

## PLAN DE ACCIÓN CONTRA EL RUIDO DE ACTIVIDADES DE OCIO AL AIRE LIBRE

Pacs: 43.50.Sr

**Jiménez Díaz, Santiago; Romeu Garbí, Jordi; Vega Carrera, Carlos**

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](mailto:santiago.jimenez@upc.edu)

### ABSTRACT

In certain environments it is not possible to achieve compliance with the external noise levels. In such cases, however, normative stresses the compliance levels in the interior of the housing. The communication presents a study of the possible actions in a recreation area consisting of a set of open doors music bars which gives as a result loud street levels. The first step is creating a detailed sound map of the environment through simulation, in which the sources of noise are the openings in the façades of these bars. The second step is to determine the acoustic sound insulation of the receivers' façades. Known the relationship between interior level of each activity, the level on the façade of the receptors and considering the acoustic insulation, the solution consists of reducing the level of noise emission of the activities and/or increase the isolation of the affected homes. Through the use of GIS, the level inside of the receivers and the affected population is also calculated. These variables along with the cost associated with the necessary increase insulation in facade, defines a mathematical model that allows to optimize the combination of acoustic insulation and reducing the noise emission of the activities.

### RESUMEN

En determinados entornos en los que no es posible conseguir el cumplimiento de los niveles exteriores de ruido, se establece la obligación de aplicar un plan específico de medidas atenuadoras que asegure, el cumplimiento de los niveles en el interior de las viviendas. Se presenta un estudio de las posibles actuaciones en una zona de ocio formada por un conjunto de bares musicales que abocan a la calle la emisión sonora. Se realiza un mapa acústico del entorno mediante simulación, en que las fuentes de ruido son las aperturas en las fachadas de dichos bares. Conocida la relación entre nivel interior de cada actividad, el nivel en la fachada de los receptores y considerando el aislamiento acústico que proporcionan los diferentes tipos de ventana existentes, la solución pasa por reducir el nivel de emisión sonora de los locales o/y

umentar el aislamiento de las viviendas afectadas. Mediante el uso de herramientas SIG se determina el nivel en el interior de los receptores y la población afectada. Estas variables juntamente con el coste asociado al incremento necesario de aislamiento en fachada, se constituyen en un modelo matemático que permite optimizar la combinación de aislamiento acústico y reducción de la emisión sonora de los locales.

## 1. INTRODUCCIÓN

En muchos municipios y especialmente en los municipios turísticos, existen ciertas zonas urbanas donde se realizan actividades de recreo que suelen generar molestias y problemas de ruido [1-3]. Sin embargo, la población afectada por el ruido proveniente de este tipo de actividades representa un porcentaje relativamente bajo al compararlo con la población expuesta a otro tipo de fuentes, como puede ser el ruido de tráfico [4]. Sin embargo las actividades de ocio presentan la particularidad de que pueden causar un nivel sonoro elevado en su entorno, especialmente en horario nocturno, siendo en este caso el potencial de molestia elevado y es obligado su control [5]. Si además, esta actividad se desarrolla al aire libre, en el casco urbano de una ciudad, donde se da la coexistencia de usos recreativos (de ocio nocturno) y de viviendas en una misma zona o emplazamiento, las medidas de control son aparentemente incompatibles con la voluntad de preservar una determinada modalidad de oferta turística, un determinado modelo económico, producto de la propia dinámica económica y social del municipio.

Para este tipo de situaciones la Ley autonómica de protección contra la contaminación acústica de la Generalitat de Catalunya [6] 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 describen las diferentes fases y actuaciones seguidas en la elaboración del plan de acción contra el ruido de una zona ZARE, donde existen un gran número de actividades de ocio, denominadas en otras comunidades autónomas como zona acústicamente saturada ZAS [7].

## 2. DESCRIPCION 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 [8].

Esta zona constituye los ejes de ocio del plan de mejora urbana de integración de usos en el casco antiguo del municipio [9], con una extensión viaria de 2200 m<sup>2</sup> 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.

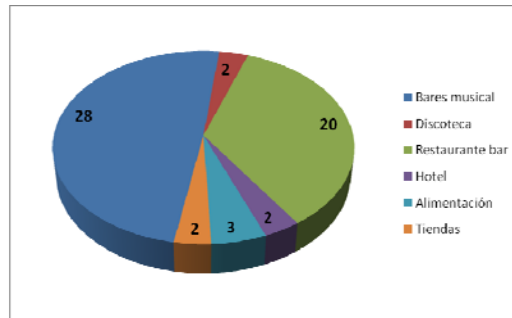


Figura 1. Tipología de las actividades presentes en la zona ZARE.

### 3. METODOLOGIA

Considerando el hecho de que el municipio tiene la voluntad de que esta zona de ocio continúe formando parte de la oferta turística y del modelo económico del municipio, 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 desarrollan, 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 determinar la aportación de cada fuente sonora y a conocer el nivel sonoro en cada receptor. Debido a esta necesidad de información intensiva, se realiza un modelo acústico del entorno mediante simulación [10-12].

La figura 2 muestra los niveles de inmisión sonora debido a las diferentes actividades de ocio, para cada uno de los receptores, los resultados se representan de manera gráfica en un modelo 3D. Obsérvese la propagación acústica y la afectación sobre la fachada de los receptores. Estos niveles de ruido elevados coinciden con los obtenidos en otros estudios similares [13].

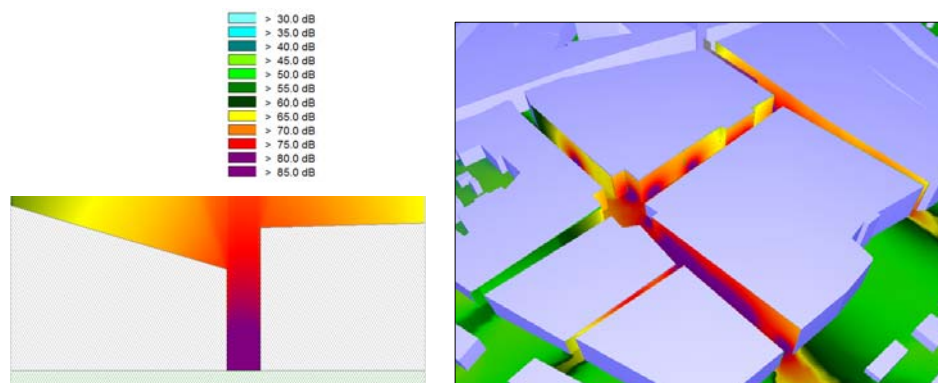


Figura 2. Modelo acústico de la zona ZARE.

Respecto al aumento de aislamiento acústico de los receptores, se debe tener en cuenta, que el ruido generado por las actividades puede llegar dentro de las viviendas a través de dos vías diferentes, una procedente del exterior a través de la fachada y la otra, que procede del interior del local, a través de la estructura del edificio. Hay que verificar que el sonido transmitido por las dos vías no supera en ningún caso el establecido por el marco legal en cuando a ruido en el interior de las viviendas.

Por otra parte, el plan de aislamiento se tiene que diseñar para un nivel sonoro máximo en el local emisor. Hay que garantizar que este nivel no se superará en la fase de explotación del local, lo que obliga a instalar un limitador-registrador ajustado al nivel de referencia, que asegure que no se superan los valores límites establecidos para el interior de las viviendas.

#### 4. FASES Y ACTUACIONES DEL PLAN DE ACCIÓN

A continuación se describen las diferentes fases y actuaciones contempladas en el plan de acción correspondientes a las actividades recreativas de pública concurrencia.

##### FASE I

**1. Plan de medidas de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos** de todos los locales situados en la zona ZARE, donde se realizan actividades reguladas y clasificadas en función del nivel de inmisión acústica dentro de su recinto. El objetivo es certificar que las actividades que estén ubicadas en edificios y en contigüidad con uso residencial disponen del aislamiento acústico necesario para garantizar a las viviendas más afectadas el cumplimiento de los valores límites de inmisión establecidos en la Ordenanza de Ruido. O, en caso contrario, determinar el nivel máximo de sonido dentro del local, y que sería el nivel de sonido de referencia que se aplicaría al limitador.

**2. Instalación en todos los locales de un limitador - registrador** homologado que cumpla con las características técnicas y requisitos exigidos en la Ordenanza de Ruido y en el "Plan de medidas básicas para disminuir el ruido de la zona ZARE". El limitador tendrá que estar ajustado, como mínimo, de forma que los niveles de inmisión en la vivienda anexa no superen el valor límite indicado en la Ordenanza de Ruido. Pero además el limitador tendrá una función importante en la regulación del nivel exterior, como se indicará en la fase II.

Con el objetivo de unificar los procedimientos, reducir costes y acotar en el tiempo su implantación, las medidas de aislamiento, la instalación y gestión de los limitadores, sería conveniente realizarla de forma conjunta por un único instalador. Más importando aun, de esta forma todos los locales dispondrán del mismo equipo, mismo programa de gestión y visualización de los datos, lo cual facilitará el control de los servicios técnicos municipales o empresa en que delegue el ayuntamiento si es el caso.

**3. Determinar el nivel de ruido en fachada en las nuevas condiciones de trabajo**, niveles sonoros conocidos en el interior de los locales, una vez instalados y calibrados los limitadores al nivel de emisión correspondiente. De esta forma se tendrá el punto de partida real que permitirá definir las medidas correctoras.

##### FASE II

**4. Instalación de Doble Puerta o limitación del nivel sonoro dentro de los locales.** Como primer paso hay que reducir el sonido en la fachada de los receptores hasta un valor aceptable de alrededor de 72 dB, que haga factible conseguir los niveles dentro de las viviendas que prevé la ordenanza a partir de valores realistas de aislamiento de fachada. Puesto que los locales realizan su actividad con puertas y ventanas abiertas [14], esto se puede conseguir o bien reduciendo el nivel de sonido dentro de los locales (mediante uso de limitador) hasta llegar a este nivel exterior o bien instalando una doble puerta con muelles de regreso y cierre hermético, a posición cerrada, u otros sistemas equivalentes que garanticen en todo momento el aislamiento en fachada en los momentos de entrada y salida del público.

5. **Determinar la afectación sonora generada por las actividades en las nuevas condiciones de doble puerta o limitación del nivel sonoro dentro de los locales.** Se realiza una campaña de medidas simultáneas de ruido tanto dentro como en la fachada de un número representativo de viviendas, los niveles obtenidos sirven para calibrar el modelo de simulación 3D (figura 3), que a la vez permite estimar el nivel sonoro en cada vivienda.

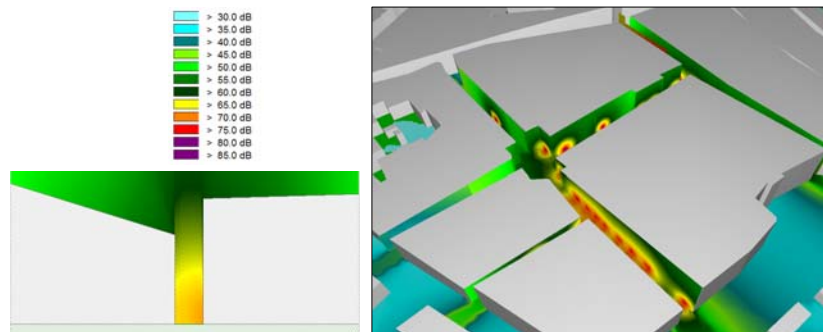


Figura 3. Modelo acústico de la zona una vez limitado el nivel sonoro dentro de los locales de ocio.

### FASE III

Una vez aplicados los requerimientos técnicos contemplados en los apartados anteriores, (instalación de limitador-registrador, instalación de doble puerta, reducción del nivel sonoro en el interior del local) se conoce cuáles son las viviendas afectadas y a qué nivel están expuestas. A partir de aquí, las actuaciones son:

6. **Plan de medidas de aislamiento acústico en las fachadas contra el ruido aéreo.** Se realiza una campaña de medidas de aislamiento acústico de las fachadas de todas las viviendas donde se supere el valor límite indicado por la normativa. Esto permite determinar el aislamiento acústico necesario en la fachada de cada vivienda que asegure, que el nivel en el interior de las viviendas no supere lo establecido en la ordenanza. Conocidos el nivel exterior y el nivel interior se determina el aislamiento necesario, y con el aislamiento existente determinado en las medidas realizadas, se determina el incremento de aislamiento.

7. **Implantación de estructuras de aislamiento de fachada adecuadas,** consistente en la instalación, sustitución o refuerzo del aislamiento acústico normalmente sobre la ventana. Para ello, en función del aislamiento acústico requerido, se han elegido cuatro tipologías de ventana existentes en el mercado con diferentes prestaciones, algunas con prestaciones reforzadas de aislamiento acústico, compuesto por dos o más vidrios ensamblados entre sí por una o varias láminas de PVB (Butiral de Polivinilo), montados sobre perfilería apropiada con hasta tres juntas de estanqueidad entre la ventana oscilobatiente y el marco, mejorando el aislamiento acústico de la ventana. [14] La tabla 1 y figura 4 muestran la configuración, las prestaciones acústicas y el coste aproximado por m<sup>2</sup> de ventana. Los costes de la instalación no están considerados, y dependerán de la tipología de instalación que se deba aplicar.

Tabla 1. Tipos de vidrio y propiedades.

Tipo de vidrio	RA tr	€/m <sup>2</sup>
66.2/16/44.2	42	1120
44/12/6	35	900
33/12/6	33	650
6/12/5	30	445

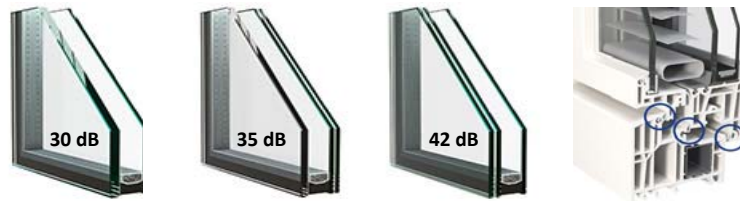


Figura 4. Tipos de vidrio y configuración de ventana. Font: Finstral S.A.

Conocida la relación entre nivel interior de cada actividad, el nivel en la fachada de los receptores y considerando el bajo aislamiento acústico que proporcionan los diferentes tipos de ventana existentes, la solución pasa por reducir el nivel de emisión sonora de los locales o/ aumentar el aislamiento de las viviendas afectadas. Mediante el uso de herramientas SIG se determina el nivel en el interior de los receptores y la población afectada [16]. Estas variables juntamente con el coste asociado al incremento necesario de aislamiento en fachada, se constituyen en un modelo matemático que permite optimizar la combinación de aislamiento acústico y reducción de la emisión sonora de los locales.

Debido a las diferencias existentes en cada una de las calles que forman la zona ZARE (concentración y tipo de locales de ocio, tipología de los receptores y número de personas residentes), se realiza un estudio para cada una de estas calles, considerando que a cada vivienda afectada se le aplica el tipo de ventana necesaria en función del aislamiento acústico requerido.

La figura 5 muestra, para una de estas calles, el coste asociado al plan de aislamiento acústico (superficie y tipos de ventana a instalar) y el porcentaje de población beneficiada en función de la reducción de la emisión sonora en el interior de los locales de ocio.

Obsérvese como reduciendo la emisión sonora en 13 dB, solo para el 2% de la población no es necesario incrementar el aislamiento acústico. Sin embargo, para asegurar que el nivel permitido en el interior de las viviendas se cumpla para el 100% de la población, el coste del aislamiento acústico se aproxima a los 340 k€.

Si la emisión sonora dentro de los locales se reduce en 10 dB, y para que se cumpla el nivel en el interior de las viviendas para el 99% de la población, se requiere aumentar el coste del aislamiento acústico hasta los 400 k€.

Aplicando una reducción de 5 dB, únicamente se cumplirá el nivel interior para el 55% de la población, cuyo coste asciende a 200 k€. Esto significa que aún considerando ventanas con elevado aislamiento acústico, existen viviendas que no quedan protegidas, y no se cumplen los niveles en el interior de las viviendas para el 45% de la población.

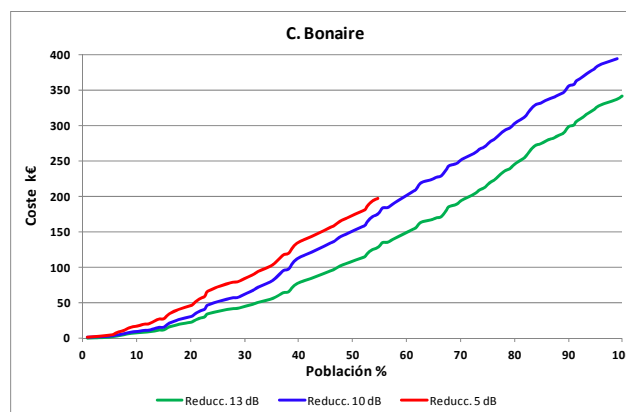


Figura 5. Población beneficiada y coste del plan de aislamiento acústico.



La figura 6 muestra el coste del aislamiento acústico necesario para otra calle de la zona. Al contrario que en la calle anterior, aunque se reduzca la emisión sonora dentro de los locales en 13 dB, en todas las viviendas se deberá incrementar el aislamiento acústico.

Si se aplica una reducción en la emisión sonora de 10 dB, el nivel sonoro en el interior de las viviendas solo se cumplirá para el 65% de la población, y aplicando una reducción de 5 dB, únicamente se cumplirá para el 8% de la población, aun considerando ventanas con elevado aislamiento acústico, no se cumplen los niveles en el interior de las viviendas para el 35% y 92% de la población respectivamente.

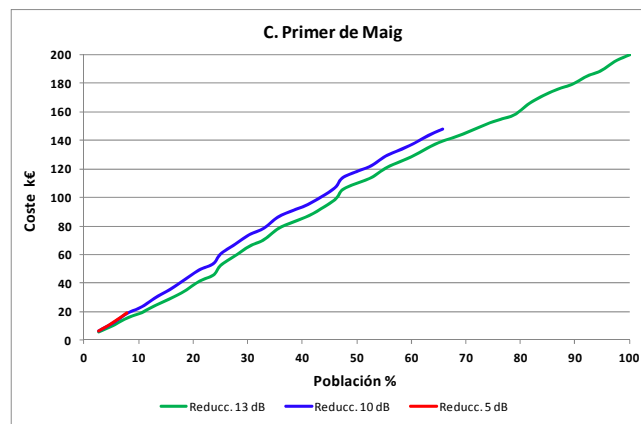


Figura 6. Población beneficiada y coste del plan de aislamiento acústico.

Finalmente se realiza un escandallo del coste global del plan de aislamiento [16], considerando una reducción del nivel sonoro en el interior de los locales mediante el limitador, de forma que el sonido que llega a la fachada de los receptores sea de 72 dB, y teniendo en cuenta, que todas las viviendas afectadas son tratadas con el tipo de ventana necesaria en función del aislamiento acústico requerido. Como se puede observar en la figura 7, el 28% de la población residente en la zona requiere de unas ventanas de altas prestaciones acústicas, cuyo coste asciende entorno a 426 k€. Siendo la población que no precisa actuación el 18%.

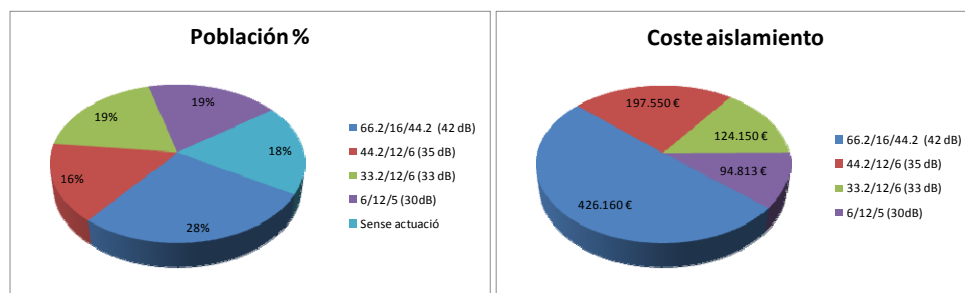


Figura 7. Población y coste del plan de aislamiento acústico limitando el nivel dentro de los locales.

## 5. CONCLUSIONES

Se presenta un plan de acción contra el ruido para las zonas ZARE, donde las principales fuentes de ruido son las actividades musicales de los locales de ocio que se concentran en la zona. El plan de acción pasa necesariamente por reducir el nivel de ruido emitido y por mejorar el aislamiento acústico de las fachadas de las viviendas afectadas. Sin embargo, es necesario

cuantificar qué nivel de reducción es el adecuado frente a las necesidades de aislamiento y coste económico.

Se parte de un mapa acústico existente que permite determinar la contribución de cada una de las actividades, a la afectación sonora sobre la línea de fachada de los distintos receptores. El conjunto de los datos suministrados por la simulación, los datos de población, el aislamiento real de la fachada existente, y el coste de la solución de aislamiento acústico necesario para conseguir el nivel interior deseado, permiten determinar el coste de la campaña de aislamiento acústico en función del nivel de ruido exterior y establecer la mejor solución posible de acuerdo con el criterio del municipio.

La solución de aislamiento acústico se ha estandarizado al cambio o mejora de ventanas, eligiéndose cuatro tipologías de ventana existentes en el mercado con diferentes prestaciones de aislamiento acústico, montados sobre perfilera apropiada con hasta tres juntas de estanqueidad entre la ventana y el marco.

## REFERENCIAS

- [1] Feijóo, S., Arines, S., Balsa R. Estudio de ruido nocturno en Santiago de Compostela. Proceedings 41º Congreso Nacional de Acústica, Encuentro Ibérico de Acústica, EAA European Symposium on Hydroacoustics. CD-ROM. Gandia 2003.
- [2] Barrigon Morillas J., Gómez Escobar, V., et al. Study of the noise associated with night leisure activities in the Cáceres City. Proceedings 39th International Congress on Noise Control Engineering 2010 (INTER-NOISE 2010) Lisbon 2010.
- [3] González, A.E., et al. Incidencia de actividades recreativas nocturnas sobre la calidad acústica del entorno de la ciudad de Salto (Uruguay). XXX Iberoamerican Congress of AIDIS Internacional. Toronto, Canada 2006.
- [4] M<sup>a</sup> 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.
- [5] La percepció social del soroll a Esplugues de Llobregat. Ajuntament d'Esplugues de Llobregat. D-CAS Col·loqui d'Analistes Socials. LEAM-UPC Laboratori d'Enginyeria Acústica i Mecànica - Universitat Politècnica de Catalunya.
- [6] Decret 176/2009 por el cual se aprueba el Reglamento de la Ley 16/2002 de protección contra la contaminación acústica. DOGC nº 5506 de 16 de noviembre de 2009.
- [7] 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.
- [8] Mapa de Capacitat Acústica del municipi de Sitges, juny 2013. LEAM-UPC Laboratori d'Enginyeria Acústica i Mecànica - Universitat Politècnica de Catalunya.
- [9] Pla de Millora Urbana d'Integració d'Usos en el Casc Antic de Sitges. Text refós, setembre 2008.
- [10] Jiménez Díaz, S.; Romeu Garbí, J.; Balanyà Anguera, A. Mapa acústico en zona acústica de régimen especial (ZARE) formada por actividades de ocio. Proceedings 44º Congreso Español de Acústica, Encuentro Ibérico de Acústica, EAA European Symposium on Environmental Acoustics and Noise Mapping CD-ROM. Valladolid 2013.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] Borgeaud, D. Noise mapping an entertainment precinct. Acoustics 2005 Conference.
- [14] UNE-EN 14351-1:2006+A1:2011 Ventanas y puertas. Norma de producto, características de prestación. Parte 1: Ventanas y puertas exteriores peatonales sin características de resistencia al fuego y/o control de humo.
- [15] Santiago Jiménez, Jordi Romeu, Teresa Pàmies, Sandra Guasch. Sistemas de Información Geográfica en la Gestión integral del Ruido. Proceedings Acústica, 2008 Coimbra-Portugal CD-ROM. Coimbra 2008.
- [16] Goyenechea C.M., Ortiz J.C. Creencias ambientales y coste social del ruido de ocio. Revista de Acústica, 36 3-4.