

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL PARA MEDIDA PERDIDAS POR INSERCCION DE PANTALLAS ACÚSTICAS DE CARRETERA: DISMINUCION DEL ERROR POR RUIDO DE FONDO

REFERENCIA PACS: 43.50.Rq RUIDO MEDIOAMBIENTAL, MEDIDA, ANÁLISIS, CARACTERÍSTICAS ESTADÍSTICAS

Cordero, Roberto¹; Bragado Pérez, Beatriz²; Morcillo Sánchez, Miguel Ángel³; Hidalgo Otamendi, Antonio⁴; Esclapez Sempere, Marisa⁵; Vera Guarinós, Jenaro⁶; Martín Pérez, Antonio⁷

Fundación CIDAUT^{1,2 y 3}; CECOR^{4 y 5}; Universidad de Alicante^{6 y 7}
Parque Tecnológico de Boecillo

Boecillo, Valladolid

Tel: 983 54 80 35^{1 y 2}; 902 910 504^{3 y 4}

Fax: 983 54 80 62^{1 y 2}; 902 910 504^{3 y 4}

robcor@cidaut.es¹; beabra@cidaut.es²; migmor@cidaut.es³; antoniohidalgo@cecorsl.com⁴;
marisa@cecorsl.com⁵; jenaro@disc.ua.es⁶; amp51@alu.ua.es⁷

ABSTRACT

According to the action plan presented by The General Directorate of Roads of the Spanish Ministry of Public Works, and corresponding to the implementation of EU Directive 2002/49 on environmental noise, the installation of a large amount of acoustic barriers is expected in the coming years in Spain. To properly evaluate the efficiency of the implemented solutions, an experimental method, capable of assessing the quality in the installation of these devices is needed; Insertion Loss.

Among the many challenges posed by the IL test, one of the main ones is the presence of background noise, not related to the addressed noise source, which introduces undesired effects in the measured signal and is very difficult to evaluate and discern from the barrier abated noise.

A methodology is presented which allow to substantially decrease the effect of background noise recorded during measurements, based on the use of the difference signal obtained through subtraction of a reference microphone signal from the measurement microphone one.

RESUMEN

En los próximos años se prevé la instalación de numerosas pantallas acústicas de carreteras. Se hace necesario un método de evaluación experimental de la eficiencia (Pérdidas por inserción) en la instalación de estos dispositivos.

Entre los múltiples problemas que plantea esta medición, uno de los principales es la presencia de ruido de fondo, ajeno a la carretera, que es muy difícil de evaluar y discernir.

Se presenta una metodología para eliminar el ruido de fondo de la evaluación, basada en el uso de la señal de diferencia entre un micrófono de referencia y el micrófono de medida.

INTRODUCCION

Desde la publicación de la Ley 37/2003 del Ruido, y la consiguiente elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido y los Planes de Acción acústica en carreteras y aglomeraciones, se ha definido la necesidad de la futura instalación de un gran número de kilómetros de pantallas acústicas, con el fin de proteger del ruido a los habitantes en las proximidades de las vías de tráfico rodado. Esta implantación de barreras acústicas supondrá la necesidad de habilitar significativas partidas presupuestarias en los próximos años por parte de las diferentes administraciones gestoras de carreteras.

Si bien la mayor parte del presupuesto será dedicado al proyecto, suministro e instalación, sería conveniente prever una parte del esfuerzo a la evaluación de su efecto acústico final, para verificar si realmente cumplen con la mejora acústica calculada en el proyecto a través de la reducción de los niveles acústicos de inmisión en el entorno. Sin embargo, aunque existe una Norma Internacional ISO al efecto [1] para la medición de las Pérdidas por Inserción, esta presenta algunas dificultades que provocan que la incertidumbre de medida sea elevada, en algunas ocasiones del orden del valor de Pérdidas por Inserción que se desea evaluar.

Uno de estos problemas está provocado por el ruido de fondo. Cuando se registra el ruido antes de la instalación en las posiciones de evaluación, el nivel acústico de la fuente es suficientemente alto como para que el ruido de fondo no interfiera en la medida. Sin embargo tras la instalación de la barrera acústica este nivel se reduce, como es deseable, a niveles del ruido de fondo en el entorno, proveniente de otras fuentes acústicas (otras vías de comunicación, actividad humana, eventos). Esto provoca que no sea posible evaluar la verdadera reducción acústica que la pantalla consigue, y que el resultado de la medida pueda ser mucho menor al esperado.

PROCEDIMIENTO GENERAL DE MEDIDA

Como se ha dicho existe una Norma Internacional ISO para la medida de Pérdidas por Inserción de carretera. El método de medida se basa en evaluar el nivel acústico equivalente en un punto antes de la instalación de la barrera (situación “antes”, A), y volver a evaluar este nivel equivalente tras la instalación de la misma (situación “después”, D).

$$D_{IL} = (L_{r,A} - L_{r,D}) \quad [\text{eq. 1}]$$

Existen variantes en el método de medida en función de si la evaluación se realiza sobre una barrera ya instalada o antes de instalar, y si el procedimiento se comienza antes de la puesta en funcionamiento de la vía de tráfico rodado, o es una carretera ya existente.

En el caso más general en los Planes de Acción, vamos a centrar el trabajo en la evaluación de pantallas no instaladas en carreteras en funcionamiento. En este caso la fuente acústica para la evaluación es la propia carretera y la medida “antes” se realiza antes de la instalación y la medida “después” se realiza después de la instalación, como resulta obvio.

Sin embargo entre ambas situaciones pueden transcurrir meses, y es necesario comprobar que al realizar la segunda medición nada haya cambiado respecto a la situación inicial, exceptuando la instalación de la propia pantalla. Sin embargo no es posible hacer que el tráfico, y por lo tanto la excitación, sea exactamente igual antes y después de la instalación. Para corregir esta situación se incluye la medida del nivel equivalente de un punto de referencia, con el que se pilota el nivel de emisión de la carretera en ambas situaciones.

Este punto de referencia debe ser una localización tal que el nivel acústico no se vea alterado tras colocar la pantalla, y en general (salvo pantallas de geometrías complejas) se puede decir

que un punto adecuado está por encima de la barrera, al menos 1,5 m por encima de la arista superior (ver figura 1).



Figura 1. Puntos de medida y de referencia

De esta forma se introduce en la formulación de las pérdidas por inserción un factor de corrección que compensa las variaciones ocurridas en la fuente entre ambas situaciones:

$$D_{IL} = (L_{ref,D} - L_{ref,A}) - (L_{r,D} - L_{r,A}) \quad [eq. 2]$$

Se recomienda que esta diferencia de corrección no sea nunca superior a los 6 dBA. Además se debe controlar no solo que el nivel de excitación acústica de la fuente (carretera) sea similar en ambas situaciones, sino que además la configuración del tráfico debe ser similar entre las calzadas de la vía causante de la contaminación acústica.

DIFICULTADES DE LA MEDIDA DE LAS PÉRDIDAS POR INSERCCIÓN

Además de la problemática asociada a cualquier medida de niveles acústicos ambientales, esta medida se encuentra con dificultades propias que son origen de un aumento de la incertidumbre de medida.

El procedimiento de medida, las precauciones a tomar y las incertidumbres derivadas de las medidas acústicas deben hacerse siguiendo la normas de medida acústica ambiental ISO 1996 [2 y 3], desarrolladas y elaboradas para este fin.

Entre las complicaciones particulares del método en cuestión, se encuentran la dificultad de situar un punto de referencia invariable para barreras no planas, la dificultad de calcular la incertidumbre asociada al distinto reparto del tráfico entre calzadas y carriles y el efecto del ruido de fondo en las medidas.

Respecto al ruido de fondo cabe destacar que para un nivel constante de ruido de fondo en un entorno determinado, este será más aditivo en el caso en el que la medida de inmisión sea menor, que como se ha comentado es la medida del punto de evaluación tras la instalación de la barrera.

Por ejemplo. Si en un determinado emplazamiento una carretera emite un nivel de ruido equivalente de 70 dBA, mientras que el ruido de fondo debido a otras fuentes es de 63 dBA, en el emplazamiento mediremos menos de 71 dBA de nivel equivalente. Si diseñamos una barrera acústica con unas pérdidas por inserción teóricas (en el mismo emplazamiento para el espectro de tráfico en cuestión) de 10 dBA, la fuente acústica de la carretera nos emitirá 60 dBA, mientras que si el ruido de fondo se mantiene en 63 dBA, mediremos más de 65 dBA, y por lo

tanto supondremos que las pérdidas por inserción de la barrera son de 5 dBA, la mitad de lo esperado teóricamente.

PROCEDIMIENTO DE MINIMIZACIÓN DE ERRORES

El problema que se ha descrito en el punto anterior viene dado por que el método de medida opera sobre diferencias de niveles equivalentes. Debido a este hecho el nivel de ruido de fondo pesa mucho sobre el nivel equivalente de la emisión de la carretera.

Sin embargo esto se podría minimizar si evaluáramos los niveles equivalentes de las diferencias de niveles entre los puntos de referencia y los puntos de medida. Es decir:

La ecuación 2 se puede reescribir del siguiente modo:

$$D_{IL} = (L_{ref,D} - L_{r,D}) - (L_{ref,A} - L_{r,A}) \quad [\text{eq. 3}]$$

De forma que el primer término se refiere a la diferencia de niveles entre el punto de referencia y el punto de medida después de la instalación, y el segundo término se refiere a la diferencia de niveles entre el punto de referencia y el punto de medida antes de la instalación. Esta forma de reescribir la ecuación permite realizar medidas antes y después en diferentes días y operar con las medias de las diferencias.

Pero no solo ofrece esta ventaja, sino que las diferencias de niveles entre referencia y pto de medida se puede evaluar en tiempo real como diferencia de niveles equivalentes en periodos cortos de tiempo (1 segundo), y posteriormente hacer el nivel equivalente de esta diferencia a largo plazo. En ausencia de ruido de fondo el procedimiento señalado (nivel equivalente de la diferencia) aporta iguales resultados que el anterior (diferencia de niveles equivalentes) Si embargo con ruido de fondo y cuando se opera de esta forma, el resultado no es igual. La diferencia de niveles es mayor al paso de vehículos y en ausencia de eventos o ruidos procedentes de otras fuentes. Así esta diferencia se hace pequeña, e incluso negativa, cuando no hay tráfico, o la carretera emite menos que el ruido de fondo. Al evaluar el nivel equivalente de las diferencias, los valores altos pesarán mucho sobre este nivel, mientras que los niveles bajos y negativos apenas aportarán nada al nivel equivalente.

En la figura 2 se puede ver una explicación gráfica de lo descrito antes:

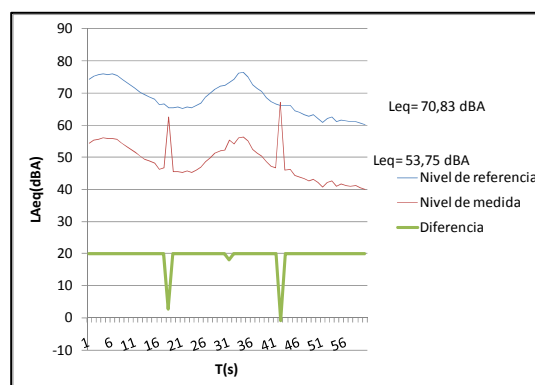


Figura 2. Diferencia de niveles entre el punto de referencia y el punto de medida

En la Figura 2 se puede ver la evolución temporal del nivel equivalente cada segundo en el punto de referencia (azul) y en el punto de medida (rojo). Se ha provocado la existencia de dos eventos acústicos ajenos a la carretera que elevan la señal del micro de medida en dos

instantes de tiempo. Estos dos eventos incrementan el nivel equivalente en el punto de medida en tres dB, que a la postre significaría una reducción en la evaluación de las pérdidas por inserción del mismo nivel.

Sin embargo al aplicar la diferencia de niveles en tiempo, estos eventos pasan a ser diferencias nulas entre micro de referencia y micro de medida, y al evaluar el nivel equivalente de esta diferencia apenas aportan energía al nivel y por lo tanto no alteran el resultado del coeficiente de pérdidas por inserción.

Método Alternativo

Cuando realmente se está evaluando el efecto de la barrera es cuando existe un paso de vehículo que genera un alto nivel de ruido, y por lo tanto cuando la diferencia de niveles entre los puntos es mayor. Se ha comprobado en la práctica que podría dar mejores resultados que el nivel equivalente, el uso de un nivel percentil de la señal diferencia, que dependería del tráfico de la carretera, siendo más bajo el percentil cuanto menor sea el tráfico de la carretera en el momento de la evaluación.

Incluso se podría plantear el obtener el nivel máximo de la diferencia de niveles como referencia para calcular las pérdidas por inserción, ya que además es más parecido a lo que se opera en las predicciones numéricas para el diseño de pantallas.

Está aun por definir cual es la mejor técnica de cara a la evaluación experimental del índice final, pero es claro que la técnica minimiza los errores derivados de la existencia de ruido de fondo en la zona de medida.

DEMOSTRACIÓN PRÁCTICA

Después de la demostración analítica y teórica se realizaron una serie de medidas controladas con el fin de recrear una medida de Pérdidas por Inserción en la que se podía introducir un ruido de fondo de forma controlada.

La situación elegida fue la medida del ruido del paso de ruido de tráfico en el interior de una estancia. En primer lugar se midió con las ventanas abiertas y posteriormente con las ventanas cerradas, evaluando las pérdidas por inserción de las ventanas.

Las medidas se repitieron sin ruido de fondo apreciable por un lado, y por el otro provocando ruido ajeno al de la carretera que aumentó el nivel recibido en el micrófono de medida. Los niveles equivalentes registrados en cada situación fueron los siguientes:

	Ventana abierta y cerrada			
	Antes (Abierta)		Después (Cerrada)	
	L _{Aeq,ref}	L _{Aeq,med}	L _{Deq,ref}	L _{Deq,med}
Sin ruido	61	55,6	64,3	46,1
Con ruido	61,2	56	63,7	49

Tabla 1. Niveles equivalentes de los puntos de evaluación

Como se observa los niveles equivalentes en los puntos de referencia permanecen sin grandes variaciones, en especial no cambian cuando se genera ruido de fondo. Este ruido de fondo solo afecta al punto de medida, pero su efecto es mayor en la medida con las ventanas cerradas, ya que el nivel acústico de la sala es menor.

Con estas medidas las Pérdidas por Inserción en caso de no haber ruido de fondo se estimarían en 13 dBA, mientras que al hacer los cálculos con el ruido de fondo este valor

quedaría reducido 9,5 dBA, es decir, aparentemente el ruido de fondo debilitaría la estimación en 3 dBA.

Sin embargo al procesar los niveles diferencia entre los micros de referencia y de medida, y posteriormente hacer los niveles equivalentes, la estimación con y sin ruido de fondo apenas cambia y es del mismo orden que la estimación anterior en ausencia de ruido de fondo.

	Diferencia de Niveles Equivalentes			Nivel Equivalente de la Diferencia		
	$L_{Aeq_ref} - L_{Aeq_m}$	$L_{Deq_ref} - L_{Deq_m}$	IL	$L_{Aeq_ref} - L_{Aeq_m}$	$L_{Deq_ref} - L_{Deq_m}$	IL
Sin ruido	5,4	18,2	13	5,8	18,3	12
Con ruido	5,2	14,7	10	6,3	18,6	12

Tabla 2. Diferencia de niveles mediante los diferentes métodos

CONCLUSIONES

A pesar de las dificultades en la evaluación de las Pérdidas por Inserción de las pantallas acústicas, es necesario el desarrollo de una metodología para la evaluación de los resultados prácticos que estas inversiones consiguen y que sirva de soporte para dirimir la calidad de los proyectos, los productos y las instalaciones en aquellos casos en que no se alcancen in situ los niveles de reducción acústica previstos en el proyecto. Este avance ya se ha conseguido en la estimación experimental de los aislamientos de los cerramientos en edificación, por poner un ejemplo.

Existen dificultades en el procedimiento de medida, que hacen que las incertidumbres, asociadas al resultado de la misma sean demasiado elevadas, en ocasiones del orden de la propia magnitud que se está evaluando.

Si embargo existen soluciones metodológicas que permiten mejorar estos procesos y reducir la incertidumbre asociada. Además será necesario evaluar las pantallas acústicas en aquellos puntos en los que las Pérdidas por Inserción sean significativas. Estos puntos de evaluación deberían estar especificados en los propios proyectos de predicción.

BIBLIOGRAFIA

- [1] - ISO 10847:1997; "Acoustics -- In-situ determination of insertion loss of outdoor noise barriers of all types"
- [2] - ISO 1996-1:2003; "Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise -- Part 1: Basic quantities and assessment procedures"
- [3] - ISO 1996-2:2007; "Acoustics -- Description, measurement and assessment of environmental noise -- Part 2: Determination of environmental noise levels"