

**TÍTULO DEL PROYECTO:**

INTERPOSICIÓN DE UNA PANTALLA ACÚSTICA ENTRE LA CARRETERA SE-517 VALENCINA-GINES Y EL PARQUE INFANTIL DE LA URBANIZACIÓN LAS PILAS.

**FECHA DE ENTREGA:** FEBRERO 2002.

**AUTOR:** JESÚS MORENO BENÍTEZ.

## **ÍNDICE :**

### 1.- RUIDO EN CARRETERAS. MEDIDAS CORRECTORAS.

- 1.1.-Introducción.
- 1.2.- Medidas correctoras.
  - 1.2.1.-Medidas sobre la fuente de ruido:
  - 1.2.2.-Medidas sobre la zona de transmisión:
  - 1.2.3.-Medidas sobre el receptor

### 2.-LAS PANTALLAS ANTIRRUIDO.

- 2.1.-Introducción.
- 2.2.-Consideraciones acústicas.
  - 2.2.1.- Principios y mecanismos.
  - 2.2.2.- Consecuencias en la planificación y el diseño.
  - 2.2.3.-Consecuencias en la elección de los materiales.
- 2.3.-Consideraciones estéticas.
  - 2.3.1.-Efectos visuales.
  - 2.3.2.- Efectos sobre los automovilistas.
  - 2.3.3.-Aspecto de las pantallas.
  - 2.3.4.- Graffiti.
  - 2.3.5.-Resumen.
- 2.4.-Otras consideraciones no acústicas.
  - 2.4.1.-Participación del público.
  - 2.4.2.-Seguridad.
  - 2.4.3.-Mantenimiento.
  - 2.4.4.-Drenajes.
  - 2.4.5.- Cimentaciones de las pantallas.
- 2.5.-Tipos de pantallas antirruido.
  - 2.5.1.-Pantallas naturales.
  - 2.5.2.-Pantallas artificiales.
  - 2.5.3.-Costes.
- 2.6.-Fotografías de pantallas acústicas.

### 3.-OBJETIVOS Y PASOS DE QUE CONSTA NUESTRO PROYECTO.

### 4.-DESCRIPCION DE LA ZONA.

### 5.-FUNDAMENTO TEÓRICO DEL PROGRAMA DE ORDENADOR IMMI 4.0

- 5.1.-Introducción.
- 5.2.-Normativa de referencia.
- 5.3.-Definiciones.
  - 5.3.1.-Nivel de presión sonora ponderado A continuo equivalente, en dB.
  - 5.3.2.-Nivel de presión sonora de banda de octava a favor de viento continuo equivalente, en dB.
  - 5.3.3.-Pérdida por inserción(de una pantalla).
- 5.4.-Descripción de las fuentes.
- 5.5.-Condiciones meteorológicas.
- 5.6.- Ecuaciones básicas.

5.7.- Cálculo de los términos de atenuación.

5.7.1.-Divergencia geométrica ( $A_{div}$ ).

5.7.2.-Absorción atmosférica.

5.7.3.- Efecto del suelo ( $A_{gr}$ ).

5.7.4.-Apantallamiento( $A_{bar}$ ).

5.7.5.- Reflexión

5.8.-Corrección meteorológica (Cmet).

5.9.-Exactitud y limitaciones del método.

5.10.- Tipos adicionales de atenuación.

5.10.1.-Vegetación.

5.10.2.-Entornos industriales.

5.10.3.-Zonas de viviendas( $A_{hous}$ ).

6.- INTRODUCCION DE LOS DATOS DEL PROBLEMA NECESARIOS EN EL PROGRAMA INFORMATICO IMMI : MODELIZACION.

7.- MEDICION CON SONOMETRO DE LOS NIVELES DE RUIDO QUE SUFRE EL PARQUE.

8.- COMPARACION DE LOS NIVELES DE RUIDO MEDIDOS CON LOS NIVELES PREVISTOS POR EL PROGRAMA INFORMATICO IMMI PARA LA VALIDACION DEL MISMO.

9.- ASIGNACIÓN DE UN NIVEL DE RUIDO CARACTERÍSTICO A CADA FUENTE.

10.-CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO DE LA PANTALLA ANTIRRUIDO.

10.1.-Introducción.

10.2.-Reflexión interior al parque.

10.3.-Reflexión exterior al parque.

10.4.- Aislamiento: altura y longitud de pantalla.

11.- DIVERSOS TIPOS DE PANTALLAS ACUSTICAS QUE SE ENCUENTRAN EN EL MERCADO ESPAÑOL.

11.1.- Pantalla verde de tierra reforzada T-SONIC.

11.1.1.-Descripción.

11.1.2.-Características acústicas.

11.2.-Pantalla de residuos ECO-PLAK.

11.2.1.- Qué es ECO-PLAK.

11.2.2.- Estructura de las pantallas.

11.3- Pantalla acústica absorbente de acero de la empresa INASEL.

11.4.- Pantalla acústica absorbente de aluminio de la empresa INASEL

11.5.- Pantalla acústica absorbente de acero de la empresa DANOSA.

11.5.1.- Descripción.

11.5.2.- Características técnicas.

11.5.3.-Combinaciones.

11.5.4.-Características acústicas.

11.6.-Pantalla acústica absorbente de aluminio de la empresa DANOSA.

- 11.7.-Pantalla acústica de hormigón ligero de la empresa DANOSA.
- 11.8.-Pantalla acústica transparente de polimetacrilato de la empresa DANOSA.

## 12.- PRESION DEL VIENTO Y PRESION DEBIDA A LOS VEHICULOS.

## 13.- EVALUACIÓN ACÚSTICA DE LA COLOCACIÓN EN EL PARQUE DE LAS DIVERSAS PANTALLAS QUE SE ENCUENTRAN EN EL MERCADO ESPAÑOL.

- 13.1- Evaluación de la colocación en el parque de una pantalla de tierra reforzada T-SONIC de 2 metros de altura.
- 13.2- Evaluación de la colocación en el parque de una pantalla de tierra reforzada T-SONIC de 3 metros de altura.
- 13.3.-Pantalla acústica absorbente de acero de la empresa Danosa de 2 m de altura.
- 13.4.-Pantalla acústica de acero de la empresa Danosa de 2.5 metros de altura.
- 13.5.-Pantalla acústica de acero de la empresa Inasel de 2 metros de altura.
- 13.6.-Pantalla acústica de acero de la empresa Inasel de 2.5 metros de altura.
- 13.7.-Pantalla acústica de hormigón ligero de la empresa Danosa de 2 metros de altura.
- 13.8.-Pantalla acústica de hormigón ligero de la empresa Danosa de 2.5 metros de altura.
- 13.9.- Pantalla acústica reflectante de metacrilato de 2 metros de altura de la empresa Danosa.
- 13.10.- Pantalla acústica reflectante de metacrilato de 2.5 metros de altura de la empresa Danosa.
- 13.11.- Pantalla ideal (sin reflexión) de 2.5 metros de altura.

## 14.-LA PANTALLA ACÚSTICA ELEGIDA: UNA PANTALLA MIXTA DE ACERO Y METACRILATO(TRANSPARENTE) DE 2.5 METROS DE ALTURA.

- 14.1.- Las causas de su elección.
- 14.2.- Descripción de la estructura de la pantalla.
- 14.3.-Comportamiento acústico.
- 14.4.-Comportamiento mecánico. Cimentación.

## 15.-CONCLUSIONES.

- 15.1.-El problema general del ruido en carreteras.
- 15.2.-El problema en el parque infantil Las Pilas.
- 15.3.-Los medios usados en el estudio.

APÉNDICE: Protección acústica del segundo parque mediante otra pantalla antirruido.

## **1.- RUIDO EN CARRETERAS. MEDIDAS CORRECTORAS.**

### **1.1.-Introducción.**

La enorme capacidad inventiva del hombre estimulada por su obsesión por superar sus propias limitaciones físicas ha hecho posible que hoy podamos, por ejemplo montados en un automóvil, alcanzar velocidades inimaginables años atrás. Sin embargo, vemos como a la vez que el progreso va disminuyendo nuestros imposibles, es él mismo quién va creándonos nuevos problemas. A veces efectos secundarios que casi todos estamos de acuerdo en aceptar y que nos impelen a buscar la manera de paliarlos. Otras veces en cambio los intereses económicos son tan fuertes que los estados no estudian con la seriedad requerida los efectos perjudiciales que la nueva innovación nos acarreará. Y es sólo a posteriori, cuando es ya demasiado tarde, que vemos que realmente no valía la pena. Que no era mejorar sino empeorar.(Centrales nucleares por ejemplo)

Los automóviles, camiones y ciclomotores, así como los aviones o los trenes, comparten ese efecto secundario no deseable que es el ruido.

El ruido es sin duda una de las más importantes causas de contaminación del medioambiente. Perturba muchas de nuestras actividades, como la enseñanza, el reposo o la comunicación, y aunque el hombre acaba acostumbrándose a la ruidosa ciudad, sólo tenemos que pasar un fin de semana perdidos en un pequeño pueblo serrano para darnos cuenta del impacto acústico que sufrimos diariamente. Además puede incluso afectar a la salud de las personas por su carácter estresante, y, sobretodo, por la perturbación del descanso nocturno.

La ciudad es el sitio que más sufre el ruido. La mayor parte de éste es ocasionado por el tráfico rodado.

Es difícil solucionar los problemas ya existentes. Hay que tener en cuenta que las ciudades no están diseñadas para soportar la actual y creciente circulación de vehículos a motor. Para obtener atenuaciones apreciables del ruido se podría por ejemplo recurrir a restricciones del tráfico individual y privado promoviendo el colectivo y público. Actuar sobre urbanizaciones futuras es más fácil. La realización de estudios serios permitiría una atenuación considerable del impacto acústico mediante la aplicación de distintas medidas correctoras.

Esto lleva consigo un mayor desembolso inicial que a la larga resulta menos gravoso económicamente que futuras medidas correctoras de errores conceptuales.

### **1.2.- Medidas correctoras.**

En todo fenómeno de contaminación acústica encontramos tres elementos principales: la fuente de ruido, la zona de transmisión, y el receptor.

Las medidas correctoras podemos clasificarlas por tanto, según el elemento sobre el que actúen, en :

### 1.2.1.-Medidas sobre la fuente de ruido:

Los fabricantes de vehículos deben cumplir desde 1972 la ordenanza vigente en la Unión Europea sobre niveles sonoros máximos autorizados. La industria automovilística ha conseguido esta reducción actuando sobre las fuentes de ruido de origen mecánico: el motor, la transmisión, y el silenciador.

Otra fuente de ruido es el contacto entre los neumáticos y la calzada. Su magnitud dependerá del tipo de calzada, del tipo de neumáticos y de la velocidad del vehículo.

En un turismo, a velocidades superiores a 70 km/h, el ruido procedente de la interacción calzada-neumáticos domina sobre las demás fuentes sonoras existentes en él. En camiones o vehículos pesados, sin embargo, a estas velocidades domina el ruido producido por el motor y el tubo de escape.

Para reducir el ruido producido por la interacción calzada-neumáticos se están utilizando pavimentos llamados porosos o drenantes. Este tipo de pavimentos, además de ventajas acústicas, proporciona ventajas desde el punto de vista de la seguridad en la conducción al mejorar la adherencia del vehículo, reducir la distancia de frenado y eliminar el efecto aquaplaning.

### 1.2.2.-Medidas sobre la zona de transmisión:

Se basan en aumentar la distancia que recorre la onda sonora desde la fuente al receptor, fundamentalmente mediante la interposición de obstáculos. Este obstáculo suele ser una pantalla anti-ruido. Según su forma, las pantallas anti-ruido pueden ser:

- Pantallas (barreras) naturales, como los montículos o diques de tierra;
- Pantallas artificiales, como los muros;
- La combinación de las dos, como los biomuros o las pantallas sobre taludes.

Hay que destacar que la vegetación no proporciona en general nada más que un efecto psicológico ya que sólo aporta una débil reducción de los niveles de ruido de la circulación.

### 1.2.3.-Medidas sobre el receptor:

Cuando las medidas anteriores no surten efecto, por ejemplo en el caso de la existencia de edificaciones altas cercanas a una carretera con alta densidad de tráfico, se puede recurrir al aislamiento acústico de las viviendas, sobre todo en los pisos de mayor altura. En estos casos será necesario valorar las dos opciones: una pantalla de mayor altura o más cercana a la carretera, y las medidas de cerramiento acústico de la vivienda.

## **2.-LAS PANTALLAS ANTIRRUIDO.**

### **2.1.-Introducción.**

En este capítulo hablaremos sobre las pantallas acústicas, siguiendo el informe “Reducción del ruido en el entorno de las carreteras” realizado por un grupo de científicos expertos de la OCDE.

En el proceso de diseño de una pantalla acústica, es necesario aplicar los conceptos físicos elementales subyacentes a la reducción del ruido si se quiere que ésta sea acústicamente eficaz, es decir que asegure la disminución deseada del ruido sin estar sobredimensionada. Es necesario igualmente en su diseño tener en cuenta sus características no acústicas como el mantenimiento, la seguridad, la estética, la construcción, el coste, etc. Los criterios principales para diseñar una pantalla acústica pueden resumirse así:

#### Consideraciones acústicas:

- Una pantalla antirruído reduce generalmente los niveles del ruido de 10 a 15 dB(A) en la zona de sombra.
- Una pantalla antirruído proporciona una reducción del nivel de ruido insignificante cuando ésta no es lo suficientemente alta para cortar la línea visual entre la calzada y el receptor.
- Al otro lado de esta línea visual, por cada metro de altura suplementaria de la pantalla, se obtiene una reducción del nivel de ruido de aproximadamente 1.5dB(A)(con un máximo teórico de 20dB(A) para el total).
- La longitud de una pantalla antirruído debe ser aproximadamente cuatro veces la distancia entre el receptor y la pantalla(para receptores situados a menos de 100m).
- Una pantalla antirruído debe tener una densidad mínima de 20 kg/m<sup>2</sup>.

#### Consideraciones no acústicas:

En el diseño de la pantalla es necesario tener en cuenta:

- La estética, que debe estar en concordancia con su entorno.
- La seguridad vial. Es decir, garantizar una buena visibilidad para los automovilistas y una buena resistencia a los choques de los vehículos.
- El mantenimiento ( y los costes del mismo) de la pantalla y estructuras adyacentes y las necesidades de drenaje.
- El rendimiento estructural (acciones del viento y del tráfico, estabilidad a largo plazo) y la durabilidad (generalmente de 15 a 20 años).
- Los costes de construcción, que dependen del tipo de cimentación y del sistema de construcción en presencia o no de tráfico.

Igualmente es muy importante asegurar la participación de la comunidad (público) en las decisiones finales relativas al diseño y a la construcción de las pantallas.

Para que una pantalla antirruído sea eficaz, debe ser suficientemente alta y larga para impedir la propagación del ruido hacia el receptor. Las pantallas normales no son muy

útiles para las casas situadas sobre una colina que domine la carretera o para edificios cuya altura sobrepase en mucho la de la pantalla. Las salidas que permiten el acceso a zonas adyacentes o el cruce de otras calles anulan su eficacia. En algunas zonas las casas se encuentran muy diseminadas y no permiten la instalación de pantallas antirruído a un coste razonable. El rendimiento acústico de una pantalla antirruído queda determinado por el lugar de emplazamiento, su anchura, su altura, así como por sus características de transmisión y de reflexión (aislamiento)/absorción.

## 2.2.-Consideraciones acústicas.

Se puede atenuar el ruido ocasionado por la circulación vial, construyendo pantallas antirruído entre la calzada y las zonas que la bordean, interfiriendo de manera sustancial en la propagación de las ondas sonoras entre la calzada y el receptor. Estas ondas sonoras se difractan sobre la parte superior de la pantalla creando una zona de sombra detrás de la misma donde los niveles del ruido son débiles. Algunas pantallas pueden reducir los niveles de ruido de 10 a 25 dB(A). Una reducción de 10 dB corresponde a una disminución de la intensidad del ruido vial a la mitad.

### 2.2.1.- Principios y mecanismos.

Las figuras 2.1 y 2.2 presentan los principios acústicos claves ligados al diseño de una pantalla antirruído y su emplazamiento. Se llama “pérdida por inserción” a la reducción del ruido debida a la pantalla, medida en el punto de recepción R (ver figura 2.1). Esta pérdida de inserción se debe al aumento del recorrido seguido por la onda de ruido difractada, al aislamiento de la pantalla en la zona de sombra y a la absorción del ruido por la pantalla.

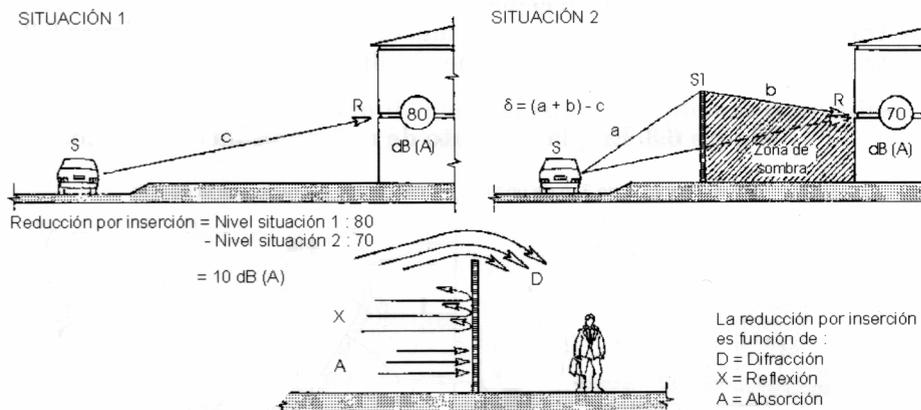
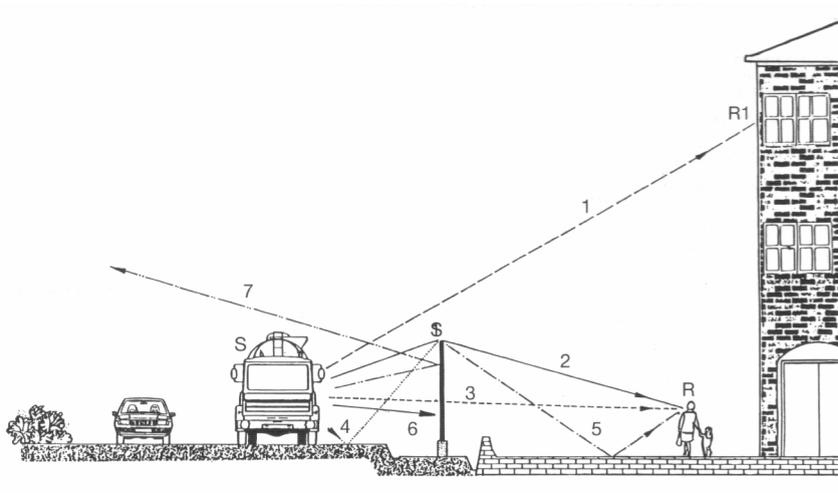


FIG 2.1

Igualmente es importante recordar que al colocar una pantalla entre el origen y un punto de recepción, la propagación del sonido se realiza por distintos recorridos (figura 2.2). Para optimizar su efecto hay que minimizar cada una de las contribuciones, puesto que éstas son las que contaminan (salvo el efecto  $\delta$  que conviene maximizar). Se puede constatar que es imposible definir una pantalla absolutamente óptima. No obstante se puede buscar la mejor adaptada a cada caso particular.



**Notas:**

1. Onda directa que afecta a puntos más elevados que la línea SA — trayectoria 1
2. Onda difractada sobre la pantalla — trayectoria 2
3. Onda transmitida a través de la pantalla — trayectoria 3
4. Onda reflejada en el suelo y después difractada — trayectoria 4
5. Onda difractada y después reflejada en el suelo — trayectoria 5
6. Onda absorbida por la pantalla — trayectoria 6
7. Onda reflejada en la pantalla — trayectoria 7
8. Onda que, después de múltiples reflexiones entre la pantalla y la fuente, pasa por encima de la pantalla

FIG 2.2

2.2.2.- Consecuencias en la planificación y el diseño.

La altura y la posición de la pantalla con relación a la calzada son elementos importantes del diseño. A una distancia dada de la calzada, aumentar la altura de la pantalla permite mejorar las características de atenuación. Para evaluar la altura necesaria de la pantalla, de un modo muy general, se puede considerar que un metro de altura suplementaria, conlleva una disminución de 1.5dB(A), suponiendo que una pantalla que llega justo a la línea de vista (línea recta entre la calzada u origen y el receptor) origina una atenuación de 5 dB(A). Para una altura determinada de la pantalla, aproximar ésta a la fuente o al receptor, permite mejorar las cualidades de atenuación. Sin embargo, en la práctica, es conveniente en el diseño observar el entorno con objeto de encontrar un lugar de emplazamiento en una cota más elevada. La figura 2.3 ilustra el hecho de que una pantalla menos alta situada sobre un terreno elevado realiza un efecto de atenuación superior al de una pantalla más alta, y por lo tanto más cara colocada más cerca de la carretera.

La pantalla de 3 m da una mayor atenuación del ruido que la de 5 m.

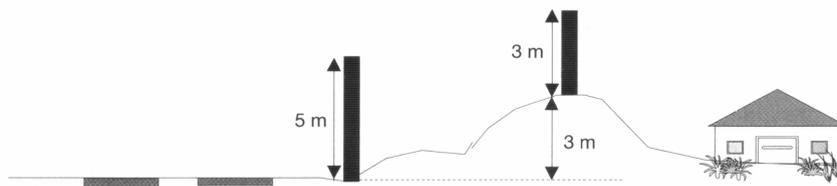


FIG 2.3

Si la pantalla es demasiado corta, el ruido de la carretera puede bordear sus extremos y llegar al receptor. Según una regla empírica, la pantalla es suficientemente larga si esta medida es cuatro veces la distancia entre ella y el receptor.

### 2.2.3.-Consecuencias en la elección de los materiales.

El sonido puede pasar no solamente por encima de la pantalla para llegar al receptor (por difracción), sino que puede igualmente atravesar la misma. Esta transmisión a través de la pantalla depende de factores ligados al material que la constituye (como su peso y su rigidez), al ángulo de incidencia del sonido y a su espectro de frecuencias.

Por regla general, si la pérdida por transmisión a través de la pantalla es superior a la atenuación resultante de la difracción, como mínimo en 10 dB(A), o si la densidad de la pantalla es como mínimo de  $25\text{kg/m}^2$ , la reducción del ruido debida a la pantalla no se verá sustancialmente afectada por esta transmisión a través de la misma. Igualmente, hay que indicar que las pantallas son más eficaces para las frecuencias elevadas desde el momento en que las longitudes de onda cortas, asociadas a altas frecuencias, son más fácilmente afectadas por objetos sólidos como las pantallas.

La energía sonora se refleja cuando una onda sonora choca con un objeto sólido como una pantalla antirruído. Las múltiples reflexiones de ondas sonoras entre dos superficies planas paralelas (ver figura 2.4 ), tales como entre pantallas antirruído o muros de contención de los dos lados de una carretera, o entre pantallas antirruído y los costados de los camiones que circulan, cuando su número es elevado y la distancia entre camiones y pantalla es pequeña, pueden provocar una elevación de los niveles de ruido en un entorno próximo.

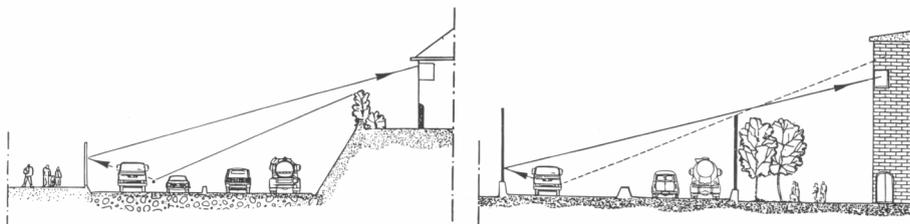


FIG 2.4

En Austria se han llevado a cabo estudios que indican un aumento superior a 3 dB(A) en el caso de reflexiones entre las pantallas y los camiones, y en consecuencia, cuando hay viviendas situadas al otro lado de la carretera no se emplean nada más que pantallas absorbentes. En otros países, como Estados Unidos, donde los perfiles transversales son más anchos y las distancias entre superficies planas paralelas son superiores, no se han identificado problemas de este tipo. La energía sonora puede igualmente ser absorbida cuando choca con un objeto sólido; las características de absorción de cualquier material están en función de la frecuencia del sonido.

En consecuencia una pantalla antirruído se puede diseñar para ser:

-Reflectante, cuando refleja el ruido del lado de donde viene e impide que se transmita a través de la pantalla, aislando de esta forma desde un punto de vista acústico la zona de sombra adyacente.

-Absorbente, cuando se amortigua la onda sonora (en términos de frecuencias), gracias a las reflexiones, interferencias y otros fenómenos que se producen en la pantalla.

Una pantalla absorbente no desempeñará nunca una función aislante si el material que la constituye es demasiado delgado o demasiado ligero. Pantallas absorbentes bien diseñadas son por lo tanto aislantes y reducen las reflexiones múltiples mencionadas anteriormente.

### **2.3.-Consideraciones estéticas.**

#### 2.3.1.-Efectos visuales.

Un elemento esencial a tener en cuenta en el diseño de una pantalla acústica es su impacto visual sobre el vecindario inmediato. Es una preocupación importante la relación de escala entre la pantalla y las actividades situadas a lo largo del borde de la calzada. Una pantalla alta en un vecindario donde las casas individuales son bajas y están dispersas podría ser desagradable a la vista. Por otra parte, una pantalla alta colocada en las proximidades de los edificios podría crear sombras nefastas y afectar así el microclima. Una solución a este problema potencial de relación de escala puede ser la realización de pantallas antirruído de altura variable permitiendo reducir el impacto visual gracias a arreglos paisajísticos en un primer plano. Estos permitirían así un mejor soleamiento y una buena circulación de aire en la zona residencial. En general, lo ideal es implantar una pantalla antirruído a una distancia de las viviendas de alrededor de cuatro veces su altura y de realizar arreglos paisajísticos en sus alrededores para evitar que la pantalla domine el paisaje.

El aspecto visual de las pantallas antirruído debe ser cuidadosamente estudiado en función de su entorno. Las pantallas deben, en lo posible, reflejar las características del mismo. Cuando existen elementos arquitectónicos importantes en su proximidad hay que analizar para el diseño de la pantalla la relación entre los materiales, la textura superficial y el color. En otras zonas, en particular en los alrededores de nudos de carretera o de otros elementos de transporte, se puede considerar acertado que las pantallas antirruído tengan una fuerte relación visual en su aspecto físico con los elementos de la calzada.

Una buena opción consiste en usar un color y un tratamiento de superficie coherentes, utilizando efectos paisajísticos para mitigar las vistas del primer plano de la pantalla. Es, en general, deseable evitar el exceso de detalles que tiende a reforzar la intrusión visual de la pantalla.

#### 2.3.2.- Efectos sobre los automovilistas.

Igualmente hay que tener en cuenta el efecto psicológico sobre el automovilista. Las pantallas deben estar concebidas de diferentes maneras con objeto de adaptarse a sus alrededores ya sean medio urbano, medio suburbano o campo abierto. También hay que evitar la monotonía del automovilista. A velocidades normales, el automovilista percibe normalmente la forma global de las pantallas, su color y textura superficial. Según la escala de las pantallas, un objetivo esencial para que éstas sean visualmente agradables es evitar el efecto de túnel basándose en variaciones importantes en su forma, tipos de materiales y tratamiento de su superficie. El diseño de las pantallas antirruído varía considerablemente en función del dimensionado de la calzada. Por ejemplo, este diseño va a diferir sustancialmente tanto desde el punto de vista visual como acústico entre una carretera derecha, estrecha y con pocas variaciones en las pendientes verticales, y otra ancha y con variaciones en los alineamientos horizontales y verticales. En el primer caso el diseñador ofrecerá pantallas con diferencias menores en la forma, el tratamiento de superficie y el paisajístico. En el segundo caso el diseñador tiene la posibilidad de variar el tipo de pantalla, adaptar los taludes al paisaje y recurrir a soluciones más complejas para crear una pantalla visualmente agradable.

#### 2.3.3.-Aspecto de las pantallas.

Tanto en el plano visual como en el de la seguridad, los extremos de las pantallas no deben ser demasiado impactantes. Se puede realizar de numerosas maneras una transición gradual entre el nivel del suelo y la altura requerida para la pantalla. Igualmente se puede curvar la pantalla hacia atrás dándole una pendiente, disminuir progresivamente su altura y terminarla en un arriate con plantas. Este último concepto debe aplicarse sólo en las zonas donde las condiciones climáticas permiten un crecimiento continuo de la vegetación y en lugares donde los bordes de los arriates estén protegidos contra posibles conflictos con el tráfico vial.

#### 2.3.4.- Graffiti.

Los graffiti sobre las pantallas antirruído pueden presentar problemas. Una solución es el empleo de materiales fácilmente lavables o retocables. Los arreglos paisajísticos y las plantas en las proximidades de las pantallas pueden igualmente servir para evitar los graffiti, añadiendo calidad al conjunto visual.

#### 2.3.5.-Resumen.

La concepción estética y la integración de las pantallas antirruído en el paisaje y en el medio revisten una importancia especial. En particular lo relacionado con la altura de la pantalla, la elección de material, de la forma, de la estructura y del color de la misma. El éxito del diseño implica un trabajo multidisciplinar, y deben ser consultados arquitectos-urbanistas, arquitectos-paisajistas, ingenieros especialistas en carreteras, en problemas acústicos y en estructuras.

## **2.4.-Otras consideraciones no acústicas.**

### **2.4.1.-Participación del público.**

La participación del público es esencial en la planificación y diseño de buenas pantallas antirruído. Es importante tener en cuenta los gustos y deseos de los habitantes, puesto que ellos tendrán que vivir habitualmente con la pantalla durante años. Estos pueden no encontrar ninguna ventaja en una pantalla que encuentran desagradable a la vista y en cuya planificación no han participado. Es igualmente conveniente implicar en su diseño a personalidades oficiales y organizaciones de la zona afectada.

### **2.4.2.-Seguridad.**

Se debe implantar la pantalla antirruído fuera de los lugares donde es posible el choque de un vehículo que se salga de la carretera. En los lugares donde existe este peligro, en particular cuando las pantallas antirruído se construyen sobre el borde de una carretera existente, las barreras de seguridad pueden colocarse como protección de las pantallas antirruído.

Cuando el espacio disponible es limitado, la barrera de seguridad puede construirse delante de la pantalla o integrarse en ella. Estas protecciones son igualmente eficaces para impedir a los vehículos pesados salirse de la carretera. Hay que decir que estos sistemas de protección han estado sometidos a los tests de resistencia mayor 485Kkoules según la nueva norma del Comité Europeo de Normalización (CEN).

Es necesario tener en cuenta la seguridad cuando se implantan pantallas antirruído en las proximidad de rampas de entrada o salida, de puntos de convergencia de rampas o cruces de carreteras. Una pantalla antirruído no debe obstruir la línea visual entre el vehículo sobre la rampa y los que se acercan sobre la carretera principal.

La limpieza de la nieve puede tener una fatal consecuencia sobre la seguridad cuando la nieve fundida se transforma en hielo en la superficie de la calzada o cuando el viento y las corrientes acumulan la nieve sobre las carreteras. Se debe dejar un espacio suficiente para el quita-nieves. Las pantallas antirruído no deben hacer sombra sobre la calzada puesto que esto favorecería la formación de hielo. El tratamiento superficial de las pantallas tiene también implicaciones en cuanto a la seguridad. Hay que evitar las protuberancias sobre una pantalla situada cerca de una vía de circulación así como los paramentos susceptibles de transformarse en proyectiles en caso de choque.

### **2.4.3.-Mantenimiento.**

Consiste en el mantenimiento de la propia pantalla, el de los arreglos paisajísticos que la rodean, la sustitución de partes de la pantalla deterioradas por impactos de vehículos, la limpieza de la misma y la limpieza de los graffitis. En general el mantenimiento de la pantalla es menos costoso si está realizada con materiales no pintados, como el acero envejecido, el hormigón, la madera tratada a presión, o la madera envejecida naturalmente. Desde el punto de vista visual y de mantenimiento es aconsejable el uso de superficies de hormigón sin más tratamiento, como áridos expuestos y los acabados con un lavado de arena, o con colores integrales o morteros de cemento coloreado, en

oposición a las superficies pintadas que, a largo plazo, exigen un mantenimiento continuo. El mantenimiento de los arreglos paisajísticos realizados sobre los bordes de la calzada estará afectado a la vez por la posición de la pantalla y por el tipo de arreglo realizado.

Asegurar un acceso a la parte posterior de la pantalla para el mantenimiento, o para los servicios de urgencia haciendo variar la alineación horizontal de la pantalla puede igualmente dar lugar a un aspecto visual más agradable. En general, los orificios de acceso en una pantalla deben ser concebidos con objeto de evitar que el tráfico no se encuentre bruscamente frente a un muro. Cuando no es una puerta sólida que abre el acceso, se pueden construir muros-pantalla paralelos de un ancho mínimo tres veces la anchura de la abertura, y revestidos de un material absorbente para preservar la eficacia acústica de la pantalla (ver figura 2.5).

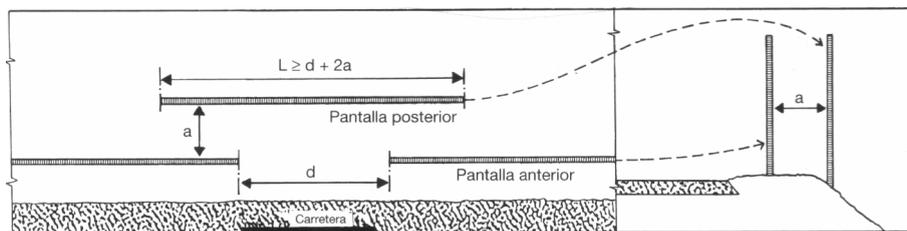


FIG 2.5

Otro elemento a tener en cuenta en cuanto al mantenimiento de las pantallas es la gestión de un stock de materiales para las operaciones de reemplazo. Esto puede suponer un serio problema, sobre todo con la madera o el acero naturalmente envejecidos. Por último, las operaciones quita-nieves pueden afectar al mantenimiento cuando se utilizan como pantallas antirruído taludes de tierra. La vegetación sobre los taludes debe resistir los efectos de la sal y otros productos químicos utilizados en las operaciones de quitar la nieve y de la lucha contra el hielo. Los costes pueden aumentar cuando las pantallas altas se encuentran situadas muy cerca de la calzada (no se dispone de un espacio para amontonar la nieve sobre los bordes), y hay que transportar la nieve por encima de la pantalla o llevarla en camiones a otros lugares.

#### 2.4.4.-Drenajes.

El drenaje del agua a lo largo del borde de una calzada puede encontrarse seriamente afectado por la construcción de una pantalla antirruído. La cuestión del drenaje debe examinarse muy pronto, desde la fase de planificación de la construcción. Las estructuras de drenaje deben concebirse para prolongarse bajo las pantallas. No hay que practicar agujeros en las mismas para asegurar este drenaje, pues se puede correr el riesgo de disminuir sustancialmente su rendimiento acústico.

No dan todos los países igual importancia a la pérdida potencial de aislamiento acústico. Algunos, como Holanda, toleran la presencia de aberturas para el drenaje en la parte inferior de la pantalla con objeto de evitar un coste más importante ligado a los drenajes acústicamente cegados. Una solución posible se presenta en la figura 2.6. La longitud  $L$  debe ser superior o igual a dos veces su anchura ( $a$ ) más la abertura  $d$  visible desde la carretera.

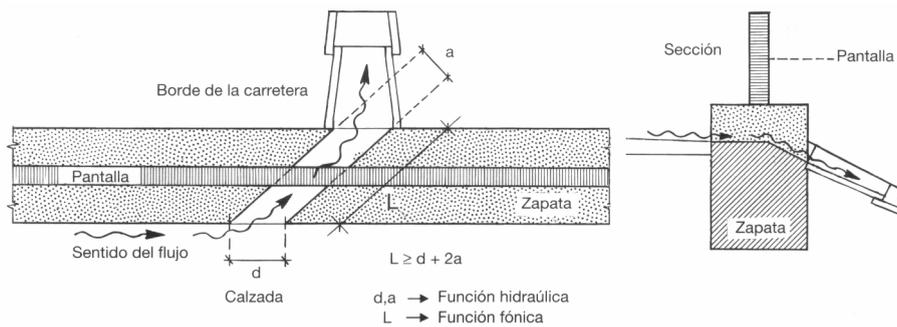


FIG 2.6

Igualmente, hay que tener en cuenta las necesidades de agua de la vegetación plantada con fines ornamentales alrededor de las pantallas. Es necesario instalar riego artificial allí donde los sistemas de agua natural y de drenaje no sean suficientes para garantizar el crecimiento de la misma.

#### 2.4.5.- Cimentaciones de las pantallas.

El cálculo de cimentaciones de pantallas debe basarse en teorías establecidas y ensayos probados y, en particular, debe tomarse en consideración:

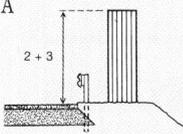
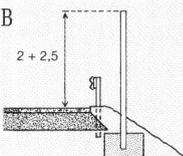
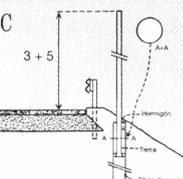
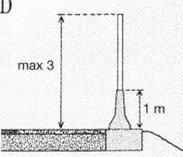
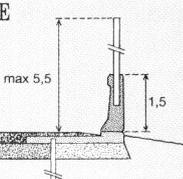
- Los efectos del viento que afectan la estabilidad de la estructura, dada la gran superficie de las pantallas antirruído.

- Los asentamientos diferenciales; al margen del impacto negativo sobre la estética, las juntas en los puntos de contacto entre los elementos de la pantalla pueden reducir los rendimientos de atenuación del ruido.

- Los costes; las cimentaciones pueden tener un peso considerable sobre el coste total, en particular en regiones donde hay mucho viento. En estos casos los costes de cimentación pueden representar hasta un 30 % del coste del conjunto de la pantalla acústica.

Los sistemas más ampliamente extendidos son zapatas aisladas y solera continua con variaciones técnicas(ver cuadro 2.7)

Cuadro 2.7. Tipos de cimentaciones.

Tipo de cimentación	Descripción de las cimentaciones	Tipo de pantalla	Sistema de protección	Lugar de colocación	Coste relativo
<p>A</p>  <p>Sin cimentación</p>	<p>A1. Paneles en zig-zag unidos entre ellos, colocados sobre el suelo; <math>1 = f(h)</math></p> <p>A2. Paneles ligeros con una pequeña suela (<math>30 \times 30</math> cm)</p>	<p>A1. Paneles pesados en hormigón armado, altura máxima 2,5-3,00 m</p> <p>A2. Paneles ligeros (madera, aluminio) altura &lt; 2,00 m. muros de vegetación integrados</p>	Barreras de metal (o de montañas de tierra)	Nivel del terreno Suelo sólido. Gran espacio lateral	0,1 a 0,4
<p>B</p>  <p>Cimentación sobre zapatas aisladas</p>	<p>Zapatas aisladas de hormigón armado</p> <p>Distancia usual: 3 m</p> <p>Corte adaptado al viento local</p> <p>Altura máxima de la pantalla: 2,00 - 2,50</p>	Paneles ligeros unidos con apoyos de fijación. Posibilidad de usar diferentes materiales en función del lugar donde están emplazados	Barrera de metal	Terraplenes poco elevados ( $h < 3,50$ m)	1
<p>C</p>  <p>Cimentación sobre pilotajes en acero</p>	<p>Pilotajes en acero anclados al suelo con apoyo fijado a base de arena y cemento. La profundidad está en función de la altura y los vientos locales</p>	<p>Como para las cimentaciones de tipo B</p> <p>Altura de la pantalla &gt; 3,00 m hasta 4,50 - 5,00</p>	Barrera de metal	Terraplenes al-tos ( $h > 3,00$ m) suelo con una baja capacidad portante. Problemas de vientos fuertes	2,0
<p>D</p>  <p>Cimentación por zapata corrida</p>	<p>Zapata corrida en hormigón armado unida a una barrera de seguridad tipo New Jersey por un sistema de anclaje dúctil. Las dimensiones de la zapata están en función del viento (generalmente: <math>0,60 - 1 \times 0,50</math> m)</p>	<p>Paneles aislantes o absorbentes en hormigón armado, incluso sin apoyo de fijación</p> <p>Altura máx. 3,00 m</p>	Barrera de seguridad tipo New Jersey (resistencia a los choques < 485 Kj)	Terraplenes elevados ( $h > 3,00$ m) Zonas con vientos de mediana intensidad	1,5
<p>E</p>  <p>Cimentación plana claveteada o zapata</p>	<p>Cimentación plana (o zapatas), conectada al suelo con 12 micropilotes verticales o inclinados 10 grados (clavos). Distancia de 1,50 a 2,00 m. Las zapatas se prefieren para actuaciones en las carreteras ya existentes</p>	<p>Pantallas con paneles ligeros muy altos (5,00 - 5,50 m) descansando sobre barreras New Jersey absorbiendo el ruido de baja frecuencia</p>	Barrera de seguridad tipo New Jersey (resistencia a los choques > 485 Kj)	Terraplenes elevados ( $h > 3,00$ m) En el acceso de puentes con pantallas anti-ruido, para una gran seguridad	2,0

## 2.5.-Tipos de pantallas antirruído.

Diferentes tipos de pantallas antirruído han sido utilizados en los países de la OCDE. Se clasifican por tipos y condiciones de uso en el cuadro 2.8.

Cuadro 2.8. Clasificación de pantallas antirruído (basada en el esquema italiano).

Tipos	Materiales constituyentes	DIMENSION L = longitud min. H = altura min.	Mecanismo acústico (**) I = Aislante A = Absorbente	Lugar de colocación	Eficacia (*) M; B; O IL = dB(A)	+; Ventajas -; Inconvenientes
<b>PANTALLAS NATURALES:</b>						
1. Pantalla-matorral	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plantas</li> <li>Matorrales</li> <li>Arboles</li> </ul>	L = al menos 10 m H = 8-9m	A	En un clima adaptado y con suficiente espacio Receptores a baja altura (7-10 m)	M IL = 3-4	+; Aspecto agradable Absorbe los escapes de gases -; Eficacia acústica limitada y variable, según las estaciones
2. Diques de tierra con arbustos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terraplen y vegetación</li> <li>Igual material que en 1</li> </ul>	L = 15 - 18 m H = 3 - 4 m	I - A	Como en 1 pero en espacios más grandes. Receptores situados a 7-10 m	B IL = 15-16	+; Como en 1, pero mejor eficacia acústica -; Necesidad de espacio
<b>PANTALLAS MIXTAS</b>						
3. Diques de tierra con arbustos y pantalla integrada artificial	<ul style="list-style-type: none"> <li>Como en 2, con pantalla en madera, aluminio u otro material</li> </ul>	L = 15 - 18 m H = 9 - 12 m	I - A (mas aislante que 2)	Como 2 Ej. fig. 6.11	O IL = 18 - 20	+; Como en 2, pero mejor -; Como en 2
4. Biomuros o muros con vegetación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hormigón, madera o metal conteniendo vegetación</li> </ul>	L = 2-3 m H = 3-4 m	I (A = moderadamente)	Como en 1, con poco espacio y edificios receptores próximos. Posibilidad de una integración artificial Ej: fig.6.18,19,24	B IL = 16 - 18	+; Aspecto agradable en un espacio reducido -; Crecimiento de plantas difíciles. Necesidad de riego
<b>PANTALLAS ARTIFICIALES</b>						
5. Pantalla continua en línea recta	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Ladrillos agujereados o elementos prefabricados</li> <li>b) Paneles de hormigón armado</li> <li>c) Paneles de madera con o sin material absorbente</li> <li>d) Paneles de aluminio o acero con material absorbente</li> <li>e) Materiales diversos</li> <li>f) Materiales transparentes (metacrilato, policarbonato)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. L = 0,5 m H = 2,5 m</li> <li>b. L = 0,35 m H = 3-4 m</li> <li>c. L = 0,30 m H = 2-3 m</li> <li>d. L = 0,3 m H = 4-5 m</li> <li>e. L = 0,5 m H = 3-4 m</li> <li>f. L = 0,5 m H = 3-4 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>I &amp; A (con huecos)</li> <li>I &amp; A</li> <li>I &amp; A</li> <li>A</li> <li>I &amp; A</li> <li>I</li> </ul>	Carreteras que necesitan una disminución importante del ruido. Espacios laterales limitados. Medios urbanos e industriales. Ej. = fig.6.12, 14, 25, 26, 27	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) B IL = 15-16</li> <li>b) B-O IL = 17-19</li> <li>c) B IL=18-19</li> <li>d) O IL=20-22</li> <li>e) O IL=15-19</li> <li>f) B IL=16-17</li> </ul>	+; Buena eficacia acústica. Buena protección contra el fuego -; Intrusión visual para los usuarios de la carretera. Dificultades para el mantenimiento del carril de parada
6. Pantallas discontinuas	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Paneles de hormigón armado</li> <li>b) Paneles de aluminio o acero con material absorbente</li> <li>c) Combinación de a) y b) con paneles transparentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. L = 1-2 m H = 3-4m</li> <li>b. L = 1,0 m H = 3-4 m</li> <li>c. L = 2,0 m H = 3-4 m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>I &amp; A</li> <li>A</li> <li>I &amp; A</li> </ul>	Carreteras que necesitan una disminución importante del ruido. Espacio lateral disponible medio. Necesidad de ver el panorama detrás de la carretera. Ej. fig.6.10	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) O IL = 17-18</li> <li>b) O IL = 18-19</li> <li>c) O IL = 20-22</li> </ul>	+; Como 5 -; Necesita más elevados y costes de mantenimiento más elevados
7. (***) Pantallas en línea recta continuas/ discontinuas con barrera protectora en su base, anti-choque	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Paneles de hormigón armado</li> <li>b) Paneles de aluminio, acero o madera</li> <li>c) Combinación de a) y b) con paneles transparentes</li> </ul>	como en 5 y 6		Como en 5 y 6 pero con barrera de seguridad utilizada en puentes, carreteras, etc. que no se atraviesan Ej. fig.17.20	como 5 y 6	+; Como 5 más protección para los automovilistas -; Como 5

Tipos	Materiales constituyentes	DIMENSION L = longitud min. H = altura min.	Mecanismo acústico (**) I = Aislante A = Absorbente	Lugar de colocación	Eficacia (*) M; B; O IL = dB(A)	+; Ventajas -; Inconvenientes
<b>PANTALLAS ARTIFICIALES (Continuación)</b>						
8. Pantallas arquitectónicas	Pantallas compuestas con formas y concepción artísticas, en color, formadas por diversos materiales	L = variable (desde 0,5m a algunos metros) H = variable	I, raramente A	Armonía con el medio	B IL = 14-16	+; En armonía con el medio -; Costes más elevados de construcción y de mantenimiento
9. Pantalla total	Pantalla del tipo 5 c o 5a con tableros fónicos en plástico por encima de la carretera	L = la de la carretera H = 4,5 m	A	Carreteras que necesitan una gran disminución del ruido. Para protección de edificios de numerosas plantas > 15 m Ej. fig. 7.3, 6.28	O IL = 10-25 5-8 para los pisos altos	+; Buena protección incluso para los grandes edificios -; Como 5, pero peor

(\*) Eficacia M = Media, B = Buena, O = Optima, IL = pérdida por inserción media, medida en condiciones estandar (10m detrás de la pantalla, a una altura de 1,5 m,  
(\*\*) Aislante es sinónimo de «Reflectante»  
(\*\*\*) Otra solución es una barrera de seguridad en acero

### 2.5.1.-Pantallas naturales.

Están formadas por una banda de vegetación con un fondo variable de al menos 10 metros, plantada de una forma específica. Las especies de plantas se escogen en función de su:

- altura (hierba, matorral, arbusto, planta)
- tipo de hoja (perenne o caduca)
- compatibilidad con el clima (regiones áridas o húmedas)

Los niveles del ruido vial pueden reducirse gracias a la absorción y a la difusión del sonido por la vegetación (la difusión aumenta la zona de propagación del sonido y una parte de la energía sonora se absorbe por los efectos del suelo, el aire o el rozamiento con las hojas o bien se disipa transformándose en calor). No obstante, la vegetación debe ser muy alta y muy densa para conseguir una reducción física del ruido. La vegetación plantada en el marco de un proyecto de carretera produce sobretodo un efecto psicológico. Al proteger a los habitantes de la visión permanente de los vehículos en circulación induce igualmente en ellos un efecto psicológico visual.

En Austria, con la vegetación natural se ha llegado a reducciones del ruido de hasta 3 dB(A)(sin plantas especiales), con 50 a 100 metros de fondo (espesores menores han producido un efecto puramente psicológico).

Las pantallas naturales se colocan con frecuencia sobre taludes. Citamos ahora algunas características de los taludes:

- están en general recubiertos de vegetación,
- tienen un aspecto muy natural,
- son normalmente agradables,
- permiten un mejor soleamiento (menos sombras),
- aseguran una mejor circulación del aire,
- pueden servir para aprovechar los materiales de escombros excedentes,
- normalmente no necesitan dispositivos de protección contra los vehículos que dejan la calzada,
- su instalación y mantenimiento son menos caros que en el caso de muros,
- tienen una duración de vida prácticamente ilimitada,

Sin embargo, la construcción de taludes puede exigir una superficie muy extensa de terreno.

Las pantallas mixtas se obtienen instalando pantallas artificiales (fabricadas en madera u otro material) sobre pantallas naturales o disponiéndolas en lo alto de taludes (lo que mejora sustancialmente su calidad de atenuación de ruido). Las pantallas mixtas comprenden igualmente estructuras artificiales concebidas para permitir el crecimiento de hierbas, matorrales, arbustos, plantas trepadoras u otra vegetación que las tapa con el fin de obtener un efecto visual agradable propio de las pantallas naturales. Estas están formadas por estructuras prefabricadas en hormigón, acero o madera, conteniendo un importante volumen de tierra. Con frecuencia están equipadas de un sistema de riego.

#### 2.5.2.-Pantallas artificiales.

Las pantallas artificiales son las típicas pantallas antirruido. Se distinguen:

- Pantallas con una estructura continua.
- Pantallas con estructura discontinua.
- Pantallas continuas/discontinuas auto protectoras.
- Pantallas arquitectónicas.
- Pantallas totales.

Esta clasificación considera únicamente la geometría y la morfología de la pantalla. No tiene en cuenta los materiales que la constituyen.

Los materiales más utilizados son el hormigón, la madera y el metal (aluminio o galvanizado, acero pintado conteniendo un relleno de fibras absorbentes). Se añade con frecuencia vegetación a las pantallas artificiales (matorrales o plantas trepadoras, de lo cual hay excelentes ejemplos en Japón). Las plantas permiten no solamente mejorar el aspecto estético de la pantalla sino que contribuyen a absorber las emisiones, partículas y metales pesados que emana el tráfico. Existen por ejemplo plantas comedoras de plomo como la *qilanthus glandulosus*. Sin embargo conviene podarlas convenientemente para evitar que se dispersen; las plantas pueden convertirse en generadores de ruido por encima de las pantallas, lo que reduce su eficacia.

#### 2.5.3.-Costes.

Los costes dependen de los materiales y del tipo de pantallas. La instalación de una pantalla a lo largo de una carretera existente –es decir, en presencia de tráfico, en particular cuando éste no debe alterarse (trabajo de noche, obras de baja rentabilidad en espacios limitados)- tiene también un impacto importante sobre los costes. Esto explica las variaciones del cuadro 2.9 que ilustra las variaciones de los costes de pantallas acústicas en los países de la OCDE.

Cuadro 2.9. Costes de pantallas acústicas:

TIPO DE PANTALLA	Coste por metro cuadrado (en dólares estadounidenses)
Hormigón	75-300
Madera	60-260 (430 para las absorbentes)
Aluminio o acero (metal)	110-240
Acrílico o policarbonato (transparente)	250-470
Verde o vegetación (biomuros)	240-470
Hormigón con base New Jersey	125-220
Barrera ecotécnica por viaducto	190-215

Nota 1: Datos del año 1995.

Nota 2: Para una pantalla completa, el tratamiento estético puede hacer aumentar el coste del 20 al 40 %.

Para las pantallas naturales y los diques de tierra, la adquisición del terreno constituye la parte más importante de los costes, no siendo elevado el de las plantas.

## 2.6.-Fotografías de pantallas acústicas.

A continuación mostraremos una serie de pantallas antirruído de diferentes tipos instaladas en distintos países del mundo.

Figura 2.10. Pantalla en aluminio (absorbente) discontinua (tipo 7b, cuadro 2.8). Italia:



Figura 2.11. Pantalla típica de 2 m en madera (reflectante, tipo 3, cuadro 2.8) constituida en planchas de pino tratado al CCA de 35 mm de espesor. Australia:



Figura 2.12. Pantalla en madera absorbente (tipo 5c, cuadro 2.8). Austria:



Figura 2.13. Zona residencial: Diseño decorativo de una pantalla (reflectante) en hormigón con paramento en cerámica (tipo 8, cuadro 2.8). Austria:



Figura 2.14. Pantalla reflectante integrada al paisaje gracias a la utilización de elementos transparentes y de arreglos paisajísticos. (tipo 5, cuadro 2.8). Austria:



Figura 2.15. Pantalla reflectante antirruído en vidrio (tipo 8 y 5f, cuadro 2.8).  
Dinamarca:



Figura 2.16. Ejemplo de un reductor de ruido. Japón:



Figura 2.17. Una pantalla con vegetación (absorbente)(tipo 4 cuadro 2.8). Países Bajos:



Figura 2.18. Pantalla de hormigón de absorción alta (absorbente)(tipo 5b, cuadro 2.8). Países Bajos:



Figura 2.19. Pantalla en vidrio y madera en Lillehammer, Noruega (tipo 5e, cuadro 2.8):



Figura 2.20. Paneles en hormigón prefabricado(reflectante), con decorados gráficos adyacentes, en un terreno de juegos (tipo 8, cuadro 2.8). Estados Unidos:

