



RUIDO EN LAS GRANDES CIUDADES

NOISE IN METROPOLITAN CITIES

Madrid, 23 al 25 de abril, 1991

SOFTWARE PARA LA PREDICCIÓN DE LOS NIVELES SONOROS DEBIDOS AL TRÁFICO FERROVIARIO: FACTORES A CONSIDERAR

E.GARCIA VADILLO; E.AMEZUA; A.HERNANDEZ

Universidad del País Vasco. Departamento de Ingeniería Mecánica

Escuela T.S. Ingenieros Industriales e I.T.
Alda. Urquijo s/n' 48013-BILBAO

INTRODUCCION

La existencia de líneas ferroviarias en la proximidad de núcleos urbanos es, frecuentemente, incluso en trayectos en los que la velocidad de circulación es moderada, causa de niveles sonoros superiores a los límites admisibles (1).

Aunque Möhler (2) muestra que, a igualdad de niveles acústicos, el ruido debido al tráfico de carretera es peor tolerado por las personas que el ruido de origen ferroviario, no es extraño que en este último se llegue a valores de hasta 71 dB(A) de Nivel Equivalente diurno y 66 dB(A) de Nivel Equivalente nocturno, medidos ambos a 1 m. de la fachada de la vivienda más próxima a la vía (3), valores claramente inadmisibles.

Ante estas situaciones, resulta necesario adoptar costosas medidas correctoras, como construcción de pantallas, etc., cuyos buenos resultados no siempre están garantizados. Incluso, podrá suceder que las medidas adoptadas para la protección acústica de una zona próxima a la vía puedan resultar contraproducentes para otras zonas. Igualmente, la realización de nuevos proyectos ferroviarios debe ir acompañada del estudio de su impacto acústico. Tanto en el caso de situaciones a corregir, como en el de nuevos proyectos a construir, es preciso confeccionar un mapa de ruidos.

REALIZACION DE MAPAS ACUSTICOS

La obtención de los niveles de emisión debidos al tráfico y la representación del mapa de isófonas, en las dos situaciones anteriores, supone un problema laborioso que obliga a utilizar algún modelo informático. Una primera relación de estos paquetes y de sus características puede encontrarse en la referencia (4).

La alternativa a los paquetes informáticos consiste en construir un modelo a escala, tanto para la geometría del terreno y construcciones como para la longitud de onda de los ruidos emitidos (5). Esta segunda posibilidad siempre resultará más lenta y laboriosa.

Los autores de este artículo han desarrollado para Ferrocarriles Vascos, S.A. un paquete informático para la confección de mapas de ruido ambiental debido al tráfico. Sus prestaciones no se limitan a proporcionar los niveles sonoros que se obtendrán en el entorno de la vía, bajo unas condiciones determinadas, sino que además permite realizar una simulación de los efectos logrados con las diversas medidas correctoras que se pueden adoptar en un momento concreto.

CARACTERIZACION DE LAS FUENTES

Es frecuente que los modelos informáticos existentes en el mercado simplifiquen excesivamente la definición de las fuentes de emisión, utilizando rígidas ecuaciones que proporcionan la potencia de emisión en función de diferentes variables. Para el tráfico ferroviario esas variables suelen ser el tipo de tracción del tren; su velocidad; su longitud; el tipo de ruedas y el tipo de frenos; el tipo de carril y traviesa; etc. Véase, por ejemplo (6). Este planteamiento, justificado únicamente por una afán de simplificar al máximo la tarea del usuario, lleva a una excesiva distorsión de los resultados cuando se utiliza en un modelo de aplicación general.

Por otra parte, la definición de la potencia acústica del tren asemejándolo a una fuente lineal de ruido de longitud L , que se mueve con una velocidad V , permite deducir teóricamente el nivel de presión acústica L_x debido al paso del tren, que se captaría a una distancia d , en función del nivel instantáneo captado en el momento en que el tren está centrado con respecto al punto de medida, L_{max} . En efecto, se cumple que:

$$L_x = L_{max} + 10 \log_{10}(\pi L/V) - 10 \log_{10}[2 \tan^{-1}(L/2d)] \text{ dB} \quad [1]$$

Si se tiene en cuenta la directividad dipolar que caracteriza la emisión de las ruedas, la expresión anterior se transformaría (5) en:

$$L_x = L_{max} + 10 \log_{10}(\pi L/V) - 10 \log_{10}[4Ld/(L^2 + 4d^2) + 2 \tan^{-1}(L/2d)] \text{ dB} \quad [2]$$

Las mediciones experimentales realizadas por los autores en líneas por las que circulan unidades eléctricas de tren compuestas por tres coches, han conducido a valores hasta 3 dB(A) por debajo de los obtenidos mediante la ecuación [2]. Ello es razonable, habida cuenta del error que se introduce al suponer que el tren emite igualmente en toda su longitud.

Por todo ello, en el paquete informático desarrollado, se ha preferido que sea el propio usuario quien mida la potencia de emisión de sus vehículos en campo libre, confeccionando su propia base de datos. Puede encontrarse un planteamiento similar en (7).

Una vez que se ha medido la presión acústica, y que se ha extrapolado la potencia lineal de emisión por unidad de longitud de vía L_w que caracteriza a los trenes que circularán, se procede a concentrar esa potencia en los puntos medios de tramos de longitud l , siendo la potencia en cada uno de ellos, L_w' , de valor:

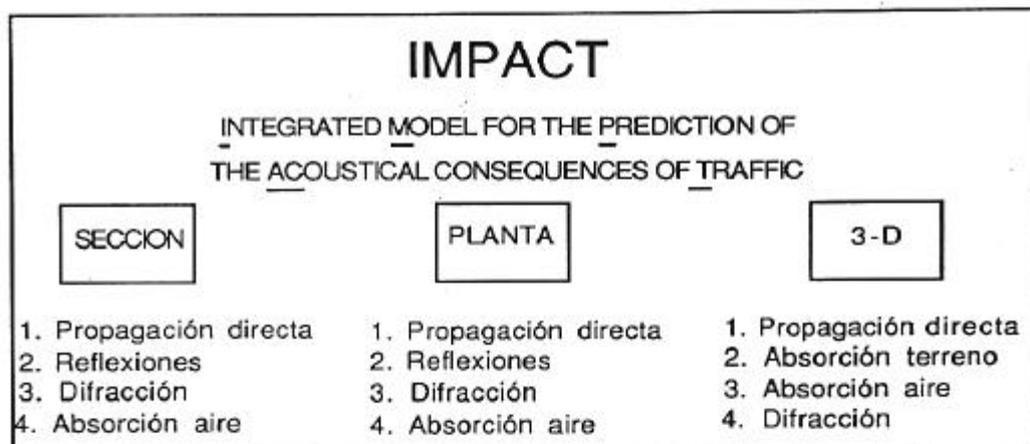
$$L_w' = L_w + 10 \log_{10}(l/l) \quad [3]$$

Se puede hacer que el error cometido sea tan pequeño como se desee, a base de utilizar tramos suficientemente cortos. Se han obtenido resultados excelentes utilizando tramos de longitud comprendida entre los 5 y los 2 m, en función de las dimensiones del problema.

PROBLEMAS EN DOS O TRES DIMENSIONES

Un modelo informático completo, deberá realizar el cálculo de la propagación tomando en consideración los siguientes factores: propagación directa; difracción alrededor de obstáculos; reflexiones de grado múltiple contra las paredes y obstáculos, teniendo en cuenta la absorción que producen; atenuación debida al aire, y atenuación debida al terreno.

Sin embargo, en la práctica, y para ciertos problemas, puede no ser necesario considerar todos los factores simultáneamente. Así, por ejemplo, al estudiar el paso del tren rodeado de edificios a ambos lados, los factores preponderantes serán la propagación directa y las reflexiones, y en segundo lugar la difracción. La atenuación debida al terreno, teniendo en cuenta que las distancias van a ser muy reducidas, ejerce una influencia despreciable. En



Cuadro 1: Métodos para abordar los diferentes problemas.

este caso, un estudio del problema en sección vertical conduce a resultados exactos, con un tiempo de procesamiento reducido, y permitiendo una representación gráfica de fácil interpretación.

Si el problema consistiese en estudiar el ruido generado en una playa de vías, el planteamiento más razonable consistiría en abordarlo en planta. Para disponer de unos primeros valores de referencia, se debe tener en cuenta que la absorción debida al terreno es fuertemente dependiente de la altura media de la línea de transmisión. Este factor, que por encima de los 6 m. con respecto al terreno prácticamente no influye, haría que los resultados a una u otra altura fuesen diferentes. Por ello es recomendable prescindir de su influencia y obtener unos primeros resultados considerando sobre todo la propagación directa, la difracción y las reflexiones.

Un tercer caso extremo se presenta al investigar los efectos acústicos de una línea ferroviaria en un área extensa, en la que, junto con las posibles edificaciones, se tenga una topografía irregular, definida mediante sus líneas de nivel. En este caso, las grandes distancias hacen que la absorción del terreno sea primordial, mientras que la influencia de las reflexiones pasará a ser despreciable. El estudio se debe realizar en tres dimensiones (3-D).

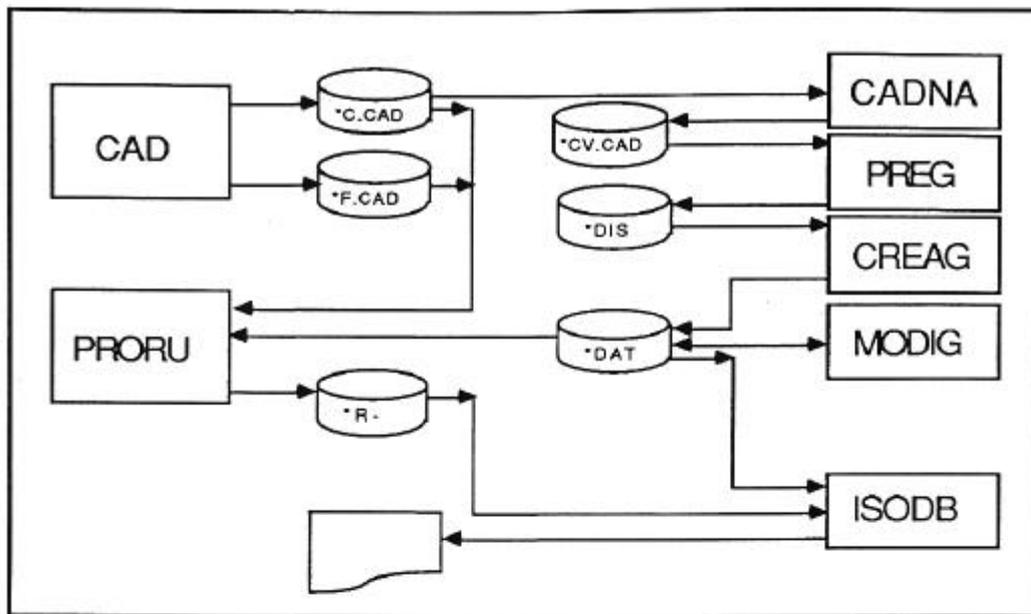
Estas consideraciones se han tenido en cuenta en el paquete informático desarrollado, permitiendo que sea el usuario quien determine cómo desea que se resuelva su problema, tal y como se muestra en el cuadro 1.

En el caso de abordar el problema en 3-D será preciso decidir a cuántos niveles se desea representar el mapa de ruidos, y la altura de cada nivel. El modelo tomará las sucesivas alturas, estudiando el problema en superficies paralelas al terreno -no planas-, separadas de este por las alturas correspondientes.

ESTRUCTURA DEL MODELO

El cuadro 2 muestra la estructura del modelo. Los programas que aparecen en la columna derecha son opcionales, mientras que los de la columna izquierda constituyen la versión básica. Una novedad con respecto a modelos semejante, consiste en que el usuario pueda decidir si desea que los receptores se distribuyan de forma regular por la zona de estudio; si desea fijar él sus coordenadas; o si desea dividir la zona de inmisión en "macro-regiones", en las que el propio usuario defina la densidad de precisión.

Durante el procesamiento se calculan las atenuaciones debidas a las pantallas y edificios en base al número de Fresnel, mientras que para la absorción del aire se usa el método propuesto en (8), y para la absorción del terreno se utiliza el modelo de Rathe (9).



Cuadro 2: Estructura del modelo.

CONCLUSIONES

Se ha presentado un modelo informático que permite realizar mapas de ruido considerando la propagación directa, la difracción, las reflexiones múltiples y las diversas atenuaciones posibles, trabajando en 2-D ó en 3-D, en función de las características del problema. Aporta, como novedad, la posibilidad de que el usuario determine la densidad de precisión que desea en las diferentes "macro-regiones".

REFERENCIAS

- (1) GARCIA VADILLO,E.; ANGULO,C.; LLORENTE,J.I. "Squealing Noise of Railway Vehicles in Sharp Bends". Inter-Noise 90, Vol 1, pp. 387-390. Gothemburg, agosto 1990.
- (2) MÖHLER,U.; SCHÜMER-KOHR,S,A. "Literature Survey Concerning the Effect of Railway Noise Alone and Railway Noise Compared with the Noise from other Traffic Sources". O.R.E., DT 170 (C 163). Utrecht, abril 1985.
- (3) GARCIA VADILLO, E.; et al. "Estudio Comparativo de Ruidos". Departamento de Publicaciones de la E.T.I.I. Bilbao, abril 1990.
- (4) O.R.E. "Laws, Rules and Calculation Methods for Traffic and Industrial Noise". Question C 163, Rp No. 10. Utrecht, septiembre 1988.
- (5) NELSON,P. "Transportation Noise". Butterworths, 1987.
- (6) KURZE,U.J. "Prediction Scheme for Railroad Immision in Germany". Inter-Noise 90, Vol 1, pp. 391-394. Gothemburg, agosto 1990.
- (7) VAN RUITEN,C.J.M. "Dutch Railway Noise Prediction Schemes". Journal of Sound and Vibration, 120 (2) 371-379, 1988.
- (8) AMERICAN NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. "Method for the Calculation of the Absorption of Sound by the Atmosphere". ANSI S126, Washington D.C., 1978.
- (9) RATHE,E.J. "Railway Noise Propagation". Journal and Sound and Vibration, 51, p.371, 1977