



RUIDO EN LAS GRANDES CIUDADES NOISE IN METROPOLITAN CITIES

Madrid, 23 al 25 de abril, 1991

UNA TÉCNICA DE MEDIDA DEL RUIDO EN EL INTERIOR DE UN VEHÍCULO FERROVIARIO

M. Vaquero, M. Recuero y C. Gil.

Departamento de Ingeniería Audiovisual y Comunicaciones.
Universidad Politécnica de Madrid.
Ctra. de Valencia Km 7. 28031 Madrid.

1 RESUMEN

En esta comunicación se propone un método de medida del nivel de ruido acústico en el interior de un vehículo ferroviario. El objetivo del método de medida es evaluar y caracterizar la aportación de las fuentes de ruido y los caminos de transmisión del ruido al interior del vehículo.

El método se basa en la medida de la intensidad acústica y en el cálculo de la intensidad acústica condicionada; éste cálculo permite valorar la aportación de cada fuente de ruido y de cada camino de transmisión del ruido. Posteriormente, otras medidas permiten caracterizar los caminos de transmisión del ruido midiendo el aislamiento acústico del vehículo (camino aéreo) y la transmisibilidad de suspensiones y estructuras (camino estructural).

2 INTRODUCCION

El confort acústico en un vehículo depende en gran parte del nivel de presión acústica de ruido existente en su interior. Cuando este nivel de ruido es elevado y se trabaja para reducirlo, es muy útil conocer los siguientes datos:

A) Cuales son las principales fuentes productoras de ruido en el vehículo.

B) Cuales son los caminos, aéreos o estructurales, a través de los que el ruido se transmite desde las fuentes externas al interior del vehículo.

Si se conocen estos datos, es posible determinar cual es el método de control de ruido más eficaz para ese vehículo. Este método puede ser actuar directamente sobre las fuentes origen del ruido o aumentar el aislamiento, acústico o estructural, con el fin de interrumpir los caminos de transmisión del ruido al interior del vehículo.

Varios investigadores han experimentado métodos de medida del ruido en el interior de vehículos ferroviarios [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Estos métodos presentan alguno de los siguientes inconvenientes:

A) Las medidas han de realizarse en condiciones muy controladas, alejadas de las condiciones reales de circulación.

B) Se utiliza la medida de presión acústica, lo que da lugar a que en baja frecuencia las medidas se vean afectadas por los modos propios que se establecen en el interior del vehículo. Especialmente si la absorción acústica del revestimiento de la cabina de pasajeros no es elevada.

C) La configuración de medida es complicada, lo que obliga a disponer del vehículo, las cocheras o la red ferroviaria, durante un período de tiempo elevado.

En esta comunicación se propone un método de medida de la aportación de las fuentes y los caminos de transmisión del ruido al interior de un vehículo ferroviario.

El método que se presenta puede reducir alguno de los anteriores inconvenientes: al medir intensidad acústica [7] los datos obtenidos no están influenciados por los importantes modos propios de la cabina de pasajeros; al utilizar el análisis espectral condicionado [8] se pueden identificar las aportaciones al ruido total de diferentes fuentes, parcialmente coherentes, y de los caminos aéreo y estructural. Por otra parte, la configuración de medida utilizada no es compleja, y se utiliza un magnetófono multipista de instrumentación para almacenar los datos [9], esto permite realizar las medidas en poco tiempo y en condiciones reales de circulación, posponiendo el largo trabajo de procesado de datos al laboratorio.

3 DESCRIPCION DEL METODO DE MEDIDA

Las etapas del método de medida son:

A. Valoración de las Fuentes de Ruido.

En esta etapa se configura un sistema multientrada situando acelerómetros sobre diferentes elementos activos que se puedan considerar fuentes de ruido potenciales (motor de tracción, transmisión, compresor, etc). También se mide, y almacena simultáneamente con las aceleraciones, la intensidad acústica en varios puntos característicos de la cabina de pasajeros.

Posteriormente en el laboratorio se calculan las intensidades acústicas coherentes con las señales captadas sobre diferentes fuentes; esto permite conocer qué parte de la intensidad acústica existente en el interior del coche esta asociada a cada una de las fuentes. En Fig. 1 se presenta la separación de la aportación de las fuentes interacción rueda/raíl y motor de tracción en un coche automotor de Metro.

B. Valoración de las Aportaciones de los Caminos de Transmisión de Ruido.

En esta etapa se configura un sistema de dos entradas situando un acelerómetro en la caja de grasa de un eje del bogie, con el fin de captar la aceleración rueda/raíl que se considera la principal fuente de ruido transmitido por vía estructural; también se sitúa un micrófono dentro del campo semireverberante que se crea entre el piso del coche y el balastro de la vía, este campo acústico es la principal fuente de ruido transmitido por vía aérea. Igual que en el apartado anterior, se mide simultáneamente intensidad acústica en puntos del interior del habitáculo, para posteriormente en el laboratorio separar de la intensidad total las aportaciones de las fuentes del ruido transmitido por vía estructural y por vía aérea. En Fig. 2 se muestra un gráfico con la separación de las aportaciones de estos dos caminos de transmisión de ruido, en el mismo tipo de vehículo.

Se debe indicar que ambos tipos de medida se realizan en condiciones normales de circulación.

C. Medida del aislamiento al ruido aéreo.

Esta medida se realiza con el fin de conocer la función de transferencia entre el ruido en el exterior del vehículo y el ruido en su interior; si se conoce la función de transferencia en diferentes puntos del vehículo se podrán localizar conductos y zonas débiles o mal aisladas a través de las cuales el ruido externo penetra en el vehículo.

Para racionalizar esta medida se ha utilizado el cálculo de mapas de intensidad acústica a partir de medidas realizadas en puntos de una malla situada sobre el piso, los costados, etc, del interior del vehículo, cuando éste es excitado externamente por un campo acústico difuso de ruido rosa.

En Fig. 3 se muestra el mapa de intensidad acústica, en una banda de frecuencia de 1/3 de octava, correspondiente al costado de un vehículo ferroviario, cuando es excitado externamente con un nivel de intensidad de 77 ± 2 dB.

D. Medida de la Transmisibilidad Mecánica.

Con el fin de conocer qué elementos del vehículo son responsables de la transmisión estructural de ruido, se realiza el cálculo de la función de transferencia entre las aceleraciones captadas en los extremos de elementos mecánicos que sean considerados responsables de la transmisión estructural de energía. Estos elementos suelen ser las suspensiones primaria y secundaria, las barras-guía y los amortiguadores que actúan como limitadores en los grandes desplazamientos. En Fig. 4 se presenta el módulo de la función transmisibilidad en una suspensión de tipo neumático, apreciándose en dicha función falta de aislamiento alrededor de los 500 Hz a causa de estar la suspensión puenteada por amortiguadores de aceite.

Este método de medida ha sido aplicado con buenos resultados a vehículos serie 2000 del Metro de Madrid y a coches de Talgo Pendular.

BIBLIOGRAFIA

- [1] P.J. Remington and L.E. Witting, "Retrofit Noise Control of Rapid Transit Cars" *Journal of Sound and Vibration* **66** (3), 419-441 (1979).
- [2] R. Bickerstaffe, P. W. Eade, A. E. Hardy, S. Peters and B. Woodward, "An analysis of Railway Vehicle Acoustics" *Journal of Sound and Vibration* **43** (2), 265-272, (1975).
- [3] E. Parent de Curzon and B. Bequet, "Study into Sources of Wagon Noise: Measurement of Sound Energy Generated by Vehicle Bodies and Running Gear", *Journal of Sound and Vibration* **120** (2), 311-320, (1988).
- [4] J. Reybardy, "Methode de Mesure et de Predetermination du Confort Acoustique dans les Voitures", *Revue Générale Des Chemins de Fer*, 641-650, Dec. 1982.
- [5] V. Mohanan, O. Sharma and P. Singal, "A Noise Survey in a Underground Railway System", *Applied Acoustics* **28**, p 263, (1989).
- [6] C. Stüber, "Air- and Structure-Borne Noise of Railways" *Journal of Sound and Vibration* **43** (2), 281-289, (1975).
- [7] F. J. Fahy, *Sound Intensity*, (Elsevier Applied Science, London, 1989).
- [8] J.S. Bendat and A.G. Piersol, *Engineering Applications of Correlation and Spectral Analysis*, (John Wiley & Sons, New York, 1980), 188-202.
- [9] M. Brock, "Intensity Measurement Using a Tape Recorder", *Bruel & Kjaer Application Notes*, (1986).

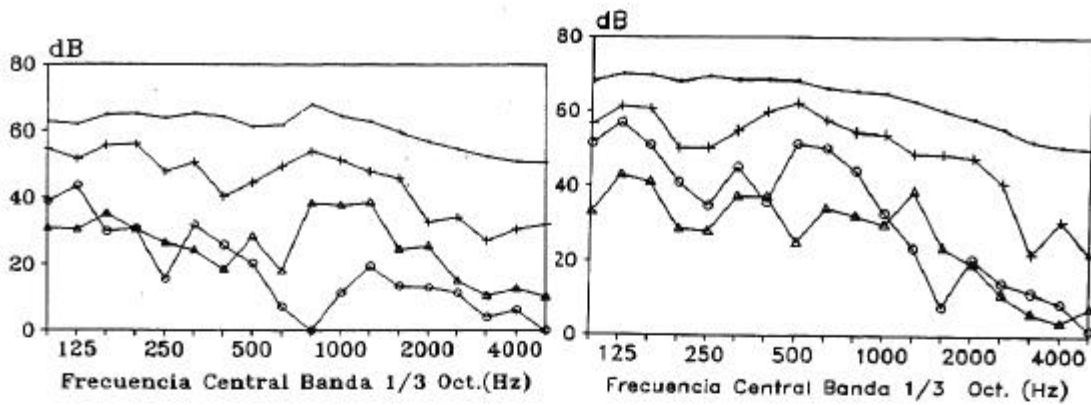


Fig 1. Nivel intensidad aportada por 2 fuentes de ruido (O) Motor tracción(Δ) Interac. rueda/rail. En ambas figuras: (*) Nivel de presión sonora [dB re 20 μPa], (+) Nivel de intensidad acústica [dB re 1 pW/m²],

Fig 2. Nivel de intensidad aportada por los caminos: (Δ) Estructural (O) Aéreo. En ambas figuras: (*) Nivel de presión sonora [dB re 20 μPa], (+) Nivel de intensidad acústica [dB re 1 pW/m²],

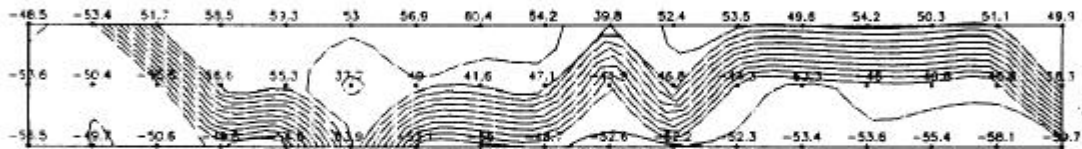


Fig 3. Mapa del nivel de intensidad acústica en el costado de un coche.

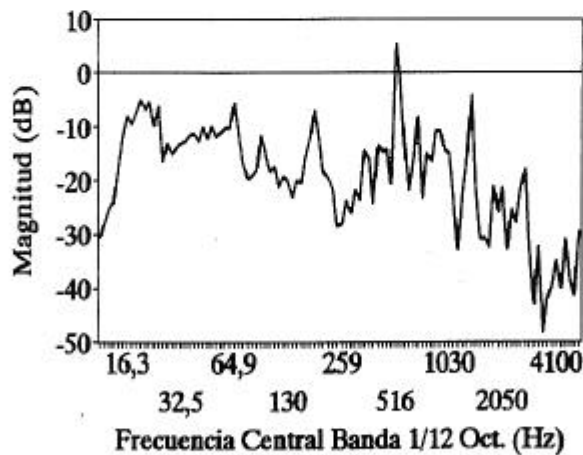


Fig 4. Módulo de la función transmisibilidad de una suspensión neumática.