

Metodología utilizada para la evaluación de diferentes parámetros en la renovación del Mapa Sónico de Barcelona.

Raúl Fontanet i Rodríguez i ricard alsina i donadeu.

Servicio de Programas Ambientales e Información de Licencias de la Dirección de Servicios de Iniciativas y Vigilancia Ambiental.

1. INTRODUCCIÓN

El Ayuntamiento de Barcelona ha desarrollado un procedimiento basado en estudios estadísticos, en modelos de simulación y en mediciones de ruido ambiental, con objeto de evaluar de forma los niveles de ruido a los que están expuestos en sus hogares los habitantes de la ciudad.

El estudio directo de los resultados de las mediciones realizadas para la renovación del Mapa Sónico de Barcelona proporciona únicamente información sobre el ruido ambiental en la superficie de las calles espacios públicos, pero es necesario conocer además como afecta este ruido a la población y, por tanto las proporciones de ciudadanos sometidos a diferentes niveles de ruido en sus viviendas. Para fijar conceptos definiremos como población expuesta a un determinado nivel de ruido al volumen de habitantes que tienen este nivel acústico en la fachada de su domicilio o lugar de trabajo habitual. Esta definición no incluye por tanto los niveles de ruido interiores de las viviendas.

En base a esta definición, el objeto del presente escrito es el de describir la metodología que ha sido utilizada para evaluar de la forma mas exacta posible la población expuesta a los diferentes niveles de ruido. También se expondrá el procedimiento empleado para la elaboración del Mapa Sónico nocturno de Barcelona

2. CÁLCULO DE LA POBLACIÓN QUE ESTA EXPUESTA A LOS DIFERENTES INTERVALOS DE NIVELES DE RUIDO.

Datos de partida y método de cálculo

Utilizaremos la base de datos de las mediciones de ruido ambiental realizadas para confeccionar el nuevo Sónico de Barcelona 1996. Contiene los resultados de más de 4.700 mediciones acústicas realizadas en diferentes puntos de la ciudad. Con estos datos puede elaborarse una distribución de la frecuencia relativa con la que han parecido cada uno de los valores de nivel de ruido (como la de la gráfica adjunta)

Pero esta distribución, que sería una buena aproximación de la proporción de superficie de las calles y zonas públicas que esta expuesta a los diferentes niveles de ruido expuestos a cada nivel de ruido, no lo es de la población afectada por los mismos. Las razones principales por las que no se puede identificar directamente la superficie expuesta con la población expuesta al ruido son:

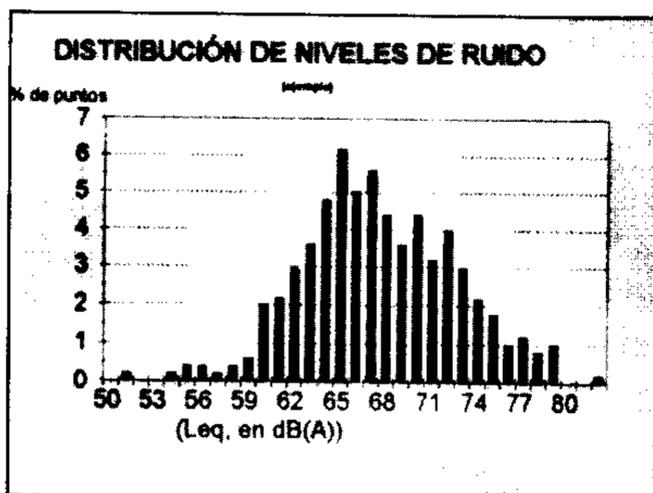


Figura 1

a Una fracción importante de las viviendas de la ciudad no comunican directamente a la vía pública, si no que dan a un patio interior.

b La población no se encuentra distribuida de forma uniforme por la ciudad: hay zonas más densamente pobladas que otras.

c El nivel de ruido en las fachadas de los pisos varia con la altura.

Para evaluar de forma precisa la población expuesta a los diferentes niveles de ruido calcularemos las correcciones adecuadas a cada uno de los puntos anteriores. Así, se ha

realizado una encuesta telefónica para averiguar la proporción de población que vive en viviendas interiores y se ha realizado un estudio complementario de los niveles sonoros en interiores de manzana. Las diferencias de densidad de población de las diferentes zonas de la ciudad han sido ponderadas en base a los datos del padrón Municipal. Por último se ha realizado un estudio teórico-experimental para calcular las diferencias de niveles de ruido que existen a distintas alturas de los bloques de pisos.

El esquema metodológico de resolución de nuestro problema será entonces el de la figura adjunta. Seguidamente se describen los diferentes procedimientos indicados en el mismo.

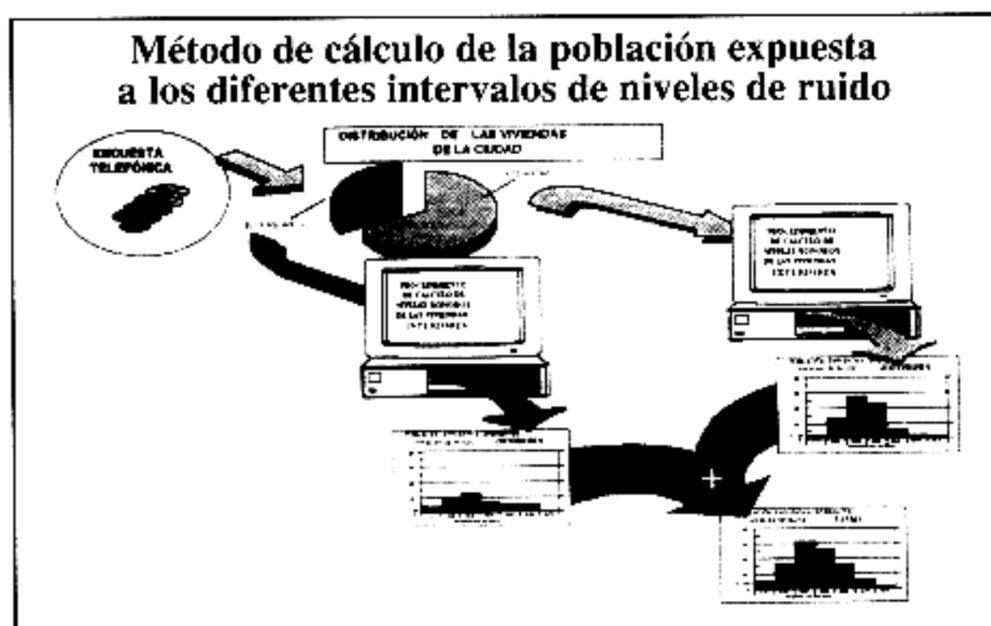


Figura 2

Cálculo de la fracción de población que habita en una vivienda que comunica con un interior de manzana.

Para averiguar la distribución de los habitantes de Barcelona que viven en una vivienda interior se realizó una encuesta telefónica a un conjunto de ciudadanos elegidos aleatoriamente. El tamaño de la muestra fue calculado de forma que las medias de los resultados fuesen exactos en \pm un 5%, con una fiabilidad del 90%. Se realizaron encuestas válidas a un total de 400 personas. Los resultados obtenidos se sintetizan en la tabla y gráfica siguiente:

En la práctica, para el cálculo de la población expuesta a las diferentes

niveles sonoros se ha considerado que en el caso de que el pisos comunique a la vez a un interior y un exterior la mitad de sus habitantes se encontrará en cada una de estas situaciones.

SITUACIÓN	ENCUESTADOS	%
INTERIOR	101	25.3
EXTERIOR	228	57.0
INT/EXT	52	13.0
NS/NC	19	4.7
TOTAL	400	100

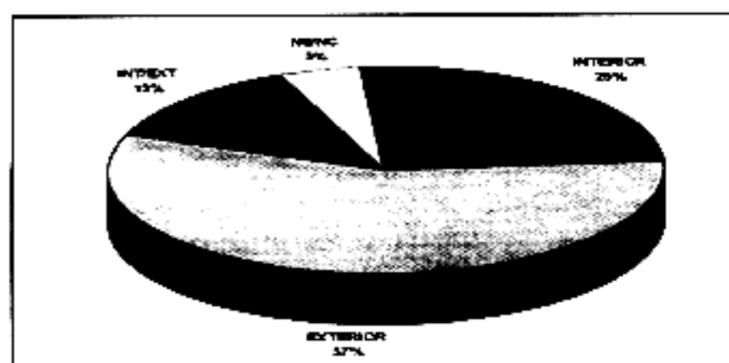


Tabla 1 y gráfica 1

Procedimiento de cálculo de los niveles de ruido de las Viviendas exteriores

Ponderación por densidad de población

Para calcular la distribución de niveles sonoros a los que están expuestos los habitantes de pisos exteriores se ha realizado una ponderación de cada uno de los 4.700 valores de niveles sonoros medidos con respecto a la densidad de población de la zona en la que se ubica. Para ello se ha asignado a cada punto un peso específico proporcional al volumen de población de la zona censal donde se localiza. Las zonas censales utilizadas son los 248 sectores denominadas zonas ZRP en el Padrón Municipal de 1991, que comprenden una población media de 6.800 habitantes y una superficie media de 40 Hm². Para elaborar el mapa sónico se realizaron un promedio de 20 mediciones por cada ZRP. En cada una de estas zonas se ha calculado la distribución de niveles sonoros y se han agregado los resultados de todas, ponderándose según la población de cada una.

Variación de los niveles sonoros según la altura de los edificios

Como es bien sabido, el nivel sonoro en la fachada de un edificio es diferente según la altura a la que se mide. Generalmente (aunque no siempre) los pisos bajos presentan niveles sonoros superiores a los pisos altos. Pero existen multitud de parámetros que pueden influir en la distribución de los niveles de ruido en la sección de una calle: relación entre altura y anchura de la calle, distribución de los carriles de tráfico, carriles de aparcamiento y carriles bus, ancho de las aceras, tipología de la calle (en "U" o en "L"), etc.

Utilizando alguno de los distintos modelos de propagación existentes se puede calcular con precisión razonable la variación del nivel sonoro en una fachada determinada, según la altura. Pero en una ciudad como Barcelona se

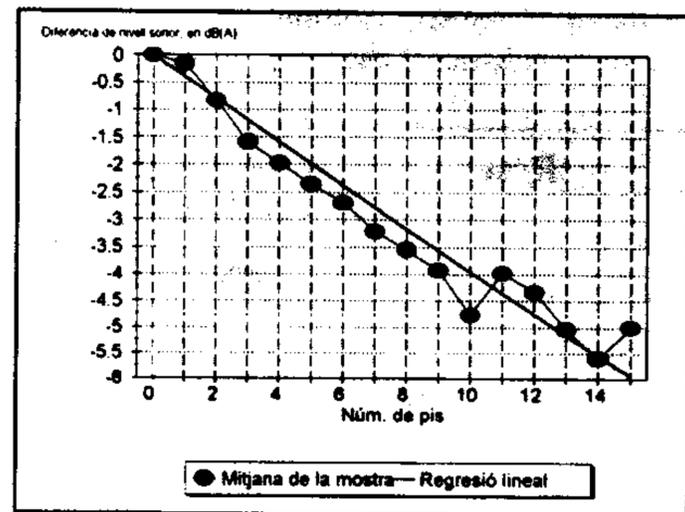
dan todo tipo de configuraciones (alturas y anchuras de edificios, caudales de tráfico etc.) y el estudio de una sola fachada típica no sería lo bastante representativo como para poder extrapolar los resultados al resto de la ciudad.

Se ha elegido una muestra aleatoria de cien edificios de la ciudad y, sobre datos reales de configuración urbanística y volúmenes de tráfico, se ha realizado una simulación de los niveles sonoros que se alcanzarán a diferentes alturas. Para ello se ha utilizado un modelo de simulación informático basado en el método de los rayos inversos de fiabilidad contrastada en numerosas ocasiones. Posteriormente se han hecho mediciones sonométricas reales simultáneas en diferentes pisos en algunos edificios de la ciudad y se ha comprobado que los resultados son coincidentes.

Es necesario destacar que los resultados de este estudio se basan en cálculos realizados en una muestra de cien calles de Barcelona, y que por tanto no son extrapolables a otras ciudades que presenten configuraciones urbanísticas distintas.

En la gráfica adjunta se muestra un resumen de los resultados del estudio. En el eje de ordenadas se representan las diferencias medias entre el nivel de ruido en la calle (planta 0) y los calculados para diferentes plantas de los edificios. En abscisas se indica el número de planta. Se observa que la gráfica es prácticamente lineal. También se representa en la gráfica la recta de regresión de los datos (coeficiente de correlación $\rho=0,97$).

Aplicando estos resultados a la distribución de niveles sonoros exteriores ponderados descrita en el apartado anterior se obtendrá una buena aproximación de la distribución de niveles de ruido a la que están sometidos los habitantes de un piso exterior



Gráfica 2

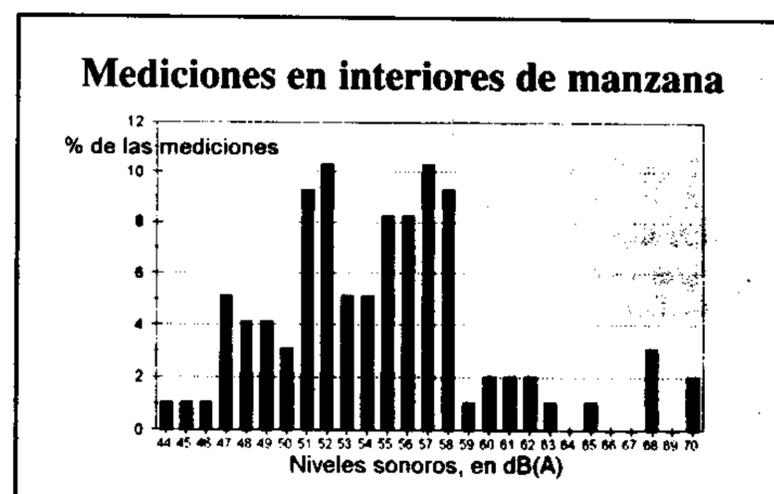
Procedimiento de cálculo de los niveles de ruido de las viviendas interiores

El nivel de ruido en un patio interior de manzana tiene dos procedencias principales: puede provenir del exterior (de las calles que circundan la manzana) o de los edificios de la misma manzana. Al llegar muy amortiguado el ruido que proviene de la calle (por causa de los apantallamientos que proporcionan los mismos edificios) cobran especial importancia el ruido que provocan las actividades interiores de la manzana. Estas últimas pueden ser variadísimas e impredecibles, lo cual dificulta enormemente su modelización. Para la realización de presente estudio se han realizado mediciones sonoras en una muestra aleatoria de patios interiores de manzana. Se han realizado un total de 97 controles de ruido ambiental en otras tantas manzanas diferentes de Barcelona. Se ha adoptado la hipótesis simplificativa de que el ruido en el interior de un patio es más o menos uniforme y no varía con la altura (ya puede provenir de cualquier piso). La metodología empleada en las mediciones es la misma que se utilizó para la elaboración del nuevo Mapa Sónico de Barcelona. Del análisis de los resultados se desprende que no existe una correlación significativa entre los niveles de ruido medidos y otras variables que "a priori" podría creerse que podrían influirlo, como el nivel de ruido en las calles exteriores o la altura de los edificios.

Los resultados de estas mediciones se sintetizan en la tabla y gráfica siguientes:

Resultados de las mediciones de ruido ambiental realizadas en el interior de patios de manzana	
Número de medidas	97
media de L_{eq}	54.2 dB(A)
desviación tipo	5.26 dB(A)

Tabla 2 y gráfica 3

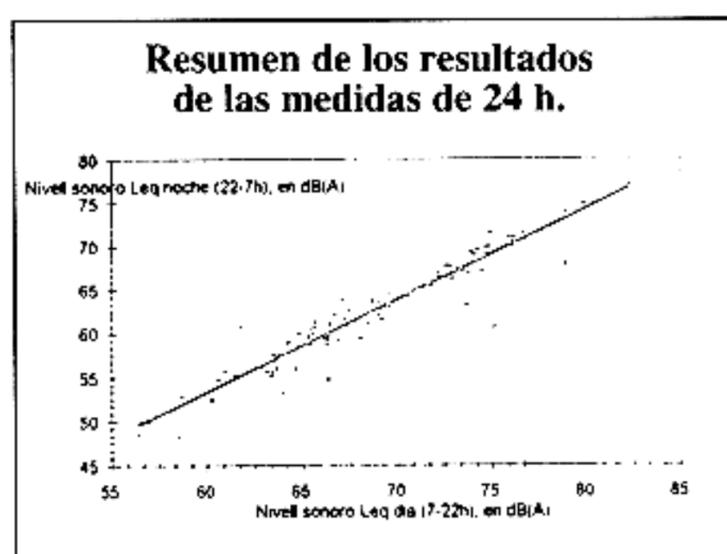


3. MAPA DE RUIDOS NOCTURNO

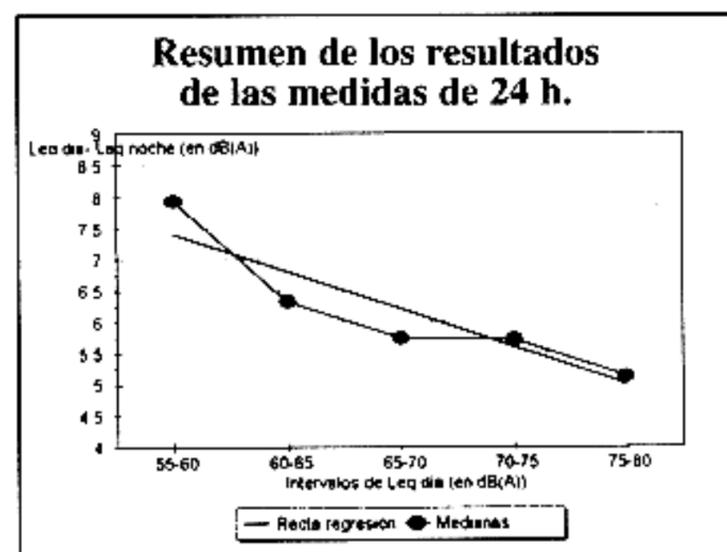
Para la confección del mapa sónico de Barcelona se ha utilizado como parámetro representativo del nivel de ruido de sus calles el valor del nivel sonoro equivalente L_{eq} , expresado en dB(A). En el Mapa Sónico

diurno se representará el valor del Leq del periodo desde la 7h hasta las 22h y para el nocturno el del intervalo entre las 22h y las 7h. El nivel de ruido que existe en una calle de la ciudad se mantiene con muy escasas variaciones a lo largo de todo el periodo diurno. Una sola medición realizada en cualquier momento de este intervalo es suficientemente representativa del valor del Leq diurno. En la practica así se ha hecho: la base de datos utilizada para la realización del nuevo Mapa sónico de Barcelona se compone de los resultados de 4600 mediciones de 10 minutos de duración. Pero durante la noche el nivel sonoro en una calle varia grandemente, por lo que una sola medición de estas características no seria suficientemente representativa del nivel sonoro de todo el periodo. Seria necesario que la medición durase las nueve horas del periodo nocturno. Realizar un número suficiente de mediciones de estas características sería muy costoso técnica y económicamente. Por ello se ha recurrido a un método indirecto de cálculo en el cual se han utilizado, además de un conjunto de mediciones de niveles sonoros nocturnos, la base de datos de mediciones de niveles de ruido diurno afectada de una corrección que se ha calculado.

Se han realizado un total de 93 mediciones nocturnas de ruido ambiental. Estas mediciones se realizaban mediante el registro continuado el nivel sonoro durante 24 horas, con almacenamiento de datos (Leq y niveles estadísticos) cada periodo horario o semihorario.



Gráfica 4



Gráfica 5

El nivel de ruido en una calle durante la noche esta fuertemente correlacionado con el nivel de ruido durante el día. Las calles mas ruidosas durante el día acostumbran a serlo también durante la noche. en concreto, en nuestra muestra de 93 mediciones la relación entre el nivel Leq de día y el Leq de noche es prácticamente lineal, como se indica en la gráfica adjunta:

En la gráfica anterior también se representa la recta de regresión de los puntos. El coeficiente de correlación entre Leq día y Leq noche ha sido de $\rho = 0.95$. A nivel práctico interesa conocer como varia la diferencia entre los Leq de día y los Leq de noche en función de parámetros conocidos. Se ha comprobado que esta diferencia esta correlacionada con el nivel sonoro que existe durante el día: en las calles mas ruidosas la diferencia Leq día - Leq noche es menor que en las calles más silenciosas.

En concreto, representando las diferencias medianas entre el Leq día - Leq noche en función del Leq día obtenemos una gráfica como la siguiente:

En ella se representa también la recta de ajuste minimo cuadrático según la formula siguiente:

$$\text{Leq día} - \text{Leq noche} = 8 - 0,6x(A - 50)/5 (*)$$

donde A es el valor mínimo de cada uno de los intervalos que consideramos (A= 55, 60, 65, 70,75). El coeficiente de correlación el ajuste es de $\rho = 0,91$.

El método de elaboración del mapa sónico nocturno sería entonces:

- Crear una nueva base de datos de niveles de ruido nocturnos con los mismos puntos que la base de datos creada para los niveles de ruido diurnos con un nuevo campo que incluya el nivel de ruidos nocturno calculado mediante la formula anterior (formula *)
- Completar la base de datos con los valore de Leq noche reales medidos (93 valores)
- Confeccionar el Mapa Sónico nocturno con esta nueva base de datos, con los mismos criterios que el Mapa Sónico de día.