

## COMPARACIÓN DE LA SITUACIÓN ACÚSTICA DE DOS LOCALIDADES TRANSFRONTERIZAS. LOS CASOS DE OLIVENZA (ESPAÑA) Y CAMPO MAIOR (PORTUGAL).

**Guillermo Rey Gozalo**

Departamento de Física Aplicada, Escuela Politécnica, Universidad de Extremadura, Avda. Universidad s/n,  
10071 Cáceres, España  
(guille@unex.es)

### **Resumen**

Las localidades de Olivenza y de Campo Maior, por su situación geográfica a ambos lados de la frontera, se han visto afectadas por una evolución histórica similar, por lo que presentan características poblacionales, sociales y económicas de cierta similitud.

Con estas premisas, nos pareció de gran interés realizar una comparación de la situación acústica en ambas localidades. Dado que, entre las diferentes estrategias de muestreo y realización de estudios de ruido urbano, el método de cuadrícula es un método contrastado, recomendado en la normativa internacional, que implica una selección al azar de los puntos de medida sobre toda la superficie urbana, nos pareció el adecuado como referencia para la realización de este estudio comparativo. De esta manera, aplicando este método, hemos obtenido resultados diferentes dependiendo de la variable que analicemos: medidas, puntos de muestreo, celdas o resultados globales.

**Palabras-clave:** metodo de cuadrícula, localidades tranfronterizas, ruido urbano.

### **Abstract**

The Olivenza and Campo Maior cities, for its geographical situation on both sides of the border, have met affected by a historical similar evolution, for that they present similar population, social and economic characteristics.

With these premises, we seemed of great interest to realize a comparison of the acoustic situation in both localities. Provided that, among the different strategies of sampling and accomplishment of studies of urban noise, the squared method is a contrast method, it is recommended in the international regulation, that it implies a random selection of sampling points on the whole urban surface, it looked like to us the suitable method for reference to the accomplishment of this study. Hereby, applying this method, we have obtained different results depending on the variable that we analyze: measures, sampling points, cells or global results.

**Keywords:** squared method, cross-border cities, urban noise.

## 1 Introducción

Las localidades de Olivenza y Campo Maior se localizan geográficamente a una distancia similar con respecto a la frontera entre España y Portugal (10 km aprox.). Ambas localidades transfronterizas no se encuentran directamente conectadas, pero sí a otras poblaciones importantes desde el punto de vista socioeconómico, tales como Badajoz y Elvas. Como consecuencia de sus localizaciones transfronterizas y de la pertenencia de Olivenza a Portugal entre los años 1297 (Tratado de Alcañices) y 1801 (Tratado de Badajoz), presentan similitudes con respecto a la arquitectura, arte, gastronomía, folklore...

Olivenza cuenta con una población urbana de 8.933 habitantes (Instituto Nacional de Estadística, 2007), de los cuales, el 39,6 % se encuentran empleados en el sector primario, seguido del sector servicios con un 38,1% y, por último, otras actividades en pleno ascenso son la construcción con un 13,7% y la industria 8,6% (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Tesorería General de la Seguridad Social, 2006).

Campo Maior tiene censado un total de 8.387 habitantes, distribuidos laboralmente de la siguiente manera: 9.7% de la población se encuentra empleada en el sector primario, seguido del sector secundario con un 32,1% y, por último, el sector más importante en términos de empleo, el sector terciario con un 58,2% (Instituto Nacional de Estadística, 2001).

A tenor de estas similitudes entre ambas localidades, se nos planteó la idea de analizar la situación acústica de estas pequeñas localidades de Extremadura (España) y del Alto Alentejo (Portugal) y comparar los diferentes índices acústicos recogidos en las distintas medidas realizadas.

Existen diferentes técnicas de muestreo que se han utilizado para la evaluación distintas ciudades a lo largo de todo el mundo y que difieren considerablemente de unos casos a otros [1]. En nuestro trabajo hemos empleado un método de muestreo aleatorio, que debido a la supresión del sesgo en la selección de puntos, nos va a proporcionar una información representativa de la situación existente en toda esa localidad. Esta información no va a ser otra que las fuentes de ruido presentes o el orden de magnitud de los niveles sonoros existentes en toda la localidad. De esta manera, al utilizar en ambas localidades la misma técnica de muestreo, las correspondientes distribuciones obtenidas nos permitirán comparar, con el adecuado fundamento, los niveles sonoros de ambas poblaciones.

En este muestreo aleatorio, la elección de puntos de medida se hace de forma arbitraria mediante la utilización de una retícula regular (de forma cuadrada) superpuesta al plano de la localidad [2] [3]. Estudios recientes que emplean este método pueden encontrarse, por ejemplo, en Zannin et al. [4] [5] y Sommerhoff et al. [6]. Por lo tanto, actualmente, este método es uno de los más utilizados, a pesar de las desventajas observadas en varios estudios [1] [7] [8].

## 2 Método de trabajo

En ambas localidades, el tamaño y los límites de dicha retícula se determinaron con la ayuda de un análisis de los diferentes usos del suelo y a partir del mismo, en el presente estudio, se incluyeron únicamente las zonas urbanas de uso residencial-comercial (quedando excluidas las zonas industriales). Con respecto al tamaño de las celdas de la citada rejilla, fue de 200 m, tal y como se ha utilizado en estudios anteriores realizados por nuestro laboratorio y otros autores [9] [10] [11] [12].

Los puntos de muestreo se tomaron en las intersecciones de los diversos cuadrantes o, en su imposibilidad, en el lugar más cercano posible al mismo [13]. Así, el resultado final de puntos muestreados fue de 48 en la localidad de Olivenza y de 41 en la localidad de Campo Maior (figura 1).

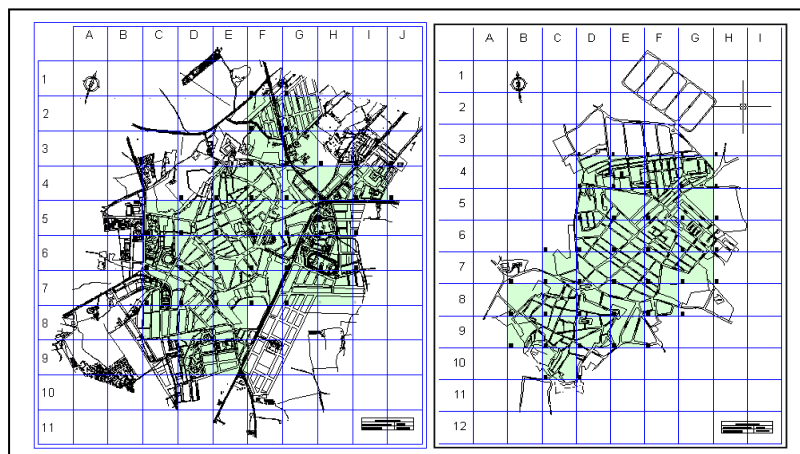


Figura 1 – Mapas de Olivenza y de Campo Maior con la malla de celdas cuadradas superpuestas

Dada la posible existencia de una cierta variabilidad temporal en los niveles sonoros a lo largo del horario diurno [14] [15], para caracterizar cada uno de los puntos de medida se realizan tres medidas en cada uno de los puntos, todas ellas en diferentes intervalos horarios de medida. Las doce horas, 7:00-19:00, que constituyen el periodo diurno [16] se dividen en tres intervalos uniformes: 7:00-11:00, 11:00-15:00 y 15:00-19:00, y en cada punto se realiza una medida de 15 minutos en cada uno de los intervalos. El nivel diurno del punto ( $L_d$ ) se calculó mediante la media energética de los valores del nivel sonoro obtenidos en las tres medidas. A cada cuadrícula se le asignó un valor para el periodo estudiado, calculado a partir de la medida aritmética de los valores sonoros obtenidos en los cuatro puntos que forman la celda con su correspondiente desviación estándar.

Las medidas fueron realizadas los días laborables durante distintas campañas a lo largo del año 2007. Para ello, se utilizó un sonómetro Bruel & Kjaer 2238, el cual era calibrado (calibrador Bruel & Kjaer 4231) inmediatamente antes y después de cada serie de medidas. Todas las medidas se realizaron bajo las condiciones descritas en la norma ISO 1996-2: 1987 y 2007.

En cada medida, de quince minutos de duración, se rellenaban las correspondientes hojas de toma de datos, con toda la información pertinente para posteriores análisis. Los índices recogidos fueron: el nivel equivalente ( $L_{eq}$ ), los percentiles uno, diez, cincuenta, noventa y noventa y nueve ( $L_1$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  y  $L_{99}$ ) y los niveles máximo y mínimo ( $L_{max}$ . y  $L_{min}$ .). Se utilizó la ponderación temporal rápida (F) y la ponderación A en frecuencias.

Una vez completado el trabajo de campo, se realiza un análisis comparativo, tanto descriptivo como inferencial, de los diferentes índices sonoros registrados en las medidas realizadas, en los puntos muestreados y en las celdas o cuadrículas. Para ello, nos hemos ayudado de los siguientes programas estadísticos: SPSS 15.0 y R 2.6.1.

En el análisis descriptivo se han estudiado diferentes medidas de centralización (media y mediana), de dispersión (desviación típica, rango) y de forma (coeficiente de asimetría y de curtosis), evitando la controversia planteada por algunos autores [17] [18], que defienden la utilización de las medidas de centralización como la mediana debido a la distribución logarítmica que siguen las magnitudes sonoras.

Finalmente, en el análisis inferencial, se ha optado por realizar pruebas no paramétricas debido a que algunas de las variables presentaban diferencias significativas con respecto a la distribución normal [19]. De esta manera, para las hipótesis causales se ha utilizado la *U de Mann-Whitney* y para las hipótesis de covariación la *Rho de Spearman*.

### 3 Resultados y discusión

#### 3.1 Medidas de 15 minutos

El resultado obtenido del análisis descriptivo de los distintos índices sonoros recogidos en ambas localidades para el conjunto de medidas realizadas, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1 – Medidas de centralización, dispersión y forma del total de medidas realizadas

Localidad	Índices sonoros	Medidas de centralización		Medidas de dispersión		Medidas de forma	
		Media	Mediana	Desviación típica	Rango	Asimetría	Curtosis
Olivenza	Lmax	80,68	81,10	9,95	44,30	-0,19	-0,48
Campo Maior		77,60	77,80	7,55	36,50	-0,04	-0,47
Olivenza	L1	69,87	71,16	8,99	36,60	-0,50	-0,63
Campo Maior		68,50	69,91	7,37	33,56	-0,18	-0,49
Olivenza	L10	60,58	61,03	7,90	32,83	-0,25	-0,85
Campo Maior		58,86	58,50	6,57	30,05	0,20	-0,34
Olivenza	Leq	58,89	59,00	7,93	33,36	-0,31	-0,75
Campo Maior		57,09	58,08	6,29	29,82	0,20	-0,34
Olivenza	L50	51,35	50,56	7,00	29,66	0,15	-0,88
Campo Maior		49,76	49,22	5,41	27,62	0,60	0,35
Olivenza	L90	45,52	45,00	6,25	27,52	0,27	-0,67
Campo Maior		44,22	44,13	4,58	24,81	0,71	1,34
Olivenza	L99	42,83	42,78	6,06	26,58	0,38	-0,47
Campo Maior		41,48	41,45	4,52	25,61	0,95	2,61
Olivenza	Lmin	39,72	38,95	6,21	27,30	0,55	-0,34
Campo Maior		38,05	37,80	4,81	27,80	1,25	4,05

A tenor de los resultados obtenidos, mostrados en la tabla 1, podemos ver como las distintas medidas de centralización obtenidas para los diferentes índices sonoros, obtienen valores superiores en la localidad de Olivenza. Esta diferencia, media de un índice sonoro registrado Olivenza menos la media del mismo índice sonoro en Campo Maior o mediana de un índice sonoro registrado en Olivenza menos la mediana del mismo índice sonoro en Campo Maior, se incrementa de los índices que marcan el ruido de fondo a los que marcan los niveles más elevados. Para contrastar esta hipótesis, nos vamos ayudar de la estadística inferencial y para ello, necesitamos saber qué distribución siguen nuestros índices sonoros.

Las medidas de forma nos dan información de la variabilidad de nuestras distribuciones con respecto a la distribución de Gauss, así cuanto más próximas al valor cero más se asemejan a la distribución normal. Si observamos la tabla 1, a simple vista, podemos apreciar como los índices sonoros Lmin y L99, en la localidad de Campo Maior, presentan coeficientes de asimetría y de curtosis alejados del valor nulo. Seguramente estas distribuciones no sean las únicas que difieren de una distribución normal, por ello vamos a realizar la prueba de *Kolmogorov-Smirnov* e indicar con (\*) aquellas distribuciones que presenten diferencias significativas para un nivel de significación del 95% ( $\alpha=0,05$ ) con respecto a una distribución normal.

Tabla 2 – Prueba de *Kolmogorov-Smirnov* de los distintos índices sonoros

Localidad	Índices sonoros	Estadístico	gl	Sig.
Olivenza	Lmax	0,04	144	0,20
	L1	0,09	144	0,01(*)
	L10	0,09	144	0,01(*)
	Leq	0,08	144	0,03(*)
	L50	0,06	144	0,20
	L90	0,06	144	0,20
	L99	0,08	144	0,04(*)
	Lmin	0,09	144	0,01(*)
Campo Maior	Lmax	0,05	123	0,20
	L1	0,09	123	0,02(*)
	L10	0,06	123	0,20
	Leq	0,07	123	0,17
	L50	0,11	123	0,00(*)
	L90	0,07	123	0,19
	L99	0,10	123	0,00(*)
	Lmin	0,09	123	0,02(*)

A raíz de los resultados obtenidos, mostrados en la tabla 2, podemos ver como las distribuciones de algunos índices sonoros difieren significativamente ( $\alpha=0,05$ ) de una distribución normal. De esta manera, para las distintas hipótesis que formulemos, vamos a utilizar pruebas no paramétricas. Dentro de las pruebas no paramétricas, vamos a utilizar la prueba de la *U de Mann-Whitney*, ya que los índices sonoros que vamos a comparar pertenecen a dos poblaciones distintas. Así, utilizando la prueba de *Mann-Whitney* para el análisis comparativo de las distintas medidas, se muestra en la tabla 3, el resultado de la hipótesis planteada inicialmente a raíz de los resultados mostrados en la tabla 1.

Tabla 3 – Prueba de *U de Mann-Whitney* para el total de medidas realizadas en ambas localidades

	Lmax	L1	L10	Leq	L50	L90	L99	Lmin
U de Mann-Whitney	7066	7743	7579	7528	7739	7873	7780	7649
Z	-2,85	-1,77	-2,03	-2,11	-1,78	-1,56	-1,71	-1,92
Sig	0,00(*)	0,08	0,04(*)	0,04(*)	0,08	0,12	0,09	0,06

A tenor de las diferencias significativas para un alfa igual a 0,05 (\*) encontradas, mostradas en la tabla 3, corroboramos lo que observábamos en la tabla 1 con respecto a las medidas de centralización: “Existen diferencias significativas entre los índices que marcan los niveles más elevados, pero no entre los índices que marcan el ruido de fondo”. En primer lugar, antes de hablar de las posibles excepciones (L1), vamos a explicar a que se debe esta diferenciación.

Durante la realización de las diferentes medidas, en ambas poblaciones, observamos como la principal fuente sonora la constituía el tráfico rodado. Así, en estas medidas, en Olivenza fueron contabilizados un total de 2740 vehículos mientras que en Campo Maior, 1633 vehículos. Esta diferencia de vehículos entre ambas poblaciones es un síntoma claro para que los niveles más elevados, muy influenciados por el paso de vehículos (tabla 4), presentaran diferencias significativas.

Tabla 4 – *Rho de Spearman* para el total de medidas en ambas poblaciones

		Lmax	L1	L10	Leq	L50	L90	L99	Lmin
LogQ	Coeficiente de correlación	0,69	0,82	0,85	0,84	0,71	0,58	0,53	0,47
	N	212	212	212	212	212	212	212	212

En la tabla 4, podemos ver como los percentiles L10 y L1 y el Leq son los que presentan un grado de correlación más próximos a la unidad con respecto al LogQ (siendo Q: vehículos/hora), por lo tanto son los que presentan una relación lineal más estrecha.

También hay que tener en cuenta, que el tráfico en Olivenza, a pesar de ser superior al de Campo Maior, en términos globales no es muy elevado. Se trata de un tráfico intermitente que propicia que se observen, en el total de medidas, grandes fluctuaciones; por ello, el Leq se aproxima al L10 y la diferencia entre el L10 y L90 es mayor a 10 dBA [20]. Si se trataran de lugares muy tranquilos o de vías con una gran afluencia de tráfico, esta diferencia entre el L10 y L90 sería menor a 10 dBA.

Por último, debemos destacar las diferencias significativas encontradas en los valores de Leq registrado en las distintas medidas realizadas en ambas poblaciones. Este índice sonoro, Leq, presenta una extrema sensibilidad por los valores más elevados [21], más aún cuando las fluctuaciones observadas entre los niveles elevados y el ruido de fondo son grandes. Esta extrema sensibilidad queda patente en los valores de R (grado de correlación) muy próximo a la unidad que se observan en la siguiente tabla:

Tabla 5 – *Rho de Spearman* entre los distintos índices sonoros

		L1	L10	L50	L90	L99	Lmax	Lmin
Leq	Coefficiente de correlación	0,97	0,95	0,79	0,64	0,57	0,87	0,49
	N	267	267	267	267	267	267	267

Con respecto a las excepciones de diferenciación de los índices sonoros entre ambas poblaciones, el L1 a pesar de ser un índice sonoro que marca los niveles más elevados, no presenta diferencias significativas en ambas poblaciones. Para poder explicar este fenómeno, hemos elaborado el siguiente diagrama de barras de los distintos valores de L1 obtenido en ambas poblaciones.

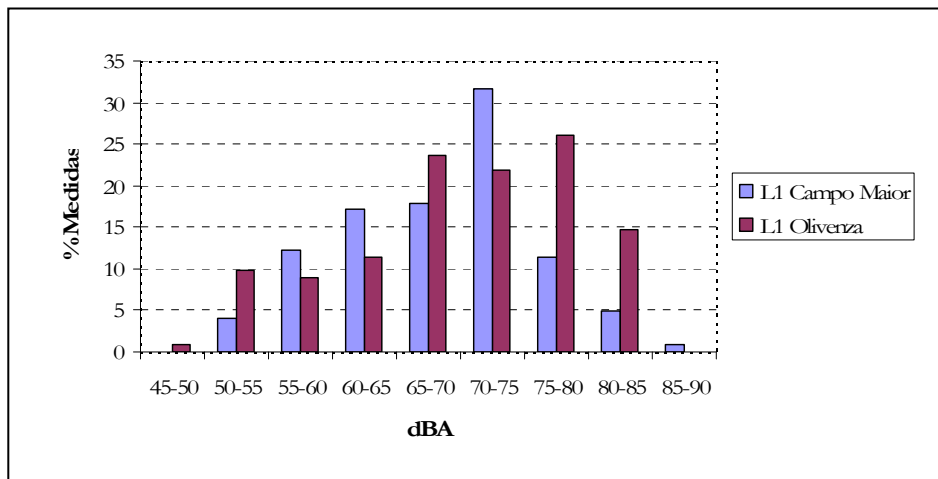


Figura 2 – Diagrama de barras de los valores de L1 obtenidos en las distintas medidas realizadas en Olivenza y en Campo Maior

En esta figura 2, podemos ver que Olivenza presenta un mayor porcentaje de medidas en los rangos más elevados pero también presenta un mayor porcentaje de medidas en los rangos más bajos. Esto, sumado a la alternancia presente en los rangos intermedios, hacen que este índice sonoro no presente diferencias significativas en ambas poblaciones. La causa principal se debe a que Olivenza presenta una mayor cantidad de medidas realizadas en zonas periféricas que no registran la presencia de tráfico rodado ni otra fuente de especial importancia en cuanto a potencia sonora.

Atendiendo a las medidas de dispersión mostradas en la tabla 1, observamos como, en ambas poblaciones, los niveles que marcan los valores más bajos (L90, L99 y Lmin) son los que presentan las desviaciones y rangos más pequeños. Además, estos índices sonoros no presentan diferencias significativas en ambas poblaciones (tabla 3). Por lo tanto, esto nos da una pista de la similitud entre los distintos puntos, de ambas poblaciones, en cuanto a la influencia de otras fuentes sonoras diferentes al tráfico rodado.

El percentil L50, por su propia definición, nos da idea de los valores medios que se alcanzan en las distintas medidas. Por lo tanto, se podría pensar que al igual que el Leq, este parámetro presentara diferencias significativas entre ambas poblaciones. Sin embargo, no presenta diferencias significativas, pues debido a las grandes fluctuaciones que se producen durante el periodo de medida, este parámetro está más relacionado con los niveles que marcan el ruido de fondo. Este comportamiento queda reflejado en el valor del coeficiente de correlación del L50 con respecto al L90 y L99, que mostramos en la siguiente tabla:

Tabla 6 – *Rho de Spearman* entre los distintos índices sonoros

		Lmax	L1	L10	Leq	L90	L99	Lmin
L50	Coefficiente de correlación	0,56	0,66	0,86	0,79	0,92	0,85	0,75
	N	267	267	267	267	267	267	267

### 3.2 Puntos muestreados

En este apartado, hemos agrupado las medidas realizadas en cada punto en una única medida (promedio energético), dado que, finalmente, es el punto de medida la referencia a utilizar respecto al cumplimiento o no de referencias o normativas y con respecto al impacto del ruido urbano sobre la población. Una vez calculado estos valores, hemos realizado, con el conjunto puntos, el análisis comparativo de la situación existente en ambas localidades y el resultado obtenido, para los diferentes índices sonoros, queda reflejado en la siguiente tabla

Tabla 7 – Medidas de centralización, dispersión y forma del total de puntos muestreados

Localidad	Índices sonoros	Medidas de centralización		Medidas de dispersión		Medidas de forma	
		Media	Mediana	Desviación típica	Rango	Asimetría	Curtosis
Olivenza	Lmax	82,81	83,01	9,25	39,81	-0,47	-0,25
Campo Maior		79,22	79,75	7,05	28,81	-0,42	-0,57
Olivenza	L1	70,91	72,28	8,18	32,18	-0,67	-0,06
Campo Maior		69,32	71,44	7,03	27,61	-0,26	-0,82
Olivenza	L10	61,54	61,50	7,06	30,08	-0,36	-0,29
Campo Maior		59,52	59,54	6,16	27,34	0,12	-0,05
Olivenza	Leq	59,84	60,02	7,17	30,25	-0,42	-0,32
Campo Maior		57,66	58,91	6,05	26,37	-0,12	-0,36
Olivenza	L50	52,15	51,50	6,64	24,87	0,08	-1,00
Campo Maior		50,38	49,59	4,89	21,07	0,78	0,78
Olivenza	L90	46,27	45,35	5,85	22,34	0,22	-0,93
Campo Maior		44,66	44,41	4,15	20,70	0,99	2,36
Olivenza	L99	43,61	42,82	5,60	22,03	0,37	-0,73
Campo Maior		41,91	42,40	4,08	22,37	1,28	4,46
Olivenza	Lmin	40,64	39,31	5,69	22,70	0,53	-0,55
Campo Maior		38,56	38,48	4,31	25,01	1,74	6,95

A tenor de los resultados obtenidos, mostrados en la tabla 7, vamos a resaltar las diferencias de las medidas de centralización con respecto a las reflejadas en la tabla 1:

- Media: las diferencias entre la media del mismo índice sonoro recogido en las dos poblaciones son mayores que las obtenidas en la tabla 1. Esta mayor diferencia puede contribuir a la diferenciación significativa entre los mismos índices sonoros recogidos en las distintas poblaciones.
- Mediana: las diferencias entre la mediana del mismo índice sonoro recogido en las dos poblaciones son menores que las obtenidas en la tabla 1 para los índices Lmax, L1, L10, L99 y Lmin. De esta manera, puede contribuir a la no diferenciación de los índices Lmax y L10, que presentaban diferencias significativas en el tratamiento del total de medidas.

Para contrastar estas suposiciones observadas en el análisis descriptivo, vamos a utilizar la estadística inferencial. Dentro de este análisis inferencial, vamos a estudiar la normalidad de los datos con la prueba de *Kolmogorov-Smirnov*, que nos ayudó a decidir qué prueba utilizar en el análisis comparativo.

Tabla 8 – Prueba de *Kolmogorov-Smirnov* de los distintos índices sonoros

Localidad	Índices sonoros	Estadístico	gl	Sig.
Olivenza	Lmax	0,10	48	0,20 n.s.
	L1	0,10	48	0,20 n.s.
	L10	0,09	48	0,20 n.s.
	Leq	0,10	48	0,20 n.s.
	L50	0,09	48	0,20 n.s.
	L90	0,09	48	0,20 n.s.
	L99	0,09	48	0,20 n.s.
	Lmin	0,11	48	0,17 n.s.
Campo Maior	Lmax	0,10	41	0,20 n.s.
	L1	0,20	41	0,00 (*)
	L10	0,07	41	0,20 n.s.
	Leq	0,14	41	0,03 (*)
	L50	0,10	41	0,20 n.s.
	L90	0,13	41	0,10 n.s.
	L99	0,16	41	0,02 (*)
	Lmin	0,12	41	0,12 n.s.

A pesar de que la mayoría de las distribuciones no presentan diferencias significativas con respecto a una distribución normal (n.s. de la tabla 8), a tenor de los resultados obtenidos en las medidas de forma (curtosis y asimetría de la tabla 7) y ante la escasa cantidad de datos (la prueba de *Kolmogorov-Smirnov* es poco potente cuando el número de datos es inferior a 120), vamos a ser conservadores en nuestro análisis comparativo entre los resultados obtenidos en ambas localidades y vamos a optar por pruebas no paramétricas. Dentro de estas pruebas, vamos a utilizar prueba de la *U de Mann-Whitney*.

Tabla 9 – Prueba de *U de Mann-Whitney* para el total de puntos muestreados en ambas localidades

	Lmax	L1	L10	Leq	L50	L90	L99	Lmin
U de Mann-Whitney	727,5	828,5	803	796,5	839	825	821	795,5
Z	-2,11	-1,28	-1,49	-1,54	-1,19	-1,31	-1,34	-1,55
Sig	0,04 (*)	0,20	0,14	0,12	0,23	0,19	0,18	0,12

A raíz de los resultados obtenidos, mostrados en la tabla 9, a partir de los valores obtenidos en los puntos muestreados, el único índice sonoro que presenta diferencias significativas para un nivel de



significación del 95% es el Lmax. A pesar de que, de forma general, las diferencias entre las medidas de centralización habían aumentado y las medidas de dispersión habían disminuido, un menor número de índices sonoros presentan diferencias entre ambas poblaciones.

Si analizamos los diagramas de caja obtenido para el Leq en el análisis de medidas y de puntos respectivamente:

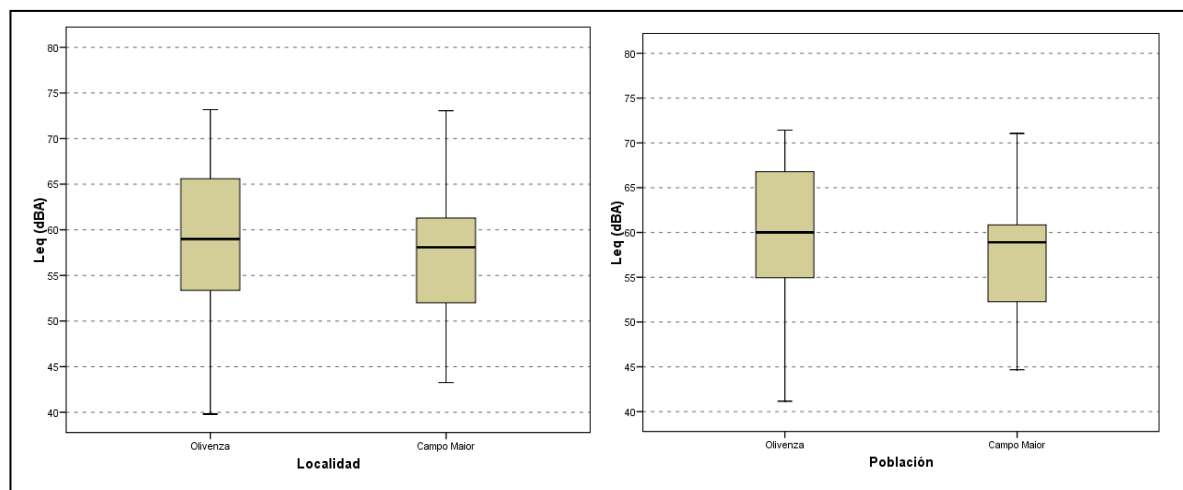


Figura 3 – Diagrama de cajas de los valores de Leq obtenidos en las distintas medidas y puntos muestreados en Olivenza y en Campo Maior

Como podemos ver en la figura 3, la mediana del Leq en Campo Maior, con respecto a los puntos, aparece más desplazada hacia valores más bajos, de igual manera le ocurre al rango intercuartílico. Con respecto al rango, no se observan grandes diferencias del paso de medidas a puntos en ambas poblaciones. En definitiva, a pesar de haber cambios, en la estadística descriptiva, a favor de incrementar la diferencia significativa del Leq en ambas poblaciones, la estadística inferencial no lo recoge. Esto se debe, en gran medida, a la disminución de datos, que hacen que dichas pruebas sean menos potentes y por lo tanto, “más miopes”.

También hay que indicar que los niveles de ruido de ambas poblaciones presentan grandes similitudes, pues a pesar que en Olivenza se registró un mayor número de vehículos, esto viene compensado, en cierto modo, por la antigüedad del parque automovilístico y el tipo de pavimento (adoquín) que, en la mayor parte de sus vías, presenta Campo Maior.

### 3.3 Celdas o cuadrículas

Generalmente, los estudios de ruido urbano mediante la técnica de rejilla implican la asignación a la superficie de la rejilla de los valores medios de los valores obtenidos en los puntos que la componen. Por ello, a continuación representamos las variables descriptivas obtenidas en las celdas de los distintos mapas de ruido obtenidos en ambas poblaciones para los diferentes índices sonoros, obtenemos la siguiente tabla:

Tabla 10 – Medidas de centralización, dispersión y forma del total de celdas

Localidad	Índices sonoros	Medidas de centralización		Medidas de dispersión		Medidas de forma	
		Media	Mediana	Desviación típica	Rango	Asimetría	Curtosis
Olivenza	Lmax	83,65	84,46	3,99	17,62	-0,55	0,48
Campo Maior		78,77	79,28	3,75	14,71	-0,16	-0,12
Olivenza	L1	71,45	71,61	2,95	12,09	-0,46	0,13
Campo Maior		69,07	70,15	4,39	15,43	-0,14	-0,85
Olivenza	L10	62,04	62,38	3,22	12,55	-0,26	-0,22
Campo Maior		59,57	60,32	3,67	14,81	-0,17	-0,27
Olivenza	Leq	60,35	60,61	3,03	12,90	-0,48	0,20
Campo Maior		57,54	57,61	3,77	14,36	-0,19	-0,55
Olivenza	L50	52,61	52,49	3,55	15,05	0,09	-0,19
Campo Maior		50,48	50,48	2,97	13,39	0,18	0,19
Olivenza	L90	46,70	46,45	3,46	13,19	0,31	-0,56
Campo Maior		44,90	44,52	2,71	12,35	0,36	0,43
Olivenza	L99	43,99	43,53	3,39	12,41	0,27	-0,64
Campo Maior		42,22	41,91	2,68	11,78	0,33	0,20
Olivenza	Lmin	41,02	40,64	3,68	13,09	0,16	-0,81
Campo Maior		38,97	38,99	2,83	11,79	0,42	-0,08

Así, en esta tabla 10, podemos ver como las diferencias entre las medidas de centralización del mismo índice en distintas poblaciones ha aumentado bastante. Las medidas de dispersión han disminuido, efecto estadístico esperable al obtener estos valores a partir de medias. Y con respecto a las medidas de forma, presentan mayor similitud con respecto a una distribución normal, es decir, los coeficientes de asimetría y de curtosis están próximos a cero.

Al tener tan pocos datos, en el análisis comparativo, vamos a utilizar pruebas no paramétricas, y por lo tanto, para la *U de Mann-Whitney*, los resultados son los siguientes:

Tabla 11 – Prueba de *U de Mann-Whitney* para los valores de los distintos índices sonoros obtenidos en la diferentes celdas de los mapas de cuadrícula de ambas poblaciones

	Lmax	L1	L10	Leq	L50	L90	L99	Lmin
U de Mann-Whitney	159	288	264	231	277	298	300	292
Z	-4,15	-2,20	-2,56	-3,10	-2,36	-2,04	-2,01	-2,13
Sig	0,00(*)	0,03(*)	0,01(*)	0,00(*)	0,02(*)	0,04(*)	0,05(*)	0,03(*)

A tenor de los resultados, mostrados en la tabla 11, todos los índices sonoros obtenidos en las diferentes celdas de los mapas de cuadrícula de ambas poblaciones, presentan diferencias significativas para un nivel de significación de 0,05.

Ahora os preguntaría. ¿Por qué en el análisis inferencial de las medidas y de los puntos no encontrábamos diferencias significativas en la mayoría de los índices sonoros, y en las celdas, encontramos diferencias significativas en todos los índices sonoros analizamos? Cuando superpusimos la malla cuadrangular sobre el casco urbano de Olivenza, algunos de los puntos que íbamos a evaluar, se encontraban en la periferia del casco urbano (alejados de zonas residenciales-comerciales), donde no se localizó la presencia de tráfico rodado. Estos puntos periféricos de Olivenza, eran más numerosos que los localizados en la periferia en el estudio de cuadrícula de Campo Maior. Esta es una de las principales causas por la que algunos índices sonoros, en el análisis inferencial de medidas y de

puntos, no se diferencian entre Campo Maior y Olivenza. De esta manera, si realizamos el análisis comparativo de la U de *Mann-Whitney* para el global de medidas y de puntos muestreados exceptuando aquellos que se localizan alejados de zonas residenciales-comerciales, el resultado es el siguiente:

Tabla 12 – Prueba de *U de Mann-Whitney* para el total de medidas y puntos muestreados exceptuando aquellos/as que se localizan en la periferia en ambas localidades

<i>Mann-Whitney</i>	Lmax	L1	L10	Leq	L50	L90	L99	Lmin
Sig. Medidas	0,00(*)	0,00(*)	0,00(*)	0,00(*)	0,00(*)	0,02(*)	0,04(*)	0,04(*)
Sig. Puntos	0,00(*)	0,01(*)	0,01(*)	0,01(*)	0,03(*)	0,07 n.s.	0,10 n.s.	0,10 n.s.

Así, en la tabla 12, en el análisis de medidas, se muestra como todos los índices sonoros presentan diferencias significativas en ambas poblaciones para un alfa igual a 0,05 y, en el análisis de puntos, ocurre lo mismo excepto para los índices que marcan el ruido de fondo: L90, L99 y Lmin. Por lo tanto, a nivel de puntos muestreados dentro del casco urbano de las localidades, Olivenza presenta diferencias significativas con Campo Maior, excepto para los índices que marcan el ruido de fondo.

Estas diferencias significativas, de alguna manera, se hacían patente, sin excluir los puntos periféricos de ambas poblaciones, con los coeficientes de asimetría obtenidos en las medidas y en los puntos muestreados. Estos coeficientes eran significativamente más negativos en Olivenza, por lo tanto, nos daban una información acerca de la distribución de los valores obtenidos en los distintos índices sonoros, es decir, que estaban más desplazados hacia los valores elevados.

Y por último, para contestar a la pregunta planteada anteriormente: El valor de cada celda, resulta del promedio aritmético de los cuatro puntos que la forman. De esta manera, en Olivenza, el valor de la celda que integra alguno de estos puntos periféricos se ve compensado, en la mayoría de los casos, por los valores de los tres puntos restantes. Así, cuando se realiza el análisis inferencial, los diferentes índices sonoros presentan diferencias significativas en ambas poblaciones.

## 4 Conclusiones

- En el método de cuadrícula se pueden obtener conclusiones diferentes dependiendo del tipo de parámetro que se analice: medidas, puntos de muestreo, celdas, nivel global.
- El análisis de los diferentes índices sonoros, en estudios comparativos, nos puede proporcionar información acerca de las fuentes sonoras, actividad de los habitantes...
- En ocasiones, la estadística inferencial, no refleja las diferencias entre los niveles sonoros de ambas poblaciones debido a la escasa cantidad de datos, por ello, es necesario que se complemente con la estadística descriptiva.

## Agradecimientos

El presente estudio se ha realizado gracias a la ayuda otorgada por:

- Junta de Extremadura (Proyecto PRI06A271).
- Beca y contrato en práctica para la formación predoctoral de personal investigador (PRE07026).  
Así, merece especial mención las entidades financiadores de dicha beca:
  - Junta de Extremadura
  - Consejería de Infraestructuras y Desarrollo Tecnológico
  - Fondo Social Europeo

## Referencias

- [1] Brown, A.L.; Lam, K.C. Urban Noise Surveys. *Applied Acoustic*, 20, 1987, 23-39.
- [2] ISO 1996-2: 1987. *Description and measurement of environmental noise. Part 2: Acquisition of data pertinent to land use*. International Organization for Standardization, Switzerland, 1987.
- [3] ISO 1996-2: 2007. *Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 2: Determination of environmental noise levels*. International Organization for Standardization, Switzerland, 2007.
- [4] Zannin, P.H.; Diniz, F.B.; Calixto, A.; Barbosa, W.A. Environmental noise pollution in residential areas of the city of Curitiba. *Acta Acústica*, 87, 2001, 625-628.
- [5] Zannin, P.H.; Diniz, F.B.; Barbosa, W.A. Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil. *Applied Acoustic*, 63, 2002, 351-358.
- [6] Sommerhoff, J.; Recuero, M.; Suárez, E. Community noise survey of the city of Valdivia, Chile. *Applied Acoustics*, 65, 2004, 643-656.
- [7] García, A. *Jornadas Nacionales de Acústica*, Zaragoza, 1989, 85-89.
- [8] Sánchez, J.I.; González, J. Estrategia de medida del ruido de tráfico por criterios urbanísticos. *Revista de Acústica*, 23, 1992, 13-18.
- [9] Arana, M.; García, A. Estudio del ruido ambiental en Pamplona. *Revista de Acústica*, 21, 1990, 57-62.
- [10] García, A.; Miralles, J.L.; García, A.M.; Sempere, M.C. Community response to environmental noise in Valencia. *Environmental Internacional*, 16, 1990, 533-544.
- [11] Sanchís, R.; Segura, J.; Navarro, E.A.; García, A. Estudio de ruido ambiental y sus efectos en una pequeña ciudad: Banyeres de Mariola. *Revista de Acústica*, 31, 2000, 27-31.
- [12] Barrigón, J.M.; Gómez, V.; Méndez, J.A.; Vílchez, R. Study of noise in a small Spanish Town. *Internacional Journal of Acoustic Vibration*, 7(4), 2002, 231-237.
- [13] Branbilla, G. *Physical assessment and rating of urban noise*. Environmental Urban Noise, WIT Press, Southampton, 2001, 15-61.
- [14] García, A. *Impacto Acústico ambiental. El ruido en la ciudad. Gestión y control*. Ayuntamiento de Madrid y Sociedad Española de Acústica, Madrid, 1991.
- [15] Crocker, M.J. *Handbook of Acoustic*. John Wiley and Sons, New York, 1998.
- [16] Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.
- [17] Miyara, F. *Estimación del riesgo auditivo por exposición a ruido según la Norma ISO 1999: 1990*. Instituto Argentino de Normalización, 1999.
- [18] Moreno, A.; Martínez, P. El ruido ambiental urbano en Madrid. Caracterización y evaluación cuantitativa de la población potencialmente afectable. *Boletín de la A.G.E.*, 40, 2005, 153-179.
- [19] Zar, J.H. *Biostatistical análisis*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, New Jersey, 1999.
- [20] Broderson, A.B.; Edwards, R.G.; Hauser, W.P.; Coakley, W.S. Community noise in twenty Kentucky cities. *Noise Control Engineering*, 16 (2), 1981, 52-63.
- [21] García, A.; Fajarí, M. La contaminación acústica en la ciudad de Valencia. *En Anales del Centro de Alzira (UNED)*, 4, 1986, 153-167.