

Aplicación de las barreras acústicas provistas de una cumbrera cilíndrica en el apantallamiento del tráfico rodado

J.Pfretzschner, F. Simón

Instituto de Acústica (C.S.I.C.). Serrano 144. Madrid

INTRODUCCIÓN

La utilización de pantallas acústicas para mitigar los efectos contaminantes del ruido de tráfico ha experimentado un crecimiento exponencial en la mayoría de los países industrializados.

En la actualidad, el interés se centra en el impacto medio-ambiental que introducen las pantallas, sobre todo el visual, por lo que además de buscar estéticas adecuadas, se intenta disminuir su altura. Este es el caso de la adición de elementos a las cumbreras (como los cilindros) con el objetivo de incrementar las pérdidas por inserción, disminuyendo la altura total del dispositivo. Este tipo de pantallas se utiliza con mayor profusión en Japón, existiendo escasa literatura al respecto, con lo que su comportamiento ha quedado bastante oscuro hasta el momento.

ANTECEDENTES

En un trabajo anterior [1], los autores profundizaron en el estudio de los aspectos teóricos que inciden en la descripción del comportamiento de las pantallas con cumbreras cilíndricas, estableciendo comparaciones con pantallas planas de alturas equivalentes. Se desarrollaron así mismo algoritmos simplificadores que predicen el comportamiento de este tipo de pantallas.

A partir de la ecuación (1) de [1] y reagrupando convenientemente los términos, la presión difractada por la superficie del cilindro situado en el borde de la pantalla puede expresarse para cada rayo:

$$SPL = 10 \log [(A_0^2 (kb)^{2/3} C_0^2) / 2k] - 10 \log (i_i d_i) - 4.34 (kb)^{1/3} \alpha_i \text{Im}(\tau_0)$$

siendo A_0 la amplitud de la onda radiada por la fuente; $k = 2 \pi / \lambda$; b el radio del cilindro; i_i , d_i los rayos incidentes y difractados sobre la cumbrera y $C_0 = 1.53 \cdot \pi \theta = 0.808 \cdot e^{-i\pi/3}$ unas constantes asociadas al material constitutivo del cilindro (en este caso se supone rígido y reflectante); α_i son los ángulos correspondientes a los arcos recorridos por las ondas difractadas sobre la superficie del cilindro.

Las pérdidas por inserción se obtienen de forma inmediata de la ecuación anterior evaluada para cada uno de los cuatro rayos que partiendo del emisor alcanzan el receptor, sin más que restar el término debido a la atenuación por divergencia de la propagación de la onda directa $10 \log (A_0 / d_0)$, donde d_0 es la distancia emisor-receptor en ausencia de la barrera.

Como se expuso en [1], el estudio teórico de este tipo de pantallas puede contemplar dos aspectos: variación de IL con la distancia y para puntos de emisión-recepción fijos, su variación con la frecuencia. El primer caso conduce a una familia de curvas (variando $IL(f,r)$ con la altura de recepción y manteniendo la fuente de ruido en una posición fija), que presenta un valor asintótico cuando $r \rightarrow \infty$ (fig.2 de [1]). Haciendo uso de esta propiedad se puede, al igual que se hizo en [5], tomar ese valor como índice de protección para este tipo de barreras. Se puede demostrar fácilmente que dicho índice toma el valor:

$$IL_\infty = -10 \log \{ C_0^2 (kb)^{2/3} e^{\pi(kb)^{1/3} \text{Im}(\tau_0)} \} + 10 \log \{ 2ks \} - 10(kb)^{1/3} \text{Im}(\tau_0) \gamma \log e \quad (13)$$

dando una estimación de la protección media que se obtendría por la interposición de la barrera en un lugar dado. En el segundo caso, puede comprobarse que IL crece de forma exponencial con f , mientras que para una pantalla semi-infinita lo hace de forma lineal (fig. 3 de [1]). Estos aspectos condujeron a la conclusión

de que este tipo de pantallas resulta muy adecuado para situaciones en las que la altura de recepción es baja y próxima a la pantalla, y además que la sonoridad del espectro de ruido disminuye apreciablemente respecto a las pantallas planas.

Insistiendo en este último aspecto y con objeto de comparar las ventajas de un pantalla con cumbreira cilíndrica frente a una tradicional (pantalla plana), la figura 1 presenta los diagramas de directividad de la presión difractada por ambos tipos de pantallas (con alturas equivalentes), para una posición fija de la fuente, variando el ángulo de recepción correspondiente al rayo difractado entre 0 y $\pi/2$. En este caso, se puede suponer que el borde de la barrera, o el cilindro difractor, actúan como fuentes secundarias con sus respectivos diagramas de directividad asociados.

La figura 1a presenta la directividad asociada a una pantalla semi-infinita. Su comportamiento corresponde a una fuente cuasi-esférica, cuyos diagramas de radiación son independientes de la frecuencia. En la figura están superpuestas las directividades para $f = 630, 1200$ y 2400 Hz. Por el contrario, en 1b, 1c, y 1d, se representa la directividad para una pantalla con cumbreira cilíndrica de radios $b = 10, 20$ y 40 cm para las frecuencias 630 (1b), 1200 (1c) y 2400 Hz (1d). En todas las figuras el plano de la pantalla coincide con el radio polar a $\theta = 0^\circ$. Puede apreciarse como las pantallas con cumbreira circular se vuelven más directivas a medida que aumenta el radio del cilindro y la frecuencia de emisión de la fuente, encontrándose que para ángulos de difracción menores de 35° la diferencia entre la presión difractada por una pantalla plana y otra con cumbreira cilíndrica supone incrementos mayores de 6 dB en las pérdidas de inserción. Este hecho explica la razón de que en Japón se utilicen este tipo de pantallas en autopistas elevadas (puentes etc.) que atraviesan poblaciones habitadas. También se explica la afirmación publicada en [1], en la que se expresaba que para alturas de recepción, hr , próximas al borde de la barrera, las ventajas de este tipo de pantallas son de escasa utilidad, no compensando el sobrecoste del aditamento sobre una pantalla plana.

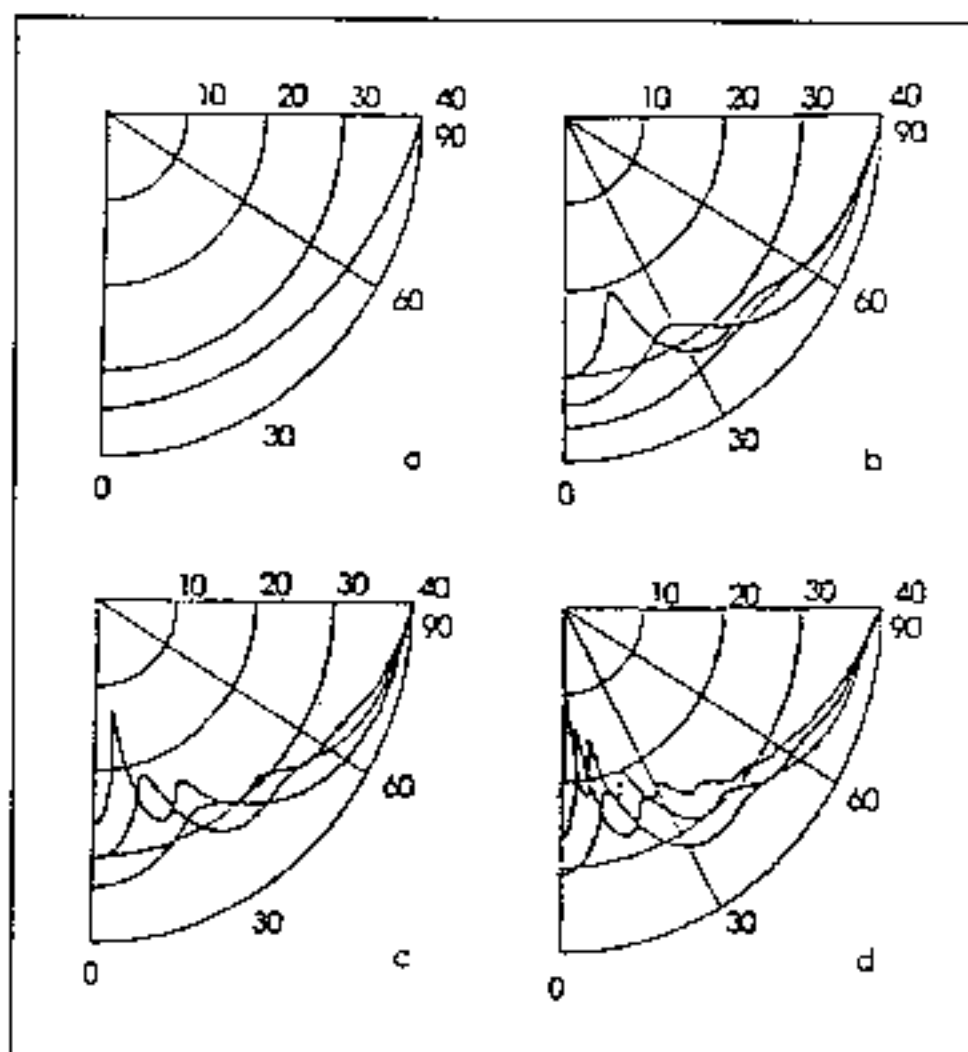


Figura 1

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Una vez establecido el modelo matemático a través de algoritmos descriptivos del comportamiento de este tipo de pantallas acústicas, queda por consolidar éstos a través de la adecuada experimentación de campo, lo que exigiría la construcción e instalación de una pantalla de varios decámetros de longitud.

Como paso intermedio para comprobar la idoneidad de los mencionados algoritmos, se puede recurrir al ensayo sobre modelos a escala reducida en condiciones ideales de propagación acústica (campo acústico libre progresivo). Para ello, se dispuso en el interior de una cámara anecoica una pantalla realizada en madera aglomerada de 2 cm de espesor y recubierta de melamina en ambas caras (superficie acústica reflectante $R \equiv 1$, con suficiente aislamiento $R_w > 40$ dB) y cuya extensión longitudinal es igual a la de las paredes laterales de la cámara anecoica, con objeto de evitar las difracciones por los bordes laterales. Sobre el borde superior de la pantalla se pueden fijar diversos cilindros (de idéntica longitud) con diferentes diámetros, constituidos por tubos de PVC, reflectantes y con suficiente aislamiento acústico.

Las condiciones de semi-infinitud en la altura de la barrera, impuestas por condicionantes teóricos, se han implementado con otro plano de idénticas características mecano-acústicas fijado perpendicularmente al plano de la pantalla; este nuevo plano se extiende hasta la pared posterior de la cámara. Al objeto de comprobar los algoritmos desarrollados, se ha explorado el semiespacio receptor (hr, r) mediante un micrófono móvil, regulable en altura, que recorre de forma controlada un eje perpendicular (r) al plano de la pantalla. La altura de la pantalla es de 40 cm y los radios de los cilindros a superponer son $b = 1.5, 3.75$ y 6.25 cm. El semiplano de recepción recorrido por el micrófono es de 1×5.5 m. El factor de escala 1:6 impuesto al modelo, recomienda el uso de una frecuencia de emisión de 4 kHz, correspondiente a la banda de $1/3$ de octava de 630 Hz de frecuencia central en escala real.

Las señales temporales del micrófono exploratorio se convirtieron en valores RMS por medio de un sistema digital de adquisición de datos en tiempo real, desarrollado para esta experimentación, datos que se archivaron para su

posterior procesado. De esta forma, se dispuso de un gran número de datos correspondientes a cada circunstancia (valores de hr y r) para posiciones fijas del emisor (hs, s) y para cada tipo de cilindro.

La figura 2 muestra un registro correspondiente al valor medio de la presión difractada por la pantalla con un cilindro superpuesto de radio $b = 6.25$ cm (cinco recorridos) para la siguiente configuración geométrica: $s = 30$, $hs = 0$; $h = 40$; $hr = 63$ cm. La señal acústica emitida, consiste en un ruido blanco filtrado en $1/3$ de octava, con una frecuencia central de 4 kHz. La figura incluye las desviaciones estándar, para un factor $k = 2$ [2] que conduce a un grado de incertidumbre de ± 1.5 dB para un nivel de confianza del 95 %. En la misma figura se incluye la correspondiente curva teórica obtenida con la ec.(1). A través de este conjunto de datos, posteriormente se obtuvieron las gráficas de las pérdidas de inserción $IL(hr, r)$ para distintos valores de la altura de recepción y para los tres cilindros empleados como cubreras.

A modo de ejemplo, la figura 3 muestra los valores de IL en función de hr ($hr = 0, 10, 20, 40, 63$ y 99 cm) para una cubrera de radio $b = 6.25$ cm, junto con las curvas teóricas correspondientes. Se han obtenido análogas representaciones para las restantes cubreras y en todas puede comprobarse que para valores altos de r , independientemente de la altura de recepción, todas las curvas tienden a un valor asintótico IL_{∞} , propiedad que los autores han utilizado para establecer un Índice de protección [3, 5] que sirve para definir y/o clasificar mediante un único número las características de protección de una barrera acústica.

CONCLUSIONES

Las experiencias realizadas sobre un gran número de casos en modelos a escala reducida, permiten validar los algoritmos desarrollados, simplificados de los propuestos en la teoría establecida por J. B. Keller [4], para pantallas con cubreras cilíndricas.

La excelente correlación teórico-experimental permite inducir la validez de los resultados correspondientes a los diagramas polares (de difícil ejecución experimental), los cuales a su vez, permiten acotar la aplicabilidad de este tipo de barreras a situaciones de recepción concretas. Este dato resulta imprescindible al proyectista para la realización del estudio de costes-beneficios de aplicación a la situación del diseño.

Para alturas de recepción comparables a la altura de la pantalla, este tipo de barreras no aportaría ventajas adicionales, salvo en el caso de que el espectro del ruido de la fuente emisora esté desplazado hacia la región de las altas frecuencias, a causa de su mayor índice de protección para las frecuencias medias y altas del espectro.

Para las pantallas con cubrera cilíndrica también es posible aplicar un índice calificador del grado de protección, índice que servirá a modo de baremo tanto para los demandantes de pantallas anti-ruido, como a los proyectistas para establecer el producto idóneo a las necesidades requeridas.

BIBLIOGRAFÍA

J. Pfrezschner, F. Simón, "¿Se justifican las pantallas acústicas con cubrera circular?", *Tecniacústica* 95 (1995).

WECC Doc. 19-1990 "Guidelines for Expression of the Uncertainty of Measurements in Calibrations" (ISO/TAG/WG3 1992).

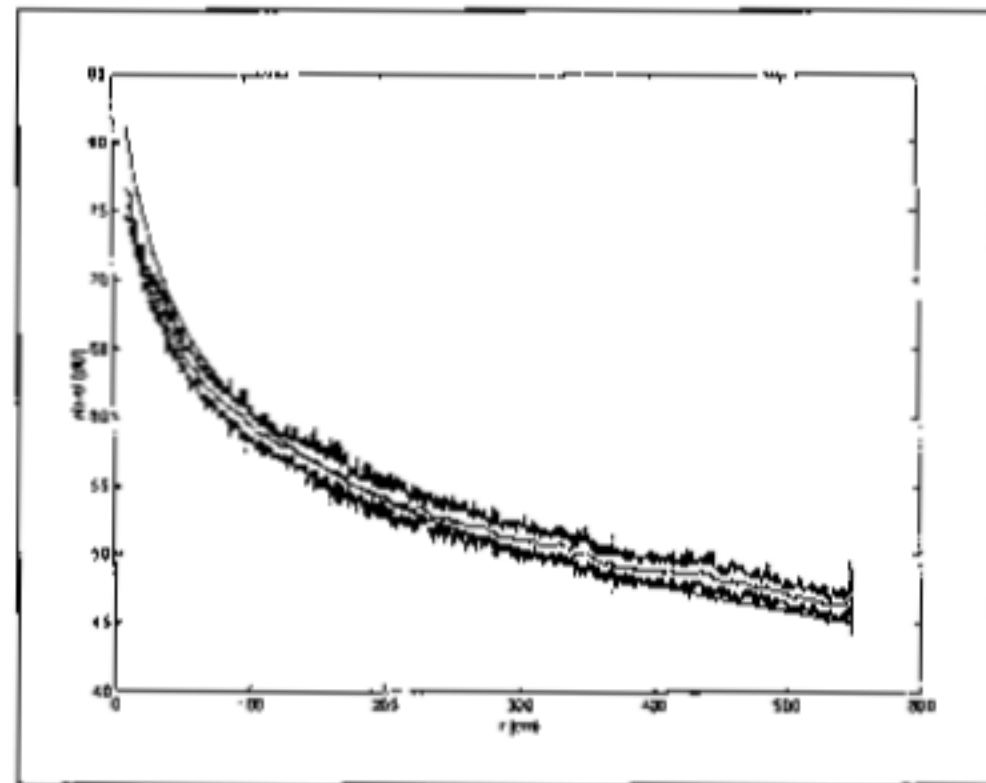


Figura 2

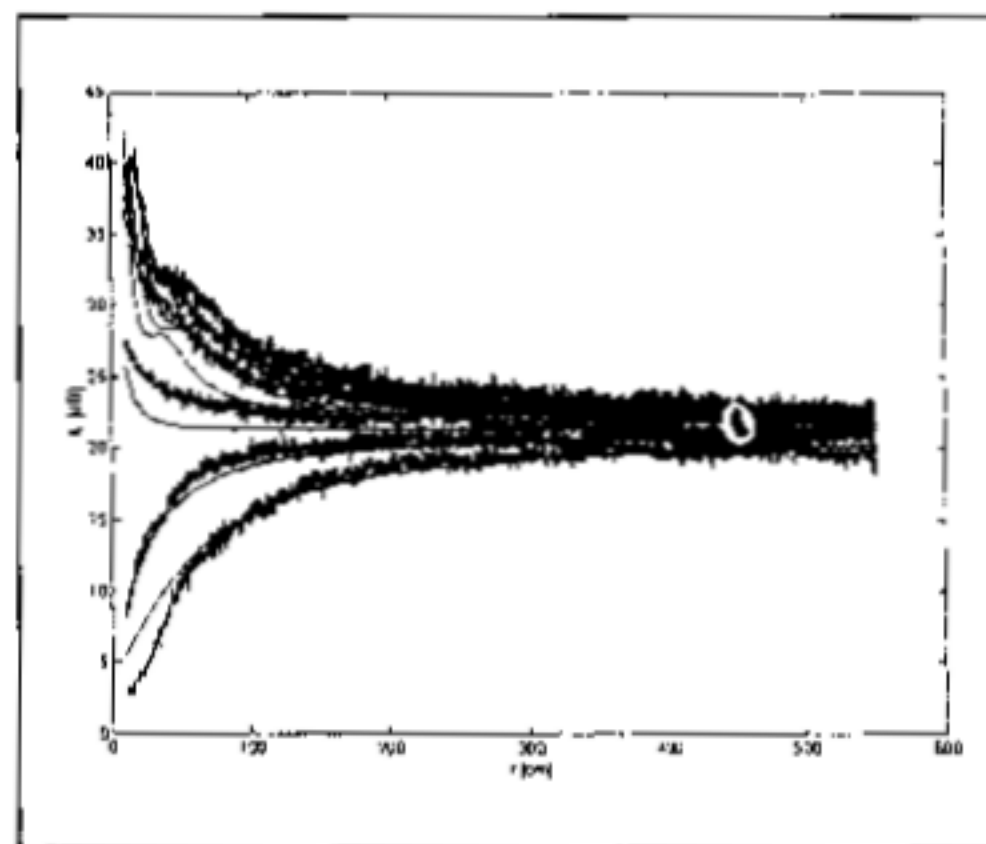


Figura 3

J. Pfretzschner, F. Simón, "*Caracterización de barreras acústicas mediante la aplicación de un baremo global*", *Tecniacústica* 93 (1993).

J. B. Keller, D. Magiros "*Diffraction by a Semi-infinite Screen with a Rounded End*", *Comm. on Pure and Appl. Mathem.* (1961).

J. Pfretzschner, F. Simón, C. de la Colina, A. Moreno, "*A Rating Index for Estimating Insertion Loss of Noise Barriers under Traffic Noise Conditions*", *Acta Acustica*, 1996, Num. 3, Vol. 2, pág.504-8.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca dentro del Proyecto de Investigación AMB 95-0101, financiado por el Plan Nacional de I+D: