



# RUIDO EN LAS GRANDES CIUDADES

## NOISE IN METROPOLITAN CITIES

Madrid, 23 al 25 de abril, 1991

### ESTRATEGIA DE MEDIDA DEL RUIDO DE TRÁFICO POR CRITERIOS URBANÍSTICOS

J. I. Sánchez Rivera, J. González Suárez

**E.T.S. de Arquitectura de Valladolid**  
Dptº de Física Aplicada III

Uno de los problemas más importantes a solucionar hoy en las grandes ciudades es el ruido a que se ve sometido el ciudadano como consecuencia del tráfico rodado. En cuanto a los procedimientos de medición del ruido urbano, está muy difundido el procedimiento de la medición sobre puntos determinados por una retícula superpuesta (procedimiento reticular). En Valladolid, ciudad de 400.000 habitantes, situada en el centro de comunicaciones de la Meseta Norte peninsular, hemos analizado los resultados de una campaña de medida de estas características realizada por el Gabinete de Medio Ambiente del Ayuntamiento y, a la vista de los resultados, hemos propuesto otra sistemática basada en la clasificación con criterios histórico - urbanísticos de los viales de circulación, en donde se tomaron medidas llegando a resultados consistentes.

#### Medición de ruidos por el Método Reticular

El Gabinete de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Valladolid realizó un muestreo por el Método Reticular; consistió en trazar sobre un plano de la ciudad una trama equidistante 200 m donde se tomaron puntos de medida en el interior de cada cuadrícula elegidos aleatoriamente midiendo con un Sonómetro Integrador de la marca Brüel & Kjør, modelo 2225, programado para medir el Leq cada 60 segundos con ponderación A. Las mediciones se hicieron en días laborables en el intervalo comprendido entre las 11 y las 20 horas, es decir, en periodos de tiempo de normal actividad en la Ciudad. En cada punto se efectuaron 15 medidas del Leq de 1', tomándose la media aritmética de las 15 medidas y su desviación típica.

Las medidas realizadas mostraron su insuficiencia para caracterizar, por sí mismas, el punto de medida en que habían sido tomadas; y a la inversa, es decir, que la realización de una nueva medida no permitía identificar el lugar donde ésta había sido tomada ya que, atendiendo a las importantes cotas de la desviación típica de cada cuadrícula vimos que se encontraron valores similares tan pronto en cuadrículas cercanas de la Ciudad como en cuadrículas alejadas. No podemos deducir, pues, ninguna conclusión acerca de la distribución de los ruidos sobre la superficie urbana.

Por otra parte, este procedimiento exige un número relativamente elevado de medidas. Como no se exige ningún conocimiento previo de las

condiciones urbanísticas de la Ciudad, pues la trama se superpone sobre la misma aleatoriamente, tampoco se puede inferir nada sobre los resultados que serían predecibles en aquellas zonas a las que no haya alcanzado la campaña.

### Análisis Urbanístico de la Ciudad de Valladolid

Para evitar estos problemas optamos por la realización de una nueva sitemática de medidas que supusiera la elección inteligente, y no aleatoria, de los puntos de muestreo, para lo que hemos de considerar la ciudad, espacio donde se va a desarrollar nuestra campaña de medidas, no como una superficie en la que nada conocemos, sino como un espacio que, en cuanto al tráfico rodado se refiere, constituye un sistema estructurado de transporte sujeto a una evolución que en muchos casos nos es conocida, gracias a la investigación de los urbanistas. Como síntesis final del estudio acerca de la problemática y evolución urbanística de Valladolid podemos concluir que los viales de circulación son clasificables en los siguientes apartados:

- A) Antiguas Carreteras. Son los ejes alrededor de los cuales se disponían las sucesivas ampliaciones de la edificación en Valladolid, terminando inmersas en la trama urbana y dotadas de las mejores condiciones para la circulación rodada por su anchura, calidad de sus firmes, etc.
- B) Antiguos Caminos. Se trata de analizar los que fueron viales secundarios de comunicación entre las carreteras clasificadas en el apartado anterior, pero que el crecimiento urbano acabó por convertirlos en complemento de la red principal. Entrarían en este apartado 5 puntos de medida.
- C) Comunicaciones exteriores de nuevas barriadas. Son los viales de entrada y salida de los barrios de reciente construcción situados en la periferia y que, o bien comunican con las vías anteriormente descritas, o bien lo hacen directamente con el centro.
- D) Calles interiores. Abarca las calles que pertenecen a la retícula interior del trazado delimitado por los grandes ejes de los apartados a y b, bien en el centro, bien en los barrios periféricos. No intercomunican específicamente ninguna zona de la ciudad con otra, o con el exterior. Unas corresponden a calles de la trama interior de barrios. Las demás son calles del Centro histórico, distribuidas entre las de la zona de trazado medieval, las trazadas en una trama ya existente o del ensanche burgués del S. XIX.
- E) Ferrocarril. Se han seleccionado dos puntos de medida, uno directamente sobre la vía del ferrocarril y otro midiendo sobre la vía y un vial de circulación de vehículos adyacente, con dos carriles.

Se midió en un total de 32 puntos, utilizando una Unidad de Micrófono de Exteriores 4921 de Brüel & Kjaer conectada a un Analizador Estadístico de Ruidos 4427. Las medidas se tomaron con ponderación A. Los datos fueron tomados durante dos días laborables consecutivos para cada estación, en periodos de media hora, en los que calculó el Leq, Lmedio, Desviación Típica y los percentiles L10, L50 y L90. Se situó siempre la estación en lugares alejados de los extremos de la calle, o del acceso de bocacalles, de modo que el tráfico fuera fluido en todos los puntos de medida considerados.

### Análisis de los datos

Respecto a la distribución espacial de las medidas, una representación de los Leq en periodos nocturnos (de 23 a 8 horas) diurnos (de 8 a 20) e intermedios (de 20 a 23), clasificándolos en las arbitrarias categorías de ser mayor de 50, 60 y 70 dB(A), mostró que el nivel de ruido en cada período estaba relacionado con la tipología

de la calle en que se midió; así, para el período nocturno sólo superaban los 70 dB(A) dos viales de la primera categoría, y tan solo 4 descendían de 60 dB(A), que pertenecían a la D. Durante el período diurno, el de mayores niveles, todas las estaciones de medida superaban los 70 dB(A) excepto 6 estaciones, todas ellas de la categoría D. En el período transitorio que va de las 20 a las 23 horas tan solo mantienen los niveles de período anterior los viales de las categorías A y B. Para el Leq del día completo, todas las estaciones de las categorías A y B superan los 70 dB(A), en tanto que los de la última categoría, la D, no lo superan ninguno. La categoría C, la más heterogénea, muestra también los resultados más dispares, en función del tamaño del barrio al que dan salida los viales de circulación.

### Estudio del Lmedio

Calculamos, para cada estación de medida y para todos los intervalos (nocturnos, diurnos e intermedios), los valores de la Media del Lmedio para cada estación e intervalo temporal (en dBA) y la Desviación Típica apareciendo los resultados en la tabla I (se omiten aquí los dos datos medidos sobre las vías del ferrocarril).

<b>Categoría</b>	<b>23-8 h</b>	<b>8-20 h</b>	<b>20-23 h</b>	<b>Total</b>
<b>A</b>	<b>55,9 (4,26)</b>	<b>69,4 (2,51)</b>	<b>67,3 (2,71)</b>	<b>64,5 (3,02)</b>
<b>B</b>	<b>51,2 (0,66)</b>	<b>67,6 (0,81)</b>	<b>64,2 (1,15)</b>	<b>61,6 (0,40)</b>
<b>C</b>	<b>48,3 (2,33)</b>	<b>65,3 (1,15)</b>	<b>61,9 (2,60)</b>	<b>59,2 (1,74)</b>
<b>D</b>	<b>49,9 (4,20)</b>	<b>64,4 (4,21)</b>	<b>61,9 (4,64)</b>	<b>59,2 (4,15)</b>

**Tabla I**

Los valores de la Desviación Típica son muy diferentes en unos casos y en otros, por lo que nos interesaría verificar las hipótesis de que dichas medias resulten significativamente distintas para cada categoría, siendo muestras con un número diferente de datos de Lmedio (se tomaron 13 de Categoría A, 5 de la B, 4 de la C y 10 de la D).

Supuesto que para cada categoría y para cada período los valores siguen una distribución normal cuya media y desviación típica son las expuestas en la tabla I, para la verificación de esta hipótesis se construye un estimador estadístico "u", para la diferencia de medias de dos poblaciones con Desviaciones Típicas desconocidas y distintas, y muestras de tamaño pequeño ( $n_1$  y  $n_2$  respectivamente). Dicho estimador "u" sigue aproximadamente una distribución  $t$  de Student con  $f$  grados de libertad, donde  $f$  viene dado por la aproximación de Welch, tomando como valor de  $f$  el entero más próximo. Comprobando para "u" si estamos por fuera del intervalo de confianza para la igualdad de medias, con un 95% de nivel de confianza y, por lo tanto, las medias muestrales que estamos comparando corresponden a poblaciones diferentes, se obtuvieron resultados categoría a categoría, que sumariamente podríamos enunciar en que la categoría A se diferencia claramente de todas las demás en todos los intervalos de medida, pues las muestras analizadas resultan diferentes con el 95% de nivel de confianza en todos los casos. La categoría B se diferencia de las categorías C y D únicamente en sus datos diurnos, en tanto que las categorías C y D se hace imposible su diferenciación.

En ocasiones, como la categoría A, la diferenciación se extiende a todos los intervalos temporales de medida y a las medias del total de la jornada. En los demás casos, la distinción puede extenderse

únicamente a los valores diurnos como máximo.

Ya que no se ha obtenido diferenciación entre las muestras de las categorías C y D para ninguno de los intervalos de medida, ni para el total de la jornada, agrupamos estos datos en una nueva muestra de datos CD, cuyo tamaño será de 14 datos, repetimos el proceso que se realizó con cuatro categorías. El resultado obtenido fue que siguen comportándose como poblaciones distintas las categorías A y E, en tanto que la nueva, como conjunción de las C y D, se diferencia netamente de la A en todos los períodos, y con la categoría B en el diurno y en el conjunto total de los datos.

### Estudio de las medias de Leq

Abordamos este apartado con la precaución de considerar que cuando se calculan medias con el Leq no se obtiene el Leq del conjunto, sino solamente la media aritmética de los valores de Leq. Agrupados dichos valores en categorías y calculadas la Media aritmética de los valores de Leq y su Desviación Típica, el resultado obtenido lo ordenamos en la tabla II.

Categoría	23-8 h	8-20 h	20-23 h	Total
A	66,9 (2,13)	78,2 (2,03)	71,3 (2,01)	71,3 (1,95)
B	67,3 (1,43)	73,1 (0,97)	70,9 (1,15)	71,5 (1,02)
C	65,2 (1,13)	71,7 (0,66)	69,6 (0,93)	70,0 (0,70)
D	60,9 (3,72)	68,3 (3,40)	66,3 (3,59)	66,5 (3,45)

**Tabla II**

Analizamos a continuación el estimador "u", descrito en el apartado de los Lmedio, y dió por resultados, con un nivel de significación superior al 95%, que la categoría A se diferencia claramente de la B y la C. La categoría D es también totalmente distinta de todas las demás. No ocurre otro tanto con la categoría C, que si bien se distingue de la D, no lo hace de la B, y con la A tan solo en los datos del período intermedio se diferencia con el nivel de significación exigido.

La categoría C ha resultado distinta a la D en los Leq (cuando resultó igual con los Lmedio), y unas veces igual y otras distinta de la A, en tanto que es igual a la B. Por lo tanto la ambigüedad que albergada en su propia definición la citada categoría se ha manifestado en las medidas de Lmedio y Leq, equiparándose a una u otra de las restantes categorías.

### Bibliografía

- Sánchez Rivera, J. I.**, Contribución al estudio y análisis del ruido de tráfico en la ciudad de Valladolid. (En publicación).
- Pons, J. et al.** "Acoustic map of Madrid". Convegno Int. il rumore urbano e il governo del territorio. Modena (1988).
- Brambilla, G. et al.** Valutazione e previsione dell'inquinamento acustico urbano. Mappa del rumore di Roma. Roma (1984).
- Escuela de Arquitectura de Valladolid.** Valladolid, procesos y formas del crecimiento urbano. curso 1973 /1974. Valladolid (1974).
- Abdel Alia, O. et al.** "Traffic noise level as a guide for town - planning". Applied Acoustics 16, 139-146, (1983).