



## **Geo-AUSCULTACIÓN ACÚSTICA EN CAMPO PRÓXIMO DE LA N-401 EN CASTILLA-LA MANCHA**

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 y <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

### **ABSTRACT**

In the last years, satisfactory road field test in the area of CPX monitoring have been developing in the framework of SILVIA project. In this research, LA<sup>2</sup>IC (Laboratorio de Acústica Aplicada a la Ingeniería Civil) develops field tests on N-401 found in Ciudad Real, as a kind of acoustic civil infrastructure assessment. 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 based on CPX method. A GPS was used to track the location of the semi continuous A-weighted noise level parameters.

In this paper we have developed acoustic measurement methods and equipment appropriate for pavement condition monitoring and evaluation for Castilla-La Mancha road.

### **RESUMEN**

En los últimos años se vienen llevando a cabo ensayos muy satisfactorios en la auscultación CPX dentro del marco del proyecto Europeo SILVA. En este trabajo, el LA<sup>2</sup>IC (Laboratorio de Acústica Aplicada a la Ingeniería Civil) ha llevado a cabo ensayos de campo en la N-401 de Ciudad Real, como un tipo de evaluación acústica de infraestructura civil. 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 basándonos en el método CPX. Un GPS fue utilizado para georreferenciar los parámetros de los niveles sonoros con ponderación A, registrados de forma semi-continua.

Para este estudio hemos desarrollado métodos de medida acústicos y equipos apropiados para la auscultación y evaluación de las carreteras de Castilla-La Mancha.

## INTRODUCCION

La auscultación de pavimentos y superficies de carreteras, y su evaluación está siendo de gran interés en Castilla-La Mancha, especialmente en gestión del mantenimiento de pavimentos por el gran incremento de kilómetros construidos de dicha infraestructura lineal. En estos últimos años, los métodos de medida de las características acústicas de carreteras, desarrollados al amparo del proyecto Europeo SILVIA [1], permiten la integración de parámetros acústicos en el sistema de auscultación de carreteras. Estos parámetros acústicos que reflejan el estado real de conservación y mantenimiento de la superficie de la carretera, desde el punto de vista acústico, son cruciales para una eficiente gestión vial.

Además, la elección del tipo de pavimento para una infraestructura viaria se ha basado en la seguridad y la durabilidad. Ahora, 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 la N-401 entre los puntos kilométricos PK 181 y PK 186. La Figura 1 presenta las zonas de estudio seleccionada.

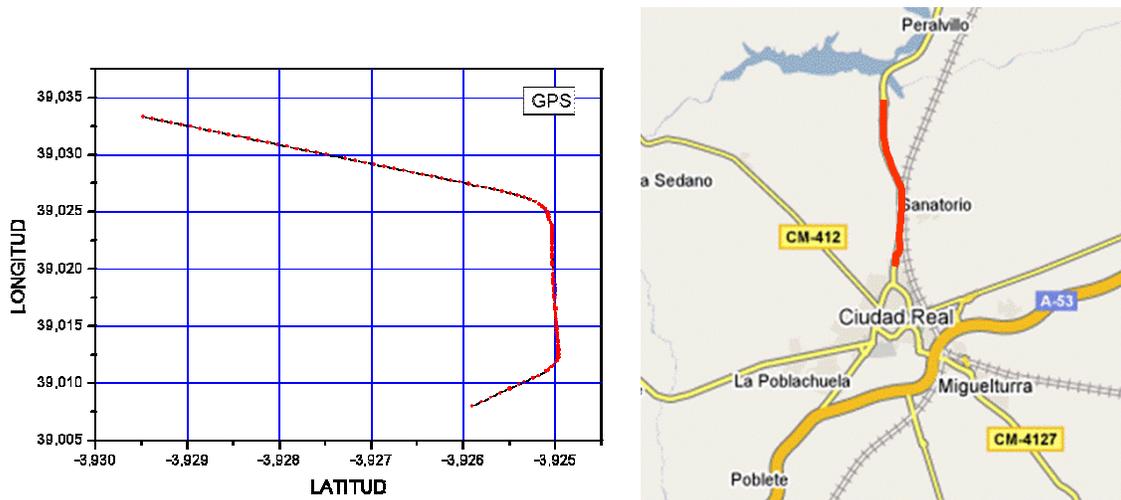


Fig. 1 Mapa y coordenadas GPS, N-401, en la zona donde se llevó a cabo el ensayo del ruido de rodadura.

Las medidas del ruido de rodadura fueron llevadas a cabo la N-401 entre los puntos kilométricos 181 y 186. Nos encontramos con un pavimento y diferentes estados de conservación.



Fig. 2 Dibujo del neumático patrón utilizado, Pirelli 205/55 R16.

Los niveles de presión sonora con ponderación A emitidos por la interacción neumático de referencia/pavimento, fueron medidos a una velocidad de referencia de 85 km/h con tres micrófonos montados próximos a la rueda de referencia. El método de medida, basado en el borrador de la norma CPX [3], 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.

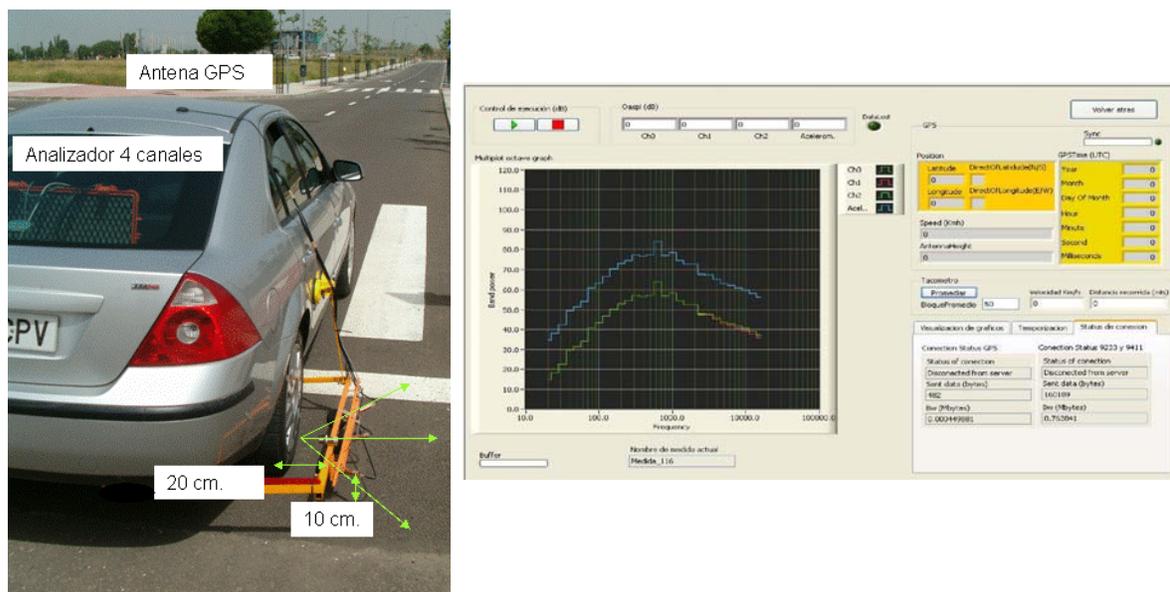


Fig. 2 Posiciones de los micrófonos durante el ensayo y pantalla de visualización de los parámetros de medida del programa de adquisición de datos.

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. 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 tipo 4231 B&K. La temperatura ambiental durante los ensayos se mantuvo en 26°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. Algunos de los valores de los niveles sonoros medidos de forma semi-continua son los que aparecen reflejados en la figura 3.

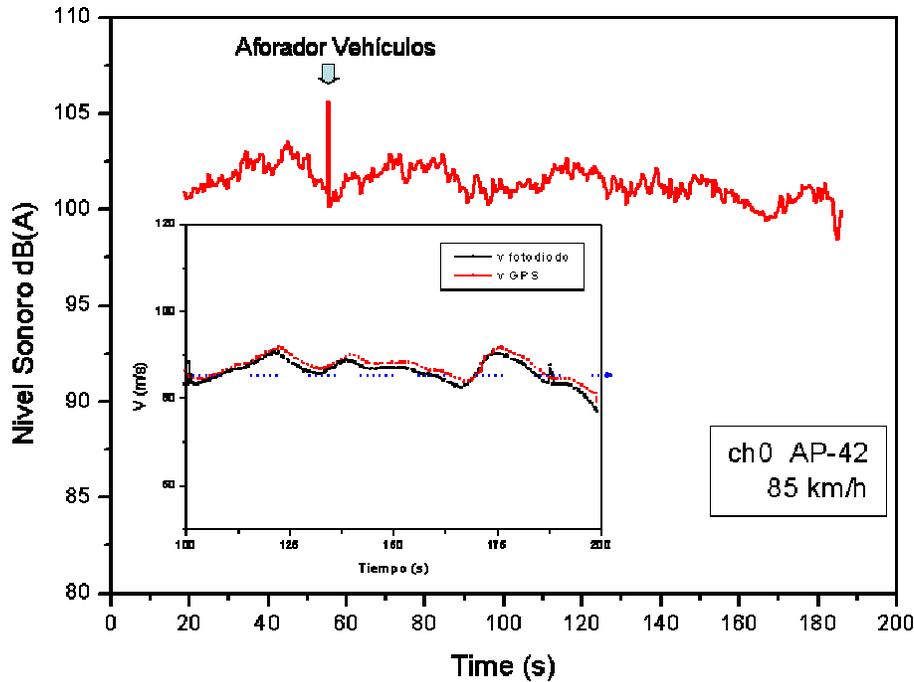


Figura 3. Evolución de los niveles sonoros en un tramo seleccionado de la zona de ensayo en la N-401. La figura insertada muestra la velocidad registrada por el GPS durante el ensayo y la velocidad registrada por un fotodiodo próximo a la rueda de ensayo.

Durante el ensayo el vehículo se mueve registrando en ruido de rodadura mientras la velocidad se mantiene a los 85 km/h seleccionados. Dado que la emisión acústica en la interacción neumático/pavimento depende de la velocidad, las desviaciones de la velocidad real del vehículo de ensayo con respecto a la velocidad de referencia seleccionada conduce a variaciones de los niveles sonoros. Para evitar este problema, normalizamos los resultados medidos a la velocidad de referencia seleccionada, dado que las variaciones en la velocidad durante el ensayo son inevitables, como queda reflejado en la figura insertada en fig.3. Los niveles de presión sonora son corregidos por la velocidad con la expresión [3]:

$$L_{corr} = L_{me} - B \log \left( \frac{v}{v_{ref}} \right)$$

$V_{ref}$ : velocidad de referencia preseleccionada

$V$ : velocidad registrada

$B$ : constante de velocidad (por defecto 35)

Para determinar la constante  $B$  a partir de la medición se ha de calcular la regresión del nivel sonoro frente a la velocidad, realizado en las mismas condiciones, neumático y tramo de carretera. Para los niveles espectrales en frecuencia, debe aplicarse la corrección de velocidad usando la misma ecuación de corrección y la constante  $B$  tal y como se hace con los niveles sonoros con ponderación A [3].

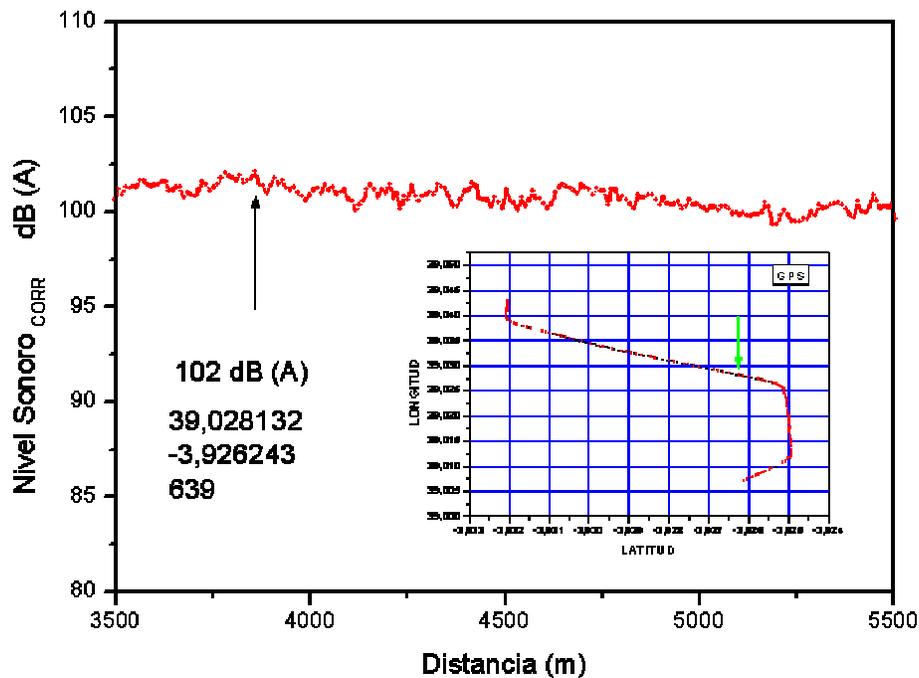


Figura 4. Evolución del nivel sonoro del canal O corregido por velocidad, en función de la distancia recorrida en un tramo seleccionado de la zona de ensayo en la N-401. La figura insertada muestra un valor asociado a una posición georreferenciada registrada por el GPS durante en ensayo

Los niveles sonoros con ponderación A son medidos en tramos de aproximadamente 10 m. Según el procedimiento descrito en la referencia 3, los niveles sonoros se promediaran cada 20 m en el tramo de carretera ensayada, para poder obtener el nivel  $L_{tr}$  para un cierto neumático de ensayo y una velocidad de referencia. En nuestra zona de ensayo hemos realizado sobre un tramo de 200 m, la media aritmética de los niveles sonoros cada 20 m obteniendo un nivel  $L_{tr}$  asociado a dicho tramo de 101 dB (A).

La figura 5 muestra gráficamente los diferentes contenidos frecuenciales del espectro asociado a un tramo de la zona ensayada.

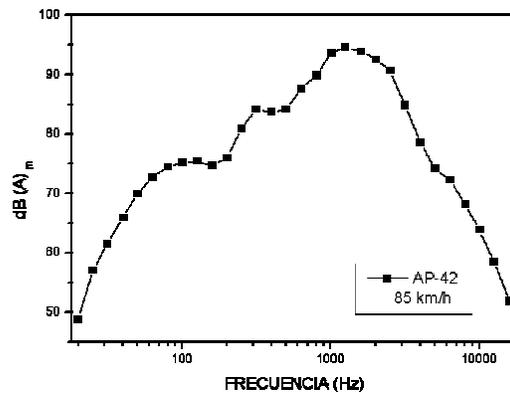


Figura 5. Espectro de frecuencia en 1/3 octava para el neumático de ensayo rodando a 85 km/h en un tramo de ensayo representativo de la N-401 ensayada. Sin aplicar la corrección por velocidad. Este espectro muestra que el ruido de interacción neumático/pavimento en las condiciones de ensayo, es una banda ancha con contenido frecuencial importante entre los 200 Hz y los 5 kHz.

## CONCLUSIONES

El objetivo del estudio es desarrollar y probar un método de ensayo aplicable a la auscultación acústica del pavimento de carretera. Un buen conocimiento de la situación de la red de carreteras para la administración de carreteras de Castilla-La Mancha, además de la información básica relativa a la fecha de construcción, de las características del pavimento (formulación de la mezcla, espesores, granulometría, contenido en huecos, etc.), de las señales y marcas viarias, etc., debería completarse con la inclusión de la situación de envejecimientos prematuros del pavimentos, agrietamientos longitudinales y transversales, roderas y otros tipos de discontinuidades, acompañado de sus niveles sonoros, lo que facilitará el estudio de la evolución en el tiempo de las condiciones del pavimento. El equipo desarrollado se ha utilizado para medir y analizar los niveles y los espectros sonoros de pasos del vehículo de ensayo en la N-401 de Ciudad Real, de manera georreferenciada y siguiendo el método CPX, descrito en la referencia 3. Este sistema permite auscultar acústicamente la superficie de la vía para facilitar los estudios de la evolución de la superficie del pavimento en el tiempo. Además, este sistema permite tener un conocimiento de la calidad acústica de la superficie del pavimento, lo que permitirá a las administraciones disponer de nuevos criterios para juzgar el estado de la red y su influencia medioambiental sobre la población cuyo resultado final serán los mapas estratégicos de ruido.

El equipo desarrollado y el sistema de medida nos permite obtener medidas georreferenciadas del ruido de rodadura y auscultaciones del pavimento que posteriormente serán utilizadas en la gestión y rehabilitación de pavimentos de las carreteras de Castilla-La Mancha con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica (S.I.G.).

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecemos la financiación recibida para llevar a cabo este estudio de investigación, a la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, proyecto PCI05-025. También agradecemos la colaboración en dicho proyecto de investigación a las empresas Aglomancha y AEPO, y Juan Antonio Mesones, Jefe de la Unidad de Carreteras de Ciudad Real, Ministerio de Fomento.

## 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