

## ESTUDIO COMPARATIVO DE LA EVOLUCIÓN DEL RUIDO EN DISTINTOS PUNTOS DE UNA CIUDAD

PACS: 43.50.Sr

J. González \*, J.F. Sanz \*\*, L. García \*, M. Machimbarrena Gutiérrez\*, T. Lorenzana Lorenzana\*\*\*

\* E.T.S Arquitectura, Universidad de Valladolid

Av Salamanca s/n

47014 Valladolid, España

E-mail:laura@arq.uva.es

\*\*Universidad Europea Miguel de Cervantes,  
Padre Julio Chevalier (Valladolid).

E-mail:jfsanz@uemc.com

\*\*\* Dto. de Física Aplicada de la EU de Arquitectura Técnica;  
Universidad de A Coruña.

### ABSTRACT

Noise profile in the cities is repeated with regular recurrence. Usually, the main periods comprise some minutes corresponding to red/green traffic lights. In the case of short periods are used 12 hours, for medium periods, 24 hours and weekly, seasonal and annual periods if the measurements are made for a longer time. In the present work, a study of  $L_{eq}$ ,  $L_{max}$ ,  $L_1$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  parameters measured in a continuous way, in 5 different point and during 5 days, is carried out.

### RESUMEN

El perfil del ruido en las ciudades se repite con cierta periodicidad. Normalmente los periodos principales son de unos minutos correspondientes a la apertura y cierre de los semáforos, en el caso de que el punto de medida esté influenciado por la presencia de algún semáforo, para periodos cortos, de 12 y 24 horas para periodos medios, y semanales, estacionales y anuales para periodos largos. El trabajo que presentamos hace el estudio para los parámetros  $L_{eq}$ ,  $L_{max}$ ,  $L_1$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  medidos en continuo durante 5 días en cinco puntos.

### INTRODUCCIÓN

En la evaluación y estudio de los niveles de ruidos que se producen en los ambientes urbanos y que se exponían en los mapas de ruidos hasta la promulgación de DIRECTIVA 2002/49/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO [1] y las leyes de los países europeos que trasponen esta Directiva, como es el caso de España con la Ley del Ruido 37/2003 y el Real Decreto 1513/2005 [2], que la desarrolla, los parámetros que se utilizaban eran diversos y no los mismos en todas los lugares ni en todas las ocasiones. Con la entrada en vigor de la nueva normativa se establece que los parámetros principales en el ámbito de la Unión Europea son los índices de ruido  $L_{den}$  y  $L_{night}$  que se obtienen a partir de los niveles equivalentes de periodo largo diario y nocturno respectivamente. Estos índices sirven para definir el estado del nivel de ruidos, en periodos largos de un año, en los espacios exteriores donde son aplicables y para decidir sobre la necesidad de efectuar algún tipo de actuaciones en el caso que se sobrepasen ciertos valores. Con estos índices no se describen las situaciones en intervalos de tiempo corto y, además, dado que estos índices son unos promedios de valores  $L_{eq}$  ponderados

dependiendo de si el periodo es día, tarde o noche no tienen en cuenta el perfil de evolución de los niveles a lo largo del año.

Para conocer con más detalle la variación de los niveles de ruido se hace necesario determinar los valores de otros parámetros como pueden ser los percentiles y los niveles máximos. Con anterioridad a la entrada en vigor de esta nueva normativa no existía una norma de rango legal que estableciera los parámetros a utilizar en los mapas de ruidos. Sin embargo, generalmente, se determinaban mediante medidas en distintos puntos, los valores de  $L_{eq}$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  a intervalos de tiempo más o menos largos, de forma continua o durante periodos cortos, normalmente de 10 ó 30 ó 60 minutos. En otras ocasiones se utilizaban más parámetros incorporando  $L_{max}$ ,  $L_1$  y  $L_{(medio)}$  aparte de otros más específicos en algunos casos. En el trabajo que presentamos se hace un estudio de las correlaciones entre los parámetros  $L_{eq}$ ,  $L_{max}$ ,  $L_1$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$  partiendo de los valores medidos en 5 puntos de la ciudad de Valladolid de características distintas, durante varios días de forma continua, a intervalos de 30 minutos. Los días del muestreo abarcaron días laborales y fines de semana.

Otro detalle importante a considerar en el estudio de ruidos en una ciudad es conocer su evolución lo más ajustado posible y de las periodicidades que se obtienen analizar las diferencias en función de las variaciones de las fuentes [2], [3], [4].

## **ESTRATEGIA DE MUESTREO**

Según se pone de manifiesto en diversos estudios [Estudio psicot ] las fuentes de ruido principales más comunes en una ciudad son el ruido de tráfico con carácter general y otras fuentes características de la hora del día y de la actividad ciudadana. Así por ejemplo una fuente importante son las obras públicas pero estas tienen un ámbito territorial circunscrito a una superficie del entorno donde se está trabajando. Otra fuente también importante es la de los lugares de ocio pero esta aparece principalmente por las noches y en puntos concretos de la ciudad. Cabe reseñar también que la actividad ciudadana constituye una fuente importante en ciertos intervalos de tiempo y en algunos lugares de la ciudad como son las zonas comerciales, asistencia a lugares de esparcimiento o culturales o eventos de carácter deportivo, etc.

Por tanto, a la hora de planificar medidas de niveles de ruido, es importante tener en cuenta la distribución de las fuentes. Ello requiere un análisis urbanístico de la ciudad lo más completo posible para seleccionar de forma adecuada los puntos de medida. Este método de selección de los puntos de muestreo es el que se suele utilizar ateniéndose a criterios urbanísticos y es un procedimiento seguido por distintos grupos de investigación desde hace algún tiempo [tesis de J.I.] tratando de contemplar situaciones diferenciadas por el origen de las fuentes. Guiándonos por este criterio hemos seleccionado los puntos de muestreo.

### Características de los puntos de muestreo:

El punto 1 se sitúa en Esquina calles Madre de Dios y Amor de Dios (Camino del Cementerio). La medida en este punto se ha realizado durante 115 horas seguidas, comenzando un viernes a las 9:30 y finalizando un miércoles a las 15:30. Este punto se corresponde con una de las vías de salida de la ciudad hacia las rondas y, además del tráfico, como fuente principal de ruidos, el punto está influenciado por otras fuentes como algunos talleres y acceso a centros universitarios.

Punto 2: Calle Rector Luis Suárez (Campus Miguel Delibes). La selección de este punto de medida se programó con el objetivo de que concurrieran dos fuentes de ruido principales en la ciudad: el tráfico rodado y la vía ferroviaria situada en la proximidad del punto. La duración de la medida ha sido de 7 + 74 horas seguidas tomadas en dos tandas diferentes. La primera tanda de medidas se comenzó un jueves a las 16:54 y finalizó por razones técnicas a las 00:54 de la madrugada del viernes. La segunda tanda se realizó desde un sábado a las 10:34 hasta un martes a las 12:04. De esta manera se registran valores tanto de fin de semana como de jornada laboral y el análisis de los datos es más representativo.

Punto 3: Esquina Fuente Dorada con Bajada de la Libertad. Con la elección de este punto de medida, situado en el centro de la ciudad, se pretende tener en cuenta lo característico del núcleo central de una ciudad donde en los días laborables las fuentes de ruido son principalmente el tráfico rodado y el trajineo habitual de los ciudadanos por el interior de la ciudad y ocasionalmente por la realización de obras, mientras que en días festivos el punto se ve influenciado por la aglomeración de las personas de paso hacia lugares de ocio sobre todo en las horas de tarde-noche. Se ha realizado una medida en continuo durante 111 horas consecutivas, comenzando un jueves a las 18:16 y finalizando un martes a las 9:16.

El punto 4: Paseo del Renacimiento: Emplazamiento junto a puente Condesa Eylo. En este punto la fuente principal de ruido es el tráfico rodado y no hay influencia importante de otras fuentes. Se midió desde un jueves a las 0:00 hasta un lunes a las 23:30, sumando un total de 120 horas.

Punto 5: Este punto se sitúa en la avenida de Palencia, junto a la Comisaría del distrito de la Rondilla. Se ha tomado este punto de medida con el fin de tener una muestra de un barrio con alta densidad de tráfico y relativamente céntrico. La medida se ha efectuado igualmente a las 0:00 hasta un lunes a las 23:30, sumando un total de 120 horas.

## VALORES OBTENIDOS EN LAS MEDIDAS

### Punto 1

En las gráficas de la figura 1 se representan los datos obtenidos en el punto 1. Se observan 2 zonas diferenciadas que delimitamos mediante la línea vertical. La primera zona se inicia un viernes por la tarde-noche (21,30h) y es bastante irregular o aperiódica, con los mínimos de la noche del viernes por encima de las demás noches y los máximos del sábado y domingo son menores que los de la segunda zona. También se aprecia que los valles de las noches, sobre todo la del viernes es más ancho que en las otras noches. Esta es una situación típica de un punto sin mucho ruido con disminución significativa del ruido por el día los fines de semana pero sometido a cierta actividad por la noche de fuentes no muy intensas que se corresponde con un movimiento nocturno ciudadano prolongándose hasta altas horas de la noche. Los periodos diurnos del viernes y sábado son de poco movimiento de las fuentes principales (tráfico) y la caída del ruido en la noche del sábado es también muy atenuada aunque más pronunciada y avanzada hacia las horas de la mañana del día siguiente. El ruido durante el día del domingo se mantiene en niveles moderados y en las noches del domingo, lunes y martes se producen unos mínimos con un ruido medio tipificado con el  $Leq(30')$  que se sitúa en torno a los 55 dB(A) por el día y los 45 dB(A) de la noche. Los días laborables son muy semejantes con una periodicidad bastante definida.

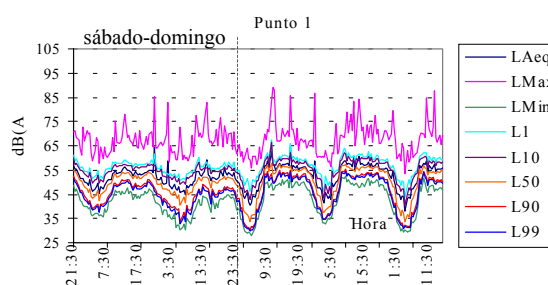


Fig.1.- Evolución de los de los parámetros en el punto 1.

En la figura 2 se representa el periodograma. A menudo se utiliza para identificar ciclos de frecuencia fija en los datos. El periodograma se construye ajustando una serie de funciones de seno a cada una de las 115 frecuencias. Las ordenadas son iguales a las amplitudes cuadradas de las funciones del seno. Los periodogramas pueden considerarse como un análisis de variación por la frecuencia, puesto que la suma de las ordenadas es igual a la suma total corregida de los cuadrados en una tabla ANOVA. En este caso aparece un periodo que se

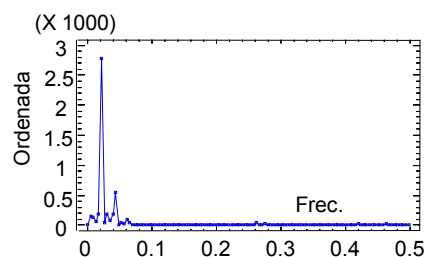


Fig.2.- Periodograma del  $Leq_{A(30')}$  en el punto 1.

corresponde con 24 horas, bastante definido y, sin embargo el de 12 horas, si bien se detecta, es poco significativo, lo que nos indica que en el punto la fuente de ruidos de tráfico se ve modulada por otras fuentes que al igual que el tráfico se repiten diariamente pero no diferencian entre el día y la noche. El N° de observaciones es 229.

### Punto 2

Este punto es bastante característico de la presencia de alguna fuente intensa ocasional y otras más moderadas y continuadas. Se pone de manifiesto en la figura 3 observando que la curva del L10 está casi siempre por debajo de la del Leq. Esto ocurre en los casos en que hay una fuente intensa momentánea que no llega ni siquiera al 10 % del tiempo y por tanto L10 pequeño mientras que si es intensa, aunque sea corta en el tiempo, eleva el valor del Leq. La fuente intensa es en este caso el ferrocarril y las otras fuentes, como el tráfico son poco intensas. En torno a las 19h del sábado se produce un máximo pronunciado del ruido medio y de fondo pero poco extendido y menos acusado en los valores de L10 y Leq lo que da idea de un incremento momentáneo de una actividad con emisión pequeña como puede ser la asistencia a algún acto recreativo del entorno que no se repite los demás días. La noche del sábado es casi prolongación del día con un descenso del ruido medio e intenso muy suave, casi inapreciable, pero sí un descenso importante del ruido de fondo. La caída del ruido la noche del domingo es más pronunciada y la del lunes también. En el periodo diurno del lunes y martes el nivel de ruido alcanza valores superiores tanto el ruido de fondo como los niveles valores Leq lo que nos indica un mayor movimiento de vehículos y personas pero siempre pequeño con desplazamientos a los lugares de trabajo y una mayor actividad ciudadana. Se entiende entonces que es un lugar tranquilo en cuanto a ruido.

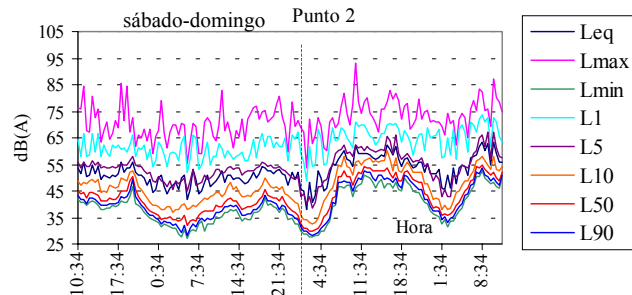


Fig. 3.- Evolución de los de los parámetros en el punto 2.

El periodograma que se expone en la figura 4 aparecen tres frecuencias principales que se corresponden característico de situaciones en las que la fuente predominante del ruido no es el tráfico rodado. En este caso el N° de observaciones son 148. Estos periodos se corresponden con el paso de trenes en la vía férrea.

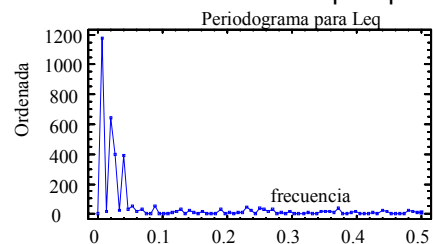


Fig. 4.- Periodograma del  $Leq_{A(30')}$  en el punto 2.

### Punto 3

En este punto se observa una situación diferenciada respecto del caso anterior y se parece en alguna medida al punto 1 en cuanto a la forma de los valles y su profundidad. El primer mínimo de la izquierda se corresponde con la noche del jueves y es de características parecidas a los mínimos de las noches del domingo y del lunes que se diferencian notablemente por su menor anchura de los mínimos de las noches del viernes y del sábado lo que nos indica que el periodo de silencio en estas noches es mucho más corto que en los laborables. En otras palabras la actividad ciudadana continúa hasta bien entrada la madrugada.

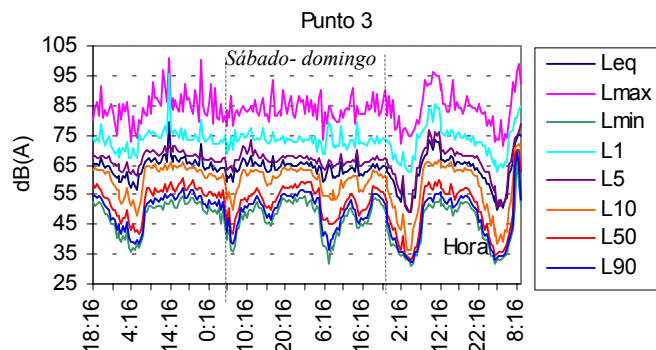


Fig. 5.- Evolución de los de los parámetros en el punto 2.

También se aprecian diferencias entre los mínimos de la noche del viernes y la del sábado. Así mientras en la primera e mínimo aparece en torno a las 5-6 h de la madrugada, sin embargo el mínimo del sábado se produce 2 ó 3 horas más tarde. O sea, la noche del sábado es la más corta en cuanto cese de actividad. También se da una circunstancia curiosa en los periodos diurnos del sábado y del domingo como es la aparición de un mínimo relativo en torno a las 16h lo que pone de manifiesto que el ciudadano elige estas horas para descansar.

En la figura 6 se representa el periodograma correspondiente y se observa que no hay una definición muy concreta de las periodicidades diaria de 24 horas y la de 12 horas lo que pone de manifiesto la influencia de otras fuentes distintas a las del tráfico rodado. El N° de observaciones = 223

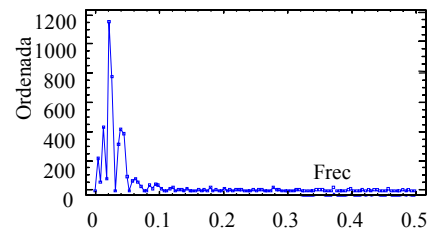


Fig. 6.- Periodograma del  $Leq_{A(30')}$  en el punto 3.

#### Punto 4

En el punto 4 la fuente principal de ruido es el tráfico rodado con una pequeña influencia del pasear de la gente y de alguna fuente ocasional lejana. La forma de las curvas de la figura 7, nos indican periodicidades bastante definidas aunque con algunas variaciones en los días fin de semana, es típica de los puntos donde la fuente de ruido el tráfico

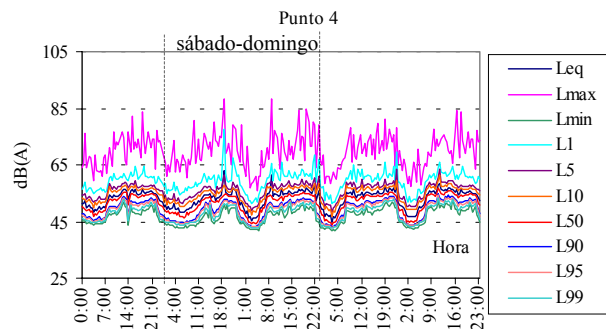


Fig. 7.- Evolución de los de los parámetros en el punto 4. rodado está poco modificada por otras fuentes.

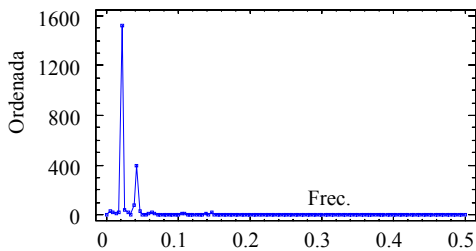


Fig. 8.- Periodograma del  $Leq_{A(30')}$  en el punto 4.

En la figura 8 se representa el periodograma donde aparecen con nitidez como únicos periodos los de 24 horas y el de 12 mas pequeño el pico. En este el N° de observaciones es = 240

#### Punto 5

El punto 5, situado cerca de una Comisaría de policía, está relativamente próximo al centro de la ciudad pero no está especialmente influenciado por otras fuentes distintas de la del tráfico rodado. El perfil de la evolución del ruido obedece con bastante fidelidad al típico de del tráfico con unos máximos por el día casi constantes desde aproximadamente las 8 de la mañana hasta las 10 de la noche para descender con rapidez hacia los mínimos de aproximadamente las 4 de la madrugada y luego ascender de forma continuada hasta las 8 h en que vuelve a alcanzar el máximo. Se aprecian diferencias de los días laborables y fin de semana con unos mínimos de las noches del viernes al sábado y del sábado al domingo menos profundos que los días laborales y también más anchos lo que nos indica que la actividad de la noche es más

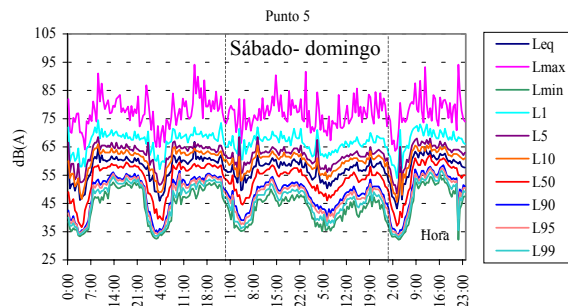


Fig. 9.- Evolución de los de los parámetros en el punto 5.

ajetreada y más prolongada y también aparecen los típicos mínimos relativos el sábado y el domingo en torno a las 17 h.

En la figura 10 se representa el periodograma y aquí se aprecia un resultado muy similar al anterior en el sentido de que hay un periodo de 24 horas muy definido y otro menos acusado de 12 horas. El N° de valores, en este caso, también son 240.

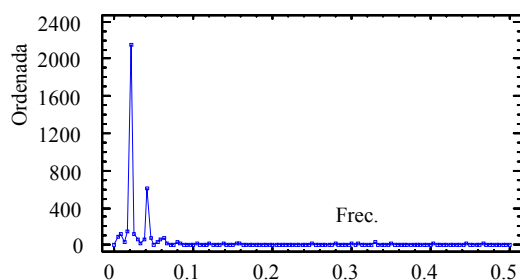


Fig. 10.- Periodograma del  $Leq_{A(30)}$  en el punto 5.

## CONCLUSIONES

A partir de los datos podemos concluir que, los días laborales son muy similares en cuanto a los niveles de ruido repitiéndose de forma cíclica cada 12 h y 24h los valores sobre todo cuando el ruido de tráfico es predominante. Sin embargo, los fines de semana, que empiezan los viernes por la tarde, aparece la evolución del ruido es distinta siendo mayores los que se producen por la noche, respecto de las noches laborales, y los días no son tan homogéneos. La causa de este comportamiento es el diferente comportamiento de la población saliendo a la calle y prolongando su estancia hasta altas horas de la noche. La contribución de las fuentes como el tren en el punto 2 y la asistencia de la gente al entorno del centro de la ciudad dan un comportamiento muy diferente al que produce el tráfico rodado.

## AGRADECIMIENTOS

La elaboración de este estudio se efectuó con la ayuda económica aportada mediante el Proyecto de Investigación del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2004-2007 de referencia: BIA2004-07102-C03-03

## BIBLIOGRAFÍA

[1] *Directiva 2002/49/ce del Parlamento europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental*

[2] *Ley Nacional (Ley 37/2003) de 17 de noviembre, del Ruido y el Real Decreto 1513/2005*

[3] J.I. Sánchez; J. González.

Titulo: "*Evolución temporal del ruido de tráfico en la ciudad de Valladolid*". Revista de Acústica. Vol. XXII; pp 5-13; 1991.

[4] J.I. Sánchez; J. González;

Titulo: "*Estrategia de medida del ruido de tráfico por criterios urbanísticos*". Revista de Acústica. Vol XXIII. pp 13-18; 1992.

[5] González Suárez; J. y Machimbarrena Gutiérrez, M; Sánchez Rivera J.I.

Titulo: "*Mapa de ruidos de valladolid 2002*". Revista de Acústica Vol. 34; ISBN: 84-87985-08-4. Madrid 2003