tablero. Sus costos de construcción son similares a los de la construcción bajo rasante, sin embargo los costos de mantenimiento son mucho menores, con ahorros en ventilación, iluminación y drenaje. Su principal limitación es su gran impacto visual y su costo.

9. Bandas y pantallas de arbolado

9.1. Definición

Se incluye en esta denominación la utilización de bandas o concentraciones de arbolado a los bordes de una vía con objeto de reducir la propagación del ruido producido por la circulación.

9.2. Especificaciones

Los efectos de la vegetación en la reducción del ruido son limitados. Para que una pantalla de arbolado comience a producir efectos de reducción de ruido debe reunir las siguientes condiciones: ser de hoja perenne, poseer altura adecuada, constituir una masa compacta y, sobre todo, tener una anchura considerable, de varias decenas de metros.

Se recomienda combinar arbolado con especies arbustivas, que mejoran la calidad adsorbente del suelo (sistema radicular, hojarasca) y atenúan las bajas frecuencias del ruido, y mezclar árboles de hoja perenne y caduca para prevenir la estacionalidad.

Se recomienda combinar arbolado con especies arbustivas para atenuar las bajas y altas frecuencias del ruido y mezclar árboles de hoja caduca y perenne para prevenir la estacionalidad.

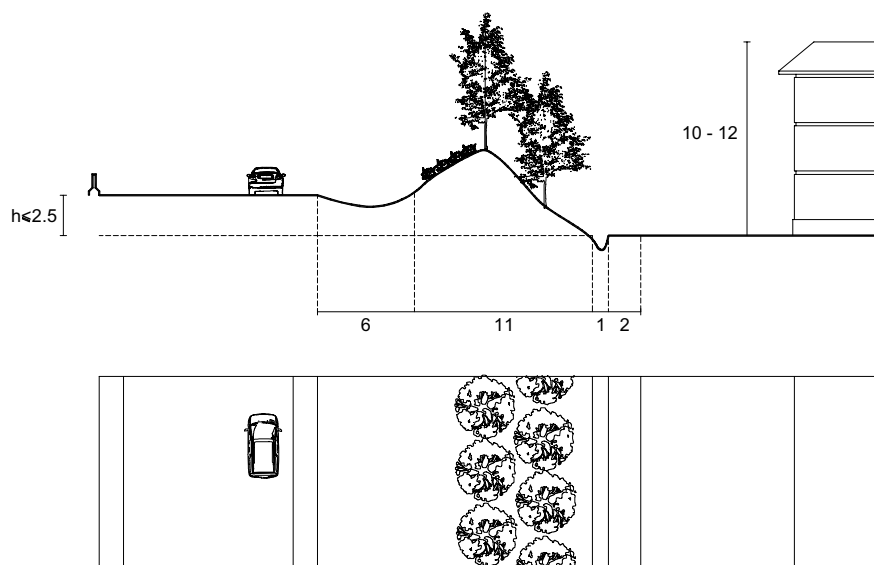


Figura 10.2-1 PANTALLA NATURAL. TALUD CON VEGETACIÓN, CERCANO A EDIFICIOS (Fuente: OCDE, 1995)

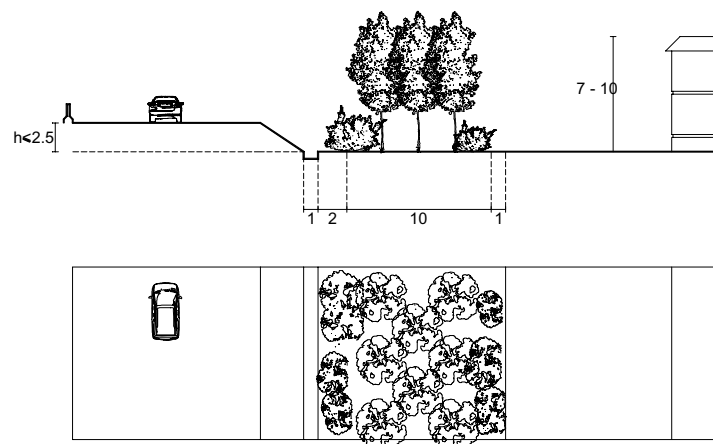


Figura 10.2-2 PANTALLA NATURAL. TALUD BAJO Y "BIOMURO" (Fuente: OCDE, 1995)

9.3. Campo de utilización

La utilización eficaz del arbolado como barrera frente al ruido debe preverse desde el planeamiento urbanístico, ya que exige una gran ocupación de suelo.

El arbolado combina eficazmente con otras medidas de reducción del ruido como la construcción en trinchera o los diques de tierra y consigue efectos ambientales y estéticos muy positivos.

Con independencia de su contribución real a la reducción del ruido, la disposición de arbolado en los bordes de vías de alta circulación parece tener un efecto psicológico mayor, al distraer la atención del ruido principal con el que genera el movimiento de las hojas por el viento.

10. Pantallas sónicas

10.1. Definición y tipos

Las pantallas sónicas son elementos artificiales especialmente diseñados para interrumpir la propagación del ruido viario allí donde otras medidas, como los diques de tierra o el arbolado, no pueden utilizarse por escasez o excesivo costo del suelo.

Se distinguen tres tipos básicos:

Pantallas que actúan por absorción de la energía del ruido, reduciendo su intensidad. Dentro de ellas, y atendiendo al principal material de que están compuestas, pueden distinguirse las pantallas de hormigón, de madera de alta densidad e inyectada, metálicas, de vidrio, de material plástico, etc.

Pantallas que actúan por reflexión, dirigiendo las ondas sonoras a espacios no sensibles al ruido. Los tipos más conocidos son las de ladrillo, arcilla porosa y madera absorbente.

Pantallas mixtas, que combinan ambas formas de actuación.

10.2. Especificaciones

Una pantalla se considera efectiva cuando la reducción de ruido conseguida en el receptor es de al menos 10 dBA, y cuando el ruido que se trasmite a través de ella se reduce en un mínimo 20 dBA.

Se recomienda la utilización de pantallas cuya densidad sea de 20 Kg/m² como mínimo.

En vías construidas a nivel, se recomienda una altura mínima de dos metros y una máxima de seis, con una media de 2,5 m, y variará dependiendo de las condiciones del lugar y la reducción a conseguir

En su construcción, se debe cuidar especialmente que no aparezcan agujeros ni poros.

En las aperturas y pasos necesarios a través de la barrera se debe garantizar un solape de una dimensión tres veces superior a la de la apertura.

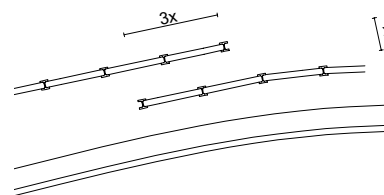


Figura 10.2-3 SOLAPE MÍNIMO EN APERTURAS

10.3. Campo de utilización

Por su efectos estéticos las pantallas sónicas sólo se aplicarán allí donde no resultan de aplicación los métodos anteriores.

Para la elección y diseño del tipo de pantalla más adecuado a una

determinada situación deben considerarse: sus prestaciones, costo, efecto estético, efecto sobre la seguridad de la circulación, el mantenimiento que exige, las necesidades de drenaje, el rendimiento estructural y la durabilidad

El uso de pantallas sónicas puede combinarse con otras medidas, como la construcción en trinchera, la construcción elevada, los diques de tierra, etc.

La utilización de materiales transparentes pueden reducir, en cierta medida su impacto estético, lo mismo que su decoración con diseños y colores superficiales especialmente cuidados o la plantación de hileras de arbolado paralelas.

INSTRUCCIONES BÁSICAS

Todos los planes y proyectos en suelo urbano y urbanizable que definan la vía pública del municipio de Madrid deberán garantizar el cumplimiento de los límites de los niveles sonoros ambientales fijados en el Anexo de las NNUU, así como las prohibiciones de colindancia de ciertas actividades con las vías y distancias mínimas de los usos a la vía, establecidas a título indicativo en el art. 5.3.13 de las NNUU y, todos ellos, reproducidos en la Ficha 4.1 de la presente Instrucción.

Los planes y proyectos que no respeten las prohibiciones o no garanticen las distancias mínimas a que se refiere el párrafo anterior, deberán presentar una estimación de los niveles sonoros ambientales que pueden generar las vías de la red principal y las locales colectoras a que afecten. En caso de que la estimación supere los límites de los niveles sonoros previstos para los distintos usos, deberán incorporar las medidas de reducción del nivel sonoro suficientes para cumplir los citados límites.

En calles y carreteras que cuenten con vías de servicio de velocidad limitada a 30 km/h, las distancias a que se refiere el artículo 5.3.13 del PGOUM se medirán desde el borde exterior de la calzada central, no considerándose a esos efectos como parte de la calle o carretera los bulevares laterales y las vías de servicio.

Las vías de rango urbano o distrital se diseñarán para mantener una velocidad fluida de circulación entre 50 y 60 Km/h, en ausencia de vías de servicio.

INSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS

Se recomienda no superar el 3% de pendiente en rampas, particularmente en las vías que vayan a soportar una considerable circulación de vehículos pesados.

Se recomiendan pavimentos de tipo bituminoso poroso o de textura abierta para las calzadas de las vías de la red principal, cuando atraviesan áreas sensibles al ruido, en especial para aquellas con velocidad de diseño superior a los 60 km/h.

La altura y localización de los diques de tierra se decidirá en función del tipo de edificación y usos existentes en los bodes de la vía, con objeto de dejar en zona de sombra acústica todos los espacios y edificios sensibles al ruido.

Las pantallas se diseñarán con una densidad superior a 20 Kg/m² y se equiparán con solapes en aperturas y pasos de dimensión tres veces superior a la de la apertura.

Referencias bibliográficas

- AAW(1991)
Urban traffic areas. Part 0. Road planning in urban areas.
Vejdirektoratet
- CETUR (1986)
Le bruit dans l'exploitation des routes urbaines.
Les dossiers du CETUR. Thème: Le bruit routier. CETUR, Bagneux, Francia.
- F.H.A. Analysis Group (1985)
Review of structural design criteria for noise walls.
U.S. Department of Commerce. Washington.
- García, A. (1983)
Ruido del tráfico urbano e interurbano. Manual para la planificación urbana y la arquitectura
Manual nº 4, CEHOPU, MOPU, Madrid
- Hoz, C.; Pozueta, J. (1991)
Diseño de carreteras en áreas suburbanas.
Comunidad de Madrid. Consejería de Política Territorial. Dirección General de Transportes.
- Ministère de l'Equipement, du Logement et de l'Amenagement du Territoire (1987)
Protections acoustiques par buttes de terre.
SETRA. Bagneux, Francia.
- OCDE (1986)
Contre le bruit
OCDE. Paris.
- OCDE (1995)
Reducción del ruido en el entorno de carreteras.
MOPTMA, Madrid.
- Pharoah, T.; Rusell, J. (1990)
Speed management, road safety and traffic calming. Contradictions in the policy framework.
"Congress Internationale Vivre et Circuler en Ville", CETUR-ADTS. Paris".
- RTAC (1986)
Manual of geometric design standards for Canadian roads.
Roads and Transportation Association of Canada. Ottawa.
- Sanchez Blanco, V. (1984)
Manual de diseño antiruido en carreteras.
Comité Nacional Español de la A.I.P.C.R. Madrid.
- Transportation Research Board (1981)
Highway noise barriers
TRB. Washington
- Huddart, L. (1990)
The use of vegetation for traffic noise screening
TRRL Research Report 238. Transport and Road Research Laboratory.

Referencias Gráficas



DIQUE DE TIERRA PARA AISLAMIENTO SONORO



SECCIÓN EN TRINCHERA



COMBINACIÓN DE MEDIDAS ANTIRRUIDO



COMBINACIÓN DE MEDIDAS ANTIRRUÍDO