



## **CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA DE DIFERENTES SUPERFICIES DE RODADURA EN TRAMOS URBANOS DE CIUDAD REAL**

PACS: 43.50.Lj

Expósito Paje, Santiago<sup>1</sup>; Viñuela, Urbano<sup>2</sup>; Terán, Fernando<sup>2</sup>; López Querol Susana<sup>1</sup>; Sanz, Ana<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>E.T.S.I. de Caminos; <sup>2</sup>E.S. de Informática

Dpto. de Física Aplicada, Ingeniería Civil y de la Edificación e Ingeniería Geológica y Minera  
Laboratorio de Acústica Aplicada a la Ingeniería Civil (LA<sup>2</sup>IC)

Universidad de Castilla-La Mancha

Avda. Camilo José Cela s/n

13071 Ciudad Real

Tel: 926 295 417

\*Correo electrónico: [santiago.exposito@uclm.es](mailto:santiago.exposito@uclm.es)

### **ABSTRACT**

In this research, LA<sup>2</sup>IC (Laboratorio de Acústica Aplicada a la Ingeniería Civil) develops field tests on different pavement types found in Ciudad Real: S-12, D-8, and D-8 whit more than 12 years since the overlay. A test procedure was relies using three standard test microphones to simultaneously measure the sound emission very close to the tire/road contact patch. Sound levels and sound spectra of individual passes of our test vehicle were analyzed to determine the tyre road interaction noise. The results, measured on the A-weighted scale were all georeferenced.

For this study we have developed acoustic measurement methods and equipment appropriate for pavement condition monitoring and evaluation of road surfaces in urban areas.

### **RESUMEN**

En este trabajo, el LA<sup>2</sup>IC (Laboratorio de Acústica Aplicada a la Ingeniería Civil) ha llevado a cabo ensayos de campo sobre diferentes tipos de pavimentos en Ciudad Real: S-12, D-8 y D-8 con más de 12 años desde su puesta en obra. Las medidas fueron llevadas a cabo con tres micrófonos que miden simultáneamente la emisión sonora de la zona de contacto neumático/pavimento. Los niveles sonoros y los espectros de los diferentes pases del vehículo de ensayo fueron analizados para evaluar el ruido de rodadura. Los resultados, registrados en ponderación A, están georreferenciados.

Para este estudio hemos desarrollado métodos de medida acústicos y equipos apropiados para la auscultación y evaluación de los pavimentos de las vías de circulación.

### **INTRODUCCION**

En general, la contribución más importante a la contaminación acústica en zonas urbanas e incluso en zonas rurales procede del tráfico viario. Por ello se están realizando grandes esfuerzos para proteger a la población del ruido que este medio de transporte genera. En zonas urbanas, en

donde las fuentes de ruido y los edificios residenciales están muy cercanos, medidas correctoras como las barreras acústicas no son una solución apropiada en numerosas ocasiones. En estos casos, actuaciones reductoras sobre la fuente generadora de ruido viario parecen ser más efectivas.

La fuente principal generadora de ruido de un vehículo de forma aislada, procede de la interacción neumático/pavimento, en un intervalo de velocidades que va de aproximadamente 30-50 Km/h hasta por encima de los 130 Km/h. A este tipo de ruido, también denominado de rodadura, que depende directamente de la velocidad del vehículo, contribuyen directamente tanto la superficie de la vía como el neumático del vehículo.

Desde hace algunos años, el sector de la carretera viene aportando adelantos tecnológicos en el campo de firmes más silenciosos. Se están desarrollando nuevos tipos de pavimentos con bajo impacto acústico sobre el medio ambiente, con el fin de controlar y reducir, no solamente la emisión del ruido de rodadura, particularmente molesto en tramos de carretera urbanos, sino la absorción del ruido de la interacción neumático/pavimento y del ruido mecánico. La influencia de la superficie de rodadura puede llegar a los 9 dB si comparamos una superficie porosa y ciertas superficies de hormigones asfálticos [1].

Tradicionalmente, la elección del tipo de pavimento se ha basado en la seguridad y la durabilidad; ahora bien, cada vez más, el comportamiento acústico está siendo un factor a considerar en la construcción de la carretera o en la rehabilitación del firme. El primer paso antes de desarrollar herramientas efectivas para luchar contra el ruido o también para la auscultación del estado de la superficie del firme, ha de ser la puesta en práctica de métodos para la medida de las características acústicas de la superficie del pavimento [2]. Este creciente interés en el sector de la carretera y medioambiental nos ha llevado a plantear el estudio que ahora presentamos, dentro del marco del proyecto de investigación financiado por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha PCI05-025, para estudiar la superficie de rodadura de las carreteras de Castilla-La Mancha por métodos acústicos y la elaboración de mapas estratégicos.

## MEDIDAS DE CAMPO Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las medidas de la investigación que ahora presentamos fueron llevadas a cabo en diferentes avenidas y calles de Ciudad Real con diferentes estados de conservación y tipos de pavimentos, todo ellos flexibles. La Figura 1 presenta en rojo las zonas de estudio seleccionadas.



Fig. 1 Mapa de ciudad Real con las calles en las que se realizo el ensayo del ruido de rodadura.

Las medidas del ruido de rodadura fueron llevadas a cabo en la calle Severo Ochoa, 1, y en la avenida de los Descubrimientos, 2 y 3.

Nos encontramos con dos tipos de pavimentos y diferentes estados de conservación. En el pavimento 1 la sección estructural del firme se compone de tres capas de 4 cm (D-8), 6 cm (G-20) y 8 cm (G-25) de espesores y una recepción de un mes. El pavimento 2 se encuentra dentro de una sección estructural compuesta por dos mezclas bituminosas en caliente, la inferior de G-20 de 4-7cm de espesor y la superficial de S-12 de 5-8 cm de espesor. La recepción de la obra se produce hace 10 meses. Finalmente, el pavimento 3 es un D-8 con más de 12 años y sobre el que se observa un claro deterioro del firme.



Fig. 2 Firmes sobre los que se han realizado los ensayo del ruido de rodadura.

Los niveles de presión sonora con ponderación A emitidos por la interacción neumático de referencia/pavimento, fueron medidos a una velocidad de referencia de 50 km/h con tres micrófonos montados próximos a la rueda de referencia. El método de medida consiste en situar tres micrófonos sobre una estructura fija a la rueda trasera derecha del vehículo de ensayo. La distancia de los micrófonos al plano que contiene la rueda es de 20 cm y están situados a una distancia de la superficie del pavimento de 10 cm. Los micrófonos 1, 2 y 3 están montados a un ángulo de 45°, 90° y 135°, respectivamente, con respecto a la perpendicular al plano de la rueda, como se indica en la Figura 2.

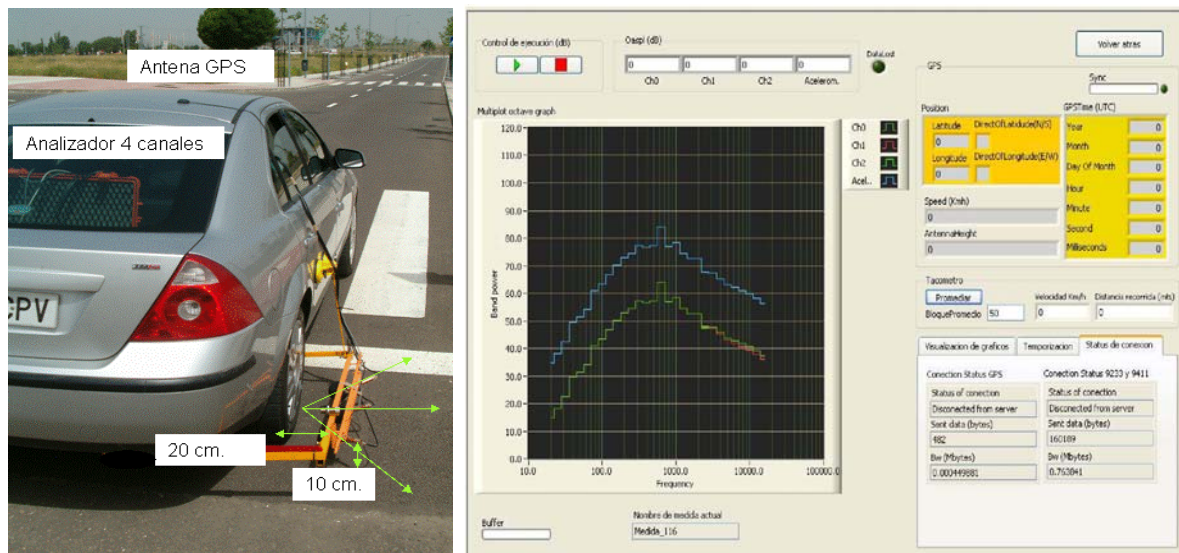


Fig. 2 Posiciones de los micrófonos durante el ensayo y pantalla de visualización de los parámetros de medida del programa de adquisición de datos.

Un sistema de control y adquisición de cuatro canales Compact-RIO y un programa de adquisición y registro de datos desarrollado en Labview son utilizados para adquirir los niveles de presión sonora, la velocidad y el posicionamiento georreferenciado de forma semi-continua durante la rodadura en los diferentes tramos de ensayo basándonos en el método de medida CPX [3]. Los micrófonos, modelo BSWA MP201, (tipo 1, según IEC 60651) están dotados de un protector contra el viento que no altera significativamente la precisión de la medida en las condiciones ambientales de ensayo. Antes y después del ensayo, los micrófonos fueron calibrados con el calibrador B&K tipo 4231. La temperatura ambiental durante los ensayos se mantuvo en 24°C. El neumático de ensayo es un neumático convencional de los utilizados para este tipo de vehículos de pasajeros en España modelo Pirelli 205/55 R16. La presión de dicho neumático en frío es de 240 kPa.

Los valores medios de los niveles sonoros medidos en los ensayos para los diferentes pavimentos, S-12, D-8 (2) y D-8 (3), son para una velocidad de 50 km/h, 85 dB (A), 89 dB (A) y 92 dB (A), respectivamente, sobre un segmento del tramo ensayado.

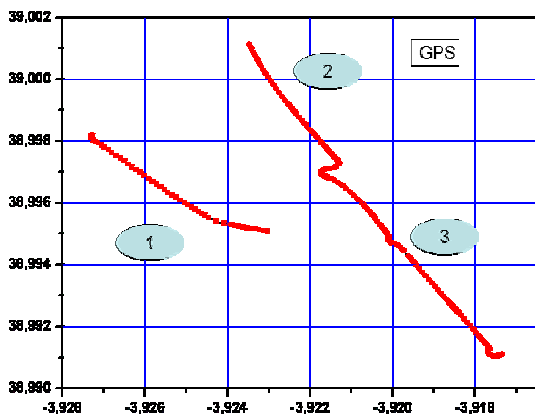


Figura 3. Latitud y Longitud de los tres tramos de ensayo

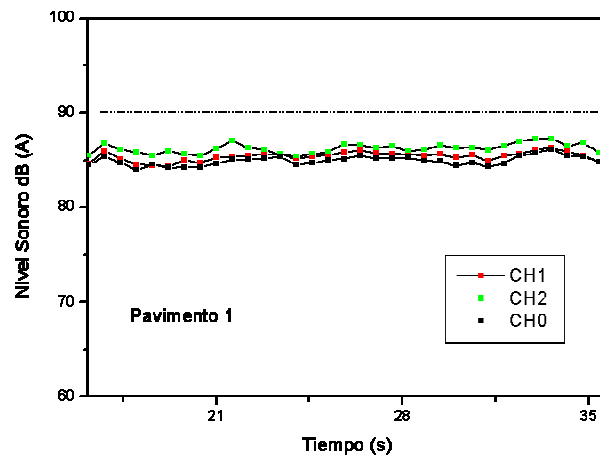


Figura 4a. Evolución de los niveles sonoros en el tramo 1 con una capa superficial D8 y 1 mes desde la recepción de la obra.

Como puede apreciarse en las figuras 4a, b y c, el pavimento 1 es el pavimento que en la fecha de ensayo muestra niveles sonoros de rodadura menores, y por llevar sólo un mes de puesta en servicio, el que se encuentra en mejor estado de conservación, además de disponer de un tamaño máximo de árido menor. El pavimento 3 presenta diferentes agrietamientos, tanto longitudinales como transversales, sobre la zona de ensayo, como queda reflejado en la evolución de los niveles sonoros al circular a 50 km/h.

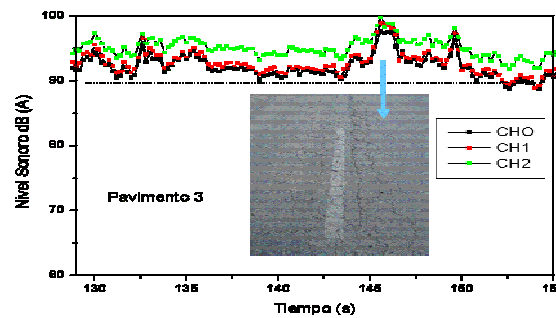
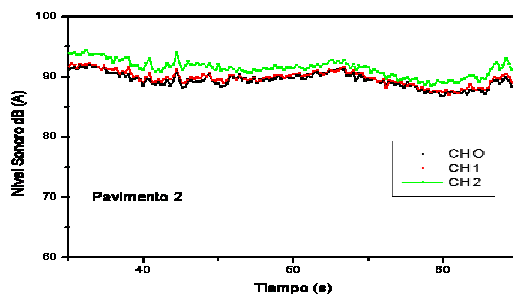


Figura 4b y c. b) Evolución de los niveles sonoros en el tramo 2 con una capa superficial S-12 y 10 meses desde la recepción de la obra. c) Evolución de los niveles sonoros en el tramo 3 con una capa superficial D8 y

más de 12 años desde la recepción de la obra. Se muestra detalle de la zona asociado a una fuerte variación del nivel sonoro.

La figura 5 muestra gráficamente los diferentes contenidos frecuenciales de los espectros asociados a los 3 pavimentos. Los espectros aparecen normalizados para una frecuencia de 1kHz.

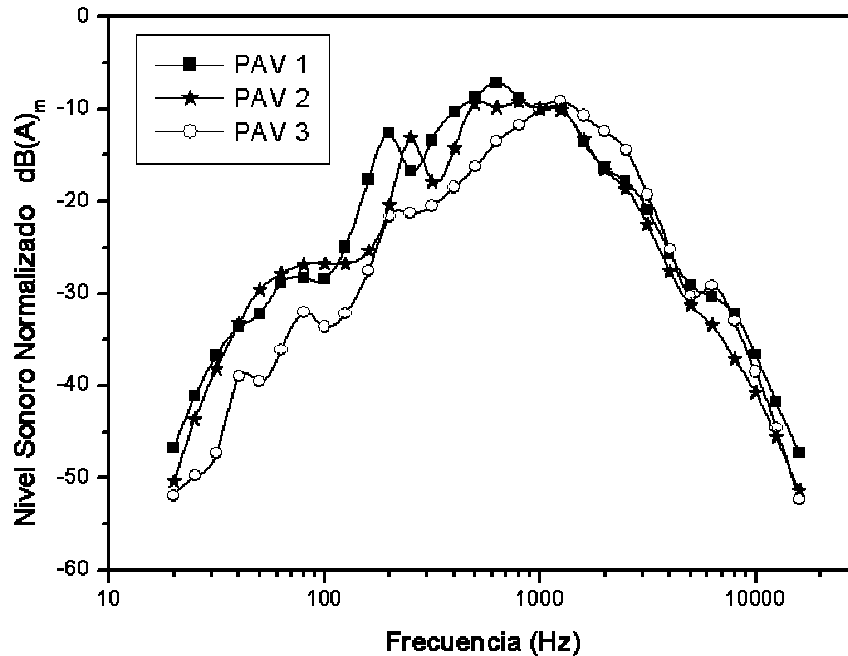


Figura 5. Espectros de frecuencia en 1/3 octava para el neumático de ensayo rodando a 50 km/h en los tipos de pavimentos estudiados. Los espectros se presentan normalizados a la frecuencia de 1 kHz.

Estos espectros muestran que el ruido de interacción neumático/pavimento en las condiciones de ensayo, es una banda ancha con contenido frecuencial importante entre los 200 Hz y los 5 kHz. La capa de rodadura más deteriorada presenta un contenido mayor de frecuencias altas, por encima de 1 k Hz. También presenta un desplazamiento de la banda más intensa hacia altas frecuencias, con respecto a los otros pavimentos. Por el contrario, los niveles sonoros a bajas frecuencias apenas se ven influenciados por el tipo de pavimento.

La emisión sonora depende del contenido de huecos de la capa superficial del firme, menor emisión cuanto mayor es el porcentaje de huecos, y del tamaño máximo de árido, menor emisión cuanto menor es el tamaño máximo. En nuestro estudio, las mezcla menos sonora es la mezcla D-8, que posee menos macrotextura, es decir, con un tamaño máximo de árido menor frente a la mezcla S-12, a pesar de ser esta última una mezcla más abierta.

## CONCLUSIONES

El objetivo del estudio es desarrollar y probar un método de ensayo aplicable a la auscultación acústica del pavimento asfáltico. El equipo desarrollado se ha utilizado para medir y analizar los niveles y los espectros sonoros de pasos individuales del vehículo de ensayo en diferentes tipos de pavimentos de Ciudad Real de manera georreferenciada.

Los niveles sonoros medidos en los tres tramos seleccionados indican diferencias sustanciales en el ruido de rodadura medido en las mismas condiciones. Hay un marcado aumento de los niveles para el mismo tipo de capa superficial de firme, al aumentar el envejecimiento, además de un significativo aumento en espectro de frecuencias de las componentes por encima de 1kHz. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros autores. También observamos un menor nivel sonoro en el pavimento con la capa superficial densa, D-8, frente al pavimento con la capa semidensa, S-12, más abierto. Este resultado se atribuye a la posible colmatación de los huecos superficiales de la capa S-12 durante los 10 meses desde su puesta en servicio, y fundamentalmente a un menor tamaño del árido en la mezcla D-8 lo que reduce la macrotextura de la capa superficial del firme y contribuye a disminuir los niveles emitidos.

El equipo desarrollado y el sistema de medida nos permite medir el ruido de rodadura y auscultar pavimentos y hacerlo de forma georreferenciada para su utilización en la gestión y rehabilitación pavimentos asfálticos en tramos urbanos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores de este trabajo agradecemos la financiación recibida para llevar a cabo este estudio, a la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, proyecto PCI05-025, y al departamento de Infraestructuras y Servicios Urbanos del Ayuntamiento de Ciudad Real, por las facilidades para llevar a cabo este estudio. También agradecemos la colaboración en dicho proyecto de investigación a las empresas Aglomancha y AEPO.

## **REFERENCIAS**

[1] Sandberg, U. and Ejsmont, J. A., 2002, *Tyre/road noise reference book*, informex, Sweden

[2] Santiago Expósito Paje, Fernando Terán, Urbano Viñuela, Susana López Querol, Ana Sanz, Ramón Crespo del Río, Francisco Javier Saura López, Francisco Cendrero y Ramón Martín-Serrano, 2006, *Evaluación Acústica de la Superficie de Rodadura para su Gestión Y Rehabilitación*, VII Congreso Nacional de Firmes, Ávila

[3] ISO/CD 11819-2, 2000-12-13 Acoustics-measurement of the influence of road surfaces on traffic noise-Part 2: The close-proximity method, Draft standard of working group ISO TC43/SCI/WG33