

EFFECTO DE LAS FUENTES VIBROACÚSTICAS DE UN AUTOCAR EN LOS ELEMENTOS DE SU CARROCERÍA

43.50.Lj FUENTES DE RUIDO DE MEDIOS DE TRANSPORTE: AEREO, RODADO, FERROCARRIL Y MARINO

Berasategui, Joanes; Galfarsoro, Unai; Elejabarrieta, M^a Jesús*.
Mondragón Unibertsitatea – Goi Eskola Politeknikoa
Loramendi 4, 20500 Mondragón,
Tel.: (34) 943 79 47 00 - Fax: (34) 943 79 15 36
mjelejabarrieta@eps.mondragon.edu

ABSTRACT

The vibroacoustic quality of the coaches has been improving over time, being these more accented in recent years. This fact is due to the increasing number of users, and their demand for higher comfort. In order to implement on solutions that improve the vibroacoustic comfort, it is necessary to identify and quantify the noise and vibration sources, and their transmission paths. On this assignment, once the main sources of noise and vibrations (engine, transmission group, rolling motion and aerodynamics) have been characterized, a comparative analysis has been carried out in different operating modes (1400 r.p.m., 100 km/h, idle, ...) to evaluate vibrations on different parts of the coach as windows panes, side panels, floor and roof. This analysis has allowed the obtention of the contribution of each source to noise and vibration levels inside the cockpit in different frequency ranges.

RESUMEN

La calidad vibroacústica de los autocares ha ido mejorando con el paso del tiempo, siendo esta mejora más pronunciada en los últimos años. Este hecho se debe al incremento del número de usuarios, y a que estos demandan mayor confort. Para implementar soluciones que aumenten el confort vibroacústico, es necesario identificar y cuantificar tanto las fuentes de ruido y vibraciones, como las vías de transmisión de las mismas. En este trabajo, una vez caracterizadas las principales fuentes de ruido y vibraciones (motor, grupo de transmisión, rodadura y aerodinámica), se ha realizado un análisis comparativo, en diferentes condiciones de funcionamiento (1400 r.p.m., 100 km/h, ralentí, ...), de las vibraciones observadas en elementos de la carrocería como lunas, paneles laterales, suelo y techo. Este análisis ha permitido establecer la importancia que tienen estos elementos en el ruido y las vibraciones que percibe el pasajero en diferentes bandas de frecuencia.

INTRODUCCIÓN

Obtener un comportamiento vibroacústico satisfactorio es uno de los principales objetivos de los ingenieros de diseño de autocares. Para lograr dicho objetivo es esencial conocer como afectan las distintas fuentes vibroacústicas en los niveles de ruido y vibración que se dan en el interior del habitáculo de pasajeros.

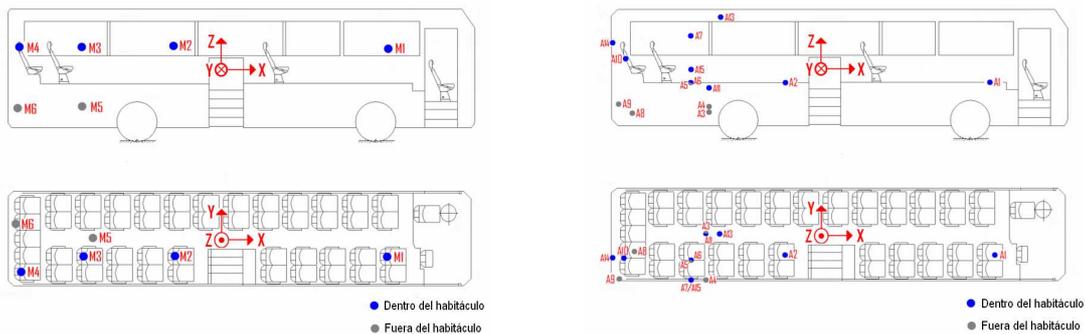
Los autores, en anteriores trabajos han identificado el origen de los máximos de ruido más importantes en el interior del habitáculo de pasajeros [1]. Además, se ha concluido que la transmisión aérea de ruido no provoca máximos importantes de ruido y vibraciones por debajo de los 350 Hz, y que por tanto el ruido en el interior del habitáculo a bajas frecuencias se debe a la transmisión estructural de las vibraciones generadas por las fuentes [2].

Este trabajo se centra en evaluar la importancia de distintas fuentes vibroacústicas en el interior del autocar en diferentes condiciones de funcionamiento. Las fuentes que se han analizado son el motor, el grupo de transmisión, la rodadura y la aerodinámica. El motor es la fuente más importante, ya que actúa en todas las condiciones de funcionamiento del autocar [3 y 4]. Las restantes fuentes entran en funcionamiento cuando el autocar se mueve, y en concreto las fuentes de rodadura y aerodinámica aumentan su importancia según aumenta la velocidad del autocar. Los efectos del ruido de rodadura sobre el ruido ambiental han sido estudiados por varios autores [5 y 6]. Para evaluar el efecto de las fuentes vibroacústicas en primer lugar se han especificado las distintas condiciones de funcionamiento del autocar que facilitan el análisis de las fuentes mencionadas. Una vez obtenidos los resultados de las medidas en carretera, mediante un análisis comparativo de estos resultados se ha podido obtener la influencia de cada fuente en el nivel de vibraciones de elementos de la carrocería como lunas, paneles laterales, suelo y techo, y en el nivel de ruido interior.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Las medidas en carretera se han realizado ateniéndose a la norma ISO 5128-1980 [7], que detalla como llevar a cabo medidas de ruido dentro de vehículos motorizados. En total se han adquirido 32 canales entre micrófonos y acelerómetros. Los micrófonos se han denominado con M1 a M6, y se han posicionado tanto en el exterior del habitáculo (M5 y M6) como en el interior (de M1 a M4). Las vibraciones se han medido en 15 posiciones diferentes, designadas de A1 a A15. Para las medidas se han utilizado acelerómetros triaxiales en las posiciones del exterior del habitáculo (A3, A4, A8 y A9) y uniaxiales en los paneles del interior.

En la Figura 1 se aprecian las posiciones de medida de ruido y vibración, así como los ejes principales del autocar.



a) Micrófonos

b) Acelerómetros

Figura 1 – Posición de los transductores.

Las medidas se han realizado en las siguientes condiciones de funcionamiento:

- Ruido de fondo. Todos los equipos del autocar apagados.
- Autocar parado y el motor a 500 rpm (ralentí) y 1400 rpm. El principal objetivo de estas medidas es caracterizar las vibraciones del motor y el ruido generado por estas vibraciones.
- Velocidad constante de 100 km/h. En esta medida están presentes todas las fuentes principales de ruido y vibraciones del autocar.

- En punto muerto a 100 km/h. Con esta medida se reduce al mínimo el ruido emitido por el motor. Así se establece la contribución de otras fuentes de ruido como la rodadura o la aerodinámica.

Las medidas se han efectuado en una carretera llana con el asfalto en buenas condiciones y con un tiempo estable, sin viento ni lluvia. El tráfico de otros vehículos no ha intervenido en los resultados obtenidos. El análisis se ha realizado con autoespectros de ruido y vibraciones de banda estrecha de 10 Hz a 8 kHz, con una resolución de 0.625 Hz. Además, a los autoespectros de ruido se les ha aplicado la ponderación A.

METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A continuación se describe el análisis comparativo realizado con los resultados obtenidos de las diferentes medidas.

- Comparación entre 1400 rpm y 100 km/h. A 100 km/h el motor gira a 1490 rpm, por lo que comparando las dos medidas se observa como influyen las nuevas fuentes que entran en funcionamiento cuando el autocar esta en movimiento. Estas son la rodadura, el grupo de transmisión y la aerodinámica.
- Comparación entre 100 km/h y 100 km/h en punto muerto. En ambas medidas se mantienen las fuentes de la rodadura y la aerodinámica, pero en cambio a 100 km/h en punto muerto se elimina la excitación del motor y del grupo de transmisión.
- Comparación a 100 km/h en punto muerto y a ralentí. En las dos condiciones, el motor gira a 500 rpm y además el grupo de transmisión no está en funcionamiento. La diferencia entre las dos medidas es que a ralentí la rodadura y la aerodinámica no intervienen.

ANÁLISIS DE LAS FUENTES VIBROACÚSTICAS

Las vibraciones en el chasis cerca del motor (posición de medida A8) son prácticamente iguales cuando el autocar esta parado a 1400 rpm o esta rodando a 100 km/h tal y como se observa en la Figura 2. Eso significa que en esta zona del chasis las vibraciones que se registran a 100 km/h provienen exclusivamente del motor.

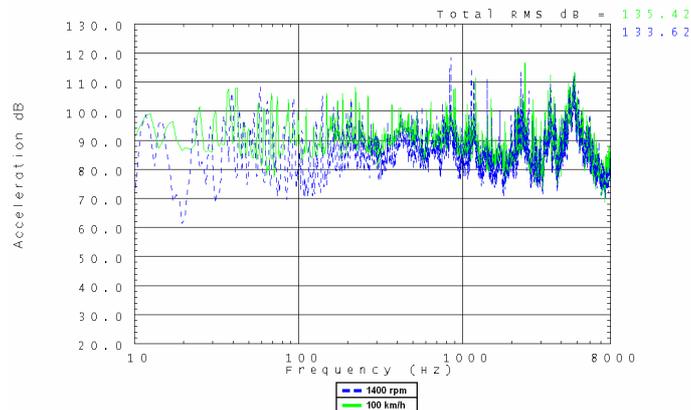


Figura 2 – Comparación a 1400 rpm y 100 km/h de la aceleración en A8Z.

Por tanto el motor es la principal fuente de vibración de la estructura en la zona trasera del autocar, independientemente del modo de funcionamiento. En cambio en un punto del chasis próximo al grupo de transmisión (A3), aunque el nivel total de aceleración también sea similar en estas condiciones de medida, se observa que hasta 600 Hz el nivel vibratorio a 100 km/h es superior a la situación del autocar parado a 1400 rpm, tal y como se aprecia en la Figura 3.

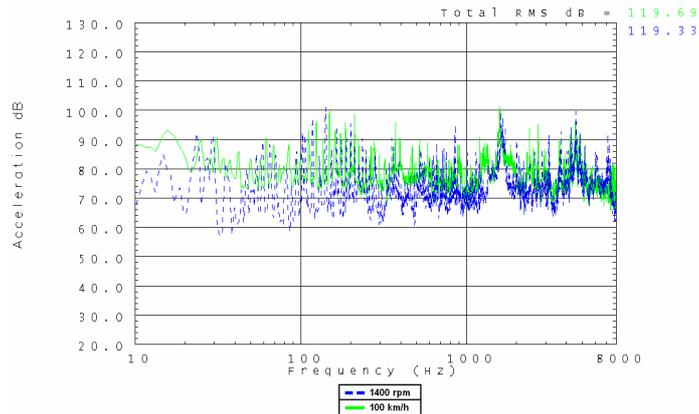


Figura 3 – Comparación a 1400 rpm y 100 km/h de la aceleración en A3Y.

Este incremento en el nivel vibratorio se debe al grupo de transmisión y a la rodadura, que actúan cuando el autocar está en movimiento. Para evaluar cual de estas fuentes tiene una influencia mayor en el incremento vibratorio observado, se han comparado los resultados de las medidas a ralentí y 100 km/h en punto muerto, tal y como se muestra en la Figura 4.

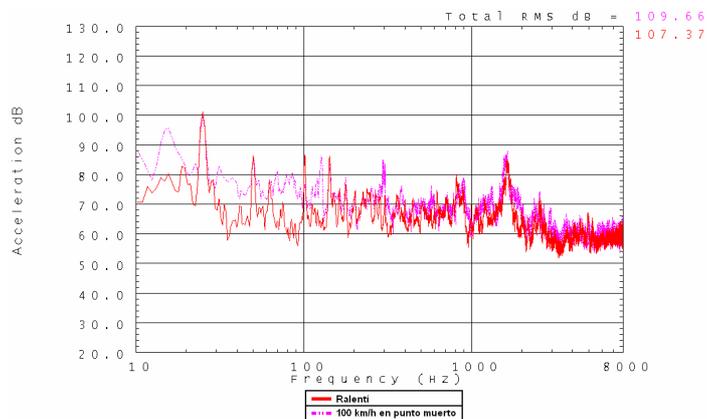


Figura 4 – Comparación a ralentí y 100 km/h en punto muerto de la aceleración en A3Y.

De este análisis se concluye que el grupo de transmisión es el que más influencia tiene en el nivel de las vibraciones del punto A3, entre 100-600 Hz.

Otro efecto interesante que se da en esta zona del chasis próxima al grupo de transmisión es la rodadura. En la posición A4 y la dirección Z, se observa que la rodadura tiene una gran importancia en las vibraciones a bajas frecuencias, ya que la aerodinámica no interviene en la dirección Z. En la Figura 5 se observa que el nivel vibratorio a bajas frecuencias es igual en 100 km/h y 100 km/h en punto muerto.

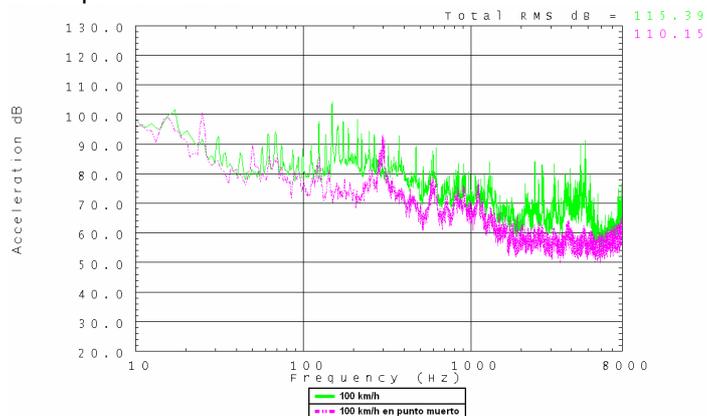


Figura 5 – Comparación a 100 km/h y 100 km/h en punto muerto de la aceleración en A4Z.

Las vibraciones a bajas frecuencias que se dan en A3 y A4 debidas a la rodadura se transmiten al interior del habitáculo. Este efecto se hace visible en los laterales (A7) y en el techo, ya que el nivel vibratorio a 100 km/h y a 100 km/h en punto muerto es el mismo en esta banda de frecuencias tal y como se aprecia en la Figura 5. Por lo tanto, para reducir el nivel de las vibraciones a bajas frecuencias de los paneles laterales, de las lunas y del techo una posible vía de solución, sin modificar estos elementos, consistiría en atenuar la fuente de rodadura.

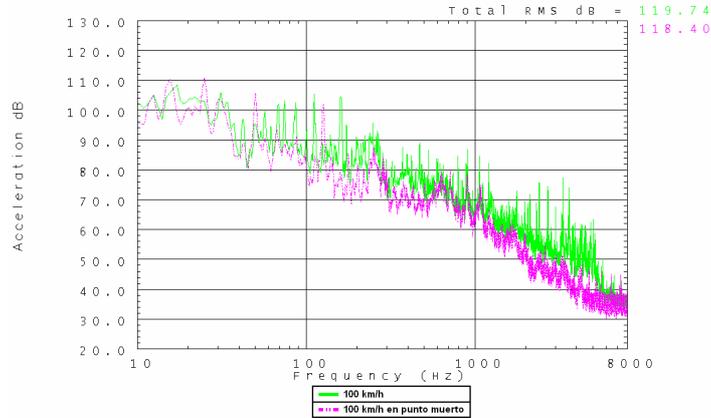


Figura 5 – Comparación a 100 km/h y 100 km/h en punto muerto de la aceleración en la luna lateral (A7).

En cambio, en el suelo del habitáculo (A2) se hace más notable la influencia del grupo de transmisión, como se puede observar en la Figura 6. En estos puntos los máximos más importantes se dan a medias frecuencias.

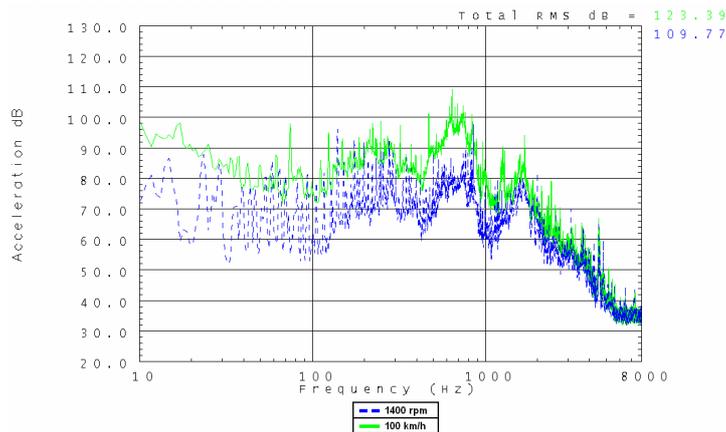


Figura 6 – Comparación a 1400 rpm y 100 km/h de la aceleración en el suelo del habitáculo (A2).

En cuanto al ruido en el interior del habitáculo se puede diferenciar su origen en diferentes bandas de frecuencia. El nivel de ruido a bajas frecuencias y 100 km/h se debe a la rodadura. Por el contrario, el nivel total de ruido está más influenciado por los máximos a medias frecuencias, cuyo origen son las vibraciones del motor y del grupo de transmisión que se transmiten al suelo del habitáculo.

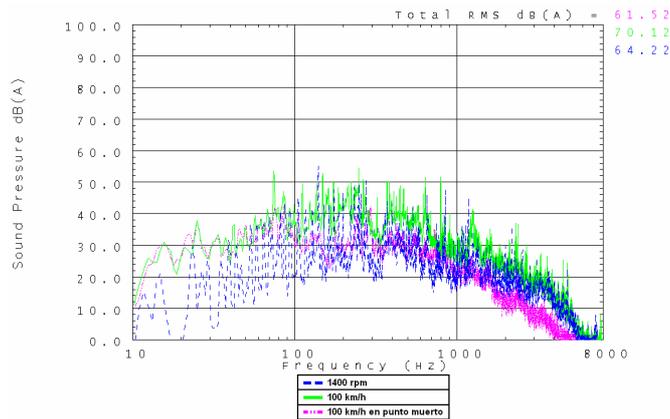


Figura 7 – Comparación a 1400 km/h, 100 km/h y 100 km/h en punto muerto de la presión sonora en M3.

CONCLUSIONES

Por debajo de 100 Hz la rodadura es una fuente importante de vibraciones del chasis, transmitiéndose estas vibraciones a los paneles del interior del habitáculo, siendo este efecto muy visible en los laterales, las lunas y el techo. Por tanto el nivel de ruido en el interior del habitáculo por debajo de 100 Hz se debe a la rodadura.

En el interior del habitáculo, los máximos más importante de ruido a 100 km/h se dan a medias frecuencias, y son debidos a las vibraciones del motor y del grupo de transmisión. En estas condiciones el nivel de ruido en el interior se corresponde con el nivel de que se registra en el suelo del habitáculo entre 100 y 600 Hz, y que tiene el mismo origen.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por el proyecto UE-2007-5 financiado por el Gobierno Vasco y por el proyecto TRA-2007-61780/A financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia en el programa Investigación Científica.

REFERENCIAS

- [1] Berasategi, J.; Galfarsoro, U.; Elejabarrieta, M.J.; Insausti, I. Structure borne noise inside a coach. *Acoustics '08*, Paris, 29 de Junio a 4 de Julio de 2008.
- [2] Berasategi, J.; Galfarsoro, U.; Elejabarrieta, M.J.. Identificación de la transmisión aérea del ruido en autocares. *Acústica 2008*, Coimbra, 20-22 de Octubre de 2008.
- [3] Liang, X.Y.; Shu, G.Q. Study of diesel engine noise source identification. *Chinese Internal Combustion Engine Engineering*, v 26, 2005, p 67-71.
- [4] Jia, J.D.; Wang, Y.L.; Li, J.X. Noise source identification and noise control of the bus. *Journal of Vibration and Shock*, v 27, 2008, p 161-164.
- [5] Freitas E.; Paulo J.P.; Bento Coelho J.L. A redução no ruído rodoviário com a utilização de pavimentos de baixo ruido. *Acústica 2008*, Coimbra, 20-22 de Octubre de 2008.
- [6] Morcillo M.A.; González J.A.; Hernández M.A.; Hidalgo A. Influencia de la porosidad de los asfaltos en la generación del ruido de rodadura. *Acústica 2008*, Coimbra, 20-22 de Octubre de 2008.
- [7] ISO 5128: Measurement of noise inside motor vehicles, 1980 (E).