
XV Congreso Argentino de Acústica, AdAA 2017

Bahía Blanca, 23 y 24 de noviembre de 2017

AdAA2017-16

Apantallamiento de ruido de tránsito en autopista: estudio de predicción y evaluación de resultados

Nilda Vechiatti, Federico Iasi, Alejandro Armas, Daniel Tomeo

Laboratorio de Acústica y Luminotecnia, Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Camino Centenario y Calle 506, Gonnet, Buenos Aires, Argentina.
Email: ciclal@gba.gob.ar

Abstract

In order to mitigate the acoustic impact produced by vehicle circulation, it is common to resort to the installation of acoustic barriers close to highways or railways. The reduction of noise level that can be obtained by means of this kind of solutions depends on several factors, among which intrinsic features of the barriers and the conditions of the installation site are significant. This work presents the corresponding procedure for estimating the expected noise reduction when installing an acoustic barrier, and the assessment of the results obtained from measurements.

Resumen

Para la mitigación del impacto acústico producido por la circulación de vehículos es común recurrir a la instalación de pantallas acústicas en la cercanía de las vías rápidas de circulación o de las trazas de ferrocarriles. La reducción del nivel de ruido que puede obtenerse con la implementación de este tipo de soluciones depende de varios factores, entre los que se destacan las características intrínsecas de las propias pantallas y las condiciones del lugar en el que se instalarán. En este trabajo se presenta el procedimiento seguido para la estimación de la reducción de ruido esperable al instalar una barrera acústica, y la evaluación de los resultados obtenidos a partir de mediciones.

1 Introducción

Instalar pantallas acústicas en las cercanías de vías rápidas de circulación de rodados, o de las trazas de ferrocarriles, constituye una solución a la que se recurre frecuentemente para mitigar el impacto acústico producido por la circulación de vehículos y transportes.

La reducción del nivel de ruido que puede lograrse con la implementación de este tipo de recursos depende de varios factores, entre los que se destacan las características intrínsecas de las propias pantallas y las condiciones del lugar en el que se instalarán.

En este trabajo se presenta el procedimiento seguido para la predicción de la reducción de ruido esperable al instalar una barrera acústica, y la evaluación de los resultados obtenidos, a partir de la realización de mediciones luego de la instalación de la pantalla.

2 Metodología de trabajo

La metodología de trabajo incluyó la realización de una serie de etapas, que se detallan a continuación:

- Se seleccionaron posiciones de medición en la zona en que luego se instalaría la pantalla.
- Se midieron niveles sonoros antes de la instalación de la pantalla, en los puntos de medición seleccionados.
- Se obtuvo en laboratorio el Índice de Reducción Sonora R de los paneles con los que se construiría la pantalla.
- Se buscó el modelo matemático adecuado para la predicción de las pérdidas de inserción de la pantalla a instalar.
- Se calculó la atenuación sonora esperable en los puntos de medición luego de la instalación de la pantalla.

Una vez instalada la pantalla, y con el objeto de validar los resultados calculados, se repitieron las mediciones de niveles sonoros *in situ*.

En todos los casos, las mediciones se realizaron en horarios del mediodía y primeras horas de la tarde, en un día en el que las condiciones del tránsito eran las habituales.

2.1 Selección de puntos de medición

La pantalla a la que se hace referencia en este trabajo fue instalada sobre una autopista cuya traza es muy cercana a edificios preexistentes. La altura de la pantalla es de 3 m, y está montada sobre una protección de hormigón de 1 m de altura. Por otra parte, la traza de la autopista se encuentra aproximadamente a 8 m por encima del nivel de la calle ubicada debajo de ella. Estas condiciones confieren una altura de 12 m desde el borde superior de la pantalla hasta el nivel de la calle.

Por lo que los 5 puntos en los que se realizaron las mediciones de niveles sonoros (Figura 1), tanto antes como después de la instalación de la barrera, fueron seleccionados de acuerdo con los siguientes criterios:

- que fueran representativos de posiciones en los que un receptor tendría diferentes grados de apantallamiento/exposición,
- que fuera posible acceder al punto de medición teniendo en cuenta la cercanía de los edificios a la autopista,
- que fuera posible seguir teniendo acceso aún después de haber sido instalada la pantalla.

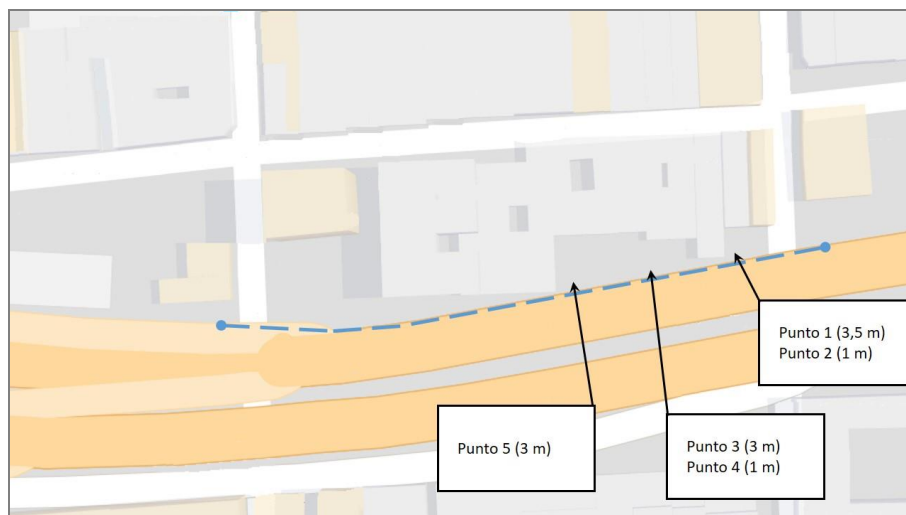


Figura 1. Ubicación de la pantalla acústica y de los puntos de medición.

2.2 Mediciones de niveles sonoros antes de la colocación de la pantalla

Antes de la instalación de la barrera acústica, utilizándose un analizador de espectros en tiempo real (Brüel & Kjaer, modelo 2250), se realizaron mediciones de espectros de ruido (L_{Zeq}) y, al mismo tiempo, se registraron parámetros globales, tanto objetivos como subjetivos. Como generador de señales de referencia, se utilizó una fuente electrónica Brüel & Kjaer modelo 4231, realizándose una calibración al inicio y a la finalización de cada jornada de mediciones.

Simultáneamente, y mediante una estación meteorológica portátil (Sinometer, modelo SW1081), se registraron las condiciones climáticas a partir de los siguientes parámetros: Temperatura, humedad relativa, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento. Estos valores se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros climáticos registrados.

Punto de medición	Temp. [°C]	Humedad Rel. [%]	Presión Atmosf. [hPa]	Velocidad de viento [m/s]	Dirección del viento
Puntos 1 y 2	29,3	64	1009,2	2,0	N.O.
Puntos 3 y 4	34,3	52	1008,5	1,2	N.O.
Punto 5	33,9	57	1008,8	1,5	N.O.

Para obtener valores representativos del nivel de inmisión sonora, en cada punto se realizó una serie de tres mediciones consecutivas, de aproximadamente cinco minutos cada una, las que luego fueron promediadas energéticamente. En la Figura 2 se muestran los espectros de ruido medidos.

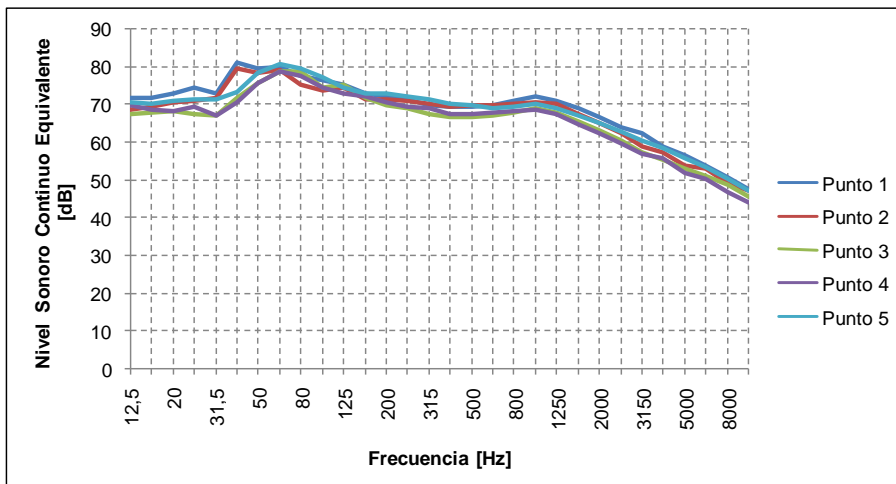


Figura 2. Espectros de niveles sonoros medidos sin la pantalla.

2.3 Índice de Reducción Sonora de la pantalla en laboratorio

Mediante ensayo normalizado, de acuerdo con los lineamientos de la norma IRAM 4063-3 (equivalente a ISO 140-3), se midió el aislamiento a ruido aéreo en laboratorio de los paneles con los que se construiría la pantalla, obteniéndose su correspondiente Índice de Reducción Sonora, R (en tercios de octavas, entre 50 y 5000 Hz). Luego, mediante el procedimiento de la norma IRAM 4043-1 (equivalente a ISO 717-1), se calculó el parámetro global R_w y sus coeficientes de adaptación espectral (C, Ctr, C50-5000, Ctr50-5000).

En la Figura 3 se muestran los resultados utilizados para el cálculo de la atenuación sonora.

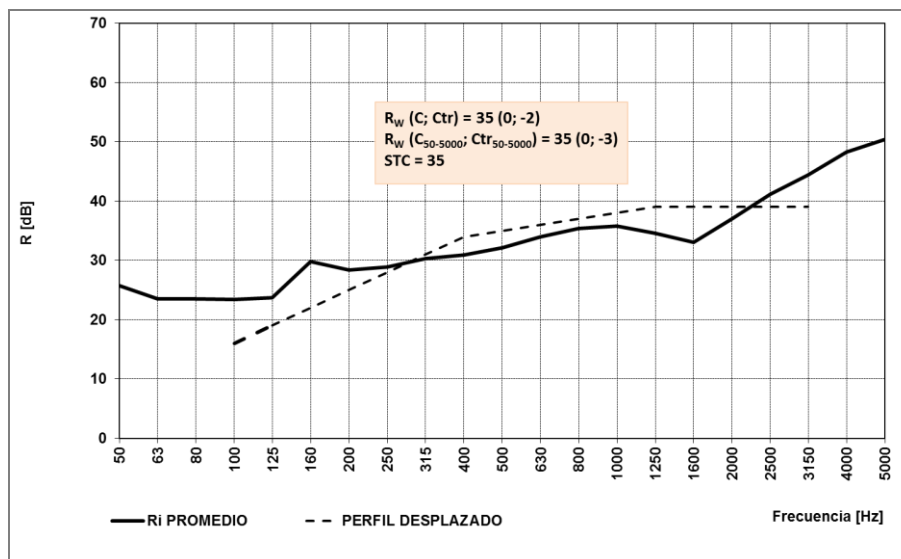


Figura 3. Índice de reducción sonora medido en laboratorio.

2.4 Modelo matemático para predicción de atenuación de la pantalla

Se analizaron 8 modelos matemáticos que permitían calcular las pérdidas de transmisión por inserción de la pantalla: Maekawa (para fuentes puntuales y para fuentes lineales), Kurze - Anderson (para fuentes puntuales y para fuentes lineales), Tatge, Rathé, y el modelo de la Norma ISO 9613-2 (para C2 = 20 y para C2 = 40).

Se encontró una diferencia no despreciable entre los resultados obtenidos con cada modelo, y quedó evidenciada la falta de condiciones de validez de cada uno en las publicaciones consultadas. Una comparación de los modelos puede apreciarse en la Figura 4.

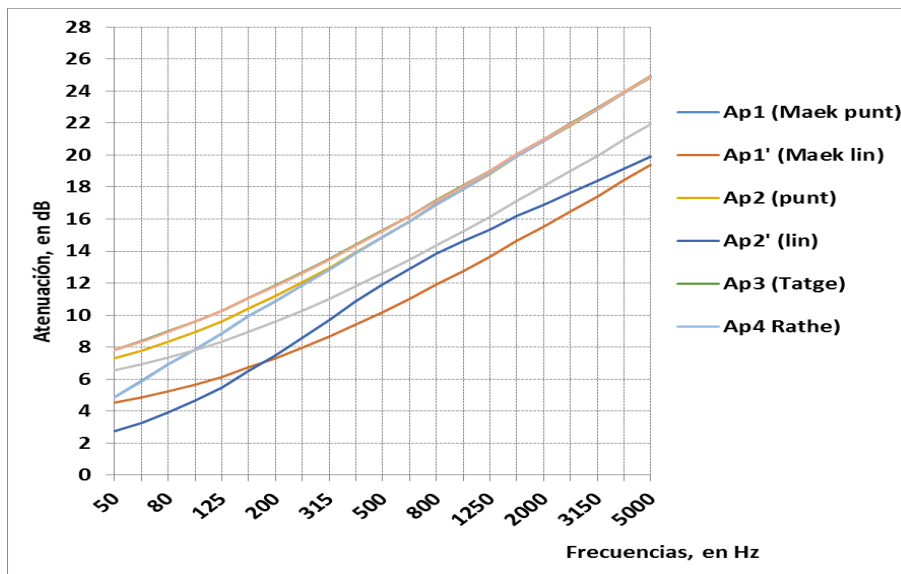


Figura 4. Comparación de algunos de los modelos matemáticos analizados.

Finalmente, con un criterio conservador, se decidió utilizar una combinación de los dos modelos para fuentes lineales: el de Kurze - Anderson para las componentes de 50 a 160 Hz (en tercios de octavas), y el de Maekawa para las de 200 Hz a 5000 Hz. Por lo que para estimar el comportamiento de la pantalla se utilizó:

$$IL_{PANTALLA} = \begin{cases} 10\log(2 + 5,5N) & f_c < 200Hz \\ 15\log\left(\frac{\sqrt{2\pi N}}{\tanh \sqrt{2\pi N}}\right) - 10\log\left(2e^{-\frac{h}{2\lambda}} + 1\right) + 5 & f_c \geq 200Hz \end{cases} \quad (1)$$

siendo:

- $IL_{PANTALLA}$: pérdidas por inserción de la pantalla, en dB
- N: número de Fresnel
- λ : longitud de onda, en m
- h: altura de la pantalla, en m
- f_c : frecuencia central de bandas de tercios de octava, en Hz

2.5 Cálculo de pérdidas de transmisión por inserción de la pantalla

Los niveles sonoros continuos equivalentes que podrían esperarse en las posiciones de medición luego de la instalación de la pantalla, fueron obtenidos por cálculo mediante la combinación energética de los niveles de ruido que podrían llegar al potencial receptor por 3 caminos: por difracción en los bordes de la pantalla (superior y laterales), por exposición directa a la fuente de ruido desde los laterales de la pantalla de longitud finita, y por transmisión a través del cuerpo de la pantalla.

En la Tabla 2 se presentan los datos de entrada al método de cálculo que se utilizaron respecto de las posiciones relativas de los puntos de medición: altura del punto (h, referida a la altura de la traza de la autopista), distancia a cada uno de los bordes verticales de la pantalla (d1 y d2), y la distancia a la pantalla (d3, medida perpendicularmente). Se consideró una altura de pantalla de 160 m.

Tabla 2. Posición de los puntos de medición.

Posición	h [m]	d1 [m]	d2 [m]	d3 [m]
Punto 1	3,5	16	144	2
Punto 2	1	16	144	2
Punto 3	3	73,5	86,5	2
Punto 4	1	73,5	86,5	2
Punto 5	3	120,5	39,5	2

La atenuación sonora producida por la inserción de la pantalla queda determinada como la diferencia entre los niveles sonoros globales de inmisión, ponderados A en frecuencia, antes y después de la instalación de la pantalla:

$$Att_{PANTALLA} = L_{Aeq\ SIN} - L_{Aeq\ CON} \quad (2)$$

Estos niveles sonoros fueron obtenidos por cálculo. Para la condición “sin pantalla”, se aplicó la ponderación A en frecuencias a los espectros medidos linealmente *in situ*. Para la condición “con pantalla”, se aplicó dicha ponderación a los niveles calculados linealmente en base al modelo matemático predictivo y a la combinación energética de las 3 componentes de inmisión. Finalmente, a partir de cada uno de estos espectros, se calcularon sus correspondientes valores globales ponderados A.

3 Resultados obtenidos

Luego de la construcción de la pantalla, en los mismos puntos en los que se habían hecho las mediciones iniciales, se realizaron mediciones de ruido de inmisión, que fueron utilizadas para calcular el apantallamiento realmente logrado, y para evaluar los resultados de la predicción.

En la tabla 3 se presentan comparativamente los valores de atenuación obtenidos por cálculo predictivo y por medición.

Tabla 3. Posición de los puntos de medición.

Posición	Atenuación calculada, en dB	Atenuación medida, en dB	Diferencia, en dB
1	7,9	6,3	1,6
2	11,7	8,0	3,7
3	10,2	9,9	0,3
4	13,8	9,0	4,8
5	9,9	7,4	2,5

4 Conclusiones

A partir de las diferencias halladas entre los valores de atenuación que podría brindar la pantalla acústica predichos y los que realmente se obtuvieron, se puede concluir que los modelos no contemplan todas las condiciones reales de instalación.

Destacamos que en los puntos ubicados en el centro de la pantalla, equidistantes de los bordes verticales, se obtuvieron los resultados extremos. La mejor predicción resultó ser la del Punto 3, central y cercano al borde superior de la barrera (altura: 3 m respecto de la traza de la autopista). Mientras que el resultado más alejado de lo esperado fue el del Punto 4, central y teóricamente más apantallado por estar a una menor altura (1 m). En este último caso, debe tenerse en cuenta que el resultado podría deberse a la existencia de aberturas de desagüe de la calzada, construidas por seguridad en la base de la defensa de hormigón sobre la que estaba ubicada la pantalla. Esto podría ser la causa de la disminución del apantallamiento en posiciones en las que se esperaría una mejor condición de “sombra acústica”.

Referencias

- Maekawa, Z (1968). *Noise reduction by screens*. Applied Acoustics, N° 1.
- Kurze, U.; Anderson, G. (1971). *Sound attenuation by barriers*. Applied Acoustics. N° 4.
- Kurze, U. (1974). *Noise Reduction by barriers*. The Journal of the Acoustical Society of America (JASA), Vol. 55, N° 3.
- ISO 9613-2: *Acoustics- Attenuation of sound during propagation outdoors -Part 2: General method of calculation*
- Pierce, A. D. (1974). *Diffraction of sound around corners and over wide barriers*. Journal of Acoustical Society of America (JASA), Vol. 55 N° 5.
- Guarnaccia, C. et al. *Comparison of acoustic barriers noise reductions evaluated by different calculation methods*. Latest Trends on systems, Volume II. ISBN: 978-1-61804-244-6
- Hansen, C.; Bies, D. (2009). *Engineering Noise Control: Theory and Practice*. Fourth Edition, CRC Press.
- Keith, A.; Kay, M.; Kiril H. (2007). *Predicting Outdoor Sound*. Taylor and Francis.
- Crocker, M. (2007). *Handbook of Noise and Vibration Control*. Tronchin L.