

Modelización del campo de presión sonora en la proximidad de una pantalla de aislamiento acústico

Rafael Ballesteros Tajadura; Carlos Ramos Lorenzo; Jorge Luis Parrondo Gayo

Universidad de Oviedo. Área de Mecánica de Fluidos
 Campus de Viesques. 33271 Gijón, Asturias

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha producido un gran incremento en la utilización de pantallas acústicas para la atenuación del ruido producido por el tráfico o por alguna actividad industrial. Su estudio sin embargo es mucho más antiguo, pues ya desde la década de los cincuenta se han llevado a cabo numerosas investigaciones, tanto teóricas como experimentales, para el cálculo estimativo de la atenuación obtenida por la inserción de una pantalla acústica entre la fuente de ruido y el receptor (véanse por ejemplo Keller 1962, Maekawa 1968, Kurze & Anderson 1971). En muchos de estos estudios solamente se ha tenido en cuenta la contribución del sonido directamente difractado desde la fuente o, también, la contribución del sonido reflejado en el suelo bajo la propia fuente emisora, el cual se difractará así mismo tras la pantalla dando lugar a una disminución de la pérdida por inserción (Barti & Servera 1995). Sin embargo, a fin de conseguir una más precisa predicción de la pérdida de inserción de una pantalla acústica, hay que tener en cuenta, además de las propias características geométricas y físicas de la barrera, las condiciones existentes en el espacio comprendido entre la pantalla y el receptor (Isei et al. 1980, Pfretzschner et al. 1995). Así, si en las proximidades de la pantalla se halla situado un obstáculo (por ejemplo, la fachada de un edificio que se pretenda apantallar), en él se reflejarán los frentes de onda provenientes de la fuente y difractados en la pantalla, con lo que aumentará el nivel de presión sonora en dicho espacio. Las sucesivas reflexiones en el suelo, en la parte posterior de la barrera y en el mismo obstáculo continuarán aumentando dicho nivel, de forma que la atenuación neta conseguida con la pantalla será menor que la prevista inicialmente si no se consideran dichos efectos.

En este trabajo se presenta un procedimiento para el cálculo del campo sonoro en la zona de apantallamiento correspondiente a una barrera acústica, teniendo en cuenta los efectos de la existencia de una superficie posterior a la pantalla, a la cual se pretende proteger acústicamente. Para ello, se desarrolló un algoritmo que contempla tanto al fenómeno de difracción como al de reflexión sonora. Para este segundo se consideró el método de las imágenes, que de forma recursiva crea una fuente virtual tras la reflexión del sonido en cada contorno, teniendo en cuenta la absorción acústica del mismo, hasta que el nivel de presión sonora correspondiente sea suficientemente pequeño. El algoritmo se implantó en un programa de cálculo para ordenador PC, presentándose a continuación algunos de los resultados obtenidos.

ALGORITMO DE CÁLCULO

El caso de estudio inicialmente planteado (figura 1) fue el de una fuente sonora lineal, como la que correspondería a una vía con tráfico denso, con una barrera de longitud indefinida protegiendo a una fachada también de longitud indefinida (problema bidimensional). La

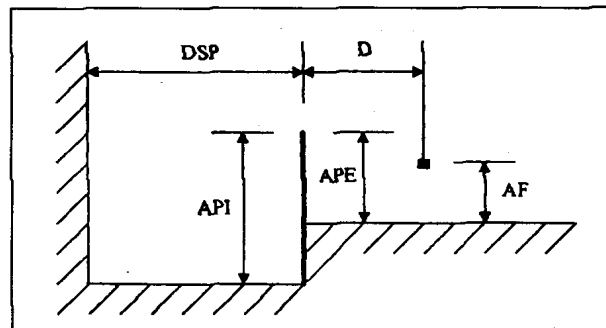


Figura 1: Configuración geométrica estudiada.

fente se caracterizará por una cierta potencia sonora por unidad de ancho (W/m) correspondiente a una cierta frecuencia (Hz), es decir, los cálculos se realizarán independientemente para cada banda. Otros datos de partida son: a) parámetros geométricos, como las alturas interior API (m) y exterior APE (m) de la pantalla, las distancias desde la pantalla a la fachada DSP (m) y a la fuente D (m) y la altura de la fuente AF (m); b) características del medio, entre los que se encuentra la temperatura ambiente (θ_C), la humedad relativa (%), la densidad superficial de la pantalla (kg/m^2) y los coeficientes de absorción en suelo, pantalla y fachada (dependientes de la frecuencia considerada); y c) datos de presentación y precisión, como el intervalo de mallado, la extensión horizontal y vertical de la zona de cálculo y el máximo número de iteraciones. Para simplificar se supondrá que no existirán modos resonantes preferentes.

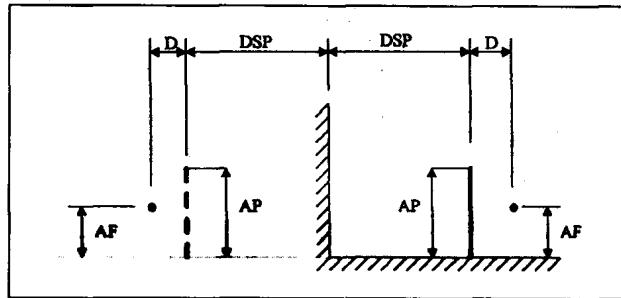


Figura 2: Generación de focos y pantallas virtuales.

En primer lugar, a partir del intervalo de mallado, se efectúa una discretización de la zona de estudio, definiéndose los puntos sobre los que se harán los cálculos. El procedimiento de evaluación del nivel de presión sonora se inicia hallando la contribución directa de la fuente como si no hubiera ningún tipo de obstáculo para el sonido. El valor de esta presión se almacena en una variable, en la que también se acumulará el valor de la contribución de sonido transmitido directamente a través de la barrera, calculado según el procedimiento descrito por Kurze & Anderson (1971). Las atenuaciones de sonido debidas a la absorción por propagación aérea se almacenan así mismo en otra variable, la cual se irá incrementando a medida que aumenta el recorrido del sonido tras las sucesivas reflexiones en las superficies de la pantalla, suelo y obstáculo. Después se halla la atenuación debida a la difracción a partir del n° de Fresnel, que es función de la frecuencia del sonido y de las dimensiones geométricas, utilizando el método descrito por Kurze & Anderson (1971), con lo que se asume que para el campo difractado la posición efectiva de la fuente se

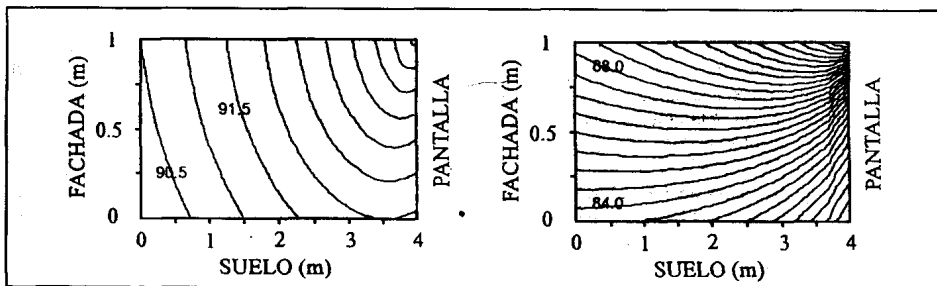


Figura 3: Resultados (L_p [dB]) para $DSP = 4$ m y $AF = 0.75$ m. a) $f = 60$ Hz; b) $f = 1$ kHz. Cálculo sin incluir el efecto de la reflexión del sonido.

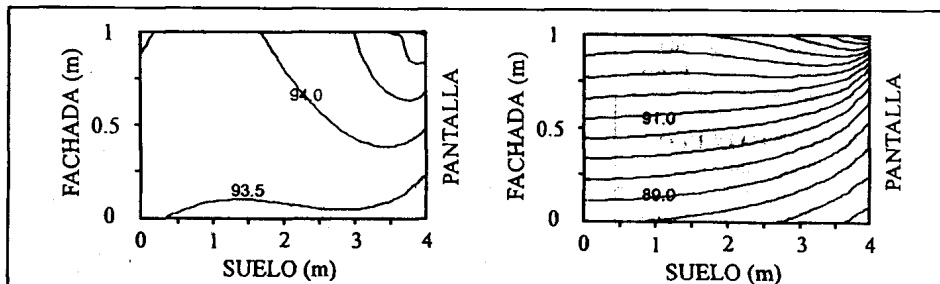


Figura 4: Resultados (L_p [dB]) para $DSP = 4$ m y $AF = 0.75$ m. a) $f = 60$ Hz; b) $f = 1$ kHz. Cálculo incluyendo el efecto de la reflexión del sonido.

encuentra sobre el borde de la pantalla (Keller 1962). A continuación se calcula la contribución debida a las sucesivas reflexiones del sonido en la zona de apantallamiento, empleándose para ello un método de las imágenes modificado. Considérese la reflexión en la propia fachada que se desea proteger; el sonido reflejado se simulará generando una nueva fuente, virtual, situada especularmente respecto a la fachada (Robles et al. 1994), pero como en este caso los frentes de onda incidentes corresponden a un campo sonoro difractado se generará además una nueva pantalla, que también será virtual (figura 2). El nivel de presión sonora se hallará de la misma manera que para el caso del foco principal, aunque habrá nuevos valores tanto para las distancias como para la potencia sonora del foco virtual, que se reducirá respecto a la del foco real proporcionalmente al coeficiente de absorción que le corresponda. Además, cuando este sonido reflejado alcance el suelo se dará lugar a una nueva reflexión, y cuando alcance la pantalla (en su zona posterior) se originará tanto una nueva reflexión como una nueva difracción hacia la zona frontal, que no se desea apantallar. Para cada una de estas reflexiones se generarán pues nuevos juegos fuente-pantalla virtuales, de forma similar a la mostrada en la figura 2, a la vez que se calculará la correspondiente contribución al aumento del nivel de presión sonora en cada punto. Se sigue así un proceso recursivo que termina cuando la aportación al nivel de presión sonora es menor de un valor suficientemente pequeño.

El sonido emitido por la fuente real también se refleja en el suelo (zona frontal sin apantallar), y parte de ese sonido reflejado también podrá alcanzar la zona protegida mediante transmisión directa a través de la barrera y, sobre todo, por difracción. Por ello se ha de determinar el foco virtual simétrico del foco real respecto al suelo, de nuevo mediante el método de las imágenes. Tomando a este foco imagen como principal se repetirá a continuación todo el proceso de cálculo anteriormente descrito, teniendo en cuenta la modificación de posición relativa del foco y la reducción de potencia sonora por absorción en la reflexión.

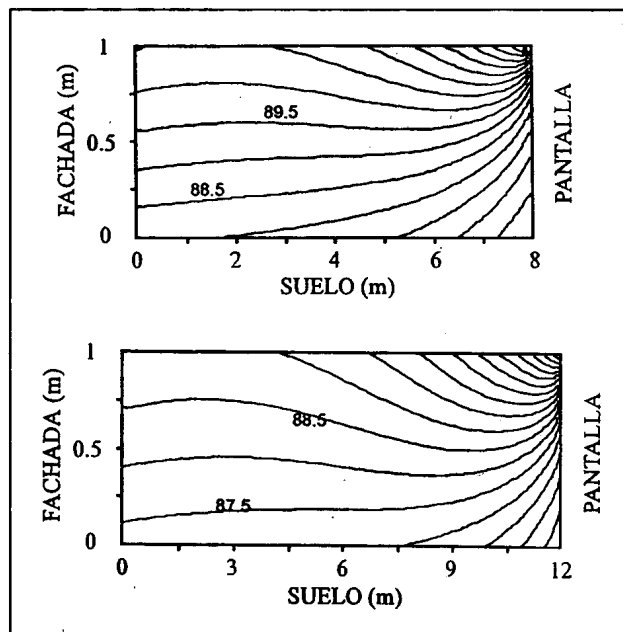


Figura 5: Nivel L_p [dB] ($f = 1$ kHz, $AF = 0.75$ m.);
a) $DSP = 8$ m; b) $DSP = 12$ m.

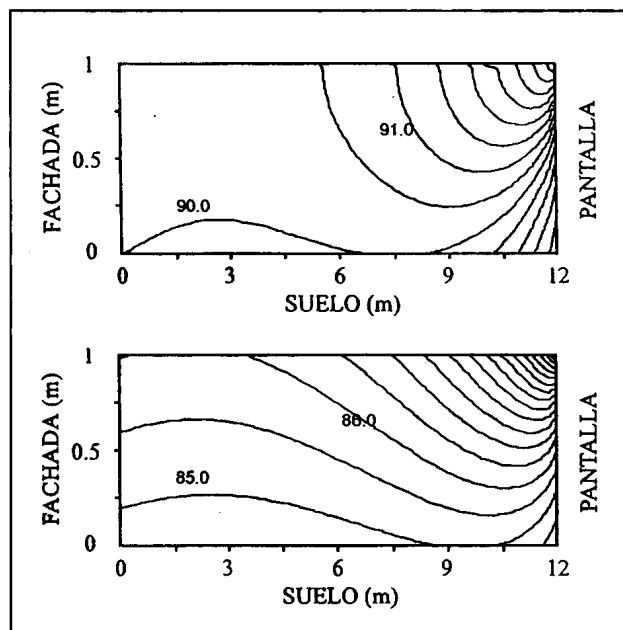


Figura 6: Nivel L_p [dB] ($f = 1$ kHz, $DSP = 12$ m.);
a) $AF = 0.25$ m; b) $AF = 1$ m.

RESULTADOS NUMÉRICOS

Con el algoritmo descrito, y partiendo del programa *FOCO* previamente elaborado por el mismo equipo (Robles et al. 1995), se desarrolló un programa de simulación en lenguaje TurboC para su ejecución en ordenador personal, utilizando técnicas de procesamiento tanto iterativas como recursivas. Los resultados mostrados a continuación corresponden a distintos valores de la frecuencia f , de la separación DSP pantalla-fachada (figura 1) y de la altura de la fuente AF . Los demás parámetros permanecen constantes con los siguientes valores: potencia de la fuente de 0.1 W/m, $API = APE = 1$ m, $D = 2$ m, densidad superficial de la pantalla de 25 kg/m², $\alpha_{pantalla} = 0.3$, $\alpha_{fachada} = 0.05$, $\alpha_{suelo} = 0.15$, temperatura de 26° C, humedad del 85% y mallado de 80x80 puntos. En cada gráfico se muestran las curvas de nivel de presión sonora constante en la zona de apantallamiento, siendo la diferencia entre las distintas líneas de 0.5 dB (en cada caso se ofrece el valor de algunas curvas).

La figura 3 muestra los casos de ruido emitido a 60 Hz y 1000 Hz, con $DSP = 4$ m y $AF = 0.75$ m, cuando sólo se considera la difracción del sonido procedente de la fuente. La figura 4 muestra los mismos casos, pero añadiendo ya en los cálculos el efecto de las reflexiones del sonido en la zona apantallada. Se observa, como era previsible, que a menores frecuencias corresponde una mayor uniformidad de la distribución de presión sonora, y que al considerar las sucesivas reflexiones del sonido el nivel de presión sonora en cada punto aumenta, produciéndose además una mayor uniformización. Para la figura 6 se adoptó una frecuencia de 1000 Hz, $AF=0.75$ m y distancias pantalla-fachada DSP de 8 y 12 m. Comparando las figuras 5.b y 6 se observa cómo el progresivo aumento de DSP conduce a una disminución del nivel de presión sonora en cada punto y también a una mayor uniformidad en la distribución. Por su parte la figura 7, con $AF=0.25$ m y 1 m, y 500 Hz de frecuencia y $DSP=12$ m, muestran el mucho menor apantallamiento conseguido al elevar la fuente desde el suelo, conclusión previsible al igual que las anteriores.

CONCLUSIONES

Se ha desarrollado un programa para ordenador personal que calcula la distribución del nivel de presión sonora en la zona de apantallamiento de una barrera acústica, y que tiene en cuenta no sólo la difracción habida sobre su borde, sino también la transmisión a través de la misma y la reflexión del sonido en las superficies de la pantalla, del suelo y de la fachada a proteger. La reflexión ha sido tenida en cuenta mediante la generación de fuentes virtuales (método de las imágenes), complementada con la generación de pantallas virtuales. Los resultados muestran que el efecto de las sucesivas reflexiones es el de elevar el nivel de presión sonora en cada punto así como producir una mayor uniformidad en su distribución. Además, la comparación de los resultados obtenidos al variar distintas dimensiones geométricas arroja conclusiones previsibles en todos los casos.

REFERENCIAS

- Barti R. & Servera J. 1995. "Estudio acústico de barreras". *Tecnicústica* 95, 151-154.
- Isei T., Embleton T.F.W. & Piercy J.E. 1980. "Noise reduction by barriers on finite impedance ground". *J. Acoust. Soc. Am.* 67(1), 46-58.
- Keller J.B. 1962. "Geometrical theory of diffraction". *J. Opt. Soc. Am.* 52, 116-130.
- Kurze U.J. & Anderson G.S. 1971. "Sound attenuation by barriers". *Appl. Acoust.* 4, 35-53.
- Maekawa Z. 1968. "Noise reduction by screens". *Appl. Acoust.* 1, 157-173.
- Pfretzschner J., Simón F., Moreno A. y De la Colina C. 1995. "Índice de inserción en barreras con reflexiones en el terreno". *Tecnicústica* 95, 155-158.
- Robles A., Parrondo J.L., Velarde S. & Pistono J. 1994. "Determinación de la distribución de presión sonora en recintos mediante simulación numérica". *Anal. Ingen. Mec.* 10(1), 745-752.
- Robles A., Velarde S. & Parrondo J.L. 1995. "Desarrollo y resultados de un programa de simulación del campo sonoro en locales mediante el método de las imágenes". *Tecnicústica* 95, 79-82.