



**CONAMA10**  
CONGRESO NACIONAL  
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

# **Estudio de difracción en el borde superior de las pantallas acústicas. Variación de la eficacia de la pantalla en función de su sección transversal**

Autor: Marta Serrano Pérez

Institución: Universidad Alfonso X El Sabio

e-mail: [mserrper@uax.es](mailto:mserrper@uax.es)

Otros Autores: Laura Abad Toribio (Escuela Politécnica Superior. Universidad Alfonso X El Sabio); David Colorado Aranguren (Escuela Politécnica Superior. Universidad Alfonso X El Sabio); Rafael Magro Andrade (Escuela Politécnica Superior. Universidad Alfonso X El Sabio); María de la O Moreno Balboa (Escuela Politécnica Superior. Universidad Alfonso X El Sabio)

## 1. RESUMEN

La exposición al ruido ambiental es percibida por los ciudadanos como una de las mayores molestias que sufren y que a su vez tiene un fuerte impacto sobre su calidad de vida. Por ese motivo los problemas de ruido aparecen a menudo en el más alto nivel de preocupación entre los problemas ambientales. En la Jornada de reflexión y debate: *“El ruido en el transporte. Demanda social y respuesta Institucional”* Madrid, 28 de Noviembre de 2007, Fernando Segué (Director del Programa de Contaminación Acústica del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas – CEDEX) dijo textualmente: «Respecto a las actuaciones contra el ruido, simplemente recordar que como prácticamente en todos los problemas ambientales las actuaciones hay que abordarlas desde el principio,... no podemos evitar que se produzca ruido, pues vamos a intentar que no moleste al receptor; y en último término es cuando tenemos que actuar en el medio de propagación, es cuando tenemos que plantear el construir una barrera acústica o una pantalla... », [1].

Las pantallas acústicas producen un efecto de atenuación del sonido en la zona del receptor [2]. Esta atenuación depende fundamentalmente de las dimensiones de la pantalla, que son las que determinan la aportación de la energía sonora directa y la difractada, del aislamiento que aporta la pantalla al oponerse a la transmisión del ruido, de los materiales, así como la situación relativa de la pantalla con respecto a la fuente y a la zona a proteger. Como consecuencia de todo esto, actualmente el estudio y desarrollo de todo tipo de pantallas acústicas está en auge.

En la Universidad Alfonso X El Sabio, se está realizando un análisis del borde superior de la pantalla acústica, que es el principal causante de la difracción. Se pretende evaluar la variación de la eficacia de la pantalla en función de la sección transversal de la misma, estudiando si los perfiles especiales (esto es, cumbreras con diferentes geometrías) pudieran resultar interesantes, no sólo por razones estéticas sino por mejorar el nivel de atenuación sonora del lado del receptor. Los resultados obtenidos en el estudio son de especial relevancia, ya que podrían revolucionar el diseño y la construcción de este tipo de mobiliario urbano. Los estudios realizados hasta ahora, empleando perfiles superiores especiales colocados en las pantallas demuestran que algunos de ellos provocan una atenuación del efecto que producen las ondas de sonido, ya que aumentan el número de difracciones que sufren éstas, [3], [4], [5], [6]. Así, al colocar algún tipo de perfil se puede lograr la misma efectividad en la reducción de los dBA con una pantalla de menor altura que la que necesitaríamos si no agregásemos ese perfil.

En esta comunicación, se muestran los resultados preliminares obtenidos al comparar las atenuaciones medias producidas por una pantalla acústica según sea la sección transversal de su coronación. Siendo el objetivo final de la investigación poder conseguir una relación entre la tipología del borde superior de la pantalla acústica y el nivel de reducción acústica resultante al otro lado de la misma.

**Palabras Clave:** Pantalla acústica, difracción, ruido, tráfico rodado

## 2. METODOLOGÍA DE ENSAYO

Se han realizado mediciones utilizando 8 bordes de pantalla de diferente geometría sometidos a un espectro de frecuencias comprendido entre 0 y 5000 Hz, siendo las frecuencias elegidas el espectro de referencia del ruido de tráfico rodado, que se define en la parte tercera de la Norma ISO-354.

Para poder realizar el estudio que nos ocupa, se ha diseñado un sistema experimental que se encuentra instalado en el Laboratorio de Física de la Universidad Alfonso X, El Sabio [7].

Este dispositivo está constituido por los elementos que a continuación detallamos:

- Caja anecoica: se ha fabricado a escala una caja de madera de manera que uno de sus paredes es doble, de 44 cm de altura y actúa como barrera acústica. Sus dimensiones totales 50 x 50 x 52 (cm)(largo, ancho, alto una vez añadida la cumbre).
- En la elección de la madera para la fabricación del modelo de este proyecto se ha optado por la madera de ocumen. Este tipo de madera es posiblemente la más fácil de cortar y de dar forma. Posee también una gran elasticidad y resistencia a los golpes. Es fuerte para su peso y se usa principalmente para aislamiento ayudas a la flotabilidad y maquetería.



Figura 1:

Fotografía de la vista posterior de la caja anecoica.

- Coronaciones: Junto con la caja se han diseñado una serie de bordes de pantalla, con diferentes secciones, con el fin de comparar la influencia que éstos tienen sobre la atenuación sonora. Estos bordes de 8 cm de altura (representa 1/7 de la altura total de la barrera acústica) se colocan sobre la doble pared, y son de formas diversas, curvilíneas, triangulares, escalonadas, etc.

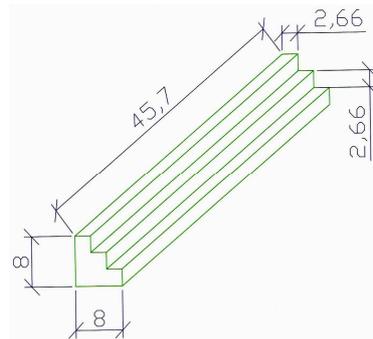


Figura 2:

Fotografía de los perfiles superiores de sección transversal en cuarto de círculo y curva.

Plano del perfil de sección transversal escalonada.

- Dispositivo electroacústico: se ha utilizado un altavoz profesional con objeto de simular una fuente de ruido puntual. Con él, emitimos las frecuencias antes mencionadas que seleccionamos desde un equipo de sonido conectado al altavoz. El altavoz se coloca delante de la doble pared, que es la que está actuando como pantalla acústica.



Figura 3: Fotografía del dispositivo electroacústico.

- Sonómetros: se han utilizado dos aparatos de tipo T-1 con objeto de medir la atenuación acústica de la pantalla. El primero de los mismos se ha colocado entre el foco emisor de ruido y la pantalla. El segundo de ellos, se sitúa en el interior de la caja acústica, justo detrás de la barrera acústica y puede hacer los registros a distintas alturas (0, 20 y 40 cm), alturas que se corresponden con el pie, media altura y la coronación de la pantalla.



Figura 4: Sonómetro integrador-promediador tipo 1

La diferencia entre las lecturas de los dos sonómetros nos indica la atenuación producida por la pantalla para cada frecuencia emitida por el altavoz. El dispositivo está colocado en un laboratorio de manera que las condiciones de todos los ensayos realizados sean las mismas.

El valor de la atenuación obtenida está íntimamente ligado al lugar en el que se realizan los estudios, ya que las reflexiones del sonido en las paredes y techo del laboratorio afectan a la lectura de los sonómetros. De esta manera, los valores obtenidos no pueden ser entendidos como valores absolutos de la atenuación acústica de la pantalla, pero sí que pueden ser objeto de un estudio comparativo de atenuación en función de la frecuencia, si las condiciones de los ensayos han resultado ser las mismas.

### 3. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Para cada frecuencia emitida, cada borde superior de pantalla y cada altura de ubicación del sonómetro receptor se ha repetido el ensayo con objeto de trabajar con valores medios estadísticos y descartar posibles errores de medición. Los perfiles empleados en el estudio son 8 secciones de distintas formas geométricas (rectangular, triangular, escalonada, en L, en V, semicircular, en cuarto de círculo y curvo) que según se coloquen sobre la pantalla acústica varían la forma de ésta. A continuación, mostramos las tablas, gráficos y conclusiones obtenidas para 3 de los perfiles con los que hemos trabajado.

Tabla I: Resultados experimentales de la atenuación acústica de la pantalla cuyo borde superior es de sección rectangular

FRECUENCIA (Hz)	ATENUACIÓN MEDIA (dBA)		
	0cm	20cm	40cm
63,0	11,0	11,1	13,9
100,0	18,8	20,3	18,8
160,0	7,9	10,2	9,4
250,0	21,5	16,1	24,1
400,0	22,1	21,0	17,0
630,0	15,7	17,7	16,5
1000,0	14,1	18,4	18,2
1500,0	17,8	19,4	19,6
2000,0	15,8	18,3	15,8
3000,0	13,1	19,2	17,7
4000,0	20,5	21,3	18,7
5000,0	11,1	13,2	13,7

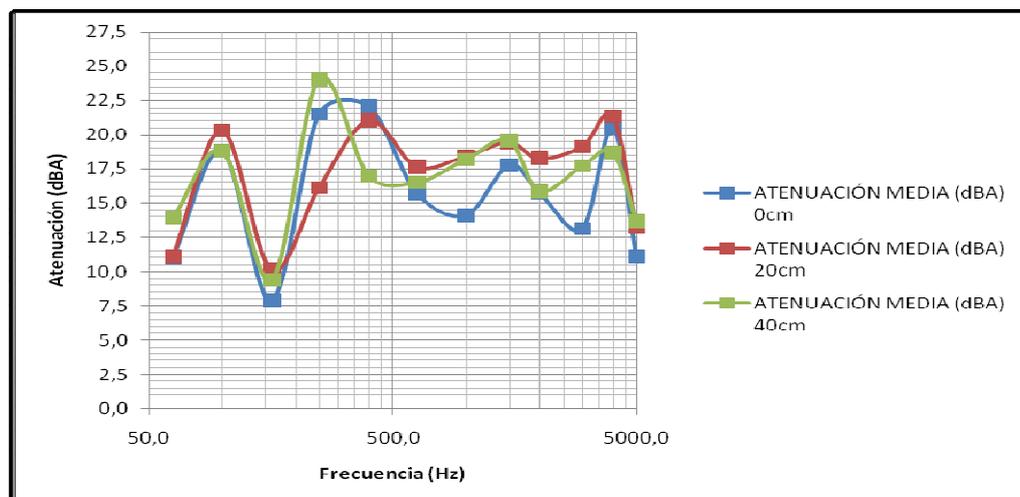


Figura 5: Representación gráfica de los resultados

En el gráfico que se muestra en la página anterior, puede observarse la atenuación media obtenida cuando el borde superior de la pantalla es de sección rectangular y está colocado a 90°, las mediciones se realizan a nivel del suelo, a media altura de pantalla y sobre la coronación de la misma (0, 20 y 40 cm) como hemos indicado anteriormente.

Esta metodología para la realización del ensayo se repetirá con todas las cubreras que empleemos, de manera que podamos después relacionar los datos obtenidos buscando si de algún modo existe alguna tendencia en la atenuación entre la frecuencia del ruido emitido, la altura de pantalla y la sección transversal de su borde superior.

Cuando medimos a nivel del suelo (0 cm) las máximas atenuaciones, alrededor de 23 dBA, se alcanzan para frecuencias entorno a los 400 Hz, mientras que la mínima atenuación se obtiene para 160 Hz y es de 7,9 dBA. A media altura de pantalla las máximas atenuaciones se producen entre las medias y las altas frecuencias, mientras que vuelve a obtenerse una atenuación mínima en 160 Hz (10,2 dBA). Al medir sobre la coronación de la pantalla, vuelve a observarse un mínimo en 160 Hz (9,4 dBA).

En conclusión, este tipo de borde produce atenuaciones mínimas para frecuencias bajas (en las proximidades de los 160 Hz), estando éstas comprendidas entre los 8-11 dBA sea cual sea la altura de medición.

Las mayores atenuaciones se registran para las frecuencias altas, entre los 1500 y los 4000 Hz.

A continuación mostramos los registros obtenidos a las tres alturas de medición cuando el borde superior de la pantalla es de sección triangular.

Tabla II: Resultados experimentales de la atenuación acústica de la pantalla cuyo borde superior es de sección triangular

ATENUACIÓN MEDIA			
FRECUENCIA	0cm	20cm	40cm
63,0	13,4	14,0	14,8
100,0	18,7	16,7	18,6
160,0	11,7	12,3	23,7
250,0	24,9	20,8	18,9
400,0	18,9	17,7	18,3
630,0	12,5	11,4	12,9
1000,0	9,8	9,5	8,1
1500,0	20,7	21,6	17,5
2000,0	23,2	24,4	15,2
3000,0	9,3	8,2	14,1
4000,0	24,6	17,0	20,8
5000,0	11,4	21,1	5,9

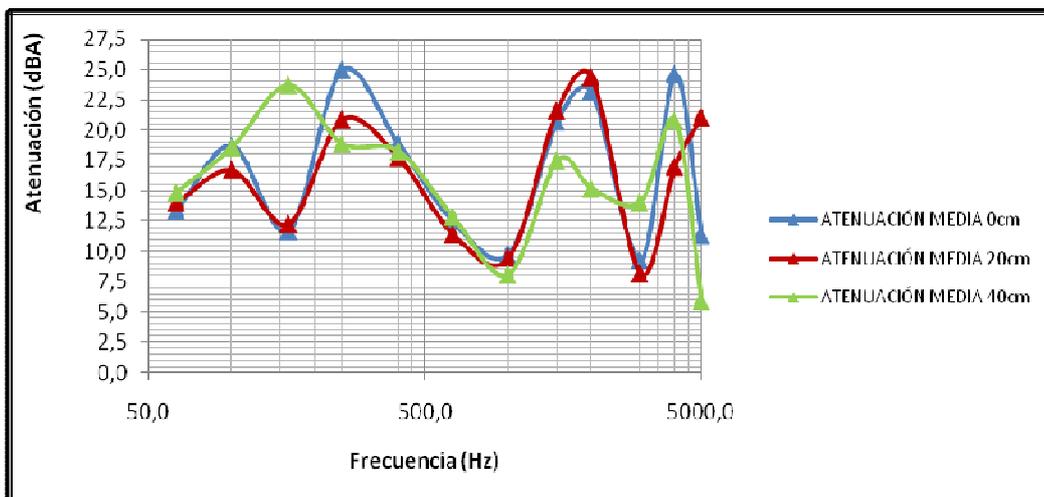


Figura 6: Representación gráfica de los resultados

Cuando medimos a pie de pantalla (0 cm) las máximas atenuaciones se registran para las frecuencias de 250 y 4000 Hz, alcanzándose valores cercanos a los 25 dBA. La atenuación mínima a esta altura se obtiene a los 3000 Hz, no superando en este caso la atenuación los 10 dBA. A media altura de pantalla las máximas atenuaciones se producen para altas frecuencias, a partir de los 2000 Hz llegándose a obtener una atenuación media de 24,4 dBA. Al medir sobre la coronación de la pantalla, se obtienen los máximos valores de atenuación, entre 18 y 24 dBA para frecuencias bajas.

Con independencia de la altura de ubicación del sonómetro observamos como aparece un mínimo para la frecuencia de 1000 Hz, encontrándose los valores de la atenuación en este punto comprendidos entre los 8,1 dBA midiendo sobre la cumbrera y los 9,8 dBA si el registro se realiza a nivel del suelo.

A continuación, se muestran recogidos en la tabla III los datos obtenidos cuando el perfil superior de la pantalla acústica es de sección escalonada. Estos registros, igual que en los casos anteriores se han recogido a pie de pantalla, a media altura y sobre la coronación misma.

Tabla III:

Resultados experimentales de la atenuación acústica de la pantalla cuyo borde superior es de sección escalonada

<b>ATENUACIÓN MEDIA</b>			
<b>FRECUENCIA</b>	<b>0cm</b>	<b>20cm</b>	<b>40cm</b>
63,0	14,9	12,7	13,3
100,0	15,1	15,6	16,9
160,0	11,6	10,8	18,1
250,0	29,3	25,3	13,5
400,0	21,5	21,5	15,5
630,0	16,8	21,3	17,0
1000,0	12,8	23,4	19,6
1500,0	15,8	3,7	20,9
2000,0	3,6	10,8	11,5
3000,0	14,0	20,7	20,7
4000,0	15,3	14,3	21,4
5000,0	15,5	15,6	17,8

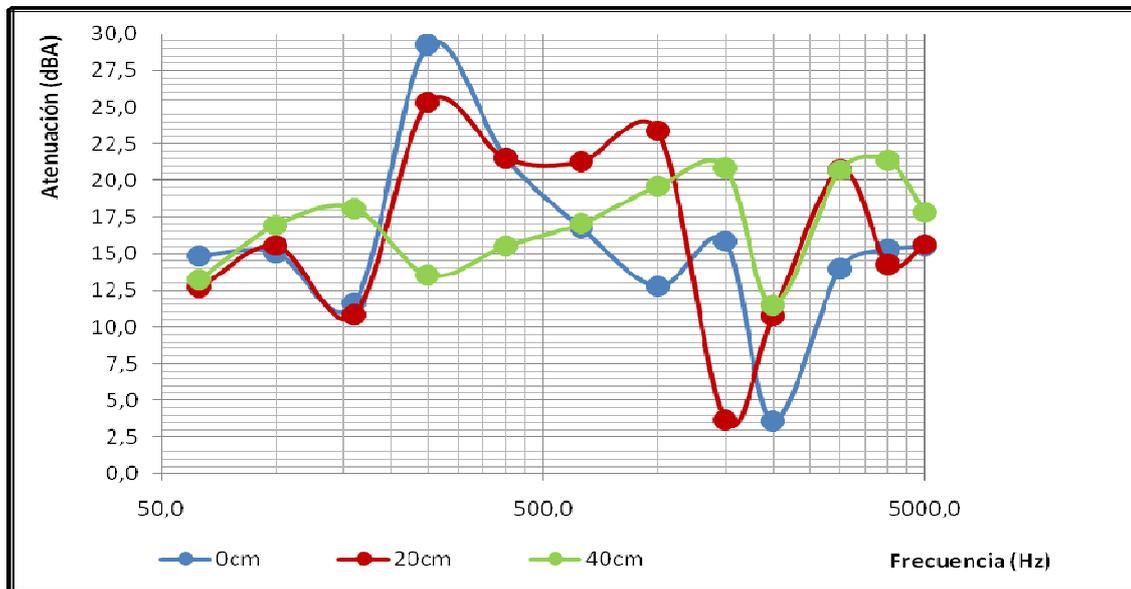


Figura 7: Representación gráfica de los resultados

Cuando medimos a nivel del suelo (0 cm) las máximas atenuaciones, cerca de 30 dBA, se alcanzan para frecuencias alrededor de los 250 Hz, mientras que la mínima atenuación se obtiene para 2000 Hz y es de 3,6 dBA. A media altura de pantalla las máximas atenuaciones se registran para las frecuencias medias entre los 200 y los 1000 Hz rozándose en alguno de los casos los 25 dBA, la atenuación mínima para esta altura de registro se produce en el entorno de los 1500 Hz.

Por último, al medir sobre la coronación de la pantalla, vuelve a observarse un mínimo en 2000 Hz (11,5 dBA) y las atenuaciones máximas entre los 3000 y los 4000 Hz con valores en las cercanías de los 21 dBA. Este tipo de borde produce atenuaciones mínimas para frecuencias elevadas (entre los 1500 y los 2000 Hz).

A continuación, se muestran representados gráficamente los resultados obtenidos para los tres perfiles mencionados en esta comunicación, con el sonómetro receptor colocado a pie de pantalla (0 cm).

Para las frecuencias más bajas emitidas (63 a 250 Hz) observamos como los tres bordes superiores funcionan de forma similar obteniéndose mínimos niveles de reducción

acústica a 160 Hz y las máximas atenuaciones a 250 Hz. Se podría decir que es el perfil de sección escalonada el que mejor está funcionando aunque a 100 Hz es el que registra el mayor de los mínimos (15,1 dBA).

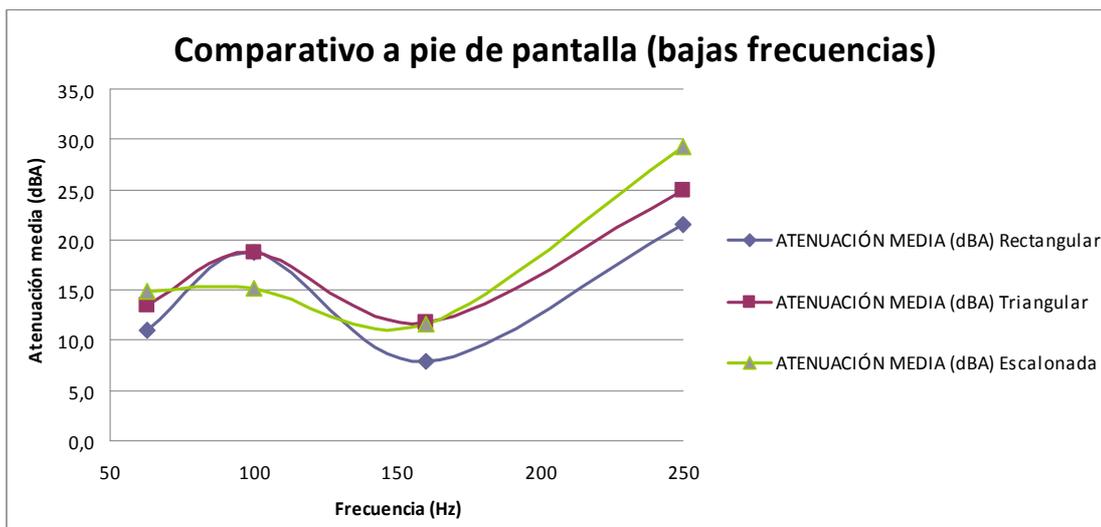


Figura 8: Representación gráfica de los resultados a pie de pantalla entre 63 y 250 Hz.

Para las frecuencias intermedias vemos como los tres bordes superiores vuelven a comportarse de manera similar, obteniéndose las máximas atenuaciones a 400 Hz de frecuencia de emisión. De nuevo, sería la sección escalonada la que mejor se comportaría aunque en este caso el perfil de sección rectangular entre los 1000 y los 1500 Hz registra niveles de reducción acústica ligeramente mayores que el perfil antes mencionado.

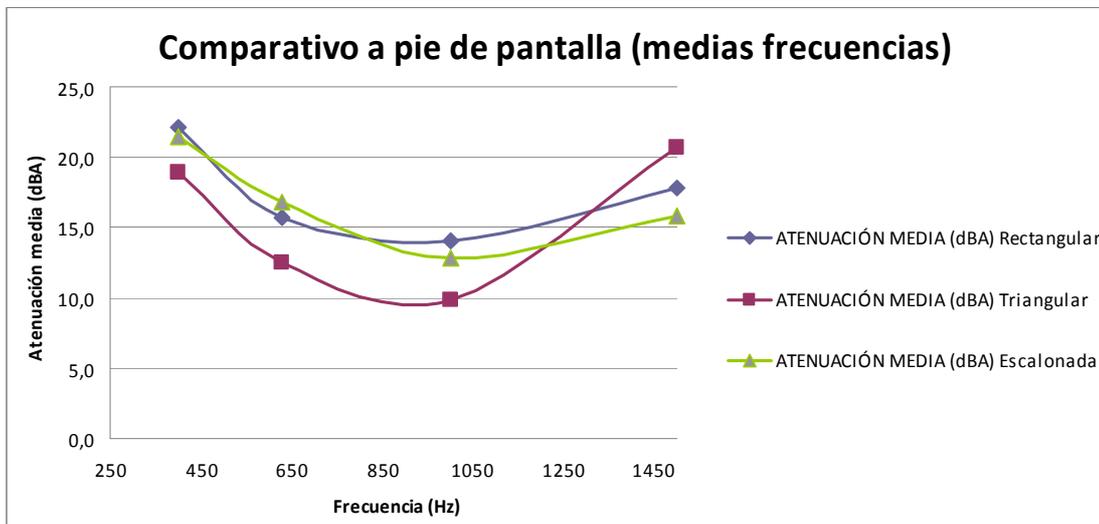


Figura 9: Representación gráfica de los resultados a pie de pantalla entre 250 y 1500 Hz.

Por último para frecuencias entre los 2000 y los 5000 Hz, es el perfil de sección rectangular el que mayores niveles de reducción acústica produce. El perfil de sección escalonada registra menores atenuaciones que los otros dos perfiles entre los 4000 y los 5000 Hz.

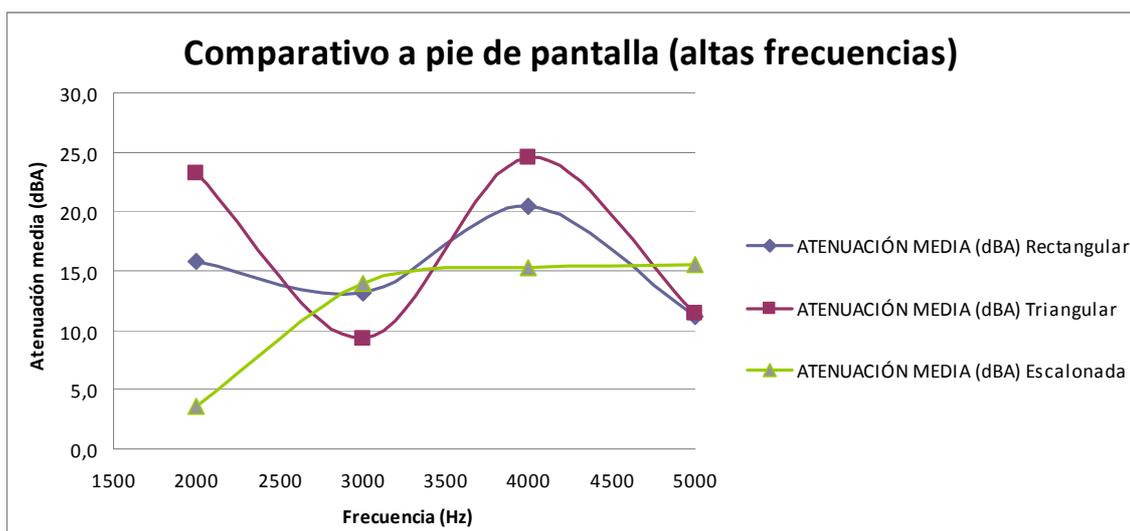


Figura 10: Representación gráfica de los resultados a pie de pantalla entre 1500 y 5000 Hz.

#### 4. CONCLUSIONES

Como resulta evidente, con estos resultados podemos asegurar que la geometría del borde superior de la pantalla modifica la atenuación registrada al otro lado de la misma, estando entonces la eficacia de la pantalla condicionada por ésta y la difracción que se produce sobre la coronación del apantallamiento.

Estos datos pueden servir como base de futuras investigaciones que profundicen en el análisis del borde superior de la pantalla, que es el principal causante de la difracción. Siendo este el fenómeno que podría evitar que la atenuación de la intensidad sonora al otro lado de la pantalla sea la necesaria para alcanzar un nivel de ruido ambientalmente aceptable.

Por lo tanto el estudio en profundidad de los niveles de reducción acústica que se registren con los ocho perfiles de secciones distintas fabricados para este ensayo, podría resultar interesante, no sólo por razones estéticas como ya hemos mencionado sino por si mejorara el nivel de reducción acústica al otro lado de la pantalla, lo que permitiría lograr una mejora en la calidad acústica ambiental.

Además, será interesante el estudio de la sección transversal de forma escalonada, ya que los datos obtenidos son semejantes a los registros que se obtienen con el borde superior de pantalla de sección rectangular.

Con esta geometría (la escalonada) y según sean sus dimensiones la interacción generada entre las ondas difractadas en los diferentes bordes podría ser de intensidad total mínima, y con ella el nivel de reducción acústica al otro lado de la pantalla.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

[1] Jornada de reflexión y debate: El ruido en el transporte." *Demanda social y respuesta Institucional*" Madrid, 28 de Noviembre de 2007, Fernando Segué.

[2] M. Serrano, R. Magro, L. Abad, T. García, "Estudio de la tipología de las pantallas acústicas. Normativa y estado del arte." *Revista Tecnol@ y Desarrollo / Medioambiente y Desarrollo*. ISSN 1696-8085. Vol. VII. 2009

[3] May D. N., Osman M.M., “High way noise barriers; new shapes”, Journ. of Sound and Vibration, vol 71, pp. 73-101, (1980).

[4] P. A. Morgan, D. C. Hothersall and S. N. Chandler-Wilde; Influence of shape and absorbing surface-a numerical study of railway noise barriers. Journal of Sound and Vibration, 217, 405-417, 1998

[5] Fujiwara, K., Furuta, N. “*Sound shielding efficiency of a barrier with a cylinder at the edge.*” Noise Control Eng. J. vol. 37, pp. 5-11, (1991)

[6] Pfretzschner, J., Simón, F., Burgos, M. J. “ *¿Se justifican las pantallas acústicas con cumbra circular?*” Proc. TecniAcústica, pp. 159-162, (1995)

[7] L. Abad, R. Magro, M. Serrano, T. García,” Diseño de una maqueta para medidas de atenuación de ruido en tráfico rodado”, Revista Tecnológí@ y Desarrollo / Medioambiente y Desarrollo. ISSN 1696-8085.2010

## 6. AGRADECIMIENTOS

El presente artículo recoge los principales resultados de una investigación desarrollada en el marco de dos proyectos financiados por el Banco de Santander/Fundación Universidad Alfonso X el Sabio, con los nombres:

“ESTUDIO DE LOS FACTORES ASOCIADOS A LA ATENUACIÓN DEL SONIDO MEDIANTE BARRERAS ACÚSTICAS: DENSIDADES Y ESPESORES VARIABLES EN PANTALLAS DE HORMIGÓN. DIFRACCIÓN EN EL BORDE SUPERIOR DE LAS PANTALLAS Y ESTUDIOS MORFOLÓGICOS EN PANTALLAS ACÚSTICAS DISPERSAS MEDIANTE REDES MODULARES.”

“MORFOLOGÍA DE LAS PANTALLAS ACÚSTICAS. ESTUDIOS DE DIFRACCIÓN EN EL BORDE DE LA PANTALLA.”

Agradecemos D. Jorge Huete Sánchez la ejecución de los planos de la maqueta, así como la realización de la misma.