



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

VALIDACIÓN DE MAPAS DE RUIDO ESTRATÉGICOS. EFECTO DE LA SITUACIÓN DEL PUNTO DE MEDIDA

PACS: 43.50.Rq

Montes González, David ^{2,1}; Barrigón Morillas, Juan Miguel ¹; Miguel Julián, Sergio ¹; Marcos de Azcárate, Jesús Manuel ¹; Atanasio Moraga, Pedro ¹; Rey Gozalo, Guillermo ^{1,3}; Vílchez Gómez, Rosendo ¹; Luis Godinho ².

¹ Departamento de Física Aplicada, Escuela Politécnica, Universidad de Extremadura
Avda. de la Universidad s/n, Cáceres, 10003, España
Tfno.: (+34) 927 25 72 34, Fax: (+34) 927 25 72 03
E-Mail: barrigon@unex.es

² ISISE, Departamento de Engenharia Civil. Universidade de Coimbra.
R. Luis Reis dos Santos 290, Coimbra, Portugal.

³ Universidad Autónoma de Chile, 5 Poniente 1670,
3460000 Talca, Región del Maule, Chile.

Palabras Clave: ISO 1996, ruido urbano, configuración de medida, incertidumbre, precisión

ABSTRACT

European Directive allows the measurements for developing strategic noise maps. But the current recommendations indicate that calculation methods should be used for this purpose. Where can we place the measures in this framework? The Good Practice Guide identifies different functions that noise measurements should have in the application of the Directive. In particular, among other aspects, it is pointed out that noise measurements represent an essential element for the development and validation of computational methods. In this regard, it is very important to know as accurately as possible the effect that location of the microphone with respect to the façade to be evaluated has on the result of a measurement. In this paper, we present a study in which these aspects are analysed.

RESUMEN

La Directiva Europea permite el uso de medidas para la realización de mapas estratégicos. Pero las recomendaciones existentes indican que sean los métodos de cálculo los utilizados con tal fin. ¿Dónde situamos las medidas en este marco? La Guía de Buenas Prácticas señala diferentes funciones que las medidas de ruido deben tener en la aplicación de la Directiva. En particular, entre otros aspectos, se señala que las medidas de ruido representan un elemento esencial para el desarrollo y la validación de los métodos computacionales. En este sentido, resulta de gran importancia conocer, con la mayor precisión posible, el efecto que sobre el resultado de una medida tiene la colocación del equipo respecto a la fachada a evaluar. Presentamos, en esta comunicación un estudio en el que se analizan estos aspectos.



FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

1.- INTRODUCCIÓN

La Directiva Europea sobre Ruido 2002/49/CE [1] considera los mapas estratégicos de ruido como el principal elemento a partir del cual diseñar los planes de acción para reducir la exposición de la población a la contaminación acústica. Estos mapas de ruido deben ser actualizados cada 5 años, con el fin de poder valorar la evolución de las diferentes situaciones acústicas que resultan después de la ejecución de los planes de acción. Para facilitar este proceso de actualización y reducir su coste económico, incluso ha surgido una reciente línea de investigación relacionada con los mapas dinámicos de ruido [2,3], cuyo objetivo es poder mostrar en tiempo real la evolución de los niveles de ruido. Para la elaboración de los mapas estratégicos de ruido, la Directiva Europea contempla la posibilidad de usar medidas en el cálculo de los indicadores sonoros, recomendando el uso de métodos de cálculo mediante software para las predicciones. Por tanto, ¿dónde situamos las medidas en este marco?

La Guía de Buenas Prácticas [4] señala diferentes funciones que las medidas de ruido deben tener en la aplicación de la Directiva 2002/49/CE. En particular, entre otros aspectos, se señala que las medidas de ruido representan un elemento esencial para la validación de los mapas de ruido realizados mediante métodos computacionales y como ayuda para el desarrollo de planes de acción. En este sentido, dado que el principal objetivo de los mapas de ruido es calcular la exposición de la población al ruido ambiental, resulta de gran importancia conocer, con la mayor precisión posible, el efecto que sobre el resultado de una medida tiene la colocación del equipo respecto a la fachada del edificio a evaluar.

En este sentido, las normas ISO 1996 [5,6] son muy utilizadas para llevar a cabo las medidas "in situ" en numerosos estudios de investigación [7-9] debido a que tratan aspectos relacionados con el cálculo y el procedimiento de medición del nivel de presión sonora en el medio exterior. Estas normas han sido recientemente actualizadas e incluyen algunos aspectos nuevos relativos al procedimiento de medida y a la posición del micrófono.

Por un lado, la norma ISO 1996-2 [6] incluye en su sección 6 una tabla que indica, para cada tipo de fuente sonora de ruido ambiental (tráfico, trenes, aviones e industria) y en diferentes intervalos de distancia entre el micrófono y la fuente (<100 m, 100 – 300 m y >300 m), el intervalo mínimo de tiempo que debe transcurrir entre medidas para que puedan ser consideradas como independientes entre sí. En este caso, para medidas en entornos urbanos donde la fuente sonora predominante es el ruido de tráfico y las distancias entre fuente y micrófono son inferiores a 100 m, este tiempo queda establecido en 24 horas.

Por otro lado, como es conocido, la norma ISO 1996-2 incluye una serie de correcciones a aplicar sobre los niveles medidos para corregir los efectos de las reflexiones sonoras en función de la distancia del micrófono a la fachada más cercana:

- a) Campo sonoro incidente (condición de referencia): 0 dB.
- b) Micrófono situado sobre la superficie reflectante: -6 dB.
- c) Micrófono situado a una distancia de 0.5 - 2 m de la superficie reflectante: -3 dB.

En este sentido, en esta nueva versión de la norma ISO 1996-2 [6] se indica como novedad que, si se da cumplimiento a las condiciones establecidas en el Anexo B [10] para el caso b), la corrección a aplicar sería de -5,7 dB en lugar de -6 dB. Además, se incluye una nueva tabla, en el Anexo B, que establece la incertidumbre estándar en la aplicación de las correcciones citadas anteriormente en función de la localización del micrófono y del ángulo de incidencia, para ruido de tráfico.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Considerando que las correcciones de la norma ISO 1996-2, tal como la propia norma indica, se han propuesto situaciones ideales y que, en la práctica, pueden producirse algunas desviaciones; por ejemplo, en caso de la presencia de elementos urbanos que pueden interferir en la propagación del sonido hasta el micrófono [11], en esta comunicación se presenta un estudio de estas correcciones mediante medidas de corta duración en varios puntos de la ciudad de Cáceres.

2.- METODOLOGÍA

En este trabajo se han seleccionado varios puntos de medida situados en la localidad de Cáceres (Fig. 1), tratando de incluir entre ellos diferentes tipos de configuraciones urbanas, en cuanto a número de carriles de la vía, anchura de la calle, altura de los edificios, etc. Esta ciudad tiene una población de 95917 habitantes (INE, 2017) y está situada en la comunidad autónoma de Extremadura. En relación con las principales vías de comunicación de la localidad, en cuanto a tráfico rodado de vehículos, cabe destacar las autovías A-66 y A-58, así como las carreteras nacionales N-521 y N-630 y las carreteras autonómicas EX-110 y EX-206.

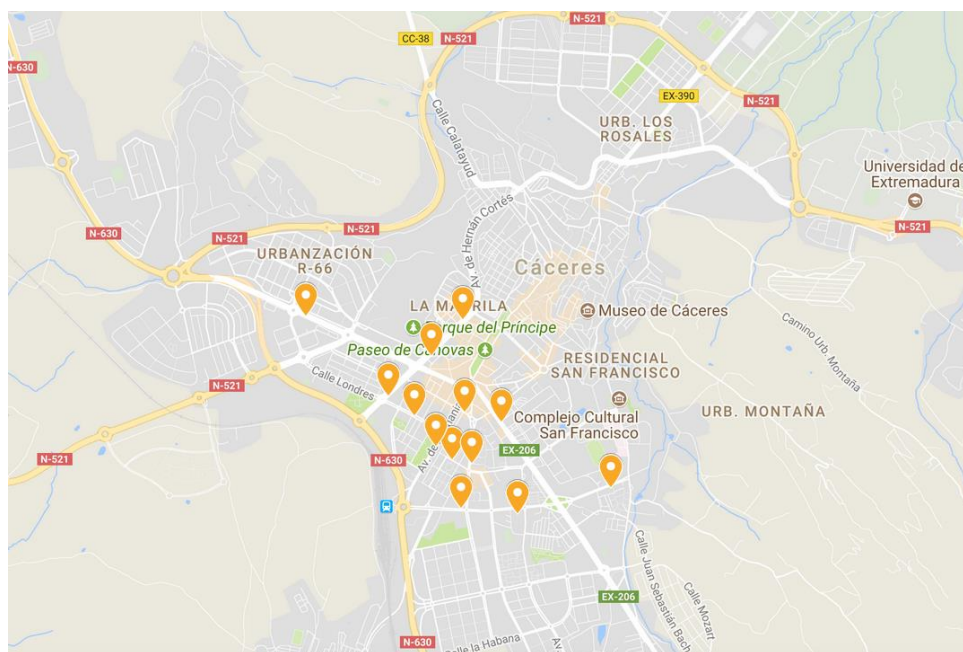


Figura 1: Situación de los puntos de medida

En el desarrollo de las medidas del presente trabajo se emplearon dos sonómetros-analizadores Brüel&Kjær tipo 2260 de clase 1 con sus correspondientes pantallas antiviento. Para ello, los micrófonos se colocaron a 1,5 m de altura sobre el suelo y en diferentes configuraciones, con un equipo en una posición fija respecto a la fachada del edificio y el otro en diferentes posiciones, según se resume en la Tabla 1. En este sentido, se tuvieron en cuenta las indicaciones que incluye la norma ISO 1996-2 para que las correcciones propuestas se verifiquen, aunque no siempre fue posible dar cumplimiento a todas ellas, dada la complejidad de las calles en cuanto a su configuración (anchura, número de carriles, características de los edificios, presencia de otros elementos [10], etc.). Por otra parte, es preciso señalar que se realizaron un total de 5 medidas en cada punto, según las recomendaciones de la ISO 1996-2 para la estimación de la incertidumbre debida a las

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

condiciones de funcionamiento. En cuanto a la duración de las medidas, se utilizó un tiempo de medida de 10 minutos, llevándose a cabo en diferentes intervalos horarios del día y con una separación mínima entre ellas de 24 horas, de acuerdo a las indicaciones de la nueva versión de la norma ISO 1996-2, para que puedan ser consideradas como medidas independientes para ruido de tráfico.

CONFIGURACIÓN	MICRÓFONO FIJO	MICRÓFONO MÓVIL
1	Campo libre	Fachada (d=0m)
2	Campo libre	d=0,5 m
3	Campo libre	d=1,6 m
4	Campo libre	d=2 m
5	Fachada (d=0 m)	d=0,5 m
6	Fachada (d=0 m)	d=1,6 m
7	Fachada (d=0 m)	d=2 m

Tabla 1. Configuraciones de medida empleadas en el estudio



Figuras 2 y 3: Colocación de los micrófonos en algunos de los puntos de medida

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se indica la sección de metodología, para cada uno de los puntos de medida considerados en este trabajo se han realizado un total de 5 medidas. En el caso de las configuraciones 1 a 4, el total de puntos estudiados fueron 6, mientras que, en las configuraciones 5 a 7, fueron 13 puntos. Esta diferencia en cuanto al número de puntos empleados entre las configuraciones radica en la dificultad de encontrar en entornos urbanos puntos de medida con una ubicación de campo libre que permita la evaluación del sonido incidente en la fachada del edificio que es objeto de estudio.

A modo de ejemplo de los resultados obtenidos, en la tabla 2 se muestran los valores del nivel equivalente medidos en cada una de las 5 medidas para la configuración 1 en el punto 4 situado la avenida de la Hispanidad, así como las diferencias del nivel equivalente entre los micrófonos situados en las posiciones de campo libre y en fachada. Como se puede observar, los valores obtenidos para la diferencia de niveles se aproximan bastante a la corrección propuesta por la norma ISO 1996-2 de 5,7 dB para el caso del micrófono situado sobre la superficie reflectante si se da cumplimiento a las condiciones establecidas en el Anexo B.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

	LAeq FACH (dBA)	LAeq CL (dBA)	ΔLAeq FACH-CL (dBA)
1ª Medida	61,7	56,3	5,4
2ª Medida	63,9	58,4	5,5
3ª Medida	63,5	57,8	5,7
4ª Medida	64,1	58,4	5,7
5ª Medida	67,9	63,2	4,7
ΔLAeq PROMEDIO (dBA)			5,4
Desviación estándar (dBA)			0,4

Tabla 2.- Niveles sonoros medidos en el punto 4 y diferencia de niveles para la configuración 1

En cuanto a los resultados globales para cada una de las configuraciones estudiadas, considerando el total de los puntos medidos en cada caso, los valores promediados obtenidos para las diferencias del nivel equivalente se aproximan bastante a las correcciones propuestas por la norma ISO 1996-2 para cada una de las posiciones de micrófono indicadas en la introducción. Además, en el caso de las configuraciones 2 a 4 y 5 a 7, en la que uno de los micrófonos se sitúa a una distancia de entre 0,5 y 2 m de la superficie reflectante, no se encuentran diferencias relevantes entre las posiciones de 0,5, 1,6 y 2 m.

Por otra parte, considerando los posibles fenómenos de interferencias que pueden tener lugar debido a las reflexiones de las ondas sonoras en la fachada, también resulta de interés estudiar en bandas de frecuencia la diferencia de niveles entre los dos micrófonos de cada configuración. Teniendo en cuenta las indicaciones de la norma ISO 1996-2, en la Figura 4 se muestra la diferencia de niveles promediada en el punto 3, para cada una de las 7 configuraciones de la Tabla 1 en bandas de octavas en el rango de frecuencias comprendido entre 63 Hz y 4 kHz. Como se puede observar, en la configuración 1 los valores de las diferencias son bastante estables en casi todo el espectro y están en torno al valor esperado de la corrección propuesta por la norma ISO 1996-2 de 5,7 dB para el caso del micrófono situado a ras de la fachada. En segundo lugar, si comparamos por un lado las configuraciones 2, 3 y 4 y, por otro, las configuraciones 5, 6 y 7, en las cuales la posición de uno de los micrófonos varía respecto a la fachada (0,5, 1,6 y 2 m), se observan valores de las diferencias de niveles en torno a lo esperado según la norma ISO 1996-2. Pero también puede detectarse un fenómeno de interferencia de ondas cuando el micrófono se sitúa a 0,5 m de la fachada (configuraciones 2 y 5), que va desplazándose hacia bajas frecuencias a medida que este micrófono se va distanciando de la fachada a distancias de 1,6 m (configuraciones 3 y 6) y de 2 m (configuraciones 4 y 7)

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

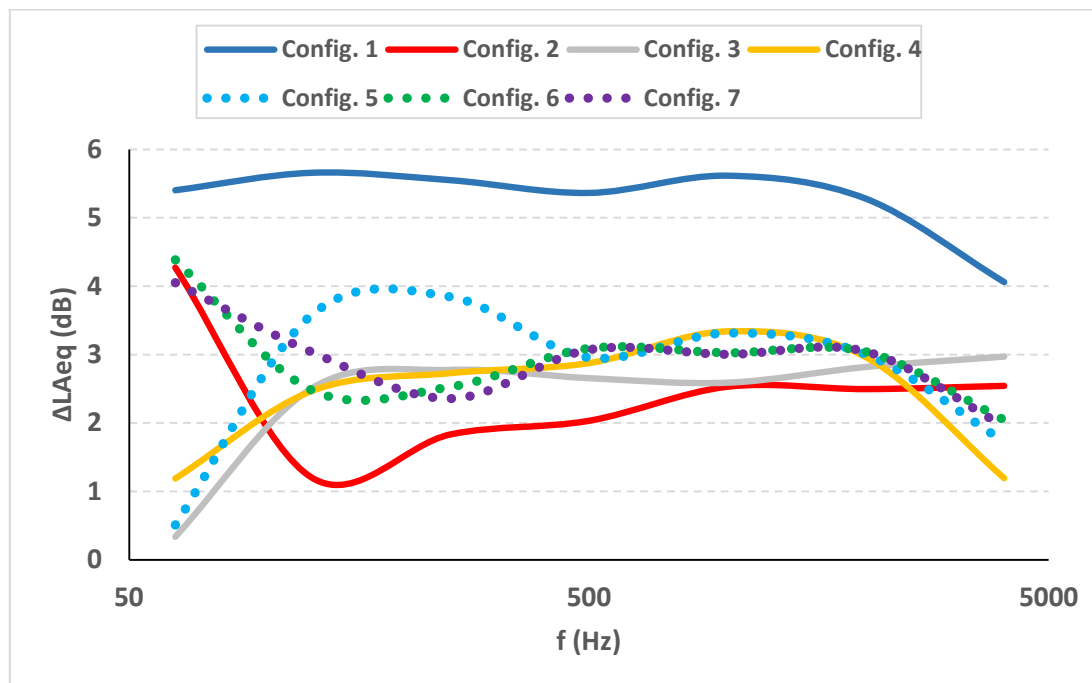


Figura 4: Espectro promediado para cada una de las configuraciones estudiadas en el punto 3

4.- CONCLUSIONES

En este trabajo se ha planteado una reflexión sobre el papel de las medidas “in situ” en el marco de los mapas estratégicos de ruido y la importancia de en la selección de la posición del micrófono respecto a la fachada de los edificios sobre los indicadores sonoros utilizado para calcular la exposición de la población al ruido ambiental.

Considerando los resultados obtenidos, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Existe cierta dificultad para encontrar puntos de medida con situación de campo libre en entornos urbanos que permitan la evaluación del sonido incidente en la fachada del edificio que es objeto de estudio.
- Los valores promediados obtenidos para las diferencias del nivel equivalente en banda ancha se aproximan bastante a las correcciones propuestas por la norma ISO 1996-2.
- Considerando estos valores de las diferencias de niveles en banda ancha, no se detectan diferencias relevantes entre las configuraciones 2 a 4, por un lado, y entre las configuraciones 5 a 7, por otro, al variar la posición del micrófono situado a una distancia de 0,5, 1,6 y 2 respecto a la fachada. Sin embargo, se observan fenómenos de interferencias de ondas que parecen desplazarse hacia bajas frecuencias a medida que aumenta la distancia de este micrófono respecto a la fachada entre 0,5 y 2 m.



FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto TRA2015-70487-R (MINECO/FEDER, UE); Junta de Extremadura, Consejería de Economía e Infraestructura (GR10175); Fondo Europeo para el Desarrollo Regional (FEDER), Fondo Social Europeo (FSE) y Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) a través del proyecto FONDECYT Nº 1180547). G. Rey-Gozalo está financiado por Juan de la Cierva - Contrato de incorporación del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (IJCI-2016-28923). David Montes González está financiado por el Fondo Social Europeo (FSE) de la Unión Europea y por la Consejería de Economía e Infraestructura de Junta de Extremadura a través de las ayudas para el fortalecimiento de I+D+I mediante movilidad de investigadores posdoctorales.



Fondo Social Europeo
Una manera de hacer Europa

Referencias

- [1] COM, Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise, Official Journal L, 189, Brussels: The European Parliament and the Council of the European Union, 0012–0026; 2012,
- [2] DYNAMAP: a new approach to real time noise mapping, G, Zambon, Euronoise 2015, Maastricht,
- [3] LIFE DYNAMAP project: The case study of Rome, Bellucci P., Peruzzi L., Zambon G, Applied Acoustics 2017: 117; 193-206,
- [4] WG-AEN (Working Group Assessment of Exposure to Noise), Good practice guide for strategic noise mapping and the production associated data on noise exposure, Version 2, Brussels, Belgium, European Commission, Position Paper 2; 2007,
- [5] ISO 1996-1, Description, measurement and assessment of environmental noise, Part 1: Basis quantities and assessment procedures, Geneva: International Organization for Standardization; 2016,
- [6] ISO 1996-2, Description, measurement and assessment of environmental noise, Part 2: Determination of environmental noise levels, Geneva: International Organization for Standardization; 2017,
- [7] Montes Gonzalez D, Barrigón Morillas JM, Rey Gozalo G, Acoustic behaviour of plates made of different materials for measurements with the microphone flush mounted, Applied Acoustics 2018; 132:135-141,
- [8] Mateus M, Carrilho JD, da Silva MG, An experimental analysis of the correction factors adopted on environmental noise measurements performed with window-mounted microphones, Appl Acoust 2015:87; 212–8,



FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

[9] Memoli, G.; Paviotti, M.; Kephelopoulos, S, & Licitra, G, Testing the acoustical corrections for reflections on a façade, Appl Acoust 2008: 69; 479-495,

[10] Barrigón Morillas, J, M., Montes González, D, and Rey Gozalo, G, A review of the measurement procedure of the ISO 1996 standard, Relationship with the European Noise Directive, Science of the Total Environment, 565, 595–606, (2016),

[11] Montes González D, Barrigón Morillas JM, Godinho L, Amado-Mendes P, Acoustic screening effect on building façades due to parking lines in urban environments, Effects in noise mapping, Appl Acoust 2018;130:1–14,