

**MAPA ACÚSTICO EN ZONA ACÚSTICA DE RÉGIMEN ESPECIAL (ZARE)
FORMADA POR ACTIVIDADES DE OCIO.**

Pacs: 43.50.Sr

Jiménez Díaz, Santiago; Romeu Garbí, Jordi; Balanyà Anguera, Alguer

Laboratorio de Ingeniería Acústica y Mecánica, LEAM - UPC
Universidad Politécnica de Cataluña
C/ Colom, 11
08222 Terrassa (Barcelona) España
Tel. +34 937 398 146,
Fax. +34 937 398 145
E-Mail: santiago.jimenez@upc.edu

ABSTRACT

The regional law 16/2002 on protection against noise pollution allows the creation of areas where, due to the activities that take place there, the limits for the predominant use of the area can be overcome. However, there is an obligation to implement a specific plan for reducing measures. Every plan must start by knowing the existing noise situation, but this should be done so as to be useful for the establishment of corrective measures. This paper deals with the realization of a zonal noise map of an environment in which noise dominates a set of music bars tripping over themselves to the street. The only possible corrective measures are either limit the sound level in the activities or increase the insulation of homes, but this is necessary to know the relationship between activity level and within each level in front of the receivers. To do this, the power level of each activity is calculated by UNE-EN 12354-4 standard and its value has been introduced in a computer program based on ray tracing to calculate the noise levels at the receivers. Using this model it is possible to recognize the contribution of each activity to different receptors thus establishing limits on indoor levels of activities.

RESUMEN

La Ley autonómica 16/2002 de protección contra la contaminación acústica permite la creación de zonas en las que, debido a las actividades que allí se desarrollan, se pueden superar los límites establecidos para el uso predominante de la zona. Sin embargo, se establece la obligación de aplicar un plan específico de medidas atenuadoras. Todo plan debe empezar por conocer la situación acústica existente, pero esto debe hacerse de modo que sea útil para el establecimiento de medidas correctoras. En este documento se aborda la realización de un

mapa acústico zonal de un entorno en el que predomina el nivel sonoro que un conjunto de bares musicales abocan a la calle. Las únicas medidas correctoras posibles son o bien limitar el nivel sonoro dentro de las actividades o bien incrementar el aislamiento de las viviendas, pero para ello es necesario conocer la relación entre nivel interior de cada actividad y el nivel en fachada de los receptores. Para ello, se ha calculado el nivel de emisión de cada actividad mediante la norma UNE-EN 12354-4 y posteriormente se ha simulado la propagación exterior mediante un programa informático basado en el trazado de rayos. Mediante este modelo es posible reconocer la aportación de cada actividad a los distintos receptores lo que permitiría establecer límites a los niveles interiores de las actividades.

1. INTRODUCCIÓN

La fuente de ruido predominante en los entornos urbanos es el derivado del ruido de tráfico, aunque no es éste el más molesto. La población afectada por el ruido proveniente de actividades de recreo representa un porcentaje bajo del total de población afectada por el conjunto de fuentes. [1] Sin embargo las actividades de ocio presentan la particularidad de que pueden causar un nivel sonoro elevado en su entorno en horario nocturno, con lo que el potencial de molestia es elevado y obliga a su control. Sin embargo, si esta actividad se desarrolla al aire libre, en el casco urbano de una ciudad, las medidas de control sobre la fuente son aparentemente incompatibles con la voluntad de mantener dichas actividades por parte de la administración si éstas son consideradas como un bien común para el municipio.

Para este tipo de situaciones la Ley autonómica de protección contra la contaminación acústica de la Generalitat de Catalunya [2] establece las Zonas Acústicas de Régimen Especial (ZARE) en las que, debido a las actividades que allí se desarrollan, se pueden superar los límites establecidos para el uso predominante de la zona. Sin embargo, se establece la obligación de aplicar un plan específico de medidas atenuadoras que aseguren el cumplimiento del nivel sonoro en el interior de las viviendas afectadas.

En esta comunicación se describe el procedimiento seguido para la realización de un mapa acústico de una zona ZARE con un alto predominio de actividades de ocio, denominada en otras comunidades autónomas como zona acústicamente saturada ZAS [3]. Se pretende que además sea de utilidad para el establecimiento de un plan de actuación de minoración de la afectación de la población.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA “ZARE”

En el caso estudiado, la zona ZARE es una Zona Acústica de Régimen Especial en el que se superan en 15 dBA o más, los valores límites de inmisión en el ambiente exterior de las zonas catalogadas como (C1) Áreas con predominio del suelo de uso terciario, recreativo y de espectáculos. [4]

Es la zona comprendida entre las calles Primer de Maig, Marqués de Montroig, Joan Tarrida, Santa Tecla, Bonaire y la Plaza de la Industria, que constituyen los ejes de ocio del plan de mejora urbana de integración de usos en el casco antiguo del municipio, [5] con una extensión viaria de 2200 m² donde se concentran 50 locales de ocio nocturno, entre los que se encuentran: bares musicales, discotecas, bares y restaurantes, que realizan su actividad con las puertas abiertas y que atraen a una gran aglomeración de gente en la calle. Ver figura 1.

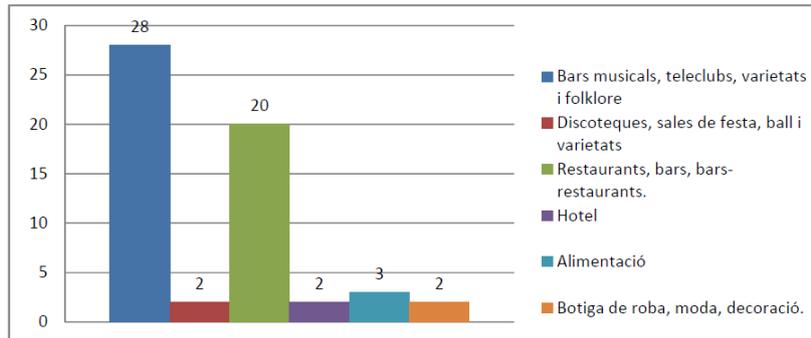


Figura 1. Tipología de las actividades en la zona ZARE.

3. METODOLOGIA

Considerando el hecho de que el municipio está interesado en la existencia de la zona de ocio en las condiciones de uso lo más parecidas a la situación actual, el objetivo de las medidas correctoras debe ser el cumplimiento de los niveles previstos para el interior de las viviendas. Debido a las condiciones de la zona y del tipo de actividades que se registran, en principio solo se contemplan dos posibles actuaciones: limitar el nivel interior de las actividades de forma que el nivel exterior sea tal que se garantice el nivel sonoro previsto para el interior de las viviendas, o bien incrementar el aislamiento de los receptores. Esto obliga a conocer la aportación de cada fuente sonora y a conocer el nivel sonoro en cada receptor. Debido a esta necesidad de información intensiva, se impone la necesidad de simular informáticamente el entorno acústico de la zona.

3. 1. Medidas experimentales

De forma previa a la simulación se realizaron un conjunto de medidas experimentales que comprenden medidas exteriores de larga duración, con el objeto de determinar la zona y horario de afectación, así como de obtener datos con los que calibrar el modelo informático. La figura 2. Muestra el emplazamiento de los puntos de medida y la situación de los receptores elegidos.



Figura 2. Emplazamiento de los puntos de medida y situación de los receptores dentro de la zona ZARE.

También se realizaron medidas simultáneas en el exterior e interior de varios receptores. El objetivo de estas mediciones consiste en determinar el nivel de aislamiento de las fachadas de los receptores al tipo de ruido real al que están expuesto, con predominio de la baja frecuencia. Los tipos de fachada se han definido en función del tipo de ventana instalado: ventana de carpintería de madera con una sola hoja de vidrio, ventana de carpintería de aluminio y doble vidrio, y finalmente ventana de doble cerramiento.

3.2. Simulación

La simulación se realiza mediante un programa comercial de trazado de rayos en el que las fuentes de ruido son las puertas abiertas de los locales musicales, puesto que se considera que la transmisión sonora a través de las paredes del local es mucho menor que a través de las aperturas, lo cual es razonable atendiendo a la gran superficie abierta. La potencia acústica (L_w) de estas fuentes sonoras equivalentes se calcula como función del campo sonoro en el interior de los locales musicales según la norma UNE-EN 12354-4, [6] a través de la expresión

$$L_w = L_{p,in} + C_d + 10 \log \sum_{i=1}^o \frac{S_i}{S} 10^{-0.1D_i}$$

Donde $L_{p,in}$ es el nivel de presión acústica interior a una distancia comprendida entre 1 y 2 m de la apertura, C_d es el término de difusividad del campo acústico interior, S_i es el área abierta de cada apertura, S el área total abierta y D_i la pérdida por inserción de la apertura. Los valores de las variables que intervienen en el cálculo se han escogido como sigue:

- El campo acústico interior de los locales es difuso y reverberante. Esto último excluye la posibilidad de colocar altavoces cerca de la puerta, y lo primero puede ser incierto en el rango de muy baja frecuencia (50 Hz). Para estas condiciones se asume un valor de $C_d = -3$ [7], [8].
- La pérdida por inserción de la puerta abierta se asume nula ($D=0$) atendiendo a las dimensiones (la media es de 2 x 1.65 m) de las mismas [9].
- El nivel sonoro interior $L_{p,in}$ no es conocido y es en la práctica difícil de medir de forma que se conozca simultáneamente el nivel en el interior de varios locales y también en el exterior, que sería lo adecuado para realizar una buena correlación del modelo informático. Se asume inicialmente un nivel de campo reverberado para todos los locales de 90 dBA que es el nivel al que la mayoría de locales deberían estar limitados.
- La superficie S_i de cada apertura se ha determinado por inspección visual de cada local musical.
- Finalmente, se impone una corrección por directividad que según el anexo D de la norma debe ser de por lo menos de 3 dB (probablemente 5 dB).

La cartografía utilizada en la elaboración del modelo de simulación fue extraída del Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC). Incluye los datos topográficos vectoriales en 3D a escala 1:5000 de los elementos que intervienen en el modelo (topografía del terreno, infraestructuras y edificios receptores con su volumetría). En la figura 3 se muestra el posicionamiento y distribución de las fuentes de ruido correspondientes a cada una de las actividades consideradas.



Figura 3. Distribución de las fuentes de ruido correspondientes a cada una de las actividades

En el menú de configuración de cálculos del programa informático, se especifican todos los datos considerados en los algoritmos de cálculo empleados en el modelo, de los cuales se pueden citar los siguientes:

Factores que intervienen como base de cálculo en la propagación y recepción acústica

- Algoritmo de cálculo: ISO 9613-2. Ruido de actividades
- Orden máximo de reflexión = 2
- Radio de investigación de fuentes 100 m
- Radio máximo de investigación de fuentes 2000 m
- Máxima distancia emisor receptor 1000 m
- Absorción del terreno 0,68

Factores atmosféricos que intervienen en el cálculo de la atenuación acústica

- Temperatura mediana anual 17°
- Humedad relativa media anual 70%
- Velocidad del viento inferior a 5 m/s
- Dirección del viento, sin dirección preferente
- Condiciones de propagación homogéneas

4. RESULTADOS

En la tabla 1, se presentan los resultados obtenidos de las medidas experimentales realizadas desde cada receptor, donde se puede observar: el nivel sonoro continuo equivalente ponderado A L_{Aeq} determinado simultáneamente en el exterior e interior de los receptores, la diferencia entre los dos niveles (nivel de aislamiento de las fachadas de los receptores al tipo de ruido real) el tipo de cerramiento de la ventana y la fuente de ruido.

Tabla 1. Resultados de las medidas experimentales.

Localización Medida	L _{Aeq} ext.	L _{Aeq} int.	L _{Aeq} ext. - L _{Aeq} int.	Tipo de Ventana	Fuente de ruido
Marqués de Montroig 4 1º	77,5	47,7	29,8	Al + doble vidrio	Cantante + Música
Primer de Maig 8, 1º, 1a	85,5	56,4	29,1	Al + doble vidrio	Música + Ruido Gente
Primer de Maig 13, 1º	82,1	57,6	24,5	Madera vidrio simple	Música + Ruido Gente
Bonaire 13 1º	72,9	38,5	34,4	Doble ventana	Ruido Gente + Música inter.
Bonaire 15 2º B	72,3	46,9	25,4	Al + vidrio simple	Ruido Gente + Música inter.

El gráfico de la figura 4, muestra el espectro de frecuencia en bandas de tercio de octava determinados simultáneamente en el exterior e interior de uno de los receptores, con objeto de valorar las posibles correcciones por baja frecuencia y/o componentes tonales.

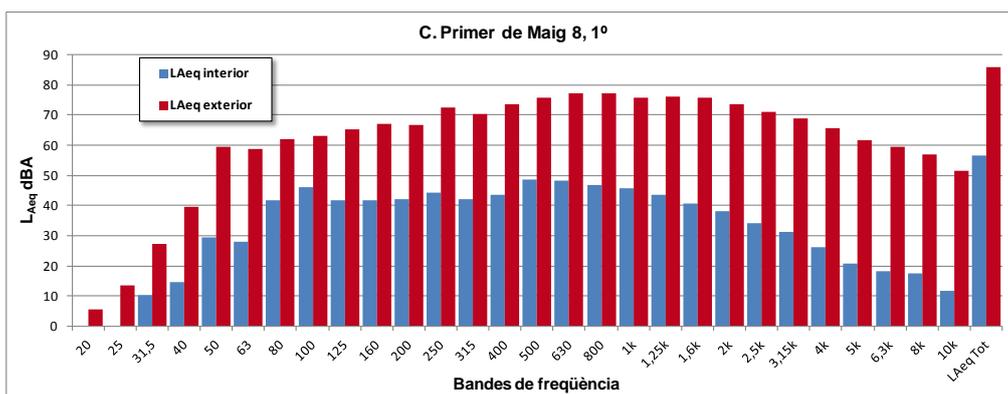


Figura 4. Espectro de frecuencia determinado en el exterior e interior de uno de los receptores.

Caracterizadas las fuentes de ruido y con los datos topográficos y meteorológicos del lugar, se determinan los niveles de inmisión sonora procedentes de las diferentes actividades que llegan a la fachada de los receptores y los niveles de ruido a 4 metros sobre el terreno, mediante simulación informática. Se utilizó el programa de simulación CADNA-A, que incluye los algoritmos de cálculo propuestos por la Directiva Europea 2002/49 para el caso de ruido de actividades, que es el modelo recogido en la norma ISO 9613-2.

La figura 5 muestra los niveles de inmisión sonora debido a las diferentes actividades de ocio, para cada uno de los puntos de una malla situada a 4 metros sobre el terreno según contempla el Decreto 176/2009 de 10 de Noviembre, los resultados se representan de manera gráfica en un mapa de isófonas de la zona ZARE.

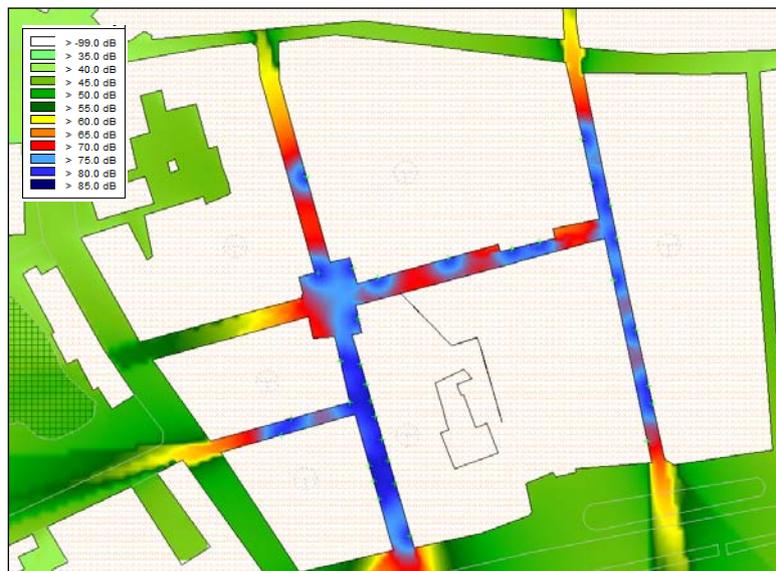


Figura 5 - Mapa de isófonas de la zona ZARE.

En la tabla 2, se comparan los niveles de inmisión sonora sobre la línea de fachada de los receptores, resultados obtenidos de forma experimental y mediante la simulación. Las diferencias obtenidas son asumibles en cualquier modelo de simulación, siendo quizá atribuibles también al hecho de que en la simulación no se ha considerado el ruido provocado por la aglomeración de gente en las calles.

Tabla 2. Comparación de resultados.

Localización Medida	L_{Aeq} ext. experimental	L_{Aeq} ext. simulado	Diferencia	L_{Aeq} int. experimental
Marqués de Montroig 4 1º	77,5	76	1,5	47,7
Primer de Maig 8, 1º, 1a	85,5	83	2,5	56,4
Primer de Maig 13, 1º	82,1	82	0,1	57,6
Bonaire 13 1º	72,9	72	0,9	38,5
Bonaire 15 2º B	72,3	72	0,3	46,9

Sin considerar las posibles correcciones por baja frecuencia y/o componentes tonales, los niveles sonoros que llegan al exterior e interior de los edificios receptores superan los valores límite contemplados en la normativa para el caso de actividades de 73 y 28 dBA en el exterior e interior respectivamente en una zona ZARE.

De la diferencia entre los niveles sonoros obtenidos experimentalmente en el exterior e interior de los receptores de forma simultánea, se determina el aislamiento acústico de las fachadas de estos receptores, pudiendo comprobar el insuficiente aislamiento acústico, independientemente del tipo de ventana instalado. Los valores globales de aislamiento obtenidos se muestran muy bajos en todos los casos debido al menos al importante contenido en baja frecuencia del ruido ambiental. Aunque la muestra es pequeña, los valores obtenidos se tomarán como estimador del nivel de aislamiento a partir del tipo de ventana de las viviendas (receptores) no ensayadas, lo que permitirá estimar a su vez el nivel de ruido en el interior de todos los receptores identificados.

Con respecto a las medidas correctoras posibles, cabe destacar en primer lugar, limitar eficazmente el nivel sonoro dentro de los locales de ocio, o bien incrementar el aislamiento acústico de las viviendas. Una u otra medida debe permitir un nivel de 28 dBA en el interior de las viviendas afectadas.

4. CONCLUSIONES

Se presenta un método para la elaboración del mapa acústico en las zonas ZARE o ZAS, donde las principales fuentes de ruido son las actividades musicales de los locales de ocio que se concentran en la zona.

Se han caracterizado acústicamente las fuentes de ruido de cada una de las actividades de ocio implicadas, considerando el campo sonoro en el interior de los locales musicales y determinando la potencia acústica de la fuente equivalente asociada con la actividad, en función de la superficie de la abertura de la puerta de cada local.

La simulación realizada permite determinar la contribución de cada una de las actividades, a la afectación sonora sobre la línea de fachada de los distintos receptores.

Los niveles sonoros que llegan al exterior e interior de los edificios receptores superan los valores límite contemplados en la normativa.

El aislamiento acústico de las fachadas es insuficiente, independientemente del tipo de ventana instalado.

Las medidas correctoras posibles son: limitar eficazmente el nivel sonoro dentro de los locales de ocio, o incrementar el aislamiento acústico de las viviendas. Una u otra medida debe permitir un nivel de 28 dBA en el interior de las viviendas afectadas.

REFERENCIAS

- [1] M^a A. Martín Bravo, A.I. Tarrero Fernández, T. Rodríguez, R. Sorribas. Estudio psicosocial de la molestia ocasionada por el ruido en la población de Valladolid. Proceedings 34º Congreso Nacional de Acústica, Encuentro Ibérico de Acústica, EAA Symposium CD-ROM. Bilbao 2003.
- [2] Decret 176/2009 por el cual se aprueba el Reglament de la Llei 16/2002 de protecció contra la contaminació acústica. DOGC nº 5506 de 16 de noviembre de 2009.
- [3] García Ortiz, E.; Cepeda Riaño, J.; García de la Peña, D.; Fuentes Robles, M.; de Barrios Carro, M.; Búrdalo Salcedo, G. Propuesta de delimitación de zona acústicamente saturada en la ciudad de León. Proceedings 41º Congreso Nacional de Acústica, Encuentro Ibérico de Acústica, EAA European Symposium on Hydroacoustics. CD-ROM. Gandia 2003.
- [4] Mapa de Capacitat Acústica del municipi de Sitges, juny 2013.
- [5] Pla de Millora Urbana d'Integració d'Usos en el Casc Antic de Sitges. Text refós, setembre 2008.
- [6] Norma UNE-EN 12354-4: 2001 Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 4: Transmisión del ruido interior al exterior.
- [7] F. Sgard, H. Nelisse, N. Atalla, On the modeling of the diffuse field sound transmission loss of finite thickness apertures. J. Acoust. Soc. Am. 122 (1), 302-313, 2007.
- [8] D.A. Bies, C.H. Hansen, Engineering noise control, theory and practice. Ed. E & F Spon, London, Second Edition 1996. Pp 314.
- [9] H.H. Park, H.J. Eom, Acoustic scattering from a rectangular aperture in a thick hard screen, J. Acoust. Soc. Am. 101 (1), 595-598, 2007.