



Caracterización del ruido de rodadura

Robert Barti. Lluisa Cabezas
Departamento de Acústica Ingeniería La Salle.
Universidad Ramón Llull. Pg, Bonanova, 8. 08026 Barcelona.

Introducción

Traffic in the cities is increasing very fast these last years. This fact has become in one of the main noise sources in the urban areas. Recently studies about this problem explain how the noise from the tyre for speeds over 80 Km/h, achieve the 30% or 50% of the total acoustic radiation of a vehicle. This is the reason of our investigation, the tread noise. Tyre noise will be the principal source of noise for vehicles. After our measurements, the maximum noise level is reached at 1.1 KHz band, independly of tyre, surface and speed of vehicle.

Medidas realizadas

Para hacer las medidas se han utilizado dos pistas de las instalaciones de IDIADA, con asfalto diferente. Una es la pista ISO-1, que tiene las mismas características que la pista utilizada en la Normativa ISO-R362. La otra pista es la ISO-2, que llamaremos pista Standard, y se caracteriza por tener una porosidad del 8%, un grosor de la capa de rodadura de 40mm y una textura superficial de 0,7mm.

Las medidas se dividieron en tres fases. La primera fase, se hizo en verano en el mes de Agosto, y se hicieron medidas de todos los neumáticos disponibles. La segunda fase se hizo en el mes de Diciembre, y se repitieron las medidas hechas en la fase anterior, pero con cinco neumáticos concretos. La tercera fase se hizo en los meses de Febrero y Marzo, y en este caso las medidas tenían como finalidad estudiar fenómenos concretos, que habían aparecido a partir de los resultados obtenidos hasta el momento. En todas las ocasiones, las condiciones meteorológicas fueron inmejorables, ya que no llovió y la velocidad del viento se mantuvo siempre inferior a 5m/s. La temperatura osciló entre los 28-30°C en verano y los 12-15°C en invierno. El vehículo utilizado para hacer las medidas ha sido un SEAT IBIZA 2.0 GTI 16V y en la tercera fase se utilizó un SEAT CORDOBA de las mismas características.

Las pruebas se realizaron con 10 neumáticos BRIDGESTONE/FIRESTONE, que llamaremos como PR-i. Se caracterizan principalmente por: ser neumáticos radiales y sin cámara de aire, tener anchuras entre 175 y 195mm, y diámetros de llanta entre 13" y 15". Todos son para circulación normal, exceptuando un par que son de invierno. A parte, también se utilizó un neumático especial tipo "slick" (195/60 R14), que se caracteriza por no tener dibujo en la banda de rodadura. La presión de inflado de todos los neumáticos antes de iniciar las pruebas era de 2,2 para los traseros y 2,4 para los delanteros.

Para realizar las medidas se situaron cuatro micrófonos M1-M4, tal y como se observa en la figura 1. Los micrófonos M3 y M4, están al doble de distancia y de altura que M1 y M2, respectivamente. Esta distribución tenía como objetivo estudiar la atenuación por efecto de la distancia y posibles directividades (vire fig.2). Las medidas se han hecho en Coast-down aunque con alguna ligera variante. Las pruebas se hicieron a seis velocidades diferentes, que iban de 50km/h a 120km/h. Para cada velocidad se grababan dos pasadas del vehículo, una por cada lado del mismo. Las medidas analizadas son el promedio de estas dos pasadas.

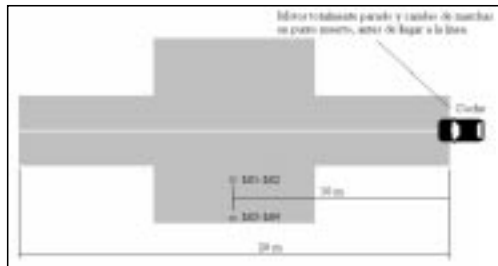


Fig. 1

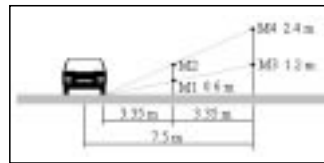


Fig. 2

Resultados

El espectro de cualquiera de los neumáticos analizados se caracteriza principalmente por:

Un pico situado entre 530Hz y 1250Hz, que se desplaza a medida que aumenta la velocidad. Es el impulso sonoro provocado cuando los 'ribs', que son los bloques que forman el dibujo de la banda de rodadura, impactan con el asfalto. Si multiplicamos el número de 'ribs' que tiene el neumático por las vueltas que hace por segundo, aparece una frecuencia que coincide con el pico que hay en el espectro y que se trata de la frecuencia de giro del neumático. En la gráfica de la figura 3 se puede observar este fenómeno.

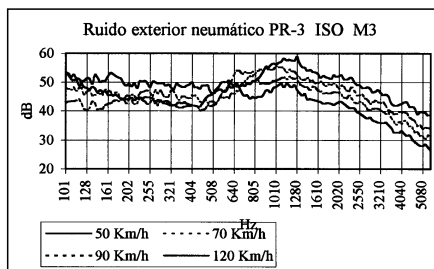


Fig. 3

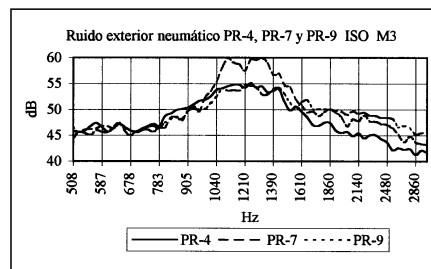


Fig. 4

Podemos observar un pico situado entre 500 Hz y 1 KHz, que se caracteriza por aumentar de nivel y frecuencia a medida que aumenta la velocidad. La forma de este pico está directamente relacionada con el dibujo de la banda de rodadura. A partir de las medidas analizadas, hemos podido comprobar como los neumáticos con dibujos que tienden a ser más longitudinales presentan un pico de menor dinámica, es el caso del PR-9 (observar figura 4); en cambio los neumáticos con dibujos más transversales tienen un pico más accentuado, que provocará una mayor molestia sonora, es el caso del PR-4.

Otro aspecto interesante a comentar es el hecho que este pico aparece alrededor de esta frecuencia en cualquier medida de tránsito, independientemente del tipo de vehículo, el tipo de neumático, la calle o la velocidad. En estudios hechos hasta el momento se atribuye la aparición de este pico al "Horn Effect" (ruido provocado cuando el aire, que queda atrapado entre los canales que forman el dibujo del neumático y el asfalto, sale con violencia al girar el neumático). Para estudiar más detalladamente este aspecto, realizamos medidas con un tipo de neumático llamado 'slick', que se caracteriza por ser un neumático totalmente liso. A partir de estas medidas, y comparando con las ya obtenidas anteriormente, comprobamos que el "Horn Effect" no es el único motivo, ya que continúa habiendo una mayor concentración de energía alrededor de 1'1KHz. Además en el espectro de un acelerómetro que situamos en el eje de uno de los neumáticos aparece un pico justo a esta frecuencia, por lo tanto, creemos que también puede ser provocado por la vibración estructural del propio neumático.

En la gráfica 5 podemos apreciar el espectro de ruido para un neumático slick. Se observa que el nivel máximo de ruido se alcanza sobre los 2 KHz, y que el pico máximo es mucho mas amplio. Hay que destacar que el nivel de pico de ruido de un neumático slick es menor que el de cualquier neumático "convencional". Por ello se les considera erróneamente neumáticos silenciosos. Pero el slick da un nivel de

energía superior, es por tanto más ruidoso que un convencional. Las medidas que se realizan actualmente según la ISO R-362, que trabaja con valores de pico, no son representativas de la realidad.

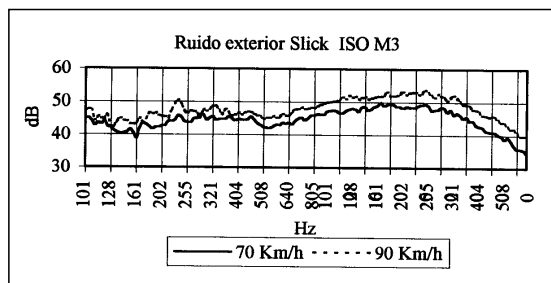


Fig. 5

Los niveles obtenidos en el micrófono 3 oscilan entre los 61-63dBA a 50km/h i los 70-73dBA a 120km/h. Se trata de niveles promediados y no de pico. Los neumáticos más ruidosos han resultado ser el PR-3 y el PR-4, y el más silencioso el PR-9 (Fig.6). Coincide que el PR-9 presenta un dibujo con líneas más longitudinales, y en cambio los otros presentan dibujos con canales más transversales.

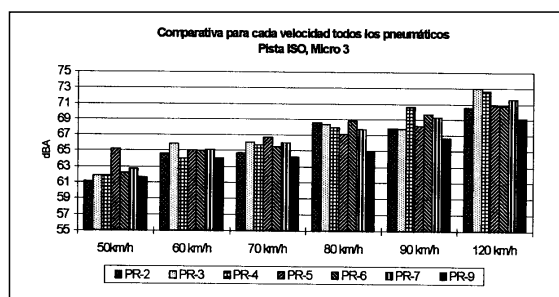


Fig. 6

El hecho de situar los micrófonos M3 y M4 al doble de distancia y altura que M1 y M2, tenían como finalidad estudiar estos dos fenómenos. Respecto a la atenuación, hemos observado que es de 3-4 dB al doblar la distancia, para cualquier velocidad. Esto se observa en la figura 7, donde se han representado las rectas de regresión para dos velocidades 70 y 90 Km/h. Se ha representado la diferencia de niveles entre M1 y M3. Podemos apreciar que la ley de propagación, depende de la frecuencia considerada. Para bajas frecuencias, se acerca a los 3 dB, mientras que para altas frecuencias se acerca más a los 5 dB.

Respecto a la directividad, hemos podido comprobar, con el análisis temporal, que no todos los neumáticos radian por igual. Este es un aspecto muy importante a tener en cuenta, sobretodo en estudios de barreras acústicas. En las figuras 8 y 9 representamos la radiación del neumático PR-5 y PR-3, respectivamente. En el caso del PR-5, se observa como a medida que se acerca el vehículo el nivel aumenta rápidamente, en cambio cuando se aleja decrece más lentamente. En el caso del PR-3 pasa justamente lo contrario.

Algunos de los factores externos analizados ha sido la influencia del tipo de asfaltado. Observamos que el hecho de cambiar de pista influye en el nivel, pero no en la forma del espectro. Hemos obtenido que la pista Standard es 1dBA más silenciosa que la pista ISO. Siendo el llamado tipo ISO el utilizado en la normativa ISO R-362, parece evidente que es necesario sustituir dicho asfaltado, por uno más convencional que actualmente ya es más silencioso.

Otra de las pruebas que se hicieron, fue poner un tipo de absorbente poroso en los cuatro guardabarros del vehículo. Los resultados obtenidos demuestran que no influye en la reducción del nivel de ruido exterior. También se hicieron pruebas con dos tipos de llanta diferentes. Una era de chapa y la otra de aluminio de tres radios. Para realizar estas pruebas se utilizó el SEAT CORDOBA. Los resultados obtenidos, para este caso concreto, han sido que la llanta de aluminio es más silenciosa para velocidades inferiores a 80km/h,

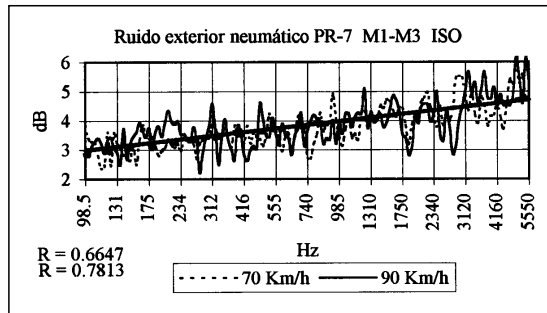


Fig. 7

pero que para velocidades superiores pasa justamente lo contrario. La causa debe ser que para altas velocidades la llanta de aluminio al ser más perforada, permite una mayor ventilación, pero genera más turbulencias, y por tanto más ruido.

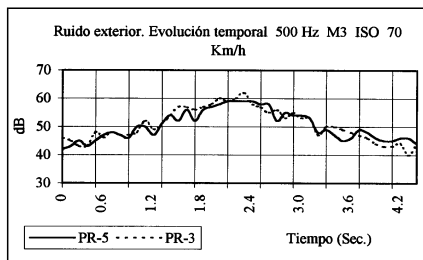


Fig. 8

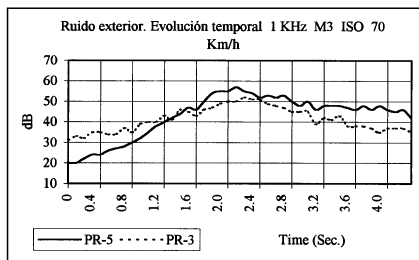


Fig. 9

Conclusiones

La propagación del sonido es de -3 dB al doblar la distancia para frecuencias bajas, independientemente de la velocidad. Para frecuencias más elevadas (5 KHz), el factor de propagación se acerca a los -5 dB al doblar la distancia.

Sorprendentemente, poner absorbente poroso en los cuatro guardabarros no reduce el nivel de ruido en el exterior. Por ello parece evidente que el ruido exterior de roadura, se debe exclusivamente a la interacción neumático-carretera, y no depende de las cavidades del vehículo.

Los neumáticos más silenciosos son los neumáticos con dibujos que tienden a ser directivos, con canales longitudinales anchos y con pocas líneas transversales.

Bibliografía

- Effect of Tyre Noise Limits on Traffic Noise. Dr.G.J.Van Blokland,Ir.D.F. der Graaff . 1996.
- Experimental Study of the Temperature Effects on Tyre/Road Noise in Japan. 1995.
- Noise Emissions of Road Vehicles. Ulf Sandberg. 1995.
- Correlation of Tyre Intensity Levels and Passby Sound Pressure Levels. J. Stuart Botton. 1995
- Diagnosis of Pass-by Noise of Road Vehicles. P.J.G Van der Linden.
- Tyre noise. The villain? K. Hardy SP tyres.
- Report of the joint ETRTO/ACEA meeting.
- Proposta de modificació de la normativa ISO R-362. R. Barti. 1995
- Ruido en los vehiculos. F. Jurado 1986