

DISPOSITIVOS REDUCTORES DE RUIDO: FÍSICA, MODELOS, VALIDACIONES. ¿QUÉ CONCLUSIONES PODEMOS SACAR DE TODO ELLO?

PACS: 43.50.Gf

Clairbois, Jean Pierre.
Consejero Delegado y Administrador General de Acoustic Technologies, A-Tech
Presidente del CEN/TC226/WG6.
215, Avenue Brugmann.
B-1050 Bruselas
Bélgica
Tel: + 32 23 44 85 85
Fax: + 32 23 46 20 99
E-Mail: mail@atech-acoustictechnologies.com

ABSTRACT

During the last 30 years, numerous products have been developed in order to improve the effectiveness of anti-noise devices, including different shapes, materials, or added devices. Sometimes, these devices are presented as the best ever, claiming drastic improvements on existing "common designs". Some other times, one demonstrates the uselessness of such or such product. Who is right, and who is wrong? What can be the method to objectively quantify the "value" of such products? Using models can be the best or the worst thing, as one can forget, or even ignore some essential parts of the physics, what can modify the interpretation of some trends. Testing devices, either in laboratory or in situ is also a difficult matter, as the conclusions are always, and only, related to the test conditions.

Understanding physics, we should be able to put the effectiveness in its right context.

RESUMEN

A lo largo de los últimos 30 años se han venido desarrollando numerosos productos para mejorar la eficacia de los dispositivos reductores de ruido, incluyendo diferentes formas, materiales o los conocidos como dispositivos añadidos o dispositivos adicionales.

Algunas veces se presentan estos dispositivos como los mejores existentes, con la pretensión de unas mejoras drásticas sobre los "diseños corrientes" existentes. Otras veces, se demuestra la inutilidad de tal o cual producto. ¿Quién tiene razón y quién está equivocado? ¿Cuál puede ser el método para cuantificar objetivamente el "valor" de tales productos?. La utilización de modelos puede ser lo mejor o lo peor, ya que se pueden olvidar o incluso ignorar algunas partes esenciales de la física que pueden modificar la interpretación de algunas tendencias. Ensayar los dispositivos, sea en el laboratorio o "in situ", también es un asunto difícil, ya que las conclusiones están relacionadas siempre y exclusivamente con las condiciones del ensayo.

Si entendemos la física, deberíamos estar en condiciones de situar la eficacia esperable de estos

dispositivos en su contexto adecuado.

INTRODUCCIÓN

La experiencia sobre dispositivos reductores de ruido para el transporte terrestre, especialmente las pantallas acústicas, va siendo muy importante.

En los principios de los dispositivos reductores de ruido estaban las "clásicas" barreras contra el ruido o pantallas acústicas, con un diseño plano, vertical y fabricadas en materiales homogéneos, ya sea reflectantes o absorbentes. Pero ya entonces surgió el dilema de que si los materiales absorbentes valían la pena o no. Sin embargo, la física da ya la respuesta: los materiales absorbentes valen la pena si y solamente si las reflexiones acústicas son una parte importante del nivel acústico percibido.

También se investigaron muy pronto formas originales de barreras, pero pocas veces se instalaron hasta que recientemente comenzaron a utilizarse "dispositivos añadidos" como una nueva tentativa para incrementar la eficacia de los dispositivos (pantallas acústicas) ya instalados.

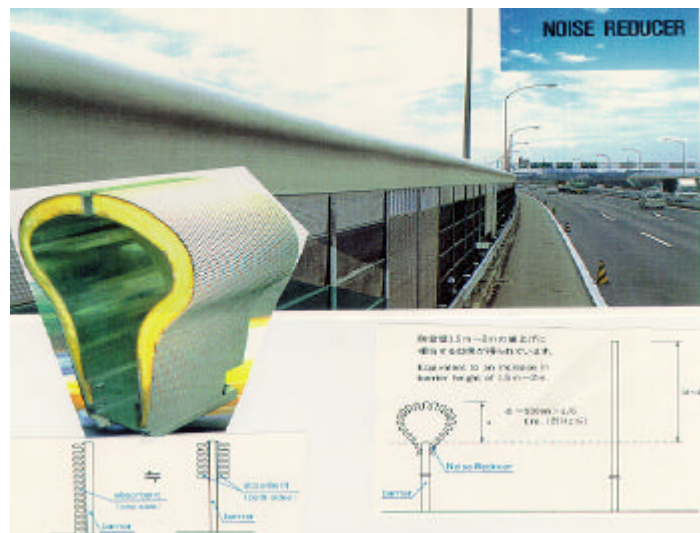


Fig. 1 - Dispositivos adicionales 1

La forma de la barrera y los dispositivos añadidos constituyen un tema controvertido ya que a menudo se hacen comparaciones con barreras contra el ruido "clásicas", pretendiendo que esos dispositivos permitan reducir la altura de la barrera, pero: ¿cómo es posible llegar a una conclusión tan general?.

De hecho la eficacia de los productos depende siempre notablemente de la situación de su implantación y nadie puede pretender ningún valor definitivo respecto a esta eficacia sin un estudio correspondiente.

El problema principal es que, o bien tenemos unas herramientas de predicción buenas y validadas para algunos de estos dispositivos, aunque la conclusión de su aplicación llega sólo a reflejar una parte de la verdad, o tenemos herramientas de predicción que no están 100% validadas, pero que a pesar de ello se pretende alcanzar conclusiones con un modelo físico incompleto.

Desgraciadamente las mediciones "in situ" no pueden aportar una ayuda definitiva ya que puede

ser muy peligroso extrapolar sus resultados a conclusiones de gran escala. Si pudiéramos fijar objetivamente los límites de validación de cada una de estas herramientas (modelos, caracterización real, mediciones "in situ",...) se podrían sacar unas conclusiones mucho más honestas sobre los dispositivos adicionales reductores de ruido.

De forma general, el presente artículo se refiere tanto al ruido del tráfico de carretera como al de trenes.

LA FÍSICA

Para que un dispositivo reductor de ruido sea acústicamente eficaz debería reducir uno o más de los tres fenómenos siguientes: transmisión del sonido, reflexión del sonido y difracción del sonido.

La propagación, la transmisión, la reflexión (tanto sobre el terreno como sobre cualquier superficie) y la difracción (de cualquier tipo) son perfectamente conocidos, al igual que los efectos atmosféricos: todos ellos se incluyen actualmente en los modelos.

Sin embargo, con demasiada frecuencia se simplifica la emisión del sonido, olvidando cómo se genera el ruido del tráfico de carretera o de ferrocarril. Todos los vehículos están efectivamente en movimiento, y cada uno de ellos incluye unas fuentes de ruido diferentes (que tienen sus propias características acústicas), y tienen su propia carrocería (con su propia altura, longitud y características de reflexión): es tan sencillo como todo esto. Entonces, si no despreciamos nada, la física siempre nos cuenta la evidencia.

Un mejor aislamiento acústico es útil cuando la transmisión es la que domina la efectividad global, los materiales de absorción son útiles cuando se producen reflexiones de forma importante y finalmente, los dispositivos añadidos deberían resultar eficaces en la zona donde deban serlo según intervengan en las condiciones de difracción, ya que en cualquier otro caso probablemente serán inútiles.

LOS MODELOS

Los modelos consideran a menudo que los vehículos en movimiento corresponden a fuentes puntuales o lineales fijas.

De una forma general se puede suponer que los automóviles radian sonido como fuentes puntuales omnidireccionales, aunque existen modelos más precisos, pero una vez que se ha emitido el sonido, ahí está la carrocería del vehículo: es un volumen móvil con sus propios lados, lo que implica reflexiones y difracciones específicas en función del tiempo. La carrocería y el movimiento del vehículo son de primordial importancia en el caso de vehículos de laterales altos y vehículos largos (camiones, trenes) que se desplacen próximos a superficies reflectantes. Crear un modelo de este fenómeno es bastante complejo ya que el efecto se produce en función del tiempo (¡los vehículos se están moviendo!). Ver Fig. 2.

La forma en que los modelos tengan en cuenta este efecto de reflexiones múltiples y próximas, puede influir drásticamente en la interpretación relativa a la utilidad de unas formas y materiales de barrera específicos.

Esta misma observación se puede aplicar al problema de la coherencia del ruido de tráfico: se acepta ahora generalmente el hecho de que las fuentes de ruido de tráfico son incoherentes. Sin embargo se han sacado muchas conclusiones sobre la eficacia de los dispositivos de insonorización en estudios anteriores donde todavía se consideraba un tráfico hecho de fuentes de ruido coherentes. Estos estudios se deberían revisar.

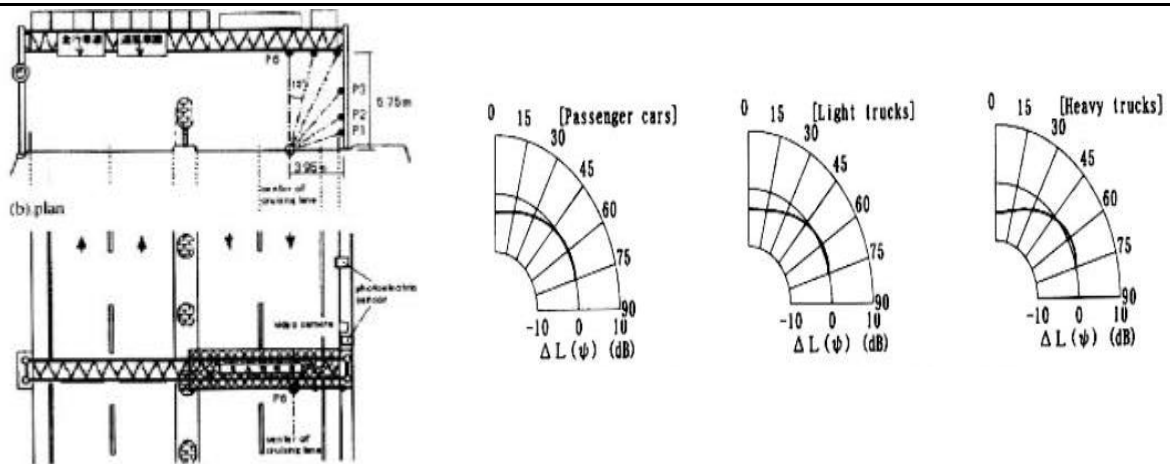


Fig. 2 – Directividad de vehículos en carretera

La transmisión del sonido también se desprecia muchas veces en los modelos, a pesar de que su efecto podría ser importante en el caso de dispositivo de escasa eficacia.

Puesto que resulta sencillo establecer un modelo de la transmisión del sonido, ésta se debería incluir siempre en los modelos: esto permite calcular la verdadera contribución de la transmisión en función del emplazamiento relativo de vehículos y receptores, lo que afecta al ruido de paso (dispositivos altamente eficaces, receptores en zona de sombra profunda...). Ésta es la única forma de especificar el índice de aislamiento adecuado que debería tener un dispositivo para asegurar su eficacia global.

Los productos no son tan ideales como sus modelos. Algunos métodos, como el BEM (Elementos finitos), pueden establecer fácilmente el modelo de la heterogeneidad de los productos en la práctica, pero siguen estando limitados a configuraciones específicas ("2,5 D", campo próximo,...). Por otra parte, los modelos "a gran escala" generalmente consideran los productos como dispositivos planos, acústicamente homogéneos en toda su altura.

Para demostrar la eficacia de los dispositivos de formas complejas y características acústicas heterogéneas en situaciones reales, se debería poder establecer un modelo de éstos, ya que en caso contrario no se puede pretender ni mejora, ni inutilidad para esos productos.

Por último también es necesario caracterizar la heterogeneidad de los dispositivos para el caso de soluciones complejas, tales como cubiertas parciales de carretera o incluso "falsos túneles". No solamente es necesario establecer un modelo de las características de absorción y aislamiento de cada una de las diferentes partes del dispositivo, sino que también se han de caracterizar éstas con valores correspondientes a su utilización prevista (bajo incidencias específicas, o en campo difuso).

MEDICIONES

Las características intrínsecas son la absorción acústica, el aislamiento a ruido aéreo y la difracción del sonido.

Esta última característica es bastante inusual pero cobra importancia por el hecho de la aparición de algunos nuevos dispositivos reductores de ruido o dispositivos añadidos que actúan específicamente sobre la difracción: si estos productos pretenden unas prestaciones diferentes a las que usualmente se obtienen con dispositivos clásicos, deberán demostrarlo objetivamente. Por lo tanto resulta importante pensar al respecto en un "índice de difracción intrínseco": este tema está

en curso de desarrollo en el CEN/TC226/WG6, y en breve se presentará al TC226 el proyecto de una nueva norma voluntaria o experimental (prENV-1793-4), basada en la aplicación del método ADRIENNE, que definirá este índice de difracción y como deberá evaluarse.

Con respecto a la absorción y al aislamiento es necesario señalar unas observaciones importantes sobre la representatividad de los valores obtenidos con los diferentes métodos de ensayo: los métodos existentes utilizan incidencias de sonido difusas, mientras que el uso previsto (sometido al ruido del tráfico) se corresponde mucho mejor con incidencias específicas.

Recientemente se ha desarrollado el método "ADRIENNE", Fig. 3, para poder realizar ensayos bajo incidencias específicas, este método se encuentra actualmente en una fase de validación a una escala más amplia, y ya está listo para su aceptación como nueva norma voluntaria o experimental, (prENV-1793-5).

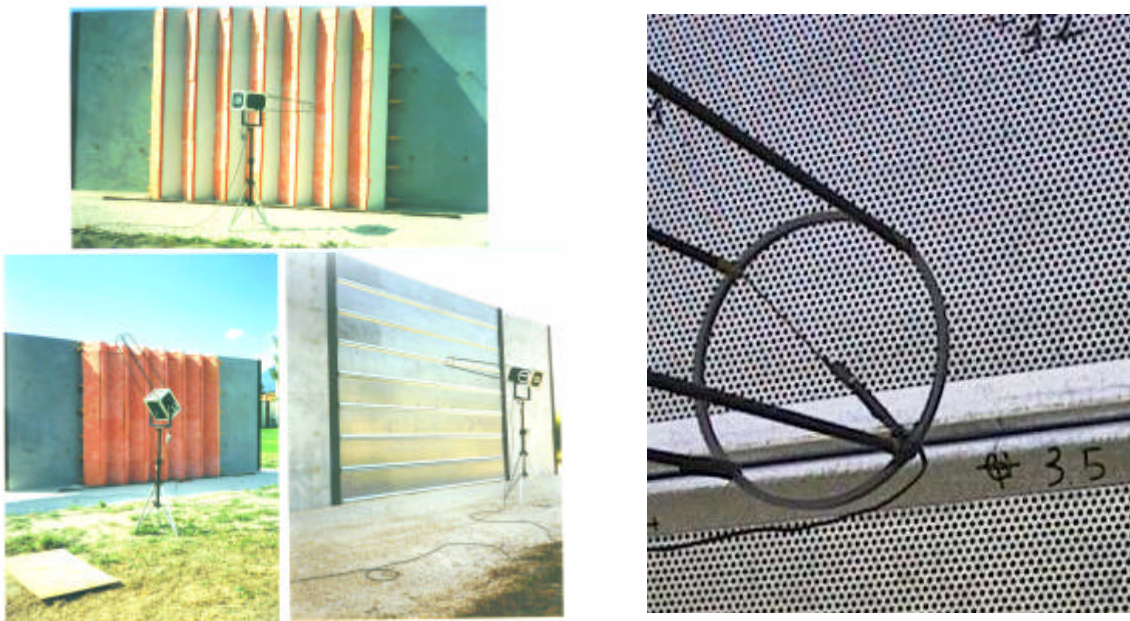


Fig. 3 – Ensayo absorción acústica ADRIENNE

Lo lógico es que este método fuera apropiado para aplicaciones en "campo abierto", mientras que los ensayos ISO deberían ser relevantes para aplicaciones tales como túneles, cubiertas de carretera o trincheras profundas "a cielo abierto" (incidencias sonoras difusas).

Desgraciadamente en la actualidad solamente están disponibles los métodos basados en ISO, lo que da lugar a confusiones al comparar por ejemplo unos productos absorbentes planos con productos notablemente no-planos que pretenden tener unas prestaciones de absorción fuertes.

Esta observación no solamente es válida para caracterizar productos de forma honesta sino también para introducir los datos relevantes en los modelos.

Las características extrínsecas constituyen la eficacia final del dispositivo, es decir las pérdidas por inserción. La medición de estas características puede hacerse bien con modelos a escala o "in situ". La medición "in situ" es interesante al contemplar prestaciones de dispositivos que son difíciles de modelar.

Los problemas principales de los modelos a escala se derivan de dos dificultades: la primera es que sigue siendo difícil el escalar los materiales de absorción en un proceso de pasada sencilla, y en segundo lugar, los modelos a escala pocas veces tienen en cuenta el movimiento y la carrocería de los vehículos. Al proceder así, los modelos a escala a menudo sobrestiman las prestaciones de los dispositivos absorbentes.

Otro tema es la medición "in situ": existen pocos métodos que sean 100% objetivos para medir las auténticas pérdidas por inserción "in situ" tras la instalación del dispositivo. La norma ISO 10847 especifica que la mejor forma de medir las pérdidas por inserción "in situ" se lleva a cabo preferentemente con tráfico incontrolado, y podrían hacerse también con tráfico controlado en condiciones específicas, mientras que se dice que no son adecuadas las fuentes de ruido artificial controladas. Todas estas hipótesis hay que entenderlas cuidadosamente. El tráfico incontrolado es ciertamente la situación más próxima a la realidad, pero no da ningún valor de los niveles específicos de paso de cada vehículo, a pesar de que esta información podría ser de gran importancia para entender la eficacia del dispositivo (en particular, de los más inusuales). El tráfico controlado, así como las fuentes de ruido artificiales podrían adolecer de presentar problemas por ruido de fondo, lo que incrementa el tiempo y el coste de las campañas de medición, que ya resultan caras.

Unas fuentes de ruido artificial potentes podrían ser un modo de mejorar la relación sonido/ruido, pero la manera de simular el auténtico paso de un vehículo con una fuente de ruido artificial no es una tarea sencilla, teniendo en cuenta que el movimiento y las carrocerías del vehículo son relevantes. Además, todas las mediciones "in situ" están condicionadas por las condiciones atmosféricas.

En la actualidad, el CEN/TC226/WG6 está considerando el tema de las mediciones "in situ" de las pérdidas por inserción, pero se enfrenta con un mayor número de problemas que de soluciones para ellos.

Por último las mediciones "in situ" son siempre específicas de las condiciones del ensayo y las conclusiones que se basen en ellas solamente son válidas para condiciones rigurosamente idénticas, lo que demasiado a menudo se olvida en la publicidad de los fabricantes de los productos.

LOS PRODUCTOS Y SU APLICACIÓN PREVISTA

No hay ningún límite para la imaginación de los fabricantes de productos (véase la figura 4).



Fig. 4 - ¿Cuál puede ser el próximo diseño?

Nosotros como científicos no tenemos manera de prever como será cualquier nuevo dispositivo reductor de ruido de la carretera o del ferrocarril. Sin embargo tenemos la responsabilidad de las conclusiones que proporcionamos relativas a tal o cual producto: tenemos que evitar que los fabricantes puedan utilizar nuestros conocimientos para que puedan pretender en el mundo entero que sus productos son los mejores y que los demás son inútiles.

Todo producto debería estar cualificado en función de su aplicación prevista y para nada más que eso: desgraciadamente y por algunas razones comerciales, se pretende que muchos productos puedan utilizarse en todas partes y de cualquier manera.

Los **materiales absorbentes** son siempre útiles cuando las reflexiones del sonido son importantes, y son inútiles en los demás casos. Ahora bien, al considerar los materiales absorbentes no se debería olvidar que quizá sean sólo una parte del dispositivo, lo que significa que la absorción puede no ser eficaz en toda la altura. Las barreras construidas sobre barreras de seguridad de hormigón son de este tipo: ¿reproducen los modelos esta parte reflectante de la barrera? Del mismo modo, ¿cómo establecer el modelo de una barrera absorbente situada a mayor altura que el tráfico, en la parte superior de un talud y similares?.

Las formas y materiales específicos resultan importantes en la medida en que pueden aportar mejoras considerables a las pérdidas por inserción, así por ejemplo en el caso de empleo de formas específicas para barreras reflectantes en viaductos o barreras contra el ruido del ferrocarril (Figura 5). Ahora bien, al utilizarlos hay que proceder con gran cuidado ya que la mejora de un dispositivo específico en determinados emplazamientos podría dar lugar también a una degradación en algún otro lugar.



Fig. 5 – Pantallas en la línea Eurostar TGV

De forma similar, los dispositivos añadidos en la parte superior de las barreras también resultan algo controvertidos. Su utilización se debe limitar rigurosamente a situaciones donde haya mejoras y deben evitarse en cualquier otro lugar. Por ejemplo, estos dispositivos son más útiles en viaductos, donde las casas están situadas suficientemente bajas.

Decir que un dispositivo añadido podría sustituir a una barrera clásica de mayor altura es una

tontería si no se especifica el contexto para el que esto resulta cierto: bajando la línea de sombra nunca se aporta mejoras para los receptores que estén próximos o a mayor altura respecto al borde del viaducto. Por tanto habrá que proceder con gran cuidado al decir que un dispositivo añadido podría sustituir a una barrera de insonorización clásica de mayor altura, ya que al descender la línea de sombra no se produce ninguna mejora para receptores que estén en la situación indicada anteriormente, pudiendo resultar contraproducente.

CONCLUSIONES

Este artículo sólo trata de recordar evidencias, pero éstas lamentablemente se olvidan demasiado a menudo. Cuantificar la eficacia de los dispositivos reductores de ruido es una tarea difícil.

Se debe proceder con sumo cuidado antes de sacar conclusiones sobre un producto específico. Se debería:

- sacar únicamente conclusiones respecto a características relevantes (índice de absorción, índice de aislamiento, índice de difracción);
- medir únicamente con métodos de ensayo que sean adecuados con el uso previsto (incidencia difusa o incidencia directa);
- si la eficacia es variable: especificar los mapas de ruidos relativos a las auténticas pérdidas por inserción;
- evitar una comparación general de dos diseños diferentes, cada uno de los cuales puede ser eficaz en distintas situaciones;
- establecer un modelo de cada una de las características importantes de todo el proceso de propagación, teniendo en cuenta la complejidad, la forma y la heterogeneidad, y considerando también las reflexiones múltiples, el efecto de dispersión y el movimiento de los vehículos...
- evitar extrapolar las conclusiones de los productos medidos en determinadas condiciones a situaciones que sean diferentes a las de los estudios correspondientes;
- y en caso de duda, volver a la física.