

## **ESTUDIO PRELIMINAR PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL DE LA CIUDAD DE SALAMANCA**

REFERENCIA PACS: 43.50.Sr

Gómez Escobar, V.; Barrigón Morillas, J.M.; Méndez Sierra, J.A.; Vilchez Gómez, R.  
Dpto. de Física, Escuela Politécnica, Universidad de Extremadura.  
10071 Cáceres. España  
Tel.: 34 927 257 233  
Fax: 34 927 257 203  
E-mail: valentin@unex.es

### **ABSTRACT**

In the last years, different studies have been carried out by our investigation group in different medium-sized Spanish cities (Cáceres, Badajoz, Vitoria-Gasteiz). Cities were categorized according to their roadway characteristics. Consisting with the results of these studies, some modifications in the categorization procedure could improve the results and hence the possibility of generalization.

A proposal of modification of previous categories is presented. Weekly measurements were done in order to an adequate sampling selection. From these results, further sampling procedure are proposed.

### **RESUMEN**

En los últimos años nuestro grupo de investigación ha presentado estudios acústicos de las ciudades de Badajoz, Cáceres y Vitoria. La metodología empleada en estos estudios ha sido la catalogación de sus calles atendiendo a su uso y a su grado de comunicación con las vías de transporte más utilizadas.

En la presente comunicación, describimos la fase de estudio previo de la ciudad de Salamanca. Esta fase se ha mostrado necesaria en los trabajos previos en ciudades de tamaño similar y de crucial importancia para una posterior definición de las categorías y una adecuada elección de los puntos de muestreo. En el estudio previo de la ciudad de Salamanca se incluye un análisis urbanístico, que culmina en la catalogación de las calles de la ciudad en seis grupos diferentes, donde el grupo sexto corresponde a las calles peatonales, existentes en número destacado en esta emblemática ciudad

También, y englobado en esta fase preliminar, en cada una de las categorías elegidas para el estudio, se han realizado medidas semanales del ruido (se determinó el nivel equivalente y otros índices de ruido), en intervalos de quince minutos. Estas medidas, entre otras

informaciones, proporcionan una pauta para la adecuada elección de los días y diferentes intervalos horarios de las futuras medidas a realizar.

## INTRODUCCIÓN

Desde hace siglos, el ruido ha sido una fuente de preocupación para el ser humano. Dentro de esta preocupación, desde hace algunas décadas se han llevado a cabo, en numerosas ciudades del mundo, diversos estudios relativos al ruido urbano que tratan, de forma independiente o simultánea, alguno de sus aspectos de interés; como pueden ser: fuentes, nivel de contaminación sonora, nivel de exposición al ruido, efectos fisiológicos y psicológicos sobre las personas, etc.<sup>1,2</sup>

En España, los primeros trabajos en este sentido se remontan a finales de la década de los años sesenta<sup>3</sup>. Actualmente existen estudios de ruido urbano en muchas ciudades españolas, incluso en algunas de mediano o pequeño tamaño<sup>4,5,6</sup>.

Nuestro grupo de investigación ha realizado diferentes estudios en ciudades españolas de mediano tamaño<sup>7,8,9</sup>. En estos trabajos, quedó de manifiesto que un sistema de estratificación del ruido urbano, atendiendo a una división que considere el uso de la vía pública, resulta útil y adecuado para el estudio del ruido urbano proveniente del tránsito de vehículos. A pesar de ello, del estudio global de los resultados obtenidos en las ciudades ya citadas, se observó la necesidad de introducir algunas mejoras en las definiciones de las categorías utilizadas<sup>10</sup>.

Para este estudio, se ha elegido la ciudad de Salamanca, de un tamaño similar a las estudiadas hasta ahora. El trabajo que se presenta propone una redefinición de las categorías de calles y se centra en los estudios preliminares de cara a la elaboración de un plan de trabajo para futuras medidas. Además de estudiar las cinco categorías de los estudios anteriores<sup>†</sup> (cierto es que redefinidas, luego diferentes), dadas las peculiares características de la ciudad de Salamanca, se ha introducido una sexta categoría, que engloba las calles de uso peatonal.

## MÉTODO DE TRABAJO

### Descripción de la ciudad

La ciudad de Salamanca está situada a 800 m sobre el nivel del mar. Tiene una población de unos 160000 habitantes y superficie de 39 km<sup>2</sup>. Esta población se incrementa de forma ostensible durante el curso lectivo debido a una afluencia muy importante de estudiantes. Además, dado el carácter turístico de la ciudad, durante todo el año existe un destacable flujo de turistas.

Desde un punto de vista urbanístico, se puede analizar la ciudad de Salamanca, dividiéndola en dos márgenes, respecto al río Tormes. El margen derecho puede ser dividido en tres áreas claramente diferenciadas. Por un lado, en él se encuentra la Zona Monumental, formada por un gran número de edificios históricos y residenciales; existe un gran número de calles de carácter peatonal, en las que sólo se permite el acceso de vehículos comerciales por la mañana y de residentes a lo largo de todo el día. Por otro lado, rodeando la zona anterior en su mayor parte, se puede considerar la existencia de una Zona Residencial, en la que la altura de los edificios que la componen no es uniforme. Finalmente, a un lado de la Zona Monumental, y junto al río, se encuentra una Zona Industrial. En el margen izquierdo del río Tormes podemos encontrar zonas residenciales más humildes. En la figura 1 se muestra un mapa de la ciudad.

### Catalogación de calles

Para la catalogación de las calles, se han considerado seis categorías diferentes. La definición de estas categorías, que a continuación se muestra, se encuentra todavía en fase de estudio y, por tanto, sujeta a posteriores modificaciones:

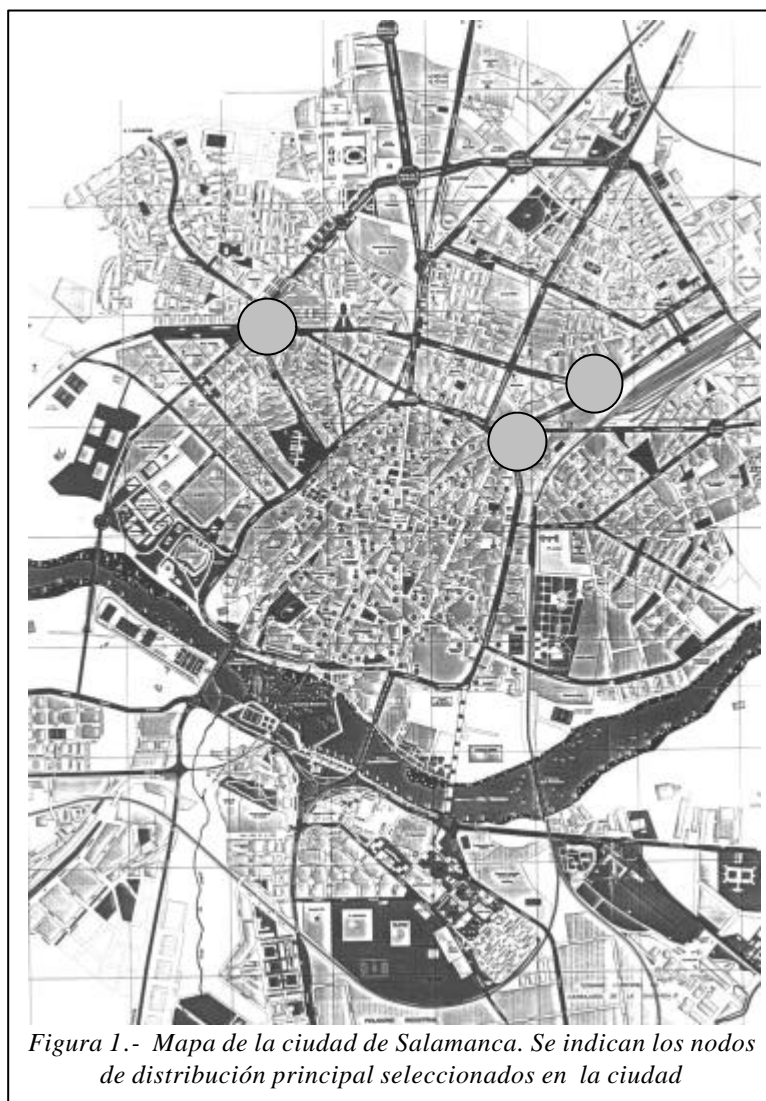
---

<sup>†</sup> Si bien se definían cinco categorías diferentes, sólo se tomaron muestras en las cuatro primeras.

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-señalizada-).

Categoría 2: Vías urbanas que dan acceso desde las de la categoría anterior a nodos de distribución principales<sup>‡</sup> 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.

En la ciudad de Salamanca, se eligieron como nodos de distribución principales la Plaza de España y los cruces de la Avenida de Portugal con el Paseo de la Estación y con la Avenida de Salamanca-Ctra. de Ledesma. Estos nodos han sido representados en la figura 1 con un círculo.



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

<sup>‡</sup> Se entiende por nodo de distribución principal a aquellas rotondas, glorietas, o similares que, estando en la zona central de la ciudad, unen al menos cuatro calles, dando la posibilidad de, una vez en ellas, acceder o dirigirse desde o hacia al menos tres zonas diferenciadas de la ciudad. En esta definición no se incluyen nodos análogos, que hayan quedado incluidos en las vías de la categoría anterior.

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. Se incluyen aquí, 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: En esta categoría se incluyen las calles de carácter peatonal.

Para la inclusión de cada vía urbana en una de las categorías descritas, en un primer paso, se hizo un estudio de la ciudad sobre un plano de ella. De esta forma se pretendía realizar una primera catalogación de las calles que no tuviera presente la subjetividad del investigador. Una vez realizada esta catalogación inicial, mediante la visita a la ciudad y, en algunos casos, el diálogo con habitantes, se hicieron algunas modificaciones de las catalogaciones previas.

#### Evolución semanal del ruido urbano

Una vez que las calles de la ciudad habían sido catalogadas y antes de la elección de los puntos de muestreo, como paso siguiente en el estudio, se analizó la evolución semanal del ruido en cada una de las categorías. Para ello, se situó en diferentes balcones de las distintas categorías un analizador B&K 2260, con su correspondiente trípode y pantalla antiviento. Se tomaron medidas, cada 15 minutos, del nivel equivalente, niveles máximos y mínimos de presión sonora, niveles máximo pico y diferentes niveles percentiles ( $L_1$ ,  $L_5$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{95}$ ,  $L_{99}$ ). En la tabla 1 se muestran las características de cada una de las medidas:

Categoría	Inicio	Días de medida	Localización	Piso medida
1	00:00 26/01/00 (Miércoles)	7	Avda. Dr. Torres Villarroel	7
2	12:00 16/03/00 (Jueves)	4,2 <sup>§</sup>	Avda. Canalejas	2
3	00:00 09/03/00 (Jueves)	7	c/ Comuneros	6
4	00:00 01/03/00 (Miércoles)	7	c/ Camino de las Aguas	2
5	20:45 18/01/00 (Martes)	7	c/ Pizarro	2
6	12:00 03/02/00 (Jueves)	7	c/ Libreros	2

Tabla 1.- Características de las medidas semanales llevadas a cabo en Salamanca

Los resultados del estudio realizado puede observarse en la figura 2. Como se puede apreciar en esta figura, si exceptuamos las calles peatonales (categoría sexta), existe gran similitud, a nivel cualitativo, en la evolución del ruido a lo largo de la semana en los diferentes tipos de calles. Así, se puede observar que, como cabría esperar, los niveles mínimos de nivel equivalente se obtienen en periodo nocturno y, para los días laborales, a partir de las 8:00 de la mañana se produce un claro aumento de este nivel que se puede considerar aproximadamente constante a lo largo del día, hasta las 20:00-21:00 horas. En esta franja horaria de valor aproximadamente constante existe una cierta reproducibilidad de los valores de nivel equivalente observados, salvo sucesos puntuales\*\* y, en la mayor parte de las categorías, en el intervalo horario cercano a las 15:00 horas. Es de señalar, que en la categoría cinco, se observa mayor dispersión de los valores medidos en esta zona de valor constante, debido probablemente a la falta de homogeneidad del flujo de vehículos.

En la figura 2, también puede observarse, el descenso en los niveles que se observa en los fines de semana, que queda claramente de manifiesto los domingos por la mañana. En lo que respecta a las calles del tipo peatonal, el comportamiento observado en la calle de este tipo está de acuerdo con la práctica inexistencia de tráfico, que como ya ha quedado de manifiesto en

<sup>§</sup> En esta calle, la medida tuvo que detenerse debido a la lluvia.

\*\* Más acusados, quizás en la calle de tipo 2, pues la medida coincidió con obras de canalización en la calle.

múltiples estudios puede considerarse la fuente principal de ruido urbano; dada la escasez de esta fuente de ruido en este tipo de calles (recuérdese que el tráfico en esta ciudad está muy restringido en calles peatonales), se tiene niveles de ruido muy dispersos<sup>††</sup>.

Finalmente, reseñar, respecto a la figura 2, que dado que el sonómetro se situó a diferentes alturas (indicadas, en número de pisos, en la tabla 1), las gráficas no son comparables a nivel cuantitativo. A la vez que se hicieron las medidas semanales, se realizaron algunas medidas al nivel de la calle, con objeto de, posteriormente, poder relacionar los valores obtenidos en las medidas del balcón con los que se medirían a nivel de calle.

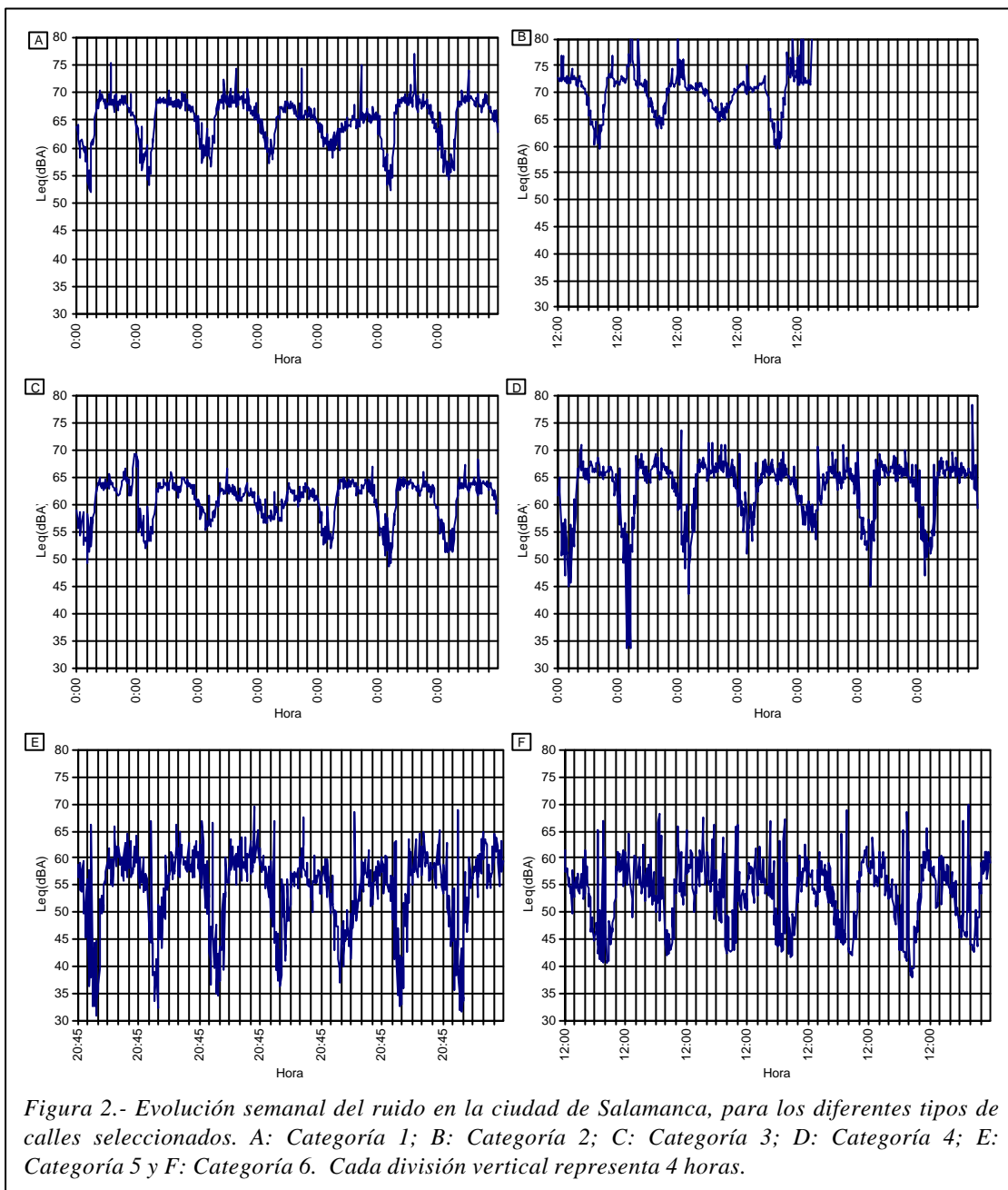


Figura 2.- Evolución semanal del ruido en la ciudad de Salamanca, para los diferentes tipos de calles seleccionados. A: Categoría 1; B: Categoría 2; C: Categoría 3; D: Categoría 4; E: Categoría 5 y F: Categoría 6. Cada división vertical representa 4 horas.

A partir de los resultados de la figura 2, se concluyó que, dentro de los días laborales (de lunes a viernes), el intervalo horario comprendido entre las 8:00 y las 20:00 se puede considerar

<sup>††</sup> El máximo diario que se observa a primera hora de la madrugada, se debe a la recogida de la basura (excepto sábados, como puede apreciarse).

equivalente en lo que se refiere al estudio del ruido urbano, salvo sucesos puntuales, y, en algunos casos, una franja horaria cercana a las 15:00 horas.

### Plan de trabajo propuesto

Para una adecuada caracterización de cada tipo de categoría, necesariamente, se debe seleccionar un número representativo de puntos de muestreo. Además, a partir del estudio previo presentado, parece oportuno realizar en cada punto más de una medida, de forma que se minimice el efecto que la medida de los sucesos anómalos aislados puedan tener sobre el valor del nivel equivalente asignado finalmente al punto de muestreo correspondiente. Se plantea, por tanto, que en cada punto de muestreo seleccionado, se obtengan cuatro medidas de 15 minutos, de forma que comprendiesen diferentes horas (siempre alguna de ellas en el intervalo 14:00-16:00) y diferentes días de la semana, siempre laborales. Con estas consideraciones, en la ciudad de Salamanca, se elegirán 10 puntos diferentes a estudiar por categoría, cada uno de los cuales, como acaba de indicarse, deberá ser medido en cuatro ocasiones. La selección de los puntos de muestreo se realizará al azar, dado que estudios anteriores apuntan a la posibilidad de que una selección arbitraria de los puntos puede llevar aparejada la selección de los emplazamientos más ruidosos<sup>11</sup> y, por tanto, la posibilidad de introducir un error sistemático en los resultados obtenidos. Análogamente a estudios anteriores, la obtención de dos puntos equivalentes, considerando como tales a aquellos que se encuentran en un tramo de una calle sin algún cruce entre ellos, implicará el descarte de uno y la selección de un nuevo punto.

## **CONCLUSIONES**

Se presentan en el trabajo los resultados del análisis realizado en la ciudad de Salamanca, previo al estudio del ruido urbano de la ciudad mediante la catalogación de las calles de la ciudad según su uso.

Se propone una catalogación de las calles, basada en seis categorías diferentes, que pretende mejorar las deficiencias encontradas en clasificaciones anteriores realizadas por nuestro grupo de investigación en ciudades similares.

Se ha realizado un estudio semanal de la evolución del nivel sonoro equivalente en cada una de las categorías. Este estudio deja de manifiesto la existencia, para días laborales, de un valor aproximadamente constante en los niveles, en el periodo comprendido desde las 8:00 horas hasta las 20:00 horas, excepto algunos sucesos puntuales y, en algunas de las categorías, una pequeña franja horaria en torno a las 15:00 horas. En las calles pertenecientes a categorías con poco uso, luego con poco tráfico, se observa un aumento de la dispersión respecto a este comportamiento. Esto es explicable, si consideramos que el ruido de tráfico es la mayor fuente de ruido urbano.

Con los resultados obtenidos en el estudio se plantea cómo se hará la selección de los puntos de muestreo en el estudio del ruido a realizar.

---

<sup>1</sup> Brown, A.L. y Lam, K.C., Urban noise surveys. *Appl. Acoust.*, 20, 1987, 23-39.

<sup>2</sup> Fidell, S., Nationwide urban noise survey, *J. Acoust. Soc. Am.*, 64 (1), 1978, 198-206.

<sup>3</sup> Santiago, J., Climas de ruido de tráfico en Madrid, *Electrónica y Física Aplicada*, 41, 1968, 35

<sup>4</sup> Arana, M., Evolución del ruido ambiental en Pamplona. *Revista de Acústica*, 28 (3 y 4), 1997, 47-48.

<sup>5</sup> García, A., Miralles, J.L., García, A.M. y Sempere, M.C., Community response to environmental noise in Valencia. *Environment International*, 16, 1990, 533-541.

<sup>6</sup> Sanchís Francés, R.; Segura García, J.; Navarro Camba, E.A. y García Rodríguez, A., Estudio de ruido ambiental y sus efectos en una pequeña ciudad: Banyeres de Mariola. *Revista de Acústica*, 31 (1 y 2), 2000, 26-31

<sup>7</sup> Barrigón, J.M.; Gómez Escobar, V.; Gutiérrez, P.D.; Alejandro, L.; Casillas, A. Y Ahmed, J. Estudio preliminar del ruido ambiental en la ciudad de Cáceres, *Revista de Acústica*, 30, 1999 (CD-Rom. ISBN 84-8785-02-5).

<sup>8</sup> Barrigón, J.M.; Gómez Escobar, V.; Gutiérrez, P.D. y Alejandre, L.. Study of medium-sized cities of Extremadura by categorizing roadway characteristics, En 7<sup>th</sup> International Congress on Sound and Vibration, (aceptado).

<sup>9</sup> Barrigón, J.M.; Gómez Escobar, V.; Bravo, A. y Méndez, J.A., L. Alejandre, Study of Vitoria-Gasteiz by categorizing roadway characteristics, En Internoise 2000, (aceptado).

<sup>10</sup> Barrigón, J.M.; Gómez Escobar, V. y Méndez, J.A., L. Alejandre, Revisión del sistema de categorización acústica de las vías públicas en Cáceres, Badajoz y Vitoria-Gasteiz. En Tecniacústica 2000, (aceptado)

<sup>11</sup> Mochizuki, T. y Imaizumi, N., City noises in Tokio, *J. Acoust. Soc. Japan*, 23, 1967, 146-159.