

ANÁLISIS DE LA ESTRATIFICACIÓN DE RUIDO DE LA CIUDAD DE PLASENCIA A TRAVÉS DE MEDIDAS DE LARGA DURACIÓN

PACS 43.50.Sr

Rey Gozalo, G.*; Barrigón Morillas, J.M.; Rubio Alamillo, E.; Gómez Escobar, V.; Méndez Sierra, J.A.; Vílchez Gómez, R.; Carmona del Río, F.J.; Prieto Gajardo, C.
Universidad de Extremadura, Escuela Politécnica, Dpto. de Física Aplicada
Avda. de la Universidad s/n
10071 Cáceres. Spain
Tel.: +34 927 257 195. Fax: +34 927 257 203
*E-mail: guille@unex.es

ABSTRACT

The present study was carried out in the Plasencia town (Extremadura). This town serves as the capital of the North of Extremadura and it has a population of 41.500 inhabitants, approximately. Firstly, we carried out a stratification of the roads according to the definitions proposed by the categorization method proposed by the Acoustics Laboratory of the Extremadura University. Secondly, measurements of a week-long, approximately, were carried out at different sampling points located in the different categories. Results showed a stratification of sound levels measured in the different categories and the existence of possible health risks due to the noise levels obtained in this town.

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en la ciudad extremeña de Plasencia, ciudad con una población de 41.500 habitantes aproximadamente y que ejerce de capital del norte de Extremadura. En primer lugar, se llevó a cabo una estratificación de las vías atendiendo a las definiciones propuestas por el método de categorización, diseñado por el Laboratorio de Acústica de la Universidad de Extremadura, para después realizar medidas de una semana de duración aproximadamente en diferentes puntos de muestro localizados en las distintas categorías. Los resultados obtenidos muestran tanto una estratificación de los niveles sonoros registrados en las distintas categorías como la existencia de posibles riesgos para la salud dado los niveles de contaminación acústica obtenidos en esta localidad de pequeño tamaño poblacional.

1.- INTRODUCCIÓN

La contaminación acústica es un problema ambiental que cada vez está más presente en nuestra sociedad. Constantes publicaciones en diferentes medios de comunicación han hecho que seamos más conscientes de los efectos de este problema medioambiental. Así, por ejemplo, un informe recientemente publicado por la Organización Mundial de la Salud (OMS): *“La contaminación acústica es la segunda mayor amenaza ambiental, tras la polución, y*

responsable, según cálculos del organismo sanitario, de 50.000 infartos cada año en Europa" [1].

Gran parte de estos datos y estudios se han obtenido gracias a la aplicación de diferentes normativas medioambientales, entre ellas, la Directiva Europea 2002/49/CE [2]. Esta normativa únicamente alude a las "grandes ciudades": Aglomeraciones de más de 250.000 habitantes (aunque considera aglomeraciones de más de 100.000 habitantes para una segunda fase), por lo tanto, un porcentaje importante de la población que reside en ciudades pequeñas y medianas, queda excluida de estudios de este tipo. Así, por ejemplo, en España el 76,5% de los habitantes reside en aglomeraciones con una población inferior a 250.000 habitantes y el 60,2% en aglomeraciones con una población inferior a 100.000 habitantes [3].

Este fue el motivo, entre otros, por el cual el Laboratorio de Acústica de la Universidad de Extremadura, ha centrado una parte importante de sus investigaciones en evaluar la situación acústica de ciudades de un tamaño mediano y pequeño en cuanto a población. Algunos ejemplos de los resultados obtenidos se pueden encontrar en trabajos publicados en ediciones anteriores del *Tecniacústica* [4-5] y en revistas internacionales especializadas en este ámbito [6-10].

De esta manera, siguiendo esta línea de investigación, presentamos en este estudio, un adelanto de los resultados obtenidos del análisis de la situación sonora de la ciudad de Plasencia. Para este análisis, se llevaron a cabo medidas sonoras de una semana de duración aproximadamente en distintas localizaciones seleccionadas según el "*Método de Categorización*": método de muestreo desarrollado por nuestro grupo de investigación [5-10].

La ciudad de Plasencia, con una población de 41.500 habitantes [3], se encuentra al norte de Extremadura aproximadamente a 83 km de Cáceres. Es el segundo núcleo urbano de la provincia y cuarto de la región, y ejerce de capital del norte de Extremadura. La economía de la ciudad se basa principalmente en el comercio y en el sector servicios, representando el 68,3% de la población empleada. Igualmente cabe destacar el sector de la construcción y de la industria, 19,3% y 8,7% respectivamente, especializada de forma mayoritaria en el sector agropecuario [11]. El núcleo urbano permaneció durante más de ocho siglos encerrado en un recinto amurallado donde el contacto con el exterior se realizaba a través de las diferentes puertas y postigos que tenía la muralla. Una vez iniciado, durante el siglo XIX, el crecimiento urbanístico de la ciudad, lo hizo siguiendo el trazado del valle del río Jerte. La principal consecuencia de este esquema de desarrollo urbanístico queda patente en los graves problemas actuales de movilidad urbana, derivados de una morfología estrecha y excesivamente alargada, a modo de imperfecta ciudad lineal.

De forma concisa, los principales objetivos que se pretendieron alcanzar con este trabajo fueron los siguientes:

- Analizar la situación acústica de una ciudad de pequeño tamaño poblacional pero de gran importancia económica dentro de la región de Extremadura.
- Estudiar el funcionamiento del método de categorización a través de medidas de larga duración (una semana aprox.).

2.- METODOLOGÍA

Tal y como se mencionó en el apartado anterior, el método de muestro utilizado para este trabajo fue el "*Método de Categorización*" [5-10]. Este método de muestreo se basa en estratificar las calles según su utilidad como medio de comunicación entre las diferentes zonas de la ciudad o entre la ciudad y otros núcleos urbanos u otras zonas del territorio:

- Categoría 1: Vías de utilización preferente para comunicar la ciudad con otras zonas peninsulares (carreteras, para ciudades del tipo estudiado, de carácter nacional) y para intercomunicar estas vías entre ellas a través de la zona urbana (en general, serán vías de dirección indicada o señalizada).

- Categoría 2: Vías urbanas que dan acceso desde las de la categoría anterior a nodos de distribución principales de la ciudad. También se incluyen en esta categoría las vías que son usadas de forma alternativa a las de la categoría anterior dada la saturación que éstas pueden presentar en muchas ciudades.
- Categoría 3: Se incluyen en ella, por un lado, las vías que comunican la ciudad con otras zonas regionales (carreteras, por tanto, de carácter regional o comarcal) y, por otro, las vías urbanas que dan acceso desde las anteriores a centros de interés o que comunican, de forma clara, las anteriores entre sí.
- Categoría 4: Vías de intercomunicación entre las anteriores. Además, se incluyen en esta categoría, las principales vías de los diferentes barrios que no han sido incluidas en categorías previas.
- Categoría 5: Se incluyen en ella, todas las calles de la ciudad (excepto las peatonales) que no han sido incluidas en las categorías anteriores.
- Categoría 6: Calles peatonales (no se ha incluido para el presente trabajo).

Una vez estratificadas las diferentes calles de la ciudad, en cada una de las categorías se intentó localizar el máximo número de puntos de muestreo que cumplieran, al menos, los siguientes requisitos:

1. Seguridad de la estación de monitorizado con respecto a condiciones meteorológicas muy adversas y actos vandálicos.
2. Los puntos de muestreo que no sean equivalentes, es decir, que ambos se encuentren separados por alguna intersección o vía que le suministre o reste un flujo de tráfico significativo en función a la categoría en la que se encuentren ubicados dichos puntos de muestreo.

En la Figura 1, se muestran con distintos colores las diferentes vías estratificadas y los diferentes puntos muestreados; un total de 15 puntos.

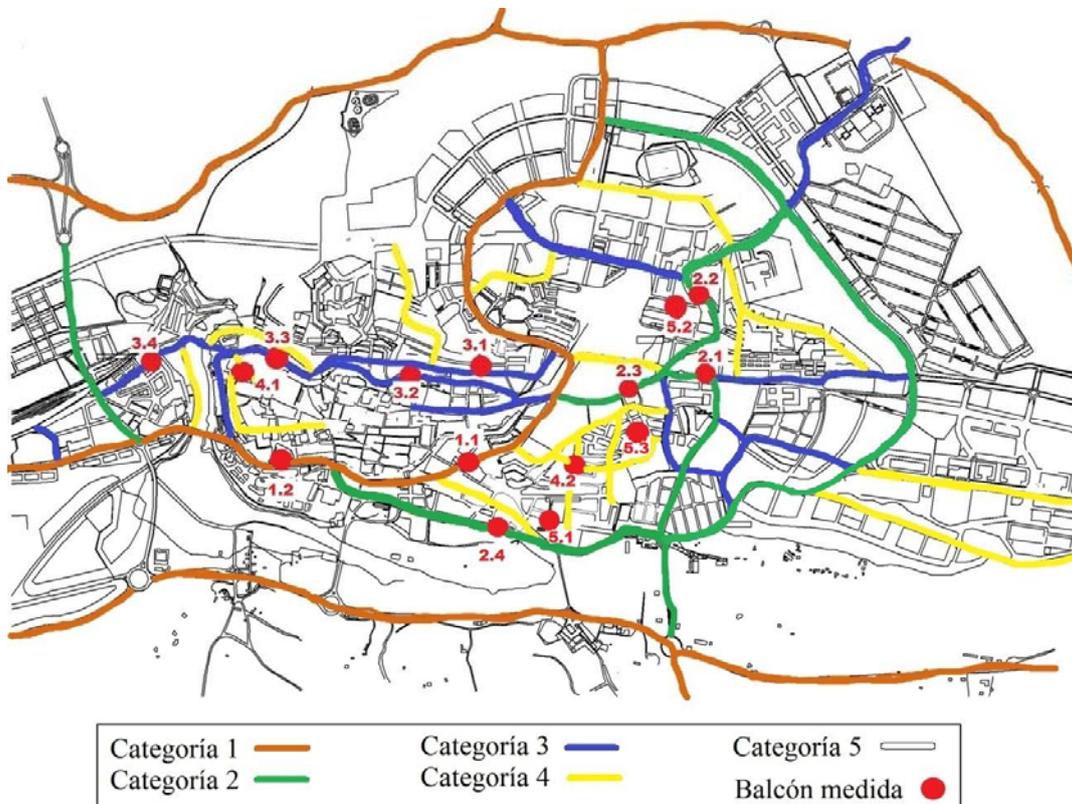


Figura 1.- Mapa de Plasencia con los diferentes puntos muestreados en las distintas categorías.

Las medidas de una duración aproximada de una semana fueron realizadas durante el presente año 2011. Se utilizaron los sonómetros Brüel & Kjaer 2260 y Brüel & Kjaer 2238. Todas las medidas se realizaron bajo las condiciones descritas en la norma ISO 1996-2: 2007 [12].

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, con el propósito de dilucidar el primer objetivo planteado, en la Figura 2, se muestran los valores sonoros medios registrados en los distintos puntos muestreados para cada uno de los días de la semana.

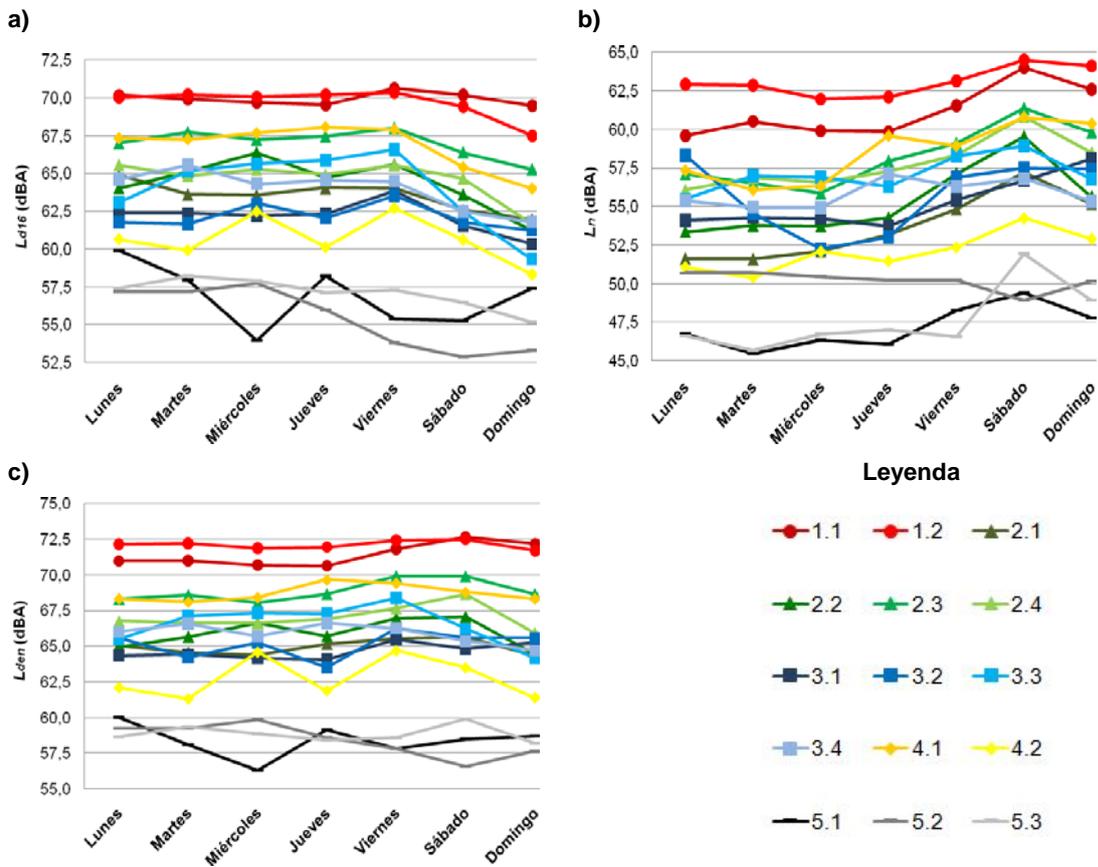


Figura 2.- Valores de los índices sonoros L_{d16} (a), L_n (b) y L_{den} (c) registrados en los diferentes puntos de muestreo a lo largo de una semana.

En esta figura, acorde a otros estudios similares, se observa que los valores sonoros diurnos [L_{d16} (dBA)] registrados en los días laborables son superiores a los valores registrados durante los días festivos. En cambio, para los valores sonoros nocturnos [L_n (dBA)] ocurre lo contrario. Con respecto al índice L_{den} (dBA), los valores registrados son más o menos estables en los diferentes días de una semana.

A continuación, si comparamos los valores sonoros registrados con diferentes valores de referencia propuestos por organismos internacionales:

- $L_{d16} > 50$ dBA (considerado como molestia moderada por la Organización Mundial de la Salud [13]): El 100% de los valores medios diarios registrados superan dicho valor.
- $L_{d16} > 55$ dBA (considerado como molestia grave por la Organización Mundial de la Salud [13]): El 96,2% de los valores medios diarios registrados superan el valor de referencia considerado por la OMS como molestia grave durante el periodo diurno.

Únicamente dos días laborables y dos días festivos no alcanzan dicho límite, de los 75 y 30 días registrados respectivamente.

- $L_n > 45$ dBA (considerado como trastorno del sueño por la Organización Mundial de la Salud [13]): Como se observa en la Figura 2 b) y al igual que ocurría para el valor de referencia considerado como molestia moderada por la OMS para el periodo diurno, el 100% de los valores medios diarios registrados superan el valor límite considerado por la OMS como responsable del trastorno del sueño nocturno.
- $L_{d16} > 65$ dBA (valor límite de acuerdo a la OECD [14]): Más de la mitad de los días registrados superan el valor de 65 dBA para el índice sonoro L_{d16} ; en cifras más precisas: el 60% del total de los días evaluados y, distinguiendo entre días laborables y festivos, el 61,3% y 56,7%, respectivamente.

Ahora bien, si este análisis anterior lo extrapolamos a la población expuesta, los resultados que obtenemos, teniendo en cuenta los valores sonoros promedios mostrados en la Tabla 1, son los siguientes:

Categoría	% Población	Índice Sonoro	Promedio Laboral (dBA)	Promedio Festivo (dBA)	Promedio Semanal (dBA)
1	2,1	L_{d16}	70,1	69,3	69,8
		L_n	61,6	63,9	62,2
		L_{den}	71,6	72,3	71,8
2	3,5	L_{d16}	65,7	63,8	65,1
		L_n	55,9	59,0	56,6
		L_{den}	66,9	67,3	66,9
3	4,9	L_{d16}	64,0	61,5	63,2
		L_n	55,8	57,3	56,0
		L_{den}	65,9	65,2	65,6
4	8,7	L_{d16}	62,0	59,7	61,3
		L_n	52,3	54,7	52,8
		L_{den}	63,5	63,1	63,3
5	80,8	L_{d16}	57,3	55,4	56,5
		L_n	48,3	49,7	48,5
		L_{den}	58,8	58,4	58,5

Tabla 1.- Valores promedios de los índices sonoros L_{d16} (dBA), L_n (dBA) y L_{den} (dBA), y porcentaje de población registrada para cada categoría.

- El 100% de la población residente en la ciudad de Plasencia está expuesta a un $L_{d16} > 55$ dBA y a un $L_n > 45$ dBA considerado por la OMS como molestia grave y como trastorno para el sueño, respectivamente [13].
- El 5,6% de la población está expuesta a un $L_{d16} > 65$ dBA en el promedio de los días laborables. En cambio, el 2,1% de la población está expuesta a un $L_{d16} > 65$ dBA en el promedio de los días festivos.
- El 10,5% de la población viven en “black acoustic zones” ($L_{den} > 65$ dBA), el 89,5% en “grey acoustic zones” ($65 \text{ dBA} > L_{den} > 55 \text{ dBA}$) y el 0% en “white acoustic zones”

($L_{den} < 55$ dBA), usando los criterios terminológicos de la OECD [15]. Además, en la Figura 3, se muestran los porcentajes de la longitud total de las vías que están expuestas a las distintas zonas acústicas: El 81% de la longitud total de las vías son “grey acoustic zones” y el 19% restantes son “black acoustic zones”.

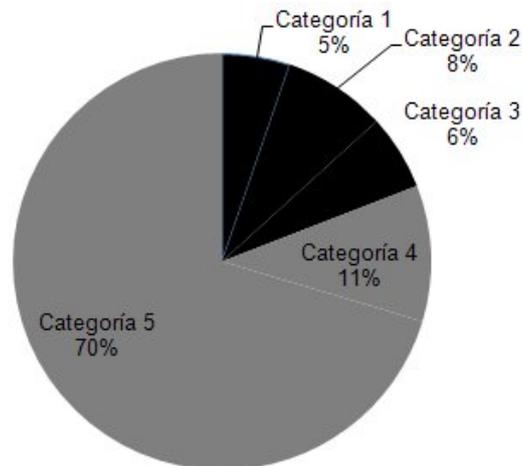


Figura 3.- Porcentaje de vías que se encuentran en “black acoustic zones” y en “grey acoustic zones”, y porcentaje de las vías que pertenecen a las distintas categorías.

Por lo tanto, una vez analizado los resultados correspondientes al primer objetivo planteado en dicho estudio, podemos concluir, atendiendo a los valores sonoros registrados, que la ciudad de Plasencia, a pesar de ser una ciudad de pequeño tamaño poblacional, la contaminación acústica presenta unos niveles que pueden atentar gravemente sobre un porcentaje significativo de la población residente.

Finalmente, en este trabajo, para estudiar el funcionamiento del método de categorización, el segundo y último objetivo principal, se calculó, inicialmente, a partir de los valores promedios semanales del índice sonoro L_{d24} (dBA) registrado en cada uno de los puntos de muestreo, el nivel de potencia sonora de la fuente lineal teniendo en cuenta las atenuaciones por divergencia y por reflexión [16], para después calcular el nivel de potencia promedio correspondiente a cada una de las categorías. Los resultados obtenidos de esta estimación se muestran en la Tabla 2:

- Los niveles de potencia sonora obtenidos en los diferentes puntos de muestreo no presentan solapamiento alguno con los valores obtenidos en los puntos pertenecientes a las categorías adyacentes.
- Los valores promedio de potencia sonora obtenidos en las distintas categorías presentan diferencias importantes para las categorías 3, 4 y 5 (superior a 5 dBA) y apreciables entre las categorías 1, 2 y 3.
- Las desviaciones estándar de los valores de potencia sonora registrados dentro de una misma categoría son inferiores a los registrados entre categorías adyacentes.

Consecuentemente, después de analizar los resultados obtenidos en el cálculo de la potencia sonora, se llega a la conclusión, a priori, del correcto funcionamiento del método de categorización en la ciudad de Plasencia, proporcionando una estratificación del ruido presente.

Categoría	Punto de muestreo	L_w (dBA)	L_w promedio (dBA)
1	1.1	81,1	80,6 ± 0,7
	1.2	80,1	
2	2.1	77,9	78,6 ± 0,8
	2.2	78,3	
	2.3	79,6	
	2.4	78,3	
3	3.1	73,5	75,5 ± 1,5
	3.2	74,9	
	3.3	76,8	
	3.4	76,3	
4	4.1	68,3	70,1 ± 2,1
	4.2	71,4	
5	5.1	65,7	65,0 ± 1,1
	5.2	64,2	
	5.3	63,6	

Tabla 2.- Nivel de potencia sonora [L_w (dBA)] de la fuente lineal del tráfico rodado en cada uno de los puntos muestreados y en cada categoría.

4.- CONCLUSIONES

De este estudio, de acuerdo a los objetivos principales planteados, podemos destacar las siguientes conclusiones:

- Las ciudades de pequeño tamaño poblacional no están exentas de los problemas de contaminación acústica. Esta afirmación viene corroborada por los resultados obtenidos en la ciudad de Plasencia. En ella, la totalidad de la población está expuesta a niveles sonoros diurnos y nocturnos superiores a los recomendados por la OMS. Además, un 10,5% de la población reside en “*black acoustic zones*” y el porcentaje restante en “*grey acoustic zones*”.
- Los resultados obtenidos del cálculo de la potencia sonora de la fuente lineal en los puntos muestreados y en las distintas categorías muestran el correcto funcionamiento del método de categorización en la estratificación de ruido urbano.

5.- AGRADECIMIENTOS

Agradecer, como entidades financiadoras del proyecto, a la Junta de Extremadura, Consejería de Economía, Comercio e Innovación y al Fondo Social Europeo.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- [1] World Health Organization (2011). Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe.
- [2] Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.
- [3] Instituto Nacional de Estadística (2010). Padrón municipal: cifras oficiales de población, España.
- [4] Rey Gozalo, G., Barrigón Morillas, J. M., & Gómez Escobar, V. (2008). Ruido Urbano en Olivenza. Tecnia Acústica Coimbra.
- [5] Rey Gozalo, G., Barrigón Morillas, J. M., Gómez Escobar, V., Carmona del Río, F. J., Vílchez-Gómez, R., & Méndez Sierra, J. A. (2009). El método de categorización aplicado al estudio de ruido de una ciudad extremeña de pequeño tamaño. Tecnia Acústica Cádiz.
- [6] Barrigón Morillas, J. M., Gómez Escobar, V., Méndez Sierra, J. A., Vílchez Gómez, R., & Trujillo Carmona, J. (2002). An environmental noise study in the city of Cáceres, Spain. *Applied Acoustic*, 63, 1061-1070.
- [7] Barrigón Morillas, J. M., Gómez Escobar, V., Méndez Sierra, J. A., Vílchez Gómez, R., Vaquero Martínez, J. M. & Trujillo Carmona, J. (2005). A categorization method applied to the study of urban road traffic noise. *Journal of the Acoustic Society of American*, 117, 2844-2852.
- [8] Barrigón Morillas, J. M., Gómez Escobar, V., Rey Gozalo, G., & Vílchez Gómez, R. (2010). Possible relation of noise levels in streets to the population of the municipalities in which they are located. *Journal of the Acoustic Society of American*, 128(2), EL86-EL92.
- [9] Barrigón Morillas, J. M., Gómez Escobar, V., Trujillo Carmona, J., Méndez Sierra, J. A., Vílchez Gómez, R., & Carmona del Río, F. J. (2011). Analysis of the prediction capacity of a categorization method for urban noise assessment. *Applied Acoustics*, 72(10), 760-771.
- [10] Carmona del Río, F. J., Gómez Escobar, V., Trujillo Carmona, J., Vílchez-Gómez, R., Méndez Sierra, J. A., Rey Gozalo, G., & Barrigón Morillas, J. M. (2011). Application of a street categorization method to the study of urban noise: the Valladolid (Spain) study. *Environmental Engineering Science* (accepted).
- [11] Ministerio de Trabajo e Inmigración. Tesorería General de la Seguridad Social (2007).
- [12] ISO 1996-2: 2007 (2007). Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 1: Basic quantities and assessment procedures. International Organization for Standardization, Switzerland.
- [13] World Health Organization (1999). Guidelines for Community Noise. Eds. Berglund, B., Lindwall, T., Schwela, D. H., Goh, K. T. Ginebra.
- [14] OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), 1986. Report Fighting Noise, OECD Publications, Paris.
- [15] OECD (Organization for Economic Cooperation and Development), 1991. Fighting noise in 1990s. Paris, France: Organization for Economic Cooperation and Development.
- [16] ISO 9613-2: 1996. Acoustic-attenuation of sound during propagation outdoors. Part 2: General method of calculation. International Organization for Standardization, Switzerland.