

Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental 2007/2008

Módulo: Nombre del Módulo

MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTORAS DEL RUIDO DE TRÁFICO

AUTOR: FERNANDO SEGUÉS ECHAZARRETA



Índice

eoi

1. ACTUACIONES CONTRA EL RUIDO DEL TRÁFICO

Hoy en día, el ruido de tráfico es considerado como una de las causas de deterioro medioambiental asociado a cualquier infraestructura de transporte: autopistas, líneas de ferrocarril, aeropuertos, etc.

Para poder abordar el problema de la contaminación acústica en general, apreciada como molestia e incluso riesgo para la salud, es preciso conocer todos los factores que intervienen: físicos, psicosociales, etc.

Hay que considerar, en cualquier caso, los aspectos peculiares de este tipo de contaminación:

- Se trata de una contaminación que podemos definir, a diferencia de los restantes tipos de contaminación, como "*limpia*", en efecto, solo existe contaminación mientras existe una fuente de ruido activa y una vez desaparecida dicha fuente, no queda ningún tipo de contaminación residual. Por consiguiente, la cuarta dimensión, el "*tiempo*", deberá considerarse para el diseño de las medidas correctoras.
- Precisa de la existencia de individuos sensibles a la molestia asociada al ruido para ocasionar efectos negativos. Por tanto las medidas correctoras deberán ser eficaces en los puntos donde se localicen esos receptores.

Como medidas correctoras del ruido asociado a una determinada infraestructura, puede analizarse la viabilidad de emprender distintas actuaciones que, de forma general, cabe agrupar en 4 grandes grupos.

1. Actuaciones en la planificación de las infraestructuras de transporte y ordenación del territorio.
2. Acciones sobre la fuente de ruido, reduciendo al máximo la emisión de ruido de los vehículos y de la carretera en su conjunto.
3. Actuaciones sobre la propagación del sonido: barreras acústicas y dispositivos anti-ruido, y en menor medida el tratamiento de superficies.
4. Actuaciones sobre el receptor, como es el aislamiento de fachadas y tejados y en general el cerramiento acústico en el entorno del receptor.

1.1. Actuaciones en la planificación y la ordenación del territorio

Resulta evidente que la primera forma de evitar los efectos nocivos de la contaminación acústica de los transportes es una buena planificación urbanística, de forma que los usos del suelo menos sensibles al ruido se localicen próximos a los corredores y zonas de afección de las infraestructuras.

En los desarrollos nuevos de las ciudades hay que contemplar el factor ruido, tanto para la ubicación de las actividades y las edificaciones como para el diseño de los sistemas generales de transporte. Es imprescindible establecer una zonificación del territorio por actividades considerando la calidad del ambiente sonoro exigible en cada una de ellas.

Conviene tener en cuenta que las clasificaciones de usos del suelo utilizadas tradicionalmente en los instrumentos de planeamiento urbanístico no son generalmente adecuadas para una zonificación acústica. Así por ejemplo, dentro de la clasificación tradicional de equipamientos, es preciso diferenciar aquellos que son más sensibles al ruido de los que no lo son, y sobre todo tener presente también el uso de los mismos, ya que algunas actividades sensibles al ruido presentan la ventaja de realizarse únicamente en horario diurno.

Teniendo en cuenta que las infraestructuras de transporte constituyen la principal fuente generadora de ruido, se deben establecer reservas de corredores y emplazamientos para infraestructuras con limitaciones de uso en el entorno de las mismas y una distancia mínima de la línea de edificación más próxima.

Evitar graves problemas de ruido en la fase de planificación es posible y sin embargo corregir el ruido en situaciones consolidadas resulta muchas veces tarea prácticamente imposible.

1.2. Actuaciones en la fuente de ruido

Las acciones encaminadas a disminuir el ruido en origen pueden encuadrarse en dos grandes grupos:

- Modificar el diseño y estructura de la fuente de ruido: vehículos silenciosos, pavimentos de carretera más silenciosos, perfiles transversales más adecuados, túneles y soterramientos.
- Modificar el funcionamiento de la fuente: restricciones horarias de tráfico, restricciones para vehículos pesados. Las normativas europeas, normativas estatales y autonómicas y las ordenanzas municipales españolas, establecen límites de emisión sonora a los diferentes tipos de vehículos y medios de transporte, y de algunas máquinas y equipamientos, que cada vez son menos ruidosos. No obstante siempre existe algún tipo de limitación técnica o económica que impide bajar de determinados niveles la emisión de las fuentes sonoras.

En el caso del transporte terrestre, las actuaciones se centran en primer lugar en un diseño de la infraestructura que no favorezca la propagación del ruido (desmontes y trincheras por ejemplo son en general elementos recomendables). Para reducir el ruido en la interfase neumático-calzada, las actuaciones se suelen concretar principalmente en la prescripción y empleo de firmes de tipo poroso-drenante,

Recordar aquí, que no se trata únicamente de conseguir que la fuente de ruido sea menos ruidosa, sino que también es necesario gestionar adecuadamente el factor tiempo, limitando ciertas actividades y comportamientos durante los periodos más sensibles, fundamentalmente durante el periodo nocturno.

1.3. Acciones sobre la propagación del sonido

Las acciones para intentar reducir el ruido en el camino de propagación entre la fuente y el receptor son fundamentalmente:

- La instalación de barreras acústicas: pantallas delgadas, diques de tierra, cubiertas parciales y totales, creación de obstáculos.
- La modificación de las características del terreno y los obstáculos: cambiar superficies reflectantes por absorbentes.

Las acciones sobre la propagación del sonido son las medidas correctoras más comunes en los proyectos de infraestructuras de transporte terrestre y otras instalaciones.

CÓMO PROTEGE UNA BARRERA CONTRA EL RUIDO

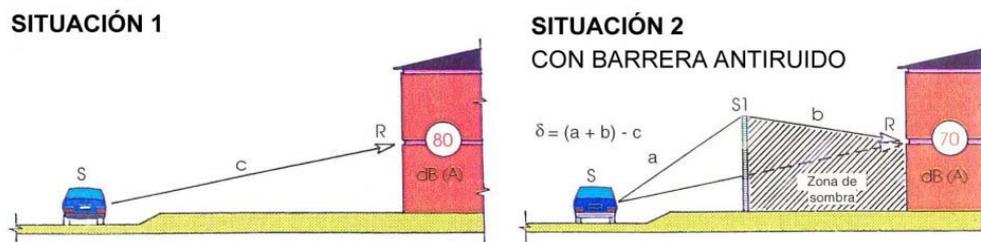


Figura 1. Efecto de una pantalla acústica

1.4. Actuaciones en el entorno del receptor

Desde un punto de vista teórico se podría actuar:

- Aislando el entorno del receptor: cerramientos, fachadas y tejados, protección auditiva, cabinas insonorizadas, etc.
- Modificando la actividad del receptor: en general es difícil obligar al receptor a modificar el tipo u horarios de actividad, para hacerlos compatibles con el ruido.

Las actuaciones de aislamiento representan la última medida correctora que se debe considerar, ya que no se aplican para reducir el ruido ambiental en el contexto en que se está aplicando en este tema (ruido en exteriores), sino que pretenden garantizar la calidad de los ambientes sonoros interiores.

Las técnicas de aislamiento permiten obtener con relativa facilidad aislamientos de más de 30 dBA, pero siempre a condición de que no existan zonas o elementos que permitan la entrada de ruido al recinto (obligación de permanecer con las puertas y ventanas cerradas para mantener su eficacia).

2. LOS PAVIMENTOS SILENCIOSOS

2.1 Pavimentos porosos y silenciosos

Descripción de los firmes bituminosos drenantes

En España se utilizan con frecuencia los pavimentos porosos para obtener capas de rodamiento anti-ruido. Estos pavimentos se están empleando desde finales de los años 80, sobre todo tipo de carreteras y abarcan actualmente 30 millones de metros cuadrados.

La capa de rodadura, que es la capa formada por los materiales que están en contacto con los vehículos en circulación es la que define el carácter de "drenabilidad".

En los pavimentos drenantes bituminosos el espesor de esta capa normalmente empleado es de 4 cm y los tipos utilizados son el P-12 y PA-12 con tamaño máximo nominal 12 mm. El uso más empleado es el tipo PA-12 de granulometría más abierta (10-15% pasa tamiz 2.5 mm con contenido en filler alrededor del 4,5%). En cuanto al contenido en huecos la Normativa exige huecos iniciales, en mezcla, superiores al 20%, aunque se suele fabricar con no menos del 22%. Generalmente se emplean como ligantes en carreteras importantes (autovías, autopistas, vías rápidas) betunes modificados, y en carreteras secundarias, betunes ordinarios de penetración 60/70. Puede decirse que alrededor del 70-75% de las mezclas drenantes españolas se fabrican con betunes modificados. Suelen utilizarse dosificaciones de ligante alrededor del 4,5% sobre árido.

La composición granulométrica así obtenida constituye un conjunto de partículas unidas que dejan aparecer "huecos" comunicados entre sí.

Desde el punto de vista hidráulico, estos "huecos comunicados" dejan entrar el agua, que se desplaza hacia el interior del firme y se evacua al llegar al nivel de la capa de estanqueidad realizada en la parte inferior del firme. De esta forma se impide que se formen capas de agua y charcos, favoreciendo la seguridad y el confort en la conducción sobre una carretera mojada.

Desde el punto de vista acústico, el sonido penetra en los "huecos", poniendo en vibración el aire que encuentra en su interior, el cual roza contra las paredes de los áridos que componen el firme. Este rozamiento hace que se produzca una transformación de la energía acústica en energía calorífica, por el efecto Joule, tal como se produce en el fenómeno, clásico, de absorción acústica por un material poroso.

El comportamiento de estas capas de rodadura, puede decirse, de manera general, que es excelente especialmente en aquellas mezclas de contenido en huecos superior al 20% y fabricadas con betunes elastómeros. Las mezclas con huecos inferiores al 20% suelen colmatarse a los dos años de servicio aunque mantienen buenos niveles de comportamiento frente al deslizamiento.

Atendiendo a los costes se tiene que el precio de la tonelada de mezcla drenante fabricada con betún modificado es un 25% más elevado que el de una mezcla convencional. En términos de precio por metro cuadrado, los 4 cm de rodadura con mezcla drenante son aproximadamente un 10% más caros que los 4 cm de mezcla convencional (debido a su menor densidad).

Pavimentos drenantes de doble capa

En los últimos años en Europa se han venido utilizando pavimentos drenantes de 2 capas (bi-

capa) con bastante buen resultados. Las configuraciones típicas utilizadas son las que figuran en el cuadro siguiente

| Designación | Capa superior | | Capa inferior | |
|-------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|
| | Espesor (mm) | Tamaño árido (mm) | Espesor (mm) | Tamaño árido (mm) |
| DA8-70 | 25 | 5/8 | 45 | 11/16 |
| DA5-55 | 20 | 2/5 | 35 | 11/16 |
| DA5-90 | 25 | 2/5 | 65 | 16/22 |

DA: drainage asphalt (pavimento asfáltico drenante)

Configuraciones típicas de pavimentos drenantes de dos capas

Con pavimentos drenantes de doble capa se han conseguido reducciones relativas de ruido de hasta 5 dBA

Pavimentos basados en capas finas de microtextura

Los pavimentos de este tipo, utilizados en Alemania (Piedra Mástico-Asfáltica-SMA), en Francia (0/6 Béton Bitumineux Très Mince-BBTM y Béton Bitumineux Ultra-Mince-BBUM), e Italia (capas finas fuerte adherencia) se obtienen instalando simplemente una capa delgada sobre un pavimento tradicional flexible, rígido o semirrígido. Este tipo de pavimento interesa particularmente a las zonas urbanas o carreteras que soportan una circulación limitada de mercancías y que generan ruido en bajas frecuencias. Se caracterizan por una porosidad nula o reducida (huecos residuales < 2 mm), y las mezclas son de granulometría abierta.

Numerosos países (Italia, Alemania, Francia) prevén la utilización de micro capas como capas de "recuperación" sobre pavimentos porosos que se han vuelto deslizantes, preservando así parcialmente la absorción sonora.

Los pavimentos de este tipo pueden igualmente estar constituidos por una capa de rodadura del tipo de "fuerte-adherencia" o "shell-grip", conteniendo un porcentaje de áridos porosos con proyecciones pequeñas pero de gran resistencia, o con tapices finos o ultrafinos.

Dimensionamiento, ejecución y gestión de los pavimentos silenciosos.

Se puede intervenir en la textura de un pavimento y, por lo tanto, en el ruido que él emite, escogiendo con cuidado el tamaño y la forma de los áridos empleados en el pavimento destinado a la capa de rodadura. A partir de los estudios y de las aplicaciones específicas, el tamaño de los áridos empleados no debería sobrepasar los 8/10 mm. Es preferible limitarse a tamaños máximos de 4/6 mm, limitando así esta característica del árido, de modo que se pueda obtener una onda de alta amplitud para contener el ruido emitido en las altas frecuencias

El desgaste del pavimento se traduce en general en un aumento del ruido en altas frecuencias en proporción al proceso de pulido o del relleno de los huecos de los pavimentos drenantes. Si el pavimento se deteriora, aumentan las emisiones de ruido en bajas frecuencias.

Para asegurar la homogeneidad del pavimento de la carretera hay que utilizar áridos de tipo y naturaleza uniformes, y compactarlos con la apisonadora con objeto de asegurar que su orientación no sea aleatoria y que tengan características superficiales adecuadas.

La rigidez excesiva de la calzada que depende de la rigidez elevada del ligante, parece tener un efecto sobre el ruido. Sin embargo, no se sabe aún bien que efecto se obtiene añadiendo

gránulos de caucho al betún.

Considerando el hecho de que el pavimento bituminoso drenante es el pavimento más ampliamente utilizado en la absorción acústica, conviene presentar un rápido resumen de la forma de optimizar la duración de vida útil de estos pavimentos drenantes y absorbentes porosos, gracias a la adopción de una serie de medidas ligadas a la gestión. Estas reglas de gestión implican claramente, la conservación de las funciones de drenaje y de absorción del sonido de los huecos comunicantes de los revestimientos. La función de drenaje debería estar dimensionada según las intensidades de lluvia de la zona (medias-fuertes) y según la anchura del drenaje transversal (en el caso de tramos rectilíneos) o inclinado (en el caso de las curvas) de cara a asegurar la durabilidad de la adherencia necesaria para rodar con seguridad. Para aumentar las capacidades de evacuación de agua, se puede igualmente actuar sobre el grosor, pero, por razones evidentes, esto sólo se practica en ciertos puntos de la carretera, por ejemplo, en las transiciones entre secciones rectilíneas y curvas, donde la inclinación es insuficiente.

Con el fin de conservar la función de drenaje a lo largo del tiempo es necesario a veces realizar operaciones preventivas (en lo posible) o curativas de limpieza de huecos. Los métodos más usados son la limpieza con agua a presión o el uso de un camión de limpieza que barre y aspira (máquina especial que lava la calzada con agua caliente funcionando por una parte a presión y por otra parte por aspiración, quitando así, con el agua, los materiales obstructores finos o solubles). Estas acciones de lavado se realizan periódicamente, a partir del primer o segundo año de explotación, preferiblemente en los arcenes y en el caso de autopistas, sobre la vía lenta. Se aconseja igualmente someter los arcenes a operaciones de lavado cada vez que las intervenciones de mantenimiento sobre los terraplenes sean susceptibles de reducir la permeabilidad de esta zona, y esto antes de que los materiales introducidos puedan consolidarse.

Naturalmente, si la falta de porosidad en ciertas zonas está ligada a un porcentaje de huecos residuales o a una obturación longitudinal, la acción de lavado será ineficaz e inútil. La validez de la operación se puede comprobar midiendo la conductividad hidráulica antes y después de la intervención.

La acumulación de la suciedad en largos períodos corre el peligro, igualmente, de convertir las operaciones de lavado en inútiles en la medida en que el material que obtura se cimenta y llega a ser imposible de quitar, incluso aplicando las potentes acciones de limpieza descritas anteriormente (esto se produce generalmente después de tres años tras la construcción inicial).

Cuando el pavimento drenante se ha colmatado es necesario comprobar los valores de adherencia y de textura superficial. Si el drenaje es total, la superficie puede tener valores de adherencia y de textura reducidos (sobre todo bajo la perspectiva de atenuación del ruido de contacto neumático-calzada). Si, por el contrario, el drenaje es insuficiente, es necesario tener valores superiores de adherencia y de textura, a fin de asegurar el contacto neumático-árido, a pesar de la presencia de la película de agua en superficie.

Por estas razones, se puede aumentar la rugosidad del revestimiento de las siguientes formas:

- . Intervención de tipo mecánico para aumentar la microrugosidad del árido (con recuperación del abrasivo con objeto de no colmatar los huecos residuales).
- . Intervención de tipo recarga, utilizando una micro capa de fuerte adherencia (grip road) que aumenta la textura sin comprometer la función de absorción acústica.

Este último sistema tiene por origen la perfecta continuidad de los huecos internos en la medida



en que la energía acústica es mucho más "penetrante" o, en otros términos, menos viscosa que el aire; la dimensión de los huecos tiene, sin embargo, una influencia sobre la banda de frecuencias acústicas absorbidas. Hay igualmente un efecto debido a la unión de las superficies de pequeños canales en el interior del pavimento, cuyo engrase puede conllevar una mejora de la absorción acústica, aunque, sin embargo, puede tener un contraefecto sobre la función de drenaje.

En cualquier caso, se puede decir que la función de absorción del sonido se mantiene más tiempo que la función de drenaje, incluso algunas veces con una ligera variación positiva seguida de un deterioro en las características de la frecuencia.

La conservación de la función de drenaje no altera de forma clara la atenuación del ruido. Al principio del tratamiento, si se aumenta la rugosidad, se constatan ciertas reducciones en las frecuencias absorbidas, pero éstas quedan siempre aceptables comparadas a las de los pavimentos³ de tipo tradicional.

Al final de la vida útil de la función de drenaje, hay que tener presente una intervención en la rugosidad. Esto se cumple si uno se contenta con la ventaja de la reducción de proyecciones de agua y si la función de reducción del ruido es satisfactoria o resulta innecesaria (capa superficial de asfalto poroso lejos de zonas urbanas). De otro modo, es necesario reconstruir las funciones de drenaje y absorción acústica, corrigiendo eventualmente la elección de los materiales o la ejecución de obras fuera de la construcción. En tal caso se puede intervenir con una técnica de reciclado utilizando una máquina de fresado al calor, modificando eventualmente, la granulometría inicial con la adición de áridos.

Si las calzadas de pavimento poroso, que pueden ofrecer una capacidad de drenaje máxima, pueden también presentar problemas de gestión en invierno porque puede ocurrir que la sal usada para fundir la nieve, se infiltre en el pavimento. Para remediar esto se aconseja para estos pavimentos dosis más fuertes de sal, o el empleo de sales especiales "viscosas", obtenidas mezclando NaCl y CaCl₂, que permanecen más tiempo sobre la superficie y en el interior del pavimento.

La falta de observación de estos últimos consejos no va a producir consecuencias objetivamente peligrosas sino la formación eventual de hielo en el pavimento poroso que puede conducir a una calzada potencialmente deslizante, sobre todo para los conductores de vehículos de mercancías, que corren el peligro de pararse, provocando una ralentización de la circulación. Estas precauciones se pueden evitar si se siguen las indicaciones anteriores o si se aplican en el momento oportuno tratamientos preventivos con sal.

3. VARIACIONES EN EL PERFIL TRANSVERSAL DE LA CARRETERA

El entorno inmediato de la carretera influye de manera notable en la posterior propagación del ruido a distancias mayores. La propagación del ruido es distinta en función de la sección transversal de la carretera y el entorno.

INFLUENCIA DEL PERFIL TRANSVERSAL EN LA PERCEPCIÓN DEL RUIDO

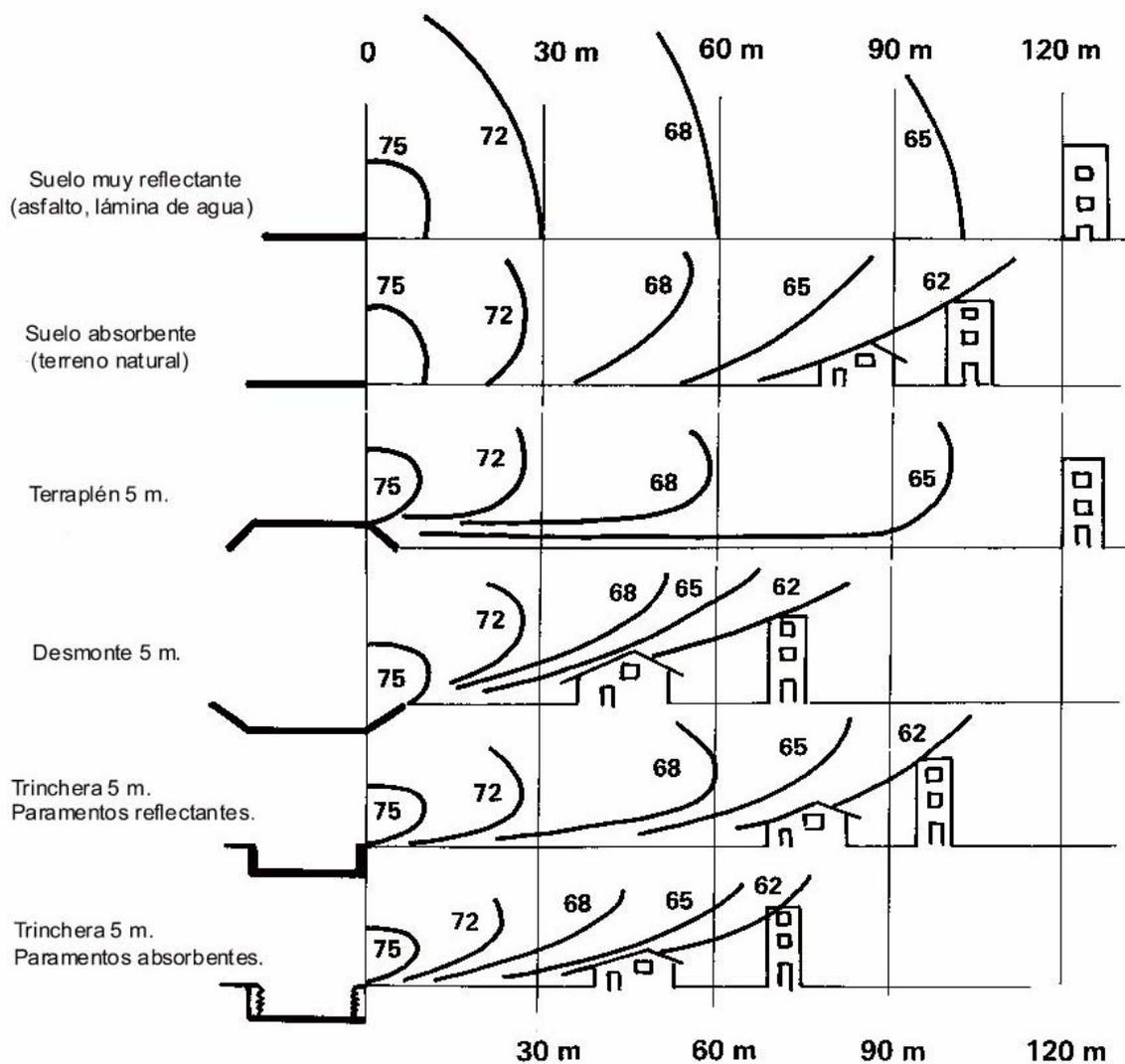


Gráfico 2: Influencia del perfil transversal de una carretera en la propagación del ruido

En principio una carretera en desmante es menos favorable a la propagación del ruido que

una carretera a nivel o en terraplén. Los desmontes actúan como obstáculos a la propagación del sonido, atenuando en cierta medida el ruido que se propaga más allá de la carretera

4. BARRERAS ACÚSTICAS O ANTI-RUIDO

Las acciones que podemos ejercer para dificultar la propagación del sonido procedente de una infraestructura de transporte, básicamente se concretan en:

1. la interposición de obstáculos a la transmisión, que presenten unas adecuadas características de **aislamiento a ruido aéreo**, y/o,
2. la modificación de las condiciones de **absorción acústica** en las superficies apropiadas, que intervienen delimitando el camino de la propagación acústica.

Estos parámetros, **aislamiento y absorción**, son fundamentales en la definición de las dotaciones anti-ruido de la infraestructura y, según sea el problema acústico al que nos enfrentemos, deberemos considerar uno, otro o los dos, exigiendo a los materiales a emplear, que presenten unas adecuadas características acústicas.

4.1. Tipos de barreras acústicas

Entendemos por el término **barrera o pantalla acústica**, aquellos elementos u obstáculos que por su situación y características protegen del ruido proveniente de una determinada fuente sonora a un determinado receptor, dificultando la transmisión del sonido a su través. Por tanto en este término consideraremos incluidos:

-Diques de tierra: Obstáculos formados por amontonamiento de tierra con grandes espesores en la base. Generalmente se suelen recubrir con tierra vegetal u otros elementos para facilitar la revegetación y crecimiento de plantas. Presentan la ventaja de que el coste del material de construcción es relativamente bajo, pudiendo aprovecharse los excedentes del movimiento de tierras en infraestructuras de nueva construcción, no obstante, la ocupación de espacio que precisan y el coste de las expropiaciones que aumentarían el montante total de la obra, pueden llegar a desaconsejar su prescripción como medida correctora. Adecuadamente ejecutados, su integración paisajística puede ser óptima, particularmente en zonas rurales.



Pantallas acústicas: Muros o barreras constituidas por elementos de pared relativamente delgada, verticales o inclinados, que presentan distinto grado de absorción acústica y que ofrecen una gran resistencia a la transmisión del sonido a su través, es decir un índice de aislamiento a ruido aéreo suficiente. Las pantallas pueden adoptar numerosas formas y emplear diversos materiales: elementos metálicos, hormigón, madera, vidrio, materiales plásticos, materiales cerámicos, elementos prefabricados a base de los materiales anteriores y materiales absorbentes (lana mineral, fibra de vidrio, etc.) Son las más usualmente empleadas y más interesantes como equipamiento anti-ruido, propiamente dicho, de las infraestructuras viales.

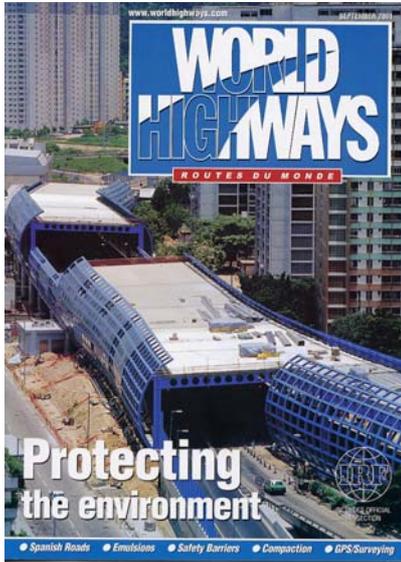


Construcciones mixtas: son soluciones que resultan de la combinación de algunos de los tipos anteriores (dique de tierra + pantalla acústica en su coronación, semi-dique con

elementos de contención de tierra vegetalizables, etc.).



Cubriciones parciales o totales de la calzada o vía de circulación: Evidentemente, desde el punto de vista de la eficacia anti-ruido, son las más interesantes, pero su elevado presupuesto de ejecución las hace generalmente inabordables. Existen soluciones de cubrición total o parcial mediante elementos ligeros similares a los empleados en apantallamiento acústico (paneles modulares, enrejados de baffles, cubiertas translúcidas o transparentes, etc.), pero igualmente su empleo resulta muy limitado en razón de la elevada inversión que suponen.



Pantallas vegetales implantadas en una banda de anchura considerable. Constituidas por masas de vegetación perennifolia, muy densas (se precisa una anchura del orden de 50 m de bosque de pino denso, para obtener una reducción de 2 a 3 dBA), no siendo eficaces las plantaciones de algunas pocas filas de árboles o arbustos junto a la carretera, ferrocarril, etc.

Así mismo, existen otro tipo de elementos que dificultan la propagación del sonido, desde la fuente al receptor, por absorción acústica de las ondas sonoras que inciden sobre ellos, son los **Tratamientos absorbentes**: Empleados para aumentar considerablemente el grado de absorción acústica de muros de contención, paredes de trincheras, accesos y bocas de túneles, etc. Suelen emplearse materiales análogos a los empleados para la realización de las pantallas acústicas absorbentes, sin que deban aportar un mínimo grado de aislamiento a ruido aéreo; con ellos se realiza un revestimiento de las superficies a tratar. Resultan igualmente muy interesantes como dotaciones anti-ruido de la infraestructura vial.

4.2. Principio de funcionamiento. Fundamento acústico

Una pantalla acústica, es un muro o barrera que ofrecen una gran resistencia a la transmisión del sonido a su través y distinto grado de absorción acústica, dispuesta entre la fuente y el receptor y dimensionada convenientemente para crear una zona de "sombra acústica" junto al receptor, por difracción de las ondas sonoras en sus bordes.

El sonido emitido por una fuente S, se propaga en campo libre por el aire hasta alcanzar al receptor R sin más atenuación que la debida a la distancia entre ambos y a la absorción del aire.

SI SE INTERPONE UNA PANTALLA ENTRE LA FUENTE Y EL RECEPTOR, LA PROPAGACIÓN DEL SONIDO RESULTA MODIFICADA.

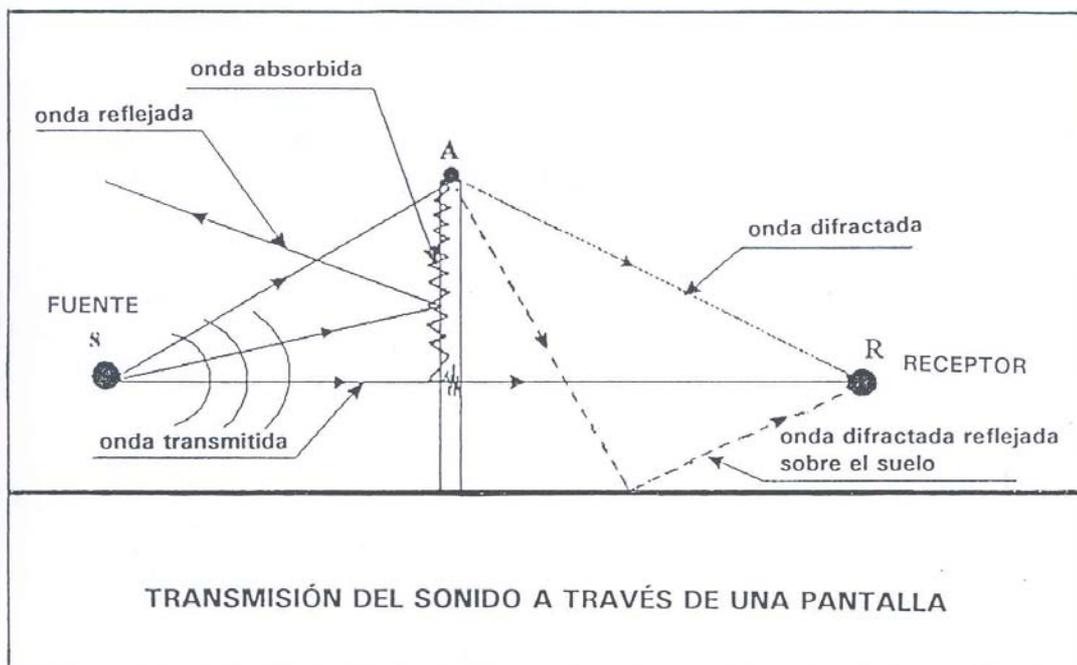


Figura 3. Transmisión del sonido a través de una pantalla acústica

Parte de la energía acústica que incide en la pantalla pasa a través de la misma y alcanza al receptor (onda transmitida). Del resto de la energía incidente sobre la pantalla una parte es absorbida por el material (onda absorbida) y otra parte es reflejada según sea el ángulo de incidencia de la onda (onda reflejada). La parte de energía absorbida será mayor y por tanto, la parte reflejada menor, cuanto mayor sea la capacidad de absorción acústica de los materiales empleados en la construcción de la pantalla.

El resto de la energía acústica que alcanza al receptor, proviene de la difracción de los rayos sonoros en los bordes de la pantalla, que sufren un cambio de trayectoria (ondas difractadas). Los niveles de ruido disminuyen tras la pantalla en diferente medida, según el punto considerado, creando una zona de "sombra acústica".

La aplicación de las teorías de la difracción de Fresnel, fórmula de Kurze & Anderson y ábacos de Maekawa, permiten estimar la disminución del nivel de ruido en el punto receptor, causada por la difracción.

4.3. Eficacia de las pantallas

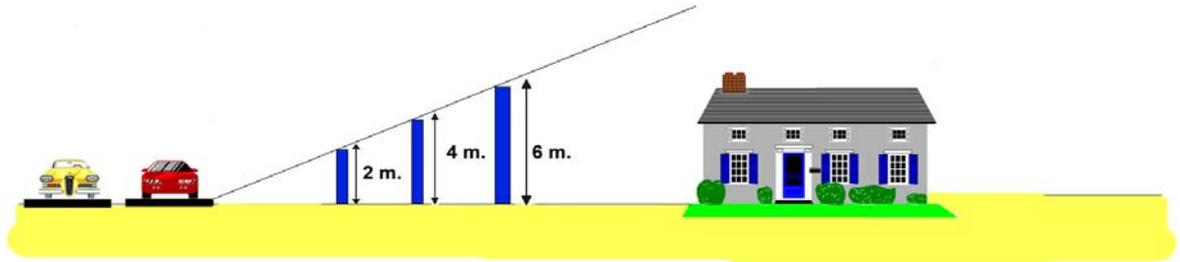
La eficacia acústica, para un determinado receptor, de una pantalla instalada en una infraestructura de transporte es la atenuación sonora que proporciona frente al ruido del tráfico, disminuyendo el nivel de ruido en ese punto receptor. Los factores que influyen en la eficacia de una pantalla, según lo expuesto, son los siguientes:

- La capacidad de aislamiento acústico a ruido aéreo y el carácter absorbente o reflectante de la pantalla viene determinada por los materiales constitutivos de la pantalla.
- El dimensionamiento geométrico. Fundamentalmente la altura y longitud de la pantalla.
- Su ubicación. Es decir la situación relativa de la pantalla con relación a la fuente de ruido y a la zona a proteger, así como la topografía y demás características del lugar de su implantación.

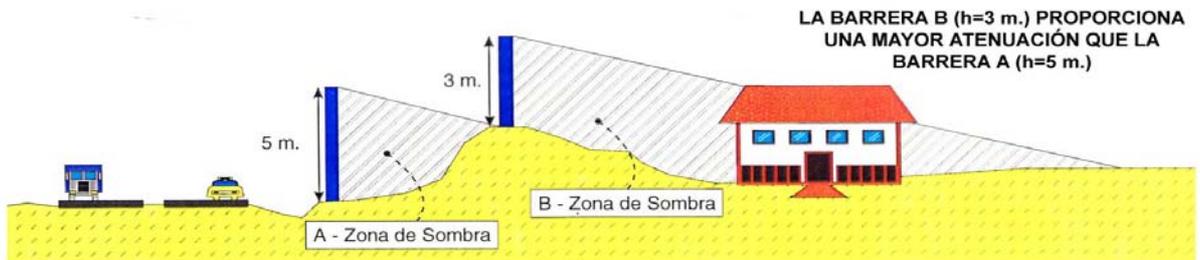
EL DISEÑO DE UNA PANTALLA ANTI-RUIDO SUELE SER MUY COMPLEJO E IMPLICA LA REALIZACIÓN DE UN ANÁLISIS PROFUNDO DE TODOS LOS FACTORES QUE INTERVIENEN:

- **Cuantificación precisa del problema acústico**, es decir, de contaminación por ruido, a resolver y **definición de la eficacia acústica** que deberá aportar la pantalla.
- **Determinación de la ubicación** de la pantalla con respecto a la fuente. Una pantalla de una determinada altura, en general, será más eficaz cuanto más próxima se halle de la fuente sonora. No obstante, en la mayor parte de los casos, la colocación de la pantalla estará condicionada por la disponibilidad de terreno y por la necesidad de garantizar ciertas condiciones de seguridad, como es la seguridad de circulación de los vehículos en caso de las infraestructuras de transporte.

EMPLAZAMIENTO DE LA BARRERA



COMO NORMA GENERAL, LO MÁS PRÓXIMO POSIBLE A LA FUENTE DE RUIDO



LA BARRERA B (h=3 m.) PROPORCIONA UNA MAYOR ATENUACIÓN QUE LA BARRERA A (h=5 m.)

ES CONVENIENTE APROVECHAR LAS ELEVACIONES DEL TERRENO, SI ÉSTAS SE ENCUENTRAN CERCA DE LA FUENTE DE RUIDO

Figura .4. Ubicación de una barrera acústica

SOLUCIONES NO VÁLIDAS

➔ DIFICULTAD DE ACTUACIÓN

✓ EDIFICIOS ALTOS



✓ EDIFICIOS SITUADOS EN COLINAS



PUEDE SER NECESARIO ACTUAR DIRECTAMENTE SOBRE EL EDIFICIO

Figura 5. Ubicación no válida de una barrera acústica

- **Diseño geométrico de la pantalla:** como se ha indicado, la eficacia de la pantalla depende, entre otros factores, de su altura y de su longitud. En principio este par de factores se pueden combinar de multitud de maneras para obtener la eficacia deseada, en base a las teorías de la difracción acústica ya indicadas. *En primer lugar es necesario tener en cuenta si se trata de una fuente lineal (o asimilable como en el caso de carreteras y ferrocarriles) o de una fuente puntual.* Cada uno de los casos exige la utilización de diferentes formulaciones. Existen distintos modelos de cálculo con muy diferente grado de fiabilidad a la hora de optimizar el dimensionamiento geométrico de la pantalla, siendo recomendable, salvo en casos muy simples, acudir al empleo de programas expertos tridimensionales, que permiten un dimensionamiento optimizado muy fiable y aunque más costosos, el gasto suele amortizarse con el ahorro de materiales que se produce, al quedar la dimensión de la pantalla reducida al mínimo necesario.



IMPORTANCIA DE LA LONGITUD DE LA BARRERA

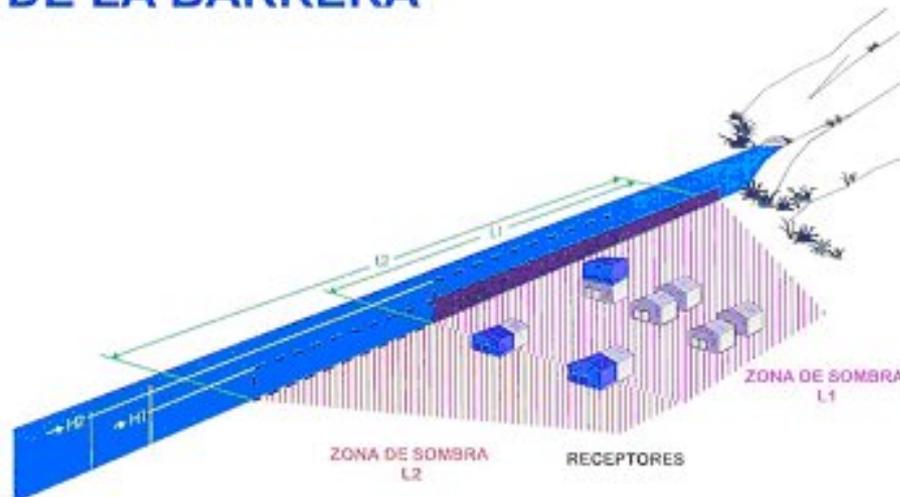


Figura 6. Diseño geométrico de una barrera

2.4. Diseño constructivo de pantallas acústicas

En general, una pantalla anti-ruido estará constituida:

- Por los elementos, paneles modulares o materiales que constituyen el muro y que son los elementos que aportan las características acústicas a la pantalla.
- Por el armazón o estructura soporte en el que se dispondrán los elementos anteriores. Generalmente suele tratarse de perfiles normalizados tipo HEA, HEB o IPE, dispuestos a una determinada interdistancia entre ejes, calculados y dimensionados según los esfuerzos a soportar.
- Por las cimentaciones precisas para mantener la estabilidad de la pantalla anti-ruido. Pueden adoptarse diversas soluciones y su cálculo debe realizarse siguiendo las pautas establecidas en las normativas generales de construcción de obra civil.

En el diseño constructivo de las pantallas acústicas deben considerarse todas las acciones exteriores y cargas estructurales a las que puedan estar sometidas:

- La acción del viento.
- La presión dinámica del aire causada por el paso de los vehículos.
- El propio peso de los elementos que las constituyen.
- Los choques de los vehículos en caso de accidente.
- Los impactos causados por piedras y otros materiales despedidos contra la pantalla.
- En su caso, la carga dinámica debida al empuje de la nieve desplazada por las máquinas quitanieves contra la pantalla.

Recientemente se han publicado las Normas Europeas, en las que se definen los requisitos exigibles a los elementos, fijaciones o anclajes y estructuras soporte, desde el punto de vista de su comportamiento mecánico y de estabilidad.

Hay que analizar detalladamente la posibilidad de que las ondas reflejadas puedan o no alcanzar zonas sensibles al ruido y/o disminuir la eficacia calculada para la pantalla, por las reflexiones múltiples entre las carrocerías de los vehículos y la propia pantalla, antes de decidirse entre la instalación de una pantalla absorbente o una pantalla reflectante.

Las características relativas al comportamiento acústico de los materiales a emplear deberán quedar claramente definidas en el pliego de condiciones del proyecto correspondiente. A tal efecto, la normativa europea UNE-EN en vigor, define unos índices, DL_R , para determinar el aislamiento a ruido aéreo y DL_α para evaluar la capacidad de absorción acústica, que deberán presentar los materiales a emplear. Estos índices se calculan a partir de ensayos realizados sobre una muestra de los materiales que se pretende utilizar, dispuestos de la misma forma en que esté prevista la instalación de la pantalla.

La definición de la vida en servicio de la pantalla es un aspecto generalmente descuidado por los diseñadores de pantallas y que, sin embargo, condiciona todos los demás.

Por ejemplo, las pantallas acústicas en infraestructuras de transporte se dimensionan en base a los datos del tráfico que circula por la carretera (IMD, velocidad media, porcentaje de pesados, etc.) o por la vía (número de circulaciones, velocidad, tipo de trenes, etc.), que variarán generalmente a lo largo del período de explotación de la infraestructura. Si se

diseñan para corregir la situación prevista a muy corto plazo, puede que en breve, su eficacia resulte insuficiente para mantener los niveles de ruido por debajo de los máximos admisibles. Resulta por tanto imperativo, definir para qué etapa o condiciones de la explotación (entrada en servicio, año 10, año horizonte, tráfico de saturación de la carretera, etc.) de la infraestructura viaria se diseña la pantalla.

Así mismo, será preciso prever una vida útil de la pantalla acorde con lo anterior, lo que determinará las características exigibles a los materiales a emplear en la construcción de la pantalla.

Es evidente que habrá que garantizar que las prestaciones de aislamiento y absorción acústicas se mantengan prácticamente invariables a lo largo de su vida en servicio prevista. El comportamiento de los materiales frente a la corrosión, ambientes agresivos, radiación U.V., etc., debe considerarse, a fin de evitar que la pantalla pueda llegar a ser ineficaz o crear problemas de seguridad o de mantenimiento excesivo e incluso impracticable, por causa del envejecimiento de los materiales.

4.5 Características de seguridad y medioambientales.

Las pantallas acústicas son obras civiles instaladas en las proximidades de las vías de circulación y de zonas habitadas. Dadas sus características constitutivas y geométricas, son elementos que por una parte suponen un mayor riesgo de accidente, y por otra, debido a su efecto “barrera” ofrecen limitaciones al desplazamiento y a la visibilidad que pueden aumentar y agravar las consecuencias de los accidentes que se produzcan en la vía de circulación. Además son obras civiles que por sus dimensiones y por ser contempladas por un gran número de personas, producen un fuerte impacto sobre el paisaje.

El efecto barrera que producen las pantallas acústicas sobre la visibilidad puede originar inseguridades en la conducción además de crear un impacto paisajístico. En muchas ocasiones se utilizan pantallas (o elementos de las mismas) transparentes con el fin de asegurar una cierta visibilidad a través de las mismas.



Con el fin de poder evacuar rápidamente a las personas afectadas en caso de accidente, es recomendable en algunos casos determinados prever la instalación de puertas de socorro capaces de ser abiertas desde ambos lados de la pantalla. Estas puertas suponen una interrupción en el paramento de la pantalla, y deberá garantizarse que sus características de comportamiento acústico son similares a las del resto de la pantalla.

De un modo general, es preciso asegurar que una pantalla acústica no produzca deslumbramientos, ya sea por efecto de la reflexión de los faros de los vehículos, ya sea por reflexión de la luz proyectada por los dispositivos de iluminación existentes en las vías de circulación.

Se puede evitar el riesgo de deslumbramientos mediante la utilización de materiales de superficie no difusora de la luz, o bien si se utilizan materiales reflectantes de la luz (vidrio, por ejemplo) situando la pantalla de modo que las reflexiones no produzcan molestias a los conductores.

SEGURIDAD EN EL TRÁFICO

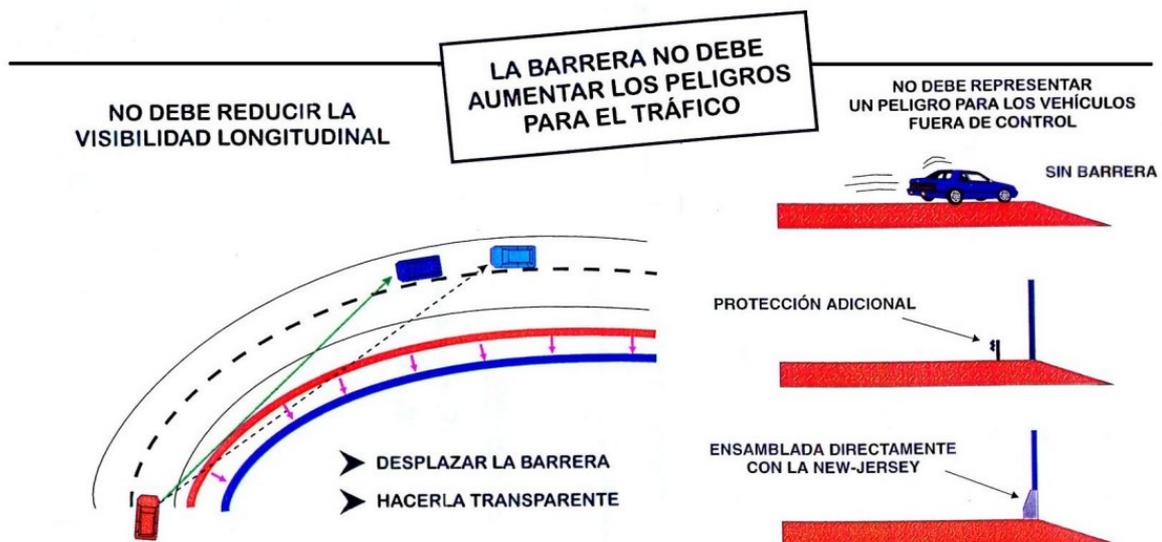


Figura 7. Barreras acústicas y seguridad vial

En este último caso se pueden utilizar distintos tipos de soluciones: inclinar las pantallas para dirigir las reflexiones de luz hacia zonas no sensibles, fijación de elementos absorbentes de la luz, etc.

La instalación de pantallas acústicas supone la aparición de un nuevo elemento en el entorno en que se hallan situadas, y puede plantear problemas de inserción en el mismo. Es decir, una pantalla acústica puede ser considerada como una medida correctora del impacto sonoro, pero su construcción introduce nuevos impactos sobre el medio ambiente, que han de ser corregidos en la medida de lo posible.

Tradicionalmente, se ha considerado como único impacto negativo de las pantallas, además de los ligados a la seguridad de la circulación y de las personas, el impacto visual. Sin duda, éste es uno de los impactos de mayor relevancia, pero no hay que olvidar que las pantallas producen otros impactos significativos como son la alteración de los contaminantes atmosféricos y las alteraciones del microclima de la zona al crear una zona protegida de los vientos, la introducción en el medio ambiente de posibles agentes contaminantes que pueden ser incorporados al aire o al ciclo del agua, y el efecto de barrera real o psicológica, que implica a veces un fuerte rechazo por parte de la población ribereña.

La adopción de un tratamiento estético en el diseño de las pantallas acústicas pretende disminuir al máximo los impactos negativos sobre el paisaje, y es una medida que debe estar presente en los proyectos de construcción de pantallas. Los técnicos en acústica y en construcción civil, dimensionan la obra definiendo las características mínimas y las limitaciones. A partir de estos datos, el responsable del proyecto debe, sobre esta base, encontrar la solución más adecuada con relación al lugar en que se va a implantar la pantalla.

Las pantallas acústicas introducen un elemento visual horizontal muy rígido en el paisaje, que frecuentemente, y sobre todo en zonas urbanas, rompe el ritmo de las líneas del paisaje. La altura de diseño de una pantalla es una altura mínima, por lo cual puede ser aumentada y modificada por razones estéticas. Para conseguir un cierto ritmo en las líneas, y reducir el efecto de la monotonía horizontal, se pueden diseñar recrecimientos y decrecimientos de la altura a lo largo de la pantalla, o crear ondulaciones, siempre dependiendo del paisaje en que se inserte la pantalla.

Variando los materiales de los elementos constitutivos de la pantalla e introduciendo nuevos elementos como pueden ser las plantaciones de elementos vegetales en las proximidades o en la propia pantalla, se pueden crear diferentes texturas de forma que éstas asemejen a las existentes en el paisaje, o bien que se diferencien notablemente creando un contraste agradable. En las pantallas de longitud considerable, un contraste de textura entre los diferentes elementos (así como de color, línea y forma) puede incluso animar y enriquecer el paisaje existente.

Una solución aceptable para insertar la pantalla en su entorno desde el punto de vista del espacio y de la escala, es la utilización de elementos transparentes que permiten profundizar el campo visual, y jugar con los ángulos de visión. En el caso de que existan elementos lejanos al observador de gran interés paisajístico, o cuando se quiere agrandar la sensación de espacio, se deben utilizar pantallas transparentes. Asimismo, la inserción en las pantallas de elementos transparentes puede conseguir aliviar la sensación de espacio reducido, y restar importancia a otros elementos agresivos.



4.6 Pantallas anti-ruido en proyectos de infraestructuras de transporte

Las pantallas anti-ruido, pueden clasificarse, en base a sus características de absorción acústica, en dos grandes grupos:

- **Pantallas reflectantes:** Son pantallas con un índice DL_{α} muy bajo.
- **Pantallas absorbentes:** Son pantallas con un índice DL_{α} considerable. Es evidente que una pantalla será tanto más absorbente cuanto mayor sea el valor de su índice DL_{α} .

Es preciso resaltar que *a priori*, no resulta preferible un tipo de pantalla frente a otro, siendo las peculiaridades del problema acústico a resolver las que determinarán el grado de absorción más conveniente.

En lo que se refiere a la capacidad de aislamiento a ruido aéreo de las pantallas, igualmente serán las peculiaridades de cada caso acústico las que determinarán cual es el índice de aislamiento a ruido aéreo DL_R a exigir. Generalmente, suele ser suficiente que la pantalla aporte un índice de aislamiento del orden de 25 a 26 dBA para el espectro de ruido de carretera normalizado o del tráfico que circule por la infraestructura viaria. En efecto, se considera que la energía sonora transmitida a través de la pantalla es despreciable cuando su nivel de presión sonora es inferior en 10 dBA al nivel sonoro resultante que llega al receptor por otros caminos (difractado, directo, etc.) y, dado que actualmente la eficacia máxima de las pantallas acústicas es raramente superior a 15 o 16 dBA, bastará con asegurar unas pérdidas por transmisión del orden indicado, de 25 a 26 dBA.

En cualquier caso, los materiales a emplear para la construcción de una pantalla acústica, deberán presentar una capacidad mínima de aislamiento acústico, mientras que solo en ciertos casos será, además, exigible una capacidad adecuada de absorción acústica.

Podríamos clasificar los tipos de pantallas anti-ruido en base a otros criterios: constructivos, materiales empleados, de ubicación, etc. Así por ejemplo, las pantallas pueden ser verticales o inclinadas, soportadas o autoportantes, transparentes u opacas, etc.

4.6.1. Materiales para pantallas anti-ruido. Soluciones tipo más usuales.

Resulta inabordable en el contexto de este curso, repasar todos los tipos de materiales susceptibles de empleo para la construcción de pantallas acústicas, por lo que nos centraremos en aquellas soluciones tipo que, realizadas con elementos prefabricados, dada su modularidad permiten adaptarse mejor a diferentes casos, con independencia de la altura o longitud de la pantalla.

PANTALLAS REALIZADAS CON MÓDULOS TRANSPARENTES

SE TRATA DE PANTALLAS REFLECTANTES DESDE EL PUNTO DE VISTA ACÚSTICO Y GENERALMENTE SE EMPLEA PARA SU CONSTRUCCIÓN PLANCHAS DE POLICARBONATO, POLIMETACRILATO PMMA O VIDRIO. LOS DIFERENTES FABRICANTES DE ESTE TIPO DE MATERIALES SUELEN TENER PRODUCTOS, DENTRO DE SU GAMA DE FABRICADOS, QUE SE ADAPTAN MEJOR AL EMPLEO EN LA CONSTRUCCIÓN DE PANTALLAS ACÚSTICAS, INCLUSO HAN DESARROLLADO PRODUCTOS ESPECIALES PARA ESTA APLICACIÓN.

Cada uno de estos materiales presenta diferentes características de resistencia mecánica y fragilidad, envejecimiento en intemperie (particularmente frente a los U.V.) y de riesgo para la seguridad vial.

Generalmente, las exigencias de estabilidad y resistencia mecánica, implican el empleo de unos espesores de planchas de material ($e = 15 \text{ mm}$), que confieren a la pantalla una masa superficial (Kg/m^2) suficiente para asegurar la aportación de un índice de aislamiento a ruido aéreo claramente superior a 25 dBA.

A la hora de diseñar este tipo de pantallas es fundamental:

- Cuidar el sistema de fijación de las planchas transparentes a la estructura soporte (generalmente perfiles de acero normalizados IPE, HEB,...) a fin de permitir la dilatación térmica de las planchas, asegurando la estanqueidad acústica de las juntas.
- Diseñar la separación entre perfiles soporte teniendo en cuenta la dimensión estandar de las planchas que ofrece el mercado, a fin de evitar costes innecesarios por "despunte" de material.
- En su caso, prever sistemas que impidan que puedan desprenderse fragmentos de mayor tamaño que puedan suponer un riesgo para terceros, en caso de accidente. Igualmente es preciso comprobar que no exista riesgo de reflexión de la luz que produzca deslumbre o deslumbramiento a terceros.

Por todo ello se recomienda que tenga un cerco perimetral que de estabilidad, rigidez, y sujete los trozos en caso de posible rotura

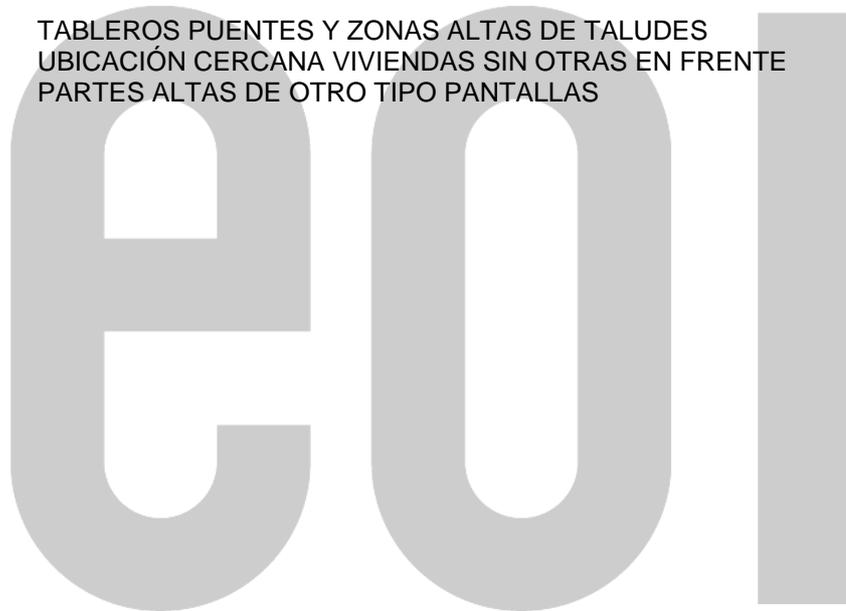
Las pantallas transparentes tienen la ventaja de interferir mínimamente en la visibilidad del entorno, no obstante y aún a costa de perder la visibilidad del paisaje para los ocupantes que viajan en los vehículos, en algunos casos conviene evitar interacciones entre la pantalla y las carrocerías de los mismos. Por consiguiente, se recomienda que la parte baja de la pantalla se realice con materiales absorbentes (siempre opacos), cuando la pantalla se ubique muy próxima a los vehículos que circulan por la vía.

VENTAJAS

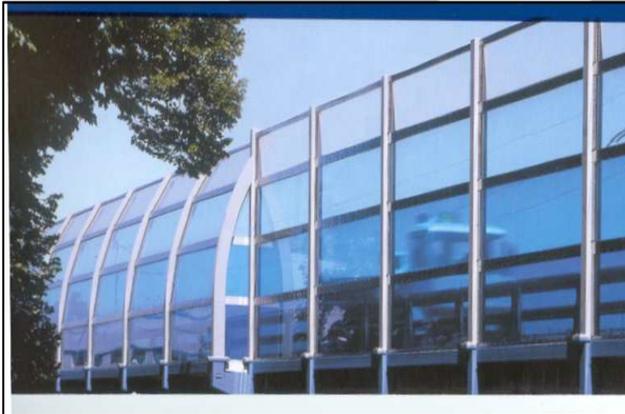
- BUEN AISLAMIENTO
- GRAN PERMEABILIDAD VISUAL
- FÁCIL INTEGRACIÓN
- BUENA APARIENCIA ESTÉTICA
- POSIBILIDAD DE CURVAR
- ANALIZAR EFECTO DE LAS REFLEXIONES SONORAS
- ANALIZAR PELIGRO POR IMPACTO DE VEHÍCULOS
- ANALIZAR COMPORTAMIENTO AL RIESGO DE INCENDIO
- ANALIZAR RIESGO DE ACCIDENTES DE FAUNA
- CONSIDERABLE SENSIBILIDAD AL VANDALISMO
- VIDA MEDIA MODERADA (15 -20 AÑOS)

USO HABITUAL

- TABLEROS PUENTES Y ZONAS ALTAS DE TALUDES
- UBICACIÓN CERCANA VIVIENDAS SIN OTRAS EN FRENTE
- PARTES ALTAS DE OTRO TIPO PANTALLAS



PANTALLAS REALIZADAS CON MÓDULOS TRANSPARENTES



PANTALLAS REALIZADAS CON MÓDULOS DE HORMIGÓN

Este tipo de pantallas puede ser reflectante o absorbente, según sea el tipo de módulo prefabricado que se seleccione.

Los módulos reflectantes son elementos prefabricados a base de hormigón armado con diferentes formas y relieves que, junto con la posibilidad de conseguir diferentes coloraciones del hormigón (aunque dentro de una gama limitada) permiten soluciones arquitectónicas con una adecuada estética.

Si la obra a realizar tiene una considerable magnitud, es frecuente la realización de diseños especiales que confieren un carácter arquitectónico diferenciador a la pantalla.

Los módulos absorbentes suelen tener forma plana o curva y están constituidos por:

- Una placa de hormigón armado de espesor suficiente para asegurar su comportamiento mecánico. Esta placa confiere al módulo su capacidad de aislamiento acústico.
- Sobre la placa anterior se dispone una capa realizada con hormigón poroso, a la que se le suele dar un acabado en relieve, generalmente estriado, que le confiere un mejor aspecto estético. Esta capa es la que confiere al módulo su capacidad de absorción acústica, en diferente grado, según sean los elementos y dosificación empleados en su realización. Este tipo de módulos raramente alcanza coeficientes de absorción elevados, presentando generalmente unos índices del orden de 4 a 5 dBA.

Existe otro tipo de paneles modulares realizado a base de elementos prefabricados de GRC (Hormigón reforzado con fibra de vidrio), que constan de un cuerpo o carcasa sólido (placa aislante), moldeado de forma que permite alojar unas planchas de lana mineral (que son el elemento absorbente) y una rejilla de GRC igualmente moldeada de forma que presente unas perforaciones suficientes para evitar las reflexiones acústicas y que proteja las placas absorbentes de lana mineral a la vez que confiere el acabado estético al módulo.

Los paneles modulares de hormigón presentan unas características muy elevadas de aislamiento a ruido aéreo, aunque conviene recordar que, en general, no por ello van a conferir una mayor efectividad a la pantalla acústica por las razones ya indicadas anteriormente.

Sí será preciso, no obstante, cuidar el diseño e instalación en las juntas entre poste de estructura soporte y módulo y de los módulos entre sí, para evitar fugas acústicas que reduzcan sensiblemente el índice global de aislamiento de la pantalla.

VENTAJAS

- BUEN AISLAMIENTO
- FÁCIL MANTENIMIENTO
- GRAN DURABILIDAD
- ANALIZAR EFECTO DE LAS REFLEXIONES SONORAS (EN GENERAL SON REFLECTANTES O DE BAJA ABSORCIÓN)
- ANALIZAR PELIGRO POR IMPACTO DE VEHÍCULOS (MUCHA RIGIDEZ) Y RIESGO DE CAÍDA DE LA PANTALLA (MATERIALES MUY PESADOS)
- ANALIZAR RIESGOS POR OBSTACULIZACIÓN DE LA VISIÓN

USO HABITUAL

- ZONAS DE GRAN ESTABILIDAD DE SUELO-CIMENTACIÓN
- REQUERIMIENTO DE GRAN DURABILIDAD (>20 AÑOS)

PANTALLAS REALIZADAS CON MÓDULOS DE HORMIGÓN



PANTALLAS REALIZADAS CON MÓDULOS METÁLICOS, TIPO "SANDWICH"

Aunque existen algunas pantallas reflectantes realizadas con chapa metálica corrugada, las pantallas acústicas metálicas suelen ser, por lo general, altamente absorbentes y están constituidas por paneles modulares metálicos con un material absorbente acústico en su interior.

La estructura soporte suele construirse con perfiles verticales normalizados de acero, anclados al suelo mediante cimentación o hincados en el terreno, calculados y dimensionados según esfuerzos a soportar. Los paneles modulares tienen la doble función de aislamiento y absorción acústica y están constituidos por los siguientes elementos:

- **Carcasa:** Realizada con chapa plegada, de acero o de aleación de aluminio de alta resistencia, con acabado pintado. Confiere al módulo su capacidad de aislamiento acústico.
- **Placa o material absorbente:** Constituida por lana mineral o fibra de vidrio baquelizada, utilizables en condiciones de saturación de humedad con un velo protector de agua y erosión eólica. Confiere al módulo su capacidad de absorción acústica y junto con la carcasa, la capacidad de aislamiento a ruido aéreo.
- **Rejilla de protección:** Realizada con chapa perforada, de acero o de aleación de aluminio de alta resistencia, con acabado pintado. Su misión es proteger el material absorbente y aportar el acabado superficial a la pantalla.

Este tipo de pantallas, permite ofrecer elevados índices de absorción acústica (hasta 13 o 14 dBA), para el conjunto de la pantalla instalada.

VENTAJAS

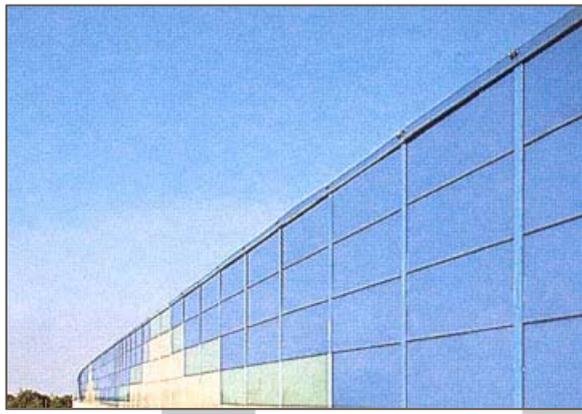
- POCA REFLEXIÓN
- GRAN LIGEREZA
- FÁCIL MANTENIMIENTO Y REPOSICIÓN
- BUEN COMPORTAMIENTO A IMPACTO DE VEHÍCULO
- POSIBILIDAD DE COLORES Y PLASTICIDAD

PRECAUCIONES

- ANALIZAR RIESGOS POR OBSTACULIZACIÓN DE LA VISIÓN
- SENSIBILIDAD AL VANDALISMO
- VIDA MEDIA MODERADA (15 -20 AÑOS)

USO HABITUAL

- TABLEROS PUENTES Y ZONAS ALTAS TALUDES
- CUANDO EXISTEN ZONAS SENSIBLES EN MARGEN CONTRARIO, PANTALLAS ENFRENTADAS Y/O UBICACIÓN MUY CERCANA A LOS CARRILES O VÍAS DE CIRCULACIÓN (RIESGO DE INTERACCIÓN PANTALLA-CARROCERÍAS)
- PANTALLAS DE GRAN ALTURA



PANTALLAS REALIZADAS CON MÓDULOS DE MADERA

Este tipo de pantallas se construyen a base de paneles modulares realizados en madera tratada convenientemente para asegurar su conservación a la intemperie. El tratamiento de preservación que se da a la madera empleada en los paneles se suele realizar en autoclave (Impregnación profunda) una vez mecanizadas y conformadas las diferentes piezas de los elementos que constituyen el panel.

Los paneles modulares pueden ser reflectantes o absorbentes, según lleven o no, un material altamente absorbente adosado por su cara expuesta al tráfico.

En el caso de ser absorbentes, generalmente los módulos están constituidos por una carcasa ciega de madera que alberga unas planchas de lana mineral y un enrejado de protección a base de semi-redondos de madera, dispuestos en diferentes posiciones (vertical, inclinada,...) para obtener distintas combinaciones decorativas.

En ciertos productos, el material absorbente va adosado directamente sobre la carcasa de madera y se protege con tratamientos endurecedores de su superficie que a la vez la conforman para darle un cierto relieve y coloración que contribuyan a su inserción estética.

Estos paneles modulares, ofrecen al igual que los anteriores unas elevadas prestaciones de absorción acústica (por encima de 8 dBA).

VENTAJAS

- POSIBILIDAD DE ALTA ABSORCIÓN ACÚSTICA
- GRAN INTEGRACIÓN MEDIO AMBIENTAL EN ENTORNOS NATURALES
- BUENAS POSIBILIDADES ESTÉTICAS
- ANALIZAR RIESGOS POR OBSTACULIZACIÓN DE LA VISIÓN
- ANALIZAR COMPORTAMIENTO AL RIESGO DE INCENDIO
- EL MANTENIMIENTO PUEDE RESULTAR COSTOSO
- SENSIBILIDAD AL VANDALISMO
- VIDA MEDIA MODERADA (15 -25 AÑOS)

USO HABITUAL

- ZONAS DE INTEGRACIÓN ESPECÍFICA EN EL ENTORNO

PANTALLAS REALIZADAS CON MÓDULOS DE MADERA



PANTALLAS TIPO JARDINERA

Son pantallas que presentan diferente (generalmente bajo) grado de absorción acústica. Están constituidas por elementos autoportantes prefabricados de hormigón, cerámica o madera tratada, que una vez instalados habilitan unos huecos que finalmente se rellenan de tierra o grava de diferente calibre. Permiten la plantación de diferentes especies vegetales, pero hay que tener cuidado con la climatología de la zona de implantación y el costo de su mantenimiento.

PANTALLAS TIPO JARDINERA



TRATAMIENTOS ABSORBENTES

En aquellos casos en que las reflexiones de las ondas sonoras sobre las superficies de paredes reflectantes, ya sea de muros de contención, de trinchera o de túneles puedan ocasionar una elevación inaceptable del nivel de ruido en las zonas próximas a la infraestructura, se puede prever la instalación de revestimientos altamente absorbentes que permiten evitar la mencionada elevación del nivel de ruido.

Un revestimiento absorbente acústico está generalmente constituido por paneles modulares metálicos o de GRC con un material absorbente acústico en su interior o por losetas prefabricadas con grava aglomerada con resinas sobre fibra de vidrio o por paneles de hormigón poroso absorbente, y por los perfiles para soporte y fijación necesarios para construir las guías en las que se deslizarán dichos paneles o losetas para recubrir la superficie del muro o paramento a tratar.

Los paneles modulares tienen la función de absorción acústica de las ondas sonoras incidentes para evitar al máximo su reflexión sobre la superficie tratada, por lo que resulta deseable que el índice de absorción acústica DL_{α} de los materiales empleados para el revestimiento acústico, sea lo más elevado posible (13 o 14 dBA), para el espectro de ruido de tráfico particular que exista en la zona a tratar ya que las reflexiones múltiples pueden modificar el espectro de ruido de tráfico respecto al espectro normalizado para el caso de diseño de pantallas acústicas.

Generalmente, la efectividad acústica del tratamiento puede aumentarse para las bajas frecuencias si se deja un espacio mayor entre el panel y la superficie del muro.

En este tipo de dotaciones anti-ruido en carreteras y vías férreas, lo que interesa es la capacidad de absorción acústica de los materiales sin que el aislamiento acústico tenga relevancia alguna.

TRATAMIENTOS ABSORBENTES



5. PLANES DE ACCIÓN

Los planes de acción contra el ruido deben ser instrumentos que permitan, una vez conocido el medio ambiente sonoro actual y futuro de una determinada zona, acometer actuaciones concretas destinadas a evitar y disminuir el número y gravedad de las situaciones acústicamente no deseadas.

Las actuaciones, como ya se ha visto anteriormente, pueden ser de muy diversa índole:

- Regulación del tráfico, por ejemplo desviación de la circulación.
- Establecimiento y aplicación de límites de velocidad, promoción del transporte público y del cambio modal (para, por ejemplo pasar del transporte rodado al transporte por ferrocarril), etc.
- Ordenación del territorio.
- Aplicación de medidas técnicas en las fuentes emisoras, por ejemplo en relación con el revestimiento de carreteras.
- Reducción de la transmisión de sonido (pantallas acústicas, túneles, aislamiento de viviendas, etc.).
- Limitación en las autorizaciones para determinadas actividades.
- Campañas públicas de información y sensibilización.
- Seguimiento del ruido (medición del ruido en uno o varios puntos para comprobar si el ruido percibido o emitido cumple un requisito dado).
- Medidas económicas tales como tasas y sanciones.

En general, un plan de actuación debe centrarse en los siguientes apartados:

- *Análisis de la situación actual y prevista*
 - En este apartado se recomienda contar con mapas de ruido que sintetizen los niveles sonoros resultantes en cada uno de los escenarios contemplados en el plan.
- *Establecimiento de objetivos de calidad acústica*
 - De acuerdo con las legislaciones vigentes deben establecerse unos objetivos que se pretenden alcanzar con la aplicación del plan. No siempre es posible alcanzar los objetivos más ambiciosos, por lo que no hay que descartar las actuaciones de mejora de la calidad del ambiente sonoro y recuperación de puntos negros que incluyan medidas correctoras interesantes, aún cuando no se alcance la calidad óptima.
- *Posibles actuaciones*
 - Decidir sobre aquellas más adecuadas y viables desde el punto de vista técnico y económico.
- *Programa de actuaciones*

- Debe establecerse un calendario de actuaciones lo más detallado posible y un sistema para el control y seguimiento de las mismas. *Coste y Financiación de las actuaciones*

Según lo establecido en la Directiva sobre evaluación y gestión del ruido ambiental los planes de acción o actuación contra el ruido deben incluir como mínimo, los elementos siguientes:

- Descripción de la zona a la que se refiere el plan
 - Aglomeración (dimensiones, ubicación, número de habitantes, usos del suelo, principales fuentes de ruido y tipo de edificios y su función).
 - Eje viario principal.
 - Eje ferroviario principal o
 - Aeropuerto principal (ubicación, dimensiones, datos relativos al tráfico y al entorno).
- Autoridad responsable e la elaboración y ejecución del plan.
- Contexto jurídico.
- Valores límite para la determinación de la calidad del ambiente sonoro.
- Resumen de los resultados de la labor de cartografiado del ruido.
- Análisis de la situación con respecto a la salud sobre la base de los mapas de ruido y las relaciones dosis-efecto.
- Determinación de los problemas.
- Medidas que ya se aplican con respecto al ruido y acciones en curso.
- Situaciones que deben mejorar.
- Acciones previstas por las autoridades competentes para los próximos años, incluso por lo que se refiere a las medidas para proteger las zonas relativamente tranquilas.
- Presupuesto de las acciones.
- Estrategia a largo plazo.
- Relación de las consultas públicas.
- Evaluaciones coste-eficacia o costes-beneficios.