

## Análisis estadístico de los niveles de contaminación sonora medidos en diferentes zonas urbanas a lo largo de las 24 horas del día

José V. Garrigues y Amando García  
Departamento de Física Aplicada. Universidad de Valencia

### Summary

Environmental noise measurements have been carried out during recent years in different cities and locations of Spain. The noise levels have been continuously sampled over 24 hour periods using a noise level analyzer. The data contained in this paper represent a total of 12,000 measurement hours. All the collected information has been now used to investigate the time patterns of the hourly noise levels under a wide range of different conditions and to study the relationships between several noise descriptors in urban areas.

### Introducción

A lo largo de los últimos años se han llevado a cabo numerosas medidas de niveles de contaminación sonora en zonas urbanas por parte de numerosas instituciones y autores de nuestro país (1)(2). La mayoría de estos trabajos se han basado en la realización de medidas diurnas de corta duración relacionadas con la confección de los mapas sonoros de determinadas ciudades. Ahora bien, la información que proporcionan la mayoría de los mapas sonoros obtenidos es incompleta, en tanto que en ellos no se suele contemplar en absoluto (o se hace de forma insuficiente) la elevada variabilidad temporal de los niveles de contaminación sonora y, en consecuencia, no se dispone de datos sobre la forma en que varía el ambiente acústico existente en dichos medios a lo largo de las 24 horas del día y los diferentes días de semana.

La presente investigación ha consistido fundamentalmente en el estudio de la variación temporal de los niveles de contaminación sonora medidos en zonas urbanas a lo largo de las 24 horas del día (3). Los datos analizados corresponden a las medidas llevadas a cabo por el Laboratorio de Acústica de la Universidad de Valencia en el curso de varios años. Toda la información acumulada en las mismas ha sido analizada recientemente con el fin de investigar las tendencias de evolución temporal de los niveles sonoros que caracterizan las condiciones existentes en una amplia serie de emplazamientos, y estudiar con el suficiente detalle las relaciones existentes entre los diferentes índices de ruido ambiental en zonas urbanas.

Los resultados obtenidos en este tipo de análisis constituyen una contribución muy valiosa para nuestro conocimiento general del fenómeno de la contaminación sonora en zonas urbanas y pueden resultar extremadamente útiles para desarrollar en el futuro, sobre bases objetivas y realistas, cualquier tipo de legislación y/o normativas para el control de este problema medioambiental.

### Material y métodos

La presente investigación se ha basado en la realización de medidas de niveles de contaminación sonora en un total de 94 emplazamientos diferentes, pertenecientes a 18 municipios de la Comunidad Valenciana (grandes, pequeños y medios). En todos los casos, las medidas se han llevado a cabo de forma continua y automática, a lo largo de las 24 horas del día. La información procesada y analizada cubre un total de 500 días completos, es decir, 12.000 horas de medida.

Para la realización de estas medidas se ha utilizado un micrófono de condensador de 1/2 pulgada (BK4165), un analizador estadístico de niveles sonoros (BK4426) y una impresora alfanumérica

(BK2312). Las medidas se han llevado a cabo utilizando siempre el mismo protocolo: el citado equipo realiza una medida instantánea de los correspondientes niveles sonoros cada 0'1 segundos, almacena los datos en memoria y, mediante un microprocesador interno, procede a calcular e imprimir los valores horarios de los niveles sonoros percentiles L1, L10, L50, L90, L99 y el nivel sonoro equivalente Leq, a lo largo de las 24 horas del día, y de forma continua durante todo el tiempo de medida (varios días).

Por razones de tipo práctico, el micrófono no se ha montado nunca a nivel de la calle, sino en balcones o ventanas de alguno de los edificios existentes en cada uno de los emplazamientos seleccionados (generalmente, las viviendas de familiares, amigos o personas a las que se pedía su colaboración). El equipo de medida se ha dispuesto de forma tal que el micrófono estuviera lo más alejado posible de la fachada de los edificios (para reducir el efecto de las reflexiones), procurando que registrara solamente el nivel sonoro existente en el exterior de las viviendas.

Como información adicional a los niveles de contaminación acústica medidos en cada uno de los emplazamientos considerados, se han llevado a cabo una serie de observaciones de diferentes parámetros que, en principio, pensamos pudieran condicionar los niveles de ruido ambiental existentes en ese lugar. Estos parámetros han sido el tamaño del municipio (número de habitantes), la situación del emplazamiento (distinguiendo entre centro, conjunto o periferia), el uso predominante del suelo en esa zona (residencial, comercial, servicios, industrial o mixto), la densidad de edificación (altura media de los edificios próximos al punto de medida), la anchura de la calle (distancia entre las fachadas) y el volumen de tráfico rodado (expresado como valor medio en vehículos/hora para el periodo diurno).

Toda la información recogida en cada emplazamiento (niveles sonoros y parámetros no acústicos más relevantes) ha sido almacenada en un fichero de base de datos (DBase), para su posterior tratamiento y análisis con el paquete estadístico SPSS/PC+, en su versión adaptada a ordenadores personales (4).

## Resultados y discusión

A partir de toda la información disponible, se han calculado los valores horarios medios de los diferentes índices percentiles (L1, L10, L50, L90 y L99) y el nivel sonoro equivalente (Leq). Los perfiles de variación horaria de los niveles sonoros dependen del ambiente acústico existente en cada emplazamiento y, en particular, de las variaciones que experimenta el volumen del tráfico rodado en cada caso. Como tendencia general, los niveles sonoros presentan valores mínimos entre las 3.00 y las 5.00 horas de la madrugada, y se mantienen prácticamente constantes entre las 10.00 y las 22.00 horas. Como es natural, estas tendencias generales dejan de cumplirse en aquellos emplazamientos con características singulares (zonas urbanas de ocio, zonas veraniegas, etc.).

El estudio de la variación de los niveles sonoros con respecto al día de la semana nos indica que, en líneas generales, no suelen existir diferencias significativas en los valores de los niveles sonoros medios medidos en los días laborables (de lunes a viernes), aunque dichos niveles sonoros decrecen ligeramente el sábado y todavía más el domingo.

Se han obtenido las expresiones que nos permiten predecir los valores de los diferentes índices percentiles a partir de la medida de los niveles sonoros equivalentes Leq realizada en un determinado emplazamiento urbano. Las relaciones encontradas (12.000 conjuntos de datos) coinciden en líneas generales con las obtenidas por otros autores en trabajos similares (5), y son las siguientes:

$$\begin{array}{ll} L1 = 0'98 \text{ Leq} + 10'6 & r = 0'97, \quad d = 2'12 \\ L10 = 1'06 \text{ Leq} - 2'4 & r = 0'97, \quad d = 2'45 \\ L50 = 1'08 \text{ Leq} - 11'1 & r = 0'91, \quad d = 4'34 \\ L90 = 1'02 \text{ Leq} - 12'1 & r = 0'84, \quad d = 5'27 \\ L99 = 0'93 \text{ Leq} - 9'8 & r = 0'79, \quad d = 5'63 \end{array}$$

En el presente trabajo hemos desarrollado también un método para predecir los valores de los diferentes descriptores globales del ambiente sonoro de un determinado emplazamiento urbano a partir de los datos horarios de niveles sonoros equivalentes Leq. Concretamente, hemos tomado en consideración el nivel sonoro equivalente para el periodo diurno LD (que representa el valor que se obtendría para el citado índice si se realizara una medida continua entre las 7.00 y las 22.00 horas), el nivel sonoro equivalente para el periodo nocturno LN (análogo al anterior, pero correspondiente ahora al intervalo horario comprendido entre las 22.00 y las 7.00 horas), el nivel sonoro L24H (que representa el nivel sonoro equivalente que

se obtendría al llevar a cabo una medida continua a lo largo de un día completo) y el nivel sonoro día-noche LDN (que se calcula igual que el nivel sonoro continuo equivalente a lo largo de todo el día, pero con la particularidad de que en este caso los niveles sonoros correspondientes al periodo nocturno se incrementan en 10 dBA, a modo de penalización, para tener en cuenta el hecho de que el ruido ambiental suele producir mayor molestia durante la noche).

En particular, cuando se utilizan como variables de referencia los valores horarios del nivel sonoro equivalente  $Leq$  medidos entre las 17.00 y las 18.00 horas, las relaciones entre los descriptores globales del ambiente sonoro antes citados y dichos niveles sonoros  $Leq$  (500 conjuntos de datos) vienen expresadas por las siguientes ecuaciones de regresión lineal:

$$\begin{aligned} LD &= 0'83 \cdot Leq + 11'2 & r &= 0'92 \quad , \quad d = 2'34 \\ LN &= 1'06 \cdot Leq - 9'4 & r &= 0'83 \quad , \quad d = 4'78 \\ L24H &= 0'85 \cdot Leq + 9'2 & r &= 0'91 \quad , \quad d = 2'53 \\ LDN &= 1'00 \cdot Leq + 2'4 & r &= 0'87 \quad , \quad d = 3'88 \end{aligned}$$

Se ha observado que, para el citado intervalo horario, la calidad de las predicciones era óptima, es decir, en tal caso, los coeficientes de correlación entre el nivel sonoro equivalente y los diferentes índices globales eran máximos y las correspondientes desviaciones típicas eran mínimas.

Para comprobar la calidad de las citadas predicciones se ha procedido a comparar los valores predichos y los valores medidos del índice L24H (estos últimos, calculados a partir de los correspondientes niveles horarios  $Leq$ ). Los resultados de esta comparación ponen de manifiesto que el método puesto a punto en este trabajo permite predecir los valores del descriptor global L24H en zonas urbanas con un error inferior a 3 dBA (intervalo de confianza del 90%) a partir del valor horario del nivel sonoro equivalente  $Leq$  medido entre las 17.00 y las 18.00 horas para una amplia variedad de situaciones urbanas diferentes.

El presente estudio se ha completado con la realización de un análisis de agregados (cluster analysis). Este análisis pretende clasificar los emplazamientos de medida considerados en grupos o clases diferentes, de tal manera que la distancia entre los grupos fuera máxima. Por ello, se han considerado conjuntamente las tres variables anteriormente estudiadas por separado (volumen de tráfico, densidad de edificación y tamaño de los municipios), adoptando como criterio para los oportunos agrupamientos de datos el cuadrado de la distancia euclídea y el método conocido con el nombre de centroide ponderado de grupos. Procediendo de este modo, se ha obtenido la siguiente clasificación:

Clase 1.- Emplazamientos con volumen de tráfico elevado, situados en municipios de tamaño medio-grande, y con densidad de edificación media-alta.

Clase 2.- Emplazamientos con volumen de tráfico medio, situados en municipios de tamaño medio-pequeño, y con densidad de edificación media-alta.

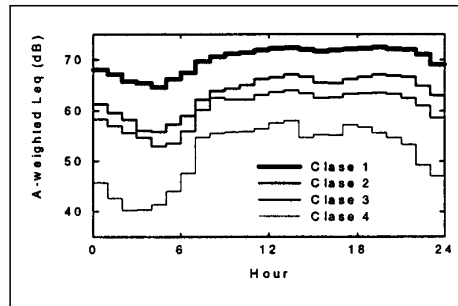
Clase 3.- Emplazamientos con volumen de tráfico medio-bajo, situados en municipios de tamaño grande, y con densidad de edificación media-alta.

Clase 4.- Emplazamientos con volumen de tráfico bajo, situados en municipios de tamaño pequeño, y con densidad de edificación media-baja.

Los valores medios de los descriptores globales del ambiente sonoro para cada uno de los grupos o clases anteriormente citados son los siguientes:

Descriptor	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
LD (dBA)	71'9	66'6	63'4	58'3
LN (dBA)	68'0	61'7	57'7	47'4
L24H (dBA)	70'9	65'5	62'4	56'7
LDN (dBA)	75'4	69'5	66'	56'5

En la siguiente figura se representan las tendencias de variación a lo largo de las 24 horas del día de los valores horarios de los niveles sonoros equivalentes medios  $Leq$  para cada uno de los cuatro grupos o clases citados anteriormente.



Los resultados obtenidos en el análisis realizado nos permiten formular la conclusión de que las agrupaciones resultantes en el proceso realizado pueden constituir una buena base para proceder a una clasificación de los emplazamientos urbanos (según unas características y condiciones específicas) desde el punto de vista del correspondiente ambiente acústico. Además, nos pueden proporcionar una base válida para clasificar los ambientes sonoros existentes en las zonas urbanas desde puntos de vista mucho más objetivos que los utilizados en la actualidad (utilizando parámetros y variables no acústicos). Esta clasificación puede resultar de extraordinaria utilidad para la elaboración de normativas legales sobre ruido ambiental y para el establecimiento de criterios realistas de planificación urbanística y uso del suelo.

#### Conclusiones

La extrapolación de los resultados obtenidos en este trabajo permitiría reducir el coste económico de los estudios generales sobre el ruido ambiental en zonas urbanas. En particular, la utilización de las ecuaciones de regresión obtenidas en el mismo nos ofrecen una base suficiente para predecir los valores de los descriptores globales del nivel sonoro (LD, LN, LDN y L24H) existentes en zonas urbanas. Como es sabido, a partir de estos descriptores globales se pueden predecir los efectos producidos por el ruido ambiental sobre los residentes (molestia subjetiva, interferencia sobre el sueño, etc.) (6).

Por otro lado, la utilización de la metodología desarrollada permite obtener la variación de los niveles sonoros horarios en función de un número reducido de parámetros que definen las características de los respectivos emplazamientos en relación con el problema que nos ocupa (volumen de tráfico, densidad de edificación y tamaño de los municipios). En cualquier caso, el conocimiento de todos estos resultados puede facilitar en buena medida las tareas de control del ruido ambiental en zonas urbanas.

#### Referencias

- (1) A.García.- "La contaminación sonora en la Comunidad Valenciana".- Consell Valencià de Cultura. Generalitat Valenciana (1995).
- (2) A.García.- "Medidas de niveles de contaminación acústica en diferentes zonas urbanas de España".- Revista de Acústica, vol. 27, núm. 3 y 4, pág. 7-21 (1996).
- (3) J.V.Garrigues.- "Análisis estadístico de los niveles de contaminación sonora medidos en diferentes zonas urbanas a lo largo de las 24 horas del día".- Tesis Doctoral. Universidad de Valencia (1997).
- (4) M.J.Norusis.- "SPSS/PC+ Base Manual" y "SPSS/PC+ Statistics".- SPSS Inc. Chicago (1990).
- (5) W.A.Utley.- "Descriptors for ambient noise".- Proceedings de la International Conference on Noise Control Engineering (Internoise 85), pág. 1069-1072. Munich (1985).
- (6) T.J.Schultz.- "Synthesis of social surveys on noise annoyance".- Journal of the Acoustical Society of America, vol. 64, pág. 377-405 (1978).