

PANTALLAS ACÚSTICAS FOTOVOLTAICAS PARA TRÁFICO FERROVIARIO

PACS REFERENCE: 43.50.Rq

Bote, Daniel; Pfretzschner, Jaime; de la Colina, Carlos.
Instituto de Acústica – CSIC
C/ Serrano, 144
Madrid - 28006
España
Tel: +34-91-561-88-06 Ext. 057
Fax: +34-91-411-76-51
E-mail: iacb322@ia.cetef.csic.es

ABSTRACT

Within the framework of the installation of an hybrid barrier to reduce the noise of the trains and produce photovoltaic energy, the work is focused on the evaluation of the acoustic environment of the area of influence of the barrier and the design and prediction of its characteristics. Several measurements were done to analyse the spectra of the trains which cause the noise problem and to compare those spectra for the optimization of the isolation and Insertion Loss indexes of the barrier in order to utilise.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la instalación de barreras acústicas para reducir los niveles de ruido en zonas residenciales está siendo propiciada por el desarrollo de nuevos materiales y sistemas de instalación. El abaratamiento de estos sistemas de control del ruido genera un interés en el sector especializado que con el apoyo de las instituciones relacionadas está derivando en una mayor aplicación. En el caso que nos ocupa, al interés ciudadano afectado por el problema de ruido generado por el paso de ferrocarriles en la proximidad de sus viviendas, se une la posibilidad de la generación de energía eléctrica en las placas solares fotovoltaicas que conforman la barrera (620.000 kWh/año).

El desarrollo de modelos teóricos de barreras acústicas para el tráfico viario de carreteras y autopistas está ampliamente difundido, no sucediendo lo mismo con el tráfico de ferrocarriles dadas las peculiaridades del mismo. Los modelos más específicos destinados al ruido ferroviario han mostrado unos resultados variables (Leeuwen, J. J. A. van, 2000; Tol, P. F. van, 2001), introduciendo elementos absorbentes o reflectantes en las barreras, absorción del terreno y el aire o el uso de valores globales o espectrales.

Paralelamente, la caracterización de los ferrocarriles como fuente de ruido ha tenido un importante desarrollo tanto en términos individuales de cada convoy y los elementos que lo conforman (Stanworth, C., 1987) como de contaminación acústica ambiental producida (Hemsworth, B., 1987; MECV-MT,1980).

Estas dos vías de estudio han mostrado limitaciones en el uso de valores globales de nivel (con excepción del modelo francés Mithra-fer), en lugar del estudio espectral de las fuentes y comportamiento de las barreras, por lo que a posteriori la modelización es difícil de aplicar a casos concretos.

El objetivo principal del presente trabajo consiste en la optimización del diseño de las características acústicas asociadas a una pantalla acústica destinada a paliar el problema de ruido generado por el tráfico ferroviario en el barrio de Zarzaquemada, de la ciudad de Leganés (Madrid), y su posterior comprobación.

La pantalla en sí está constituida por paneles solares fotovoltaicos de material cerámico, montados sobre una estructura de sujeción de acero y hormigón por lo que se deben estudiar las características tanto intrínsecas a los materiales de los módulos y estructura (aislamiento) como extrínsecas a los mismos pero asociadas a la estructura geométrica de la pantalla y su mejor ubicación frente a la fuente y al receptor de ruido (pérdidas por inserción, IL). Su extensión es de aproximadamente un kilómetro y su altura efectiva de 4'2m. En total la superficie recubierta de paneles fotovoltaicos es del orden de 5000m², una de las mayores instalaciones de producción de energía solar de España.

El estudio presenta tres campos característicos que introducen gran especificidad en el diseño. El primero de ellos es la localización de la fuente y, por extensión, de la propia barrera, ya que la vía ferroviaria se encuentra sobre una elevación artificial del terreno respecto al nivel del área circundante. La segunda particularidad es la tipología de la fuente, trenes eléctricos de la red de Cercanías en su mayoría entre las 6:30 y las 00:00 horas, y algunos trenes de mercancías de tracción tanto eléctrica como diesel; y la cercanía de los usuarios, edificios de viviendas con una primera línea de incidencia del ruido a una distancia de 50m. Por último, el material utilizado en la barrera (paneles fotovoltaicos cerámicos con estructura de acero) y el diseño arquitectónico y localización (sobre la elevación artificial y con inclinación para mejorar el rendimiento energético) favorecen las pérdidas por inserción dada la altura efectiva de la barrera en relación a la fuente considerada, así como una reflexión no perpendicular del sonido incidente entre la superficie de los vagones y la de la pantalla.

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO EN CURSO

Caracterización de la fuente

La caracterización de los trenes como fuente acústica se basa usualmente en el cálculo del nivel equivalente (L_{eq}) del paso de un único convoy (MECV-MT,1980). En nuestro caso se optó por medir el L_{eq} del paso de un tren *in situ* a partir del análisis de la señal grabada en cinta magnética. Para ello se hicieron varias grabaciones en soporte DAT utilizando un micrófono de campo libre situado sobre las azoteas de edificios cercanos que permitieran colocarlo a 1'5m sobre el nivel horizontal de las vías. Las grabaciones se analizaron posteriormente en laboratorio, obteniendo los espectros de L_{eq} por tercio de octava calculados cada 333ms de forma que se determinó el sólido del paso de cada tren en función del tiempo y la frecuencia. Asumiendo que el aporte de energía acústica de cada tren sólo sería significativo a partir de un umbral de 10dB por debajo de su nivel máximo (MECV-MT,1980) se acotaron los intervalos de tiempo en los que el nivel medido se debía exclusivamente a cada fuente de interés, de forma que promediando en el tiempo se obtuvo el espectro de cada tren.

Caracterización de la barrera acústica

Para el conocimiento de las características intrínsecas del material constitutivo de la barrera se determinó en laboratorio el aislamiento de los paneles fotovoltaicos montados sobre la estructura metálica en que se van a instalar y se obtuvo un valor del índice de aislamiento normalizado R_w superior a los 20dB lo que permite concluir que la transmisión a través de la barrera no alterará los valores de las pérdidas por inserción.

Para el cálculo de previsión de niveles sonoros en las zonas habitadas achacables a ruido de tráfico ferroviario, antes y después de la instalación de la barrera se deben tener en cuenta las siguientes particularidades:

- Las viviendas de interés distan de las vías del ferrocarril entre 50 y 70m, por lo que en los cálculos de previsión de distribución de niveles sonoros no es necesario tener en cuenta los gradientes de temperatura, y asumiendo que el viento se mantenga con una velocidad inferior a 5m/s.

- Para estas distancias sólo serán apreciables atenuaciones por absorción en el aire del orden de 1 ó 2dB para las frecuencias más altas del espectro (a partir de 3KHz) que, por supuesto dependerán de la temperatura y humedad relativa.
- Dada la disposición particular de las situaciones emisor-receptor respecto al plano del suelo, en los cálculos de predicción de pérdidas por inserción de la pantalla no hace falta considerar la energía acústica reflejada en el suelo, con lo que éstos se simplifican notablemente.
- De las tres principales fuentes de ruido existentes en el tren: aerodinámico, motores y rodadura, fue considerada fundamentalmente la mayor influencia de este último, dado que los trenes circulan a velocidades relativamente bajas. Para el cálculo de las IL se supone la fuente situada en el centro de las vías y a una altura equivalente de 0'8m sobre el plano del balasto, y se supone una directividad dipolar de la misma.

En el proceso de cálculo se sigue la propuesta de Kurze, U. J., 1980, resumida en la expresión:

$$IL = 10\log(c_1 + c_2 \frac{z}{\lambda})$$

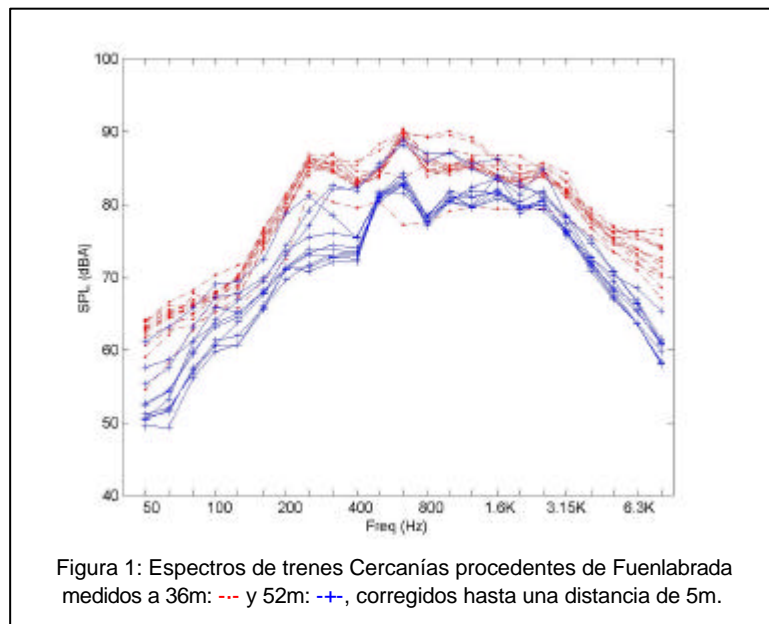
con $c_1=2$, z es la diferencia de caminos expresada en metros, λ longitud de onda de la frecuencia considerada y $c_2z=10N$, donde N es el Número de Fresnel.

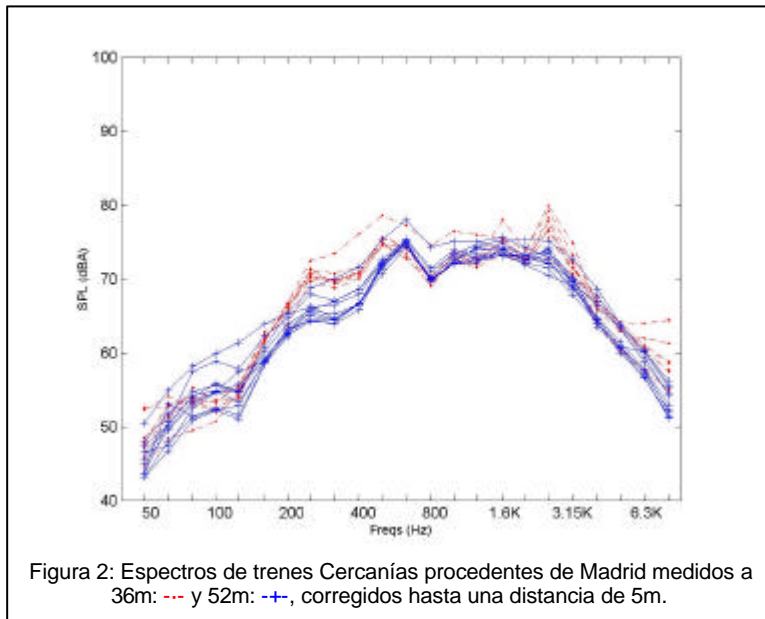
En la expresión anterior se supone que el ruido generado procede esencialmente de la rodadura rueda-rail con una directividad de tipo cardioide ($10\log(\cos^2 \theta)$).

RESULTADOS Y COMENTARIOS

Caracterización de la fuente

Se puede observar (Figuras 1 y 2) que los espectros de niveles sonoros ponderados A, para diferentes tipos de trenes agrupados según el sentido de paso y la posición de medida son muy similares.



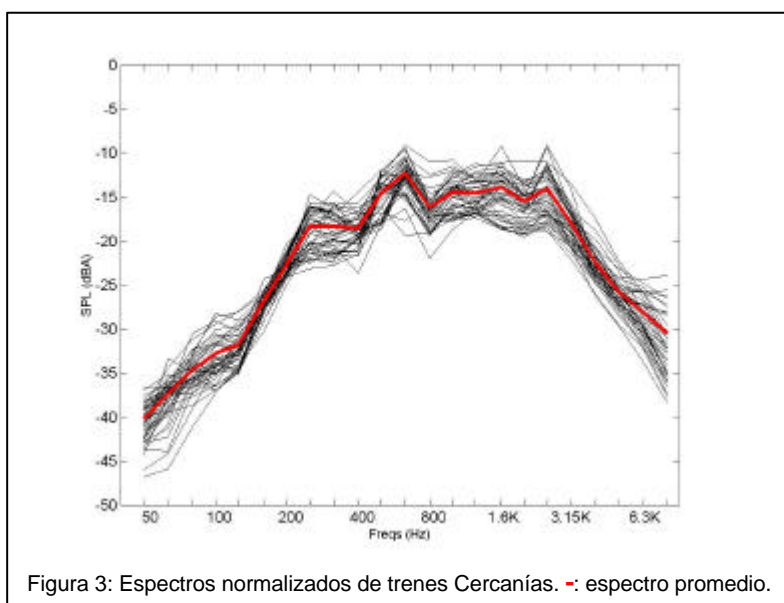


Como se puede observar, los trenes procedentes de Fuenlabrada presentan una mayor diferencia entre ambas distancias de medida, a pesar de haber sido realizada una corrección del nivel de presión a una distancia fijada en 5m. Ello se debería a que los puntos de medida son diferentes para cada distancia de forma que aquellos trenes registrados a 36m se midieron a una distancia de 400m al oeste de la estación y los medidos a 52m a 200m de ésta. Esta diferente posición implica un diferente régimen de funcionamiento en potencia y velocidad de los trenes por lo que la emisión acústica de los trenes procedentes de la ciudad de Fuenlabrada que se acercan a la estación es mayor por su régimen más forzado.

Si se normalizan los espectros aplicando la siguiente expresión, a cada tercio de octava de los mismos:

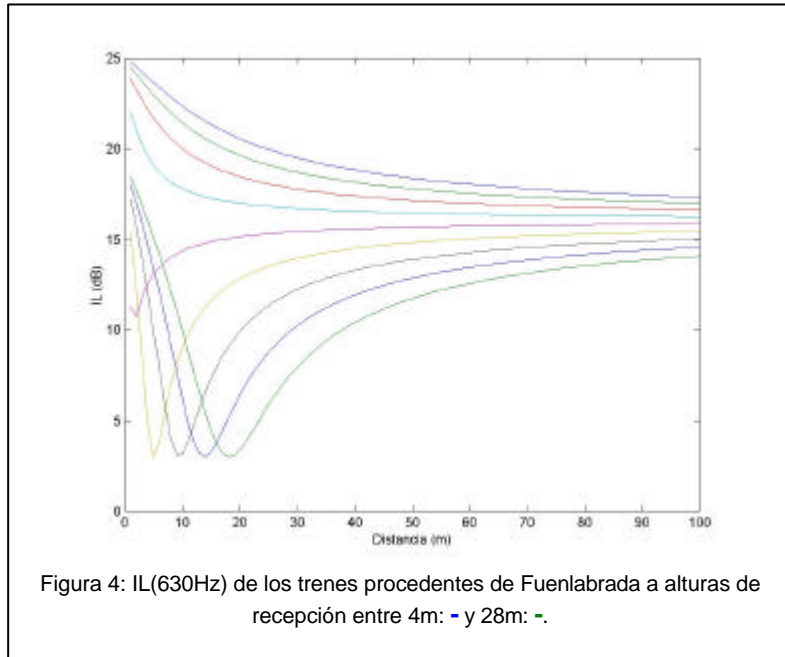
$$L_{Nj} = L_j - \sum_{i=1}^n 10 \log_{10} L_i^{1/10}$$

Se puede observar que los espectros presentan una muy baja variabilidad en su tipología (Figura 3).

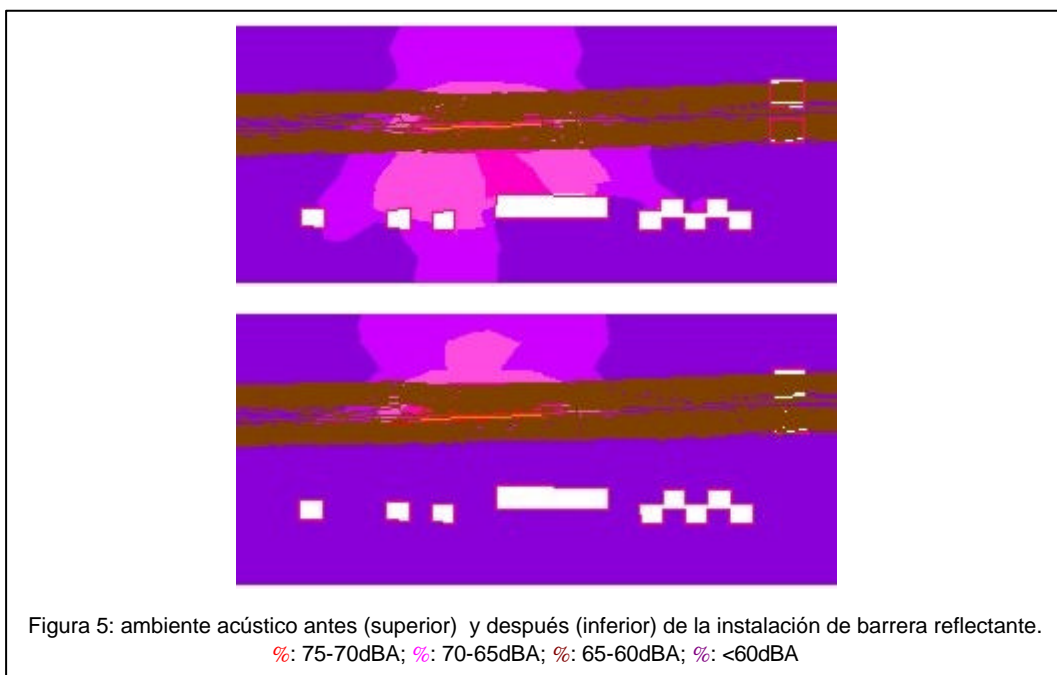


Caracterización de la barrera

Calculando las pérdidas por inserción correspondientes al máximo del espectro, en 630Hz, para las diferentes alturas que puedan corresponder aproximadamente a los pisos de los edificios que se encuentran en primera línea de influencia del ruido del ferrocarril (Figura 4) se observa que a una distancia de 50m se puede esperar una disminución de nivel de entre 18'4dB en el primer piso, y 11'8dB en el noveno, para trenes que procedan de Madrid. Para el cálculo de la protección acústica a diferentes frecuencias, debe tenerse presente que este aumento un 3dB por octava cada vez que se doble la frecuencia.



Realizada una simulación de los escenarios acústicos (Figura 5), considerando únicamente la influencia del tren, se observa la efectividad de la barrera en el entorno. Si bien en la realidad hay una contribución adicional de tráfico vial importante que influye negativamente en la situación global, sí resulta visible la eficacia de la barrera instalada. También puede apreciarse en este caso, en que la barrera se ha considerado reflectante, que existe una influencia negativa en las viviendas situadas en la orientación superior de las figuras, lo que implica el estudio de los materiales absorbentes a instalar para evitar esa situación.



REFERENCIAS

Hemsworth, B. *Prediction of Train Noise*. Transportation noise. Ed. Nelson, P. Butterworths, 1987. Cambridge.

Kurze, U. J. *Abschirmungen an Bahnanlagen*. Acustica. 1980. Vol 45. p304-315.

Leeuwen, J. J. A. van. *Railway noise prediction models: a comparison*. Journal of Sound and Vibration. 2000. Vol 231(3). p975-987.

Ministere de L'Environnement et du Cadre de Vie; Ministere des Transports. *Guide du Bruit des Transports Terrestres. Previson des niveaux sonores*. CETUR, 1980. Bagnaux.

Stanworth, C. *Sources of Railway Noise*. Transportation noise. Ed. Nelson, P. Butterworths, 1987. Cambridge.

Tol, P.F. van. *A reciprocal method to evaluate low, close to track noise barriers*. 16th ICA Proceedings. ICA, 2000. Berlin.