

## EL PRIMER MAPA DE RUIDO PARA LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO: EL CASO DEL RUIDO POR TRÁFICO VEHICULAR

PACS 43.50, 43.50.Lj, 43.50.Qp, 43.50.Rq, 43.50.Sr, 43.55

**Fausto E. Rodríguez Manzo, Elisa Garay Vargas, Laura A. Lancón Rivera**

Laboratorio de Análisis y Diseño Acústico, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, División de Ciencias y Artes para el Diseño, Departamento de Procesos y Técnicas. Av. San Pablo 180 Edificio S 1º piso, Col. Reynosa Tamaulipas, CP 02200, Azcapotzalco, México, Distrito Federal. Teléfono (52) (55) 5318 9181, ladac@correo.azc.uam.mx

### ABSTRACT

Since 2009 the Universidad Autónoma Metropolitana has been commissioned by the Mexico City environmental authority to develop the first road traffic noise map of its Metropolitan Area. This paper shows the process of creating the map. It also provides a preliminary analysis that will help envision the overall picture of the problem and reveal the noise levels of major roads and its penetration into the adjacent areas. It is a valuable tool that will serve as basis for the diagnosis of the present noise conditions in the city and its various effects.

### RESUMEN

Desde 2009 la Universidad Autónoma Metropolitana fue comisionada por la autoridad ambiental de la Ciudad de México para desarrollar un primer mapa del ruido por tráfico vehicular de su área metropolitana. En este artículo se muestra el proceso de construcción y un análisis preliminar para obtener una visión global del problema que revele los niveles de ruido en las vialidades principales y su penetración en las zonas adyacentes. Se trata de una valiosa herramienta que servirá como base para el diagnóstico de las condiciones de ruido existentes en la ciudad y sus efectos sobre diversos aspectos de la misma.

### INTRODUCCIÓN

Actualmente a nivel mundial se sabe que el ruido es el contaminante que mayor molestia genera en la población en sus actividades cotidianas, que afecta su salud, que tiene un alto impacto en los ecosistemas urbanos, y que además, en el caso del ruido por tráfico vehicular, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud [1], produce una carga de morbilidad significativa. Por otro lado, el ruido ambiental está contribuyendo de forma alarmante, a extinguir los sistemas sonoros naturales del mundo. De esta forma se hace necesario enfrentar este problema a nivel global pues ningún país está exento de su influencia, sino que al contrario, muy probablemente afectado.

La Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Azcapotzalco (UAM-A), a través de un grupo de académicos, conscientes de este problema en la Ciudad de México, promovió desde el año 2009 un convenio de colaboración con la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal (SMA-GDF) para la realización del Primer Mapa de Ruido para la ZMVM (PMRZM), a través del Laboratorio de Análisis y Diseño Acústico (LADAc) adscrito al Departamento de Procesos y Técnicas de la División de Ciencias y Artes para el Diseño.

Dicho instrumento, el primero en su tipo en el país y probablemente el más grande desarrollado sobre una sola metrópoli a nivel mundial, muestra de forma general el impacto que el ruido por tráfico vehicular tiene en las vialidades principales, las de acceso controlado y los ejes viales, así como en el entorno urbano de las mismas.

El PMRZM representa así el primer paso en el reconocimiento del problema de ruido en esta gran metrópoli así como el inicio de un camino hacia la búsqueda de políticas públicas que fundamentalmente protejan a la población. La Ciudad de México se muestra ahora como la primera a nivel nacional y una de las pocas ciudades de Latinoamérica que cuentan con un mapa estratégico de ruido, lo que la ubica en un nivel de liderazgo importante y a la UAM-A a la cabeza de la investigación en la materia en la nación.

Este documento muestra el proceso de construcción de esta importante herramienta, así como un análisis preliminar de las condiciones generales de ruido ambiental encontradas a partir de él.

## **ANTECEDENTES**

El problema del ruido ambiental, en muchos países, es un asunto que aunque se percibe su existencia, no se asume con la importancia que tiene, generando en consecuencia un desconocimiento en la población y por lo mismo una falta de conciencia de ello.

La Unión Europea cuenta hoy con una directiva (2002/49/EC) para la evaluación y gestión del ruido ambiental, aplicable a todos los países miembros, como resultado de una consistente campaña para prevenir o reducir los efectos dañinos de la exposición al ruido de la población, lo que ha redundado en un acuerdo comunitario que está beneficiando de forma amplia los esfuerzos de los gobiernos de dicha región del mundo, para proteger a la población.

En un país donde no se cuenta con una sensibilidad, ni con una normatividad clara con respecto al ruido ambiental, donde además los problemas acústicos de la ciudad y de los edificios son poco atendidos, tanto por las autoridades como por los profesionales e industriales involucrados, es difícil establecer programas que coadyuven a hacer conciencia de ello así como obtener apoyos para desarrollar estudios profundos al respecto. Tal es el caso de México, y concretamente de la Ciudad de México, una de las metrópolis de mayor tamaño y de mayor población del mundo, donde la ausencia de normas y actitudes con respecto al ruido ambiental, se ha ido reflejando en la planeación urbana y en el crecimiento de la ciudad a lo largo del tiempo. Pero algunos hechos tienden a cambiar este panorama desalentador.

Para el año de 2006 el gobierno de la ciudad emitió una norma con carácter ambiental, la NADF-005-AMBT-2006, *“que establece las condiciones de medición y los límites máximos permisibles de emisiones sonoras, que deberán cumplir los responsables de fuentes emisoras ubicadas en el Distrito Federal”* [2], norma enfocada a evaluar los problemas relacionados con establecimientos y lotes, donde los niveles sonoros superen los máximos permitidos (65 dBA en el día y 62 dBA en la noche). Se trata de un esfuerzo importante, sin embargo dicha norma no aplica a la evaluación de las condiciones ambientales influenciadas por el ruido proveniente del tráfico vehicular, los trenes y los aviones, así como de otras fuentes sonoras significativas presentes en la ciudad.

La ZMVM ocupa un área de 3,540 km<sup>2</sup> [3] dividida en 16 distritos de la Ciudad de México y 18 municipalidades del área conurbada del Estado de México (Figura 1). La población total de la ZMVM es de aproximadamente 24 millones de personas de acuerdo al último censo aplicado en 2010 [4] y dentro de ella circulan aproximadamente 4 millones de vehículos [5] y comparte

junto con Tokio, Seúl, Nueva York, Mumbai y Sao Paulo el primer lugar de áreas metropolitanas con mayor población.

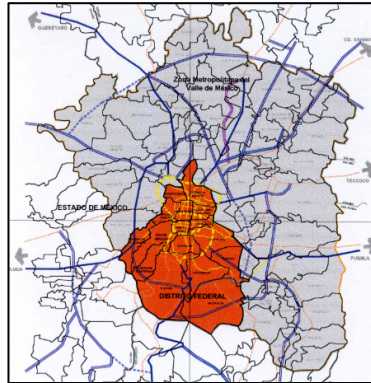


Figura 1. Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).  
<http://www.paot.org.mx/centro/programas/pgdudf/planos/D2%20-%20ZONA%20METROPOLITANA%20DEL%20VALLE%20DE%20MEXICO.jpg>

En una conurbación de este tamaño se generan diariamente diversos tipos de ruido con niveles sonoros importantes, debido al gran número de actividades que en ella se realizan, combinado con la existencia de una gran área construida que incluye edificios de todos tamaños y vialidades extensas, sobre las cuales circulan automóviles, camiones, motocicletas y trenes sin cesar.

Ante esta situación es que se constituye el convenio antes referido entre la autoridad ambiental y la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco (UAM-A) para la realización del Primer Mapa de Ruido para la ZMVM (PMRZM) a partir de los recursos federales provenientes del Fideicomiso Ambiental 1490 del Valle de México (FIDAM 1490).

Este proyecto persigue fundamentalmente iniciar un programa que permita la evaluación constante de las condiciones de ruido al que está expuesta típicamente la población por efecto de las principales fuentes de ruido existentes. El caso del PMRZM, se refiere a la exposición al ruido por tráfico vehicular durante el día en las vías principales de esta urbe y reviste una complejidad especial debido ante todo al gran tamaño del área por desarrollar, la cual se puede apreciar en comparación con otras grandes ciudades del mundo que cuentan ya con un mapa de ruido (Figura 2).

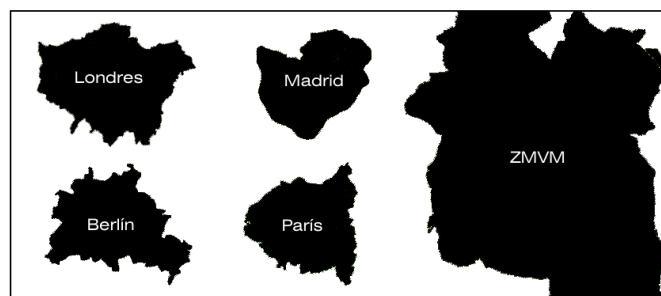


Figura 2. Comparación del tamaño de mapas de ruido de otras ciudades y la MCMA.

## LA CREACIÓN DEL PRIMER MAPA DE RUIDO PARA LA ZMVM

Al tratarse de un proceso no desarrollado con anterioridad en el país, para realizar el PMRZM fue necesario recopilar la información disponible en las distintas instancias del gobierno de la ciudad: información acerca de la estructura urbana, las vialidades y el transporte, tanto desde el punto de vista espacial como estadístico. Así, el primer problema al cual se enfrentó el equipo de trabajo fue la discordancia existente entre los datos obtenidos y los que el software (CadnaA v.4) requería.

El trabajo se desarrolló entre septiembre de 2009 y marzo de 2011, habiendo sido necesario en la primera etapa construir bases de datos que fueran compatibles con el software mencionado. Esta actividad resultó altamente laboriosa, materialmente artesanal. Esta labor redundó en la construcción de un modelo espacial virtual completo de la urbe en tercera dimensión (Figura 3), con todas sus vialidades principales. Así el mapa está constituido por 65,500 bloques entre manzanas y edificios significativos, y 2,200 km de vialidades en 3,400 tramos. El mapa para su construcción se dividió en 847 secciones de 6.25 km<sup>2</sup> cada una, de las cuales el software calculó 330, que corresponden al área urbanizada.

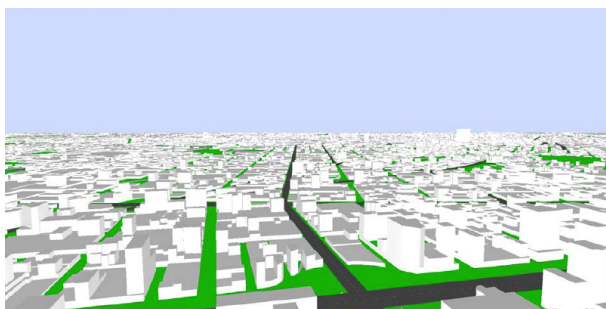


Fig. 3. Imagen del modelo en 3D de la metrópoli.

El cálculo fue posible gracias a la integración de 350 puntos de aforos vehiculares básicos, a partir de los cuales se interpolaron a un total de 3,400 aforos correspondientes con las secciones de vialidades que se modelaron para la construcción del mapa. En él se puede apreciar la intensidad de los colores que van del azul al verde, donde se observan zonas totalmente cubiertas por los niveles sonoros resultantes del impacto del ruido proveniente de las vialidades. La escala de colores va del verde claro, que es el de menor intensidad al azul índigo, el de mayor intensidad.

### **Procedimiento de construcción del mapa de ruido**

Para desarrollar el mapa de ruido aquí mostrado (Figura 4) el proceso se integró de las siguientes partes: la traza de manzanas y edificios, las vialidades, los puntos de aforo, los límites distritales y municipales, las secciones y el cálculo. La traza de manzanas y edificios se obtuvieron de información de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI), del Gobierno del Distrito Federal y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), consistente en mapas de la traza urbana por manzanas y lotes (Catastro), incluyendo datos de las alturas para cada lote, las cuales se resumieron en bloques, distinguiendo entre ellos los edificios cuya altura superara dos niveles o más de la altura promedio de la manzana. Así la traza urbana se erigió como el esqueleto del mapa.

Las vialidades se obtuvieron de mapas generados por la Secretaría de Transporte y Vialidad (SETRAVI), donde las mismas se clasificaron como sigue: vialidades principales, vialidades de acceso controlado y ejes viales, a los cuales se les asignó el límite de velocidad correspondiente. Se incluyeron además algunas calles secundarias, de las cuales se contaba con el aforo vehicular. Una parte fundamental para el trazo de las vialidades fue la investigación de los anchos y tipología de cada sección, así como los tipos de pavimento.

Los puntos de aforo obtenidos a través de SETRAVI, que corresponden en promedio a aforos vehiculares entre las 7:00 y las 18:00 hrs, es decir el periodo diurno, estaban compuestos por tablas de cálculo y diagramas representativos de los flujos vehiculares. Fue necesario hacer un análisis y una redistribución para obtener los datos de flujo vehicular diferenciándolos en vehículos ligeros y pesados, e interpolar la información de los 350 puntos de aforo a las 3,400 secciones en las cuales se dividieron las vialidades modeladas. En este caso el criterio que se siguió para la interpolación de los puntos de aforo, se basó en calcular la cantidad de tramos en las cuales se dividió la vialidad, tomando en cuenta diferencias no mayores a 500 vehículos por hora para cada tramo, correspondiente a diferencias no mayores a 3 dBA, es decir la mínima diferencia auditiva notable.



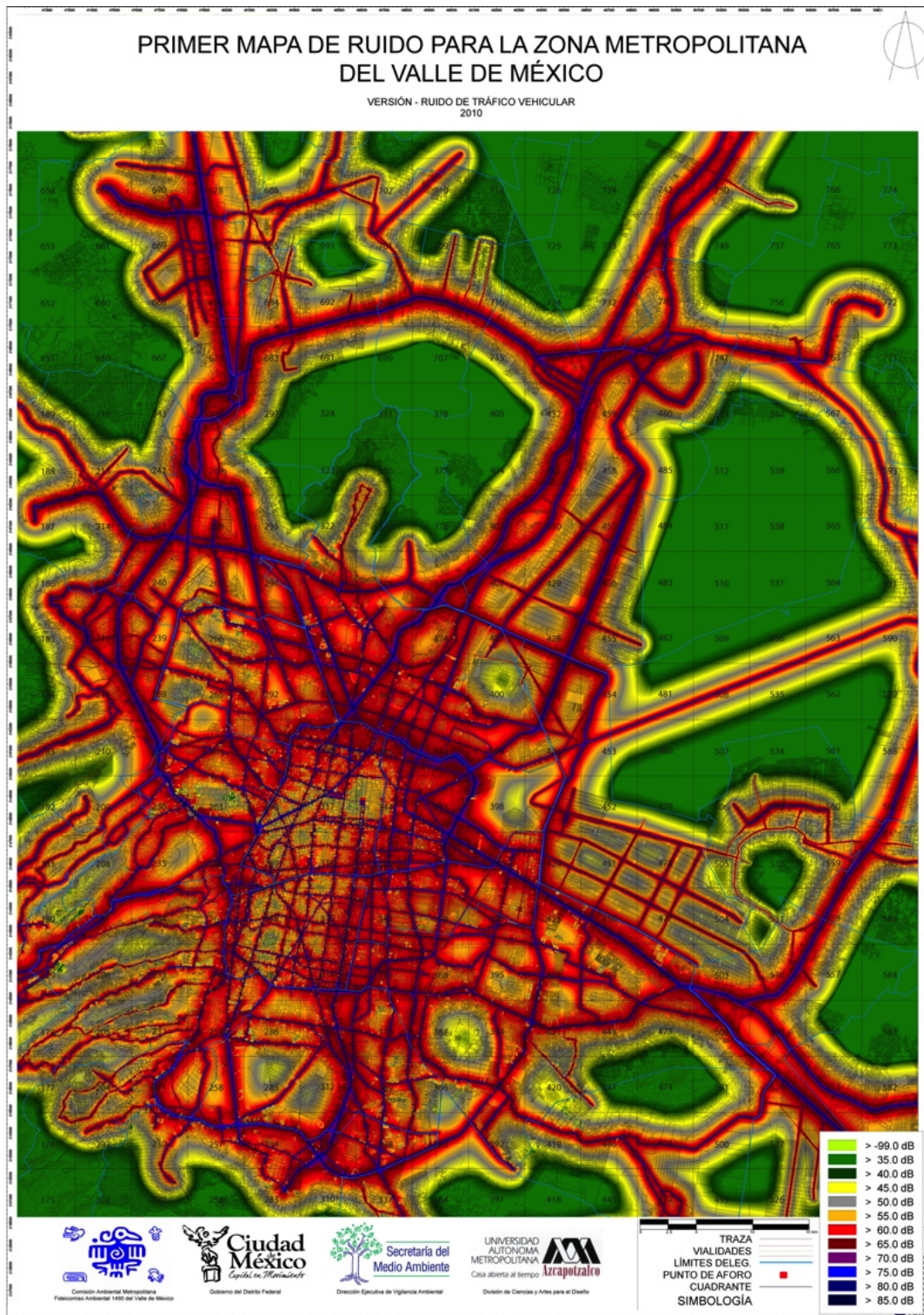


Fig. 4. Primer Mapa de Ruido para la MCMA.

Se incluyeron los límites distritales y municipales provenientes de la información de SEDUVI e INEGI. El mapa, como se ha indicado se divide en 847 secciones y el cálculo se realizó en las 330 secciones que corresponden al área urbanizada. La Figura 5, muestra la forma en que se desarrolló el trabajo por secciones. Cada sección representa  $6.25 \text{ km}^2$  lo que da un total de  $2,062.5 \text{ km}^2$  calculados.

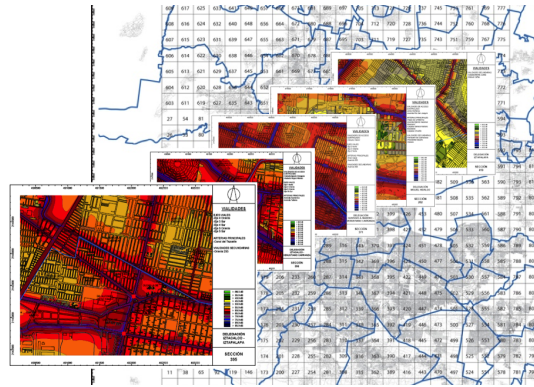


Figura 5. Ejemplo de secciones del mapa de ruido.

Para el cálculo se estableció una malla de receptores a cada 10 m para dar una mayor resolución a las áreas de niveles de ruido. Los resultados preliminares obtenidos a través del cálculo mediante el software especializado, y las variables integradas a las bases de datos del mismo, se validaron haciendo una selección de puntos en la ciudad para llevar a cabo mediciones en campo de los niveles sonoros continuos equivalentes, dentro del rango horario de los aforos vehiculares. El resultado de esta validación fue de una correlación muy cercana, lo que le confiere un grado de confianza importante al trabajo realizado.

### Lectura del Primer Mapa de Ruido para la MCMA

Para poder establecer un procedimiento de lectura que incluyera los resultados técnicos, pero a la vez un criterio de percepción aplicable a cualquier persona no especialista en el tema, fue necesario desarrollar una clasificación a partir de una agrupación de niveles sonoros en relación a una escala subjetiva de sensibilidad al ruido, basada en el documento desarrollado por WG-AEN [6].

La Tabla 1 muestra la correspondencia de los niveles de presión sonora y la clasificación en colores que se utilizan normalmente a nivel internacional y que representan los rangos obtenidos en el mapa de ruido. Así, es posible realizar la lectura del mapa de ruido general haciendo referencia a la simbología en colores con respecto a los niveles de ruido y determinar con ello el que existe en cada zona, así como el grado de afectación que este origina. Los cuatro rangos establecidos son: Aceptable hasta 54 dBA, Tolerable de 55 a 64 dBA, Molesto de 65 a 69 dBA e Inaceptable de 70 dBA en adelante.

		Lden	Lnight	Descripción
Aceptable		50-54 dBA	40-44 dBA	El ruido es aparentemente notorio pero generalmente no será considerado mayormente intrusivo en áreas urbanas. En áreas rurales puede considerarse intrusivo por las mayores expectativas de tranquilidad.
		55-59 dBA	45-49 dBA	Generalmente el ruido llega a ser intrusivo aún en ambientes urbanos.
Tolerable		60-64 dBA	50-54 dBA	Generalmente el ruido será considerado como alto, pero excepcionalmente no se considerará así en áreas urbanas.
		65-69 dBA	55-59 dBA	Generalmente los niveles de ruido parecen ser como altos aún en áreas urbanas.
Molesto		70-74 dBA	60-64 dBA	Generalmente el ruido será considerado como altamente indeseable.
		≥75 dBA	≥65 dBA	A medida que el ruido se incrementa los efectos adversos llegan a ser más significativos en términos de perturbación seria.

Tabla 1. Niveles de sensibilidad de ruido.

### ANÁLISIS DEL PRIMER MAPA DE RUIDO

Debido a que el ruido por tráfico vehicular es el principal generador de ruido en cualquier ciudad, aún más que la industria, el tráfico ferroviario y la aviación, es que este mapa refleja el

ruido de la fuente sonora con mayor presencia en el área. Una primera impresión enfoca nuestra atención en las zonas con mayor densidad de color oscuro, es decir, el azul, el violeta y el rojo, que son las zonas con altos niveles de ruido. En la parte central del mapa se puede observar la zona con mayor intensidad de ruido.

Se ha realizado un análisis en 168 secciones calculadas, dentro del área correspondiente al Distrito Federal y ello nos ha permitido hacer un primer acercamiento de las regiones con mayor impacto de ruido en la Ciudad de México lo cual se refleja en la Figura 6, donde es notorio que la concentración de secciones que van de Molesto a Inaceptable se ubican en su mayoría al centro del área urbanizada. Igualmente se observa que los distritos con mayor impacto de ruido son los de Cuauhtémoc y Venustiano Carranza, el primero es el distrito donde se ubica el centro de la Ciudad de México y el segundo es el distrito donde se ubica el aeropuerto, del cual todavía no se reflejan datos.

En general, en la Figura 6 se observa una desagregación mayor de niveles como se puede leer en la simbología y la mayor superficie corresponde al color rojo que es el rango que va de Tolerable a Molesto, es decir que cualquiera de estas secciones es potencialmente Molesta y en conjunto abarcan una gran extensión de territorio del Distrito Federal.

El mapa muestra aparentemente algunos oasis, donde zonas céntricas de la ciudad presentan niveles bajos de ruido, rodeados por áreas con mayores niveles de ruido. Esto es resultado de la existencia de vialidades donde la altura de los edificios adyacentes es mucho mayor en unas que en otras, por lo que en algunas zonas permea más el ruido que en otras.

El instrumento ofrece muchas posibilidades de análisis, que van de lo estrictamente técnico hasta lo cultural. Hay que considerar que los conceptos de paisaje sonoro, arte sonoro, así como los aspectos sociales, políticos y económicos son algunos de los escenarios posibles de análisis que pueden realizarse y que nos pueden dar una riqueza y una multidisciplinariedad importantes.

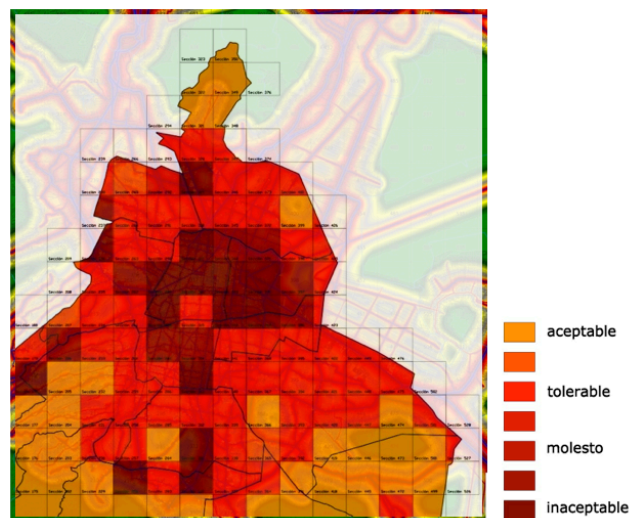


Figura 6. Mapa general de niveles de ruido del Distrito Federal.

## CONCLUSIONES

Se ha desarrollado el Primer Mapa de Ruido para la ZMVM, que se ha enfocado en esta primera versión al ruido por tráfico vehicular. El mapa se ha construido con base en los datos estadísticos proporcionados por las instancias gubernamentales relacionadas con el desarrollo urbano, el tránsito vehicular y la geografía y estadística. El mapa de ruido ha sido posible gracias al interés del Gobierno de la Ciudad en iniciar los estudios para enfrentar a este contaminante que afecta a la población, y a la vinculación que este gobierno ha hecho con la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, en donde a través del Laboratorio



de Análisis y Diseño Acústico (LADAc) ha sido posible desarrollar toda una metodología para la construcción de este instrumento.

El mapa de ruido permitirá el arranque y desarrollo de un programa amplio de planeación y evaluación, así como de acciones específicas para mitigar y en su caso conservar los sonidos que están presentes en la gran metrópoli que es la Ciudad de México. De esta forma se trata de una herramienta que permitirá conocer con el tiempo, de lo general al mayor detalle, los problemas de ruido y el ambiente sonoro de la gran urbe.

Este instrumento cartográfico evidencia por ahora los problemas de ruido por tráfico vehicular que se presentan en distintas zonas de la Ciudad de México, falta aún integrar nuevas variables como los datos de población, tránsito aéreo, las fuentes sonoras provenientes de la industria, así como otras para complementarlo y lograr de esta forma un documento integral.

Se ha planteado ya un programa para el estudio a mayor profundidad de cada una de las 16 delegaciones (distritos) del Distrito Federal y se ha iniciado con la Delegación Azcapotzalco, del cual se presentan ya algunos resultados dentro de TecniAcústica 2013. El Primer Mapa de Ruido para la ZMVM ayudará fundamentalmente a proteger a la población y mejorar la calidad de vida de los habitantes de esta metrópoli.

## REFERENCIAS

- [1] WHO, "Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe", WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2011.
- [2] SMA, "Norma ambiental para el Distrito Federal NADF-005-ambt-2006, que establece las condiciones de medición y los límites máximos permisibles de emisiones sonoras, que deberán cumplir los responsables de fuentes emisoras ubicadas en el Distrito Federal", Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, México, 2006.
- [3] CAM, "Programa para mejorar la calidad del aire ZMVM 2002-2010 – Capítulo 2", Comisión Ambiental Metropolitana, Ciudad de México, s.n., 2002.
- [4] INEGI, "Resultados definitivos del Censo de Población y Vivienda 2010", Instituto Nacional de Estadística e Informática, México, 2010.
- [5] SMA-GDF, "Inventario de Emisiones de Contaminantes. Criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México", Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, México, 2006.
- [6] WG-AEN, "Presenting Noise Mapping Information to the Public", A position Paper from the European Environment Agency Working Group on the Assessment of Exposure to Noise, 2008.