

Informe final del proyecto: **Investigación y evaluación del efecto de la contaminación por ruido en viviendas de México.**

PDCPN 2013/213883.

RESUMEN

El ruido (cualquier sonido indeseable) ambiental es un problema típico de los asentamientos humanos. Los impactos del ruido ambiental sobre la salud siguen siendo una preocupación cada vez mayor entre la población y los responsables del diseño de políticas de salud y convivencia. Expertos en salud pública coinciden en que los riesgos ambientales constituyen el 24% de las causas de enfermedades. Una amplia exposición al ruido ambiental del transporte por carretera, ferrocarril, aeropuertos y parques industriales contribuyen a esta situación. Por ejemplo, existe evidencia epidemiológica que indica que sujetos expuestos crónicamente a niveles altos de ruido ambiental incrementan su riesgo para contraer enfermedades cardiovasculares. Por lo tanto, la contaminación por ruido se considera no sólo una molestia medioambiental, sino también una amenaza para la salud pública.

La contaminación ambiental por ruido, a nivel mundial, está creciendo continuamente. Aun en los países más desarrollados, el nivel de ruido crece a razón entre 0.2 y 0.3 dB en malla de ponderación A por año. Este incremento se tiene a pesar que en estos países se han establecido estrictas medidas de regulación en la fabricación de autobuses, motocicletas y camiones logrando reducir, en promedio, 6, 9 y 12 dB en malla de ponderación A, respectivamente en 20 años. El nivel de ruido se ha incrementado, principalmente, por el aumento de vehículos circulando en una creciente red de calles y avenidas. Es decir, la contaminación ambiental por ruido crece pese a los esfuerzos tecnológicos por reducir el ruido en la fuente.

Identificación del problema nacional a atender e hipótesis de trabajo

La contaminación ambiental por ruido es, a menudo, mayor en los países en desarrollo debido a la deficiente planificación urbana y políticas de construcción de vivienda mal diseñadas.

En nuestro país, la estrategia contra la contaminación por ruido se ha enfocado en regular la emisión de ruido de una fuente fija (NOM-081-SEMARNAT-1994, pero se ha investigado muy poco sobre otros métodos de control ruido incluyendo el aislamiento acústico que deben ofrecer las viviendas. Por esta razón las medidas de regulación en la industria de la construcción son prácticamente inexistentes. Esto limita seriamente el margen de solución a la problemática de ruido que pueden ofrecer las instituciones gubernamentales y/o legislativas. La limitada investigación del aislamiento acústico de viviendas en México, y sus procedimientos de medición, contrasta fuertemente con las acciones que ha emprendido la comunidad internacional, donde existen normas y regulaciones estrictas de construcción, basadas en investigaciones formales.

El trabajo de investigación propuesto se orienta a estudiar el aislamiento acústico en viviendas (procedimientos de medición que incluyan frecuencias por debajo de 100 Hz y métodos de valoración del aislamiento acústico incluyendo bajas frecuencias), como una estrategia para reducir el efecto de la contaminación por ruido en la población. Este enfoque destaca que la protección contra el ruido, forma parte de los requisitos indispensables que toda vivienda moderna debe ofrecer. En acústica de edificaciones se utiliza el concepto de aislamiento acústico para definir la cantidad de protección contra el ruido que ofrece el recinto.

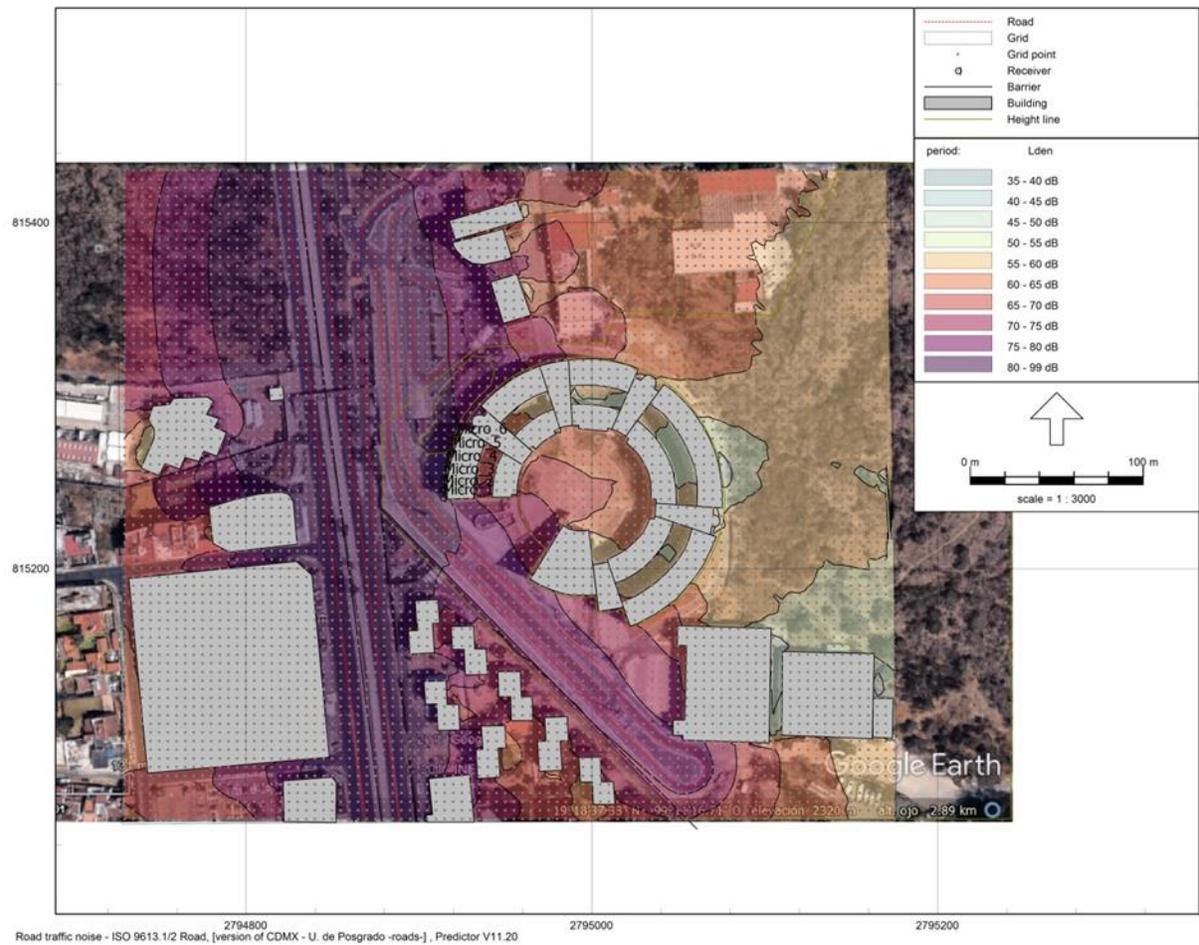
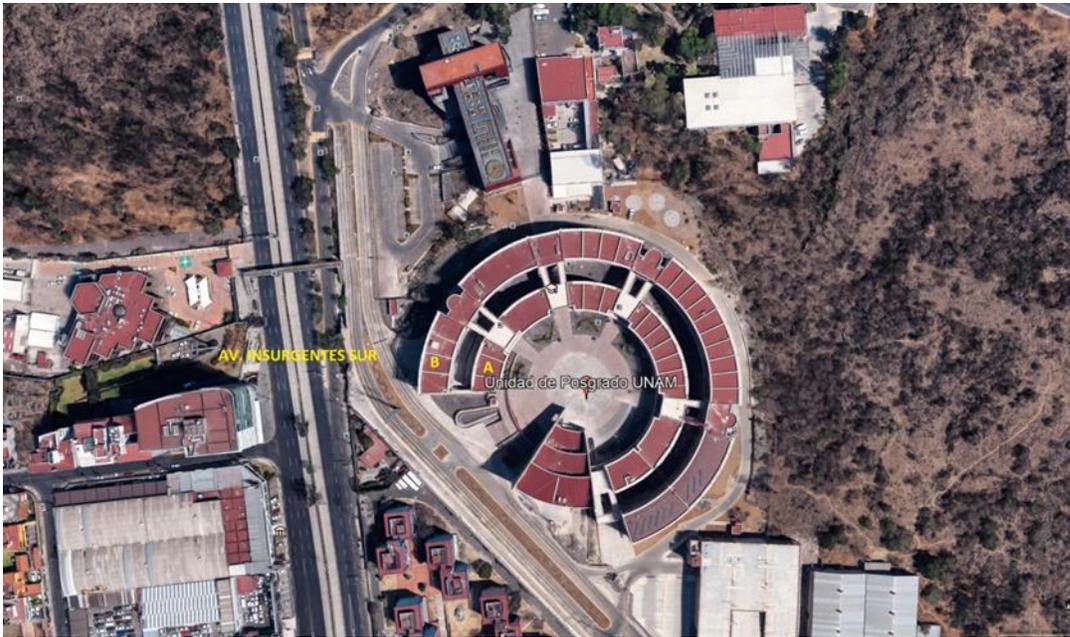
También se pretende emular otro de los resultados prácticos de las investigaciones realizados en la comunidad internacional; donde no solo se ha estimulado la creación de viviendas con mayor protección contra el ruido (mejorando la calidad de vida de grandes cantidades de población); sino que, adicionalmente, también se estimuló la investigación en nuevos materiales y métodos de manufactura de elementos de construcción. Instrumentar esta estrategia permitiría apoyar a

empresarios mexicanos que proyectan exportar sus productos a mercados internacionales, donde el aislamiento acústico es una propiedad que define la calidad del producto.

GRADO DE CUMPLIMIENTO

En el proyecto, hubo que replantear el tema de medición de ruido de tráfico debido que al realizar la medición en la ciudad de Querétaro, nos enfrentamos al problema de la inseguridad. Tuvimos que eliminar los horarios de monitoreo por la noche (a partir de que oscurecía); pero aun en los horarios diurnos teníamos que acudir en grupos de al menos 2 personas que tenían también la tarea de cuidar los equipos y vigilar quien se acercaba. Esto incremento la necesidad personal dedicado al monitoreo y el avance era muy lento. Esta situación empeoró en los ensayos que se hicieron en la ciudad de México y en Puebla.

La alternativa que encontramos fue abordar el problema con modelado computacional. Con esta herramienta se realizan mapas de ruido urbano en las grandes urbes. Esta estrategia ha sido instrumentada en varios países [1-3] y la Comunidad Europea la recomienda en sus guías de ruido urbano [4]. Esta alternativa de utilizar modelado, permite abordar problemas en 3 dimensiones (3D), facilitando el estudio del impacto del ruido urbano en edificaciones de varios pisos [5]. Para mostrar los resultados obtenidos con esta herramienta presentamos brevemente el caso el estudio del impacto, del ruido generado en la Av. Insurgentes sur, sobre los salones de clase del 3er nivel de la Unidad de Posgrado de la UNAM. Para más detalles ver el documento “Mapas de Ruido”.



U. de Posgrado -roads-
24 nov 2017, 18:00

Universidad Nacional Autónoma de México

Estudio de ruido urbano de la Unidad de Posgrado de la UNAM.

El avance logrado aun no cubre una ciudad completa, pero creemos estar en la ruta correcta. En estos momentos estamos validando el modelo y una vez realizado, planeamos aplicarlo a todo el campus de Ciudad Universitaria (UNAM), para luego hacerlo en Coyoacán, para ir incrementado el área a estudiar.

Con las mediciones de ruido que se realizaron en Querétaro, se obtuvieron datos de los niveles de ruido así como los espectros en el intervalo audible de frecuencias (20 Hz a 20 kHz). Durante 2016 se realizaron análisis de los resultados obtenidos los cuales se mostraron algunos en el artículo “Diseño de la medición de ruido en la ciudad de Querétaro” presentado en el Simposio de Metrología del 2016 realizado en Querétaro. En 2017 también se tuvo la colaboración del Dr. Hugo Gasca Aragón, especialista en estadística, quien realizó un análisis de las mediciones tomadas, los puntos considerados así como de los resultados obtenidos y nos compartió algunas de sus conclusiones en el Foro de Difusión presentado en CENAM en octubre de 2017.

Para mayores detalles de estos resultados consultar la siguiente página en internet

<http://www.cenam.mx/vya>

Para la parte de caracterización acústica de elementos de construcción para mejorar viviendas, seguimos trabajando con las siguientes Empresas Mexicanas dedicadas a la Construcción: Industrial Bloquera Mexicana S.A. de C.V. Panel Rey S. A.; Saint Gobain México; Metecno, México. Estas empresas ven conveniente realizar un catalogo de materiales con propiedades acústicas para la construcción y han aceptado que los datos de las caracterizaciones de sus materiales puedan publicarse. También han considerado participar en un esfuerzo para elaborar una norma de construcción que especifique características acústicas para los materiales. Se anexan varios documentos con los informes de caracterización para estas empresas (Bloquera [1].pdf, Bloquera [2].pdf, Bloquera [3].pdf, Informe Panel Rey M_911A.pdf, Informe Panel Rey M_86785.pdf, MEDICION DE ABSORCION SONORA.pdf).

También se elaboró un manual sobre Aislamiento Sonoro (Manual Aislamiento.pdf), para fabricantes y usuarios. La empresa Industrial Bloquera Mexicana S.A. de C.V, ha aceptado financiar y divulgar el contenido en diferentes foros (Carta Apoyo Manuel.pdf).

Para influir en la normatividad actual sobre contaminación por ruido, participamos activamente en el Comité Técnico Interno establecido por la SEMARNAT, para la modificación de la norma NOM-081 (SEMARNAT [1].pdf, SEMARNAT [2].pdf, SEMARNAT [3].pdf). También fuimos convocados por subcomité técnico de Protección Auditiva NMX-053-SCFI-2002, para participar en la elaboración de la nueva norma (NMX-053-SCFI.pdf). Los trabajos de medición se consignaron en un informe que se encuentra en etapa de revisión por parte del subcomité (Sub comité Protección Auditiva.pdf).

Se tuvo también la participación de varios estudiantes de licenciatura realizando sus estancias de prácticas profesionales, los cuales listamos brevemente:

- Omar Sánchez Tamayo, estudiante de Ingeniería mecatrónica del ITA, quien participó en el proyecto durante la fase de diseño de una “*tapping machine*”.
- Ma. Guadalupe Olvera Sierra, estudiante de Ingeniería en sistemas computacionales del ITQ, quien realizó el proyecto de página web para difusión del proyecto y sus resultados.

En otros entregables el proyecto de investigación cuyo título es: “Trabajo Experimental para la Medición de la Transmisión del Habla en un Recinto” que el estudiante de maestría Daniel Martínez Gutiérrez, presentó para obtener el grado de Maestro en Ingeniería, en la modalidad de examen general de conocimientos (Daniel Martinez Gutierrez.pdf).

Los trabajos de Antonio Bautista Kuri, estudiante de doctorado del posgrado de Arquitectura de la UNAM, con el tema de doctorado: “Arquitectura para zonas de alto nivel de ruido urbano”.

- 48 Congreso Español de Acústica y Encuentro Ibérico de Acústica: TECNIACÚSTICA 2017, Coruña España, a presentar el trabajo: “Evaluación Acústica de Aulas de Posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México”. (Artículo enviado TecniAcustica.pdf).
- Revista: APPLIED ACOUSTICS
Título: Acoustical evaluation of university classrooms of the National Autonomous University of Mexico.
Autores: Antonio J. Bautista-Kuri; Santiago J. Pérez-Ruiz; Felipe Orduña-Bustamante
Tipo de artículo: Research Paper
Estado: A enviarse

REPORTE

a) PRODUCTOS ACADÉMICOS Y/O DE DIVULGACIÓN:

Tres Informes para la empresa: Industrial Bloquera Mexicana S. A. de C.V. Este es un informe de las mediciones de Aislamiento Sonoro que se han venido haciendo para esta empresa, a fin de caracterizar sus materiales de construcción, con el objetivo final de ofrecer un producto que cumpla con ciertos requisitos de Aislamiento Sonoro y, posteriormente, establecer estos requisitos en una norma de construcción. Actualmente se está tramitando ante el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación A. C. (ONNCCE), una certificación para estos materiales.

Dos informes para la empresa: Panel_Rey, sobre un proyecto tecnológico que consiste en -desarrollar unos paneles tipo plafón-. Con los resultados de las mediciones se ha ido ajustando la formulación para tener las características acústicas de absorción deseadas. No se incluyen mediciones de aislamiento sonoro de estos mismos paneles debido a que el procedimiento de medición aún no está normalizado.

Tres documentos para la SEMARNAT que tienen el objetivo de aportar información bien fundamentada para realizar los cambios necesarios para la nueva versión de la norma NOM 081 SEMARNAT.

Un informe de medición sobre la medición de protectores auditivos, que es nuestra aportación para la nueva versión de la norma NMX-053-SCFI.

Una versión preliminar de un manual sobre Aislamiento Sonoro, que tiene la intención de difundir los aspectos técnicos de la evaluación acústica en torno al aislamiento sonoro. Este documento incluye una parte de guía en los procedimientos de diseño y de construcción, para lograr una edificación con una característica de aislamiento sonoro adecuada.

Informe preliminar de mediciones de Ruido de Tráfico en algunas zonas de la ciudad de Querétaro. Este informe detalla los avances de nuestro proyecto en este rubro.

Realización de una encuesta de percepción de problemas asociados al ruido urbano.

Tres trabajos presentados en el Simposio de Metrología 2016, realizado en la ciudad de Querétaro en las instalaciones del Centro Nacional de Metrología (CENAM), en el mes de septiembre.

Realización del Foro de Difusión de Resultados sobre el Proyecto de Investigación y Evaluación de la contaminación por Ruido en Viviendas de México, realizado el 4 de octubre de 2017 en las instalaciones del CENAM, Querétaro. Se puede encontrar una breve reseña en la página del CENAM en la siguiente liga: <https://www.gob.mx/cenam/prensa/foro-de-difusion-de-resultados-sobre-proyecto-de-investigacion-y-evaluacion-de-la-contaminacion-por-ruido-en-viviendas-de-mexico>

Desarrollo de página web del proyecto "Investigación y evaluación del efecto de la contaminación por ruido en viviendas de México (CCADET-CONACyT)". Se anexa liga: www.cenam.mx/vya.

- 48 Congreso Español de Acústica y Encuentro Ibérico de Acústica: TECNIACÚSTICA 2017, Coruña España, a presentar el trabajo: "Evaluación Acústica de Aulas de Posgrado de la Universidad Nacional Autónoma de México". (Artículo enviado TECNIACUSTICA.pdf).
- Revista: APPLIED ACOUSTICS
 Título: Acoustical evaluation of university classrooms of the National Autonomous University of Mexico. (Acoustical evaluation.pdf)
 Autores: Antonio Bautista-Kuri; Santiago J. Pérez-Ruiz; Felipe Orduña-Bustamante.
 Tipo de artículo: Research Paper
 Estado: A enviarse
- Revista: MEASUREMENT
 Ref: MEAS-D-17-01641
 Título: Experimental analysis of the sound field of a small enclosure, to measure the insulation sound and sound power of noise source, below its Schroeder frequency. (MEASUREMENT.pdf)

Autores: Adolfo Esquivel, M.D.; Santiago J Pérez-Ruiz, Ph. D.; Andrés E Pérez -Matsumoto, Ph.D.

Tipo de artículo: Research Paper

Estado: En revisión

b) FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS ESPECIALIZADOS

Tesis de Maestría de Ricardo A. Franco Pérez. Programa de Posgrado en Ingeniería Eléctrica (Opción Instrumentación), Facultad de Ingeniería, UNAM. El tema de esta tesis aborda el problema de estimar la absorción sonora dentro de recintos (viviendas, escuelas, etc.) en frecuencias por debajo de 100 Hz (entre 20 a 80 Hz, tercios de octava). Esta medición es necesaria en la medición de Aislamiento Sonoro (tesis Ricardo Franco.pdf).

Tesis de Maestría de Jesús Alejandro Onofre Jiménez. Programa de Posgrado en Ingeniería Eléctrica (Opción Instrumentación), Facultad de Ingeniería, UNAM. El tema de esta tesis consistió en desarrollar una sonda para explorar el campo sonoro mediante intensidad acústica. Esta herramienta nos permitirá desarrollar un método alternativo para medir el Aislamiento Sonoro (tesis Alejandro Onofre.pdf).

Tesis de Maestría de Diana Calixto López, Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura, Facultad de Arquitectura, UNAM. El tema de tesis es analizar la influencia de la contaminación por ruido, debida a al tráfico vehicular, en un recinto destinado a la enseñanza, Unidad de Posgrado de la UNAM (tesis Diana Calixto.pdf).

Tesis de Maestría Daniel Martínez Gutiérrez, Posgrado en Ingeniería Eléctrica (Opción de instrumentación). Facultad de Ingeniería UNAM. El tema de sus tesis es medir la inteligibilidad en salones de clase. La inteligibilidad se ve afectada por las

condiciones acústicas del recinto, principalmente ruido de fondo y reverberación excesiva (tesis Daniel Martinez.pdf).

Informe de Residencia Profesional. Rodolfo Omar Camacho Ledesma. Ingeniería en Mecatrónica, ITQ. Proyecto: Estudio del espectro en frecuencias generado por el ruido vehicular en Querétaro y la ciudad de México (Inf Rodolfo Camacho.pdf).

Informe de Residencia Profesional. Iván Augusto Alarcón Herrera. Ingeniería Electrónica, ITD. Proyecto: Mediciones del nivel de ruido y espectro en frecuencias generadas por flujo vehicular en Querétaro, equipo 2 (Inf Iván Alarcon.pdf).

Informe de Residencia Profesional. Omar Sánchez Tamayo. Ingeniería Mecatrónica, ITA. Proyecto: Diseño del sistema electrónico y evaluación de una *tapping machine*, maquina generadora de impactos (Inf Omar Sanchez.pdf).

Informe de Residencia Profesional. Ma. Guadalupe Olvera Sierra. Ingeniería en Sistemas Computacionales, ITQ. Proyecto: Desarrollo de página web del proyecto "Investigación y evaluación del efecto de la contaminación por ruido en viviendas de México (CCADET-CONACYT)". (Inf Ma Guadalupe Olvera.pdf).

c) PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS Y FOROS ACADEMICOS

Simposio de Metrología 2016, Querétaro, México, tres ponencias. (METROLOGIA 2016[1].pdf, METROLOGIA 2016[2].pdf, METROLOGIA 2016[3].pdf).

48 Congreso Español de Acústica, Coruña, España, una ponencia. (Articulo enviado a TECNIACUSTICA.pdf, Carta aceptación TECNIACUSTICA.pdf).

Foro de Difusión de Resultados sobre el Proyecto de Investigación y Evaluación de la contaminación por Ruido en Viviendas de México, realizado el 4 de octubre de

2017 en las instalaciones del CENAM, Querétaro.
<https://www.gob.mx/cenam/prensa/foro-de-difusion-de-resultados-sobre-proyecto-de-investigacion-y-evaluacion-de-la-contaminacion-por-ruido-en-viviendas-de-mexico>.

Participación en el Comité Técnico para la nueva versión de la norma NOM 081: SEMARNAT. Fecha probable de publicación: 11 diciembre de 2017. (Invitación SEMARNAT.pdf, SEMARNAT[1].pdf, SEMARNAT[2].pdf, SEMARNAT[3].pdf).

Participación en el Subcomité Técnico de Protección Auditiva para la nueva norma NMX-053-SCFI. Fecha probable de publicación: 19 de marzo de 2018.

CONCLUSIONES

Se llevó a cabo un estudio de ruido en la ciudad de Querétaro, considerando variables tales como: tipo de uso de lugar, horario y días de la semana, interiores y exteriores. Se realizaron diferentes análisis de la información recolectada.

Se desarrolló la metodología para realizar mapas de ruido, basándose en modelos computacionales. Esta técnica permite realizar estudios de ruido urbano, sin necesidad de establecer estaciones de monitoreo, ni realizar mediciones directamente, por lo que son más económicas, escalables y pueden programarse más consistentemente. Además, existe la posibilidad de tener estimaciones 3D y, así, pueden estudiarse los efectos de la contaminación por ruido en edificaciones de varios pisos. Este es un resultado a destacar porque se da respuesta a los intentos, hasta ahora fallidos, de tener en México estudios de ruido urbano sistemáticos y actualizados.

Se realizaron estudios y análisis del campo acústico en recintos pequeños y a bajas frecuencias.

Se desarrollaron instrumentaciones y métodos para medición de aislamiento acústico (impacto y aéreo) en campo y laboratorio.

Se realizaron estudios sobre la inteligibilidad de la palabra en recintos escolares; para estudiar el efecto del ruido urbano en estos recintos. Este tema es de especial relevancia debido al impacto que tiene en el proceso enseñanza-aprendizaje, en los distintos niveles escolares (enseñanza básica, media y superior).

Se establecieron relaciones de colaboración con varias empresas del ramo de la construcción, para caracterizar acústicamente algunos elementos de construcción. De tal modo que pronto estaremos en condiciones de publicar tablas con los datos acústicos de muros, paneles, plafones y otros elementos empleando en la industria de la construcción.

Se desarrollaron diferentes alternativas para dar a conocer y difundir los resultados del proyecto.

Se desarrolló información, tanto a nivel científico como a nivel divulgación (lenguaje ciudadano) para acercar los resultados del proyecto a más gente.

Se contribuyó a la formación de capital intelectual especializado en el área.

TRABAJO A FUTURO:

Estudio exhaustivo de la NOM-081-SEMARNAT para validar, o en su caso elaborar una propuesta de mejora.

Seguir trabajando en bajas frecuencias y su efecto en la calidad acústica de las viviendas. Desarrollar métodos de medición para ambas. Desarrollo y publicación de una guía técnica de aislamiento acústico para viviendas nuevas, buscando que contribuya a la normatividad de México.

Investigación y desarrollo de nuevos materiales acústicos. Estudio del vacío como material acústico aislante.

Realización de mayor análisis de las mediciones de ruido en Querétaro. Buscando validar las simulaciones de ruido ambiental en grandes urbes de México.

REFERENCIAS

- [1] H.C. Borst, H.M.E. Midema: Comparison of Noise Impact Indicators, Calculated on the Basis of Noise Maps of DENL, ACTA ACOUSTICA Vol. 91, p. 378 –385, 2005
- [2] C. Asensio, M. Recuero, M. Ruiz. Editorial Noise mapping, Applied Acoustics 72, 477–478, 2011.
- [3] S.W. Lee, S-I Chang, Y.M. Park. Utilizing noise mapping for environmental impact assessment in a downtown development area of Seoul, Korea. Applied Acoustics 69 704–714, 2008
- [4] Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise.
- [5] M. V. Manfrin de Oliveira F., P. H. Trombetta Zannin, Methodology for assessing the sound insulation of the façade of a multiple floor building. Noise Control Engr. J. 63 (2), March-April 2015.