

CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO DE LA CIUDAD DE BELEM

SIMÓN, Francisco¹, MORAES, Elcione², GUIMARÃES, Luis², FERNANDEZ, Maria José¹

¹ Instituto de Acústica – CSIC – Madrid – España

E-mail: psimon@ia.cetef.csic.es

² Universidade da Amazônia – UNAMA – Belém – Brasil

E-mail: elcione@hotmail.com

Resumen

En el año 2002 dio comienzo un programa a largo plazo para el estudio del ruido de la ciudad de Belém. El objetivo no solo es determinar los niveles de ruido en ella, mediante la medición del ruido en la ciudad y la elaboración de un mapa de ruido a través de un modelo de cálculo, sino, además, caracterizarla de forma que se puedan elaborar directrices para su control y la planificación futura de la ciudad. En este trabajo, se presentan los resultados de la caracterización del ruido de la ciudad. Dicha caracterización utiliza los resultados de nivel calculados en la fase anterior -distribuidos espacialmente-, para obtener relaciones entre estos niveles de ruido y los aforos de tráfico estimados, - como hacen los modelos clásicos.

También se estudia la relación entre la importancia de las vías de tráfico y su uso, con los niveles de ruido que poseen, siguiendo trabajos de autores más recientes y obteniendo resultados concordantes con ellos. De esta forma se muestra que este tipo de clasificación puede ser eficaz tanto para la simplificación de las campañas de medida de ruido urbano como para la obtención de parámetros útiles en la planificación acústica.

Palabras-clave: mapa acústico, ruido ambiente.

Abstract

In 2002 a long term program set out to study the environmental noise of Belém, Brasil. The goal is to determine noise levels all around the town empirically and compose a noise map, firstly from the measures and later by the use of a calculation method. In addition, the program intended to characterize the noise in such a way that guidelines can be elaborated to allow the management and control of noise. In this work results about the characterization of the town noise are presented. This characterization is based on the results obtained on the earlier stage (geographically distributed) to get relations between noise levels and traffic flow according to classic models.

Besides, relationship between the kind of road and noise is established following recent works and getting coherent results with them. In this way we can see as this kind of classification can be useful to simplify experimental measurement series and as a way to get parameters useful to noise management.

Keywords: noise map, environmental noise.

1 Introducción

Hoy día nadie discute que el ruido supone una fuente de malestar en ambientes urbanos y periurbanos. Por ello hace ya décadas que se trabaja en desarrollar sistemas de gestión y control del ruido ambiente urbano. Estos sistemas de gestión tienen por objetivo la detección de focos de contaminación acústica y la elaboración de estrategias que permitan su control y reducción. En los centros de las ciudades el foco principal de ruido es el tráfico. Los vehículos automóviles se han convertido en parte del paisaje por ser el medio fundamental utilizado para la movilidad de las personas (de forma individual o colectiva) y para el transporte de mercancías. Al estar el tráfico rodado distribuido por todo el área urbana el ruido también lo está y es por eso que la información sobre el ruido tiene una fuerte componente geográfica, en este sentido la elaboración de mapas se ha convertido en una herramienta imprescindible en este tipo de trabajo. Los mapas de ruido sirven tanto para caracterizar la situación respecto al ruido de un entorno como para realizar estudios de gestión urbana que identifiquen posibles soluciones eficaces para su mitigación o control. De hecho se han convertido en la forma en que se presentan tanto los datos iniciales de este tipo de trabajos como los resultados de los mismos.

La elaboración de estos mapas puede realizarse de forma experimental o mediante cálculo matemático. Los mapas realizados experimentalmente suponen un gran esfuerzo desde el punto de vista humano y económico, además son lentos de llevar a cabo y, sólo son útiles en la fase de diagnóstico, su principal virtud se deriva de su carácter empírico, es decir la información que se muestra es la que realmente existe en la zona y en ese sentido son muy fiables. Por otro lado los mapas calculados presentan una mayor flexibilidad desde el punto de vista del diseño del área bajo estudio, son económicamente más asequibles y su actualización es más fácil. Sus defectos radican en el hecho de que sus resultados dependen del modelo matemático utilizado y en el conjunto de datos de entrada que se introducen para su cálculo.

En la práctica hace ya tiempo que la forma habitual de afrontar el problema es la realización de un mapa mediante cálculo en el que se ajustan los parámetros de entrada para que coincidan en un número dado de puntos con valores medidos. De esta forma se aprovechan las ventajas de este tipo de programas al tiempo que se garantiza una cierta fiabilidad.

Este tipo de método está muy extendido hasta el punto de que, por ejemplo, en la Unión Europea, existen Directivas [1] que obligan al control del ruido ambiente mediante este tipo de procedimientos. En otras áreas geoeconómicas aunque no estén tan desarrollados también empiezan a abordar este tipo de problemas de la forma análoga.

Los parámetros de entrada de este tipo de modelos son, esencialmente datos relativos a la geografía y urbanismo del área bajo estudio y los datos necesarios para caracterizar las fuentes de ruido relevantes. La fiabilidad del modelo depende en gran medida de la fiabilidad de estos datos. En cuanto a las fuentes de ruido, en estos estudios (ruido ambiente en centros urbanos) normalmente es el tráfico rodado la principal de ellas (aunque en áreas concretas otro tipo de fuentes como vías ferroviarias o de aeronaves pueden ser relevantes). De este modo un estudio de ruido se convierte en un estudio de flujos de tráfico. En ciudades con sistema de gestión de tráfico moderno esto no es un gran problema ya que se disponen de datos y medios para la obtención del flujo de tráfico en la ciudad. En caso contrario, su estimación puede ser el mayor obstáculo que se encuentre el experto acústico.

En este trabajo se presenta el procedimiento seguido para la estimación del tráfico existente en la ciudad de Belem necesario para la realización del mapa acústico, también se mostrarán algunos de los resultados del cálculo ya su relación con los resultados medidos obtenidos en una fase previa del

proyecto [2]. Para terminar se utilizarán los resultados del mapa acústico para caracterizar estadísticamente el ruido de la ciudad.

2 Descripción geográfica

La ciudad de Belém se encuentra situada en el Estado de Pará. Desde el punto de vista geográfico está situada sobre la línea del ecuador y en la desembocadura del río Pará en la costa atlántica brasileña, con una altura no superior a 24 metros con lo que topográficamente hablando es bastante horizontal. En este estudio solo se tiene en cuenta el centro urbano en el que habitan unas 800.000 personas, aunque su área de influencia tiene una población de 1.400.000 habitantes. El clima es típicamente ecuatorial con temperaturas medias de 28° C con variaciones inferiores a 2° C, vientos estables con calmas frecuentes y una humedad relativa del 90% debida a la presencia de grandes masas de agua el calor y las frecuentes lluvias [3].



Figura 1 – Localización geográfica de la ciudad de Belém.

3 Implementación del modelo

Para el cálculo de los niveles sonoros ambiente se decidió utilizar el contenido en la norma ISO 9613-1/2, es un modelo bastante general y muy chequeado, con resultados aceptables. Para su implementación se escogió la contenida en el programa comercial PREDICTOR v. 5.4. Este programa (como todos en general) necesita que se le introduzcan los datos geográficos en los que se incluye las líneas de nivel del terreno, las edificación presentes, algunos obstáculos como barreras acústicas, las

características acústicas del suelo y demás elementos. Esta información se recogió de diferentes fuentes la base fueron mapas datados en 1997 que hubo que actualizar a partir de ortofotos obtenidos de *Google Earth* [4] y visitas de campo. Esta información sirvió no solo para componer los mapas sino también para obtener información sobre las alturas de los edificios, información muy importante en esta clase de estudio. Una vez recogida toda esta información se introdujo manualmente en un SIG, que fue el que nos proveyó del modelo geográfico que fue luego exportado tanto a AutoaCad como a Predictor.

Un problema mayor supuso obtener datos sobre el flujo de tráfico en la ciudad, ya que no existen registros sistemáticos de él. Tan sólo existía información sobre el tráfico en algunas intersecciones. Como consecuencia fue necesario realizar estimaciones sobre el mismo. Estas estimaciones se basaron en la información recogida de varias fuentes como son los aforos incluidos en el PDTU/2001 [5] y los facilitados por la CTBEL/2001 [6]; estos últimos en realidad son datos sobre las líneas de autobuses, sus recorridos y su frecuencia, dado que el tráfico dominante en algunas zonas de la ciudad es el tráfico de autobuses, esta información permitió estimar de forma bastante fiable el tráfico en ellas. Además, también se estimó el flujo de tráfico a partir de la categoría de las vías en la que se tenía en cuenta

- El ancho de la calle;
- La altura media de los edificios;
- El número de carriles; y
- El tipo de uso (residencial, comercial, recreativo, mixto)

De este modo se asignó un valor de tráfico a algunas de las calles en las que se habían realizado las mediciones. Posteriormente se procedieron a ajustar los valores de tráfico de forma que la desviación entre el nivel medido y el calculado fuera mínima. Al final se obtuvo un modelo de tráfico con el que se consigue que la desviación analítico - experimental sea inferior o igual a ± 2 dBA en el 95 % de los puntos medidos [7].

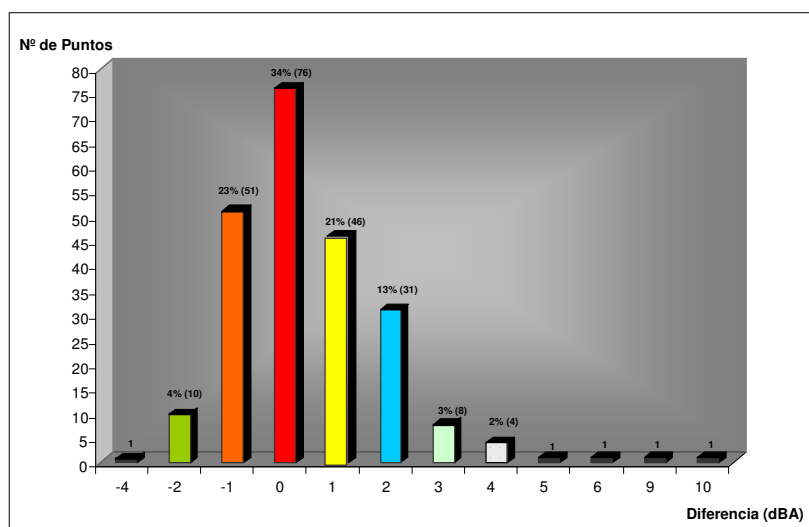


Figura 2 – Desviaciones entre los niveles calculados y los niveles medidos.

Una vez obtenidos todos los parámetros de entrada al programa informático se calculó el mapa acústico de la ciudad con una malla con distancia entre puntos de 20 m. Esto permite obtener una imagen muy fiel de la distribución espacial del ruido urbano y apreciar la influencia de variaciones locales debidas a elementos del terreno o urbanos.

A partir de los mapas calculados de cada barrio se ha creado el mapa general en el formato SIG en el cual ha sido necesaria la introducción de todos los datos utilizados por el programa de cálculo. El contorno de la curva isofónica generado en el programa de simulación ha sido exportado al SIG y las curvas han sido convertidas en puntos para que el programa las reconozca. Los puntos han sido procesados a través de splines lo que genera nuevas líneas con los colores correspondientes a los niveles sonoros calculados previamente. El resultado del montaje se puede ver a continuación en la figura 3.

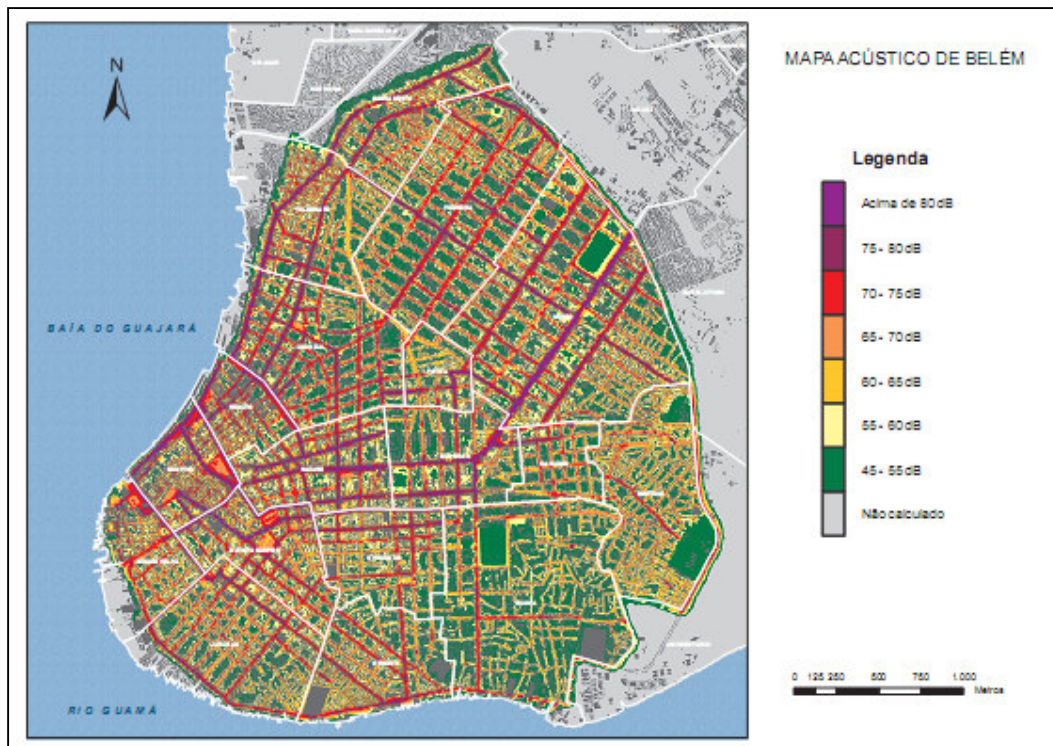


Figura 3 – Mapa acústico de Belém montado en el SIG.

4 Descripción estadística del mapa de ruido

A continuación se muestra el análisis de los niveles obtenidos como resultado del mapa calculado. El análisis se realiza desglosado por barrios, así como para el total de la ciudad. Los parámetros estadísticos del conjunto se muestran en la tabla 1. En ella se aprecia un ligero sesgo positivo que indica una mayor presencia de valores altos o un máximo de frecuencia a valores bajos; sólo el barrio de Campina es una excepción con valor casi nulo del sesgo lo que indica una simetría bastante fuerte de la curva de distribuciones, algo destacable si se tiene en cuenta que las distribuciones son multimodales [8].

También se puede apreciar como el 50 % del territorio está sometido a niveles comprendidos entre los 56 y 71 dBA, que sólo el 25% soporta niveles inferiores a 56 dBA y que otro 25 % padece niveles superiores a 71 dBA. Se puede apreciar también como en todos los barrios hay zonas tranquilas con niveles cercanos a los 40 dBA junto con zonas saturadas de ruido y niveles que rondan los 86 dBA. En general todas las distribuciones tienen un ancho parecido, de unos 19 dBA si nos fijamos en la desviación estándar y valores centrales que rondan los 65 dBA.

Por último en la figura 4 se muestran las distribuciones acumulativas de cada uno de los barrios, en ella se puede observar más claramente lo dicho más arriba, además en ella destaca claramente como barrio con niveles en general altos el barrio de Campina (línea roja) cuya distribución está centrada en 71 dBA, mientras que en el lado opuesto se pueden citar los barrios de Montese (línea verde) y Canudos con valores centrales que no superan los 60 dBA.

Tabla 1 – Parámetros estadísticos del conjunto de niveles de ruido ambiente.

Situación	Mediana	Media	Sesgo	RIC	Des Est	Mínimo	Máximo	Rango
Todos	62.7	63.5	0.33	15.4	9.5	40.3	92.7	52.5
Umarizal	65.5	64.4	0.18	18.3	10.0	42.2	92.0	49.8
Telegrafo	62.1	63.3	0.42	14.6	8.9	46.0	86.6	40.6
Sao Bras	60.7	64.6	0.58	17.1	10.4	45.8	91.0	45.2
Sacramenta	61.6	62.9	0.49	14.6	8.8	46.8	87.4	40.5
Reduto	66.9	66.2	0.14	16.2	9.6	41.7	90.8	49.1
Nazaré	64.4	66.4	0.30	16.5	9.5	43.7	90.1	46.4
Montese	57.1	58.7	0.39	14.1	8.9	40.5	90.2	49.7
Jurunas	62.4	62.7	0.41	13.8	8.2	48.0	91.8	43.8
Fátima	63.0	63.0	0.38	14.4	8.8	47.6	87.9	40.3
Condor	60.4	61.3	0.36	13.1	8.5	40.3	84.3	44.0
Canudos	59.6	60.7	0.43	15.3	8.8	45.1	92.5	47.4
Campina	70.9	69.9	-0.03	16.6	9.5	50.7	92.7	42.0
C. Velha	65.8	65.1	0.20	15.4	8.8	44.0	89.2	45.2
B. Campos	66.5	66.6	0.29	14.0	8.5	47.1	91.3	44.3

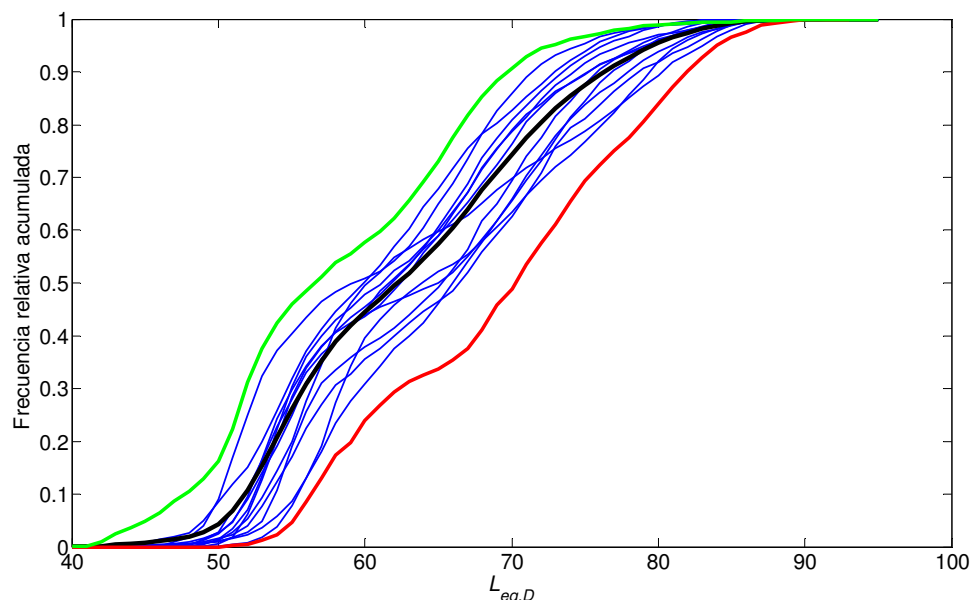


Figura 4 – Distribución acumulativa de los niveles por barrio. Línea negra ciudad completa, línea roja barrio de Campina, línea verde barrio de Montese.

5 Conclusiones

Se ha realizado un mapa acústico de la ciudad de Belém. Para ello antes se ha tenido que actualizar el mapa ya existente, elaborado mediante método de medición, para luego realizar una estimación de los flujos de tráfico en sus calles, a través de del modelo de tráfico desarrollado se muestra una buena correlación entre los niveles medidos y calculados por el programa.

Una vez obtenido el nuevo mapa acústico, se han utilizado sus resultados para describir estadísticamente el ruido ambiente de la ciudad. De esta descripción se puede observar que las distribuciones por barrios son análogas tanto en valores medios como rangos de variabilidad. Además de ellas se pueden distinguir aquellos barrios más afectados por el ruido y aquellas zonas más tranquilas. El nuevo mapa acústico de Belém es una herramienta para la mejora de la ciudad, y en concreto para integrar el ruido en el planeamiento de área analizada.

6 Agradecimientos

Al Instituto Fundación para el Desarrollo de la Amazonia -Fidesa, financiador del proyecto, a la Universidad de la Amazonia –Unama, institución realizadora del proyecto, y al Instituto de Acústica de Madrid -IA-CSIC colaborador.

7 Referencias

- [1] Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002. *Evaluación y gestión del ruido ambiental, y la posterior recomendación de la comisión de 6 de agosto de 2003 relativa a las orientaciones sobre los métodos de cálculo provisionales*. CE. Bruselas, 2002. 25p.
- [2] Moraes, Elcione; Lara, Neyla. “*Mapa Acústico de Belém*”. FIDESIA, Belém, 2004. 433p.
- [3] Nascimento, Cicerino. “*Clima e Morfologia Urbana de Belém*”. Dissertação de Mestrado. UFPa-NUMA, Belém, 1995. 85p.
- [4] Página Web de Google Earth. <http://earth.google.com/>
- [5] BELÉM. “*Plano Diretor para o Transporte Urbano de Belém*”. Companhia de Habitação do Estado do Pará. Belém, 2001. 222p.
- [6] BELÉM. “*Dados Operacionais do Sistema de Transporte Público de Belém*”. CTBEL, Belém, 2006. 10p.
- [7] Moraes, Elcione; Simón, Francisco; Guimarães, Luis; Moreno, Antonio. “*Modelling the urban Noise of the City of Belém (Brazil)*”. ICA 2007. Madrid, 2007. 6p.
- [8] Moraes, Elcione; Simón, Francisco. “*Análisis del Ruido Ambiente en la Ciudad de Belém (Brasil): Resultados Preliminares*”. Instituto de Acústica de Madrid. Madrid, 2008. 30p.