

## DESARROLLO DE MAPA DE RUIDO DE SECTOR RESIDENCIAL/COMERCIAL/HOSPITALARIO EN BASE A MEDICIONES EN PUNTOS FIJOS

Jorge A. Perez Villalobo<sup>a,b</sup>, Horacio H. Contrera<sup>a</sup> y Raúl A. Bodoira<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Centro de Investigación y Transferencia en Acústica, CINTRA, Unidad Asociada del CONICET, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Maestro M. López esq. Cruz Roja Argentina, X5016ZAA Córdoba, Argentina, jorgeperezvillalobo@gmail.com, <http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/cintra>*

<sup>b</sup>*Departamento de Ingeniería Civil, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, X5016ZAA Córdoba, Argentina, <http://www.institucional.frc.utn.edu.ar/civil/>*

**Palabras clave:** mapas de ruido, contaminación acústica, ruido urbano, tránsito vehicular.

**Resumen.** Los mapas de ruido en entornos urbanos muestran de forma gráfica el grado de contaminación sonora que presenta un sector determinado, donde generalmente el tránsito vehicular es la principal fuente de emisión. En este trabajo se estudió la contaminación acústica de un sector con características residenciales/comerciales/hospitalarias de la ciudad de Córdoba –Argentina– donde a partir de los niveles sonoros relevados en diferentes puntos fijos de medición se desarrolló luego un mapa de ruido. El área de estudio posee una superficie de aproximadamente 1,5 km<sup>2</sup> y el horario analizado es el diurno.

## 1 INTRODUCCIÓN

El ruido es considerado uno de los principales contaminantes en grandes áreas urbanas, provocando un deterioro de la calidad de vida de sus habitantes (Suárez, 2011), donde el contribuyente más importante del ruido urbano es el tránsito vehicular (Montalvão et al., 2011).

La exposición durante prolongados periodos de tiempo a niveles elevados de ruido produce trastornos tanto psicológicos como fisiológicos (Basner et al., 2014, Berglund et al., 1999). Entre los efectos fisiológicos más comunes se encuentra la disminución de la capacidad auditiva, y efectos sobre el sistema cardiovascular –como el incremento en la presión sanguínea, elevación del ritmo cardíaco y la vasoconstricción–; por otra parte entre los efectos psicológicos, el ruido puede provocar incremento en el nivel de estrés, cambios de comportamiento, disminución de la capacidad cognitiva, entre otros.

En virtud de esta problemática, a través de la [Directiva 2002/49/CE](#), la comunidad europea insta a los municipios y comunas que posean una población superior a los 100.000 habitantes, a la elaboración de mapas estratégicos de ruido y en base a estos desarrollar planes de acción para la disminución de los niveles de contaminación sonora.

Los mapas de ruido se elaboran a partir del parámetro nivel sonoro continuo equivalente ponderado A (*LAeq*), dado que la sensación de molestia del ruido percibida por el individuo posee una buena correlación con este descriptor.

El trazado del mapa de ruido requiere de la medición de los niveles sonoros en posiciones fijas sobre el área de estudio y de la modelización acústica de la zona mediante software específico. De esta forma el empleo de aplicaciones informáticas de predicción sonora optimiza notablemente los tiempos de desarrollo. La modelización de la zona implica la selección de un modelo de fuente sonora y otro de propagación acústica en el medio. Ante la falta de un modelo de ruido de tráfico local, se tomaron como referencia los utilizados en estudios anteriores (Contrera et al., 2015; Perez Villalobo et al., 2016).

Este trabajo tiene por objetivo describir acústicamente, a través de su mapa de ruido, un sector de la ciudad de Córdoba, caracterizado por ser una zona residencial, con importante presencia de actividad comercial y hospitalaria.

## 2 METODOLOGÍA

En primer lugar se definió específicamente el sector a analizar, quedando conformado por los barrios General Paz, Patria y Bajo General Paz. Luego se determinó estratégicamente una serie de puntos de medición que fuese lo más representativa posible del área. Para posteriormente y aplicando el software de simulación sonora CadnaA realizar el modelado acústico-arquitectónico. Por último se introdujo el valor de los niveles sonoros relevados in situ, de manera de obtener un mapa de ruido basado en mediciones reales.

### 2.1 Área de estudio

La superficie del área analizada es de 1,5 km<sup>2</sup>, encontrándose delimitada por las arterias: Av. Costanera (Intendente Mestre), Rosario de Santa Fe, Av. Patria, y Libertad (ver [Figura 1](#)). El número de habitantes en el sector es de aproximadamente 12.537 personas, de acuerdo a los datos relevados en el Censo Nacional (2010).

Históricamente el sector de Barrio General Paz (Centro-Oeste, de la [Figura 1](#)) se caracterizó por tratarse de un área residencial, sin embargo, en las arterias de gran circulación vehicular como: Rosario de Santa Fe, 25 de Mayo, Esquiú, Roma, Libertad, Av. Sarmiento, y Av. 24 de Septiembre, se encuentra actualmente una destacada actividad comercial. Asimismo, este sector ha experimentado en los últimos años un cambio importante en su arquitectura, encontrándose numerosos edificios de departamentos de hasta 10 plantas que conviven con edificaciones

tradicionales de una y dos plantas. Por otro lado, en los Barrios Patria y Bajo General Paz (ubicados en el sector Este y Sureste de la Figura 1), existe un predominio de viviendas familiares de una o dos plantas. En estos dos últimos Barrios la mayor circulación vehicular y actividad comercial se encuentra localizada sobre la Av. Patria que también cuenta con algunas edificaciones residenciales en altura de hasta 10 plantas.

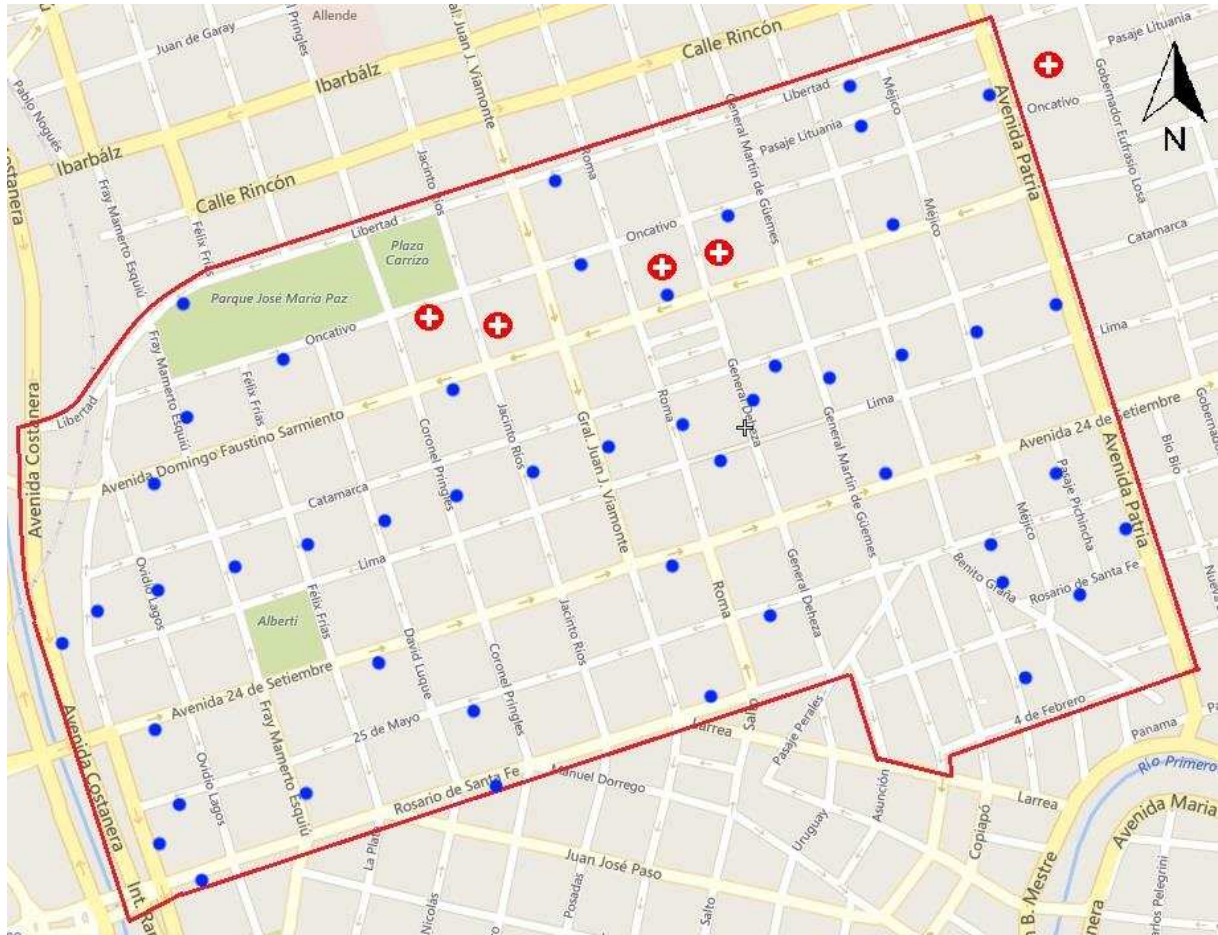


Figura 1: Distribución de los puntos de medición en la zona.

Además, es importante mencionar que en el sector Centro-Norte de la zona de estudio se encuentran numerosos centros salud de gran envergadura, presentándose como una fuente adicional de flujo vehicular en el sector.

## 2.2 Relevamiento

En toda el área se efectuaron mediciones distribuidas en 48 puntos fijos, de manera que los niveles relevados sean representativos del comportamiento del ruido generado por el tráfico rodado, entendido como la principal fuente de contaminación sonora en zonas urbanas. Asimismo, se evitó medir el aporte de fuentes de ruidos eventuales, como lo son: obras en construcción, eventos sociales, entre otras. Cada punto de medición se ubicó a mitad de cuadra, reduciendo la influencia de las intersecciones entre arterias. Contemplando también que no existieran paradas de colectivos próximas al punto de medición, obviando así las contribuciones a los niveles sonoros provocados por aceleraciones/frenadas bruscas. También se tuvo en cuenta, en aquellas vías de escaso tránsito vehicular, que los puntos de medición estuviesen alejados al menos 100 m de intersecciones con arterias de elevado flujo vehicular.

Para llevar a cabo las mediciones se empleó un medidor de nivel sonoro Brüel & Kjaer 2270. En cada punto se obtuvo un registro del nivel sonoro continuo equivalente con ponderación A ( $L_{Aeq}$ ) durante un periodo de 15 minutos. Simultáneamente fue contabilizado el aforo vehicular, clasificándose a los vehículos en: automóviles y motocicletas (vehículos livianos), autobuses y camiones (vehículos pesados). El equipo de medición se situó a 20 cm del cordón de la vereda, y a una altura de 1,5 m del nivel del suelo, orientándose hacia el centro de la calzada.

Las mediciones se realizaron en días laborables (Lunes a Viernes) durante el horario diurno propuesto por la Norma IRAM 4062:2016, pero específicamente entre las 10:00 y las 18:00 hs, evitando así el horario pico entre las 8:00 y 9:00 hs.

Adicionalmente en cada punto de medición se relevaron las características edilicias, como longitud, ancho y tipo de superficie de la calzada, ancho de veredas, altura promedio de las edificaciones a ambos lados de la calzada, entre otras. En aquellas cuadras donde no se efectuaron mediciones esta información se relevó a través de las aplicaciones Google Earth Pro y Google Street View.

Con toda esta información tanto acústica como arquitectónica se procedió luego al modelado computacional.

### 2.3 Modelado

En el presente trabajo se utilizó el software de simulación acústica CadnaA para realizar el modelado computacional del área. Este requiere seleccionar un modelo de fuente sonora (tráfico rodado), y otro referido a la propagación acústica en el medio. Para el primero se escogió el propuesto por la norma alemana RLS-90 y para el segundo el planteado por la ISO 9613-2:1996.

En el modelo RLS-90 los niveles de potencia sonora de la fuente son estimados a partir del parámetro  $L_{m,E}$ , definido como el valor de inmisión sonora a 25 m del centro del carril.

$$L_{m,E} = 37,3 + 10 \log[M(1 + 0,082p)] \quad (1)$$

Donde  $M$  es la cantidad total de vehículos por hora y  $p$  es el porcentaje de pesados. El uso de la ecuación (1) supone, que la superficie de la calzada es asfalto no rugoso, la velocidad límite es 100 km/h, la pendiente es menor a 5% y la propagación del sonido es en campo libre. De no cumplirse esto se aplican una serie de correctores como se observa en la ecuación (2).

$$L_{m,E} = 37,3 + 10 \log[M(1 + 0,082p)] + D_{str} + D_v + D_{sig} + D_E \quad (2)$$

Siendo  $D_{str}$  el corrector referido a la superficie de la calzada,  $D_v$  el referido a la velocidad máxima,  $D_{sig}$  el correspondiente a la pendiente y  $D_E$  el de las reflexiones.

Esta es la metodología convencional de uso de la norma RLS-90 para estimar  $L_{m,E}$ , sin embargo, en este trabajo se aplicó otra metodología igualmente admitida por la norma, la cual es descripta por la ecuación (3).

$$L_{m,E} = L_m - D_{s,1} - D_{refl} \quad (3)$$

Se utilizó entonces como parámetro de entrada al modelo de fuente el nivel  $L_m$  representativo del nivel medido in situ en cada punto de medición. Afectado por dos correctores que contemplan medir a distancias diferentes de 25 m del centro de calzada ( $D_{s,1}$ ) y reflexiones múltiples debido a la proximidad de obstáculos cercanos a la fuente ( $D_{refl}$ ).

Este procedimiento de elaboración del mapa de ruido aseguró que los niveles simulados por el modelo coincidan con los realmente medidos.

Finalmente debe señalarse que se realizaron simplificaciones en el modelo arquitectónico elaborado en el software de simulación de acuerdo a las recomendaciones descriptas por el Grupo de Trabajo en la Evaluación de Exposición al Ruido de la Agencia Medioambiental



Europea (WG-AEN, 2007). La grilla de cálculo utilizada poseía una resolución de 10x10 m, además se optó por una representación en áreas de ruido en intervalos de 5 dBA y empleando la escala de colores propuesta por la norma ISO 1996-2 (1987). Es importante destacar que la malla de cálculo del mapa se fijó a una altura de 1,5 m, es decir, la misma altura a la que se efectuaron las mediciones.

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

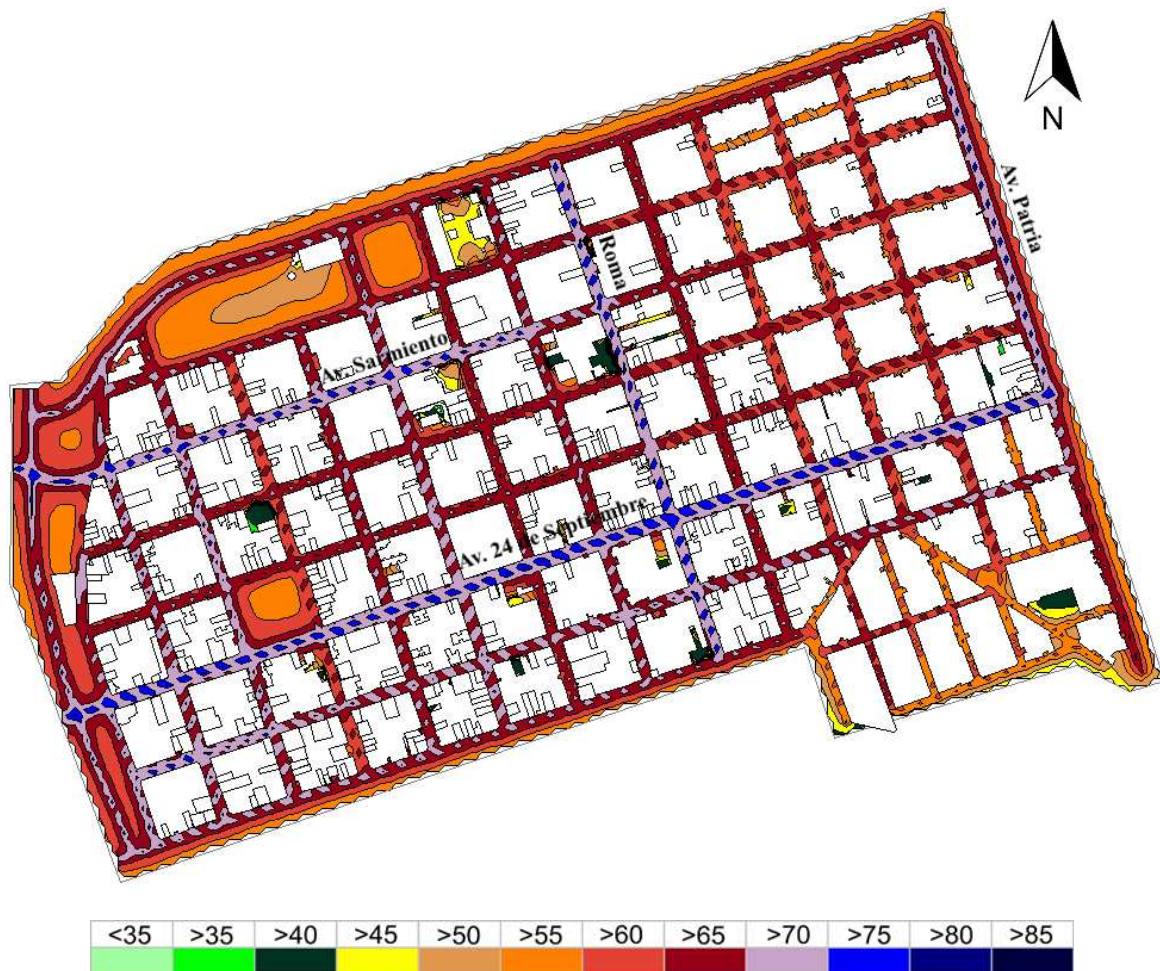


Figura 2: Mapa de ruido expresado en dBA.

Del análisis del mapa de ruido (Figura 2) se infiere que las arterias como Av. 24 de Septiembre, Av. Patria y Sarmiento presentan niveles sonoros en el orden de 70 a 75 dBA, siendo esto coincidente con los flujos vehiculares más altos registrados en el sector como así también donde se encuentran los porcentajes más elevados de vehículos pesados (en promedio, un 10 % del flujo total), a causa de la presencia de varios recorridos del transporte público de pasajeros, asimismo todas estas arterias son las que presentan mayor actividad comercial.

Cabe destacarse que, sobre calle Roma, el elevado flujo vehicular (con un alto porcentaje de vehículos pesados) se debe mayormente a la actividad desarrollada en los centros de salud. Otro caso particular lo constituye la Av. Costanera –70 a 75 dBA– donde la velocidad de circulación es elevada (entre 50 y 70 km/h, con predominancia de vehículos livianos) y se registra una actividad comercial nula.

Asimismo Rosario de Santa Fe, 25 de Mayo, Esquíú y Libertad están en el orden de los 65

a 70 dBA, formando parte de arterias que si bien no son troncales, poseen flujos vehiculares elevados con menor velocidad, siendo mayormente utilizadas como vías secundarias de la zona. El resto de las arterias de Barrio General Paz (sector Central y Oeste del mapa) están en el orden de los 60 a 65 dBA.

Por otro lado, se puede observar que las arterias de los Barrios Bajo General Paz y Patria (sector Este y Sureste del mapa) poseen niveles inferiores al resto de la zona (entre 55 y 60 dBA), esto se debe a que ambos son netamente residenciales, y el escaso flujo vehicular existente corresponde al desarrollado por los habitantes del lugar.

#### 4 CONCLUSIONES

Como conclusión general, se observa en el mapa de ruido que en la totalidad de la zona estudiada los niveles sonoros se encuentran por encima de los 55 dBA, valor de referencia para horario diurno en ambientes exteriores de vivienda, que produce en gran parte de la población una molestia acentuada, de acuerdo a los niveles guía planteados por la Organización Mundial de la Salud (Berglund et al., 1999). Otro valor de referencia puede ser extraído de Babisch (2006), donde se menciona que en Alemania aproximadamente el 3 % de los infartos de miocardio en hombres son atribuibles al ruido de tráfico rodado, producto de la exposición prolongada a niveles superiores a 65 dBA.

Por otra parte se deja planteada una metodología para el desarrollo de mapas de ruidos –en países que no disponen de un modelo de tráfico rodado– a través de mediciones in situ y sin la necesidad de un número elevado de puntos de medición.

#### AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido posible gracias al apoyo de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado (SCTyP) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), el CINTRA (UA del CONICET) de la UTN-Facultad Regional Córdoba y el Departamento de Ingeniería Civil de la UTN-Facultad Regional Córdoba.

#### REFERENCIAS

- Suárez, E., Barros, J., Báez, A., Stevens, J., Romero, R., Rodenbeek, J., González, C., Rey, G., Mapa de ruido de la comuna de Santiago de Chile mediante modelación. *Proceedings Congreso Internacional de Acústica y Audio Profesional*, INGEACUS, 2011.
- Montalvão, I., Bertoli, S., Zannin, P., Influence of urban shapes on environmental noise: A case study in Aracaju – Brazil. *Science of the Total Environment*, 412:66–76, 2011.
- Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., Stansfeld, S., Auditory and nonauditory effects of noise on health. *The Lancet*, 383:1325–1332, 2014.
- Berglund, B., Lindvall, T., Schwela, D., Guidelines for community noise. *World Health Organization*, WHO, 1999.
- Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. *Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental*. Diario oficial de la UE L189/12-25, del 25 de Junio de 2002.
- Contrera, H., Perez Villalobo, J., Bodoira, R., Cáceres, E., Estudio de la contaminación sonora por ruido de tránsito en zona residencial de la ciudad de Córdoba. *Proceedings de XIII Congreso Argentino de Acústica*, 2015.
- Perez Villalobo, J., Contrera, H., Bodoira, R., Cáceres, E., Hinalaf, M., Kogan, P., Contrastación de mapas de ruido mediante software de predicción acústica a partir de niveles sonoros relevados in situ vs. datos del flujo vehicular. *Mecánica Computacional*, 34:427–438, 2016.
- Censo Argentina. Resultados definitivos. Disponible en: [www.indec.gov.ar](http://www.indec.gov.ar), 2010.

- IRAM 4062, *Ruidos molestos al vecindario. Método de medición y clasificación*. Argentina, 2016.
- RLS-90, *Richtlinien für den Lärmschutz an StraBen. Der Bundesminister Für Verkehr. Abteilung StraBenbau*, 1990.
- ISO 9613-2, *Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation*, 1996
- European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN), *Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure. Position paper, Tech. Rep. 004:1-129*, 2007
- ISO 1996-2. *Acoustics – Description and measurement of environmental noise – Part 2: Acquisition of data pertinent to land use*, 1987.
- Babisch, W., *Transportation noise and cardiovascular risk. Review and synthesis of epidemiological studies, dose-effect curve and risk estimation. WaBoLu Hefte*, ISSN 0175-4211, 2006.