



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

## ESTUDIO DEL DESPLIEGUE DE DISPOSITIVOS IoT ACÚSTICOS PARA EL ANÁLISIS DEL RUIDO EN ENTORNOS EDUCATIVOS

PACS: 43.50.Yw, 43.50.Lj, 43.50.Rq, 43.50.Qp.

Montoya Belmonte, José<sup>1</sup>; Segura García, Jaume<sup>2</sup>; Navarro Ruiz, Juan Miguel<sup>1</sup>

1- Escuela Politécnica Superior, Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM)  
Avda. de los Jerónimos, s/n, 30.107 Guadalupe (Murcia), España.

2-Computer Science Department, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria, Universitat de València, 46100 Burjassot, Valencia, España.

jmontoya3@alu.ucam.edu, jaume.segura@uv.es, jmnavarro@ucam.edu.

**Palabras Clave:** Internet de las cosas IoT, Noise Mapping, Kriging, Universidad, WASN, molestia

### ABSTRACT

IoT technology has permitted to monitor and analyze noise pollution in urban environments, allowing the rapid deployment of many acoustic nodes and data capture in a continuous way and long length. Facilities dedicated to education, such as university campus, have become small cities with the same needs. This paper describes a methodology for the deployment of acoustic IoT devices, particularized in the example of an educational environment. The different phases to be performed are presented and a proposal is analyzed for a real case of the Jerónimos campus of Universidad Católica San Antonio de Murcia.

### RESUMEN

La tecnología IoT ha permitido avanzar en la monitorización y el análisis de la contaminación acústica en entornos urbanos permitiendo el despliegue rápido de muchos nodos acústicos y la captación de datos de manera continua y de larga duración. Los recintos dedicados a la educación, como los campus universitarios, se han convertido en pequeñas ciudades con las mismas necesidades. En este trabajo se describe una metodología para el despliegue de dispositivos IoT acústicos, particularizada en el ejemplo de un entorno educativo. Se presentan las diferentes fases a realizar y se analiza una propuesta para un caso real del campus de los Jerónimos de la Universidad Católica San Antonio de Murcia



**FIA 2018**

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre**

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las ciudades durante las últimas décadas, ha proporcionado una exposición importante a una mezcla compleja de contaminantes medio ambientales [1]. Uno de ellos es la contaminación acústica, que representa un grave problema en los entornos sociales, principalmente en las grandes ciudades.

En estos últimos años, la creación de ciudades inteligentes, mediante el uso de tecnología de internet de las cosas (IoT) [2], está aumentando, lo que proporciona una nueva herramienta para la gestión y evaluación de la contaminación acústica.

El ruido afecta al comportamiento humano, a la productividad de sus actividades, a la salud, al sistema cognitivo, produce daños en el sistema auditivo, por tanto, un agente que produce molestia.

Europa, se han marcado combatirlo a través de la Directiva Europea 2002/49/CE para ciudades con más de 100.000 habitantes [3], donde muchos países han establecido una serie de guías y regulaciones en materia acústica para mitigar los efectos de la contaminación acústica, a través del END (European Noise Directive) encargada de la evaluación del ruido ambiental con el fin evitar, prevenir o reducir los efectos peligrosos del ruido, incluyendo la molestia [3]. Dando lugar a la creación de planes de acción y mapas estratégicos del ruido.

La mayor parte de los estudios de contaminación acústica están focalizados en la molestia generada por el ruido en los entornos urbanos [1,4] y sus consecuencias en la calidad de vida y salud tanto física como psíquica. Sin embargo, hay diferentes entornos urbanos en los que no se han hecho estudios con mucha profundidad, uno de ellos son los espacios educativos como puede ser una universidad, que son pequeños núcleos urbanos con las mismas necesidades.

Según Tristán Hernández et al [5], existen diferentes fuentes sonoras generadoras de ruido, destacando principalmente el creado por los propios estudiantes en sus actividades cotidianas en la universidad, junto con la existencia de zonas con un tratamiento acústico inexistente son como salas comunes y pasillos.

Diferentes investigaciones se han desarrollado en entornos universitarios o similares como son acústica en las aulas [5,6], aislamiento de las mismas, molestia en departamento [7], en el propio campus de la universidad [8].

La mayoría de mediciones de ruido han sido realizadas con un sonómetro [9], sin embargo, esta técnica tiene muchos inconvenientes. Por un lado, únicamente son captados y analizados los valores locales dentro de la red analizada, y por otro lado, es un proceso costoso debido al equipo de medición y los costes de personal. Recientemente se han desarrollado dispositivos pequeños y autónomos, para la realización de monitorizaciones con una alta calidad y de bajo coste [10]. Las redes de nodos de sensores inalámbricos de bajo coste que se encuentran desplegados en el área de interés a analizar, se encargan de monitorizar de manera continua, recopilando valores acústicos durante largos períodos de tiempo.

La tónica habitual en los estudios que se han realizado, tiene por objeto el cálculo de parámetros objetivos, como la evaluación del nivel de presión acústica equivalente [5]. Sin embargo, existen otra serie de investigaciones que demuestran que la evaluación de los parámetros psicoacústicos, como el volumen (loudness) y la nitidez (sharpness), se ajusta mejor a la valoración de la molestia subjetiva del ruido [5,7].

La evaluación de la contaminación acústica en ciudades, es estudiada por medio de métodos de medición directa o mapeo, a través de estaciones fijas [7] o móviles [11], pudiendo estar formado por uno o varios nodos de estudio. Los dispositivos conectados IoT también se están empezando a utilizar para la creación de mapas de ruido en tiempo real y dinámicos [12].

La mayoría de los mapas creados presenta como valor principal Lden(índice de ruido día-tarde-noche) utilizado para determinar la molestia vinculada a la exposición al ruido, sin embargo, el nivel sonoro presenta una dinámica temporal que juega un papel importante en la molestia [13].

El objetivo principal de este estudio, es proporcionar una metodología para planificar y desplegar una red de sensores acústicos para la monitorización de un entorno acústico particularizándolo para áreas de educación superior. Se pretende recopilar unas recomendaciones generales para el diseño de redes de monitorización acústica de larga duración en el tiempo y enunciar unas recomendaciones específicas para el ámbito de las redes de sensores acústicos.

## METODOLOGÍA

En este proyecto se propone una serie de etapas para diseñar la monitorización de un entorno acústico. Para ello, se seguirán unos pasos similares al diseñado en [14] creados para la planificación urbana.

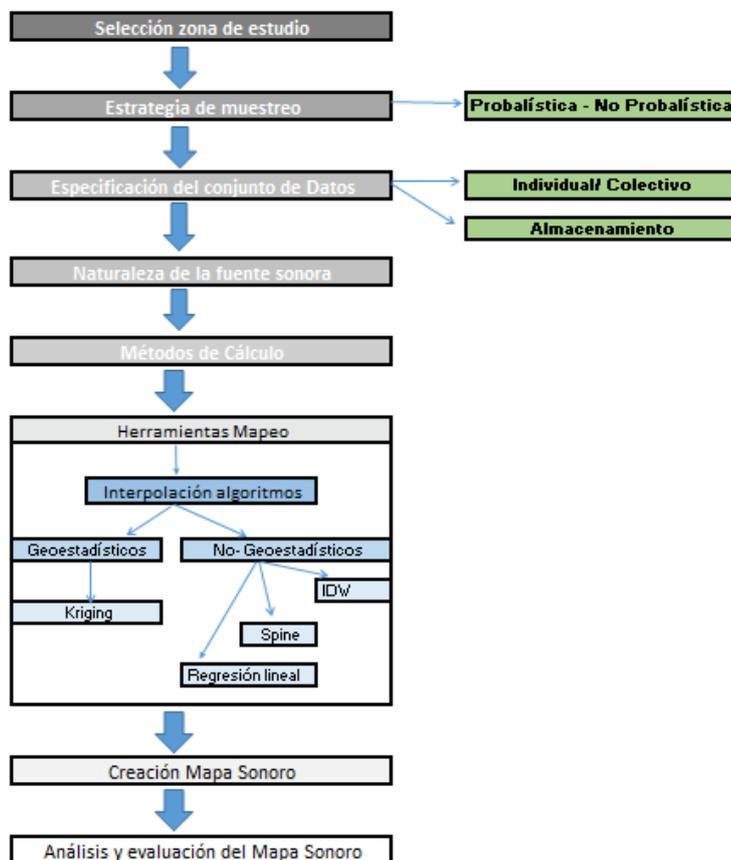


Figura 1. Etapas para la mapeo de una monitorización



**FIA 2018**

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18- 24 al 26 de octubre**

### **Selección zona de estudio**

En primer lugar se define el área o áreas a monitorizar, para su posterior mapeo. Normalmente son zona de gran aglomeración, carreteras de gran tránsito, aeropuertos...

### **Estrategia de muestreo**

Los métodos de muestreo se pueden considerar probabilístico (aleatorio, sistemático...) y no probabilístico. Dentro de los probabilísticos el sistemático va estar limitado por la distancia mínima entre los nodos, pero con mayor precisión que el aleatorio, por el contrario en el aleatorio se representa mejor la variabilidad [15].

### **Recopilación de datos**

La recopilación de dato depende dos factores:

- 1- El momento de selección de los puntos de medición. El punto o los puntos de referencia a analizar son elegidos previamente [16] o varían durante el proceso [17].
- 2- El número de nodos: un único nodo [16], o un grupo de nodos [7].

En la recopilación de los datos de medición, cada nodo puede ser independiente [7], o bien con la creación de una red de nodos interconectados, siendo al menos un nodo (sink) la puerta de enlace con la conexión externa, es decir, cada nodo está en un punto realizando sus mediciones y enviando datos a un nodo coordinador (sink) [18].

Los valores de sonido recopilados se almacenan en las memorias internas de los dispositivos, o bien, debido a su conectividad a internet serán almacenados en la nube.

Otras características a tener en cuenta en los nodos a la hora de monitorizar es, determinar si los dispositivos son estaciones fijas o móviles. Diferentes dispositivos móviles se han usado en la literatura como son: teléfonos móviles [19], micrófonos acoplados a un vehículo [20], dispositivo incorporado en una bicicleta [21], un desplazamiento a pie [13] o en el interior de un vehículo [22].

El R. D. 1513/2005 [23] indica que la ubicación del punto o puntos de medición para la realización de cálculos, han estar a  $4,0 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$  (3,8 m-4,2 m) de altura sobre el nivel del suelo en la fachada más expuesta, es decir, aquella más próxima a la fuente sonora, mientras que si es para la realización de mediciones, no deberán ser inferiores a 1,5 m sobre el nivel del suelo. Mientras que para la planificación acústica y la determinación de zonas ruidosas, podrán elegirse otras alturas, si bien éstas nunca deberán ser inferiores a 1,5 m sobre el nivel del suelo.

Por otro lado, la norma ISO 1996-2:2007 [24] no hace referencia explícita de la distancia necesaria respecto a la fachada y con respecto a la fuente sonora, ni a la altura a la que debe colocarse. Lo único que identifica esta norma ISO, es la necesidad de realizar determinadas correcciones en función de la distancia a la que se sitúe dicho medidor [25]. Si el medidor está colocado en la superficie reflectante, es decir, a 0 m de la fachada, se aplica una corrección de -6 dBA y, en caso de entre 0,5 m y 2 m, la corrección es de -3 dBA. Por otro lado el R.D. 1367/2007 [26] establece que la distancia a la fachada debe de ser, al menos de 1,2 m.



**FIA 2018**

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre**

## **Métodos de cálculos**

En la literatura actual, existen diferentes tipos de modelos para la predicción y creación de mapas de ruido, principalmente a tráfico urbano, donde la directiva europea [27], deja total libertad para la elección del método usado, teniendo como inconveniente principal, la necesidad de tener datos a priori, junto con dispositivos de adquisición de datos costosos. De ahí que actualmente cada vez más se usen los dispositivos WASN (Red de sensores acústicos inalámbrico) para la monitorización [7,28].

Algunos de estos métodos son: el método de mallado (grid) [29], que consiste en la superposición de mallas a lo largo de la zona de estudio con un tamaño de malla regular. La metodología de soundwalking [17], o paseo de la gente, donde es la propia persona que camina la que examinan y experimentan el ambiente sonoro.

## **Herramientas de Mapeo**

Los niveles de ruido obtenidos por los dispositivos son promedios ponderados en el tiempo de la presión acústica, calculados sobre intervalos de tiempo variables.

Siendo necesario la sincronización de todos los nodos para un adecuado procesamiento y su posterior visualización. Al realizar una monitorización se obtiene una gran cantidad de datos, por ello, la selección de una plataforma adecuada es importante. El sistema de información es la representación estadística de datos de ruido, una herramienta para crear mapeo de ruido son las geo-estadísticas, que proporciona un conjunto de técnicas estadísticas específicamente diseñadas para problemas espaciales.

La geoestadística es el nombre genérico de una familia de técnicas que se utilizan para mapear superficies a partir de datos de muestra limitados y la estimación de valores en ubicaciones no muestreadas.. La técnica básica "kriging ordinario" usa un promedio ponderado de muestras vecinas para estimar el valor "desconocido" en una ubicación determinada. Los pesos se optimizan utilizando el modelo de semivariograma, la ubicación de las muestras y todas las interrelaciones relevantes entre valores conocidos y desconocidos. La técnica también proporciona un "error estándar" que se puede usar para cuantificar los niveles de confianza [30-31].

Otro sistema de interpolación es IDW( Inverse Distance Weighted) [21], donde estima el nivel sonoro en cada punto como una media del nivel sonoro en una muestra fija de valores. IDW es una interpolación determinista simple e intuitivamétodo basado en el principio de que los valores de muestra más cercanos a la ubicación de predicción, tienen más influencia en valor de predicción que los valores de muestra más separados [7].Otro de los posibles métodos a utilizar,sería la regresión lineal, muy utilizada para estimar los diferentes parámetros acústicos [32].

## **Creación de mapas**

Las recientes innovaciones tecnológicas, permiten la realización de monitorizaciones dinámicas en tiempo real, gracias a sistemas como el Global Positioning Systems (GPS). Estas monitorizaciones dinámicas permiten la creación de mapas dinámicos, debido a la conectividad a internet que hace una gestión del ruido más proactiva, creando mapas dinámicos que permitan evaluación, planificación y actuación ante situaciones de riesgo acústico [12].

Los mapas dinámicos permiten mejorar los mapas de ruido locales y complementar resultados de monitoreo de ruido.Su representación se realizará gracias a softwares GIS,por ejemplo Arcgis, o bien un software de predicción acústica (Soundplanner).

## Análisis y Evaluación del Mapa sonoro

Por último, será el análisis y evaluación de los datos obtenidos en el mapa sonoro. La evaluación de los resultados de interpolación, junto con el rendimiento del modelo en lugares desconocidos, se realizará con la validación o proceso de validación cruzada. "cross-validation process" [7]. Ambos procesos funcionan bajo el mismo concepto de forma consecutiva eliminar uno o más puntos de datos y predecir los valores respectivos usando las entradas de los datos restantes.

Adicionalmente para un mejor análisis, es aconsejable la realización de encuestas para conocer la opinión de los que conviven en la zona de estudio.

### CASO DE ESTUDIO: UNIVERSIDAD CATÓLICA SAN ANTONIO MURCIA.

La universidad está compuesta por distintas y muy diversas instalaciones, desde comedores, biblioteca, aulas, despachos, laboratorios, el campus( zona exterior)..., teniendo esta universidad como particularidad, un templo de la primera mitad del siglo XVIII. Cada uno de estos espacios tiene unas características particulares, principalmente por la fuente sonora principal de ruido, en las aulas serán los propios alumnos, pero en reprografía serán las máquinas fotocopadoras. En el entorno de la universidad conviven alrededor de 20.000 personas entre alumnos, personal docente, administrativos y el resto de los trabajadores.

El objetivo de este proyecto es monitorizar y evaluar las condiciones acústicas a las que encuentra la comunidad universitaria siguiendo los pasos marcados anteriormente, pero no solo en valores objetivos, sino además en valores subjetivos, y así conocer el grado de molestia.

Siguiendo el esquema marcado en la figura 1, en primer lugar será la zona de selección de estudio, en este caso las diferentes instalaciones de la universidad, tanto interiores como exteriores aulas, la cafetería, el departamento de telecomunicaciones, la zona exterior de pérgolas...



**Figura 2.** a) Campus b) Zona exterior pérgolas. Fuente: <http://www.tour.ucam.edu/gallery>

La estrategia de muestro a realizar será probabilística, de manera aleatoria, ya que será realizar una monitorización de larga duración. En el caso de una clase nos encontramos que la fuentes sonoras externas(entorno de la universidad) e internas de distinta naturaleza como pueden ser naturales (movimiento de sillas, suelas de los zapatos,el propio edificio...), antropológicas (los alumnos al hablar, profesor al dar la lección...) y tecnológicas(aire acondicionado, proyector...) [33].

La monitorización se realizará a través de dispositivos WASN [7,10,16], los cuales serán estaciones fijas y cuyo número de dispositivos varía en función de la zona de estudio. Todos los nodos estaban conectados a la red de Internet de la propia universidad, pudiendo

## FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

transmitir los datos en tiempo real y ser consultados cada nodo independientemente, ya se vinculará cada uno, a un canal diferente en la plataforma ThingSpeak.

En este estudio, el uso de un mallado igualmente distribuido de unos 25 metros, permite una mejor determinación de la media para la distribución estadística subyacente de los datos muestreados obtenidos en los puntos de medición. El uso de la interpolación geoestadística Kriging, es aplicable, ya que el valor medio de la distribución medida será conocido. Además las medidas en tiempo real son complementadas con un software/ algoritmo de predicción sonora que permiten aumentar la resolución espacial.

El siguiente paso es la creación de un mapa sonoro, para ello se procederá a crear un interfaz web que permita incluir mapas (ya sea de google o de microsoft) y a través de las APIs se realizarán las actualizaciones dinámicas. Por último será la evaluación y validación de los datos obtenidos, con el fin de conocer mejor la posible existencia de zonas críticas en materia acústica, donde se realizarán encuestas en las propias instalaciones, junto con la grabación de sonidos ambientes que posteriormente serán procesados en el laboratorio de acústicas y evaluados posteriormente también mediante encuestas.

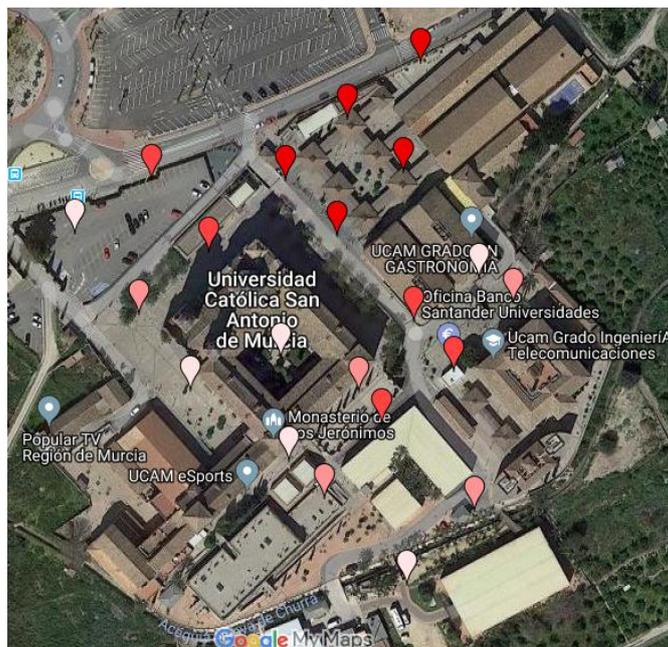


Figura3: Ubicación de los WASN

## CONCLUSIONES

En este estudio se describe una metodología para planificar y desplegar una red de sensores acústicos para la monitorización de un entorno de educación superior. Se pretende recopilar unas recomendaciones generales para el diseño de redes de monitorización acústica de larga duración en el tiempo. En estudios posteriores, este trabajo será ampliado con la realización de mediciones, así como la utilización de herramientas como encuestas y simulaciones virtuales, con el fin de obtener conclusiones que ayuden a mejorar el confort en la universidad.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Tang, U. & Wang, Z.(2007). Influences of urban forms on traffic-induced noise and air pollution: Results from a modelling system. *Environmental Modelling & Software*,22(12):1750-1764.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre

2. Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of Things for Smart Cities. IEEE Internet Of Things Journal, 1(1), 22-32.
3. Directive of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. Off. J. Eur. Communities 2002, L189, 12–25.
4. Adams, M. D., Davies, W. J., & Bruce, N. S. (2009). Soundscapes: an urban planning process map.
5. Tristán Hernández, E., Pavón García, I., López Navarro, J.M., Campos-Cantón, I., Kolosovas-Machuca, E.S. (2018). Evaluation of psychoacoustic annoyance and perception of noise annoyance inside University facilities. International Journal of Acoustic & Vibration 23(1).
6. Hodgson, M., & Nosal, E. M. (2002). Effect of noise and occupancy on optimal reverberation times for speech intelligibility in classrooms. The Journal of the Acoustical Society of America, 111(2), 931-939.
7. Segura-Garcia, J., Navarro-Ruiz, J.M., Perez-Solano, J., Montoya-Belmonte, J., Felici-Castell, S., Cobos, M. & Torres-Aranda, A.M.(2018). Spatio-Temporal Analysis of Urban Acoustic Environments with Binaural Psycho-Acoustical Considerations for IoT-Based Applications. Sensors.18(3):690.
8. Toutouh, J., Arellano-Verdejo, J., & Alba-Torres, E. (2017). Enabling Low Cost Smart Road Traffic Sensing.
9. Barrigón Morillas, J. M., Gómez Escobar, V., Fondón Javato, M. C., Sáenz Caballero, E., Rey Gozalo, G., Carmona del Río, F. J., Vílchez-Gómez, R. & Méndez Sierra, J. A. (2009). La medida del ruido en las calles, efectos de la situación del equipo de medida. In Actas del 40º Congreso Nacional de Acústica. Encuentro Ibérico de Acústica.
10. Noriega-Linares, J. E., & Navarro Ruiz, J. M. (2016). On the Application of the Raspberry Pi as an Advanced Acoustic Sensor Network for Noise Monitoring. Electronics, 5(4), 74.
11. Zannin, P., Ferreira, A., & Szeremetta, B. (2006). Evaluation of Noise Pollution in Urban Parks. Environmental Monitoring And Assessment, 118(1-3), 423-433.
12. Stapefeldt, H., & Manvell, D. (2011, July). Using dynamic noise mapping for pro-active environment noise management. In INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings (Vol. 2011, No. 2, pp. 4548-4556). Institute of Noise Control Engineering.
13. Can, A., Aumond, P., De Coensel, B., Ribeiro, C., Botteldooren, D., & Lavandier, C. (2018). Probabilistic Modelling of the Temporal Variability of Urban Sound Levels. Acta Acustica united with Acustica, 104(1), 94-105.
14. Margaritis, E., & Kang, J. (2017). Soundscape mapping in environmental noise management and urban planning: case studies in two UK cities. Noise Mapping, 4(1), 87-103.
15. Brown, A. L., & Lam, K. C. (1987). Urban noise surveys. Applied acoustics= Acoustique appliqué = Angewandte Akustik, 20(1), 23-39.
16. Navarro-Ruiz, J. M., & Noguera-Linares, J. E. (2017). Análisis temporal de larga duración de la molestia del ruido en una ciudad mediante un sensor acústico binaural. In Tecniacústica 2017: 48º Congreso Español de Acústica; Encuentro Ibérico de Acústica; European Symposium on Underwater Acoustics Applications; European Symposium on Sustainable Building Acoustics: A Coruña 3-6 Octubre 2017 (pp. 548-556). Sociedad Española de Acústica.
17. Adams, M. D., Bruce, N. S., Davies, W. J., Cain, R., Jennings, P., Carlyle, A., ... & Plack, C. (2008). Soundwalking as a methodology for understanding soundscapes.
18. Di Francesco, M., Das, S. K., & Anastasi, G. (2011). Data collection in wireless sensor networks with mobile elements: A survey. ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN), 8(1), 7.
19. Santini, S., Ostermaier, B., & Adelman, R. (2009, June). On the use of sensor nodes and mobile phones for the assessment of noise pollution levels in urban environments. In Networked Sensing Systems (INSS), 2009 Sixth International Conference on (pp. 1-8). IEEE., [Maisonneuve, N., Stevens, M., & Ochab, B. (2010). Participatory noise pollution monitoring using mobile phones. Information Polity, 15(1, 2), 51-71.
20. Bennett, G., King, E. A., Curn, J., Cahill, V., Bustamante, F., & Rice, H. J. (2010, September). Environmental noise mapping using measurements in transit. In Proceedings of ISMA.
21. Can, A., Dekoninck, L., & Botteldooren, D. (2014). Measurement network for urban noise assessment: Comparison of mobile measurements and spatial interpolation approaches. Applied Acoustics, 83, 32-39.
22. Montoya-Belmonte, J., Noriega-Linares, J. E. N., & Navarro- Ruiz, J. M. (2017). Análisis preliminar de la molestia acústica recibida por los ciudadanos en sus desplazamientos in-itinere en vehículo. In Tecniacústica 2017: 48º Congreso Español de Acústica; Encuentro Ibérico de Acústica; European Symposium on Underwater Acoustics Applications; European Symposium on Sustainable Building Acoustics: A Coruña 3-6 Octubre 2017 (pp. 539-547). Sociedad Española de Acústica.
23. de España, G. (2005). de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.. BOE nº 301 (2005) de 17/12/2005.
24. ISO 1996-2. Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 2: Determination of environmental noise levels. International Organization for Standardization, Switzerland, 2007.



**FIA 2018**

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-  
24 al 26 de octubre**

25. Barrigón Morillas, J. M., Gómez Escobar, V., Fondón Javato, M. C., Sáenz Caballero, E., Rey Gozalo, G., Carmona del Río, F. J., Vílchez-Gómez, R. & Méndez Sierra, J. A. (2009). La medida del ruido en las calles, efectos de la situación del equipo de medida. In Actas del 40º Congreso Nacional de Acústica. Encuentro Ibérico de Acústica.
26. de España, G. (2007). Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. BOE nº 254. de 23/10/2007.
27. AG, A. (2006). European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise. Position Paper (Final Draft) Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, Version, 2, 129.
28. Segura Garcia, J., Pérez Solano, J. J., Cobos Serrano, M., Navarro Camba, E. A., Felici Castell, S., Soriano Asensi, A., & Montes Suay, F. (2016). Spatial statistical analysis of urban noise data from a WASN gathered by an IoT system: Application to a small city. Applied Sciences, 6(12), 380.
29. Gómez-Escobar, V., Borrighon-Morillas, J. M., Rey-Gozalo, G., Vílchez-Gómez, R., Del Río, J. C., & Méndez Sierra, J. A. (2012). Analysis of the grid sampling method for noise mapping. Archives of Acoustics, 37(4), 499-514.
30. Negreiros, J., Painho, M., Aguilar, F., & Aguilar, M. (2010). Geographical information systems principles of ordinary kriging interpolator. J. Appl. Sci, 10, 852-867.
31. Oloruntoba, E. O., Ademola, R. A., Sridhar, M. K. C., Agbola, S. A., Omokhodion, F. O., Ana, G. R. E. E., & Alabi, R. T. (2012). Urban Environmental Noise Pollution and Perceived Health Effects in Ibadan, Nigeria. African Journal of Biomedical Research, 15(2), 77-84.
32. Can, A., Dekoninck, L., Rademaker, M., Van Renterghem, T., De Baets, B., & Botteldooren, D. (2011). Noise measurements as proxies for traffic parameters in monitoring networks. Science of the total environment, 410, 198-204.
33. Crandell, C. C., & Smaldino, J. J. (2000). Classroom acoustics for children with normal hearing and with hearing impairment. Language, speech, and hearing services in schools, 31(4), 362-370.