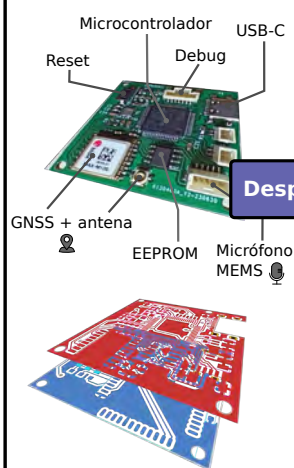




DISEÑO DEL NODO SENSOR

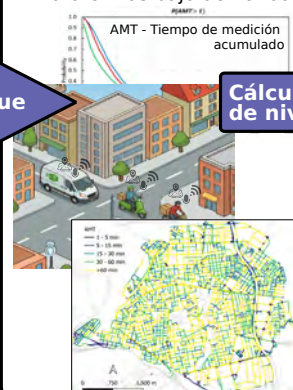


Despliegue

MUESTREO MÓVIL

Simulación de servicios de paquetería:

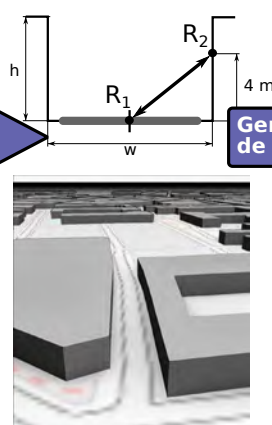
- Servicio postal
- Logística a gran escala
- Plataformas bajo demanda



Cálculo de niveles

POST PROCESADO

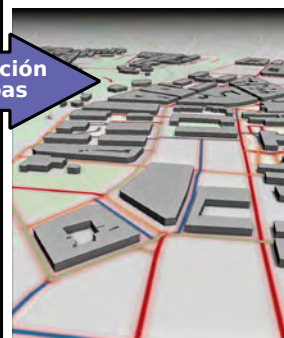
$$\Delta L = R_1 - R_2$$



Generación de mapas

MAPA DE RUIDO

- Directiva 2002/49/CE
- Ruido en fachada (4 m)
- Coste reducido
- Actualización (<1 año)



Mapas de ruido automáticos basados en redes de sensores acústicos móviles: Desarrollo y resultados del proyecto MASANOM
Página 3

La diversidad en la percepción del sonido: hacia una acústica más inclusiva
Página 23

La red de la interdisciplinaridad: desafíos en arqueoacústica
Página 31

Física del sonido y cimática jurídica del siglo XII: la prueba del vaso de vino en el Fuero de Tudela
Página 39

IV Ciclo de Conferencias de la Federación Iberoamericana de Acústica
Página 45



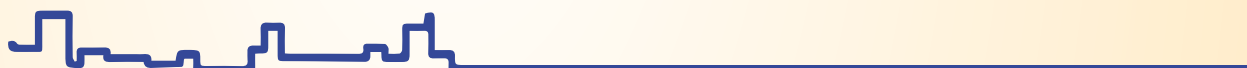
TECNIACÚSTICA

21 · 23 OCTUBRE 2026 | Granada, España



Cierre de recepción de comunicaciones
con resumen aceptado:

7 de septiembre de 2026



XIV CONGRESO IBÉRICO DE ACÚSTICA
57º Congreso Español de Acústica

www.tecniacustica.es

Revista de Acústica

Publicación periódica de la Sociedad Española de Acústica, SEA

Portada: Ver información debajo del sumario*

Edita

Sociedad Española de Acústica, SEA
www.sea-acustica.es
secretaria@sea-acustica.es

Directora

Laura Estévez Mauriz
revista@sea-acustica.es

Administración, suscripciones y publicidad

secretaria@sea-acustica.es

Comité de redacción

Daniel de la Prida, María Larrosa Navarro, Ana Delgado Portela, Jaime Ramis Soriano, María Ángeles Navacerrada, Jesús Alba Fernández, Noé Jiménez, Jerónimo Vida

Maquetación e impresión

Bayron Realización Gráfica, S. L.
www.bayron.es

Suscripción anual

España: € 50
Extranjero: € 70

Tarifas publicidad

Una página color € 600

Depósito legal

M-19769-1970

I.S.S.N.

0210-3680 (versión impresa)
2254-2396 (versión digital)



La **Revista de Acústica**, así como todos los artículos e ilustraciones publicados, están protegidos por las leyes de la propiedad intelectual. No obstante, se permite a los autores de los artículos la reutilización de los trabajos publicados con fines no comerciales, incluyendo el depósito de la versión final de la revista en repositorios institucionales, temáticos o páginas web personales, inmediatamente después de su publicación. El resto de la información contenida en la Revista puede reproducirse siempre que se cite la procedencia.



Revista de

acústica

Publicación periódica de la Sociedad Española de Acústica, SEA

Sumario

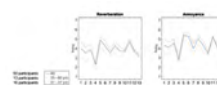
3 Mapas de ruido automáticos basados en redes de sensores acústicos móviles: Desarrollo y resultados del proyecto MASANOM

Guillermo Quintero, Andreu Balastegui, Teresa Pàmies, Franck Vásquez, Ruikang Zhang



23 La diversidad en la percepción del sonido: hacia una acústica más inclusiva

Carmen Rosas Pérez



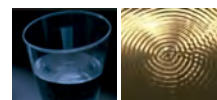
31 La red de la interdisciplinariedad: desafíos en arqueoacústica

María Larrosa-Navarro, Teo Poldrugovac



39 Física del sonido y cimática jurídica del siglo XII: la prueba del vaso de vino en el Fuero de Tudela

Walter Alfredo Montano Rodríguez



45 IV Ciclo de Conferencias de la Federación Iberoamericana de Acústica



47 Día Internacional de Concienciación sobre el ruido 2026



52 Tesis

55 Publicaciones

63 Novedades técnicas

74 Noticias

85 In Memoriam

87 Agenda

* ILUSTRACIONES PORTADA: Arriba: Distribución espacial de puntos receptores para la evaluación acústica en Terrassa. Abajo: Sistema de generación de mapas de ruido basado en sensores integrados en vehículos de reparto, incorporando desde la adquisición de datos hasta el modelado acústico final orientado al cumplimiento normativo. Ambas imágenes son cortesía de Guillermo Quintero del Laboratorio de Ingeniería Acústica y Mecánica (LEAM), Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech (UPC), ESEIAAT.

THE PHANTOM OF THE OPERA

we've always heard what's next



Mapas de ruido automáticos basados en redes de sensores acústicos móviles: Desarrollo y resultados del proyecto MASANOM

Automatic noise maps based on mobile acoustic sensor networks: Development and results of the MASANOM project



Guillermo Quintero^{1*}, Andreu Balastegui¹, Teresa Pàmies¹, Franck Vásquez¹, Ruikang Zhang¹

¹ Laboratorio de Ingeniería Acústica y Mecánica (LEAM), Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech (UPC), ESEIAAT, Carrer de Colom 11, 08222, Terrassa, Barcelona, España

* Contacto: guillermo.quintero@upc.edu

Resumen

La Directiva 2002/49/CE establece los mapas de ruido como la herramienta fundamental para el análisis de la contaminación acústica, y exige desde 2019 el uso de modelos de simulación estandarizados (CNOSSOS-EU). No obstante, la precisión de estos métodos requiere una exhaustiva recopilación de datos, lo que encarece y dificulta operativamente la caracterización de un fenómeno de tan alta variabilidad espacio-temporal. Como solución, el presente proyecto propone un sistema para la generación y actualización automática de mapas normativos, fundamentado en el desarrollo y optimización de un nodo sensor acústico móvil, autónomo y de bajo coste. Mediante la implementación de estrategias avanzadas en el procesamiento de señal, posicionamiento y empaquetado de datos, se ha garantizado la viabilidad de su despliegue masivo en vehículos de bajo impacto sonoro, tales como bicicletas y patinetes eléctricos pertenecientes a flotas de reparto o transporte privado.

Paralelamente, simulaciones de microtráfico demuestran la viabilidad y escalabilidad de la cobertura espacial de esta red móvil mediante la evaluación teórica de su integración en flotas comerciales. Para dotar a las mediciones de validez regulatoria, se resolvió la discrepancia inherente entre la captura móvil en el eje de la vía (R_1) y la evaluación en fachada (R_2) estipulada por la normativa, mediante el desarrollo de una función de transferencia empírica ($\Delta L = R_1 - R_2$), validada experimentalmente con un margen de error próximo a 1 dBA. En conjunto, la integración de este hardware ultraeficiente con los modelos de corrección espacial constituye una herramienta integral y robusta para superar los limitados ciclos de evaluación de la cartografía sonora convencional.

Palabras clave: mapeo móvil de ruido, sensor de ruido autónomo, simulaciones de tráfico microscópicas, Directiva 2002/49/CE.

Abstract

Directive 2002/49/EC establishes noise maps as the fundamental tool for analyzing noise pollution and, since 2019, has required the use of standardized simulation models (CNOSSOS-EU). However, the accuracy of these methods requires exhaustive data collection, which increases the cost and operational difficulty of characterizing a phenomenon with such high spatiotemporal variability. As a solution, this project proposes a system for the automatic generation and updating of regulatory noise maps, based on the development and optimization of a low-cost, autonomous, mobile acoustic sensor node. By implementing advanced strategies in signal processing, positioning, and data packaging, the feasibility of its widespread deployment on low-noise vehicles, such as bicycles and electric scooters belonging to delivery or private transport fleets, has been ensured.

In parallel, micro-traffic simulations demonstrate the feasibility and scalability of the spatial coverage of this mobile network through the theoretical evaluation of its integration into commercial fleets. To ensure regulatory validity of the measurements, the inherent discrepancy between the mobile capture along the road axis (R_1) and the facade assessment (R_2) stipulated by the regulations was resolved by developing an empirical transfer function ($\Delta L = R_1 - R_2$), experimentally validated with a margin of error close to 1 dBA. Overall, the integration of this ultra-efficient hardware with spatial correction models constitutes a comprehensive and robust tool for overcoming the limited evaluation cycles of conventional sound mapping.

Keywords: mobile noise mapping, autonomous noise sensor, microscopic traffic simulations, Directive 2002/49/EC.

1. Introducción

La exposición a niveles de ruido elevados o continuos puede provocar enfermedades graves como problemas cardiovasculares, según la Organización Mundial de la Salud [1]. Para calcular la exposición de la población al ruido ambiental y diseñar y aplicar planes de acción adecuados para reducirlo, la Directiva 2002/49/CE [2] define un mapa de ruido ambiental como una representación gráfica de los niveles de ruido para diferentes fuentes e intervalos de tiempo.

Desde 2019, la Directiva Europea establece la obligatoriedad de calcular los mapas de ruido mediante simulación utilizando el modelo CNOSSOS-EU [3]. Sin embargo, este enfoque presenta limitaciones críticas, ya que los resultados dependen significativamente de la calidad y precisión de los datos de entrada. Además, la simulación requiere una cantidad inmensa de datos detallados sobre el entorno urbano que, en muchos casos, no están disponibles o no poseen la resolución necesaria [4]. Estas carencias pueden derivar en una pérdida de precisión que pone en entredicho la validez de los planes de acción diseñados a partir de dichos modelos [5].

Tradicionalmente, las mediciones directas se han consolidado como una estrategia fundamental para la elaboración de mapas de ruido representativos. Estas mediciones han sido empleadas por diversas ciudades para monitorizar fuentes sonoras específicas y complementar la información poblacional exigida por la normativa vigente, como puede ser el ruido de ocio [6], un factor que a menudo se pasa por alto en las regulaciones ambientales y que es difícil de evaluar mediante simulaciones. No obstante, la producción de mapas a gran escala mediante este tipo de métodos convencionales, al igual que los simulados, se enfrenta a un elevado coste económico y operativo, lo que nuevamente suele derivar en una reducción de la precisión de los resultados.

Ante estas deficiencias, han surgido estrategias basadas en nuevos modelos de monitorización. Si bien se ha demostrado que el uso de teléfonos inteligentes para cuantificar el ruido es factible en determinadas circunstancias, esta metodología conlleva dificultades críticas como la representatividad de las condiciones de captura, la precisión limitada de los instrumentos y las carencias en la cobertura espacial [7]. Para mitigar estas limitaciones, las redes de sensores inalámbricos (WSN) se presentan como una mejor opción al ofrecer un control más riguroso sobre las condiciones de medición. No obstante, es preciso señalar que su carácter estático restringe la validez de los datos obtenidos exclusivamente a su punto de ubicación específico.

Como respuesta a estas limitaciones espacio-temporales, surge el proyecto MASANOM, cuyo objetivo es la

generación y actualización automática de mapas de ruido mediante una red de sensores acústicos móviles, autónomos y de bajo coste. A diferencia de iniciativas orientadas a mapas dinámicos a corto plazo, como DYNAMAP [8], esta propuesta se centra en la obtención de los niveles anuales L_{den} y L_{night} exigidos por la Directiva 2002/49/CE [2]. Para minimizar interferencias y garantizar la integridad de las mediciones, los dispositivos se integran en vehículos de transporte ligero con reducido ruido de fondo, cuya circulación continua por la ciudad proporciona un escaneo acústico de alta resolución espacio-temporal.

La investigación se articula en torno a tres ejes fundamentales: el desarrollo y optimización de la estación de medida autónoma, la optimización del número de vehículos y trayectorias para la estimación de niveles a largo plazo y el post-procesado para la estimación del nivel en fachada, requisito indispensable según la normativa vigente [2]. Este enfoque metodológico permite superar el ciclo de renovación de cinco años establecido tradicionalmente, reduciendo considerablemente los costes operativos. De este modo, se democratiza el acceso a una gestión acústica precisa en ciudades pequeñas o países en desarrollo, contribuyendo de manera directa a la sostenibilidad urbana y a la mejora de la salud pública.

2. Metodología

Para abordar este reto de manera sistemática, el desarrollo metodológico se ha dividido en tres grandes fases, tal como se ilustra en la Figura 1. En primer lugar, se expone el diseño y la optimización integral de la estación de medida autónoma, destacando las mejoras en procesamiento y eficiencia energética. En segundo lugar, se establece el marco estadístico para la consolidación de estos datos en estimaciones de ruido a largo plazo, complementado con un exhaustivo cálculo de las incertidumbres inherentes a la dinámica del muestreo. Finalmente, se detalla el post-procesado acústico diseñado para corregir la discrepancia espacial de los datos móviles, estimando los niveles en fachada conforme a los requerimientos de la normativa regulatoria.

2.1. Arquitectura de la estación de medida

El diseño del nodo acústico inalámbrico y móvil (MASN), cuyos componentes principales se detallan en la Tabla 1, integra un microcontrolador, módulo NB-IoT, sistema GNSS, micrófono y memoria EEPROM. El dispositivo dispone de puertos USB-C y de depuración para su configuración, recuperación de datos y actualización de *firmware*. Su arquitectura optimizada permite la operación autónoma sin conexión a la red, almacenando temporalmente la información en la memoria EEPROM de ultra bajo

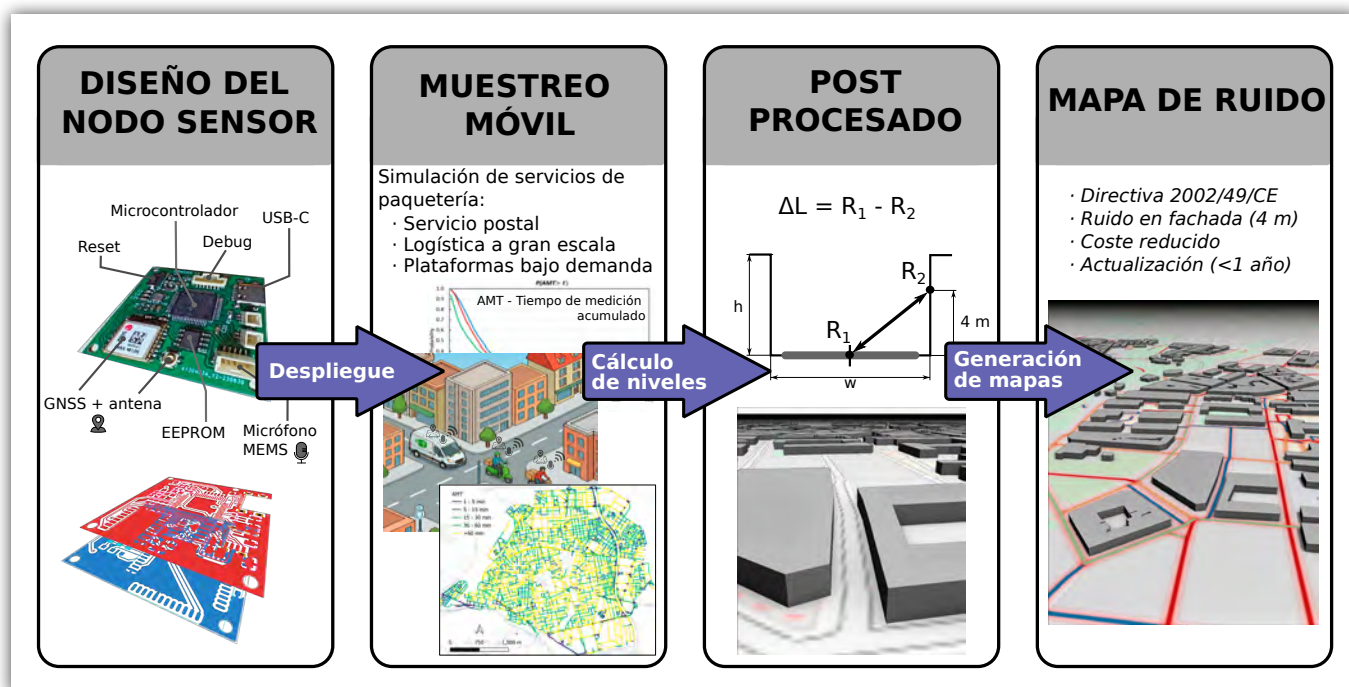


Figura 1. Arquitectura integral del sistema para la generación de mapas de ruido. Se ilustra el flujo de trabajo desde la captura de datos mediante nodos sensores integrados en vehículos de reparto, hasta el modelado acústico final orientado al cumplimiento normativo.

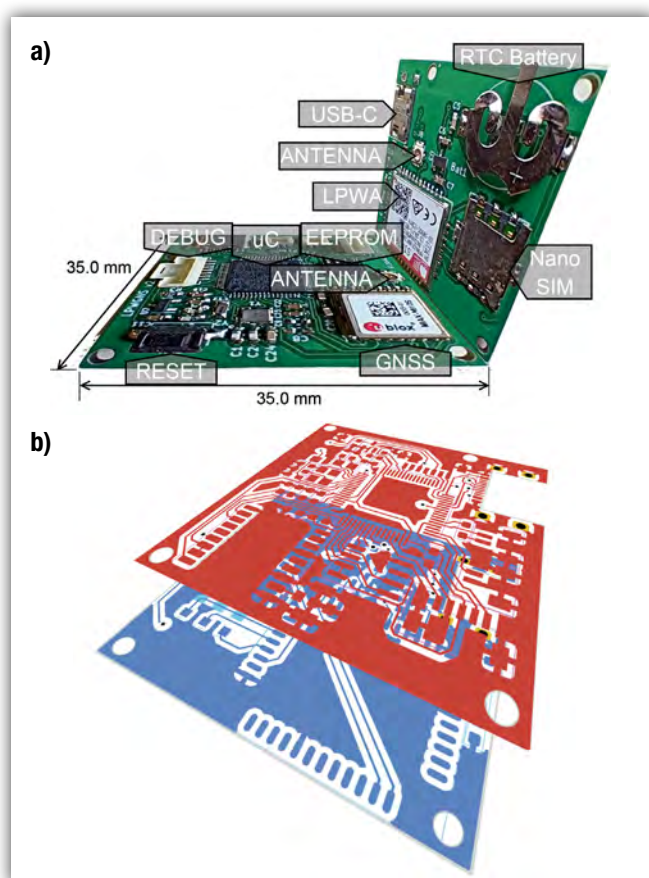


Figura 2. (a) Disposición de los componentes principales del MASN. (b) Placas de circuito impreso. Más información sobre el CAD y el *firmware* final del MASN se puede encontrar en <https://github.com/GQuinteroP/MASN>

consumo para prolongar significativamente la autonomía del dispositivo.

Basado en desarrollos previos [9], el *firmware* emplea el sistema operativo en tiempo real FreeRTOS para gestionar de manera concurrente la adquisición de tres categorías de parámetros:

Tabla 1. Lista de componentes principales del nodo sensor propuesto

Componente	Descripción	Precio (€)
STM32L452RET6P	Microcontrolador de bajo consumo	9.46
SPH0645LM4H	Micrófono MEMS	6.60
MAX-M10S-00B	Módulo GNSS	20.88
SIMCOM SIM7022	Módulo NB-IoT	13.64
M95P32-IXMNT/E	EEPROM de ultra bajo consumo	1.29
ABM8W-16.3840MHZ	Oscilador de cristal 16.384 MHz	0.639
CM8V-T1A-32.768kHz	Oscilador de cristal 32.768 kHz	0.639
USB4520-03-0-A	Conector USB-C	0.75
AP2138N-2.1TRG1	LDO 2.1 V	0.357
MCP1700T-1802E/TT	LDO 1.8 V	0.47
Componentes extra	Pila de botón, soporte SIM, conectores, botón, LED, etc.	30.00
TOTAL		84.73

- Acústicos: Nivel continuo equivalente ponderado A, L_{Aeq} , y espectro en bandas de tercio de octava (OTOB), $L_{eq,f}$ en el rango de 63 Hz a 10 kHz.
- Geográficos: Latitud, longitud, cantidad de satélites conectados (Sat#) y calidad de la señal (Q).
- Identificación: Fecha, hora y código IMEI.

Para integrar el procesamiento y la transmisión inalámbrica de estos datos sin inducir bloqueos ni pérdida de información, garantizando a su vez una estricta optimización energética, el ciclo de medición se estructura en cuatro procesos fundamentales (Figura 3):

- Muestreo: La adquisición de audio se realiza de manera ininterrumpida mediante acceso directo a memoria (DMA) a través del protocolo I2S, procesando bloques de 125 ms (4000 muestras) a una frecuencia de muestreo de $F_s = 32$ kHz. Al completar cada bloque, una interrupción activa el procesamiento de la señal.
- Procesamiento de señal: Tras compensar la respuesta en frecuencia no plana del micrófono MEMS, se calculan los índices acústicos de esa fracción temporal ($L_{Aeq,125}$ y $L_{eq,125}$). Este ciclo se repite ocho veces para consolidar la métrica equivalente a un segundo de medición. Al acumular una cantidad predefinida de cargas útiles (N_p), se inicia el posicionamiento.
- Posicionamiento: Los datos acústicos se encapsulan junto con la cabecera que contiene los parámetros geográficos y de identificación. Este ensamblaje se itera hasta completar el número de bloques (N_b) que conforman el paquete de transmisión.
- Transmisión/almacenamiento: Se verifica la conexión del módulo NB-IoT para enviar el paquete vía protocolo CoAP. Si la conectividad es nula,

los registros se almacenan temporalmente (RAM o EEPROM) y se programa un reintento diferido, evitando el alto consumo energético de buscar red continuamente.

2.2. Optimizaciones y su evaluación

El consumo de energía, que es usado para comparar cuantitativamente las optimizaciones que se realizarán en los algoritmos del dispositivo, se determinó monitorizando la corriente y el voltaje de entrada mediante el *Power Profiler Kit II* a una frecuencia de muestreo de 100 MHz. Para asegurar la repetibilidad de los resultados, cada ensayo se realizó al menos tres veces. Aunque se emplearon técnicas de diezmado y filtros de media móvil para facilitar la representación visual y el análisis, todos los cálculos de potencia media ($\bar{P}$) se realizaron sobre los datos brutos.

Dado que la operación del MASN se compone de una sucesión de estados discretos j (como reposo, procesamiento o transmisión), cada uno con una duración t_j y una potencia media ($\bar{P}_j$), el consumo total ponderado en el tiempo (P_{avg}) se define mediante la Ecuación 1:

$$P_{avg} = \frac{\sum_j t_j \cdot \bar{P}_j}{\sum_j t_j} \quad (1)$$

Esta formulación asume transiciones instantáneas entre estados y una potencia constante durante la duración de cada intervalo t_j .

Para garantizar la viabilidad y autonomía del MASN en campañas de larga duración, el diseño del sensor ha priorizado la ultraeficiencia energética mediante estrategias de optimización en tres áreas operativas críticas: el procesa-

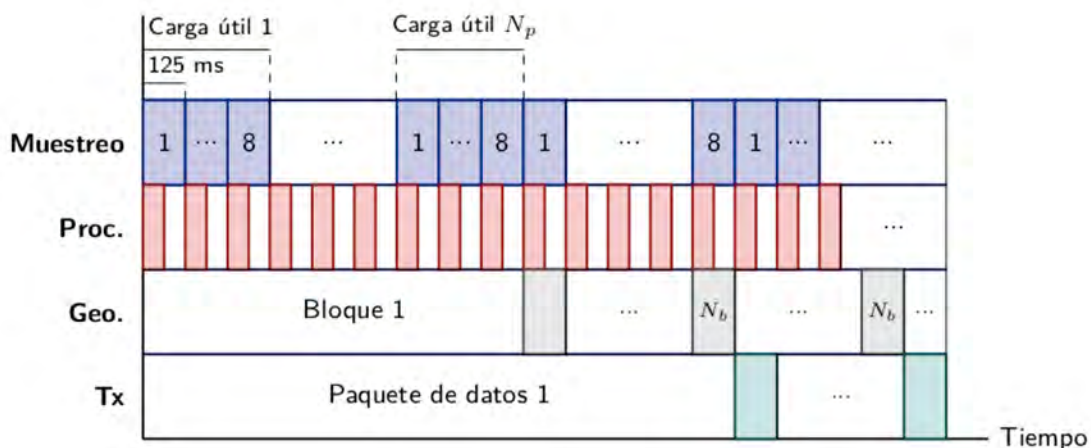


Figura 3. Diagrama del ciclo de medición del nodo sensor. Se ilustra la ejecución concurrente de tareas. Las etapas de posicionamiento y transmisión se activan secuencialmente tras satisfacer las condiciones de acumulación correspondientes (N_p y N_b).

Tabla 2. Optimizaciones propuestas y de referencia para las diferentes tareas/módulos del MASN. Las mejoras algorítmicas (•) liberan recursos, permitiendo el aprovechamiento inteligente de las características de ahorro del *hardware* (◦)

Tarea	Referencia	Optimización MASN
Procesamiento	• Filtros IIR para OTOB ◦ Operación continua (μC) ◦ Reloj de CPU a 80 MHz	• Análisis mediante PSD ◦ Habilitación de <i>sleep</i> ◦ Reloj de CPU < 80 MHz
Pos.	• $T_{GNSS} = 1$ s ◦ Sin PSM	• Interpolación: $T_{GNSS} > 1$ s ◦ PSMOO / PSMCT
Transmisión	• Codificación ASCII • Periodicidad: 1 s	• Compresión: <i>Bit-packing/Delta-coding</i> • Periodicidad: Bloque óptimo (N_b)

miento de la señal, el posicionamiento y la transmisión de datos. El pilar fundamental de esta arquitectura radica en una estrecha sinergia tecnológica: la alta eficiencia de los algoritmos propuestos libera recursos temporales y computacionales, habilitando así el aprovechamiento intensivo de los modos de ahorro de energía (PSM, *Power Saving Modes*) inherentes a los componentes físicos. Estas mejoras, que serán objeto de la evaluación de consumo, se resumen en la Tabla 2, contrastando la solución propuesta con los enfoques tradicionales.

Procesamiento en el dominio de la frecuencia

De acuerdo con la Tabla 2, la primera gran optimización radica en abandonar los costosos bancos de filtros de respuesta al impulso infinita (IIR, por sus siglas en inglés). Para minimizar la alta carga computacional, la extracción del espectro en bandas de tercio de octava se ha implementado en el dominio de la frecuencia mediante la Densidad Espectral de Potencia (PSD). Este enfoque integra la compensación de la respuesta del micrófono directamente en el espectro:

$$PSD(k_i) = \frac{2\Delta t |X(k_i)|^2}{M} \cdot G_{mic}(k_i), \quad 0 < k_i < M/2 \quad (2)$$

donde $X(k_i)$ representa la Transformada Rápida de Fourier (FFT) del i -ésimo *bin* para un bloque de señal de M muestras, Δt es el intervalo de muestreo y $G_{mic}(k_i)$ corresponde a la compensación teórica de la respuesta en frecuencia del micrófono. Posteriormente, los niveles $L_{eq,f}$ se obtienen integrando los *bins* de la PSD, debidamente ponderados por la ganancia estándar $G(k_i)$ [10]. Análogamente, el L_{Aeq} se calcula aplicando la curva de ponderación A sobre la totalidad del rango espectral [11].

Para solventar la escasa resolución frecuencial en bajas frecuencias producida por la ventana de adquisición de 125 ms, se emplea el algoritmo de decimación y *zero-padding* validado previamente en [12]. Este afina la resolución a ≈ 1 Hz, garantizando el estricto cumplimiento normativo (Clase 1) sin requerir filtros adicionales para el rango de frecuencias estudiado. Esta eficiencia algorítmica permite, a su vez, implementar las mejoras de *hardware* señaladas en la Tabla 2: la transición automática del microcontrolador a un estado de bajo consumo (*sleep*) durante los tiempos muertos, y la reducción de la frecuencia de reloj de la CPU al mínimo estricto necesario.

Gestión eficiente del posicionamiento

En cuanto a la localización, se sustituyó el modo de seguimiento continuo (TNM, *Tracking Normal Mode*) por modos PSM que amplían el intervalo temporal entre registros ($T_{GNSS} > 1$ s), tales como el modo de seguimiento cíclico (PSMCT) y el de encendido/apagado (PSMOO). Dado que esto reduce la resolución espacial, se compensa la ausencia de datos empíricos mediante técnicas de interpolación implementadas en el servidor.

La incertidumbre posicional de esta estrategia se evaluó reconstruyendo las posiciones mediante cuatro técnicas (*Lineal*, *PCHIP*, *Cubic Spline* y *Smoothing Spline*) sobre un recorrido empírico (U) de 0.64 km² en Barcelona. El error de posicionamiento (ϵ_{GNSS}) se cuantificó mediante la distancia RMS:

$$\epsilon_{GNSS} = \sqrt{\frac{1}{|U|} \sum_{i \in U} \text{dist}[p_{1s}(t), pT_{GNSS}(t)]^2} \quad (3)$$

donde $p_{1s}(t)$ y $pT_{GNSS}(t)$ denotan las coordenadas de los puntos de medición reales e interpolados para cada intervalo de tiempo t , respectivamente.

Además del ahorro directo en el módulo GNSS, prolongar el T_{GNSS} mitiga la congestión de la red al evitar la transmisión de 60 bits por cada segundo omitido.

Transmisión y empaquetado de datos

Finalmente, la eficiencia en la transmisión se maximiza estructurando la carga útil. Se reemplazó el formato ASCII por un esquema *Bit-packing*, asignando a cada variable estrictamente los bits necesarios según su rango inherente (ver Tabla 3), logrando compactar cada muestra en apenas 48 bytes.

Adicionalmente, se implementó un algoritmo *Delta-coding* para capitalizar la redundancia temporal de los datos acústicos. Como ilustra la Figura 4, cada bloque inicia con una cabecera de valores absolutos, mientras que las muestras subsiguientes almacenan únicamente la diferencia entera (Δ) respecto a la medición anterior. Con el fin

Tabla 3. Esquema de codificación binaria (*Bit-packing*). La parte entera y decimal de los valores de punto flotante se muestran a la izquierda y a la derecha del punto, respectivamente

Parámetro	N. bits
Datetime	32
Longitude	32
IMEI ²	20
Sat#	4
Latitude	28 (8.20)
Q	3
Timestep (125 ms/1 s)	1
$L_{eq,fc}$ ($\times 23$)	11 (7.4)
L_{Aeq}	11 (7.4)
TOTAL	384 bits (48 bytes)

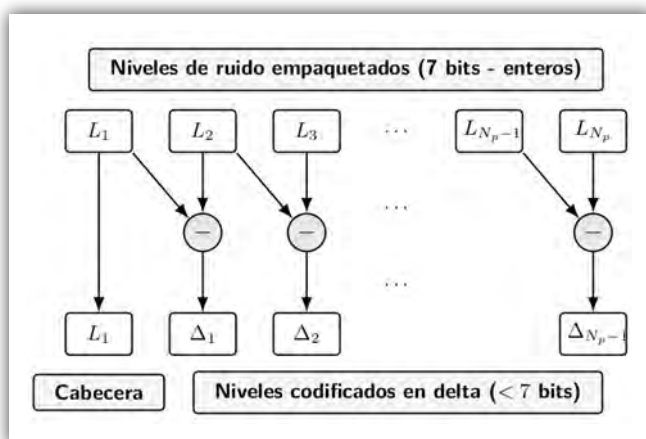


Figura 4. Esquema de codificación Delta (*Delta-coding*) que ilustra la compresión de los niveles de ruido aprovechando la redundancia temporal.

de cuantificar la compresión de los datos, este algoritmo se validó experimentalmente con un segundo conjunto de datos con muestras cada segundo alrededor de un área de 0.34 km² en la ciudad de Terrassa, España.

Toda esta compactación resulta indispensable debido a las restricciones del protocolo CoAP sobre NB-IoT, el cual requiere incluir cabeceras de integridad que limitan la carga útil máxima a 207 bytes por paquete. Para esta etapa, la decodificación y estructuración final se realiza en un servidor remoto de pruebas desplegado con Python y PostgreSQL-PostGIS, operando bajo el estándar RFC 7252 [13].

2.3. Estrategia de muestreo espacio-temporal y cálculo de niveles a largo plazo

Previo al despliegue de las estaciones de medida, resulta fundamental estimar tanto el número de unidades

necesarias como las trayectorias de los vehículos que las portarán para garantizar la representatividad de los mapas móviles. Dada la ventaja operativa que supone el empleo de vehículos que ya se encuentran en circulación, se plantea la integración del sistema MASN en flotas de empresas de reparto. Sin embargo, debido a la gran heterogeneidad de estos servicios, marcada por la diversidad de vehículos, tipos de mercancía y logísticas de recogida, se propone una evaluación basada en simulaciones de tráfico microscópicas [14, 15, 16] para dimensionar la flota necesaria de manera efectiva.

Para este propósito, se introduce el parámetro de Tiempo de Medición Acumulado (AMT, por sus siglas en inglés), que representa la duración acumulada del muestreo acústico en cada segmento de calle, indicando así el alcance de los datos recolectados. Las simulaciones se llevaron a cabo mediante la plataforma SUMO (*Simulation of Urban MObility*) [17], la cual permite modelar con detalle la dinámica individual de los vehículos, las interacciones de tráfico y las estrategias de enrutamiento personalizadas [18]. En el estudio realizado en la ciudad de Terrassa, Barcelona, se evaluaron tres modelos de servicio de reparto:

- Servicio P (Postal): Distribución de correo mediante bicicletas, siguiendo la estructura operativa del sistema postal español. Cada vehículo inicia y finaliza la ruta en su respectiva oficina de correos. El enrutamiento combina los algoritmos heurísticos de ahorro de Clarke & Wright [19] y del vecino más cercano (*Nearest-Neighbour*) [20]. Se asume una capacidad de 450 envíos por bicicleta y un promedio de 15 entregas por segmento (aproximadamente 30 segmentos por viaje).
- Servicio A (Logística a gran escala): Entregas con furgonetas eléctricas, representando operadores de gran volumen. Los vehículos parten y concluyen su jornada en un punto logístico común de entrada/salida. El enrutamiento se establece mediante la heurística del vecino más cercano combinada con una selección aleatoria de segmentos, con un límite máximo de 40 segmentos de entrega por trayecto.
- Servicio G (Plataformas bajo demanda): Reparto en bicicleta con patrones característicos de servicios logísticos instantáneos. Se emplea una selección de ruta estocástica basada en la asignación aleatoria de los segmentos de destino, asumiendo 20 entregas por trayecto.

Con el fin de calibrar la simulación se utilizaron datos de Intensidad Media Diaria (IMD) de Terrassa, lo que permitió una aproximación fiel a las condiciones de tráfico reales. Se seleccionaron aproximadamente 3,800 segmentos de vía como destinos finales de entrega, exclu-

yendo zonas no aptas para la operativa de reparto, tales como rotondas o puentes. Las simulaciones se iniciaron con un único vehículo para establecer los valores base de AMT y, posteriormente, se escaló el escenario a dos o más unidades para analizar la relación entre el tamaño de la flota y la cobertura de la medición. En todos los casos, los vehículos operaron de forma continua hasta visitar todos los segmentos asignados, asegurando la cobertura total de la red. Finalmente, el tiempo total de simulación se utilizó para extrapolar las condiciones operativas anuales.

Cálculo del tiempo de medición acumulado y modelo probabilístico

Los reportes generados por la simulación de tráfico se procesaron mediante QGIS y herramientas de cálculo para determinar el parámetro AMT y la longitud de los segmentos asociados a cada servicio operativo. Este procesamiento se fundamentó en los siguientes criterios metodológicos:

- Cálculo del AMT: Se registró y sumó el tiempo de permanencia de cada vehículo rastreado dentro de un determinado segmento de vía durante todo el periodo de simulación.
- Asignación espacial: En aquellas vías compuestas por múltiples carriles, el AMT se asignó a un único segmento representativo, conservando su longitud individual original.
- Escalado anual: Para asegurar la representatividad temporal a largo plazo, el AMT de cada segmento se extrapola a su equivalente anual, asumiendo un ciclo operativo de 6 horas diarias durante 253 días hábiles (1,518 horas anuales).
- Distancia Total Cubierta (TDC): Se calculó como la suma de las longitudes de todos los segmentos representativos evaluados por cada servicio.

Para el análisis estadístico, la Distancia Cubierta (DC) se agrupó en intervalos de tiempo (bins) de 1 minuto en función del AMT. A partir de esta discretización, se definió un modelo probabilístico donde X representa la variable aleatoria discreta de los intervalos de AMT. Su función de masa de probabilidad se establece como:

$$P(X = x_i) = \frac{DC_i}{TDC} \quad (4)$$

donde DC_i denota la distancia cubierta dentro del intervalo x_i . A partir de esta formulación, se deduce la función de distribución acumulativa, la cual representa la proporción de la distancia total asociada a valores AMT hasta un umbral x :

$$P(X \leq x) = \sum_{x_i \leq x} P(X = x_i) \quad (5)$$

Finalmente, la probabilidad complementaria, indispensable para determinar el porcentaje de la red viaria que supera un tiempo de medición específico t , se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$P(X > x) = 1 - P(X \leq x) \quad (6)$$

2.4. Modelado acústico del entorno

La utilización directa de datos adquiridos mediante sistemas de medición móvil para el diseño de mapas de ruido estratégicos conduciría a desviaciones sustanciales en la evaluación, de no aplicarse las correcciones pertinentes. En este contexto, el presente apartado tiene como propósito central el desarrollo de una función de transferencia robusta, expresada como $\Delta L = R_1 - R_2$. Dicho modelo relaciona las mediciones móviles obtenidas en el eje de la calzada a una altura de 1.5 m (R_1) con los niveles equivalentes proyectados sobre la fachada a 4 m de altura (R_2), permitiendo así adecuar los datos empíricos a los requerimientos de la normativa regulatoria.

Simulación del ruido de tráfico urbano

Existe una relación de acoplamiento significativa entre la propagación del ruido de tráfico en los cañones urbanos y la configuración geométrica de los edificios. La relación de aspecto, $AR = H/W$, donde H es la altura de los edificios y W la anchura de la calle, se ha utilizado en estudios arquitectónicos como un parámetro crítico para caracterizar la estructura espacial de las calles [21, 22]. La literatura propone que el nivel de ruido de tráfico en cualquier punto dado dentro de un cañón urbano se compone de una superposición de sonido directo y reflejado, pudiendo expresarse ambos como funciones de W y AR [21]. Además, se ha demostrado que las múltiples reflexiones causadas por las fachadas de los edificios y el suelo provocan variaciones significativas en la distribución del nivel de ruido dentro del cañón [23, 24].

La realización del presente estudio nuevamente se llevó a cabo en la ciudad de Terrassa, España. El modelo geométrico se construyó directamente utilizando datos de sistemas de información geográfica. Se emplea la línea central real de las calles urbanas para definir la posición de la fuente de ruido. Para la capa de edificaciones, se generó un modelo 3D basado en los límites reales de los edificios y el número de plantas. Con el fin de estandarizar el cálculo, se asumió una altura media por planta de 3 m. A partir de la diferencia de altura:

$$AH = \frac{|H_1 - H_2|}{\max(H_1, H_2)} \times 100\% \quad (7)$$

Entre los edificios situados a ambos lados de la calle (denominados H_1 y H_2), los cañones urbanos se clasificaron en tres categorías de acuerdo con su forma:

- U: Edificios en ambos lados, con una distribución de altura relativamente simétrica, $\Delta H \leq 50\%$.
- J: Edificios en ambos lados, pero con una asimetría de altura significativa, $\Delta H > 50\%$.
- L: Edificios en un solo lado, conformando un espacio semiabierto.

La modelización acústica se llevó a cabo en el entorno de simulación CadnaA, fundamentándose en el modelo de cálculo CNOSSOS-EU. Para asegurar una caracterización correcta del campo sonoro, el orden de reflexión se fijó en 5, permitiendo así capturar la reverberación múltiple que caracteriza a los cañones urbanos de alta relación de aspecto. En cuanto a las propiedades acústicas del entorno, se asumió un comportamiento de superficie dura y reflectante; por consiguiente, se asignó un coeficiente de absorción α de 0.02 (característico del hormigón) tanto a la infraestructura viaria como a las fachadas.

La estructura de evaluación espacial se basó en la parametrización de dos receptores acoplados:

- Trazado móvil (R_1): Dispuesto a 1.5 m de altura sobre el eje central de la vía, con el fin de replicar las condiciones de captura de una medición móvil.

- Fachada (R_2): Proyectado a 4.0 m de altura sobre la fachada, conforme a los requerimientos de evaluación estratégica dictaminados por la Directiva Europea 2002/49/CE [2].

Tal y como se ilustra en la Figura 5, los puntos R_1 se distribuyeron a lo largo de la red viaria, mientras que las posiciones R_2 se determinaron mediante una proyección perpendicular desde la línea central de la calle hasta la fachada del edificio correspondiente. Para los cañones en forma de U y J, el punto R_2 se situó en la fachada del edificio más alto. Para los cañones en forma de L, R_2 se colocó en la única fachada existente. Finalmente, se construyó un total de 998 pares de puntos de muestreo válidos. Para cada par, la función de transferencia se definió como:

$$\Delta L = R_1 - R_2 \quad (8)$$

A partir de los datos resultantes de la simulación, se construyeron 6 modelos de regresión diferentes para analizar los efectos de los distintos parámetros geométricos sobre ΔL . Sus formulaciones y descripciones se resumen en la Tabla 4.

Mediciones in situ

Se llevó a cabo una serie de mediciones in situ para validar la eficacia y robustez de la función de transferencia simulada ΔL en calles reales. Se seleccionaron dos arte-

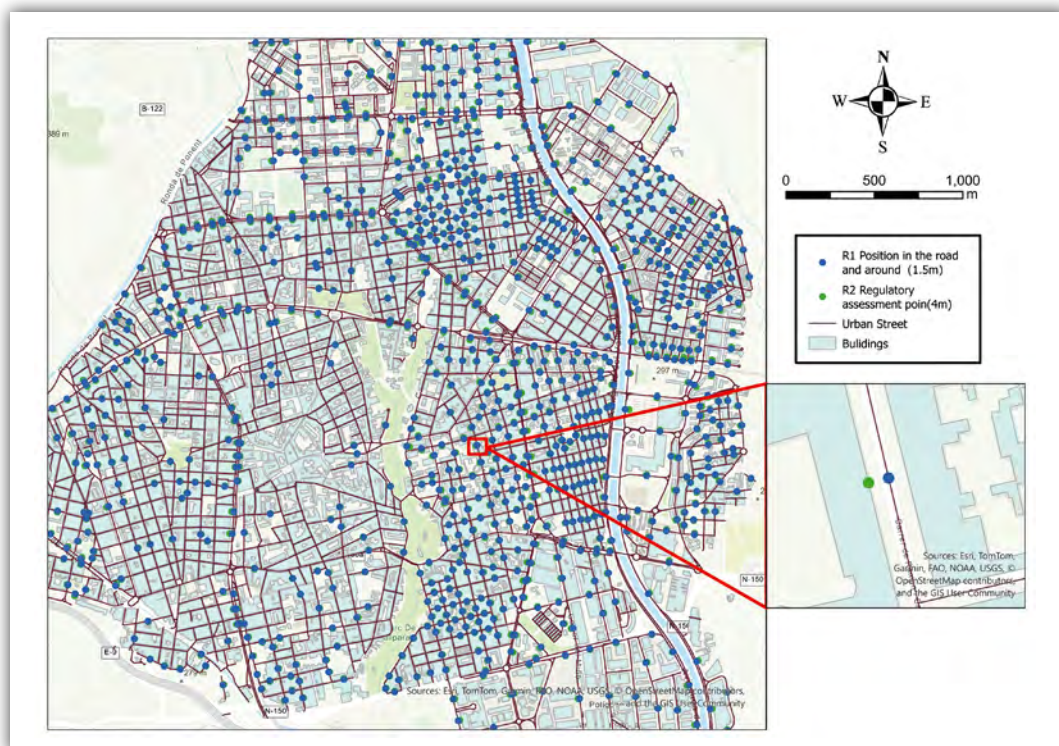


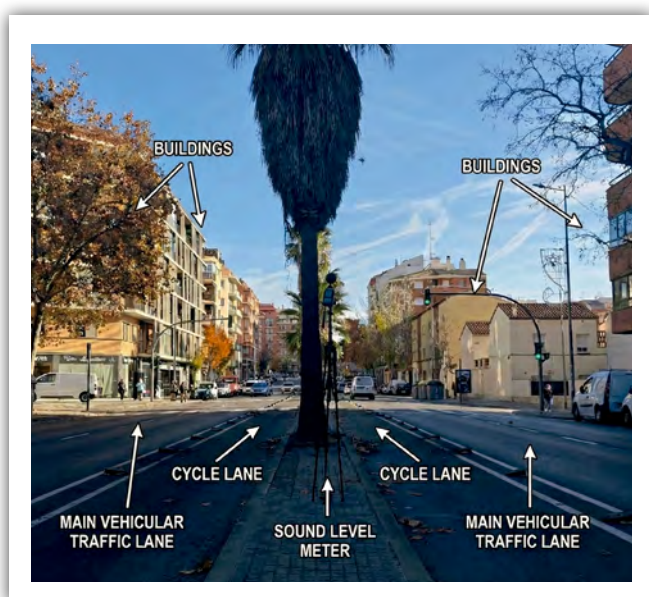
Figura 5. Distribución espacial de los puntos receptores en Terrassa. Se detallan las posiciones en el centro de la vía (R_1 , azul) y sus correspondientes puntos de evaluación en fachada (R_2 , verde), incluyendo un detalle ampliado de la posición relativa entre ambos.

Tabla 4. Resumen de los modelos de regresión para analizar la relación entre los parámetros geométricos y ΔL

Modelo	Descripción	Ecuación
A	AR Cuadrático	$\Delta L = a \cdot AR^2 + b \cdot AR + c$
B	AR Lineal	$\Delta L = a \cdot AR + b$
C	Dual Independiente	$\Delta L = a \cdot H + b \cdot W + c$
D	Anchura	$\Delta L = a \cdot W + b$
E	Efecto de Interacción	$\Delta L = a \cdot H + b \cdot W + c \cdot (H \times W) + d$
F	Parámetro Mixto	$\Delta L = a \cdot W + b \cdot AR + c$

rias de tráfico principales, la Av. del Abat Marçet y la Av. de Jaume I, como lugares de medición. Estas ubicaciones se caracterizan por un elevado flujo de tráfico y están flanqueadas a ambos lados por edificios de diversas alturas, creando configuraciones típicas de cañones urbanos que satisfacen los requisitos de diversidad geométrica para la validación del modelo.

Se seleccionaron un total de 4 secciones transversales geométricas representativas. En cada sección se realizaron mediciones simultáneas. La instalación del equipo de medición tuvo como objetivo replicar la configuración espacial de la simulación, tal y como se muestra en la Figura 6. El punto de medición R_1 se posicionó en la mediana estrecha del centro de la vía a una altura de 1.5 m. Esta posición sirve como punto estacionario para captar la fuente de ruido del tráfico, representando la trayectoria de un vehículo en el carril bici adyacente.

**Figura 6.** Fotografía del lugar de medición. La figura muestra la posición de R_1 en la mediana central y los carriles bici y de tráfico rodado adyacentes.

El punto de evaluación R_2 se ubicó en la fachada del edificio a 4 m de altura, en alineación vertical con R_1 , utilizando sonómetros Cesva SC202 equipados con pantallas antiviento. A los niveles registrados en este punto se les aplicó una corrección de -6 dBA para compensar la duplicación de la presión sonora generada por la reflexión acústica en la propia fachada [25, 26].

Además, para eliminar la influencia de las fluctuaciones instantáneas del tráfico y las variaciones naturales en la intensidad de las fuentes sonoras, el tiempo de integración T se fijó en 10 minutos, repitiéndose 6 veces por sección ($n = 6$) para una duración efectiva total de 1 hora. Las condiciones meteorológicas fueron estables, con velocidades de viento < 5 m/s y superficie de la carretera seca; además, los eventos de ruido atípicos, como obras, bocinas y vehículos de emergencia, fueron excluidos durante el post-procesado. Adicionalmente, los parámetros geométricos correspondientes a la anchura de la calle W y la altura de los edificios H de cada sección se extrajeron de la base de datos geográfica. La evaluación de la función de transferencia se estructuró en dos etapas metodológicas:

- Selección del modelo: Los seis modelos de regresión descritos en la Tabla 4 se ajustaron al conjunto de datos simulados. Se empleó el coeficiente de determinación (R^2) como métrica principal para evaluar la capacidad explicativa, y el RMSE (*root mean square error*) como indicador complementario de desviación. Ante rendimientos estadísticos comparables, se priorizaron las formulaciones matemáticas más simples y con menor número de parámetros.
- Validación con datos empíricos: Los modelos pre-seleccionados se contrastaron frente a las mediciones in situ. Para ello, se introdujeron los parámetros geométricos reales de las calles evaluadas en las ecuaciones correspondientes para estimar la función de transferencia teórica (ΔL_{pred}). Esta estimación se comparó directamente con los valores registrados en campo (ΔL_{med}), determinando el rendimiento predictivo final de cada modelo a través de su respectivo RMSE:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^S \sum_{k=1}^n (\Delta L_{pred,j} - \Delta L_{med,j,k})^2} \quad (9)$$

donde:

- S indica el número de ubicaciones monitorizadas y n el número de muestras temporales por ubicación.
- N simboliza el tamaño total de la muestra empleada en la evaluación ($N = S \times n$).

3. Resultados

3.1. Optimizaciones y validación del sensor móvil

La validación del MASN se centró en cuantificar la eficiencia de las estrategias de optimización propuestas frente a un escenario base no optimizado (Tabla 2). El impacto global de estas medidas supuso una reducción del 79.2 % en el consumo total de energía.

En el ámbito del procesamiento de señales, la transición del filtrado IIR al algoritmo PSD permitió reducir la velocidad del reloj de la CPU de 45 MHz a 16 MHz. Mientras que el algoritmo IIR limitaba el ahorro debido a su carga computacional, la eficiencia del PSD permitió alcanzar un consumo de solo $P_{avg} = 5.9$ mW (activando el modo de bajo consumo *sleep*), lo que representa una reducción del 61.4 % respecto al procesamiento convencional. Esta optimización se logró manteniendo el cumplimiento estricto de las máscaras de atenuación de la norma IEC 61260-1:2014 [10]. En la Figura 7 se puede confirmar visualmente el efecto en el consumo energético de la reducción del reloj y la activación del modo de ahorro de energía.

Respecto al posicionamiento, el uso de modos de ahorro de energía (PSMOO) con un intervalo $T_{GNSS} = 16$ s redujo el consumo del módulo de 30.7 mW a 5.6 mW. Para compensar la pérdida de resolución espacial, se validaron diversas técnicas de interpolación. El algoritmo *Univariate Spline* resultó ser el más preciso, con un $\epsilon_{GNSS} = 4.7$ m, superando en un 13.7 % la precisión de la interpolación lineal y reconstruyendo con mayor fidelidad la curvatura de las trayectorias urbanas, tal como se observa en la Figura 8.

Finalmente, la transmisión de datos se optimizó mediante un esquema híbrido de *Bit-packing* y *Delta-coding*. Para calibrar el nivel de compresión de este último, se analizó la distribución estadística de las Δ entre muestras

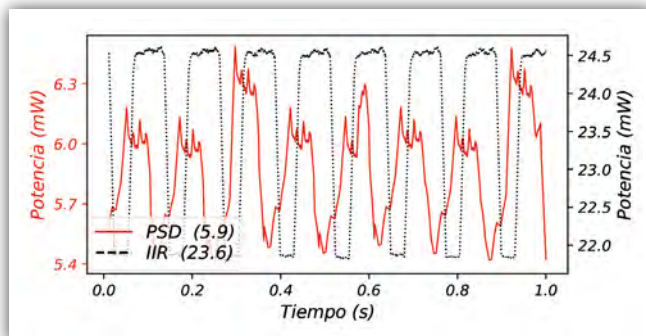


Figura 7. Comparativa del consumo de energía a lo largo del tiempo para ambos algoritmos: IIR, sin mejoras de hardware; y PSD, con *sleep* y velocidad de reloj aproximadamente de 16 MHz. Entre paréntesis, también se puede observar el consumo de energía promedio (mW).

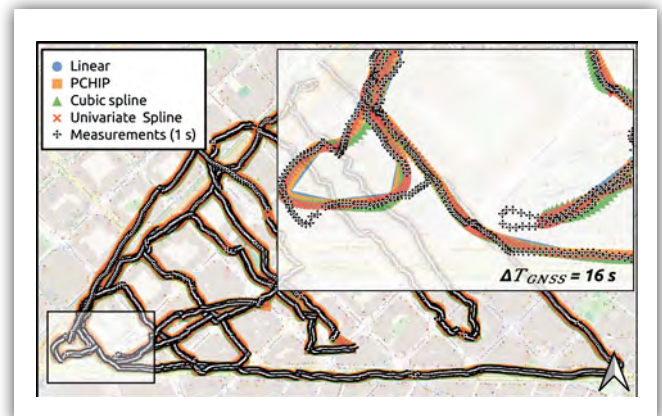


Figura 8. Mapa de los puntos reales e interpolados. Se resalta una sección con $T_{GNSS} = 16$ s para apreciar mejor las diferencias de interpolación.

acústicas consecutivas. Tal y como evidencia el histograma de la Figura 9 (representativo para el L_{Aeq}), la alta concentración de variaciones de pequeña magnitud permitió comprimir la representación de la parte entera de los niveles L_{Aeq} y $L_{eq,f}$ empleando 5 bits en lugar de 7 (ver Tabla 3). De forma global, este esquema redujo el tamaño del paquete de 1007 bytes (formato ASCII) a apenas 237 bytes, logrando una reducción del 76.5 % y garantizando el cumplimiento del límite de 255 bytes del protocolo CoAP. Se determinó que un ciclo de transmisión cada tres minutos ($N_b = 23$, $N_p = 8$) constituye el punto de equilibrio óptimo entre la frecuencia de actualización del servidor y la eficiencia energética, resultando en un consumo total de $P_{avg} = 17.9$ mW para las tareas conjuntas de procesamiento y comunicación.

3.2. Simulaciones de microtráfico y estimación a largo plazo

La Figura 10a presenta las distribuciones de distancia cubierta (DC) en función de los intervalos de tiempo de

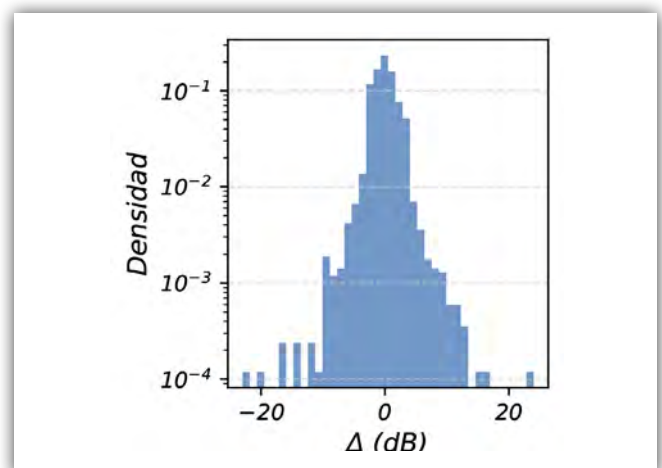


Figura 9. Histograma de la aplicación de *Delta-coding* para el indicador L_{Aeq} .

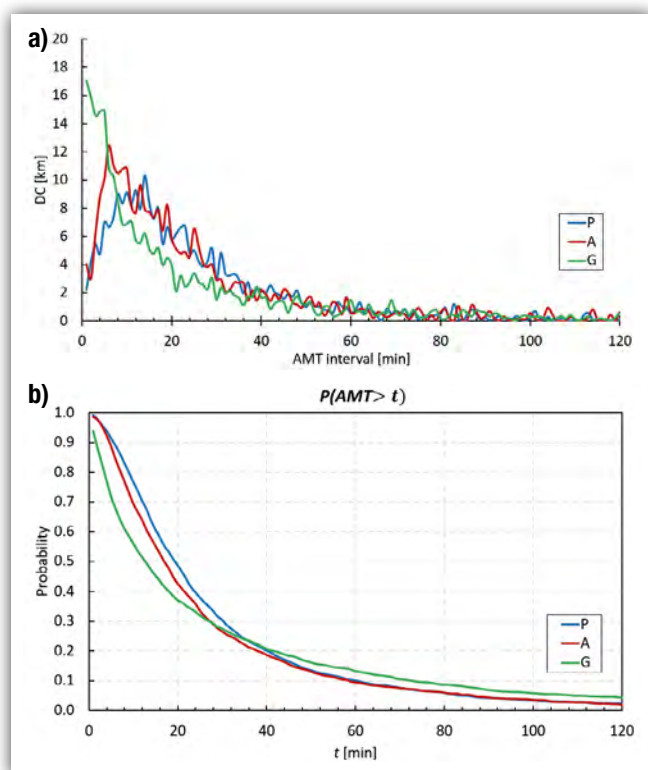


Figura 10. (a) Histograma de distancia cubierta en función de los intervalos de AMT. (b) Distribución acumulativa complementaria. Para los servicios de reparto P, A y G.

medición acumulado (AMT), calculadas utilizando intervalos de 1 minuto durante un año de circulación (1,518 horas), para los servicios de reparto P, A y G considerando un único vehículo. Como se muestra, los servicios P y A presentan distribuciones más amplias, con valores de DC que se extienden hacia intervalos de AMT más altos, lo

que indica una mayor proporción de segmentos de calle que experimentan tiempos de muestreo acumulados más largos. En contraste, el servicio G muestra un descenso más pronunciado de la DC a medida que aumenta el AMT, con la mayor parte de su distancia concentrada en los intervalos de AMT más bajos.

La Figura 10b muestra la distribución acumulativa complementaria (es decir, las probabilidades asociadas a la condición $T > t$) para las movilidades de los servicios P, A y G. Estas funciones representan, en una escala de cero a uno, la proporción de distancia total cubierta (TDC) en función del AMT durante un año de operación para un solo vehículo. Las distribuciones se derivaron de los datos de los histogramas mostrados en la Figura 10a y se calcularon utilizando la Ecuación 6, asumiendo un tiempo de circulación de 1,518 horas. Durante este periodo, la TDC alcanzó los 275.9 km para el servicio P, 286.7 km para el servicio A y 274.5 km para el servicio G.

Además de los escenarios de movilidad de referencia para cada servicio (P, A y G), que consideran un único segmento de calle ($L \times 1$) para calcular el AMT, se incluyeron dos condiciones adicionales en el análisis. Estas condiciones suman los valores de AMT de dos segmentos de calle adyacentes ($L \times 3$) o de cuatro segmentos de la misma calle ($L \times 5$), asignando el valor resultante al segmento actual, respectivamente. Para estos nuevos escenarios se calcularon los histogramas y las funciones de distribución correspondientes.

La Figura 11 muestra el porcentaje de TDC para diferentes umbrales de AMT bajo la condición $T > t$, obtenido a partir de la distribución acumulativa complementaria para un único vehículo. Puesto que las simulaciones pre-

Tabla 5. Resumen integral de las estrategias de optimización del MASN, su impacto operativo y la reducción cuantitativa de la demanda de potencia (porcentaje de ahorro entre paréntesis)

Módulo	Optimización	Impacto Operativo	Consumo (mW)	
			Ref.	Prop.
Procesamiento	Transición de filtros IIR a PSD, sleep y CPU a 16 MHz	Drástica reducción del ciclo de trabajo de la CPU manteniendo la precisión normativa Clase 1	23.6	5.9
			(−75.0 %)	
Georref.	Modos PSM en GNSS e interpolación Univariate Spline	Minimización del tiempo activo del GNSS con reconstrucción en servidor (error espacial de 4.7 m)	30.7	5.6
			(−81.7 %)	
Transmisión	Compresión vía Bit-packing/Delta-coding y envío por ciclos	Reducción del payload en un 76.5 % (237 bytes) y maximización de inactividad de red	58.7	12.0
			(−79.5 %)	
		Consumo Total	113.0	23.5
(−79.2 %)				

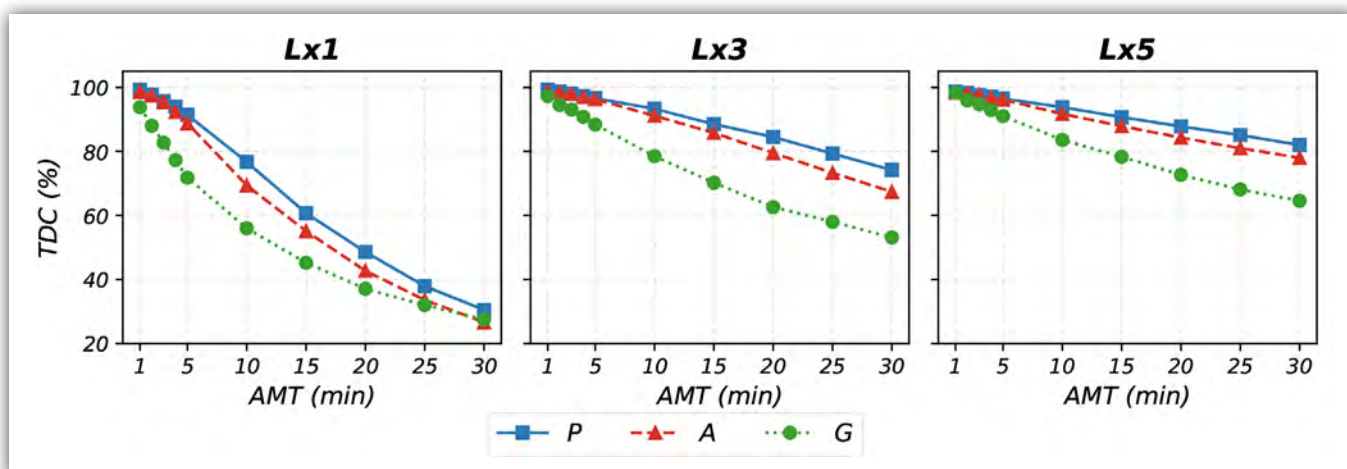


Figura 11. Porcentaje de la Distancia Total Cubierta (TDC) que supera un determinado umbral de Tiempo de Medición Acumulado ($AMT > t$) tras un año de simulación con un único vehículo. Se ilustra el rendimiento de los servicios de reparto (P, A y G) y el impacto en la cobertura al aplicar distintos niveles de agregación espacial en segmentos adyacentes (Lx1, Lx3 y Lx5).

vias demostraron que la acumulación del tiempo de medición exhibe un comportamiento cuasi-lineal para flotas reducidas (evaluadas hasta 5 vehículos), estos resultados de referencia con una sola unidad permiten extrapolar con alta fidelidad el rendimiento del sistema completo. Al escalar la flota dentro de estos márgenes, la nula probabilidad de solapamiento espacial hace que el incremento de vehículos reduzca proporcionalmente el tiempo necesario para alcanzar un determinado umbral de AMT, facilitando la estimación directa de la cobertura viaria.

Por ejemplo, tomando como referencia el escenario base Lx1 para un único vehículo, la condición $AMT > 15$ min, que resulta un buen estimador del promedio anual [27], resulta en una cobertura del 60.7 % para el servicio P, de 55.1 % para el A y 45.2 % para el G. Entonces, estimando la cobertura de tres vehículos midiendo simultáneamente

para ese mismo umbral equivale a consultar en la gráfica el valor del AMT a los 5 minutos. En dicho punto de la curva Lx1, se observa un incremento notable de la cobertura, alcanzando un 91.4 % para el servicio P, un 88.8 % para el A y un 71.8 % para el G. De manera análoga, la Figura 11 ilustra el impacto positivo de la agregación espacial. Al evaluar el mismo umbral temporal, se observa que los porcentajes de cobertura espacial se incrementan de forma monótona conforme se aplican los criterios de agrupación Lx3 y Lx5.

A modo de representación espacial, las Figuras 12a y 12b contrastan los niveles de AMT obtenidos tras un año de simulación del servicio P en Terrassa utilizando uno y tres vehículos, respectivamente. Tal como se aprecia en el primer escenario, el despliegue de una sola unidad permite que el 60.7 % de la red viaria presente un $AMT >$

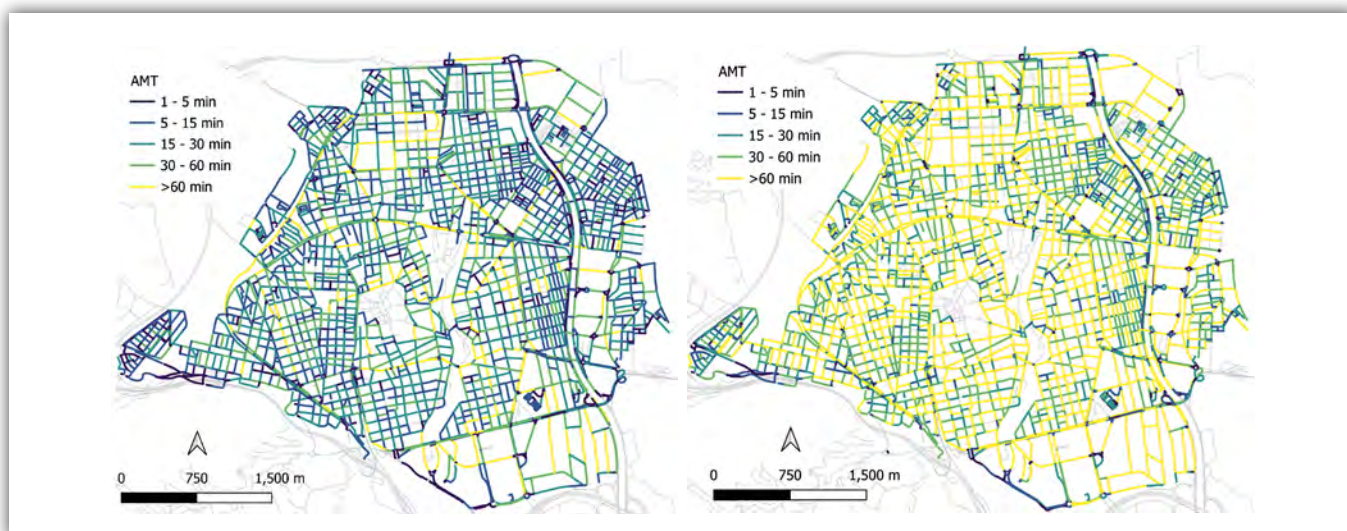


Figura 12. AMT obtenido durante un año de circulación para un servicio postal en la ciudad de Terrassa, España: (a) con un único vehículo; y (b) con tres vehículos midiendo de forma simultánea.

15 min. Este indicador asciende notablemente al 88.5 % cuando la flota se compone de tres unidades, lo cual se refleja visualmente en una mayor predominancia de segmentos con tiempos de muestreo prolongados.

En conjunto, estos resultados resaltan la influencia combinada del tamaño de la flota y la agregación espacial en la distancia total cubierta durante las campañas móviles de monitorización de ruido. El aumento del número de vehículos mejora sustancialmente la proporción de la red de calles que alcanza un umbral determinado de AMT dentro del mismo periodo de observación. Del mismo modo, la agregación de segmentos de calle adyacentes (Lx3 y Lx5) aumenta el porcentaje de TDC que cumple el requisito de tiempo mínimo de medición, ya que las mediciones recolectadas en los segmentos vecinos aportan tiempo de medición acumulado adicional a la ubicación evaluada. Sin embargo, estas dos estrategias afectan a los resultados a través de mecanismos diferentes: el aumento del tamaño de la flota mejora el esfuerzo de muestreo efectivo en toda la red, mientras que la agregación de segmentos adyacentes incrementa el tiempo de medición acumulado al agrupar mediciones de secciones de calle cercanas, reduciendo efectivamente la resolución espacial del análisis. Por lo tanto, la selección de una estrategia adecuada requiere equilibrar el objetivo de maximizar la cobertura de la red con la necesidad de preservar la representatividad espacial en las estimaciones de ruido resultantes.

3.3. Función de transferencia a fachada

Análisis estadístico y paramétrico de las simulaciones acústicas

Tal y como se muestra en la Figura 5, se generaron inicialmente 998 receptores en el modelo de simulación de tráfico urbano. Para garantizar la robustez del análisis estadístico posterior, se aplicó el método del Rango Inter-cuartílico (IQR) con el fin de eliminar valores atípicos, puntos extremos y aquellos receptores asociados a edificios con una altura inferior a 4 m. La muestra final válida empleada en el análisis constó de $N = 959$ receptores, abarcando tres tipologías de cañones urbanos con la siguiente distribución: forma de U ($N = 482$), J ($N = 137$) y L ($N = 340$).

A partir de este conjunto de datos, se analizó la relación entre los parámetros geométricos de las calles y la diferencia de nivel sonoro ΔL , comparando simultáneamente el rendimiento predictivo de distintos modelos de regresión. La Figura 13 y la Tabla 6 exponen los resultados del ajuste para todas las formulaciones propuestas. Los modelos A y B, fundamentados en la relación de aspecto, exhiben una alta dispersión de los datos, lo que denota una capacidad predictiva limitada. Por el contrario, el Modelo D, una regresión lineal univariante basada exclusivamente en la anchura de la calle W , revela una correlación notablemente más compacta, especialmente

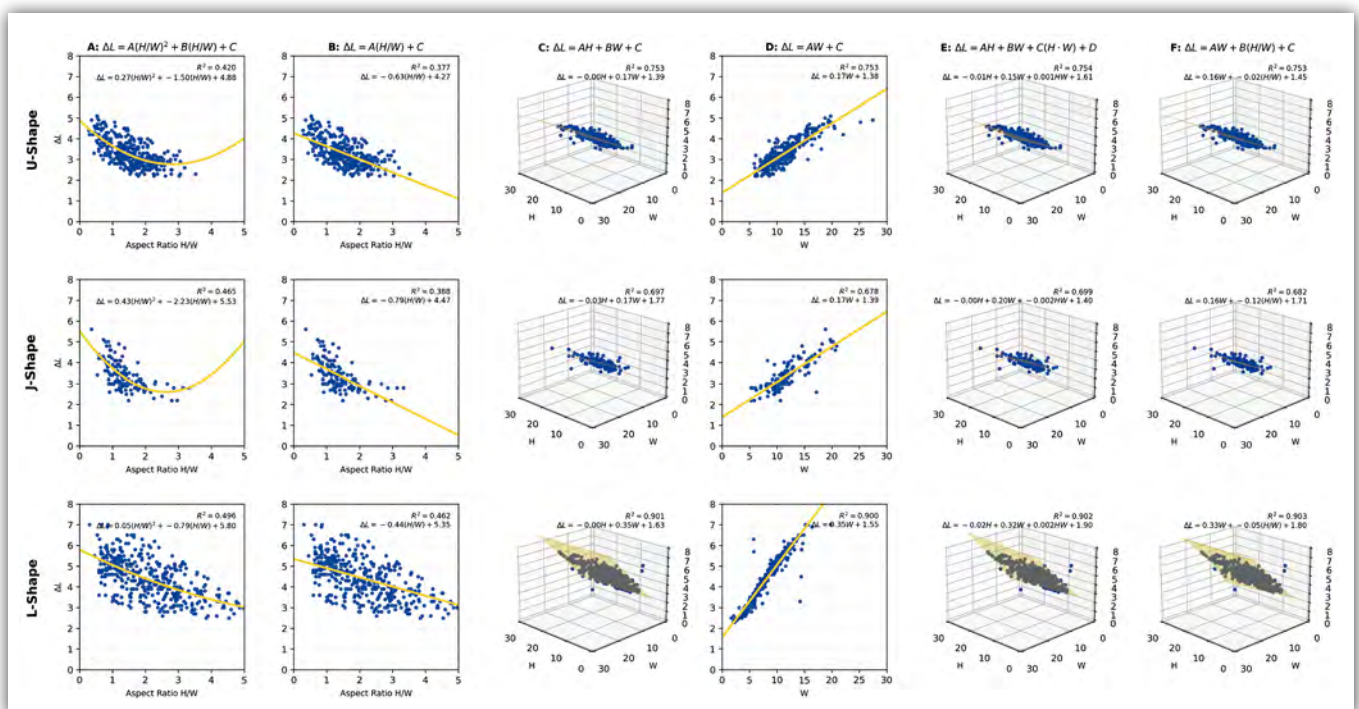


Figura 13. Resultados del ajuste para todos los modelos de regresión. Los puntos azules representan los datos simulados y las líneas o superficies amarillas denotan las proyecciones teóricas. Cada fila corresponde a una configuración específica de cañón urbano de acuerdo con la Tabla 4.

Tabla 6. Resumen de los coeficientes de regresión, su significancia estadística y el rendimiento de los modelos.
Niveles de significancia: *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$, ^{ns} $p \geq 0.05$. — indica variable no incluida en el modelo

Tipo	Mod.	Const.	Coeficientes de Regresión					Rendimiento	
			H	W	AR	AR ²	$h \cdot W$	R ²	RMSE
U	A	4.88***	—	—	-1.50***	0.27***	—	0.429	0.458
	B	4.27***	—	—	-0.63***	—	—	0.377	0.475
	C	1.39***	-1.8×10^{-4}	0.17***	—	—	—	0.753	0.299
	D	1.38***	—	0.17***	—	—	—	0.753	0.299
	E	1.61***	-1.2×10^{-2}	0.15***	—	—	3.2×10^{-5}	0.754	0.299
	F	1.45***	—	0.16***	-2.4×10^{-2}	—	—	0.753	0.299
J	A	5.53***	—	—	-2.23***	0.43***	—	0.465	0.492
	B	4.47***	—	—	-0.79***	—	—	0.388	0.526
	C	1.77***	-3.7×10^{-2}	0.17***	—	—	—	0.697	0.371
	D	1.39***	—	0.17***	—	—	—	0.678	0.382
	E	1.40**	-1.6×10^{-5}	0.20***	—	—	3.2×10^{-5}	0.699	0.370
	F	1.71***	—	0.16***	-0.12	—	—	0.682	0.379
L	A	5.80***	—	—	-0.79***	-5.1×10^{-2}	—	0.496	0.734
	B	5.35***	—	—	-0.44***	—	—	0.462	0.758
	C	1.63***	-3.4×10^{-4}	0.35***	—	—	—	0.901	0.325
	D	1.55***	—	0.35***	—	—	—	0.901	0.326
	E	1.90***	-2.1×10^{-2}	0.32***	—	—	3.2×10^{-5}	0.902	0.323
	F	1.80***	—	0.33***	-0.05***	—	—	0.903	0.321

en los cañones en forma de L. Cabe destacar que, si bien los modelos multivariantes C, E y F incorporan la altura de los edificios H , su precisión de ajuste no experimenta mejoras significativas frente al Modelo D.

Examinando la contribución individual de las variables de diseño, como se evidencia en la Figura 13 y la Tabla 6, el efecto de H sobre ΔL es insignificante en todas las tipologías viarias estudiadas. Aunque su coeficiente puede resultar estadísticamente significativo para el estudio de la variación del campo sonoro a diferentes alturas, para el presente problema de la diferencia de niveles entre dos puntos determinados su importancia es sustancialmente menor que la de W . Por consiguiente, la variable H se descartó para la configuración final de la función de transferencia.

En contraste, la anchura W mantiene una correlación lineal robusta con ΔL . Conforme W aumenta, la distan-

cia absoluta entre los receptores R_1 y R_2 se incrementa, dominando así la pérdida de energía acústica. El Modelo D univariante demuestra un ajuste altamente efectivo en los cañones tipo L ($R^2 = 0.901$); mientras que en los cañones tipo U y J alcanza valores de 0.753 y 0.678, respectivamente. Estos resultados constatan que es factible lograr una estimación de alta precisión de ΔL basándose únicamente en la anchura de la calle, sin necesidad de recurrir a parametrizaciones más complejas.

Al contrastar el Modelo D (basado únicamente en W) con las formulaciones A, C, E y F (que incluyen parámetros adicionales como H , AR o $H \cdot W$), se constata que logra resultados análogos conservando la máxima simplicidad analítica. Tal y como detalla la Tabla 6, los valores de R^2 para el Modelo D se sitúan en 0.753 y 0.901 para los cañones en U y L respectivamente. En virtud de

esta eficiencia paramétrica, el Modelo D fue seleccionado como la función de transferencia óptima. Dado que los coeficientes y métricas de ajuste para las tipologías U y J resultaron virtualmente idénticos, se optó por unificarlas en una única categoría para simplificar el modelo final y favorecer su aplicabilidad práctica. Las ecuaciones resultantes se definen a continuación:

$$U/J: \Delta L = 0.17 \cdot W + 1.38 \quad (10)$$

$$L: \Delta L = 0.35 \cdot W + 1.55 \quad (11)$$

Ambas funciones presentan pendientes positivas, confirmando que ΔL incrementa de forma directamente proporcional al ensanchamiento de la calle.

Validación experimental del modelo

El despliegue experimental final consistió en la selección de cuatro secciones transversales representativas: tres cañones de tipología U/J ($S = 3$) y una vía de configuración tipo L ($S = 1$), lo que resultó en un tamaño muestral de $N = 18$ para el grupo U/J y $N = 6$ para el escenario tipo L (Ecuación 9).

Los resultados de la validación concuerdan con las funciones de transferencia derivadas. En los cañones en forma de U/J, la discrepancia entre las proyecciones teóricas y los registros experimentales arrojó un RMSE de 1.3 dBA. Por su parte, en la vía de tipología L, el modelo alcanzó una precisión notable con un error de 0.9 dBA. En términos generales, la desviación media del modelo se sitúa en torno a 1 dBA, magnitud que se encuentra por debajo de la incertidumbre típica admisible en las campañas de monitorización de ruido ambiental y en la elaboración de mapas estratégicos [28].

Estos hallazgos apoyan que la simplificación del modelo de regresión, basada exclusivamente en la anchura de la vía W , no compromete su fiabilidad operativa. Por consiguiente, las ecuaciones propuestas satisfacen los criterios de precisión requeridos para la transformación de datos de medición móvil en niveles de evaluación en fachada.

4. Discusión

El sistema propuesto representa un cambio de paradigma en la viabilidad operativa y económica de la cartografía sonora urbana. La evidencia científica reciente demuestra que periodos de medición no consecutivos de apenas 15 minutos son suficientes para estimar con precisión el indicador de ruido diurno (L_{day}) a nivel de calle individual [27], pudiendo complementarse con estrategias adicionales de muestreo [29, 30] para una caracterización temporal más extensa. Al extrapolar este requerimiento a un esce-

nario de despliegue real integrado en la flota del servicio postal, la eficiencia logística aumenta drásticamente. Las simulaciones operativas de microtráfico evidencian que este servicio abarca el 95.7 % del entramado urbano de la ciudad de Terrassa cumpliendo con los valores mínimos de tiempo de medición. Al desplegar una red de apenas 10 nodos sensores móviles circulando durante sus rutas habituales, es posible garantizar el tiempo de integración normativo en toda esta área en un periodo aproximado de 127 días laborables. Esta aceleración metodológica se traduce en un ahorro cuantitativo directo: mientras que la elaboración de un mapa de ruido normativo para una ciudad de estas dimensiones (~200 000 habitantes) exige un presupuesto cercano a los 20 000 e cada cinco años, la red móvil propuesta requiere una inversión inicial en instrumentación de apenas 1 000 e (10 estaciones a ~100 e/unidad). Esta drástica reducción presupuestaria, combinada con la transición desde los exigentes ciclos quinquenales hacia renovaciones cuatrimestrales, hace viable técnica y financieramente la obtención de cartografías acústicas de alta resolución espacio-temporal.

Respecto a la autonomía del MASN, su despliegue operativo en vehículos de reparto y de bajo impacto sonoro, tal como las bicicletas que se modelaron para el servicio postal, y que previamente han sido probadas exitosamente [31], abre la posibilidad de implementar diversas tecnologías de recolección de energía. La Tabla 7 expone múltiples dispositivos reportados en la literatura con capacidad potencial para proveer la demanda eléctrica del sensor. Aquellos marcados con un asterisco han sido concebidos específicamente para su integración en bicicletas. El análisis de estas alternativas demuestra que una gran parte de las tecnologías actuales podría utilizarse de manera directa para garantizar la operatividad continua del sistema.

Por otro lado, al evaluar la viabilidad de cada fuente energética, es necesario considerar tanto la potencia suministrada como la complejidad logística de su instalación. Si bien los recolectores rotativos pueden generar niveles considerables de energía, su integración mecánica en flotas existentes de reparto plantea notables desafíos y podría resultar invasiva. En contraste, las opciones basadas en captación solar, eólica y de vibraciones destacan por su simplicidad y facilidad de integración. Los paneles solares representan una solución madura y eficiente para alimentar el sensor, aunque su rendimiento está intrínsecamente supeditado a las condiciones meteorológicas. Por su parte, los recolectores de vibración o flujo de aire (como el sistema híbrido TEP-WEH) resultan especialmente prometedores, dado que pueden incorporarse fluidamente en el empaquetado final del MASN, asegurando una instalación mínimamente invasiva. La implementación aislada o combinada de estas fuentes ambientales hace

Tabla 7. Posibles dispositivos de recolección de energía para la MASN.

Referencia	Técnica de recolección	Fuente de energía	Potencia
Panel solar [33]	FV	Luz	15-100 mW/cm ²
HEHS [34]	EM/PZ	Rotativa*	10.07 mW
Rectificador de movimiento rotativo [35]	EM	Vibración/Rotativa*	0.313 W
Integrado en bicicleta [36]	EM	Rotativa*	1.17 W
EMVEH [37]	EM	Vibraciones	29.08 mW/cm ³ g ²
Piezoelectrico sintonizado [38]	PZ	Vibraciones*	1.24 mW/cm ³
DMR-TENG [39]	T	Rotativa*	0.3/2.29 mW en marcha/frenado
BR-HNG [40]	T(Híbrido)	Rotativa*	0.37 mW
CSMWT [41]	EM	Flujo de aire	2 mW/cm ² @10m/s
TEP-WEH [42]	T(Híbrido)	Flujo de aire	62.79 mW/m ³ rpm

La técnica de recolección se codifica como: (FV)-Fotovoltaica, (EM)-Electromagnética, (PZ)-Piezoeléctrica y (T)-Triboelectrica. Los marcados con un asterisco fueron diseñados para su aplicación en bicicletas.

totalmente factible la creación de un nodo autónomo. No obstante, el éxito de este paradigma dependerá de la selección y diseño de un sistema de gestión de energía altamente eficiente, cuya arquitectura es determinante para maximizar la cantidad de energía útil extraída de estas fuentes fluctuantes [32].

Como eslabón final para la generación de mapas normativos, la función de transferencia empírica ha demostrado ser una aproximación robusta para extrapolar los registros móviles del eje de la calzada a la fachada de los edificios. Sin embargo, su escalabilidad a nivel metropolitano conlleva retos operativos. Su principal dependencia, la anchura de la calle, exige el mantenimiento de un inventario viario actualizado. Si bien este requisito logístico es considerablemente inferior a la parametrización geométrica integral que demandan los estándares de simulación vigentes (e.g., CNOSSOS-EU), no debe subestimarse.

5. Conclusiones

El presente documento ha culminado con el diseño, validación y planificación logística de una arquitectura integral para la monitorización móvil de ruido urbano, superando las barreras tecnológicas y económicas de la cartografía acústica tradicional. La consecución de este objetivo se sustenta en tres grandes contribuciones científico-técnicas:

En primer lugar, a nivel de *hardware*, se ha desarrollado un nodo sensor autónomo inédito en la literatura, optimizado específicamente para el muestreo acústico móvil. Mediante la implementación de algoritmos basados

en la PSD para el procesamiento de la señal, esquemas de codificación y compresión delta para la transmisión y técnicas de interpolación para el posicionamiento GNSS, el dispositivo logra una reducción del consumo energético superior al 75 %. Todo ello manteniendo una precisión instrumental y cumpliendo con los exigentes estándares (IEC 61260-1 e IEC 61672-1). Esta ultraeficiencia viabiliza su alimentación permanente mediante tecnologías de *energy harvesting* integradas en vehículos de movilidad personal con baja emisión de ruido.

En segundo lugar, las simulaciones operativas de microtráfico demostraron que el éxito de la monitorización masiva depende críticamente de las características de la flota. Los vehículos del servicio postal, debido a sus trayectorias regulares y alta redundancia temporal, constituyen la plataforma de despliegue más eficiente frente a opciones más dispersas como el reparto bajo demanda. Esta metodología basada en simulación se consolida como un marco indispensable para optimizar el tamaño de la red y las estrategias de muestreo antes de su ejecución física en cualquier entorno urbano.

En tercer lugar, para otorgar validez regulatoria a las mediciones móviles, se resolvió la discrepancia espacial inherente entre la captura en el eje de la vía (R_1) y el punto de evaluación normativo en fachada (R_2). A partir del modelo CNOSSOS-EU y mediciones empíricas in situ, se comprobó que la anchura de la calle (W) es el predictor óptimo para modelar la atenuación acústica. Las funciones de transferencia resultantes para morfologías de cañón en U/J ($\Delta L = 0.17W + 1.38$) y en L ($\Delta L = 0.35W + 1.55$) se han validado experimentalmente y se ha obtenido un RMSE entre la predicción y la medida

próximo a 1 dBA. Este hallazgo proporciona un método práctico y directo para traducir registros móviles masivos en niveles de exposición en fachada aptos para el mapeo estratégico.

En conjunto, la sinergia entre una instrumentación ultraeficiente, modelos precisos de corrección espacial y estrategias logísticas optimizadas constituye un avance sin precedentes. Esta investigación demuestra la viabilidad técnica y económica de transitar desde los costosos y estáticos ciclos de evaluación quinquenal hacia la generación de mapas de ruido dinámicos, continuos y de alta resolución, sentando las bases tecnológicas para la gestión medioambiental proactiva en las ciudades del futuro.

Agradecimientos

Esta investigación se ha llevado a cabo con el apoyo financiero del proyecto “Red de sensores acústicos móviles para mapas de ruido automáticos (MASANOM)”, con referencia PID2022-141702OB-I00, financiado por la Agencia Estatal de Investigación.

Referencias

- [1] *Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe*. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen, 2011.
- [2] European Parliament and Council of the European Union. 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. *Official Journal of the European Communities*, L 189:12-26, July 2002.
- [3] European Commission. Joint Research Centre. ICHP. *Common noise assessment methods in Europe (CNOSSOS-EU): to be used by the EU member states for strategic noise mapping following adoption as specified in the environmental noise directive 2002/49/EC*. Publications Office, LU, 2012.
- [4] G. Bennett, E. A. King, J. Curn, V. Cahill, F. Bustamante, and H. J. Rice. Environmental noise mapping using measurements in transit. *Proceedings of ISMA 2010 - International Conference on Noise and Vibration Engineering, including USD 2010*, pages 1795-1809, 2010. ISBN: 9789073802872.
- [5] E. A. King and H. J. Rice. The development of a practical framework for strategic noise mapping. *Applied Acoustics*, 70(8):1116-1127, 2009.
- [6] Ma Jesús Ballesteros, Marcos D. Fernández, and José A. Ballesteros. Acoustic evaluation of leisure events in two mediterranean cities. *Applied Acoustics*, 89:288-296, 2015.
- [7] Pierre Aumond, Catherine Lavandier, Carlos Ribeiro, Elisa Gonzalez Boix, Kennedy Kambona, Ellie D'Hondt, and Pauline Delaitre. A study of the accuracy of mobile technology for measuring urban noise pollution in large scale participatory sensing campaigns. *Applied Acoustics*, 117:219-226, February 2017.
- [8] Patrizia Bellucci, Laura Peruzzi, and Giovanni Zambon. LIFE DYNAMAP : making dynamic noise maps a reality. pages 1181-1188, 2018.
- [9] G Quintero, A Balastegui, and J Romeu. A low-cost noise measurement device for noise mapping based on mobile sampling. *Measurement*, 148:106894, December 2019.
- [10] International Electrotechnical Commission. IEC 61260-1:2014 Electroacoustics - Octave-band and fractional-octave-band filters - Part 1: Specifications. Standard, International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland, March 2014.
- [11] International Electrotechnical Commission. IEC 61672-1:2013 Electroacoustics - Sound level meters - Part 1: Specifications. Standard, International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland, September 2013.
- [12] G. Quintero, Andreu Balastegui, and Jordi Romeu. One-third octave spectrum calculation to meet the attenuation limits of a class 1 analyzer (IEC 61260-1: 2014) for low-power noise sensors. In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, volume 270, pages 6993 - 7998. Institute of Noise Control Engineering, 2024.
- [13] Zach Shelby, Klaus Hartke, and Carsten Bormann. The Constrained Application Protocol (CoAP). RFC 7252, RFC Editor, June 2014.
- [14] S.P. Hoogendoorn and P.H.L. Bovy. State-of-the-art of vehicular traffic flow modelling. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, 215(4):283-303, June 2001.
- [15] M. Saidallah, A. El Fergougui, and A.E. Elalaoui. A comparative study of urban road traffic simulators.
- [16] *MATEC Web of Conferences*, 81:05002, January 2016.
- [17] Y. Su, H. Ghaderi, and H. Dia. The role of traffic simulation in shaping effective and sustainable innovative urban delivery interventions. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 13:100130, 2024.

- [18] Eclipse SUMO - simulation of urban MObility. <https://eclipse.dev/sumo/>.
- [19] M. Behrisch, L. Bieker-Walz, J. Erdmann, and D. Krajzewicz. Sumo - simulation of urban mobility: An overview. In *Proceedings of SIMUL*, volume 2011, October 2011.
- [20] G. Clarke and J.W. Wright. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points.
- [21] *Operations Research*, 12(4):568-581, 1964.
- [22] S. Nirwan, M.H.L. Abdullah, and S.S. Rahim. Postal Item Delivery Route Optimization Based On Close-Open Mix Vehicle Routing Problem. *Webology*, 19(2), 2022.
- [23] F Nicol and M Wilson. The effect of street dimensions and traffic density on the noise level and natural ventilation potential in urban canyons. *Energy and Buildings*, 36(5):423-434, May 2004.
- [24] Hui-Zhong Zhang and Wei Lin. Effect of Street Canyon in Urban Soundscape by the Discussion of Computer Simulation. In Matthias Rauterberg, Fiona Fui-Hoon Nah, Keng Siau, Heidi Krömker, June Wei, and Gavriel Salvendy, editors, *HCI International 2022 - Late Breaking Papers: HCI for Today's Community and Economy*, volume 13520, pages 415-425. Springer Nature Switzerland, Cham, 2022. Series Title: Lecture Notes in Computer Science.
- [25] Daniel Szabó and STU Bratislava. Impact of Building Façade Properties on Noise Levels in Street Canyons.
- [26] *Conference Proceedings*, 2018.
- [27] Inès De Bort and Benoit Beckers. Impact of multiple reflections on urban acoustics. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 2042(1):012052, November 2021.
- [28] International Organization for Standardization. Iso 1996-2:2017 acoustics—description, measurement and assessment of environmental noise—part 2: Determination of sound pressure levels, 2017.
- [29] D. Montes González, J.M. Barrigón Morillas, and G. Rey Gozalo. The influence of microphone location on the results of urban noise measurements. *Applied Acoustics*, 90:64-73, April 2015.
- [30] J. Romeu, M. Genescà, T. Pmies, and S. Jiménez. Street categorization for the estimation of day levels using short-term measurements. *Applied Acoustics*, 72(8):569-577, 2011.
- [31] M. Ausejo, M. Recuero, C. Asensio, I. Pavón, and J. M. López. Study of precision, deviations and uncertainty in the design of the strategic noise map of the macrocenter of the city of buenos aires, argentina. *Environmental Modeling & Assessment*, 15(2):125-135, 2010.
- [32] G. Quintero, A. Balastegui, and J. Romeu. Annual traffic noise levels estimation based on temporal stratification. *Journal of Environmental Management*, 206, 2018.
- [33] G. Quintero, J. Romeu, and A. Balastegui. Temporal and spatial stratification for the estimation of nocturnal long-term noise levels. *Environmental Pollution*, 245:666-674, February 2019.
- [34] G. Quintero, A. Balastegui, and J. Romeu. Traffic noise assessment based on mobile measurements. *Environmental Impact Assessment Review*, 86, 2021.
- [35] D. Alghisi, V. Ferrari, M. Ferrari, D. Crescini, F. Touati, and A. B. Mnaouer. Single- and multi-source battery-less power management circuits for piezoelectric energy harvesting systems. *Sensors and Actuators A: Physical*, 264:234-246, September 2017.
- [36] Peter W. Wessels and Tom G.H. Basten. Design aspects of acoustic sensor networks for environmental noise monitoring. *Applied Acoustics*, 110:227-234, 2016. Publisher: Elsevier Ltd.
- [37] Xiaoyi Dai, Hao Wang, Hao Wu, YaJia Pan, Dabing Luo, Ammar Ahmed, and Zutao Zhang. A hybrid energy harvesting system for self-powered applications in shared bicycles. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 51:101891, June 2022.
- [38] Yiqing Yang, Yawei Pian, and Qiang Liu. Design of energy harvester using rotating motion rectifier and its application on bicycle. *Energy*, 179:222-231, July 2019.
- [39] Robert Urbina, Luis Baron, Juan-Pablo Carvajal, Manuel Pérez, Carlos-Ivan Paez-Rueda, Arturo Fajardo, Germán Yamhure, and Gabriel Perilla. A Bicycle-Embedded Electromagnetic Harvester for Providing Energy to Low-Power Electronic Devices. *Electronics*, 12(13):2787, June 2023.
- [40] Victor Ordoñez, Robert Arcos, and Jordi Romeu. A high-performance electromagnetic vibration energy harvester based on ring magnets with Halbach configuration. *Energy Conversion and Management: X*, 16:100280, December 2022.
- [41] Alberto Doria, Edoardo Marconi, and Federico Moro. Energy Harvesting From Bicycle Vibrations. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 57(6):6417-6426, November 2021.
- [42] Han Zhou, Guoxu Liu, Yikui Gao, Zheng Wang, Yuhang Qin, Yiqian Wang, Yuan Lin, Yuanyuan Xie,

- Yuanfen Chen, and Chi Zhang. Dual Mode Rotary Triboelectric Nanogenerator for Collecting Kinetic Energy from Bicycle Brake. *Advanced Energy and Sustainability Research*, 2(6):2000113, June 2021.
- [43] Mandar Vasant Paranjape, Sontyana Adonijah Graham, Harishkumarreddy Patnam, Punnarao Manchi, and Jae Su Yu. 3D printed bidirectional rotatory hybrid nanogenerator for mechanical energy harvesting. *Nano Energy*, 88:106250, October 2021.
- [44] Mohamed Y. Zakaria, Daniel A. Pereira, and Muhammad R. Hajj. Experimental investigation and performance modeling of centimeter-scale micro-wind turbine energy harvesters. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 147:58-65, December 2015.
- [45] Shuo Tian, Lixiang Lai, Jianpeng Xin, Zongtao Qu, Bin Li, and Yejing Dai. Hybrid Triboelectric-Electromagnetic-Piezoelectric Wind Energy Harvester toward Wide-Scale IoT Self-Powered Sensing. *Small*, 20(20):2307282, May 2024.

Índice de anunciantes

	Pág.
HEAD Acoustics	2
Sound of Numbers	22
AAC - Centro de Acústica Aplicada	30
Cesva	38
SAES	44
Ingeniería Acústica García Calderón	46
dBelectronics	51
Cesva	54
Saint-Gobain	62
Track-Noise	73
Rockwool	84

Sonómetros

Fuentes de ruido

Sondas de intensidad sonora

Software de cálculo de aislamientos acústicos

Sistemas de medida avanzados

Micrófonos

Analizadores de audio

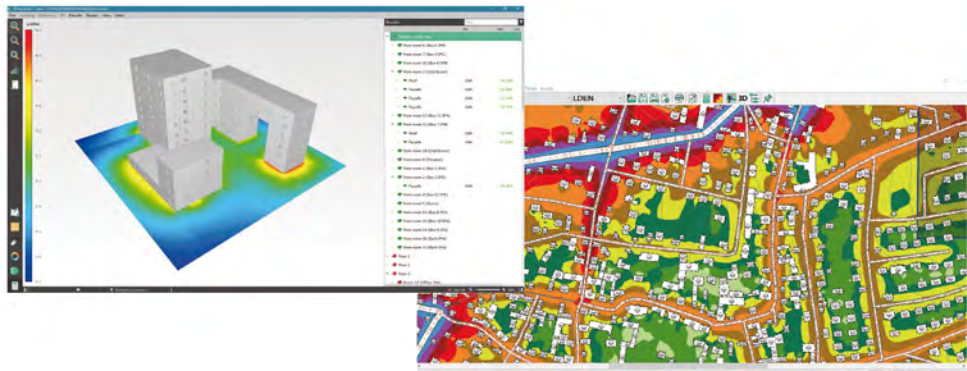
Monitorizado de ruido y vibraciones

Cámaras acústicas

Software de predicción de niveles sonoros en exteriores e interiores



SOUND OF NUMBERS



Desarrolladores y proveedores de tecnología para ingeniería acústica

 **Norsonic**

 **MICROFLOWN**
TECHNOLOGIES

MARSHALL DAY
Acoustics

 **DataKustik**

SEMEX **ENGCON**

G.R.A.S. **AP**



WWW.SOUNDOFNUMBERS.NET

La diversidad en la percepción del sonido: hacia una acústica más inclusiva

Diversity in sound perception: towards a more inclusive acoustics



Carmen Rosas Pérez^{1*}

1 School of Energy, Geoscience, Infrastructure & Society, Heriot-Watt University, Edinburgh, United Kingdom

* Contacto: mcrosasp@gmail.com

Resumen

La percepción humana del sonido presenta una amplia diversidad que rara vez queda reflejada de manera adecuada en la investigación acústica, en las metodologías de evaluación ni en las normativas vigentes. El presente artículo analiza cómo la priorización de una supuesta *audición normal* en la construcción de métricas y modelos limita la representatividad de los estudios y puede derivar en estándares y diseños acústicos poco apropiados para una parte significativa de la población. Se examina asimismo el uso de magnitudes numéricas únicas y de enfoques metodológicos orientados a respuestas promedio, señalando su tendencia a minimizar u ocultar la variabilidad perceptual. Desde el marco de la neurodiversidad y la diversidad auditiva, se presta especial atención a las personas autistas y a otros grupos con diferencias significativas en la percepción sonora, para quienes numerosos entornos cotidianos resultan acústicamente inaccesibles. A partir de estudios basados en experiencias de la vida diaria, se destacan los efectos del sonido y del ruido sobre la salud, el bienestar y la participación social de las personas neurodivergentes, así como el papel de los factores no acústicos. Finalmente, se propone avanzar hacia enfoques de investigación y diseño acústico más inclusivos, que reconozcan y valoren la pluralidad de formas de escuchar.

Palabras clave: percepción sonora, neurodiversidad, diversidad auditiva, acústica inclusiva, sensibilidad al ruido.

Abstract

Human perception of sound exhibits a wide diversity that is rarely adequately reflected in acoustic research, assessment methodologies, or current regulations. This article analyzes how prioritizing a supposedly normal hearing level in the construction of metrics and models limits the representativeness of studies and can lead to acoustic standards and designs that are inappropriate for a significant portion of the population. It also examines the use of single numerical magnitudes and methodological approaches focused on average responses, noting their tendency to minimize or obscure perceptual variability. From the perspective of neurodiversity and auditory diversity, special attention is paid to autistic individuals and other groups with significant differences in sound perception, for whom many everyday environments are acoustically inaccessible. Based on studies of everyday experiences, the effects of sound and noise on the health, well-being, and social participation of neurodivergent individuals are highlighted, as well as the role of non-acoustic factors. Finally, it is proposed to move towards more inclusive approaches to acoustic research and design, which recognize and value the plurality of ways of listening.

Keywords: sound perception, neurodiversity, aural diversity, inclusive acoustics, noise sensitivity.

1. La diversidad en la percepción del sonido

Si bien en la vida cotidiana suele darse por sentado que cada persona oye y escucha el mundo de manera diferente en función de una multiplicidad de factores, esta realidad rara vez se refleja en los resultados de la inves-

tigación ni en los criterios de selección de participantes. De hecho, es frecuente que se establezca como requisito de inclusión el disponer de una audición normal, con el objetivo de reducir la variabilidad atribuible a factores individuales. Ello puede favorecer la reproducibilidad del estudio, pero compromete al mismo tiempo la aplicabilidad de sus resultados.

1.1. La normatividad en la acústica

En la práctica, la consideración preferente de la audición normal se refleja, por ejemplo, en el uso extendido de la ponderación A, cuyo objetivo es tener en cuenta la sensibilidad del oído humano a las distintas bandas de frecuencia. Esta ponderación fue desarrollada a partir de las curvas isofónicas, más concretamente de la curva de 40 fonios, representativa de sonidos de baja intensidad, las cuales refieren a su vez a la percepción media de personas denominadas otológicamente normales en el rango de edad comprendido entre los 18 y los 25 años [1]. Dicho rango de edad corresponde actualmente a aproximadamente el 12 % de la población mundial, siendo probable que la proporción de personas otológicamente normales dentro de ese grupo demográfico sea inferior a ese porcentaje. Cabe señalar que Fletcher y Munson ya subrayaron el carácter subjetivo e individual del concepto de intensidad sonora, al indicar que «la intensidad sonora es un término psicológico utilizado para describir la magnitud de una sensación auditiva» [2].

A pesar de esta representación limitada de la percepción humana del sonido, debido a exigencias de las normativas más comunes, el uso de la ponderación A está muy extendido. Dicha ponderación se usa tanto para espacios interiores como exteriores destinados a toda la población, como para los destinados en su mayor parte a poblaciones específicas con deferencias auditivas reconocidas, como es el caso de los niños o las personas mayores. Esto plantea cuestiones de idoneidad para representar la percepción y prevenir efectos negativos en el conjunto de la población. En efecto, existe un número creciente de estudios que muestran, por ejemplo, una baja correlación entre muchas de las principales magnitudes numéricas únicas exigidas por las normas para garantizar el bienestar y el confort acústico y la evaluación perceptual en entornos de laboratorio y reales. Por ejemplo, niños y jóvenes suelen tener una percepción del volumen diferente, incluso sin considerar diferencias individuales, aspecto abordado en estudios sobre audición y bienestar infantil que emplean, por ejemplo, simuladores de cabeza y torso (HATS) de menor tamaño [3]. Por otro lado, la presbiacusia o pérdida auditiva relacionada con la edad debida a exposición al ruido, enfermedades, fármacos ototóxicos, etc., afecta generalmente la capacidad de oír las altas frecuencias. Esto suele implicar una modificación compensatoria de las respuestas neurológicas a todas las frecuencias, incluyendo la amplificación de las más bajas, lo que puede aumentar las molestias en entornos con ciertos sonidos y un gran número de ellos, como en locales de ocio y restauración. Estos factores entran dentro de lo que actualmente se ha denominado diversidad auditiva, comentada en más detalle en la sección 3 del presente artículo.

Asimismo, incluso cuando la naturaleza subjetiva de la experiencia sonora se destaca explícitamente y se considera el principal avance de perspectivas más centradas en la percepción humana, es común que las metodologías se basen en enfoques cuantitativos orientados a obtener *la respuesta única*. Por ejemplo, en el ámbito de la psicoacústica, es común el desarrollo de modelos para tratar de reflejar la percepción humana del sonido y sus atributos principales, aunque frecuentemente bajo la premisa de que existe una percepción media o *ideal*. La cuantificación de percepciones subjetivas y la potencial conveniencia del uso de medias se ha adoptado también, por ejemplo, en los métodos para la evaluación de paisajes sonoros siguiendo el estándar ISO 12913 [4]. Aunque estos métodos pueden resultar de utilidad en ciertos contextos y aplicaciones específicas, es importante señalar que en la actualidad están siendo objeto de debates sobre su adecuación para llevar a cabo evaluaciones e intervenciones en espacios reales destinados a diferentes poblaciones, así como sobre su limitación en cuanto a la representación de la experiencia, no solamente de grupos de población específicos, sino de la mayoría de los usuarios debido a sesgos en la adquisición y el análisis de datos, así como en la inclusión de participantes en estudios o acciones de participación ciudadana.

Es importante resaltar que los primeros trabajos sobre paisaje sonoro cuestionaron cualquier intento de establecer generalizaciones, fomentando el análisis de las dimensiones individuales, tal y como resume este fragmento de Hildegard Westerkamp: «Existe un lugar complejo y misterioso entre un sonido y la experiencia que el oyente tiene de él. Un sonido se produce. Y se oye. Pero, ¿por qué persona? ¿De qué cultura? ¿En qué estado mental? ¿En qué estado físico? ¿En qué espacio psíquico? ¿Con qué conocimiento intelectual? ¿Con qué experiencias pasadas?» [5].

Resulta igualmente reseñable que, en los resultados de diversos estudios sobre percepción sonora y paisaje sonoro, se aprecia un rango de variación considerable que refleja la diversidad existente entre los participantes, pero que tiende a quedar minimizado por los análisis estadísticos empleados y por la exigencia de proporcionar resultados numéricos únicos. En consecuencia, la diversidad presente en los datos, que ya excluyen necesariamente una parte del espectro de experiencias humanas, queda relegada a un segundo plano en los resultados principales, como consecuencia de determinadas limitaciones y elecciones metodológicas y estadísticas. Ello suscita interrogantes sobre la conveniencia de revisar dichas metodologías con el fin de reflejar y dar cabida a la diversidad de experiencias en la mayor medida posible y, quizás también, de reflexionar sobre en qué medida la primacía otorgada a los resultados estadísticos agregados

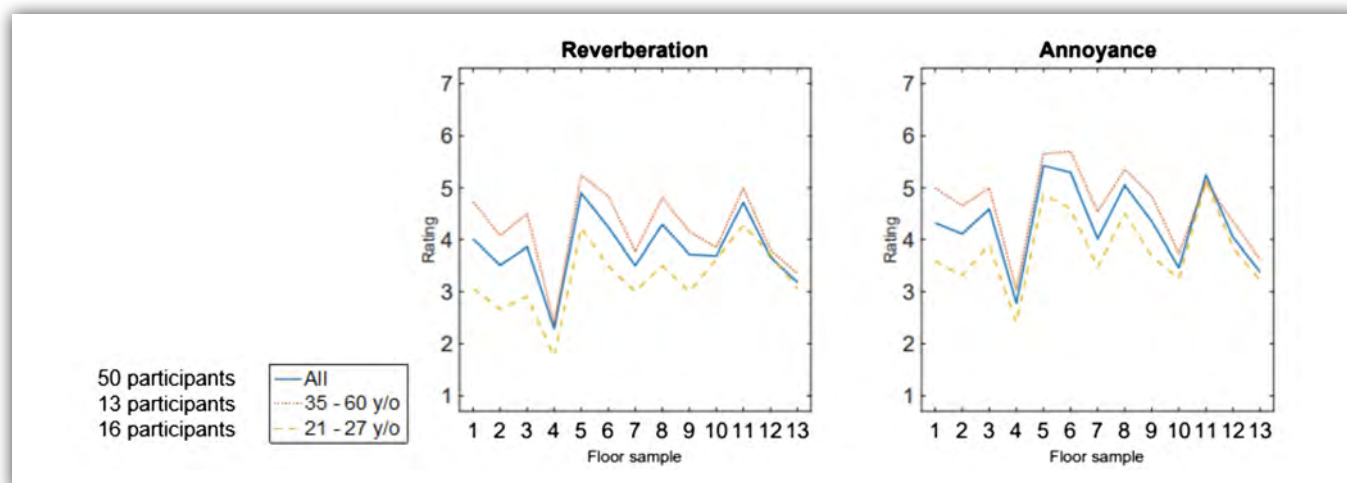


Figura 1. Evaluación subjetiva perceptual de sonidos de pasos en forjados ligeros modelados: resultados de reverberación y molestia percibida [6].

puede haber contribuido a una simplificación excesiva de la realidad de las respuestas humanas al sonido.

Como ejemplo de ello, la Figura 1 muestra las valoraciones del nivel de reverberación y molestia percibida por un grupo de participantes en un laboratorio en el que se simularon los pasos de personas andando sobre 13 tipos de forjados ligeros. La línea continua azul representa las respuestas medias del total de participantes, mientras que las otras dos representan las de los grupos de participantes más jóvenes (línea discontinua amarilla) y más mayores (línea de puntos roja). En este ejemplo se puede observar cómo la percepción media por grupos de edad dista significativamente de la media total para los dos atributos en el caso de varios forjados, sugiriendo que reportar solamente la media total no representaría adecuadamente la percepción de ninguno de estos grupos.

Es importante señalar que el concepto de neurodiversidad no tiene la intención de negar o minimizar la existencia de discapacidad, como a veces se ha objetado. Al contrario, desde comunidades neurodivergentes se llama a la concienciación sobre todas las formas en que los entornos y las normas y expectativas sociales constituyen los factores discapacitantes (lo que se conoce como el modelo social de discapacidad), abogando por una inclusión que elimine las barreras para la plena participación en la sociedad en condiciones de igualdad. Recientemente en España se ha creado el Observatorio Nacional para las Neurodivergencias [9], destinado a proporcionar información precisa y actualizada sobre la situación de las personas neurodivergentes en el país y a promover la implementación de políticas basadas en evidencia y fomentando una sociedad más inclusiva y equitativa.

Por otra parte, como se ha señalado en la anteriormente, existen grupos de población con diferencias significativas en el ámbito de la percepción sensorial; dichos

grupos y sus particularidades deben ser considerados de manera más específica. Uno de ellos es el de las personas neurodivergentes, especialmente el colectivo de personas autistas, para quienes numerosos espacios resultan acústicamente inaccesibles. En la sección siguiente se presentan algunas de las diferencias más relevantes y su repercusión en la vida cotidiana.

2. Neurodiversidad

El término *neurodiversidad*, desarrollado colectivamente en los años 90, es una equivalencia al término biodiversidad, y se refiere a la diversidad en el funcionamiento cognitivo [7]. En los últimos años, se han extendido el uso términos como *persona neurotípica* para referirse a las personas cuya *versión neurológica* pertenece a lo que se considera típico en un contexto social, cultural y temporal concreto, y *persona neurodivergente*, para referirse a las que divergen de esa categoría, teniendo en cuenta que la *normalidad* y lo *normal* son construcciones sociales [8]. Algunos de los grupos de personas que se consideran neurodivergentes en la actualidad son las personas autistas, las personas con TDAH (trastorno por déficit de atención e hiperactividad), dislexia, síndrome de Tourette, sinestesia, o epilepsia, entre otros. El total de personas que se podrían calificar como neurotípicas, no obstante, no se corresponde necesariamente a la mayoría de la población, ni todas esas personas serían neurológicamente iguales, como tampoco lo son las personas neurodivergentes. Sin embargo, el concepto de neurodiversidad es considerado de gran utilidad para progresar en la aceptación, valoración e inclusión de distintas formas de ser, relacionarse, comunicarse y percibir el mundo, y reducir así el estigma, la exclusión y la presión para ser *normal*.

Es importante señalar que el concepto de neurodiversidad no tiene la intención de negar o minimizar la existencia

de discapacidad, como a veces se ha objetado. Al contrario, desde las propias comunidades neurodivergentes se reivindica una mayor concienciación sobre el modo en que los entornos, así como las normas y expectativas sociales, constituyen los factores discapacitantes (lo que se conoce como el modelo social de discapacidad), abogando por una inclusión que elimine las barreras para la plena participación en la sociedad en condiciones de igualdad. En el contexto español, se ha creado recientemente el Observatorio Nacional para las Neurodivergencias [9], con el objetivo de ofrecer información precisa y actualizada sobre la situación de las personas neurodivergentes en el país y de promover la implementación de políticas basadas en la evidencia, contribuyendo así al desarrollo de una sociedad más inclusiva y equitativa.

2.1. Percepción del sonido en personas autistas

En el momento de la redacción del presente artículo, la Sociedad Nacional del Autismo del Reino Unido describe el autismo de la siguiente manera: «El autismo influye en la forma en que las personas experimentan el mundo e interactúan con él. Se trata de una neurodiversidad y una discapacidad que dura toda la vida. Las personas autistas son diferentes entre sí, pero para que se les diagnostique deben compartir diferencias con respecto a las personas no autistas en cuanto a su forma de pensar, sentir y comunicarse» [10]. La teoría del *monotropismo*, que cuenta con un respaldo creciente tanto en la comunidad autista como entre los profesionales del ámbito, propone que las personas autistas presentan un estilo de procesamiento que las lleva a concentrarse intensamente en determinadas tareas o intereses en un momento dado, en lugar de distribuir la atención de manera superficial entre diversas actividades [11] y que ello puede dar lugar a que los estímulos sensoriales no deseados sean experimentados como intrusiones que conllevan un elevado coste cognitivo y energético.

Las primeras descripciones de niños autistas, realizadas en 1925 por Grunya Sukhareva, resaltaron diferencias sensoriales, incluyendo observaciones como «dotado para la música, percepción mejorada del tono», «sensibilidad al ruido, busca la tranquilidad», y «sensibilidad al olfato» [12]. Las diferencias en la percepción sonora en las personas autistas pueden manifestarse en una alta prevalencia de hiperacusia e hipersensibilidad auditiva, lo que parece estar relacionado con diferencias en las respuestas a los sonidos más que en el propio sistema auditivo [13]. Estas respuestas pueden conducir a mayores niveles de estrés y a una menor tolerancia a los sonidos fuertes o a los sonidos de alta o baja frecuencia, pero también, entre otras cosas, a una percepción superior de la tonalidad [14], «una representación mejorada, estable y altamente

precisa de los eventos auditivos en las dimensiones de tono y tiempo» [15], y a una mayor identificación y memorización de notas musicales [16].

Los estudios basados en experiencias vitales de personas autistas muestran que la dimensión sonora es siempre una de las más destacadas, y en muchas ocasiones la principal, y que las diferencias en la percepción del sonido constituyen un aspecto muy significativo de la experiencia de ser autista, con implicaciones tanto positivas como negativas [17-21]. Muchas personas autistas experimentan un profundo disfrute de los entornos naturales y de la música, elementos que pueden desempeñar un papel restaurativo relevante para contrarrestar el mayor nivel de estrés general experimentado en la vida cotidiana. Sin embargo, una capacidad mayor para percibir y procesar sonidos y otros estímulos sensoriales también puede resultar abrumador en ciertos entornos y contextos (espacios y transporte público, tiendas, lugares de estudio y trabajo en los que además hay que concentrarse, o el propio domicilio cuando no se dispone de control sobre los sonidos del entorno). Los sonidos suelen percibirse en un mismo plano de prioridad, sin la posibilidad de limitar la atención a sonidos de interés e ignorar los de fondo. Esto genera dificultades para seguir conversaciones en lugares ruidosos, por ejemplo, y un mayor desgaste de energía y recursos cognitivos, que pueden llevar a lo que se conoce comúnmente como sobrecarga sensorial. Además, en general existe una ausencia de habituación al ruido cotidiano (hecho que también ocurre en muchas personas no autistas), que se traduce en un aumento progresivo de la irritación, el estrés, el agotamiento y los efectos negativos sobre la salud a corto y largo plazo. En numerosos casos, dicho efecto acumulativo tiene además a aumentar a su vez la sensibilidad al ruido, lo que produce un efecto de retroalimentación. Esto cuestiona la suposición común de que una mayor exposición al ruido conduce a la reducción de la sensibilidad, y pone de relieve el daño potencial de enfoques que ignoran los perfiles sensoriales individuales.

Asimismo, las personas autistas suelen experimentar durante toda la vida una falta de comprensión y aceptación de estas diferencias perceptuales en la sociedad, así como acusaciones de exageración o falta de voluntad para soportar ciertos entornos. Todo ello hace que el impacto de condiciones acústicas inadecuadas trascienda la mera molestia o estrés momentáneo, afectando a la salud mental, la autoestima, la educación, el trabajo, la seguridad financiera, y la participación y el sentido de pertenencia en la sociedad, entre otras dimensiones [20].

Muchas personas autistas recurren a estrategias de afrontamiento individuales, como auriculares con cancelación de ruido, protectores auditivos o gafas de sol, para reducir el nivel de estímulos percibidos, pero estas

soluciones no son ideales: no todo el mundo puede permitírselas o utilizarlas, y además suelen conllevar repercusiones negativas adicionales como más estigmatización, señalamiento y aislamiento. También se han descrito en la literatura otras barreras que pueden impedir que las personas reciban el apoyo adecuado y la comprensión de sus necesidades debido a la falta de conocimiento en la sociedad, así como a experiencias negativas al solicitar adaptaciones en los lugares de trabajo [17, 22]. A ello se suma que, lamentablemente, la revelación de un diagnóstico de autismo en el ámbito laboral sigue acarreando con frecuencia consecuencias negativas, entre ellas la discriminación activa y las desventajas en los procesos de contratación y promoción [23].

Cabe subrayar que la percepción sensorial es una experiencia eminentemente personal, y que este carácter individual de las vivencias relacionadas con los sonidos y los entornos acústicos, así como de las preferencias respecto a medidas y soluciones, es igualmente aplicable a las personas autistas y a otras personas neurodivergentes. Lo que puede resultar adecuado para una persona puede no serlo para otra.

2.2. Diversidad auditiva

Siguiendo el paradigma de la neurodiversidad, en los últimos años se ha comenzado a usar los términos *aural diversity*/*aural diversity* para referirse a las diferencias auditivas y/o de percepción del sonido debido a características innatas o adquiridas del sistema auditivo, incluyendo por supuesto al cerebro [24]. Como indica la infografía creada por la Aural Diversity Network [25], dentro de la diversidad auditiva se encuentran, entre otros, la hiperacusia (tolerancia reducida a la intensidad sonora), la sordera y la hipoacusia, los acúfenos (también conocido como tinnitus), y la diplacusia.

En este ámbito es igualmente frecuente el uso de *auraltypical* y *auraldivergent*, que podrían traducirse como personas *auditípicas* y *audidivergentes*. Sin embargo, una audición típica se correspondería con lo que se considera tanto en la investigación en acústica como en el ámbito clínico como audición *normal*, que, como ya se ha señalado, corresponde en un sentido estricto a una minoría de la población, por lo que lo *típico* resultaría, en este caso, cuestionable.

Aunque en ocasiones pudiera pensarse que ciertas diferencias auditivas pueden reducir, por ejemplo, la sensibilidad al ruido y a sus efectos, es frecuente que ocurra lo contrario. La prevalencia de la alta sensibilidad al ruido en personas con hiperacusia y acúfenos es elevada relevante por varias razones. En primer lugar, las personas sensibles al ruido con acúfenos pueden necesitar condiciones sono-

ras específicas, ya que los espacios *demasiado silenciosos* o con ciertos sonidos pueden agravar su tipo de acúfeno. En segundo lugar, la causa más común de acúfenos es la exposición a sonidos fuertes, siendo un síntoma temprano de pérdida auditiva. Así, la exposición repetida a sonidos fuertes puede causar hiperacusia, frecuente en personas con acúfenos y pérdida auditiva [26]. Esto tiene especial relevancia frente a los consejos cada vez más habituales de desensibilización por exposición a sonidos fuertes que también muchas personas con hiperacusia y también con sensibilidad al ruido reciben, y que pueden aumentar ambas cosas en lugar de reducirlas debido al daño de las células ciliadas cocleares y a los mecanismos compensatorios del sistema auditivo. También se tiende a pensar que la prevalencia de hiperacusia es mayor en niños por este mismo proceso de desensibilización, pero una revisión reciente encontró una prevalencia del 0,2 % en niños de 9 años, un 17,2 % en adultos, y proporciones mayores en músicos (67 %), personas autistas y con acúfenos [27].

3. Otros factores

Además de las diferencias específicas mencionadas, la literatura también ha destacado el gran papel que juegan lo que se conoce como factores no acústicos, que son factores relacionados con la persona, los contextos o características no acústicas de los sonidos, y que han demostrado ser no solamente cruciales en cuanto a las diferencias en la percepción del entorno acústico, sino también en los efectos del ruido a través de la activación de mecanismos de estrés. Estos factores pueden asimismo hacer que la percepción y el impacto de un mismo entorno varíen para una misma persona en distintas circunstancias. La edad, por ejemplo, suele ser un moderador importante en estudios con cohortes amplias, con una mayor molestia por el ruido al aumentar la edad en la población general. Se ha sugerido que esta relación puede deberse a un mayor nivel de estrés, alcanzando un nivel máximo en participantes de mediana edad según un estudio longitudinal [28]. Una mayor edad también puede implicar haber vivido en más lugares y situaciones, así como el desarrollo de afecciones auditivas. Otros factores conocidos son las expectativas individuales sobre el ambiente acústico, el grado de control sobre el mismo, el significado de ciertos sonidos, su consideración como apropiados para un espacio y hora determinadas, las experiencias pasadas negativas con los sonidos, con sus agentes o con las autoridades responsables de atender y hacer cumplir la normativa vigente [17, 29, 30].

4. Conclusiones

La percepción y la respuesta humana al sonido y a un mismo ambiente acústico distan de ser uniformes. No

considerar dicha diversidad puede llevar a limitar nuestro conocimiento en el ámbito de la investigación, y, como consecuencia, a estándares y diseños que no se adecúan a una parte de la población, no necesariamente reducida en muchos casos. Las reflexiones planteadas en este artículo pretenden poner de relieve la configuración de perspectivas que pueden perpetuar normatividades sensoriales, auditivas y de diseño acústico vigentes (estableciendo, de facto, lo que se considera normal y lo que no), así como las formas en las que estas pueden alimentarse mutuamente. Finalmente, el artículo tiene la intención de ser una llamada a la comunidad acústica para aumentar la consideración y aceptación de todas las formas de *escuchar*, y así reimaginar procesos, agentes y usuarios para un diseño más inclusivo de los espacios y las ciudades.

Nota sobre el lenguaje usado en este artículo

Personas autistas de diversos países manifiestan su preferencia por el término *persona autista* frente a *persona con autismo*, con el propósito de contribuir a la eliminación del estigma asociado al autismo y de subrayar que este constituye una parte intrínseca de la identidad de la persona y no un rasgo accesorio o una enfermedad, si bien puede coexistir con discapacidades físicas e intelectuales, como ocurre igualmente en personas no autistas. En cuanto a la denominación del autismo, el término *condición* se emplea con una frecuencia creciente en sustitución de *trastorno*, tanto en manuales especializados como en instituciones oficiales. Este desplazamiento terminológico refleja un alejamiento de la perspectiva basada en déficits en favor de un enfoque centrado en diferencias, sin que ello implique minimizar el impacto que dichas diferencias pueden conllevar en un mundo que no ha sido concebido teniéndolas en cuenta.

Referencias

- [1] International Organization for Standardization. ISO 226:2023. 2023.
- [2] Fletcher H, Munson WA. Loudness, Its Definition, Measurement and Calculation. The Journal of the Acoustical Society of America 1933;5:82. <https://doi.org/10.1121/1.1915637>.
- [3] Persson Wayne K, Karlberg J. Sound Quality Characteristics of Importance for Preschool Children's Perception and Wellbeing After an Acoustic Intervention. Frontiers in Built Environment 2021;7.
- [4] International Organization for Standardization. ISO/TS 12913-2:2018 Acoustics: soundscape. Part 2: Data collection and reporting requirements. 2018.
- [5] Westerkamp H. Listening to the Listening. Hildegard Westerkamp 1995. <http://www.hildegardwesterkamp.ca/writings/writings-by/index.php>.
- [6] Rosas-Pérez C. Perceptual evaluation of reproduced walking sounds on lightweight floors. Report of results of listening experiment. ACOUTECT Meeting, 2019.
- [7] Botha M, Chapman R, Onaiwu MG, Kapp SK, Ashley AS, Walker N. The neurodiversity concept was developed collectively: An overdue correction on the origins of neurodiversity theory. Autism 2024. <https://doi.org/10.1177/13623613241237871>.
- [8] Chapman R, Carel H. Neurodiversity, epistemic injustice, and the good human life. Journal of Social Philosophy 2022;53:614-31. <https://doi.org/10.1111/josp.12456>.
- [9] Asociación Teamworkz. I Observatorio Nacional para las Neurodivergencias: arrancamos y te invitamos a sumarte - Asociación Teamworkz 2025. <https://asociacionteamworkz.org/i-observatorio-para-las-neurodivergencias-arrancamos-y-te-invitamos-a-sumarte/blog/553/05/>.
- [10] NAS. What is autism 2025. <https://www.autism.org.uk/advice-and-guidance/what-is-autism>.
- [11] Murray F. Me and Monotropism: A unified theory of autism. British Psychological Society 2018. <https://www.bps.org.uk/psychologist/me-and-monotropism-unified-theory-autism>.
- [12] Manouilenko I, Bejerot S. Sukhareva—Prior to Asperger and Kanner. Nordic Journal of Psychiatry 2015;69:1761-4. <https://doi.org/10.3109/08039488.2015.1005022>.
- [13] Williams ZJ, Suzman E, Woynaroski TG. Prevalence of Decreased Sound Tolerance (Hyperacusis) in Individuals with Autism Spectrum Disorder: A Meta-analysis. Ear Hear 2021;42:1137-50. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000001005>.
- [14] Bonnel A, Mottron L, Peretz I, Trudel M, Gallun E, Bonnel A-M. Enhanced pitch sensitivity in individuals with autism: a signal detection analysis. J Cogn Neurosci 2003;15:226-35. <https://doi.org/10.1162/089892903321208169>.
- [15] Stewart ME, Petrou AM, Ota M. Categorical Speech Perception in Adults with Autism Spectrum Conditions. J Autism Dev Disord 2018;48:72-82. <https://doi.org/10.1007/s10803-017-3284-0>.
- [16] Heaton P, Hermelin B, Pring L. Autism and Pitch Processing: A Precursor for Savant Musical Ability? Music Perception 1998;15:291-305. <https://doi.org/10.2307/40285769>.

- [17] Rosas-Pérez C. Disabling Acoustics: Impact of daily life acoustic environments on neurodivergent, aural-divergent and noise sensitive people. Heriot-Watt University, 2026.
- [18] Rosas-Pérez C, Galbrun L, Stewart ME, Payne SR. How can anyone learn or teach? Experiences of autistic people with sound in schools and universities. *Proceedings of Meetings on Acoustics* 2023;51:015001. <https://doi.org/10.1121/2.0001741>.
- [19] Rosas-Pérez C, Galbrun L, Stewart M, Payne S. Experiencias de personas autistas y sensibles al ruido con sonidos y espacios de la vida diaria, Faro, Portugal: 2024.
- [20] Rosas-Pérez C, Galbrun L, Payne SR, Dickson A, Stewart ME. More than noise: Lived experiences of autistic people in real-life acoustic environments. *Applied Acoustics* 2025;233:110581. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2025.110581>.
- [21] Rosas-Pérez C, Galbrun L, Payne SR, Stewart ME. Diversity in sound perception in survey to noise sensitive people and relevance for experimental and field studies, Malaga, Spain: 2025. <https://doi.org/DOI:10.61782/fa.2025.0619>
- [22] Davies J, Heasman B, Livesey A, Walker A, Pellicano E, Remington A. Autistic adults' views and experiences of requesting and receiving workplace adjustments in the UK. *PLoS One* 2022;17:e0272420. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272420>.
- [23] Romualdez AM, Walker Z, Remington A. Autistic adults' experiences of diagnostic disclosure in the workplace: Decision-making and factors associated with outcomes. *Autism & Developmental Language Impairments* 2021;6:23969415211022955. <https://doi.org/10.1177/23969415211022955>.
- [24] Drever JL, Hugill A. Aural diversity: General introduction. *Aural Diversity*, New York: Routledge; 2022, p. 1-12. <https://doi.org/10.4324/9781003183624>.
- [25] Aural Diversity Network. Aural Diversity Network 2025. <https://auraldiversity.org/>.
- [26] Roberts LE, Salvi R. Overview: Hearing loss, tinnitus, hyperacusis, and the role of central gain. *Neuroscience* 2019;407:1-7. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.03.021>.
- [27] Ren J, Xu T, Xiang T, Pu J, Liu L, Xiao Y, et al. Prevalence of Hyperacusis in the General and Special Populations: A Scoping Review. *Frontiers in Neurology* 2021;12.
- [28] Van Gerven PWM, Vos H, Van Boxtel MPJ, Janssen SA, Miedema HME. Annoyance from environmental noise across the lifespan. *The Journal of the Acoustical Society of America* 2009;126:187-94. <https://doi.org/10.1121/1.3147510>.
- [29] Guski R. Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance. *Noise & Health* 1999;1:45-56.
- [30] Davies WJ, Adams MD, Bruce NS, Cain R, Carlyle A, Cusack P, et al. Perception of soundscapes: An interdisciplinary approach. *Applied Acoustics* 2013;74:224-31. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2012.05.010>.



AAC CENTRO DE ACÚSTICA APLICADA

Ingeniería + Laboratorio



Gran experiencia en resolución de situaciones complejas
Amplio alcance de ensayos acreditados ENAC desde 1996
Expertos en combinación de mediciones y modelos

Parque Tecnológico de Euskadi
VITORIA-GASTEIZ – España
TEL. (+34) 945 298 233
aac@aacacustica.com
www.aacacustica.com
Sucursal en Colombia

TRABAJAMOS PARA QUE TU FUTURO SUENE MEJOR



Distribuidor de **SoundPLAN** en España y Portugal

EL SOFTWARE DE ACÚSTICA ADECUADO PARA CADA NECESIDAD

Modelos SoundPLAN: Noise 9.1 (modular) / Essential 6.0 / Manda 1.0

La oferta más completa con la mejor relación calidad / precio

Ruido Ambiental / Acústica de Salas / Ruido Laboral

Solicita una licencia de prueba

soundplan@aacacustica.com



La red de la interdisciplinariedad: desafíos en arqueoacústica

The Tightly Woven Net: Interdisciplinary Challenges in Archeoacoustics



María Larrosa-Navarro^{1*}, Teo Poldrugovac¹

¹ Grupo de Investigación en Acústica Arquitectónica, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España

* Contacto: m.larrosa@upm.es

Resumen

Este artículo examina los desafíos metodológicos y de comunicación en la arqueoacústica, un campo interdisciplinar que estudia el comportamiento del sonido en contextos históricos y culturales. A través de la perspectiva conjunta de una ingeniera acústica y un arqueólogo, se analiza cómo las diferencias fundamentales entre ambas disciplinas pueden llegar a obstaculizar la investigación.

Mientras que la arqueología es interpretativa, maneja la incertidumbre y recurre a fuentes fragmentarias, la acústica se fundamenta en principios físicos, mediciones cuantitativas y modelos matemáticos rigurosos. Esta diferencia puede generar tensiones, por ejemplo: barreras de acceso a bibliografía especializada, incapacidad de comprender la información procedente de la disciplina opuesta, falta de cuestionamiento de los datos y distintos ritmos temporales de actualización.

Para superar esta problemática, los autores proponen transformar la práctica mediante colaboraciones horizontales desde el diseño del proyecto, el fomento de la enseñanza cruzada para evitar la segmentación del conocimiento y, fundamentalmente, la adopción de una actitud de humildad y apertura conceptual. Este artículo invita a desenredar los malentendidos de la interdisciplinariedad, proponiendo una reflexión compartida que sirva de apoyo para alcanzar una madurez metodológica en la arqueoacústica.

Palabras clave: arqueoacústica, interdisciplinariedad, metodología, colaboración.

Abstract

This article examines the methodological and communication challenges in archaeoacoustics, the interdisciplinary study of sound behaviour in historical and cultural contexts. Drawing on the combined expertise of an acoustic engineer and an archaeologist, the article analyses how fundamental differences between the two disciplines can hinder research.

While archaeology is interpretative and deals with uncertainty, relying on fragmentary sources, acoustics is based on physical principles, quantitative measurements and rigorous mathematical models. These differences can generate tensions, such as barriers to accessing specialist literature, an inability to understand information from the other discipline, a lack of critical analysis of data, and different timeframes for updates.

To overcome this problem, the authors propose transforming practice through horizontal collaborations from the project design stage, the promotion of cross-disciplinary teaching to avoid the segmentation of knowledge and, fundamentally, the adoption of an attitude of humility and conceptual openness. The article invites us to address the misconceptions surrounding interdisciplinarity by encouraging shared reflection, which could lay the groundwork for achieving methodological maturity in archaeoacoustics.

Keywords: archaeoacoustics, interdisciplinary, methodology, collaboration.

1. Introducción

La acústica, como concepto, dio sus primeros pasos en la antigua Grecia a través de las investigaciones de Pitágoras, quien estableció una relación entre la altura

del sonido y las proporciones numéricas de la longitud de las cuerdas. Este enfoque marcó uno de los primeros intentos sistemáticos de comprender el sonido como un fenómeno medible. A partir de esos inicios, fue evolucionando gradualmente hasta su adolescencia en el siglo XVIII,

cuando Joseph Sauveur introdujo el término «acústica», lo que reflejaba un creciente sentido de identidad dentro de la disciplina [1]. Esta progresión continuó en el siglo xx, donde la acústica alcanzó su madurez, adoptando su forma completa a través del desarrollo y la diferenciación de distintos subcampos. Aunque la acústica se reconoce actualmente como una disciplina científica independiente, rara vez se encuentra aislada. Al igual que las ondas sonoras interactúan con diferentes tipos de superficies, la acústica interactúa naturalmente con otras áreas de conocimiento. Por ejemplo, en el campo de la medicina desempeña un papel crucial mediante tecnologías como la ecografía y las ondas sonoras terapéuticas, lo que permite realizar diagnósticos y tratamientos de manera no invasiva. Otro ejemplo destacado es su relación con la arquitectura, donde el comportamiento del sonido desempeña un papel importante en el diseño y la experiencia de un espacio.

El estudio del patrimonio histórico ha sido testigo de la creciente integración de la acústica mediante la arqueoacústica, un campo de investigación que examina cómo el sonido pudo haber influido en la experiencia humana y en la percepción del espacio en las sociedades del pasado. Su enfoque interdisciplinar trasciende la mera reconstrucción acústica de entornos históricos, siendo su principal objetivo situar los fenómenos acústicos en sus contextos culturales, históricos y funcionales más amplios. Como resultado, la investigación en este ámbito suele requerir la colaboración de especialistas de múltiples disciplinas, entre las que se incluyen la acústica, la arquitectura, la arqueología, la historia del arte, la musicología y la psicología.

El origen de la arqueoacústica como disciplina se atribuye, en parte, al interés de los músicos y musicólogos por comprender los fenómenos físicos que posibilitaron el desarrollo de los géneros musicales occidentales. Dorothea Baumann se erige como una de las principales pioneras en este campo. Su doble formación como musicóloga y física le permitió investigar la relación entre los espacios y la música. Su trabajo examina cómo la acústica de iglesias, teatros y salas de conciertos no es simplemente un telón de fondo, sino un factor determinante en la composición musical, uniendo así dos disciplinas que anteriormente no se habían relacionado [2]. Si Dorothea Baumann es reconocida como la figura que estableció una conexión entre la musicología y la física, Deborah Howard se destaca como la investigadora que consolidó este vínculo al relacionar la historia del arte y la arquitectura con la música. Entre 2003 y 2005, Howard dirigió el proyecto CAMERA, que destaca por ser el primer gran proyecto de arqueoacústica (no centrado en la época prehistórica) conformado por un equipo multidisciplinar, en el que participaron arquitectos, físicos y musicólogos [3].

Desde la publicación en 2003 de la Convención de la UNESCO para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial [4], ha crecido el interés en el ámbito de la acústica arquitectónica por el estudio de los espacios históricos. Inicialmente, gran parte de esta investigación consistía en estudios puntuales llevados a cabo por equipos de ingenieros y arquitectos. Si bien estos primeros estudios fueron de gran valor para la caracterización de los espacios acústicos y la virtualización, con frecuencia adolecían de una interpretación limitada del uso del espacio y del contexto histórico y social de las actividades que tenían lugar en el mismo. Por ejemplo, algunos estudios evaluaban la acústica de iglesias tratándolas como un único espacio, a pesar de que la investigación en musicología e historia demuestra que estos edificios pueden subdividirse en zonas de uso, cada una de las cuales tiene una función específica. Asimismo, ciertos estudios realizados por ingenieros y arquitectos han incurrido en interpretaciones sesgadas de las fuentes históricas al tomarlas de manera literal. Esta falta de crítica documental ha derivado, en consecuencia, en el planteamiento de hipótesis erróneas.

Estas inexactitudes ponen de manifiesto un problema inherente a todas las investigaciones que abarcan múltiples áreas de conocimiento: los malentendidos sobre los conceptos, las perspectivas y los procesos de otras disciplinas. En la mayoría de los casos, este fenómeno es involuntario. Resulta difícil concebir que un investigador serio desestime una perspectiva específica de manera deliberada, asumiendo que tiene pleno conocimiento de ella.

En las últimas décadas, los ingenieros acústicos han establecido colaboraciones cada vez más frecuentes con investigadores de diversas disciplinas, siguiendo los pasos de Howard. Algunos proyectos recientes destacables en arqueoacústica y que aúnan equipos multidisciplinares son el proyecto ERATO (*Identification, Evaluation and Revival of the Acoustics of Ancient Theatres and Odea*) [5-7], el proyecto PHE (*The Past Has Ears*) [8-10] y el proyecto RESOUND (*Giving Voice to Hispanic Chant through Phylogenetic Study of Medieval Plainchant*) [11-12]. La diversidad de profesionales de distintas disciplinas involucrados en estos proyectos, siendo deseable, puede llegar, en algunas ocasiones, a causar problemas de comunicación entre los investigadores debido a la falta de conocimientos de unos en las áreas externas a su especialización de los otros.

Este artículo, fruto de la colaboración entre una ingeniera acústica y un arqueólogo, ambos comenzando su carrera investigadora en la arqueoacústica, busca identificar los conceptos erróneos que suelen surgir entre ambas disciplinas. Al explorar estos puntos ciegos y reconocer la brecha existente, se pretende fomentar una mentalidad

interdisciplinar que permita obtener resultados más rigurosos, profundos y equilibrados.

2. El camino a la arqueoacústica

2.1. Desde la ingeniería

Como graduada (María Larrosa) en ingeniería de sonido, mi educación en acústica se sustentó en una sólida base científica, priorizando el estudio de los fenómenos físicos y las leyes que rigen los diversos subcampos de la acústica (arquitectónica, ambiental, de ultrasonidos, de control del ruido, etc.). Del mismo modo, este aprendizaje se complementó con un dominio avanzado de la instrumentación electroacústica para la caracterización de señales y el uso de herramientas de realidad virtual para la modelización y predicción de escenarios acústicos.

Mi primer acercamiento a la acústica de salas surgió de la convergencia entre mi formación en ingeniería y mis estudios superiores en interpretación musical. Como instrumentista, se me ha resaltado continuamente la importancia que la acústica de un espacio tiene sobre nuestra interpretación y la necesidad de adaptarnos a ella. Esta dualidad me permitió observar que, si bien los músicos poseen un conocimiento empírico profundo sobre los efectos sonoros, a menudo carecen del lenguaje científico para articularlo. No obstante, al analizar la bibliografía en arqueoacústica, descubrí que el vacío de conocimiento también fluye en sentido opuesto. Encontré investigaciones que proponían parámetros ideales o evaluaban recintos históricos omitiendo la perspectiva del intérprete y el contexto musical de la pieza. Al ignorar las exigencias estilísticas de cada género y prescindir de la colaboración con músicos, estos estudios, en ocasiones, derivaban en hipótesis incompletas. En última instancia, esta desconexión evidencia que, desde ambas disciplinas, la ausencia de comunicación interdisciplinar suele traducirse en conclusiones sesgadas por el desconocimiento de la materia ajena.

Durante el desarrollo de mi tesis doctoral en arqueoacústica, comprendí las limitaciones de abordar un objeto de estudio tan complejo desde una única área de conocimiento. Los desafíos metodológicos me obligaron a replantear mi enfoque sobre la investigación interdisciplinar, llevándome a concluir que un estudio de esta naturaleza difícilmente puede realizarse de manera aislada.

2.2. Desde la arqueología

Dada mi formación académica en arqueología (Teo Poldrugovac), estoy familiarizado con la interpretación de pruebas fragmentarias y el manejo de un alto grado de

incertidumbre. Es como ser un detective, pero los hechos ocurrieron, en algunos casos, hace más de dos mil años, lo que implica que rara vez se cuenta con información completa. En su lugar, es imperativo basarse en la recolección de restos parciales, la comparación de contextos y la construcción de narrativas plausibles sobre el pasado. Descubrí la arqueoacústica mientras exploraba el campo de la arqueología experimental y decidí dedicarme a esta área para mi Trabajo de Fin de Máster. Al descubrir la acústica desde una perspectiva científica, la metodología de investigación adoptada me pareció significativamente más concreta y precisa. Enraizada en las matemáticas y la física, la acústica ofrecía resultados mensurables y demostrables, característica que a menudo escasea en el campo de la arqueología. La aparente objetividad y la obtención de resultados concluyentes la hacían sumamente atractiva.

Al contrastar impresiones con otros compañeros, advertí que muchos arqueólogos perciben la acústica como una disciplina ajena o incluso exótica, debido principalmente a la barrera que impone su lenguaje técnico. Aunque sean expertos en su campo, su forma de entender la acústica se sitúa inevitablemente al nivel del público general, que es prácticamente inexistente. Esto crea una brecha en la que la acústica y otras ciencias técnicas son rechazadas por irrelevantes o incomprendidas, o bien aceptadas con un nivel de confianza que no siempre se examina críticamente. Posteriormente, tras dedicar un tiempo considerable a desarrollar una sólida comprensión de la acústica y la física, combinada con mi propia experiencia trabajando en arqueoacústica, pude observar que la validez de los resultados no es tan absoluta como se presume. Aunque la acústica se define por su carácter cuantitativo, depende de modelos y supuestos que introducen sus propios márgenes de incertidumbre. Reconocer esta tensión metodológica es fundamental para cuestionar cómo se construye y valida el conocimiento en este campo interdisciplinar.

3. Discrepancias en la práctica interdisciplinar

Uno de los principales desafíos a los que se enfrenta la arqueoacústica radica en las diferencias fundamentales que existen entre la arqueología y la acústica como disciplinas. La arqueología, por su propia naturaleza, es una disciplina interpretativa. Se trabaja con restos materiales incompletos y se basa en la contextualización, la comparación y el razonamiento probabilístico para construir narrativas sobre el pasado. En contraste, la acústica se fundamenta en principios físicos y matemáticos, enfatizando la medición, la modelización y la reproducibilidad de los procesos. Estas discrepancias trascienden el en-

foque metodológico y se extienden a marcos intelectuales más amplios, incluyendo la evaluación de pruebas, la presentación de conclusiones y la determinación de qué se considera conocimiento válido.

Esta discrepancia se manifiesta de manera notable en las prácticas de redacción y comunicación de ambas áreas. La investigación arqueológica se enfoca en proporcionar interpretaciones y profundidad contextual, presentando a menudo múltiples posibilidades, y asume la incertidumbre como una variable inherente a la interpretación. En cambio, la acústica se rige por la descripción técnica, el rigor metodológico y la cuantificación, limitando a menudo sus conclusiones a aquello que puede respaldarse directamente con datos. En consecuencia, al integrar los estudios acústicos en el ámbito arqueológico, es posible que estos puedan percibirse como insuficientemente contextualizados, mientras que las interpretaciones arqueológicas de los datos acústicos podrían ser consideradas como excesivamente especulativas desde una perspectiva técnica.

Asimismo, las discrepancias se extienden también al análisis crítico de las fuentes. Por un lado, la falta de formación en investigación histórica puede llevar a los ingenieros a incurrir en un literalismo ingenuo, aceptando testimonios antiguos como verdades absolutas sin considerar los sesgos o el estilo retórico de la época. Por otro lado, los arqueólogos pueden atribuir un carácter incuestionable a los datos numéricos, interpretándolos como una representación exacta de la realidad y obviando las fuentes de incertidumbre inherentes a cualquier medición física o análisis estadístico.

Otra barrera crítica es la dificultad de acceso y comprensión de la bibliografía especializada. En el ámbito acústico, gran parte de las referencias fundamentales se encuentran en libros y en revistas científicas que, aún hoy en día, operan bajo modelos de suscripción. El acceso a estas publicaciones por investigadores de fuera del área técnica puede verse dificultado por estas barreras de pago. Además, enfrentarse a estos textos implica no solo superar una barrera económica, sino también traducir un lenguaje saturado de fórmulas y conceptos físicos y matemáticos que no siempre resultan accesibles desde una formación humanística tradicional.

En contraste, para un especialista en acústica, la localización de fuentes primarias puede resultar una tarea de enorme complejidad. A diferencia de la ingeniería, donde el punto de partida suelen ser publicaciones científicas consolidadas, las humanidades requieren el manejo de documentos u objetos originales. Los perfiles técnicos no suelen estar habituados a la consulta de catálogos bibliográficos ni a la investigación presencial en archivos. Además, la información relevante puede hallarse en fuentes

inesperadas, como cartas y libros de cuentas. Sin una comprensión profunda del contexto histórico, social y artístico, el ingeniero corre el riesgo de limitar severamente el alcance de la investigación, reduciéndola a un análisis técnico desprovisto de su verdadera dimensión social.

Por otra parte, es fundamental considerar que la arqueología y la acústica operan bajo marcos temporales y ciclos de vigencia distintos. La arqueología se caracteriza por una relevancia sostenida de sus fuentes, acorde al tiempo que demandan la excavación y el análisis contextual. En cambio, la acústica se rige por una evolución tecnológica acelerada que reduce el ciclo de vida de las publicaciones, exigiendo una actualización constante.

Esta falta de correspondencia puede llegar a obstaculizar la simbiosis entre ambas áreas. La carencia de un lenguaje compartido y de un marco metodológico unificado pueden incurrir en interpretaciones erróneas, aplicaciones inadecuadas o subestimaciones. En lugar de consolidarse como enfoques complementarios, la arqueología y la acústica han tendido a avanzar como trayectorias paralelas, con una interacción mutua todavía incipiente y limitada.

En este contexto de diferencias disciplinarias, los arqueólogos tienden a percibir la acústica como una forma de conocimiento más objetiva y confiable. El uso de modelos matemáticos, datos cuantificables y principios físicos otorga al análisis una apariencia de precisión y demostrabilidad, cualidades que contrastan con el enfoque interpretativo característico del razonamiento arqueológico.

No obstante, esta aparente objetividad encubre hasta qué punto los resultados dependen de las premisas adoptadas durante la modelización. En arqueoacústica, los espacios de estudio, como recintos históricos o áreas rituales, rara vez se conservan íntegros. Por ello, el análisis acústico requiere la reconstrucción hipotética de estos espacios, incluyendo elementos como la altura de las paredes, el revestimiento interior y la disposición espacial. Estas reconstrucciones se fundamentan en diversos grados de evidencia, incorporando a menudo analogías o especulaciones fundamentadas cuando faltan datos. Esta situación plantea una cuestión metodológica fundamental: los resultados de las simulaciones acústicas no se derivan exclusivamente de mediciones empíricas, sino que están determinados por la reconstrucción del modelo en el que se basan.

También es imperativo considerar las incertidumbres inherentes a los procesos de medición, análisis y simulación acústica. El equipamiento utilizado durante una medición no presenta un comportamiento ideal, pudiendo presentar desviaciones en la respuesta en frecuencia o

distorsiones que condicionan la caracterización de los espacios. A esto se suma el error metodológico derivado del análisis estadístico, cuya elección puede introducir distintos niveles de incertidumbre en función de la naturaleza y distribución de los datos recolectados.

En relación con la simulación virtual, cabe destacar que la mayoría del software de simulación acústica se fundamenta en dos aproximaciones, las conocidas como teoría estadística y teoría geométrica. Estos modelos simplifican los complejos fenómenos físicos del sonido para optimizar el cálculo numérico, ofreciendo resultados precisos dentro de un rango de frecuencias acotado. En consecuencia, la fiabilidad de las simulaciones queda restringida a dicho rango espectral, y debe entenderse siempre como una aproximación y no como una réplica exacta de la realidad física.

En consecuencia, la incertidumbre se manifiesta de forma estratificada: desde la interpretación arqueológica inicial de la estructura y su posterior traslación a un modelo digital, hasta la caracterización acústica del espacio y las limitaciones algorítmicas del software de simulación. Esta incertidumbre acumulada queda a menudo enmascarada por la apariencia de los resultados, que suelen presentarse en forma numérica o gráfica precisa, lo que refuerza la percepción de objetividad.

Considerando los desafíos metodológicos y epistemológicos mencionados, no es sorprendente que muchos profesionales de ambos campos mantengan una actitud cautelosa o escéptica ante la integración definitiva de la arqueoacústica en sus marcos de trabajo habituales.

Si bien la arqueología, como disciplina, está acostumbrada a lidiar con la incertidumbre y la interpretación, también concede gran importancia a justificar cuidadosamente las afirmaciones y a evitar las especulaciones sin fundamento. No obstante, los requisitos de la investigación acústica tienden a orientar a los investigadores hacia un tipo diferente de compromiso interpretativo.

La creación de modelos acústicos orientados al estudio de estados pasados de un recinto, que permiten simular las prácticas interpretativas y rituales llevadas a cabo en ellos, requiere la reconstrucción precisa de la geometría y volumetría del espacio, la caracterización de sus materiales, así como la identificación de los elementos interiores y la determinación del posicionamiento y afluencia de personas durante el evento. En múltiples ocasiones, la totalidad de la información mencionada no se encuentra disponible. Por lo tanto, para realizar estudios acústicos significativos, los arqueólogos a menudo se ven obligados a llevar a cabo reconstrucciones completas o casi completas de estructuras que solo se conservan parcialmente. Esto implica la toma de decisiones que, si bien no están directamente respaldadas por el registro arqueológico,

se fundamentan en comparaciones, modelos teóricos o suposiciones menos definitivas. Si bien estas prácticas no son ajenas al campo de la arqueología, el grado en que deben formalizarse y fijarse dentro de un modelo puede suscitar inquietudes.

Esta sensación de incomodidad se ve agravada por dilemas de responsabilidad y atribución autoral. Un modelo reconstruido para el análisis acústico trasciende la mera hipótesis provisional para consolidarse como una representación tangible, susceptible de ser testada, visualizada y difundida. En consecuencia, la validez de los resultados queda intrínsecamente vinculada al investigador que la ha desarrollado. La posibilidad de que aspectos fundamentales del modelo puedan ser objeto de cuestionamiento o revisión en el futuro introduce un nivel de riesgo profesional que podría desalentar la adopción de este tipo de metodologías.

Esto implica que la arqueoacústica podría estar infrutilizada no por falta de relevancia o interés, sino porque exige un nivel de claridad especulativa que entra en conflicto con las prácticas arqueológicas establecidas. En lugar de aceptar estas incertidumbres como parte inherente de un proceso interdisciplinario productivo, los investigadores tienen la opción de eludirlas por completo. Esta situación restringe el avance de la arqueoacústica e impide su integración completa en la investigación arqueológica, a pesar de su capacidad para ofrecer nuevas perspectivas sobre los entornos y las experiencias del pasado.

Para el perfil técnico, la arqueoacústica puede carecer de atractivo debido a la disonancia metodológica que plantea. El ingeniero, formado en el rigor de la comprobación experimental, se enfrenta aquí a la necesidad de formular hipótesis ante la ausencia de evidencias materiales completas. Esta obligación de completar modelos con datos no verificables se percibe como una vulnerabilidad en el cálculo. Además, el problema se agrava por la imposibilidad de validación externa. Al ser recreaciones de entornos ya desaparecidos, las simulaciones carecen de un patrón de referencia real contra el cual contrastar los resultados, lo que priva al proceso del cierre empírico habitual en la ingeniería acústica.

A esto se suma una barrera ideológica persistente: el sesgo utilitarista que domina gran parte de la investigación contemporánea, donde la validez de un estudio suele quedar supeditada a su aplicabilidad inmediata o a su rentabilidad técnica. Bajo esta premisa del «¿para qué sirve?», las ciencias aplicadas han tendido a infravalorar la investigación en humanidades. Este enfoque ignora que el propósito de estas disciplinas no es la optimización de recursos, sino la comprensión de la identidad colectiva y la preservación de la memoria cultural.

4. Conclusiones

En este artículo hemos pretendido resaltar las dificultades que pueden surgir en los trabajos interdisciplinares, utilizando como caso de estudio la arqueoacústica, desde la perspectiva de una ingeniera acústica y un arqueólogo. A través de nuestra propia experiencia, hemos explorado los baches que surgen al intentar hablar un lenguaje común, la gestión de las bibliografías y ese choque cultural que ocurre cuando el rigor técnico se encuentra con la incertidumbre del dato histórico. Para cerrar, nos gustaría compartir algunas ideas prácticas que nos han servido para que el trabajo en equipos multidisciplinares no solo sea posible, sino mucho más ágil y enriquecedor.

En primer lugar, consideramos esencial que estos proyectos se conciben bajo una estructura de colaboración horizontal, integrando a especialistas de todas las áreas desde la fase de diseño de la investigación. No se trata solo de que cada disciplina esté representada, sino de asegurar que todo el conocimiento relevante sea identificado y puesto en valor. Una participación equitativa evita que ciertas áreas queden relegadas a un papel secundario, permitiendo que las decisiones técnicas y las interpretaciones históricas se retroalimenten en lugar de avanzar de forma aislada.

En segundo lugar, destacamos la necesidad de evitar la segmentación del conocimiento. Un proyecto interdisciplinar no es una cadena de montaje, sino un ecosistema donde todas las partes deben interactuar. La investigación alcanza su máximo potencial cuando los miembros del equipo no solo conocen los resultados de sus compañeros, sino que comprenden los procesos que los originan. Proponemos fomentar una enseñanza cruzada mediante seminarios internos donde se compartan conceptos fundamentales y las posibilidades de desarrollo que tiene cada una de las disciplinas.

Finalmente, interactuar con una ciencia distinta a la propia requiere un cambio de paradigma. Debemos ser conscientes de que lo que resulta intuitivo u obvio en nuestra disciplina es, en realidad, el fruto de años de formación especializada. Por lo tanto, es importante recordar que, aunque podamos sentirnos muy informados en nuestro propio campo, fuera de nuestro dominio somos parte del público general y carecemos de las herramientas necesarias para abordar ciertas complejidades. Establecer relaciones con profesionales de campos afines requiere una actitud de apertura y humildad. Es imperativo buscar la orientación de estos profesionales, desarrollar nuevos marcos conceptuales y mantenerse receptivo a enfoques de pensamiento novedosos. Solo a través de este ejercicio de humildad y apertura podemos transformar las diferencias metodológicas en una ventaja competitiva para la investigación.

Para concluir, queremos recordar que, si bien estos errores existen y pueden afectar la rigurosidad de la investigación interdisciplinaria, en última instancia somos humanos, y no pensadores perfectamente objetivos y mecánicos. Esto nos hace inherentemente propensos al error a lo largo de todo el proceso de investigación. Durante demasiado tiempo, una red de interdisciplinariedad mal entendida, tejida con nudos de incomprensión y rigidez, ha ido atrapado los proyectos de investigación y limitado su verdadero potencial. Ha llegado el momento de desenredar esta trama y establecer conexiones más fluidas y eficientes que permitan el avance de la ciencia. Solo reconociendo con humildad nuestras limitaciones y la dificultad de habitar campos ajenos, podremos transformar la forma en que colaboramos y dar sentido a una verdadera investigación conjunta.

El propósito de este artículo no radica en formular una crítica rigurosa que se limite a identificar las deficiencias, sino ofrecer un espacio de reflexión compartida. Aspiramos a que este trabajo sirva de apoyo a los académicos que enfrentan las incertidumbres propias de la interdisciplinariedad, estableciendo un punto de partida sólido para impulsar el desarrollo y la madurez de este campo.

Referencias

- [1] Fix, A. (2015). A science superior to music: Joseph Sauveur and the estrangement between music and acoustics. *Physics in Perspective*, 17(3), 173-197.
- [2] Baumann, D. (2011). *Music and Space*. Peter Lang AG.
- [3] Howard, D., & Moretti, L. (2010). *Sound and space in Renaissance Venice: architecture, music, acoustics*. Yale University Press.
- [4] UNESCO. (2003). *Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- [5] Haddad, N. A. (2008). Reviving the architectural and acoustical theatre heritage: the role of ERATO Project. *Responsibilities and Opportunities in architectural Conservation: Theory, education, and Practice*, 421-434.
- [6] Rindel, J. H. (2013). Roman theatres and revival of their acoustics in the ERATO project. *Acta acustica united with acustica*, 99, 21-29.
- [7] Bevilacqua, A., & Iannace, G. (2023). Acoustic study of the Roman theatre of Pompeii: comparison between existing condition and future installation of two parametric acoustic shells. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 154, 2211-2226.
- [8] Katz, B. F. G., Murphy, D., & Farina, A. (2020). The Past Has Ears (PHE): XR explorations of acoustic

spaces as cultural heritage. *International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics*, 91-98.

- [9] Katz, B. F., Murphy, D., & Farina, A. (2020). Exploring cultural heritage through acoustic digital reconstructions. *Physics today*, 73 (12), 32-37.
- [10] Katz, B. F., & Weber, A. (2020). An Acoustic Survey of the Cathédrale Notre-Dame de Paris before and after the fire of 2019. *Acoustics*, 2 (4), 791-802.
- [11] Rojo Carrillo, R. (2025). From the Hispanic rite to the Franco-Roman rite: musical notation and liturgical change. *Journal of Medieval Iberian Studies*, 17(1), 22-51.
- [12] Carrero-Muriel, L., De La Prida, D., Larrosa, M., & Pedrero, A. (2025). Comparison between the acoustic texture obtained through in situ measurements and that calculated from virtual models of a pre-romanesque church. *Forum Acusticum / EuroNoise 2025*, 3873-3879.

TA150 | CLASE 1

SENSOR DE RUIDO ESPECTRAL

NOISEPLATFORM: Nueva versión

www.noiseplatform.com



Mide, Analiza, Actúa

1

CLASE 1

Precisión según IEC 61672-1



1/3 OCTAVA*

De 6,3 Hz a 20 kHz



4G*

Módem SIM integrado



PREPARADO PARA IA*

Detección y clasificación de eventos

Lxy

12 FUNCIONES

LAeq, LCeq, LZeq y LAeq, LAFmax, LASmax...



ARCHIVOS DE AUDIO*

Con automatismos (por nivel, tiempo o emergencia)



GPS*

Seguimiento de posición

*OPCIONAL

CESVA

NOISE MEASURING
INSTRUMENTS SINCE 1969

+ INFORMACIÓN
www.cesva.com



Física del sonido y cimática jurídica del siglo XII: la prueba del vaso de vino en el Fuero de Tudela

Physics of Sound and Legal Cymatics from 12th Century: The Wine Glass Test in the Fuero de Tudela



Walter Alfredo Montano Rodríguez^{1*}

¹ ARQUICUST Laboratorio de acústica «Joseph Sauveur». Gualaguaychú, ER, Argentina

* Contacto: wmontano@arquicust.com

Resumen

Este artículo analiza las disposiciones del Fuero de Tudela (1124) como una norma pionera de fiscalización de vibraciones que afectaban a los bienes. El conflicto radicaba en cómo las vibraciones de los mazazos sobre el yunque alteraban el reposo del vino, acelerando su degradación en vinagre. Mediante la «prueba del vaso», el legislador medieval empleó la cimática como evidencia física: si el impacto del mazo generaba ondas en el vino contenido en un vaso, el daño quedaba demostrado. Si bien la regulación equiparaba la molestia a las personas con la molestia a los bienes, en este caso la calidad del vino, se puede considerar que este enfoque supuso una forma temprana de zonificación urbana basada en la incompatibilidad de trabajo versus tranquilidad. Al utilizar la superficie del vino como sensor de ondas mecánicas, el Fuero transformó la acústica en una herramienta de ordenación sentando un precedente único en la convivencia de la Navarra medieval.

Palabras clave: cimática, Fuero de Tudela, zonificación urbana, ondas mecánicas, acústica ambiental.

Abstract

This article analyzes the provisions of the 1124 Fuero de Tudela (Charter of Tudela), a pioneering regulation addressing property-affecting vibrations. The dispute centered on how vibrations from hammer blows on an anvil disturbed the wine's state of rest, accelerating its transformation into vinegar. Through the «glass test», the medieval legislator used cymatics as physical evidence: If the hammer's impact generated waves in the wine in a glass, the damage was proven. Although the regulation equated disturbance to people with disturbance to property—in this case, the quality of the wine—this approach can be considered as an early form of urban zoning based on incompatibility between work and tranquility. By using the surface of the wine as a sensor for mechanical waves, the Fuero transformed acoustics into a planning tool and set a unique precedent for coexistence in medieval Navarre.

Keywords: cymatics, Fuero de Tudela, urban zoning, mechanical waves, environmental acoustics.

1. Introducción

Ochocientos años antes de que Steven Spielberg utilizara las ondas en un vaso con agua para anunciar la llegada de un T-Rex (ver Figura 1-a), los jurados (legisladores) del medioevo navarro encargados de aplicar el *Fuero de Tudela*, ya buscaban esas mismas ondas en un vaso, pero con vino, para detectar a otro «monstruo» de la época: la vibración de la forja de herraduras que amenazaba con arruinar el reposo del vino.

La cita más recurrente en acústica sobre la proto legislación de zonificación urbana —que prohibía a los ar-

tesanos producir ruidos molestos en las cercanías de las residencias— data del 760 a. n. e. Esta norma regulaba la vida en la colonia griega de *Síbaris* y constituye una de las primeras referencias escritas sobre la materia (Perseus, s. f.). En este texto se presenta otra referencia, publicada en el siglo XII en Tudela (Navarra), que obligaba a la reubicación de las herrerías si se comprobaba, mediante un procedimiento empírico, una inmisión de vibraciones en la vecindad capaz de producir daños en los bienes; entre ellos, el reposo del vino, que podía llegar a avinagrarse.

Aunque se trataba de un método empírico, los legisladores medievales aplicaban en sus peritajes la obser-

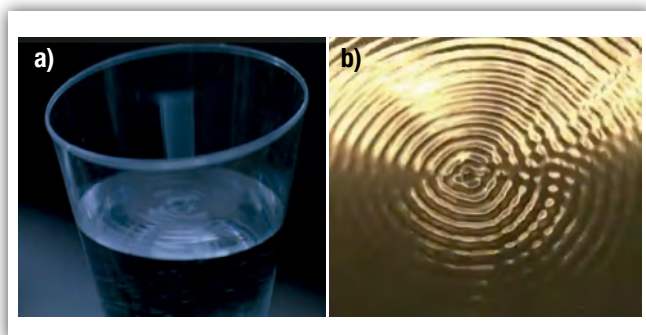


Figura 1. a) Imagen del vaso con agua de la película «Jurassic Park». b) Fotografía de ondas de Faraday en un líquido, generadas por cimática.

vacación de cómo se generan ondas en la superficie de un líquido. Este, contenido en un vaso, se sometía a la vibración que —producida por los golpes de una maza sobre un yunque— se transmitía por vía sólida desde las herrerías a las viviendas vecinas. Dichas ondas se conocen como «ondas de Faraday» y el fenómeno como «cimática», lo que permitía establecer una relación causa-efecto sobre la calidad del vino y también sobre la cría de gusanos de seda.

Este artículo no tiene por objeto el análisis filológico de los dos apartados del Fuero de Tudela centrados en el control de las vibraciones, sino su interpretación literal desde la acústica. Se analizan como procedimientos (o protocolos) para la aplicación de un método legalmente regulado que permitía comprobar la afectación en la vecindad de la propagación de energía mecánica por vía sólida (vibraciones), capaz de molestar a las personas o causar daños en bienes materiales.

2. Fundamentos teóricos

A continuación, se detallan sucintamente tres conceptos teóricos esenciales para explicar, desde una perspectiva científica, el método empírico aplicado por los legisladores navarros. La importancia de la regulación legal del oficio de la herrería en el Fuero de Tudela deriva de la relevancia de la viticultura en el siglo xii, cuya calidad era ya entonces fundamental para la economía y la cultura de la zona. La producción vinícola en la Ribera de Navarra —al igual que en otras regiones de la península ibérica— constituía un sector estratégico que impulsaba el comercio y la prosperidad local de la época (Sánchez Benito, 2009).

2.1. Las ondas de Faraday

Los primeros experimentos documentados sobre la observación de ondas sonoras en superficies delgadas fueron publicados en 1787 por el físico y músico alemán

Ernst Chladni (1756–1827). Estos consistían en frotar un arco de violín contra el borde de una placa de metal cubierta de arena fina. Dependiendo de la fuerza y del punto de fricción, la arena se acumulaba en distintas líneas siguiendo el patrón de los modos de resonancia de dicha placa. En su obra (Chladni, 1787), presentó numerosos dibujos que muestran los patrones generados al realizar esta acción empleando placas de diversas formas, tamaños y espesores, conocidos hoy como las «figuras de Chladni».

En lo que respecta a la observación de ondas sonoras sobre superficies líquidas (ver Figura 1-b), el primer estudio exhaustivo fue publicado por el físico y químico británico Michael Faraday (1791-1867), más conocido por sus aportaciones al electromagnetismo y la electroquímica. Al término de una comunicación de 1831 titulada «*On a peculiar class of Acoustical Figures; and on certain Forms assumed by groups of particles upon vibrating elastic Surfaces*» (Sobre una clase peculiar de figuras acústicas y sobre ciertas formas adoptadas por grupos de partículas en superficies elásticas vibrantes), incluye un anexo en el que Faraday señala: «Cuando la superficie superior de una placa que vibra para producir sonido se cubre con una capa de agua, esta suele presentar un aspecto bellamente crispado [ondulado] en las proximidades de los centros de vibración» (Faraday, 1831). El científico utiliza el término *crispation* (crispación) para identificar este tipo de ondulaciones.

2.2. La cimática

El método de observación de ondas acústicas sobre placas cubiertas de arena o líquidos —aplicando una fricción sobre estas— fue perfeccionado a finales de la década de 1960 por el médico y naturalista suizo Hans Jenny (1902–1974). Al publicar los resultados de sus investigaciones sobre la visibilización de las vibraciones, Jenny acuñó el término «cimática» (*Cymatics*). Este método consiste en someter a vibración líquidos contenidos en un recipiente que, al ser excitados por ondas sonoras aéreas o mecánicas por vía sólida, muestran distintas figuras en la superficie del líquido o en placas cubiertas de polvo fino, siguiendo siempre los modos normales de vibración del soporte (Jenny, 1967).

2.3. Equilibrio coloidal del vino

Desde una perspectiva de química básica, la energía acústica generada por el golpeo constante del martillo sobre el yunque se traduce en ondas mecánicas que agitan el vino a nivel microscópico. Estas vibraciones rompen su equilibrio coloidal y alteran la sedimentación normal de las partículas en los toneles. El equilibrio coloidal en el vino hace referencia a la estabilidad de las partículas en suspensión; en este sentido, el reposo permite la sedimentación

natural de los coloides inestables, lo que mejora la limpidez y la estabilidad del producto (Agrovin, s. f.). El vino no es solo un líquido, sino una suspensión coloidal donde partículas diminutas, como proteínas y taninos, requieren de quietud para mantener la estabilidad del sistema.

Las vibraciones externas provocan que estas partículas choquen y se aglutinen, lo que altera la estructura del fluido y aumenta la superficie de contacto con el oxígeno residual. Este movimiento acelera la reacción de oxidación y genera el entorno propicio para que las bacterias acéticas metabolicen el alcohol de forma más rápida. Se precipita así la transformación química del vino en vinagre (acetificación) debido a la interrupción de su estado de reposo físico (Agrovin, s.f.).

3. El Fuero de Tudela en la Navarra medieval

De acuerdo con Luis María Marín Royo, investigador tudelano, las leyes por las que se rigieron los habitantes de Tudela durante más de setecientos años no fueron las del «Fuero de Sobrarbe» —nombre considerado apócrifo—, sino las del propio Fuero de Tudela, otorgado por Alfonso I el Batallador hacia 1124 (Marín Royo, 2010). Respecto a la contaminación acústica, el autor indica que «queda expuesto reiteradamente en el fuero» la prohibición de dañar o molestar a cualquier vecino. En este sentido, destacan dos apartados en los que se detalla de forma explícita qué medidas preventivas debían tomarse en caso de demostrarse, mediante la intervención de un legislador (veedor) o autoridad local, que el ruido producía perjuicios.

Según se desprende de las investigaciones sobre la figura de la autoridad medieval (el legislador), esta recaía en el alcalde o los jurados locales, quienes actuaban no solo como jueces, sino también como validadores técnicos. Su función principal consistía en supervisar que los procedimientos de evaluación se ejecutaran sin vicios ni irregularidades. Estos cargos eran desempeñados por los «hombres buenos» (prohombres) de la villa: vecinos de reputación intachable, propietarios y conocedores de los usos y costumbres locales que, sin ser juristas de profesión, constituían figuras de autoridad moral y social.

Para el presente artículo se han utilizado los textos publicados por la Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, dentro de una obra que compila los fueros de Navarra y que incluye el de Tudela (Jimeno Aranguren, 2016).

4. El Fuero de Tudela y la prueba objetiva de vibraciones

Tal como se ha mencionado, el Fuero de Tudela incluye dos apartados referidos a la prevención de molestias por

ruido —centrados en la preservación de la calidad del vino— que debían ser supervisados por los jurados o autoridades locales: el § 125, «De la forja que hace ruido», y el § 126, sobre trabajos en viviendas sin dañar al vecino. La presencia de estas autoridades en la inspección garantizaba que la prueba empírica se transformara en una verdad jurídica. Actuaban como árbitros que convertían la observación física en una sentencia firme bajo juramento, certificando que el daño al vecino era una realidad material y no una mera queja.

4.1. § 125 *De forga que face roydo*

El procedimiento descrito en el Fuero de Tudela [§ 125, lib. 4, cap. 19], en palabras modernas constituye un ensayo de excitación mecánica controlada:

«De forga que face roydo. Si cerca bodega de alguno carrera en medio o non touiere algun ferrero su forga e se teme quel faga el roido de los golpes danno a su uecino, por fuero deue prender un uaso de vino o de agua e ponerlo sobre la tapa de la cuba, e fierga con el martiello mayor quanto mas pueda en la clumen e si tenblare el vino o la agua del uaso deue ser redrada la forga dali maguer sia la casa del ferrero, por que non deue fer mal a su uecino en ninguna guisa». [Liber quartus § 125, lib. 4, cap. 19].

«De forja que hace ruido. Si cerca de la bodega de alguno, con calle en medio o no, tuviera algún herrero su forja y se teme que le haga el ruido de los golpes daño a su vecino, por ley debe tomar un vaso de vino o de agua y ponerlo sobre la tapa de la cuba, y golpee con el martillo mayor cuanto más pueda en el yunque; y si temblara el vino o el agua del vaso, debe ser retirada la forja de allí aunque sea la casa del herrero, porque no debe hacer mal a su vecino en ninguna manera».

Análisis del texto [§ 125, lib. 4, cap. 19]:

- «*Fierga con el martiello mayor*»: no es un golpe cualquiera. El Fuero exige que la prueba se haga con el mazo de mayor masa, buscando generar la máxima amplitud de onda, siendo esto un ensayo acústico en toda regla.
- «*En la clumen*»: se refiere al yunque (o la parte central de este). Es el punto de mayor transferencia de energía mecánica al suelo.
- «*Si tenblare el vino o la agua*»: aquí es donde ocurre la cimática, el legislador no pide que el vaso se caiga, basta con que el líquido «tiemble» (aparición de ondas de Faraday o crispaciones superficiales), siendo esta es la prueba del daño.
- «*Maguer sia la casa del ferrero*»: esta es la clave de la zonificación. Aunque la casa sea propiedad del

herrero, su derecho de propiedad termina donde empieza la «vibración dañina» para el vecino. El «mal» (el ruido/vibración) es un invasor físico.

Desde la acústica física, la tapa de la cuba de vino actúa como una placa vibrante. Si la frecuencia de los golpes del herrero coincide con la frecuencia de resonancia del sistema barril-líquido, la energía se transfiere a la superficie libre del vino (o del agua). Lo que el Fuero identifica como el «*tenblar del vino*» es, en términos modernos, la formación de ondas de Faraday, que funcionan como indicadores visuales de que la aceleración vertical ha superado un umbral crítico.

Para los jurados encargados de aplicar el Fuero, este fenómeno físico constituía la prueba de que la energía acústica era suficiente para romper el reposo coloidal del vino y acelerar su acetificación. Así, el vaso no era solo una prueba empírica, sino un transductor acústico-visual que objetivaba un conflicto de zonificación: la incompatibilidad entre la metalurgia y la quietud necesaria para la preservación del producto.

4.2. § 126 *De obrar en su casa sin danno de su uezino*

Este apartado llama la atención teniendo en cuenta que fue escrito hace ochocientos años, porque introduce una dimensión temporal y biológica que complementa perfectamente la parte física de la cimática, ya que a diferencia del anterior, que trataba sobre la «física del impacto», este trata sobre la «sensibilidad del receptor»:

«De obrar en su casa sin danno de su uezino. Si alguno por fer o desfer su casa de cuaresma adelant face roido a cellero o a sirganos, pues conpieçan a sobir, el sennor del çello o de los sirganos deuel fer saber al sennor de las casas de tercer a tercer día ata .IX. días, e a cabo del tercer día deue testar su uino con dos de sus uezinos, e si fuere peorado al tercero día o de los primeros días adelant e non se quiere el otro lexar de facer roido e se danare su vino, podiendolo prouar como dito es deuel emendar por iuycio de alcalde todo el danno del uino que aura por su roydo. Esto mesmo es de emendar los sirganos prouando como dito es». [Liber quartus § 126, lib. 4, cap. 20].

«De obrar en su casa sin daño de su vecino. Si alguno por hacer o deshacer su casa de Cuaresma en adelante hace ruido a bodega o a gusanos de seda, pues comienzan a subir, el dueño de la bodega o de los gusanos de seda debe hacérselo saber al dueño de las casas de tercer a tercer día hasta nueve días, y al cabo del tercer día debe probar su vino con dos de sus vecinos, y si fuera empeorado al tercer día o de los primeros días en adelante y no quiere el otro dejar de hacer ruido y se dañara su vino, pudiéndolo

probar como dicho es deber enmendar por juicio de alcalde todo el daño del vino que habrá por su ruido. Esto mismo es de enmendar los gusanos de seda probando como dicho es».

Análisis del texto [§ 126, lib. 4, cap. 20]:

- El apartado identifica que el ruido no siempre es igual de dañino dependiendo de la época del año.
- A partir de «*cuaresma adelant*» (primavera), pueden ocurrir procesos biológicos críticos.
- Con el incremento de la temperatura, el vino en el «*cellero*» (bodega) experimenta la segunda fermentación o procesos de alteración química.
- Los «*sirganos*», refiriéndose a los gusanos de seda (*sirgo* es seda); en primavera, las larvas eclosionan y son sensibles a las vibraciones.

Aquí el Fuero reconoce que existen periodos donde el umbral de tolerancia del receptor desciende drásticamente. Podría considerarse que este apartado es un antecedente de ciertas normativas, que limitan los niveles sonoros en épocas de cría de especies o periodos estacionales específicos.

5. El carácter preventivo en el Fuero de Tudela

A más de ochocientos años de su redacción, estos dos apartados del Fuero de la Navarra medieval destacan también por constituir una proto legislación de zonificación urbana en la península ibérica. Su carácter preventivo resultaba tan estricto que, en los casos más extremos, se obligaba al traslado de las herrerías lejos de las viviendas, incluso cuando estas eran habitadas por el propio herrero.

El § 126 establece un protocolo marcadamente preventivo, ya que el afectado debía notificar cada tres días si su vivienda se veía perjudicada por las obras del vecino, tratándose así de una gestión de conflictos basada en la comunicación constante. Asimismo, el fuero exigía una prueba comparativa: «*Deue testar su uino con dos de sus uezinos*», lo que constituía, en la práctica, un análisis sensorial mediante un panel de cata. Si al tercer día de ruidos el vino había «*peorado*» respecto a su estado inicial, quedaba establecida la causalidad física entre la vibración y el daño químico.

Asimismo, el texto establece la responsabilidad civil por ruido, ya que el término *roydo* (el ruido o la vibración) aparece asociado directamente a la obligación de «*emendar*» (indemnizar). El Fuero no solo ordena el cese de la obra, sino que estipula que, si el vecino persiste («*non se quiere el otro lexar de facer roydo*»), deberá pagar «*todo el danno del uino*». De este modo, la legislación medieval

ya vinculaba la actividad molesta con la reparación económica del perjuicio causado.

Resulta fascinante observar cómo el Fuero de Tudela trata jurídicamente el ruido como una energía invasiva que perjudica la propiedad privada, estableciendo así un temprano principio de concurrencia de derechos. La norma reconoce el derecho a construir o reformar la propia vivienda, pero estipula que dicha facultad termina en el momento en que la energía mecánica generada (el ruido o la vibración) se propaga a la propiedad vecina y altera la integridad de sus bienes.

6. Conclusiones

A través de este estudio, el autor se propone recuperar parte del rico legado histórico de la España peninsular en materia de contaminación acústica. El caso del Medioevo navarro destaca no solo por la prevención de molestias y la zonificación urbana, sino también por la aplicación de un método empírico para determinar objetivamente la inmisión de energía mecánica en las viviendas y su capacidad de producir daños materiales.

Más allá del valor filológico, legal o lingüístico del Fuero de Tudela, los dos apartados analizados revelan una búsqueda de objetividad procesal en la resolución de conflictos urbanos. El método de colocar un recipiente con líquido sobre la cuba funcionaba como un sismógrafo rudimentario: una herramienta de evaluación que desplazaba la carga de la prueba desde el testimonio subjetivo del vecino hacia una evidencia física observable.

Al establecerse este criterio material —la vibración del líquido como prueba del impacto de la forja—, el derecho medieval manifiesta una voluntad de justicia técnica, donde el límite entre el derecho al trabajo y el derecho al descanso se dirimía mediante un experimento reproducible y ajeno a la arbitrariedad del juzgador. Así los «hombres buenos» de Tudela del siglo XII, sin saberlo, estaban aplicando principios de mecánica de fluidos y cimática para legislar sobre la convivencia urbana.

El autor es socio de la Sociedad Española de Acústica (SEA) y Chair del *Comité de Archivo e Historia* de la *Acoustical Society of America* (ASA); también integra la asociaciones acústicas de Argentina (AdAA) y Uruguay (AUA).

Agradecimientos

El autor quiere agradecer a revisores y editora de la *Revista de Acústica* de la SEA, por las sugerencias, observaciones y la publicación de este artículo.

Responsabilidad

Se presenta este artículo bajo la agenda de pura investigación acústica en *Historia de la ciencia*. Se declara que no existen conflictos de intereses (siempre se mencionan las fuentes de datos), y tanto la investigación como la redacción del artículo no tuvieron financiamiento, se hizo en el tiempo libre del autor.

Se declara que fue utilizada la herramienta de IA Gemini únicamente para traducir del castellano romance al español moderno los dos apartados del Fuero de Tudela.

Referencias

- [1] Agrovín (s.f.) Procesos enológicos. Clarificación y estabilización. *Grupo Agrovín*. Alcázar de San Juan (Ciudad Real). España. <https://agrovín.com/clarificación-y-estabilización/estabilidad-coloidal/>
- [2] Chladni, Ernst F. F. (1787) *Entdeckungen über die Theorie des Klanges*. Leipzig : Bey Weidmanns Erben und Reich. <https://archive.org/details/entdeckungenuber00chla>
- [3] Faraday, Michael (1831) *On the Forms and States assumed by Fluids in contact with vibrating elastic surfaces. Appendix. On a peculiar class of Acoustical Figures; and on certain Forms assumed by groups of particles upon vibrating elastic Surfaces*. M. F.R.S. M.R.I., Corr. Mem. Royal Acad. Sciences of Paris
- [4] Jenny, Hans (1967). *Cymatics: A Study of Wave Phenomena & Vibration*. Edición electrónica julio de 2001.
- [5] Jimeno Aranguren, Roldán (2016) Los Fueros de Navarra. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. Madrid, 2016. https://www.boe.es/biblioteca_juridica/abrir_pdf.php?id=PUB-LH-2016-9
- [6] Marín Royo, Luis María (2010) Leyes de la Tudela Medieval y algunas Costumbres de la Época. *Revista del Centro de Estudios Merindad de Tudela* N.º 18, 2010, págs. 63-97. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3407022>
- [7] Perseus (s. f.) *Athenaeus, The Deipnosophists*, Book XII. Perseus Digital Library. Tufts University. <http://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Ath.+12&fromdoc=Perseus%3Atext%3A2013.01.0003>
- [8] Sánchez Benito, José María (2009) La vid y el vino en la meseta meridional castellana (siglos XII-XV). Universidad Autónoma de Madrid. En Cuadernos de historia de España. Cuad. hist. Esp. v.83 Buenos Aires ene./dic. 2009. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0325-11952009000100002

El futuro es un mundo apasionante. Hagámoslo seguro.

Especialistas en tecnología y protección submarina.



saes®

Innovar_Desarrollar_Proteger

IV Ciclo de Conferencias de la Federación Iberoamericana de Acústica



Un año más, en el marco de la conmemoración del Día Internacional de la Concienciación sobre el Ruido, tuvo lugar el IV Ciclo de Conferencias de la Federación Iberoamericana de Acústica (FIA), celebrado entre el 21 y el 24 de abril de 2026 en formato virtual. Al igual que en las tres ediciones precedentes, todas las instituciones asociadas a la FIA tuvieron la oportunidad de participar en este evento que, a estas alturas, puede considerarse plenamente consolidado en el calendario de actividades de la comunidad acústica iberoamericana. Las sesiones se programaron en una franja horaria que abarcó desde GMT-5 hasta GMT+2, con el propósito de facilitar la participación simultánea del mayor número posible de asistentes a lo largo y ancho de la geografía iberoamericana.

El acto de apertura, a cargo de diversos integrantes del Consejo Directivo de la FIA, dio paso a cuatro intensas jornadas en las que participaron ponentes de ocho países miembros de la Federación: Ecuador, Brasil, Uruguay, Colombia, España, Argentina, Portugal y Chile, lo que pone de manifiesto el carácter genuinamente iberoamericano de este encuentro.

Las conferencias presentadas abarcaron una notable diversidad temática, articulada en torno a tres grandes ejes. El primero de ellos, centrado en la protección de la salud y el bienestar ante el ruido, incluyó ponencias sobre la evaluación de la eficacia de los protectores auditivos en entornos industriales, la evaluación y el control del ruido de ocio, y la experiencia acumulada en materia de contaminación acústica en infraestructuras. El segundo eje abordó la dimensión ambiental y urbana de la contaminación acústica, con ponencias dedicadas al análisis de los sonidos generados por actividades humanas en las ciudades, la elaboración del mapa acústico de Montevideo, y la experiencia en la formulación de políticas de ruido en Colombia a partir de su legislación específica. El tercer eje, de especial relevancia científica, se centró en los efectos del ruido antropogénico sobre la fauna, con ponencias dedicadas al impacto del ruido en peces y a la contaminación sonora y los mamíferos marinos. Finalmente, el ciclo se completó con una conferencia sobre acústica de espacios de elevado valor patrimonial, en el marco del proyecto REVERBDATA, aportando una perspectiva cultural y arquitectónica de gran interés.

A continuación, se presenta íntegramente el programa.

Los asistentes a las diferentes sesiones tuvieron la oportunidad de interactuar con los ponentes en tiempo real, formulando preguntas tanto durante el desarrollo de

Día (Abril 2026)	Actividades
	Acto de Apertura: Presentación de la programación de la semana a cargo de diversos integrantes del Consejo Directivo de la FIA
Martes 21	Conferencia: «Evaluación de la eficacia de la protección auditiva: Análisis comparativo entre estimaciones teóricas y mediciones de campo (fit test) en una industria florícola» Orador: Juan Pablo Caiza Zambrano (SOECA, Ecuador)
	Conferencia: «Sonidos producidos por actividades humanas en ciudades» Orador: José Augusto Nepomuceno (PROACUSTICA, Brasil)
Miércoles 22	Conferencia: «Mapa acústico de Montevideo» Oradores: Joaquín Sharoian y Valentina La Manna AUA, Uruguay) Conferencia: «Experiencia y retos en la formulación de políticas de ruido en Colombia a partir de la Ley 2450-Ley de Ruido» Orador: Jennifer Victoria Torres Romero (ASCCAC, Colombia)
Jueves 23	Conferencia: «Efecto del ruido antropogénico en peces» Orador: Pedro Poveda Martínez (SEA, España) Conferencia: «Contaminación sonora y mamíferos marinos ¿Qué sabemos y hacia dónde vamos?» Orador: Gisela Giardino (AdAA, Argentina)
Viernes 24	Conferencia: «Evaluación y control del ruido de ocio» Orador: Antonio Hidalgo (SEA, España) Conferencia: «Acústica de espaços de elevado valor patrimonial. O Projeto REVERBDATA» Orador: Diogo Alarcão (SPA, Portugal) Conferencia: «Contaminación acústica: Experiencia en Chile en infraestructura» Orador: Sergio Belfiore (SOCHA, Chile)

las conferencias como al término de cada una de ellas. Esta dinámica favoreció un intercambio técnico y científico de notable riqueza entre profesionales e investigadores de distintos países, evidenciando la vitalidad de la comunidad acústica iberoamericana.

El IV Ciclo de Conferencias ha confirmado, una edición más, la consolidación de este formato como espacio de referencia para el encuentro y la colaboración entre los acústicos de la región. La FIA, que agrupa a las sociedades de acústica de los países de habla hispana y portuguesa, continuará impulsando este ciclo con el objetivo de fortalecer los vínculos científicos y profesionales entre sus miembros, aprovechando las posibilidades que ofrecen los medios tecnológicos para superar las barreras geográficas que separan a nuestra comunidad.

Ingeniería Acústica García-Calderón

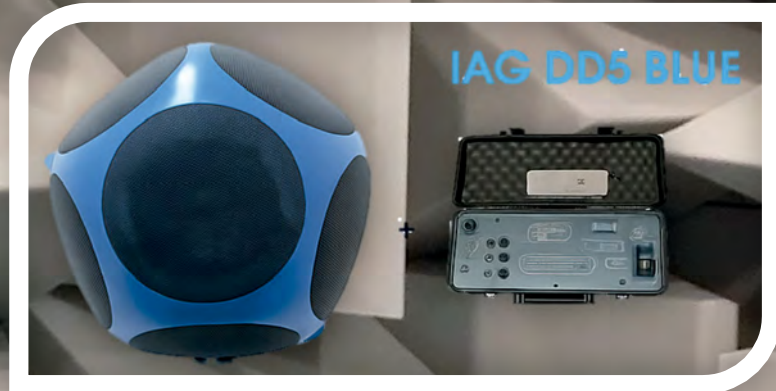
Proveedores de equipamiento para medidas de ruido y vibraciones

Diseño y suministro de cámaras anecoicas

CÁMARAS ACÚSTICAS



FUENTES SONORAS ULTRALIGERAS



MÁQUINAS DE IMPACTO



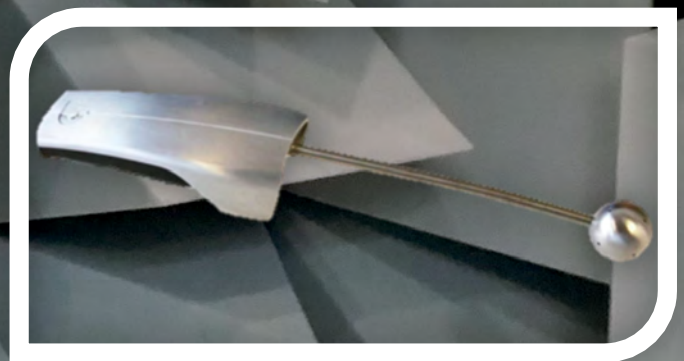
ANALIZADORES MULTICANAL Y SONOMETROS



SONDAS INTENSIDAD 3D, PU



MEDIDOR DE ABSORCION Y STL (SONOCAT)



Ingeniería Acústica García-Calderón



C/ Soto Hidalgo 24, local 8

28042 Madrid, Spain



Telf: +34 91 128 89 47



info@garcia-calderon.com



<https://garcia-calderon.com/>

Día Internacional de Concienciación sobre el ruido 2026



Comunicado de la Sociedad Española de Acústica, con motivo del Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido 2026. 29 de abril de 2026

Como en años anteriores, con motivo del Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido, la Sociedad Española de Acústica emitió un comunicado, el día 29 de abril de 2026. El comunicado, centrado este año en las consecuencias del ruido sobre la salud, pero también sobre el desarrollo cognitivo y aprendizaje de los más pequeños, fue difundido a los principales medios de comunicación, que se hicieron eco de la noticia tanto en prensa escrita como en radio, televisión y medios digitales. El comunicado tuvo gran acogida tanto en agencias de noticias, como en medios nacionales y autonómicos, dando lugar a, al menos, 30 noticias en los distintos medios referidos.

A continuación, se presenta, íntegramente, el texto del comunicado:

«Con ocasión del Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido, la Sociedad Española de Acústica se hace eco de dos informes recientes de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) que dibujan un panorama preocupante: la contaminación acústica no solo afecta a la salud de decenas de miles de europeos cada año, sino que también compromete el desarrollo cognitivo y conductual de centenares de miles de niños. La evidencia científica es concluyente: **el ruido mata, enferma y trunca el futuro de la infancia**.

El informe *“Environmental Noise in Europe 2025”*, publicado por la AEMA en junio de 2025, es el análisis más exhaustivo realizado hasta la fecha sobre el impacto del ruido ambiental en la salud pública europea. Sus conclusiones, actualizadas con los datos de cartografía acústica de 2022, revelan que el problema, lejos de remitir, sigue siendo estructural:

> 20 % de los europeos expuesto a ruido daño (umbral END)	> 30 % expuesto según los umbrales más estrictos de la OMS	92 M personas afectadas solo por el tráfico rodado
--	---	--

16,9 M personas con molestia severa crónica	4,6 M personas con trastornos graves del sueño	50.000 nuevos casos de cardiopatía cada año
66.000 muertes prematuras anuales atribuidas al ruido	22.000 nuevos casos de diabetes tipo 2 al año	>4795,6 B€ de coste económico anual (0,6 % del PIB de la UE)

El tráfico rodado es con diferencia la fuente de ruido dominante, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas. Aplicando los criterios de la Organización Mundial de la Salud —más estrictos que los umbrales legales de la Directiva sobre el Ruido Ambiental (END)—, el número de personas expuestas a niveles perjudiciales asciende a aproximadamente 150 millones, es decir, uno de cada tres ciudadanos europeos.

La exposición nocturna es particularmente preocupante: al menos 72 millones de personas superan el límite nocturno de la END (50 dB), y casi 139 millones lo hacen según los umbrales de la OMS. La fragmentación del sueño provocada por eventos de ruido dispara el cortisol, la adrenalina y la presión arterial, lo que con el tiempo genera daño vascular crónico.

Por otra parte, el informe *“The effect of environmental noise on children’s reading ability and behaviour in Europe”* (AEMA, diciembre de 2024) aporta por primera vez una estimación sistemática del impacto del ruido de transporte sobre el desarrollo cognitivo y conductual de la infancia. Los resultados confirman que los niños constituyen el grupo más vulnerable: se encuentran en una fase crítica de aprendizaje cuando su cerebro es más susceptible a la interferencia del ruido crónico.

>550.000 niños con déficit lector atribuido al ruido del transporte	~115.000 casos de problemas conductuales relacionados con el ruido	14 M menores de 6-17 años expuestos a ≥55 dB en Europa
--	---	---

La OMS recomienda que el nivel de ruido en los patios escolares no supere los 55 dB(A) y que en el interior de las aulas no exceda los 35 dB(A). Sin embargo, en muchas zonas urbanas europeas estos límites se sobrepasan de forma habitual.

Aproximadamente 14 millones de niños y adolescentes de entre 6 y 17 años están expuestos en Europa a

niveles medios de ruido iguales o superiores a 55 dB. La evidencia científica muestra que el riesgo de problemas cognitivos y conductuales comienza incluso por debajo de este umbral, tanto en el entorno escolar como en el hogar.

El tráfico rodado es el principal responsable: origina el 84 % de los casos de deterioro lector y el 86% de los trastornos conductuales, con mayor incidencia en entornos urbanos. El tráfico ferroviario contribuye con alrededor del 15 % de los casos de lectura, y el aéreo con el 1 % restante.

Un dato esperanzador del informe es que los déficits cognitivos pueden reducirse e incluso desaparecer una vez mitigada la fuente de ruido. Ello subraya la necesidad de actuar con prontitud y planificar a largo plazo allí donde los niños puedan estar expuestos. La AEMA y la OMS señalan un abanico de medidas eficaces:

- Limitaciones del tráfico en entornos escolares: reducción de velocidad y restricciones de acceso.
- Mejoras de aislamiento acústico en aulas: ventanas de alto aislamiento acústico, barreras de ruido y paneles absorbentes.
- Planificación urbanística que mantenga los edificios escolares y residenciales alejados de las principales vías de tráfico.
- Creación de zonas verdes tranquilas como barrera natural frente al ruido, con beneficios adicionales para el aire y el bienestar.
- Programas educativos de sensibilización sobre el ruido como contaminante en el entorno escolar.

Antonio Pedrero González

Presidente de la Sociedad Española de Acústica»

A la distribución de este comunicado se sumaron actuaciones particulares de diversos miembros del Consejo Rector, a los que esta editorial querría agradecer su implicación, y que aumentaron la difusión del Día de Concienciación sobre el Ruido con noticias adicionales en medios escritos y audiovisuales, así como mediante la elaboración del cartel del evento para este año, que se presenta como contraportada de este número de la Revista de Acústica.

Pequeños guerreros contra el ruido: el CEIP Fuentenueva de Granada acoge un acto de la SEA por el Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido 2026

El pasado 29 de abril de 2026, el CEIP Fuentenueva de Granada acogió uno de los actos principales organizados

por la Sociedad Española de Acústica (SEA) con motivo del Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido. La elección del centro y de la ciudad no resultó casual, puesto que Granada será la sede del congreso Tecnia-cústica 2026 el próximo mes de octubre. Así, esta jornada con los más pequeños sirvió como antesala institucional del principal encuentro de la acústica ibérica.

A lo largo del encuentro, los representantes de la SEA y de la Universidad de Granada (UGR) presentes en el acto compartieron con el alumnado la importancia del Día Internacional, así como el sentido del lema escogido para esta edición: «Vive sin ruido, vive mejor». La actividad se orientó a acercar a los escolares las nociones básicas sobre el ruido y sus efectos en la salud, en el aprendizaje y en la calidad de vida cotidiana, ajustando el lenguaje y la perspectiva a este público tan especial.

La SEA estuvo representada en el acto por su presidente, Antonio Pedrero. Junto a él participaron Jerónimo Vida, profesor de la Universidad de Granada, miembro de la SEA y del comité del congreso Tecnia-cústica 2026, así como Ángel F. Ramos Ridao y Rafael García Quesada, ambos profesores de la UGR e integrantes del comité organizador local del congreso.



El acto contó con las intervenciones de Luis Pinto, director del CEIP Fuentenueva, del presidente de la SEA y del profesor Jerónimo Vida. El profesor Vida presentó la línea de investigación en paisaje sonoro que desarrolla su grupo multidisciplinar de la UGR y puso de relieve el papel de la percepción subjetiva como complemento de los descriptores estrictamente energéticos. Por su parte, Antonio Pedrero subrayó la relevancia del sentido del oído y del sonido como soporte tanto del lenguaje hablado como de la música, e introdujo a los escolares en algunas de las medidas, tanto institucionales como cotidianas, que permiten reducir la exposición al ruido en la vida diaria.

Los escolares, un centenar de alumnos de quinto y sexto de Educación Primaria, contribuyeron al desarrollo de la jornada con dos intervenciones muy especiales: una interpretación musical con flautas dulces, acompañada

al piano por el profesor de música, de fragmentos de las bandas sonoras de *Titanic* e *Interstellar*; y una breve representación teatral en la que un grupo de alumnos abordó la definición de ruido y sus principales efectos sobre la salud y el desarrollo. La jornada constituye, asimismo, el punto de partida del trabajo que el alumnado de quinto desarrollará a lo largo del resto del curso, registrando y midiendo niveles sonoros dentro y fuera del centro, y cuyos resultados se presentarán durante la ceremonia de clausura del congreso Tecniacústica 2026.



La jornada tuvo además reflejo en la prensa local, con un reportaje publicado por el diario *Ideal* al día siguiente del acto, así como en las familias de los escolares, que felicitaron a la organización por la preparación de este evento.

Tal y como evidencia esta repercusión, la sensibilización en entornos escolares constituye una vía especialmente eficaz para que el mensaje acústico permee más allá del aula. La SEA agradece al CEIP Fuentenueva, a la Universidad de Granada y al conjunto de la comunidad educativa su acogida.

La SEA renueva su apoyo a la campaña «El silencio es música para tus vecinos» en su segunda edición

Tras los resultados favorables de la primera edición de esta campaña, la Sociedad Española de Acústica (SEA) ha vuelto a sumarse a la campaña «El silencio es música para los vecinos», impulsada por España de Noche: Federación Nacional de Empresarios de Ocio y Espectáculos, con motivo del Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido. La iniciativa, que tuvo lugar el pasado 29 de abril, coincidiendo con el Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido, ha contado igualmente con la participación de la Confederación Estatal de Asociaciones Vecinales (CEAV) y de la Asociación Española de DJs y Productores (AEDYP), así como con la colaboración de 014 Media.



La campaña se orienta a promover la concienciación ciudadana sobre la problemática del ruido nocturno, a poner en valor el compromiso social del sector del ocio y a ampliar el debate público sobre las causas reales del ruido en este ámbito. En este sentido, su estrategia se asienta sobre la capacidad de concienciación que DJs, discotecas y locales de copas pueden ejercer sobre el público de ocio, con el fin de transmitir mensajes de civismo y responsabilidad asociados al disfrute del ocio nocturno y al respeto del descanso vecinal.

A diferencia de la edición anterior, la mecánica de esta segunda convocatoria se articuló en torno a la creación de vídeos verticales grabados por DJs, promotores y responsables de redes sociales de los locales adheridos, en los que cada participante traslada el mensaje de la campaña desde su propio entorno profesional. La difusión arrancó el 28 de abril a las 17:30 horas a través de Instagram y TikTok bajo la etiqueta *#ElSilencioEsMusica*, y se prolongó hasta el 3 de mayo tanto en redes como en las pantallas y visuales de los propios locales.

La SEA valora muy positivamente la continuidad de este tipo de iniciativas, que demuestran cómo la coordinación entre el sector empresarial del ocio, el movimiento vecinal y el ámbito técnico-académico puede contribuir, de manera sostenida, a una concienciación que permita construir entornos de ocio más equilibrados y respetuosos con la convivencia.

El ITEFI-CSIC se suma al Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido con un vídeo divulgativo sobre el papel del recinto en la percepción sonora

Con motivo del Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido 2026, el Instituto de Tecnologías Físicas y



de la Información (ITEFI), perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), ha publicado un

vídeo divulgativo grabado en sus propias cámaras anecoica y reverberante. La pieza, de poco más de un minuto, presenta de manera comparativa estos dos ambientes acústicos extremos para mostrar cómo, ante una misma fuente y una misma potencia emitida, la cantidad de sonido percibido depende decisivamente del recinto. El vídeo concluye con un llamamiento explícito a la responsabilidad individual: «Protege tu audición y bienestar. Únete a la lucha contra la contaminación acústica». La SEA agradece al ITEFI-CSIC su contribución a la celebración y su esfuerzo continuado por acercar la disciplina acústica al conjunto de la sociedad.

El vídeo se puede visualizar en: <https://youtu.be/XpsVeb97Jcc?si=fXN-38gEJh3f53Mm>



Envíese a: **Revista Española de Acústica - SEA**
e-mail: secretaria@sea-acustica.es
<http://www.sea-acustica.es>

Estoy interesado en:

- **ASOCIARME A LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ACÚSTICA** ☐
- **SUSCRIBIRME A LA REVISTA DE ACÚSTICA** ☐

Apellidos: _____ Nombre: _____

Dirección para correspondencia: _____

C.P.: _____ Ciudad: _____ Provincia: _____

Tel.: _____ Fax: _____ e-mail: _____

Centro de trabajo: _____

Puesto de trabajo: _____

Dirección: _____

C.P.: _____ Ciudad: _____ Provincia: _____

Tel.: _____ Fax: _____ e-mail: _____

MEDIR RUIDO ES FÁCIL.

MEDIRLO BIEN, NO TANTO.

NOSOTROS TENEMOS LA SOLUCIÓN



EDUCACIÓN • HOSPITALES • HORECA • MÚSICA EN DIRECTO Y EVENTOS
CENTROS COMERCIALES • INDUSTRIA 4.0 • OCIO Y TURISMO

LIMITADOR DE SONIDO
HOMOLOGADO



cap21

SONÓGRAFO
REGISTRADOR



SR02

SRA

ESTACIÓN DE RUIDO
AMBIENTAL



Metodología para la evaluación de espacios patrimoniales para la realización de espectáculos sonoros (Methodology for the Assessment of Heritage Sites as Sound Venues)

Tribunal:

Presidente: Francesco Aletta, University College London.

Secretario: Diego Salas González, Universidad de Granada.

Vocal: María Dolores Redel Macías, Universidad de Córdoba.

Resumen:

La utilización de espacios históricos como escenarios para conciertos y eventos culturales es una práctica habitual que posee una relevancia económica y cultural innegable. Sin embargo, la mayoría de estos sitios no fueron diseñados originalmente para la transmisión de música o palabra, lo que plantea retos significativos en términos de calidad sonora, impacto ambiental y preservación del patrimonio inmaterial. Esta tesis doctoral establece una metodología sistemática para evaluar la idoneidad de los espacios patrimoniales como sedes de espectáculos sonoros, proponiendo un marco de trabajo que garantiza tanto la experiencia del público como el respeto al monumento y su entorno.

La metodología propuesta se basa en la integración de tres criterios fundamentales: ambiental, de acústica de salas y estético.

El **criterio ambiental** se centra en la relación señal-ruido y en la afección acústica hacia el exterior. Para superar las limitaciones de los sonómetros tradicionales en entornos complejos, se propone el uso de técnicas avanzadas como la deconvolución de barridos sinusoidales



Autor:

José Antonio Almagro Pastor

Director/es:

Ángel Fermín Ramos Ridao

Rafael García Quesada

Fecha de defensa:

27 de noviembre de 2025

Lugar:

Universidad de Granada

e-mail:

jaalmagro@ugr.es

exponenciales (ESS). Este método permite evaluar la huella sonora de un sistema de megafonía incluso cuando los niveles de emisión se sitúan por debajo del ruido de fondo ambiental, facilitando el cumplimiento de normativas en barrios residenciales protegidos.

El **criterio de acústica de salas** analiza las propiedades físicas inherentes al recinto mediante parámetros normalizados como el tiempo de reverberación, la claridad y la

definición. La investigación enfatiza la importancia de adaptar estos parámetros a la singularidad de los espacios históricos, que a menudo presentan volúmenes y geometrías no convencionales. Además, este pilar incluye la salvaguarda del patrimonio acústico intangible mediante la documentación sistemática de respuestas al impulso (RIR) y sus versiones ambisónicas (ARIR), permitiendo la preservación y recreación futura del comportamiento sonoro del espacio.

Finalmente, **el criterio estético** aborda la experiencia sensorial desde el enfoque del paisaje sonoro (*soundscape*). Se evalúa la sinergia entre la arquitectura, la música y el entorno visual, reconociendo que la percepción humana de la calidad sonora está modulada por el contexto. Mediante el uso de indicadores psicoacústicos (sonoridad, aspereza, agudeza) y el análisis de características visuales contextuales, la metodología cuantifica la manera en la que un entorno monumental puede potenciar la experiencia emocional del público, compensando en ocasiones condiciones acústicas que serían consideradas deficientes en una sala de conciertos moderna.

La validez del modelo se ha contrastado mediante estudios de caso en recintos emblemáticos de la ciudad de Granada (España) como el Teatro del Generalife, el Palacio de Carlos V y el Corral del Carbón. Los resultados demuestran que la combinación de mediciones objetivas y evaluaciones perceptuales permite identificar el «punto dulce» de ido-

neidad para cada espacio según el género musical programado.

La principal aportación de este trabajo es la creación de un **marco metodológico unificado** que

proporciona herramientas prácticas a los gestores culturales y profesionales del sonido. A través de fichas de idoneidad simplificadas, la tesis ofrece una vía para la toma de de-

cisiones informadas, promoviendo un uso sostenible, respetuoso y técnicamente riguroso del patrimonio cultural como escenario vivo de creación sonora.

Abstract:

The use of historical sites as venues for concerts and cultural events is a widespread practice that holds undeniable economic and cultural significance. However, most of these sites were not originally designed for the transmission of music or speech, posing significant challenges in terms of sound quality, environmental impact, and the preservation of intangible heritage. This doctoral thesis establishes a systematic methodology for evaluating the suitability of heritage venues for sound performances, proposing a framework that ensures both an optimal audience experience and respect for the monument and its surroundings.

The **environmental criterion** focuses on the signal-to-noise ratio and noise emission towards the surroundings to ensure acoustic quality and regulatory compliance. This analysis employs novel techniques, including the deconvolution of exponential swept sine (ESS) signals. This method enables the assessment of the sound footprint of public address (PA) systems, even when emission levels are below the ambient background noise, thus facilitating compliance with regulations in protected residential neighbourhoods.

The **room acoustics criterion** analyses the physical properties inherent to the venue using standardised parameters such as reverberation time, clarity, and definition. The research emphasises the importance of adapting these parameters to the uniqueness of historical spaces, which often present unconventional volumes and geometries. Furthermore, this pillar includes the safeguarding of intangible acoustic heritage through the systematic documentation of room impulse responses (RIR) and their ambisonic versions (ARIR), enabling the future preservation and recreation of the space's sound behaviour.

Finally, the **aesthetic criterion** addresses the sensory experience through the soundscape approach. It evaluates the synergy between architecture, music, and the visual environment, recognising that human perception of sound quality is modulated by the context. By using psychoacoustic parameters (Loudness, Roughness, and Sharpness) and the analysis of Natural and Contextual Features (NCF), the methodology quantifies how a monumental setting can enhance the audience's emotional experience, occasionally compensating for acoustic conditions that would be considered deficient in a modern concert hall.

The validity of the model has been assessed through case studies in emblematic venues located in Granada (Spain) such as the Generalife Theatre, the Palace of Charles V, and the Corral del Carbón. The results demonstrate that the combination of objective measurements and perceptual evaluations enables the identification of the "sweet spot" of suitability for each venue, according to the programmed musical genre.

The primary contribution of this work is the development of a **unified methodological framework** that offers practical tools for cultural managers and professionals. Through simplified suitability sheets, the thesis offers a path for informed decision-making, promoting a sustainable, respectful, and technically rigorous approach to utilising cultural heritage as a living stage for sound creation.

Para leer la tesis al completo: <https://digibug.ugr.es/handle/10481/112745>

CESVA

NOISE MEASURING INSTRUMENTS SINCE 1969

SONÓMETRO **SC250** CLASE 1 TOUCH & CLOUD

*Cuando el sonido
se puede tocar*



info@cesva.com
www.cesva.com



Pantalla
táctil
a color



Rango
único de
medición



Sonómetro
ampliable a
1/3 de octava



WIFI
Bluetooth
para App



Con memoria
y ficheros
en CSV

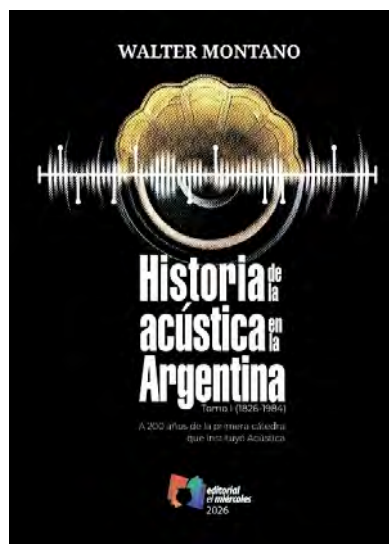


Curvas NC/NR
y Backerase de
los últimos 10 s

PERFECTAMENTE SIMPLE

SIMPLEMENTE PERFECTO

Historia de la acústica en la Argentina. Tomo I (1826-1984) - A 200 años de la primera cátedra que instituyó Acústica



Autores: Walter Montano

Edición: Cooperativa El Miércoles Comunicación y Cultura Ltda.

Año de publicación: 2026

ISBN: 9786319147537

Sinopsis

Fruto de una exhaustiva investigación documental, el licenciado e historiador Walter Montano presenta el primer tomo de una obra sin precedentes que reconstruye, por primera vez, el nacimiento y la evolución de la ciencia del sonido en el país. A lo largo de un recorrido cronológico que abarca más de siglo y medio, el libro rescata del olvido los hitos y los esfuerzos de los pioneros que transformaron una disciplina ligada inicialmente a la música y la medicina en una rama formal de la ciencia y la ingeniería aplicada.

El texto analiza en profundidad la transición de la acústica local a través de sus vertientes más importantes: el control del ruido urbano (destacando las vanguardistas campañas «anti-ruido» de Buenos Aires

en 1925 y Córdoba en 1941), el diseño y acondicionamiento de salas emblemáticas como el Teatro Colón, y los desarrollos en electroacústica.

A través de cartas, planos y testimonios inéditos, Montano rinde homenaje a grandes referentes nacionales como los ingenieros Guillermo Fuchs y Federico Malvárez, al tiempo que documenta hitos internacionales clave, como la histórica visita del célebre físico estadounidense Leo Beranek en 1947. En definitiva, este primer tomo no solo es una rigurosa bitácora técnica, sino un rescate patrimonial imprescindible para comprender el legado de la ingeniería y la identidad científica en América Latina.

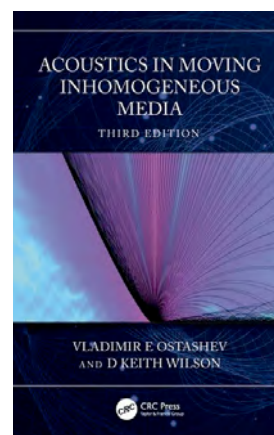
Sobre los autores

Walter Montano es un destacado especialista e historiador de la acústica con más de dos décadas de trayectoria independiente en Perú, donde ha liderado más de 350 proyectos de consultoría, diseño e ingeniería. Máster en Acústica Ambiental y Arquitectónica por la Universidad Ramon Llull de Barcelona y especialista en Acústica Forense, es también cofundador y director técnico del Instituto Peruano de Acústica y Vibroacústica (IPAV).

Es miembro pleno (*Full Member*) de la *Acoustical Society of America* (ASA) y colaborador activo en sociedades internacionales como IIAV (*International Institute of Acoustics and Vibration*), AdAA (Asociación de Acústicos Argentinos) y AUA (Asociación Uruguaya de Acústica). Sus líneas de investigación actuales se centran en el estudio de infrasonidos, ruidos de baja frecuencia y la monitorización a largo plazo de los cambios en el paisaje sonoro. Cuenta con más de 30 publicaciones científicas en congresos y revistas. Es profesor invitado en universidades de México y Perú y un activo divulgador de la historia de la disci-

plina. Entre sus contribuciones destaca su colaboración en *Noise/News International* (2021) en el marco del 50° aniversario del INCE.

Acoustics in Moving Inhomogeneous Media



Autores: Vladimir E. Ostashev, D. Keith Wilson

Edición: Taylor & Francis Ltd

Año de publicación: 2026

ISBN: 9781032035543

Sinopsis

Este libro ofrece un estudio excepcionalmente completo y riguroso sobre la propagación y la dispersión del sonido en medios no homogéneos en movimiento. Esta área de investigación es muy importante en muchos campos, como la acústica atmosférica y oceánica, la aeroacústica, la acústica de los flujos turbulentos, la teledetección de la atmósfera y el océano, la contaminación acústica en la atmósfera y la propagación de ondas. El libro comienza analizando la propagación del sonido a través de medios en movimiento con heterogeneidades determinísticas, como los perfiles verticales de temperatura y velocidad del viento en la atmósfera. A continuación, estudia la propagación del sonido en medios aleatorios con fluctuaciones en la velocidad del sonido, la densi-

dad y la velocidad del medio. Posteriormente, se presentan métodos numéricos de vanguardia para calcular el campo sonoro y sus características estadísticas, y se incluyen códigos descargables desde el sitio web del libro.

Esta tercera edición revisa el texto de la anterior para mejorar la legibilidad. También incluye nuevos resultados, como las recientes ecuaciones parabólicas de ángulo amplio. Se amplía el modelo de turbulencia atmosférica y se formulan las características estadísticas de las señales acústicas para la propagación inclinada y vertical, que se comparan con datos experimentales. Un capítulo completamente nuevo aborda las funciones de densidad de probabilidad de las señales acústicas en un medio aleatorio.

Este libro es imprescindible para estudiantes de posgrado e investigadores con diversos intereses teóricos y aplicados en acústica.

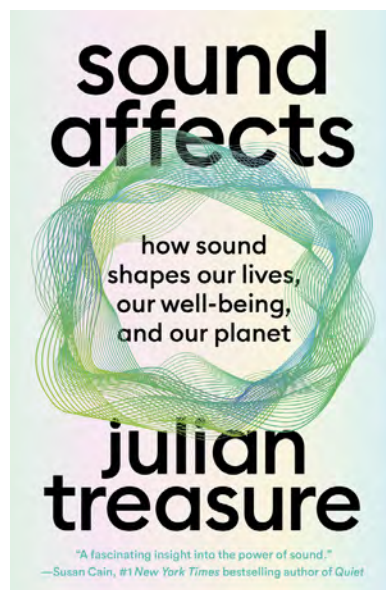
Sobre los autores

Vladimir E. Ostashev es investigador científico sénior en el Instituto Cooperativo para la Investigación en Ciencias Ambientales (CIRES) de la Universidad de Colorado en Boulder (CU) y experto gubernamental del Centro de Investigación y Desarrollo del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos. Obtuvo un doctorado en Física en el Instituto de Física y Tecnología de Moscú (Rusia) en 1979. Desde entonces, ha trabajado en el Instituto de Física Atmosférica y en el Instituto de Acústica, ambos en Moscú (Rusia), y en la Universidad Estatal de Nuevo México (Las Cruces, Nuevo México, EE. UU.). Es editor asociado de las revistas *Journal of the Acoustical Society of America* y *JASA Express Letters*.

D. Keith Wilson es investigador físico en el Centro de Investigación

y Desarrollo del Ejército de Estados Unidos (ERDC) en Hanover, New Hampshire. Obtuvo un doctorado en acústica por la Universidad Estatal de Pensilvania en 1992. Ha recibido cuatro veces el Premio al Mérito en Investigación y Desarrollo del Ejército de Estados Unidos y en 2012 fue galardonado con el Premio al Servicio Civil Meritorio del Ejército de Estados Unidos. Es editor asociado de la revista *Journal of the Acoustical Society of America*, editor fundador de *JASA Express Letters* y miembro de la Sociedad Acústica de América, del Instituto de Ingeniería de Control del Ruido y de la Sociedad Meteorológica de América.

Sound Affects: How Sound Shapes Our Lives, Our Wellbeing and Our Planet



Autores: Julian Treasure

Edición: Quercus Publishing

Año de publicación: 2026

ISBN: 9781529428841

Sinopsis

Cada día, los sonidos que nos rodean influyen en todos los aspectos

de nuestra experiencia humana y, por lo tanto, alteran nuestra calidad de vida, para bien o para mal. Recientemente, la comunidad científica ha tomado conciencia de que los sonidos nos vinculan con el entorno de manera tan vívida y evocadora como los paisajes visuales. El oído es el primer sentido que desarrollamos y, al ser nuestro principal sentido de alerta, está integrado en nuestro cerebro. Sin embargo, en un mundo cada vez más ruidoso y lleno de distracciones, la mayoría de las personas presta poca atención a los sonidos que les rodean, lo que les hace perder la capacidad esencial de escuchar.

Sound Affects trata de redescubrir la maravilla del sonido y comprender el poderoso efecto que tiene sobre nosotros, prestemos atención o no. También es un manual para recuperar el control sobre los sonidos que consumimos y los que producimos, de modo que podamos mejorar nuestra felicidad, eficacia y bienestar.

Sobre los autores

Julian Treasure es la máxima autoridad mundial en comunicación consciente, y lleva más de dos décadas transformando la forma en que las personas y las organizaciones se conectan entre sí a través de la escucha activa y la comunicación eficaz.

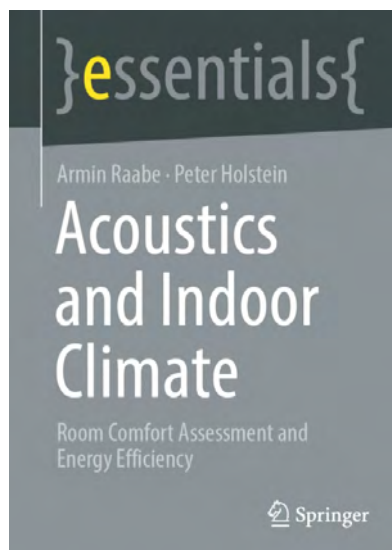
Antiguo músico de varias bandas indie de renombre y emprendedor en el ámbito del marketing, Julian se convirtió en pionero del uso del sonido en el mundo empresarial, ayudando a marcas internacionales a diseñar paisajes sonoros que fomentan el compromiso y el rendimiento. Desde entonces, ha formado e inspirado a líderes, equipos y organizaciones de todo el mundo para superar hábitos de comunicación destructivos y desarrollar las habilidades necesarias para establecer

conexiones humanas auténticas. Su enfoque, basado en la ciencia, aborda directamente las causas fundamentales de la falta de comunicación y la desmotivación.

Reconocido líder intelectual de TED, las cinco charlas de Julian han sido vistas más de 160 millones de veces. Su charla «*How to Speak So That People Want to Listen*» es la sexta más vista de la historia de TED. Es autor de tres aclamados libros: *Sound Business* (2014), *How to Be Heard* (2017) y *Sound Affects* (2026), y sus ideas aparecen regularmente en medios internacionales y en podcast de primer nivel, como *Diary of a CEO*.

Julian es miembro de la Royal Society of Arts y de la Worshipful Company of Marketors. Ha recibido el prestigioso premio «Golden Gavel» de Toastmasters International y el premio de reconocimiento especial de la International Listening Association. Sus cursos en línea sobre habilidades de comunicación han llegado a más de 150 000 estudiantes de todo el mundo.

Acoustics and Indoor Climate: Room Comfort Assessment and Energy Efficiency



Autores: Armin Raabe, Peter Holstein

Edición: Springer Fachmedien Wiesbaden

Año de publicación: 2026

ISBN: 9783658507961

Sinopsis

Aunque este libro trata sobre métodos de medición acústica en estancias y edificios, el término «acústica» no debe entenderse en este caso como «acústica de edificios». Además de los métodos convencionales para evaluar el clima interior y lograr una climatización energéticamente eficiente, los métodos acústicos pueden proporcionar información útil para diseñar el clima interior, por ejemplo:

- El análisis de las distribuciones de la velocidad del sonido como fuente de información sobre la temperatura y los campos de flujo en las estancias.
- La detección acústica de fugas para identificar ventilación o intercambio de aire no deseados, y, por lo tanto, pérdidas de energía.

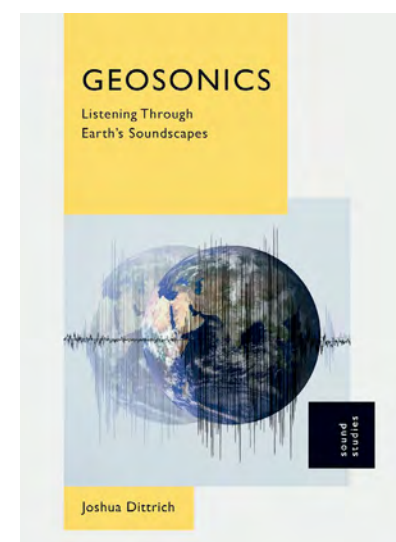
Estos métodos proceden en parte de otros campos del conocimiento, como la meteorología, la tomografía y la imagenología acústica. Por tanto, pueden considerarse alternativas y complementos a los métodos convencionales para diseñar un clima interior energéticamente eficiente.

Sobre los autores

Armin Raabe y Peter Holstein estudiaron Física en la Universidad de Leipzig. Su interés común radica en analizar las condiciones de propagación del sonido en una amplia variedad de entornos y en desarrollar los métodos de medición correspondientes. El trabajo sobre el tema

que se aborda en este libro se llevó a cabo en el Instituto de Meteorología de la Universidad de Leipzig (A. Raabe) y en colaboración con SONOTEC GmbH (P. Holstein). En la actualidad, ambos autores trabajan en el Departamento de Acústica Técnica y Matemáticas Aplicadas del Centro de Transferencia Steinbeis, en Taucha (Alemania).

Geosonics: Listening Through Earth's Soundscapes



Autores: Joshua Dittrich

Edición: Bloomsbury Publishing PLC

Año de publicación: 2026

ISBN: 9798765104569

Sinopsis

¿Cómo escuchamos a la Tierra? Esa es la pregunta central que plantea *Geosonics: Listening Through Earth's Soundscapes*.

Joshua Dittrich explora la geología material y metafórica del entorno sonoro a través de los estudios sobre el sonido, la teoría de los medios y los estudios sobre los medios ambientales. En una época de crisis climática, el medio ambiente ya no es un fondo neutro, un lugar o un simple «entorno»: está intrínsecamente implicado en las

cadenas de mediación que conforman la infraestructura material e imaginativa de nuestras vidas. La tarea analítica de *Geosonics* consiste en sintonizar con esa infraestructura a través del sonido. Basándose en trabajos influyentes de los estudios sobre el sonido en torno al concepto de transducción, este libro explora cómo la escucha no tiene lugar en un paisaje sonoro preexistente, sino que crea un espacio al esbozar un conjunto de relaciones mediadas y mutuamente constitutivas entre oyentes, medios y entornos.

Sobre los autores

Joshua Dittrich imparte clases de no ficción creativa y estudios de medios de comunicación en el Instituto de Comunicación, Cultura, Información y Tecnología de la Universidad de Toronto, en Mississauga (Canadá). Tiene un doctorado en Estudios Alemanes por la Universidad de Cornell (EEUU) y otro en Comunicación y Cultura por la Universidad de York (Canadá). Ha publicado artículos en revistas como *Substance*, *Intermedialities*, *Ethnologies* y *New German Critique*, así como en el volumen colectivo *Utopia: The Avant-Garde, Modernism and (Im)possible Life*, de la serie *European Avant-Garde and Modernism*.

Mechanics and Acoustics of Metamaterials

Autores: Holm Altenbach, Vladimir I. Erofeev, Igor S. Pavlov (editores)

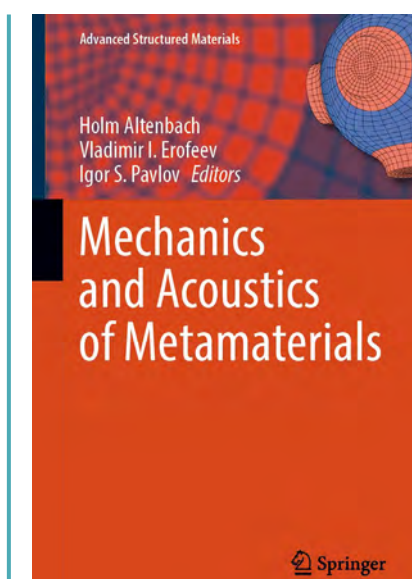
Edición: Springer Nature Switzerland AG

Año de publicación: 2026

ISBN: 9783032114617

Sinopsis

Este libro resume los últimos avances en metamateriales desde la perspectiva de la mecánica racional y aplicada. Contiene quince capítulos escritos por investigadores de renom-



bre en los campos de la acústica y la mecánica de los metamateriales. El libro incluye un análisis en profundidad sobre las propiedades mecánicas y acústicas de los metamateriales, abarca una amplia gama de métodos que permiten elaborar modelos de metamateriales e investigar sus propiedades, y ofrece una previsión sobre el desarrollo futuro de los metamateriales y sus aplicaciones.

Sobre los editores

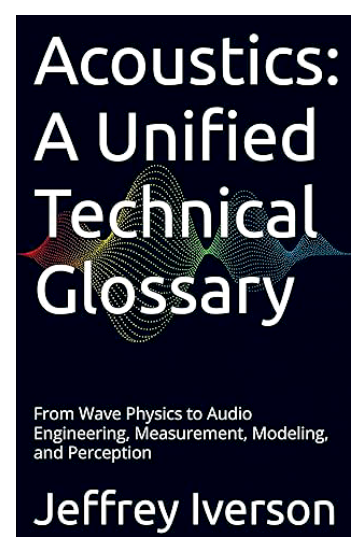
El profesor Dr. **Holm Altenbach** era catedrático de Ingeniería Mecánica en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Otto von Guericke de Magdeburgo, donde dirigió el Instituto de Materiales, Tecnologías y Mecánica. Cuenta con 45 años de experiencia en la docencia y la investigación en diversos campos de la mecánica, como la modelización de materiales, el análisis mecánico de estructuras de paredes delgadas, la mecánica de compuestos, los problemas generales de resistencia y los modelos de continuo generalizados. Está jubilado desde 2022.

El profesor Dr. **Vladimir I. Erofeev** es director del Instituto de Investigación en Ingeniería Mecánica de la Academia Rusa de las Ciencias y profesor del Instituto de Tecnologías de la Información, Matemáticas

y Mecánica de la Universidad Estatal de Investigación Lobachevsky de Nizhni Nóvgorod (Rusia). Es un científico de reconocido prestigio en áreas como los procesos ondulatorios en medios continuos, la mecánica no lineal y la acústica física. Es miembro del Comité Nacional Ruso de Mecánica Teórica y Aplicada, del Consejo Europeo de Mecánica (EUROMECH), de la junta directiva de la Sociedad Rusa de Acústica y del Consejo Académico de Acústica de la Academia Rusa de Ciencias.

El profesor Dr. **Igor Sergeevich Pavlov** es vicedirector del Instituto de Investigación en Ingeniería Mecánica de la Academia Rusa de Ciencias y jefe del Departamento de Métodos Matemáticos en Radiofísica de la Facultad de Radiofísica de la Universidad Estatal Nacional de Investigación Lobachevsky de Nizhni Nóvgorod (Rusia). Sus intereses científicos incluyen el modelado estructural de materiales avanzados, la dinámica de ondas no lineales en sólidos microestructurados y la caracterización acústica de materiales microestructurados. Es miembro de la Sociedad Acústica Rusa y del Comité Nacional Ruso de Mecánica Teórica y Aplicada.

Acoustics: A Unified Technical Glossary



Autores: Jeffrey Iverson

Edición: Brightfield Press

Año de publicación: 2026

ISBN: 9798295548888

Sinopsis

Acoustics: A Unified Technical Glossary es una obra de consulta exhaustiva que reúne todos los ámbitos de la acústica moderna — física, ingeniería, tecnología de audio, psicoacústica, ciencia de la medición y modelización computacional— en un solo volumen claro y accesible. Diseñado para estudiantes, ingenieros, investigadores, diseñadores de sonido y profesionales técnicos, ofrece definiciones precisas que aclaran el comportamiento, la medición y la modelización del sonido en los sistemas del mundo real.

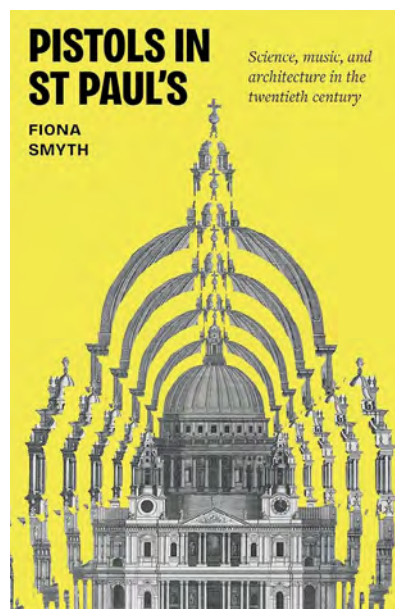
La acústica es, por naturaleza, interdisciplinaria. Abarca la mecánica de ondas, el diseño arquitectónico, el comportamiento de los transductores, el procesamiento de señales digitales, la percepción auditiva y el control del ruido ambiental. Dado que estos ámbitos se entrecruzan constantemente, el campo ha acumulado un vocabulario vasto y especializado que puede resultar difícil de manejar sin una referencia unificada. Este libro resuelve ese problema al presentar cada término con rigor científico, claridad práctica y un estilo editorial coherente.

Sobre los autores

Jeffrey Iverson es un autor, editor y comunicador especializado en educación, además de ser el presidente y fundador de BrightField Press, una editorial independiente con sede en Springfield, Illinois. Su carrera se centra en la divulgación técnica y pedagógica, destacando por su habilidad para transformar conceptos científicos y técnicos

complejos en guías accesibles y rigurosas tanto para estudiantes como para profesionales. Bajo su liderazgo, ha desarrollado una prolífica serie de obras de referencia unificadas que abarcan disciplinas tan diversas como la acústica, la biotecnología, la sociología y la psicología.

Pistols in St Paul's: Science, Music, and Architecture in the Twentieth Century



Autores: Fiona Smyth

Edición: Manchester University Press

Año de publicación: 2026

ISBN: 9781526168740

Sinopsis

Un relato pionero sobre los científicos y arquitectos que sentaron las bases de la acústica en Gran Bretaña en el siglo xx.

Una noche de invierno de 1951, poco después de las vísperas, el interior de la catedral de San Pablo resonó con disparos. No se trataba de un acto violento, sino de una demostración científica de nuevas técnicas de medición acústica. El obje-

tivo era responder a una pregunta sorprendente: ¿podría un edificio ser un instrumento musical?

Pistols in St Paul's narra la fascinante historia de los científicos, arquitectos y músicos que se propusieron responder a esta pregunta. Sus innovadores experimentos, que tuvieron lugar en lugares como la Sala de Asambleas de Herbert Baker en Delhi, los estudios Abbey Road y una fábrica de municiones en desuso cerca de Perivale, sentarían las bases de la acústica arquitectónica. Culminaron en 1951 con la inauguración del Royal Festival Hall, el primer edificio diseñado según los principios de la ciencia acústica.

Profundamente documentado y ricamente ilustrado, *Pistols in St Paul's* saca a la luz una búsqueda científica que abarca medio siglo y que demuestra el poder de la cooperación internacional en los tiempos más oscuros.

Sobre los autores

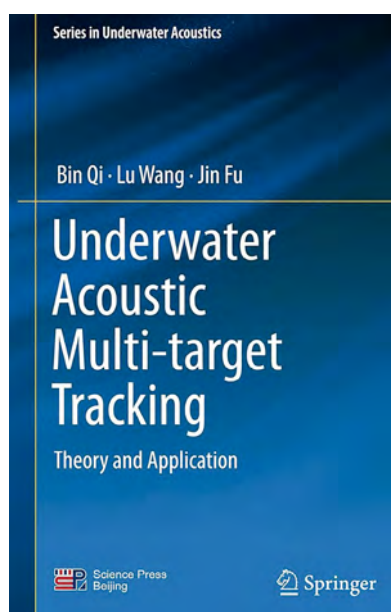
Fiona Smyth es profesora adjunta de Historia y Teoría de la Arquitectura. Su investigación se sitúa en la intersección entre la historia de la arquitectura y la historia de la ciencia. Se interesa especialmente por la historia del diseño ambiental y su relevancia fundamental para los estudios culturales del sonido y la historia de las ideas. Su enfoque se basa en gran medida en el trabajo de archivo, el trabajo de campo, la iconografía y la recepción de ideas musicales y arquitectónicas. Utiliza las estructuras sólidas de la arquitectura y la cultura material para identificar y explorar los aspectos intangibles de las ideas y las interacciones interdisciplinarias.

En 2022, le fue concedida una beca Starting Grant del Consejo Europeo de Investigación (ERC) para el proyecto *Spectres & Camouflage: The Sound of Silence*, un proyecto de cinco años de duración que examina las transferencias y transforma-

ciones interdisciplinarias del conocimiento que dieron forma al diseño ambiental para el silencio en el siglo XX. Anteriormente, disfrutó de una beca global Marie Skłodowska Curie (MSCA) de tres años de duración en Harvard (Historia de la Ciencia) y en el Trinity College de Dublín (Ingeniería) para un proyecto de investigación titulado *Science as Applied to Building*, que se centró en el surgimiento de la acústica como rama de la ciencia de la construcción en Gran Bretaña.

Su investigación ha sido galardonada con la Medalla Newman de Acústica Arquitectónica de la Sociedad Acústica de América (ASA), el Premio Stanley Smith de Historia de la Construcción de la Sociedad de Historia de la Construcción y la Medalla Hawksmoor de Historia de la Arquitectura de la Sociedad de Historia de la Arquitectura.

Underwater Acoustic Multi-target Tracking: Theory and Application



Autores: Bin Qi, Lu Wang, Jin Fu

Edición: Springer Verlag, Singapore

Año de publicación: 2026

ISBN: 9789819554249

Sinopsis

Este libro destaca los principios y la tecnología necesarios para resolver los retos que plantea el seguimiento de múltiples objetivos en la detección de objetivos submarinos, tomando como punto de partida la investigación sobre equipos de sonar. La detección acústica de objetivos submarinos determina principalmente su presencia, pero no proporciona información sobre los grupos de objetivos. El seguimiento de múltiples objetivos se centra en cuestiones como la división de grupos, la obtención de los momentos de inicio y fin de estos, así como de información sobre su cantidad, el filtrado de objetivos falsos y el suavizado de trayectorias. Para los equipos de sonar, especialmente los instalados en plataformas no tripuladas, el seguimiento de múltiples objetivos es de suma importancia.

Sin embargo, debido a una serie de incertidumbres, resulta extremadamente complicado seguir múltiples objetivos con sonares en aplicaciones prácticas. Entre estas incertidumbres destacan las siguientes: su movimiento suele ir acompañado de interferencias aleatorias; las observaciones de los sensores están sujetas a interferencias de ruido aleatorio; los objetivos pueden estar demasiado cerca para su distinción; el número de objetivos en el área de observación fluctúa de forma aleatoria; por último, en ocasiones, incluso cuando no hay objetivos en el área de observación, los sensores siguen generando datos de observación.

Para abordar estas cuestiones, este libro explica de forma sistemática los principios fundamentales de los algoritmos de seguimiento de múltiples objetivos y presenta una variedad de dichos algoritmos. En definitiva, aunque se centra en el seguimiento de múltiples objetivos, su fin es resolver el problema de la localización de objetivos pasivos, ya sea con uno o con

varios dispositivos de sonar, permitiendo calcular la posición, el rumbo y la velocidad del objetivo, así como estimar su estado operativo.

El libro es una referencia completa y exhaustiva para investigadores, ingenieros dedicados al desarrollo de equipos de sonar y estudiantes de posgrado en acústica subacuática.

Sobre los autores

Bin Qi es actualmente profesor en Harbin Engineering University, Harbin, China, donde se doctoró en 2012. Ha recibido el título honorífico de Joven Talento Nacional de la Asociación China de Ciencia y Tecnología. Tras su graduación, realizó una investigación postdoctoral en el Instituto Tecnológico de Toyota, Japón. Ha dirigido y participado en diversos proyectos de investigación nacionales, incluyendo proyectos financiados por la Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China.

Lu Wang es profesor en Harbin Engineering University, Harbin, China. Ha recibido los títulos honoríficos de Joven Talento Nacional de la Asociación China de Ciencia y Tecnología y de Talento de Alto Nivel de la Provincia de Heilongjiang. Obtuvo su doctorado en la Universidad de Keio (Japón) en 2019. Ha recibido el Premio a la Excelencia en Investigación del Instituto de Ingenieros de Electrónica, Información y Comunicación de Japón.

Jin Fu es profesor en Beihang University, Beijing, China. Ingresó en la Escuela de Ingeniería Acústica Submarina de la Universidad de Ingeniería de Harbin en 1999, donde obtuvo sucesivamente los títulos de licenciatura, maestría y doctorado. Ha presidido y participado en más de diez proyectos nacionales y provinciales/ministeriales. Ha obtenido un primer premio y dos segundos premios de los Premios Nacionales de Ciencia y Tecnología para la Defensa.

Comprendiendo Multifónicos: Un acercamiento práctico a la física acústica del clarinete



Autora: Nelly Rodríguez Quesada

Edición: Independiente

Año de publicación: 2025

ISBN: 9798306186795

Sinopsis

El primero de una serie de libros de la misma autora sobre la comprensión y el correcto uso e interpretación de los armónicos y multifónicos del clarinete.

En tubos como el clarinete, existe similitud con el proceso físico de la producción de sonido: cuando se divide una cuerda en dos mitades iguales, cada mitad producirá una octava superior al sonido original. Aunque el clarinete alberga sus peculiaridades. A lo largo de este libro, la autora hace un recorrido por los conceptos básicos de este fenómeno, enfocándose en el estudio práctico de armónicos y multifónicos del clarinete.

La serie de libros la forman también «*La Ciencia de la Flexibilidad del Clarinete*» y «*La Ciencia de los Multifónicos del Clarinete: Método Práctico*», y con ella, Nelly Rodríguez propone una forma más simple de abarcar esta información desde la práctica, expandiendo el

registro del clarinete una octava por encima del registro tradicional (del DO7 al DO8). Esto se logra sin ninguna modificación en el mismo ni en el equipo utilizado, solamente gracias a la optimización de los recursos disponibles.

Sobre la autora

Nelly Rodríguez Quesada posee un Máster en Música Contemporánea y ha impartido clases en el Reino Unido y otras regiones, incluyendo posiciones de Catedrática de Clarinete de la UNAH en Honduras, y conferencista en la Universidad de Cardiff en Gales. Además de impartir clases magistrales en España, Costa Rica, Montenegro, Italia, entre otros. Ha formado parte de prestigiosos ensambles como el Ensemble Stravinsky, Pavilion Ensemble, Orquestas Nacionales de Honduras y Costa Rica. Actualmente trabaja como profesora de Clarinete e Historia de la Música del Conservatorio Profesional de Música de Novelda.

Las soluciones acústicas completas que tus proyectos necesitan

- ENVOLVENTE
- ACRISTALAMIENTOS
- TABIQUERÍA
- TECHOS

Adaptados a las necesidades
de cada proyecto aportando el mayor
confort acústico y estético.

*Nos comprometemos a construir mejor
para las personas y el planeta*



Cómo lograr una Declaración de Impacto Ambiental favorable: La clave del éxito de los eVTOL

“Los cielos silenciosos son el pilar de una movilidad aérea urbana sostenible, porque el progreso debe mejorar la vida de las personas, no perturbarla”

Superar el proceso de evaluación de impacto ambiental es uno de los factores decisivos para el éxito de la movilidad aérea urbana basada en aeronaves eVTOL (Electric Vertical Take-Off and Landing - Despegue y Aterrizaje de Vehículos Eléctricos). Aunque el sector ha avanzado rápidamente en capacidad operativa, autonomía y seguridad, el ruido sigue siendo una de las principales barreras para su implantación masiva en entornos urbanos y suburbanos.

La percepción pública es la que, en última instancia, determinará hasta qué punto estas aeronaves podrán integrarse en la vida cotidiana. Los ciudadanos aceptarán la tecnología únicamente si consideran que mejora la movilidad sin degradar la calidad de vida. En este contexto, la contaminación acústica adquiere una importancia estratégica comparable a la seguridad, la eficiencia energética o la sostenibilidad.

GRAS Sound & Vibration trabaja para ayudar al sector a afrontar estos retos mediante herramientas avanzadas de medición acústica y metodologías de ensayo adaptadas específicamente a los eVTOL y a los sistemas aéreos no tripulados (UAS). El objetivo es apoyar a fabricantes, organismos reguladores y autoridades en el desarrollo de normas coherentes que permitan evaluar

correctamente las emisiones sonoras y reducir el impacto sobre las comunidades cercanas.

El rol de GRAS Sound Acoustics

Como parte del grupo Axiometric Solutions, GRAS Sound & Vibration colabora estrechamente con fabricantes y reguladores del sector eVTOL. Su objetivo es desarrollar soluciones de ensayo acústico de alta precisión que resuelvan los desafíos de emisiones de ruido en estas nuevas aeronaves. La misión de GRAS Acoustics es respaldar a las autoridades y entes reguladores con herramientas para pruebas acústicas avanzadas que permiten armonizar la legislación sobre emisiones de ruido y facilitar el cumplimiento normativo de este sector todavía en evolución. El objetivo es también asegurar que las tecnologías eVTOL no solo cumplen con las regulaciones requeridas, sino que también toman en cuenta las preocupaciones de la población. De esta manera se podrá fomentar la confianza, reducir la resistencia de la opinión pública, y lograr operaciones de eVTOL sostenibles a largo plazo.

Soluciones Innovadoras para la Mitigación del Ruido

Uno de los desarrollos más relevantes es la configuración de micrófono GRAS 67AX, creada en colaboración con la NASA. Esta solución supone un avance importante en la medición acústica de aeronaves eVTOL, ya que ofrece una precisión superior en entornos donde los métodos tradicionales presentan limitaciones significativas en cuanto a la fiabilidad de los datos medidos. La configuración GRAS 67AX se ha convertido en una referencia para comprender el comportamiento acústico de estas aeronaves y diseñar estrategias eficaces de mitigación del ruido (Figura 1).



Fig. 1. El micrófono GRAS 67AX consiste en un micrófono de presión de 1/2" empotrado en una placa de tierra de Ø400 mm.

Retos técnicos en la medición del ruido

La medición precisa del ruido generado por eVTOL y UAV (*Unmanned Aerial Vehicles* - Vehículos Aéreos no Tripulados) presenta desafíos técnicos diferentes a los de la aviación convencional. Estas aeronaves operan a baja altitud, permanecen en vuelo estacionario durante ciertas maniobras y vuelan mucho más cerca de las personas. Todo ello modifica la forma en que el sonido se propaga y cómo debe medirse.

Los sistemas tradicionales de medición utilizados en aviación, como los micrófonos montados sobre postes o los micrófonos invertidos sobre placas reflectantes, no siempre son adecuados para este tipo de aplicaciones con vehículos de menor tamaño volando más cerca del suelo. Entre los principales problemas técnicos destacan los siguientes:

1. Reflejos del suelo y filtrado peine

- Cuando el sonido emitido por la aeronave se combina con las reflexiones procedentes del suelo, se producen interferencias entre las ondas directas y las reflejadas. Este fenómeno genera el llamado *filtrado peine*, que altera el espectro de frecuencias y reduce la precisión de los análisis acústicos.
- En configuraciones convencionales, por ejemplo, con un micrófono

no situado a 1,2 metros del suelo, aparecen picos y cancelaciones espectrales que distorsionan las mediciones. El problema se intensifica durante maniobras de vuelo estacionario, donde la fuente sonora permanece prácticamente inmóvil (Figura 2).

2. Influencia de la impedancia del suelo

La naturaleza de la superficie sobre la que se realizan las mediciones influye directamente en el comportamiento acústico. Superficies como hormigón, grava o césped presentan distintos niveles de reflexión y absorción sonora.

Incluso los suelos blandos o porosos no eliminan completamente las interferencias, especialmente en frecuencias bajas. Esto introduce variabilidad en los resultados y dificulta la comparación entre campañas de ensayo realizadas en diferentes ubicaciones (Figura 3).

3. Componentes de ruido de alta frecuencia

A diferencia de los aviones tradicionales, los eVTOL and UAV generan componentes acústicos de alta frecuencia (superiores a 10 kHz) que siguen siendo perceptibles debido a su proximidad a los observadores. En la aviación convencional, muchas de estas frecuencias se atenúan por absorción atmosférica antes de llegar al suelo. Sin embargo, en aplicaciones eVTOL es necesario medir frecuencias de hasta 20 kHz para obtener una caracterización completa del ruido. Es por ello, que los micrófonos utilizados deben ser capaces de medir de manera fiable en ese rango de frecuencias (Figura 4).

Técnicas Innovadoras de Medición

Para superar estas limitaciones, GRAS ha desarrollado y perfeccionado métodos de medición específica-

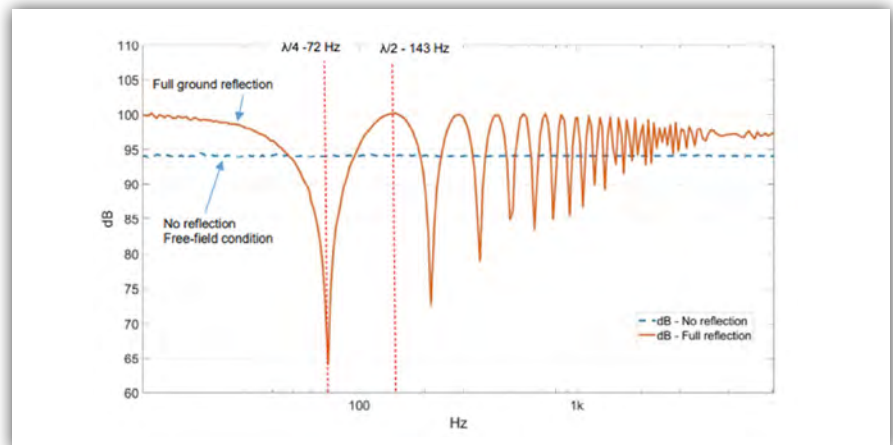


Fig. 2. El Anexo 16 de la ICAO – Aviones a reacción subsónicos, recomienda el uso de micrófonos de medición montados a 1,2 m sobre el suelo. Utilizar esta configuración para aeronaves eVTOL introducirá espectros de frecuencia distorsionados debido a las reflexiones.

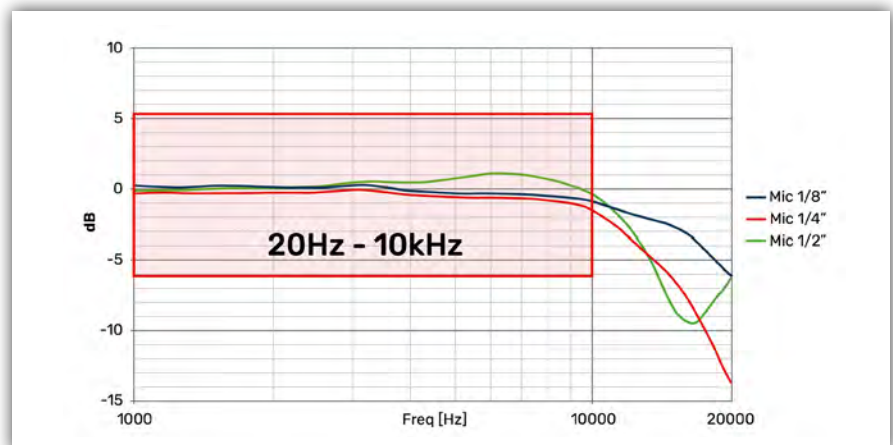


Fig. 3. El Anexo 16 de la ICAO – Aeronaves propulsadas por hélice, recomienda el uso de micrófonos de medición montados boca abajo sobre una placa. Utilizar esta configuración para aeronaves eVTOL limitará la medición a un máximo de 10 kHz debido a la perturbación del campo sonoro en la zona donde está montado el micrófono.

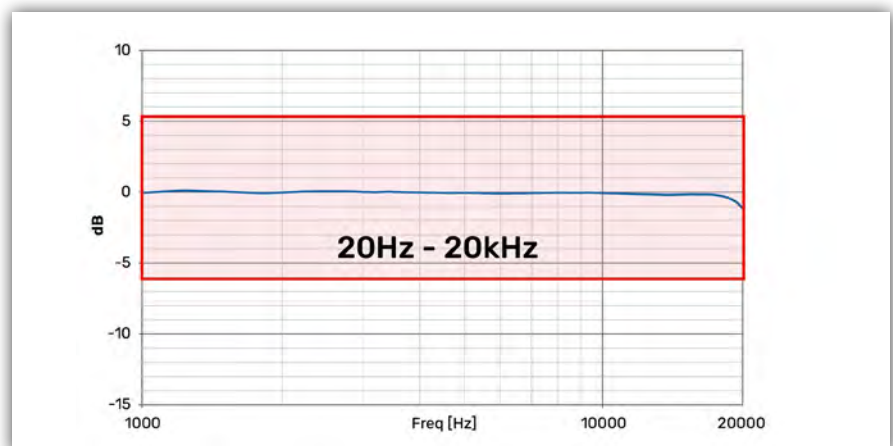


Fig. 4. La norma ISO 5305:2024 – Medición de ruido para UAS, recomienda el uso de un micrófono de medición empotrado en una placa. Utilizar esta configuración proporcionará una respuesta de frecuencia plana para mediciones de eVTOL en toda la banda de frecuencia (20 Hz-20 kHz).

mente adaptados a plataformas eVTOL y UAV.

- **Micrófonos empotrados en placas reflectantes:** la solución más innovadora consiste en integrar el micrófono a ras de una placa totalmente reflectante. De este modo, las reflexiones del suelo se vuelven predecibles, obteniendo una duplicación predecible de la presión sonora medida que puede compensarse. Asimismo, se elimina el efecto de filtrado peine. Esta configuración ofrece una respuesta en frecuencia mucho más estable y permite ampliar el rango de medición hasta 20 kHz, cubriendo así todo el espectro audible relevante para aplicaciones eVTOL.
- **Comparación con configuraciones tradicionales de micrófono invertido sobre placa reflectante:** los sistemas de micrófonos invertidos descritos en el Anexo 16 de la ICAO presentan limitaciones importantes en esta aplicación. Su rango operativo suele limitarse a frecuencias inferiores a 10 kHz y la propia presencia física del sensor puede alterar el campo sonoro y generar inconsistencias en los resultados de medición. Las configuraciones empotradas creadas por GRAS reducen estos problemas y proporcionan mediciones más consistentes y repetibles en el espectro audible de frecuencias completo.
- **Contribución a la normativa ISO 5305-2024:** los datos obtenidos mediante la configuración GRAS 67AX han contribuido al desarrollo de normativas internacionales, tales como la norma ISO 5305:2024 (*Noise Measurements for UAS - Unmanned Aircraft Systems*) para mediciones de ruido en sistemas aéreos no tripulados. Esta normativa establece un marco común para evaluar emisiones acústicas en eVTOL y facilita la transparencia regulatoria, la comparación de

resultados y la definición de criterios homogéneos de certificación (Figura 5).



Fig. 5. ISO 5305:2024 – Medición de ruido para UAS. Especifica los métodos de medición de ruido para UAS propulsados por rotores múltiples con un MTOW inferior a 150 kg.

Aplicaciones reales y colaboración con la NASA

La colaboración entre GRAS y la NASA ha permitido validar estas soluciones en campañas de ensayo reales realizadas sobre plataformas eVTOL.

Uno de los casos más relevantes incluye el trabajo desarrollado con JOBY Aviation, empresa líder en el sector. Durante estas campañas se empleó una matriz distribuida de micrófonos GRAS 67AX para registrar datos acústicos en múltiples puntos de medición.

Los ensayos han proporcionado información esencial para:

- Optimizar diseños de eVTOL con menor impacto acústico.
- Validar estrategias de mitigación del ruido en condiciones operativas reales.
- Desarrollar una guía de buenas prácticas para la integración de eVTOL en entornos urbanos minimizando las interrupciones.

La colaboración entre fabricantes, centros de investigación y organismos reguladores resulta fundamental para garantizar que el desarrollo tecnológico vaya acompañado de criterios sólidos de sostenibilidad y aceptación social.

Desarrollo sostenible y aceptación social

La mitigación del ruido no es únicamente un reto técnico. También constituye un desafío social y político que exige diálogo entre empresas, reguladores y comunidades locales.

La implantación de redes de movilidad aérea urbana dependerá en gran medida de la capacidad del sector para demostrar que las operaciones pueden convivir con los entornos urbanos sin generar molestias excesivas. Por ello, resulta esencial involucrar a las comunidades desde las primeras fases de desarrollo y comunicar con transparencia cómo se evalúan y reducen las emisiones acústicas.

Una Responsabilidad Compartida

El futuro de la movilidad eVTOL dependerá tanto de la innovación tecnológica como de la capacidad de comprender las preocupaciones de las personas que convivirán con esta nueva infraestructura aérea. GRAS Sound & Vibration desempeña un papel relevante en la evolución de la movilidad aérea urbana proveyendo herramientas avanzadas de medición acústica y la experiencia necesaria para asegurar que las operaciones de eVTOL sean tanto eficientes como ambientalmente responsables. Priorizando la aceptación medioambiental y fomentando la confianza dentro de las comunidades locales, es posible liberar todo el potencial de la tecnología eVTOL y permitir su integración fluida en entornos urbanos y suburbanos.

Conclusión

A través de herramientas innovadoras como la configuración de micrófono GRAS 67AX y un profundo entendimiento de los desafíos en la medición de ruido, GRAS Acous-

tics está ayudando a dar forma al futuro de la tecnología eVTOL. Este trabajo no solo garantiza el cumplimiento de los estándares internacionales, sino que también aborda los factores sociales y medioambientales críticos necesarios para una adopción generalizada. Al continuar perfeccionando los métodos de medición y colaborando con las partes interesadas clave, es posible allanar el camino hacia un futuro más silencioso y sostenible en la movilidad aérea urbana.

GRAS Sound & Vibration
Autor: Lars Winberg



Nueva familia de reproducción binaural precisa playSeries de HEAD acoustics

HEAD acoustics lanza **playSeries**, una familia de sistemas de reproducción binaural diseñada para garantizar unas condiciones de escucha óptimas y reproducibles para una amplia gama de escenarios de aplicación, desde estaciones de trabajo móviles, en oficina, en laboratorio y hasta estudios de escucha especializados.

Fieles a la premisa de HEAD acoustics de que el oído humano tiene la última palabra, se debe reproducir fielmente aquello que ha captado un sistema de grabación binaural. Sin unos niveles definidos, una ecualización específica para los auriculares utilizados y un control total sobre todos los parámetros de reproducción, unos mismos datos de audio pueden sonar de forma radicalmente distinta según la estación de trabajo desde la que se escuchen. En aplicaciones de NVH,

diseño sonoro, evaluación del sonido de productos o psicoacústica, esta variabilidad resta valor a la gran utilidad que ofrecen los datos binaurales.

La gama **playSeries** está compuesta por tres dispositivos, **playBasic**, **playPro** y **playStudio**, lo que convierte a HEAD acoustics en el único proveedor que cubre la totalidad de la cadena de señal binaural manteniendo unos estándares de calidad uniformemente elevados: desde la grabación calibrada y el análisis de software preciso, hasta una reproducción exacta adaptada a los auriculares que se estén utilizando.

- **playBasic** ha sido desarrollado específicamente para flujos de trabajo móviles, en los que una persona toma las decisiones acústicas, a través de los auriculares abiertos o cerrados, que se ofertan con el dispositivo.
- **playPro**, dos salidas de auriculares ecualizadas de forma independiente, para decisiones conjuntas. En muchas fases del desarrollo, es necesario debatir variantes, comparar impresiones subjetivas o validar resultados mucho antes de que esté disponible un estudio de escucha.
- **playStudio**, para estudios de escucha, centros de investigación y entornos de simulación exigentes, con interfaces digitales y analógicas profesionales, tales como AES/EBU, ADAT/TOSLINK, etc.

Más información sobre la familia **playSeries** en sus hojas de datos.

Puede encontrar las hojas de datos en la web de HEAD acoustics:



- **playBasic** (Code 2444.1 / 2445.1)-Binaural Playback Unit: [\[Data Sheet | playBasic\]](#)
- **playPro** (Code 2450)-Binaural High-End Playback Unit: [\[Data Sheet | playPro\]](#)
- **playStudio** (Code 2460)-Stationary High-End Playback Unit for Listening Studios and Simulators: [\[Data Sheet | playStudio\]](#)

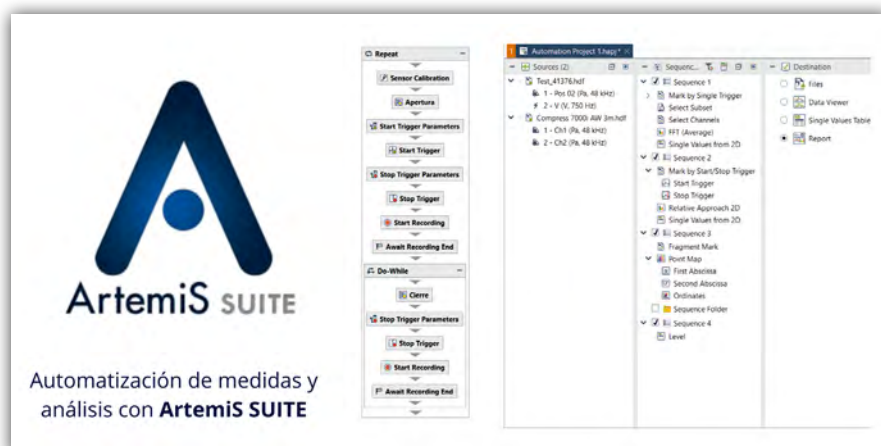
Automatización de medidas y análisis con ArtemiS SUITE

El software **ArtemiS SUITE** de **HEAD acoustics** permite llevar los ensayos NVH a un entorno completamente automatizado, donde la medida, el procesado y la obtención del informe final con los resultados, están a un solo clic, y a veces ni eso.

Una de las funciones más potentes del módulo **Recorder** es su sistema de **Flow Control**, diseñado para automatizar tareas de medida repetitivas sin necesidad de conocimientos de programación. Gracias a esta funcionalidad, los usuarios pueden definir secuencias de trabajo completas que controlan el desarrollo de una campaña de ensayos, desde la preparación de la adquisición hasta el almacenamiento de resultados y la generación automática de informes.

Flow Control integra en una única interfaz gráfica disparadores de inicio y detención de medidas (triggers) y acciones automáticas para crear flujos de medida adaptados a cada aplicación. Por ejemplo, es posible iniciar una grabación cuando se alcance una determinada condición, ejecutar análisis online durante la adquisición, validar resultados de forma inmediata y transferir automáticamente los datos a procesos posteriores.

El módulo **Automation Project** está diseñado para automatizar tareas de procesamiento y análisis de datos, convirtiendo flujos de trabajo repetitivos en procesos estandarizados.



Convergence Instruments cuenta con dos opciones de dispositivos según el tipo de registro o monitorización que se desee realizar:

NSRTW_MK4 para monitorización de medidas de niveles sonoros, con las siguientes funciones: Precisión de Clase 1. Hasta 5 días de duración de la batería. Ponderación A, C y Z. Grabación de Lpico, Lmax, Lmin y Leq. Intervalo de medida ajustable desde 125 ms. Ruido de fondo de 30 dB. Conectividad WiFi y USB.



VSEW_MK4 para la medida de vibraciones, aceleraciones, velocidad e inclinaciones, con las siguientes funciones: Acelerómetro MEMS de 3 ejes. Reloj con fecha y hora precisas. Memoria de grabación de 128 MB. Registro de niveles RMS. Tamaño compacto y fácilmente acoplable o adaptable. Rango dinámico de $\pm 8g$. Calibración automática por gravedad.



Eligiendo la opción con recopilación y acceso de datos 24/7, ambos equipos almacenan los datos medidos en la nube, siendo controlables tanto los datos como los equipos desde el servidor web CIDataSolutions, pudiendo gestionar la configuración de cada dispositivo asociado a un perfil, visualizar/descargar los datos en formato gráfico o configurar

zados y completamente reproducibles. Su principal ventaja es la posibilidad de crear de forma interactiva secuencias de procesamiento que ejecutan automáticamente operaciones como filtrado, análisis espectral, cálculos estadísticos, decodificación de señales, selección de canales o generación de valores característicos, sin necesidad de intervención continua por parte del usuario.

Alcanzar el 100% de la automatización, supone generar el informe de resultados sin intervención humana. El módulo **Report** de **HEAD acoustics**, a través de plantillas, permite transformar resultados técnicos en documentación clara, profesional y fácilmente compartible. Recopila automáticamente análisis, gráficos, tablas de valores, imágenes, comentarios y documentación asociada, para crear informes personalizados que pueden exportarse directamente a formatos **PDF** o **PowerPoint**, sin necesidad de disponer de aplicaciones externas instaladas.

Puede encontrar las hojas de datos en la web de HEAD acoustics:

- **HEAD Recorder** (Code 50040)-ArtemiS SUITE Recorder:
[\[Data Sheet | APR 040\]](#)
- **Automation Project** (Code 50050)-ArtemiS SUITE Automation Project Module:
[\[Data Sheet | APR 050\]](#)

- **Report** (Code 50020)-ArtemiS SUITE Report Module:
[\[Data Sheet | APR 020\]](#)

Para cualquier otra información, consulte la página web <https://www.head-acoustics.com> o escriba un correo a info@head-acoustics.com



A través de **IAG – Ingeniería Acústica García-Calderón S.L.**, llegan a España los dispositivos de **Convergence Instruments**, empresa especializada en el diseño y producción de soluciones asequibles y de alto rendimiento, para la **monitorización desatendida, adquisición y análisis de datos (señales) de acústica y vibraciones**.

Los equipos de la marca canadiense Convergence Instruments se presentan con una filosofía de diseño minimalista, partiendo de la creación de dispositivos sin pantallas ni botones, contribuyendo a la reducción de su tamaño y el consiguiente abaratamiento de los costes. Las interacciones entre el usuario y el dispositivo, incluida la configuración, se realizan a través del software incluido, que cuenta con una interfaz gráfica de usuario intuitiva.

alertas por correo electrónico para envío de avisos por superación de umbral o valores predefinidos.

Bedrock Audio

IAG – Ingeniería Acústica García-Calderón S.L., distribuidor autorizado en España de **Bedrock Audio**, presenta el sonómetro analizador acústico y de audio **SM90** y el dispositivo **BTB115 TalkBox**, la **solución integral** para medidas de **STI/STIPA** y todo tipo de ensayos acústicos.



El **sonómetro SM90** es un instrumento versátil y completo de Clase 1, que cumple con las normas internacionales más exigentes (IEC616721:2014, IEC61260:2014, ANSI S1.4, IEC6026816 Rev. 4/5). Capaz de realizar mediciones de inteligibilidad y caracterización de espacios; medidas de STIPA con diferentes modos, medida de STI usando el método directo, medición del nivel de voz según IEC-60268, etc. Cuenta con analizador en tiempo real (1/12, 1/6, 1/3, y 1/1 de octava), analizador FFT, medición de T60, curvas de ruido (NC, NR), acústica de edificios (D, Dn, DnT, R'), registro y monitorización de ruido de larga duración (Leq), grabación de audio, kit de intemperie, distorsión armónica, osciloscopio y muchas funcionalidades más.

Por otra parte, para completar las funcionalidades de sus sonómetros, Bedrock Audio dispone del dispositivo **BTB115**, un «TalkBox» pensado para facilitar todo tipo de medidas, presentándose como la solución ideal para medidas de STI/STIPA, ensayos de respuesta en frecuencia con ruido o barridos, o cualquier



tipo de ensayo basado en señales de prueba. También es capaz de reproducir señales definidas por el usuario y señales de voz calibradas para todo tipo de pruebas relacionadas con la inteligibilidad del habla. Ambos dispositivos pueden usarse conjuntamente, presentándose como la herramienta definitiva para toda clase de ensayos relacionados con la acústica ambiental, arquitectónica, la inteligibilidad del habla, la acústica de salas y el acondicionamiento acústico.

Bedrock Audio se consolida como una de las opciones más fiables, completas y asequibles al mismo tiempo entre los fabricantes de instrumentación acústica.

Acoustics Engineering

Desde **IAG – Ingeniería Acústica García-Calderón S.L.**, les complace presentarles el sistema **ZIRCON V2** para **medida in situ de dispositivos reductores de ruido**, de la firma **Acoustics Engineering**, desarrolladores del software Sabin y otros productos con gran éxito internacional. Este equipo es una novedad dentro del catálogo de productos de IAG para este 2026, continuando con nuestra línea enfocada a ofrecer equipos y soluciones para cualquier tipo de ensayo o medidas acústicas.

El **ZIRCON V2** es un equipo único en España, pensado para realizar ensayos “in situ” acústicos de transmisión, difracción, absorción y reflexión de “pantallas antiruido” de carreteras (tráfico rodado) y de



ferrocarril, conforme a la UNE-EN 1793, y UNE-EN 16272. El sistema se compone de una fuente sonora, diferentes configuraciones de arrays de micrófonos (3x3 o 5x1), una interfaz de control y toda clase de accesorios necesarios como trípodes, micrófonos, soportes y cableado, todo ello fácilmente personalizable según las necesidades del cliente.

El funcionamiento del sistema ZIRCON es sencillo, a partir del software incluido, se genera la señal que es transmitida a la fuente sonora, emitiéndola directamente hacia el dispositivo de reductor de ruido (pantalla acústica). El sonido difractado, reflejado o transmitido, es captado por el array de micrófonos y almacenado en el software, que interpreta los resultados y determina las características acústicas normalizadas del dispositivo reductor de ruido.

Configure el sistema a su gusto, según el tipo de ensayos que vaya a realizar (difracción, reflexión o transmisión) y pregúntenos por las diferentes opciones disponibles, podemos adaptar el pedido según los componentes que requiera, cada componente se puede pedir por separado.

Labtone

IAG – Ingeniería Acústica García-Calderón S.L., es distribuidor oficial en España de los **equipos para ensayos ambientales de vibraciones** de la empresa **Labtone**, ofreciendo sus productos y dando soporte técnico en todo el territorio.

Especializados en equipos de ensayos de vibraciones (*shakers*) desde hace más de 20 años, Labtone es líder en sistemas de control de calidad para aplicaciones en electrónica, automoción, aeroespacial, telecomunicaciones y maquinaria industrial. Ofreciendo la tecnología más avanzada y los equipos de ensayos ambientales más fiables, la empresa cuenta con sistemas para:

- Pruebas de vibraciones electrodinámicas.
- Simulación de transporte y vibraciones mecánicas.
- Pruebas de choque mecánico, de alta aceleración y de choque inclinado.
- Pruebas de caída estándar, para paquetes pesados, para dispositivos portátiles y de caída de liberación rápida.
- Pruebas ambientales combinadas, a partir de cámaras de ensayo para temperatura, humedad, vibración, etc.



Labtone posee las certificaciones ISO 9001 e ISO 14001, entre muchas otras normas internacionales relacionadas con el control de calidad y los sistemas de gestión ambiental. Grandes marcas como Apple, Google, Sony, LG o Samsung ya son clientes y usuarios de estos sistemas de ensayos de vibraciones más fiables y completos del mercado.

Calidad, precio competitivo, soluciones personalizadas, plazo de entrega rápido y soporte técnico inmediato son las principales características del servicio que ofrece Labtone a sus clientes.

Para más información, no deje de consultar o solicitar con **IAG – Ingeniería Acústica García-Calderón S.L.**

<https://garcia-calderon.com/tienda-online>

info@garcia-calderon.com

Tel. +34 91 128 89 47

CESVA

CESVA lanza la App NoisePlatform

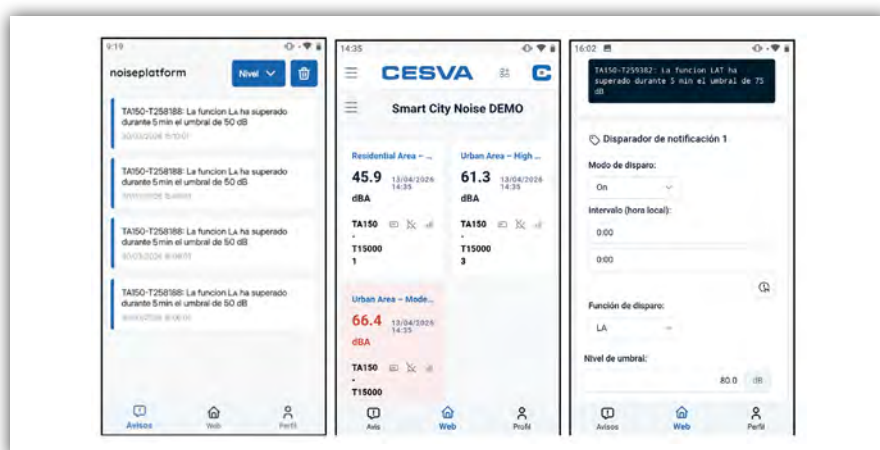
CESVA presenta la nueva aplicación móvil **CESVA Noiseplatform**: esta herramienta nace con el objetivo

de **simplificar y agilizar la supervisión de cualquier red de monitorización acústica**, permitiendo a los usuarios gestionar sus sensores de forma inmediata y desde cualquier lugar. La nueva aplicación permite acceder a la plataforma de forma rápida y cómoda **desde tu dispositivo móvil**.

La app, centrada en la experiencia del usuario, funciona como un navegador web exclusivo, optimizado para facilitar el acceso y la navegación dentro de la plataforma sin necesidad de utilizar un navegador convencional. Además, permite recibir **notificaciones push** en tiempo real asociadas a los sensores cuando los niveles medidos exceden un nivel umbral determinado. Desde la propia app se puede configurar:

- El intervalo horario en que están activas las notificaciones
- La función acústica de disparo
- El nivel umbral que debe superarse
- El tiempo de superación para enviar una notificación
- El idioma de la notificación recibida

Además, es posible consultar un histórico de las notificaciones para un mejor control y seguimiento de las actividades ruidosas.



Notificaciones recibidas en la app Noiseplatform para android, acceso directo a la plataforma y configuración de los disparadores de notificaciones

La aplicación ya se encuentra disponible para su descarga en Google Play (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.cesva.NoisePlatform>), permitiendo a los usuarios actuales de la plataforma Noiseplatform que disponen tanto de sensores de ruido TA120 como de los nuevos sensores espectrales por tercio de octava TA150 recibir notificaciones en sus teléfonos inteligentes.

Para más información, visite <https://www.cesva.com> o contacte con CESVA vía correo electrónico a info@cesva.com



SOUND OF NUMBERS presenta novedades de Microflown Technologies y GRAS

Sound of Numbers nos acerca dos novedades de gran relevancia para la práctica de la ingeniería acústica. La primera, en el ámbito de la localización e identificación de fuentes sonoras; la segunda, en el de la medición acústica orientada a la percepción humana en entornos de automoción. Ambas incorporan enfoques que amplían las capacidades de medida y análisis en situaciones de creciente complejidad, y reflejan una tendencia común en el sector: la búsqueda de herramientas que no solo ofrezcan mayor precisión técnica, sino que conecten los resultados de medida con la experiencia real del oyente.

Localización de fuentes sonoras mediante DOA en Voyager 2.10 de Microflown Technologies

La identificación de fuentes sonoras en entornos complejos sigue

siendo un reto habitual en ingeniería acústica. En este contexto, **Microflown Technologies** ha incorporado en la versión 2.10 de su sistema Voyager una nueva funcionalidad basada en Direction of Arrival (DOA).

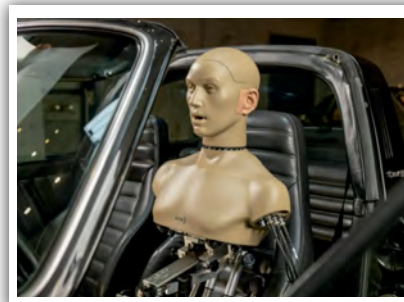


Esta nueva funcionalidad permite visualizar en tiempo real la dirección de llegada del sonido, así como filtrar el análisis por bandas frecuenciales, facilitando la identificación de fuentes dominantes en entornos con múltiples emisores. Gracias al uso de sensores de velocidad de partículas, el sistema proporciona información direccional precisa incluso a bajas frecuencias.

Entre sus principales ventajas destacan la rapidez en el diagnóstico en campo, la reducción de incertidumbre en entornos complejos y la mejora de la eficiencia en campañas de medida. Por ello, resulta especialmente útil en aplicaciones como NVH en automoción, diagnóstico industrial o análisis acústico en edificación.

Medición acústica basada en percepción real: AutoKEMAR de GRAS

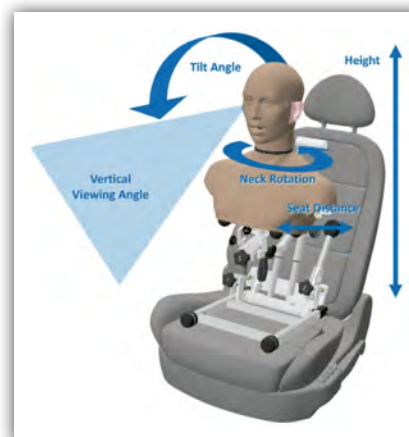
La creciente importancia de la experiencia sonora en automoción ha impulsado el desarrollo de nuevas metodologías de medida centradas en la percepción del usuario. En este contexto, GRAS Sound & Vibration ha desarrollado AutoKEMAR, un sistema HATS (Head and Torso Simulator) específicamente diseñado para ensayos acústicos en el interior de vehículos.



A diferencia de los enfoques tradicionales, AutoKEMAR mide sonido binaural desde una posición realista de escucha, teniendo en cuenta la influencia del cuerpo humano en el campo acústico. Esto permite obtener resultados más representativos de cómo perciben el sonido conductor y pasajeros en condiciones reales.

El sistema incorpora un diseño optimizado para habitáculo, incluyendo un montaje compatible con ISOFIX y amplias capacidades de posicionamiento (altura, orientación, distancia al asiento, ...), lo que garantiza mediciones altamente repetibles y comparables entre ensayos. Además, su arquitectura modular permite adaptar el sistema a distintas aplicaciones mediante el uso de diferentes micrófonos, simuladores de oído o incluso un simulador de boca.

Entre sus principales aplicaciones destacan la evaluación de sistemas de audio, la inteligibilidad de la voz, el análisis NVH en cabina y la validación de parámetros acústicos. Su capacidad para reproducir fielmente la expe-



riencia auditiva humana lo convierte en una herramienta clave en el desarrollo de vehículos donde la calidad sonora es un factor diferencial.

Más información en <https://soundofnumbers.net/index.php/es/> y a través del correo info@soundofnumbers.net



Novedades de Track Noise para la medición y localización de fuentes sonoras

Track Noise presenta en esta ocasión un conjunto de novedades que abarca desde equipos de medida, hasta nuevas soluciones para la localización de fuentes sonoras en entornos tan diversos como el industrial, el marino o el de zonas potencialmente peligrosas. Las propuestas comparten una orientación común: ampliar las capacidades de diagnóstico acústico en condiciones reales y exigentes.

Sonómetro XL3 Clase 1 con aprobación de modelo en España

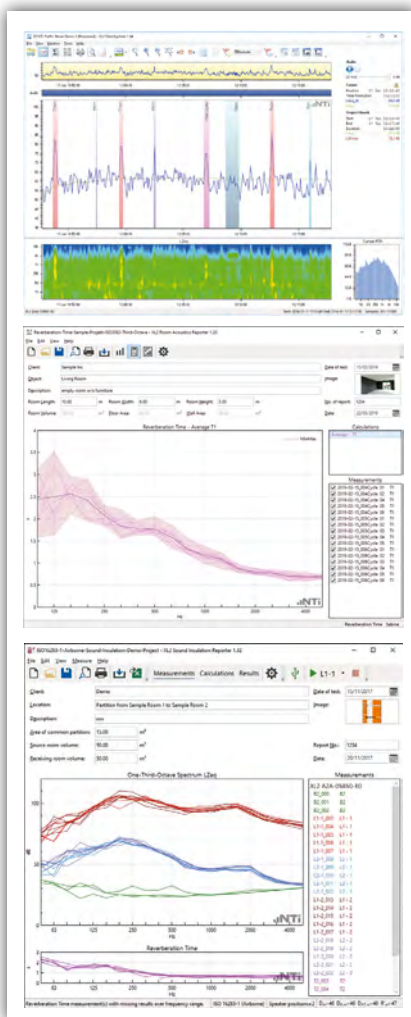
El sonómetro analizador XL3 de NTI Audio **ha obtenido el Certificado de Examen de Tipo** por el Centro Español de Metrología según el RD 244/2016 y la ICT/155/2020.



Este equipo permite configurar sus opciones para cubrir todas las necesidades del ámbito de la acústica: Mediciones Ambientales, Aislamiento Acústico, STIPA, Acústica de Edificios, API o Monitorización 24/7 en interiores y exteriores.

La flexibilidad del equipo permite al usuario decidir si prefiere operar el equipo con su pantalla táctil digital de 4,3", la botonera o a través de un dispositivo móvil o PC conectado al sonómetro a través de su módulo WIFI.

Dentro del marco legal de la aprobación de modelo es posible usar dos tipos de micrófonos Clase 1, el modelo M2230 y el modelo M2340 con auto-test (CIC) para comprobar en remoto la calibración mientras el equipo está monitorizando, ambos acordes a la IEC 61672.



Es posible completar los equipos con software de post-procesado para analizar en detalle mediciones de ruido, calcular y exportar resultados de aislamiento acústico o generar gráficas de tiempo de reverberación.

Nuevo Noise Locator NL1: convierte tu sonómetro XL3 en un sistema de localización sonora

El localizador de ruido NL1 es un sensor de **intensidad sonora 3D** para exteriores que proporciona información direccional cuando el ruido proviene de más de una dirección. Se instala fácilmente justo debajo del micrófono de medición con protección de intemperie y se conecta a un sonómetro XL3, identificando la dirección de llegada (DOA) de la fuente de ruido dominante. Este sensor con 8 micrófonos en una geometría 3D, formando 12 sondas de intensidad sonora, ofrece información de azimuth y elevación de la dirección de la fuente de ruido, entre 63 Hz y 4kHz. Una herramienta perfecta para dar un paso más en la **monitorización de ruido localizando las fuentes predominantes** que afectan a tu punto de evaluación.



Con el software NL1 Lab es posible analizar en detalle periodos temporales concretos o filtrar por bandas de frecuencia, sincronizan-

do el registro de niveles de ruido con la dirección, ayudando al análisis de resultados e identificación de las fuentes de ruido.



Nuevo array de Acoustic Camera Pro, para aplicaciones de acústica submarina

Cambiamos micrófonos por **hidrófonos** para presentar el nuevo sistema de localización sonora de gfaitech, diseñado para visualizar fuentes de ruido, fijas o en movimiento en medios acuáticos. Este primer modelo plegable, está compuesto por 24 hidrófonos en geometría de doble anillo en casi dos metros de diámetro.

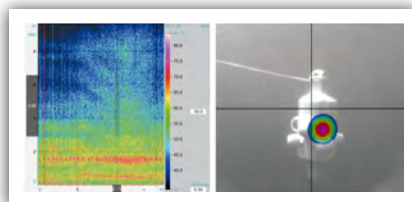


Sus principales aplicaciones son:

- Investigación en ecosistemas marinos: Adquisición de datos bio-acústicos sin perturbar la fauna
- Seguridad marítima: Detección temprana de amenazas submarinas y objetos no identificados
- Monitorización de infraestructuras: Observación continua de

áreas portuarias e instalaciones críticas

Una de sus ventajas más importantes es que no realiza ningún tipo de emisión, al tratarse de beamforming, es no intrusiva, no rastreadora y no interfiere en la vida marina.



En TRACK-NOISE podemos **diseñar y fabricar cualquier tipo de array** de micrófonos o hidrófonos adaptados a tu aplicación o necesidades concretas.

Acoustic Camera portátil con certificación ATEX

La **cámara acústica de inspección iV64Ex** consigue detectar y visualizar **fugas de gases** en conductos, **descargas parciales** en instalaciones eléctricas y **fallos mecánicos** de maquinaria en zonas peligrosas.



Certificada por DEKRA para entornos **ATEX/IECEx**, permite su uso a distancia durante la producción y las operaciones, sin interrupciones en la maquinaria ni los equipos. Su protección IP54 y su amplio rango

de temperaturas de funcionamiento la hacen perfecta para los entornos industriales más exigentes.

Fácil de utilizar, con resultados inmediatos en pantalla, esta herramienta disminuye el tiempo de diagnóstico y ayuda a tomar decisiones en campo.



Para más información sobre los productos de Track Noise, diríjase a la página web

<https://track-noise.com>.

El correo electrónico de contacto es info@tracknoise.com o bien llame al teléfono +34 947 64 81 13

TRACK-NOISE

ACÚSTICA - AUDIO - RUIDO - VIBRACIONES



NEW

Sonómetro XL3 con aprobación de modelo

Analizadores y generadores de audio

Micrófonos Clase 1 y Clase 2

Sistemas de localización sonora 2D y 3D

Acoustic Cameras portátiles

Software de simulación acústica

Monitorización de ruido, vibraciones y AQ

Fuentes de ruido y máquinas de impacto



Prueba gratis el nuevo sw de simulación acústica **Treble** en este enlace :



<https://www.treble.tech/treble-tracknoise>

www.track-noise.com

info@track-noise.com

Tecniacústica 2026: Granada acogerá el principal encuentro de la acústica española e ibérica



TECNIACÚSTICA GRANADA
21-23 OCTUBRE 2026



Del 21 al 23 de octubre de 2026, la ciudad de Granada será la sede de **Tecniacústica 2026**, el **57º Congreso Nacional de Acústica**, organizado por la **Sociedad Española de Acústica** (SEA) con la colaboración de la **Sociedade Portuguesa de Acústica** (SPA). El encuentro incluirá asimismo la celebración del **XIV Congreso Ibérico de Acústica**, consolidándose una vez más como el foro de referencia para el intercambio de conocimientos, experiencias y avances tecnológicos en el ámbito de la acústica en España y Portugal.

La edición de 2026 tendrá lugar en la histórica ciudad de Granada, un enclave singular donde patrimonio, cultura, ciencia e innovación conviven en un entorno de extraordinaria riqueza. Bajo la inconfundible presencia de la Alhambra y con el atractivo de una ciudad universitaria de reconocido prestigio internacional (la sede será el **Edificio de la ETS Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Granada**), Tecniacústica ofrecerá a investigadores, profesionales, estudiantes, empresas e instituciones un espacio privilegiado para compartir resultados de investigación, presentar desarrollos tecnológicos y debatir sobre los retos presentes y futuros de la acústica.

Con **235 resúmenes presentados**, el programa científico permitirá mostrar los últimos avances en acústica ambiental, acústica arquitectónica y de edificios, control del ruido y las vibraciones, electroacústica, acústica submarina, acústica musical, percepción sonora, acústica industrial, metrología acústica,

acústica del habla, paisaje sonoro, vibroacústica, y otras disciplinas emergentes que continúan ampliando el alcance de esta ciencia.

Cabe destacar las **tres conferencias plenarias** que tendrán lugar en esta edición:

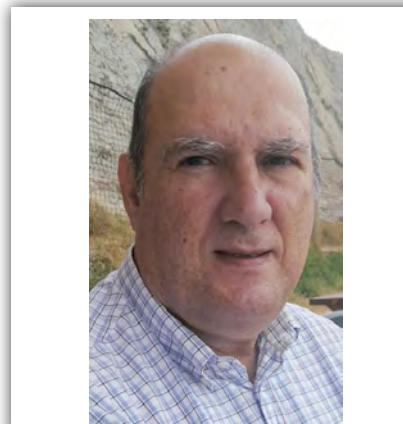


Efrén Fernández Grande, investigador distinguido en la **Universidad Politécnica de Madrid (UPM)**, nos hablará sobre el «**Análisis, reconstrucción y manipulación espacial del sonido**». En ella, abordará los avances más recientes en las técnicas de reconstrucción espacial del campo acústico, una herramienta clave para comprender fenómenos sonoros complejos, destacando su creciente aplicación en ámbitos como la identificación de fuentes, el audio espacial, el control activo y la digitalización del patrimonio acústico.

Jerónimo Vida Manzano, profesor de la **Universidad de Granada (UGR)**, impartirá la ponencia con el título «**Primero escucha, luego urbaniza: el nuevo paradigma acústico forjado por la opinión ciudadana**», enfocando el estudio



del paisaje sonoro como una forma de integrar la dimensión acústica en el diseño urbano, priorizando la percepción ciudadana y la calidad de vida. Jerónimo nos invitará a situar la escucha y la participación ciudadana en el centro de las decisiones urbanísticas.



Miguel Matos Neves, profesor del Instituto Superior Técnico de la **Universidade de Lisboa**, en su ponencia el campo de la «**Vibroacústica: Desafíos computacionales y tendencias emergentes en la interacción acústica fluido-estructura**», revisará la evolución de la vibroacústica y de la interacción fluido-estructura, aspectos fundamentales para comprender y controlar problemas de ruido y vibraciones en sistemas de ingeniería. Asimismo, se presentarán tendencias emergentes basadas en inteligencia artificial, gemelos digitales y metamateriales.

Uno de los elementos más destacados del congreso será, nuevamente, **Expoacústica**, la exposición comercial asociada al evento. Este espacio reunirá a las principales empresas y entidades del sector, que presentarán sus productos, equipos de medida, herramientas de simulación, soluciones de control acústico e innovaciones tecnológicas. Expoacústica constituye tradicionalmente un punto de encuentro fundamental entre el ámbito académico y el tejido empresarial, favoreciendo la transferencia de conocimiento y el establecimiento de nuevas colaboraciones.

La organización ha querido reforzar especialmente la conexión entre la acústica y el entorno urbano. En este sentido, el programa incluirá diversas actividades abiertas al público general, concebidas para acercar el conocimiento acústico a la ciudadanía y poner de relieve la importancia del sonido en nuestra vida cotidiana. Entre estas actividades destacan los ya tradicionales **Paseos Sonoros**, una iniciativa que permitirá a los participantes descubrir y analizar el patrimonio sonoro de Granada. En esta línea, Tecniacústica 2026 albergará una **Jornada Técnica** dedicada al enfoque del **Paisaje Sonoro** en el diseño urbano. Esta actividad abordará el papel que desempeña el entorno acústico en la calidad de vida de las personas y analizará cómo la planificación urbana puede contribuir al bienestar ciudadano mediante estrategias de gestión sonora más sostenibles e integradoras. El creciente interés internacional por el concepto de paisaje sonoro convierte esta jornada en una oportunidad especialmente relevante para administraciones públicas, urbanistas, consultores y profesionales del sector.

Como es tradición en Tecniacústica, el Congreso combinará su intensa actividad científica con un completo programa social destinado a fomentar la convivencia y el intercambio de experiencias entre

los participantes. Granada, una de las ciudades más visitadas y admiradas de España, ofrecerá el marco ideal para desarrollar actividades culturales y encuentros informales que complementarán las sesiones técnicas y favorecerán el establecimiento de nuevas redes de colaboración profesional. En esta línea, Tecniacústica 2026 contará con un programa social que incluirá, como ya es tradición, una **cena de gala** que tendrá lugar en el emblemático restaurante **Carmen de los Chapiteles**, con unas vistas inmejorables de la Alhambra. Paralelamente, se organizará un **programa específico para acompañantes**, diseñado para dar a conocer algunos de los principales atractivos culturales, históricos y gastronómicos de la ciudad y de su entorno como **La Alhambra**, contribuirán a hacer de la estancia una experiencia especialmente enriquecedora para todos los asistentes.

El congreso mantendrá además su compromiso con la promoción del talento joven mediante iniciativas como **el Premio Andrés Lara para Jóvenes Investigadores**, convocado anualmente por la Sociedad Española de Acústica, con el objetivo de reconocer y estimular la actividad investigadora de estudiantes de posgrado y jóvenes profesionales que presenten sus trabajos durante el congreso.

La Sociedad Española de Acústica invita a investigadores, profesionales, empresas, administraciones y estudiantes a participar activamente en esta cita imprescindible para el sector y a contribuir con sus trabajos al éxito de una edición que promete combinar excelencia científica, innovación tecnológica y una destacada proyección social de la acústica.

Recordamos, a continuación, las fechas más importantes:

- Periodo de evaluación por parte del comité científico para revisar

las propuestas enviadas: del 30 de mayo hasta el 15 de junio

- Notificación del resultado de la evaluación de las comunicaciones: a partir del 17 de junio
- Inscripción del primer autor y confirmación de inclusión del trabajo en el programa: hasta el 7 de septiembre
- Presentación de los textos completos de los trabajos aceptados: hasta el 7 de septiembre de 2026

Para más información, inscripciones y detalles del programa, puede visitarse la web oficial del congreso:

<https://tecniacustica.es/tecniacustica2026>

El comité organizador del Tecniacústica 2026 busca una mayor visibilidad e impacto de las comunicaciones presentadas

En su afán de indexar las actas del congreso en años venideros, el comité organizador del Tecniacústica 2026 continúa sus labores de incrementar la visibilidad y el impacto de los trabajos presentados a este nuestro Congreso. Para ello, el comité se encuentra trabajando en la **inclusión de un DOI** (Identificador de Objeto Digital) para cada una de las comunicaciones presentadas. Con ello se busca visibilizar el trabajo a través de un registro único, importante tanto para su búsqueda en diferentes bases de datos, como para garantizar una correcta referencia. A partir de esta estandarización internacional, se garantiza el reconocimiento de los autores y su propiedad intelectual. Estas acciones manifiestan el compromiso del comité organizador por maximizar la visibilidad los trabajos, garantizando la utilidad científica del congreso para los autores, y buscando atraer a un mayor público.

Cartagena acogerá el III International Symposium on the Acoustics of Ancient Theatres (SAAT 2026)



Del 25 al 28 de octubre de 2026, la **Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT)** será la sede del **III International Symposium on the Acoustics of Ancient Theatres (SAAT 2026)**, un encuentro internacional de referencia dedicado al estudio de la acústica de teatros antiguos y espacios patrimoniales. El simposio tendrá lugar en el singular **Edificio CIM** (antiguo Cuartel de Instrucción Naval), el cual forma parte de la UPCT en la actualidad, está organizado por la **Sociedad Española de Acústica (SEA)** junto con el **Comité Técnico de Acústica de Salas y Edificación** de la **European Acoustics Association (EAA)**, en colaboración con la **Acoustical Society of Italy (AIA)** y el **Hellenic Institute of Acoustics (HELINA)**.

SAAT 2026 reunirá a destacados expertos, investigadores y profesionales para presentar y debatir todos los aspectos de la acústica de los teatros antiguos y otros monumentos de importancia cultural e histórica, incluidos sistemas de medición innovadores, simulaciones acústicas, métodos de auralización, paisajes sonoros, reconstrucciones virtuales y mucho más.

El simposio contará con un programa técnico que incluirá conferencias plenarias, comunicaciones y pósteres, ofreciendo oportunidades para debates en profundidad y talleres. Los participantes reflexionarán sobre los últimos avances en investigación, compartirán experiencias y explorarán metodologías emergentes en el estudio de la acústica de estos sitios históricos de gran importancia cultural.

El programa científico contará con **tres conferencias plenarias** impartidas por investigadores de reconocido prestigio internacional, que abordarán algunos de los retos más actuales en el campo:

- El profesor emérito **John Mourjopoulos (University of Patras, Grecia)** pondrá el foco en los avances en modelización computacional, técnicas de medida y simulación del sonido en espacios patrimoniales, así como en los retos actuales relacionados con la inteligibilidad del habla, la auralización y la estandarización de metodologías acústicas.
- Por su parte, la profesora **Angela Bellia (University of Palermo, Italia)** abordará la relación entre el patrimonio sonoro y la acústica del patrimonio desde la perspectiva de los espacios escénicos antiguos. Su ponencia subrayará la necesidad de estrategias sostenibles para la preservación de la integridad acústica de estos espacios, especialmente ante su uso contemporáneo.
- El profesor emérito **Michael Vorländer (RWTH Aachen University, Alemania)**, centrará su intervención en los desafíos de la simulación acústica en espacios patrimoniales. Analizará la importancia de la adecuada definición de modelos geométricos en espacios abiertos como los anfiteatros, y la manera en la que los resultados de la simulación pueden beneficiarse de una mayor profundidad de información.

En su plano social, Cartagena ofrece un entorno inspirador para

el SAAT 2026. Los participantes tendrán la oportunidad de visitar el Teatro Romano de Cartagena, una pieza clave del patrimonio cultural de la ciudad. La cena tendrá lugar en el Restaurante 43, ubicado en el puerto de Cartagena.

La celebración de SAAT 2026 refuerza el compromiso de la Sociedad Española de Acústica con la promoción de la investigación, la transferencia de conocimiento y la cooperación internacional en todos los ámbitos de la acústica.

Para más información sobre el programa, inscripciones y envío de contribuciones, puede consultarse la página oficial del simposio: <https://neo.emma.events/SAAT2026>.

Asamblea General de la SEA: balance de 2025 y objetivos para 2026

La Sociedad Española de Acústica celebró su Asamblea General, en la que se presentaron los principales resultados de la actividad desarrollada durante 2025 y se establecieron las líneas de actuación para el ejercicio 2026.

Cambios en la gestión de la SEA

El Presidente, Antonio Pedrero, informó de varios cambios en los órganos de gestión de la Sociedad. Daniel de la Prida asume el cargo de Secretario, en sustitución de María Machimbarrena, quien permanece como miembro del Consejo Rector, prestando apoyo en ambas funciones. Por su parte, Laura Estévez Mauriz asume la edición principal de la Revista de Acústica, cargo que hasta ahora ostentaba Daniel de la Prida. El Presidente aprovechó asimismo la ocasión para agradecer públicamente a Ricardo Hernández su labor en la consecución de un hito relevante: la inclusión de la Acústica como ámbito de conocimiento en el marco de la adscripción del profesorado universitario.

Forum Acusticum – Euronoise 2025: un congreso de referencia

El Congreso Forum Acusticum – Euronoise 2025, celebrado en Málaga, fue destacado por el Presidente como uno de los hitos del año. El evento reunió a 1.250 participantes y contó con 998 artículos recibidos, de los cuales 834 se presentaron en formato oral y 164 en formato póster, distribuidos en 139 sesiones y 24 áreas temáticas. La exposición técnica acogió a 33 empresas expositoras. El fin de semana previo al congreso se celebró una Summer School con 175 estudiantes y un Seminario de Acústica en la Edificación con 50 participantes, ambos con gran acogida. El balance económico del conjunto de actividades resultó positivo. Las actas del congreso han sido publicadas, todos los trabajos cuentan con DOI asignado y se encuentran en proceso de indexación en Scopus, habiéndose editado además seis números especiales asociados al congreso.

Objetivos para 2026

Entre los retos planteados para 2026 destacan la creación de Comités Técnicos de la SEA, a semejanza de los existentes en la EAA, y la apertura de un debate sobre la definición de «personal competente en acústica» y la posible regulación de la profesión.

En el plano de los eventos, se anunció la celebración de Tecniacústica 2026 en Granada (21-23 de octubre) y del Symposium SAAT en Cartagena (25-28 de octubre), este último organizado por la SEA en colaboración con las Sociedades Italiana y Helena de Acústica en el marco de la EAA.

Se comunicó el lema del Día Internacional contra el Ruido 2026 «Vive sin ruido, vive mejor».

Se convocan asimismo el Premio Andrés Lara al mejor artículo de estudiante en Tecniacústica 2026 y las

becas para estudios de posgrado en acústica.

Madrid acoge las reuniones del comité europeo CEN/TC 126 sobre acústica de edificios

Del 2 al 6 de marzo se celebraron en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja las reuniones del **Comité Técnico de Normalización Europeo CEN/TC126 «Acoustic properties of building elements and of buildings»**, junto con la reunión del grupo de trabajo del **Comité ISO TC43/SC2/WG29 sobre clasificación acústica de edificios**.

Durante esos días se reunieron en Madrid expertos en normalización procedentes de distintos organismos nacionales de normalización y centros de investigación europeos, con el objetivo de avanzar en el desarrollo y revisión de las normas relacionadas con la acústica de los edificios.

El programa de trabajo incluyó las reuniones de varios grupos de trabajo del comité, en concreto los WG1, WG2, WG5 y WG7; se analizaron los avances de los distintos proyectos normativos en curso y se debatieron propuestas técnicas para la mejora de los métodos de ensayo acústico en laboratorio, la predicción de aislamiento acústico y de ruido de instalaciones, la medición del ruido producido por las instalaciones hidráulicas y la coordinación con normas derivadas de la transposición de la directiva Europea EPDB.

La semana de trabajo culminó con la reunión plenaria del CEN/TC126, en la que se revisó el progreso de las actividades desarrolladas por los distintos grupos de trabajo, se aprobaron decisiones relativas al desarrollo de nuevos documentos normativos y se definieron las líneas de trabajo prioritarias del comité para los próximos meses.

La organización local del encuentro fue coordinada por Amelia Romero y Teresa Carrascal de la Unidad de Calidad en la Construcción del IETcc-CSIC, que acogió las sesiones de trabajo y facilitó el intercambio técnico entre los participantes. La celebración de estas reuniones en Madrid ha permitido reforzar la participación española en los trabajos europeos de normalización en acústica de la edificación y fomentar la colaboración entre expertos del sector.

El comité CEN/TC126 es responsable de la elaboración de normas europeas relativas a las propiedades acústicas de los elementos constructivos y de los edificios, incluyendo métodos de medida, evaluación y clasificación del aislamiento acústico y otros aspectos relacionados con el confort acústico en el entorno construido.

Acústica como especialidad de conocimiento en el marco de la adscripción del profesorado universitario

El Proyecto de Real Decreto por el que se determinan las especialidades de conocimiento a efectos del establecimiento de los perfiles de los concursos de las plazas de profesorado universitario de las universidades públicas y los ámbitos de conocimiento a efectos de la adscripción de los puestos de trabajo del profesorado universitario, y se modifica el Real Decreto 898/1985, de 30 de abril, sobre régimen del profesorado universitario, en él se actualiza la relación de áreas de conocimiento que se recogía en el todavía vigente anexo I del Real Decreto 1312/2007, de 5 de octubre, por el que se establece la acreditación nacional para el acceso a los cuerpos docentes universitarios. La denominación de áreas de conocimiento pasa a ser ahora «especialidades de conocimiento».

En el Artículo 3. *Relación de especialidades de conocimiento,*

se recoge que las plazas de profesorado de los cuerpos docentes universitarios funcionarios y del profesorado laboral deberán perfilarse con una, o algunas en su caso, de las especialidades del conocimiento, apareciendo **Acústica** en el listado de **Nuevas especialidades de conocimiento**.

Desde toda la comunidad, agradecemos el esfuerzo de Ricardo Hernández, profesor de la Universidad de Cádiz, en su labor en la consecución de esta inclusión.

Más información en https://www.ciencia.gob.es/Convocatorias/Participacion-Publica/Audiencia-e-informacion-publica/2026/PRD_Especialidades-Conocimientos/PlazasProfesoradoUniversitario.html

Joan Casamajó, cofundador y director técnico de Cesva, galardonado con el Premio ACUSTICAT 2026 a la trayectoria profesional

El reconocimiento destaca más de cincuenta años de dedicación a la investigación y la innovación en el desarrollo de soluciones para la medida y control del ruido.

En el marco de la última edición del **ACUSTICAT Congreso de Acústica de Cataluña 2026**, Joan Casamajó ha sido distinguido con el **IV Premio Acusticat 2026** de recono-



cimiento a la trayectoria profesional en el campo de la acústica.

Este galardón, entregado por el comité organizador del congreso, celebra su excepcional contribución, su experiencia y el rigor técnico demostrado a lo largo de toda su carrera.

A lo largo de más de cincuenta años, Casamajó ha impulsado decididamente el desarrollo de soluciones punteras para la medida del ruido que han contribuido de forma directa a definir y consolidar estándares técnicos que hoy en día son referencia absoluta en el sector. Se trata de un trabajo discreto pero decisivo para entender, evaluar y gestionar mejor nuestro entorno sonoro.

«Todo el equipo de CESVA queremos expresar nuestra más profunda felicitación a Joan Casamajó. Su éxito es un reflejo transparente de los valores que defendemos como empresa y un orgullo inmenso para todo el equipo que le acompaña en el día a día».

Con este galardón, que premia valores fundamentales como la investigación, la precisión y la innovación que hacen avanzar a toda una disciplina, el ACUSTICAT 2026 cerró dos jornadas de intenso intercambio de conocimiento con una mirada decididamente puesta en el futuro de la calidad acústica del país.

CESVA reiteró su más sincero agradecimiento a la organización del congreso por mantener viva esta plataforma de referencia para el sector en Cataluña y por su constante sensibilidad a la hora de valorar y visibilizar la dedicación de los profesionales de primer nivel.

Recorrido por la arquitectura sonora de Barcelona: paseos sonoros a ciegas

Con motivo de la celebración de Barcelona 2026 **Capital Mundial de la Arquitectura**, nuestro asocia-



do **Francesc Daumal i Domènech** ha preparado seis paseos sonoros a ciegas con el método Daumal «maestreado» por diferentes distritos de Barcelona. Con estos paseos, Daumal nos invita a entender y disfrutar el paisaje sonoro en toda su dimensión, explorando el mundo invisible que nos rodea.

El Método Daumal para el paseo sonoro tiene como objetivo recorrer los espacios arquitectónicos, en este caso de Barcelona, con los ojos vendados, guiados muy de cerca por el maestro y su colaborador/a, con la intención de recoger datos, experiencias y abrir un debate sobre los usos y los espacios urbanos y el Patrimonio Cultural Inmaterial Sonoro.

Invitamos a nuestros asociados a inscribirse en esta actividad. Los paseos se desarrollarán a lo largo de todo el año con las siguientes fechas: 19 febrero L'Eixample, 14 de mayo Nou Barris, 11 junio Horta-Guinardó, 9 julio St. Martí, 15 octubre St. Andreu y 10 diciembre Ciutat Vella.

Programa e Inscripciones: <https://www.barcelona.cat/capitalmundialarquitectura/ca/programa/recorregut-larquitectura-sonora-de-barcelona-passeig-sonor-cegues-amb-el-metode-daumal>

Paseos sonoros en ACUSTICAT

En el Congreso ACUSTICAT, realizado en Barcelona los días 29 y 30 de abril 2026, nuevamente nuestro asociado Francesc Daumal i Domènech llevó a cabo un paseo con su



método Maestreado, buscando, entre otras experiencias, adjetivar los espacios arquitectónicos y urbanos.

Junto a Daumal, Sergio Herguedas Campesino, de HEAD acoustics, realizó a su vez un paseo sonoro, en su caso siguiendo el método estandarizado de la ISO 12913 para la realización de Paseos Sonoros, que combina cuestionarios de percepción subjetiva del contexto con equipos acústicos binaurales.

Audiotec celebra un año más el Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido

Con motivo del **Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido**, Audiotec ha lanzado la campaña «**El ruido pasa factura**», una propuesta de carácter divulgativo que pone el foco en las **consecuencias reales del ruido sobre la salud de las personas**. El planteamiento parte de una idea clara: el ruido no es una molestia aislada, sino un factor con impacto directo en la calidad de vida de las personas y su salud. La campaña se articula en torno a una metáfora visual sencilla y efectiva: una factura simbólica que recoge los «costes» asociados a la exposición al ruido de forma constante.

La iniciativa de Audiotec en colaboración con la Sociedad Española de Acústica (SEA), el Ayuntamiento de Valladolid y la Universidad de Valladolid, no se limita a la difusión de un mensaje, sino que forma parte



de una estrategia más amplia de **responsabilidad social** orientada a **concienciar tanto a la ciudadanía como a administraciones y empresas**. A través de una serie de acciones en redes sociales, la campaña traslada esta «factura del ruido» a situaciones cotidianas en el hogar, el trabajo o el ocio, con el objetivo de acercar el mensaje de forma clara y comprensible y reforzar la idea de que todos estamos expuestos y que a todos nos afecta.

Tras más de dos décadas colaborando en la promoción de este día, Audiotec reafirma así su papel como **empresa comprometida con la mejora del confort acústico, el bienestar y la calidad de vida de las personas y su entorno**. La campaña invita a reflexionar sobre un problema que no se ve, pero cuyos efectos se sienten cada día, remarcando la necesidad de abordarlo como una cuestión prioritaria de salud pública.



Como parte de las actividades llevadas a cabo en Valladolid, el Ayuntamiento presentó el estudio «**Paseo Sonoro de Campo Grande**» y la iniciativa asociada del «Paseo Sonoro», que invita a la ciudadanía a descubrir el parque a través de la escucha activa del sonido del agua, la fauna y la vegetación, que se alían para mejorar la salud en pleno entorno urbano. La presentación ha tenido lugar en el Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido. El concejal de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Valladolid, Alejandro García Pellitero, presentó dicho estudio que ha sido desarrollado en colaboración con la ingeniería acústica **Audiotec**, planteando una forma de entender el entorno urbano, incorporando el sonido como un elemento clave en la experiencia humana y en el bienestar ciudadano.

Esta iniciativa no solo propone una actividad de ocio y conexión con el entorno, sino que también permite generar una auditoría acústica dinámica, incorporando la participación ciudadana en la monitorización del paisaje sonoro desde una perspectiva psicoacústica.

Más información (memoria del proyecto, tríptico y ruta): <https://www.valladolid.es/es/ayuntamiento/organizacion-administrativa/areas/area-medio-ambiente/utilidad/hacemos/paisaje-sonoro-campo-grande?skippcache=2767277212>

Carlos Vila, nuevo presidente de Andimat

La **Asamblea General de la Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes**, conocida como **Andimat**, nombra a **Carlos Vila**, Directivo de Danosa, como nuevo presidente. Vila asume el cargo en un momento clave para el sector, marcado por la futura actualización del **Código Técnico de la Edificación**, el desarrollo del **Plan Nacional de Renovación de Edi-**



ficios y los **objetivos de descarbonización** del parque edificado: «tenemos por delante el reto de seguir defendiendo el papel esencial de todos los materiales aislantes como palanca de ahorro energético, confort, sostenibilidad y competitividad para el sector de la edificación». Vila ha agradecido la encomiable labor de su predecesor Antonio Logroño (Director general de Dow para España y Portugal) en momentos de gran intensidad para el sector.

Desde su nuevo cargo, Carlos Vila ha subrayado la importancia de mantener una defensa firme y conjunta de todos los materiales aislantes, poniendo en valor su contribución a la eficiencia energética, la protección del medio ambiente y la lucha contra el cambio climático, el confort de los usuarios y la mejora de la calidad de la edificación. Vila ha destacado que uno de los principales retos de la asociación será seguir colaborando con las administraciones públicas, los agentes del sector y los profesionales de la edificación para que las nuevas políticas de rehabilitación incorporen medidas ambiciosas, estables y técnicamente rigurosas. Asimismo, Vila ha señalado el continuo trabajo de Andimat para reforzar la formación, la información técnica y la sensibilización social en torno a los beneficios del aislamiento.

Desde la SEA damos la enhorabuena a Carlos Vila en su nuevo camino al frente de Andimat.

HISPALYT convoca el I Premio de Acústica en la Edificación

La Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas de Arcilla Cocida (HISPALYT) ha puesto en marcha el **I Premio de Acústica en la Edificación**, un certamen dirigido a reconocer proyectos residenciales que destaquen por su **calidad acústica** y que hayan verificado el cumplimiento del DB-HR del CTE mediante ensayos in situ.

Con esta iniciativa, HISPALYT busca visibilizar la importancia del confort acústico en la salud y bienestar de los usuarios de viviendas, con el propósito de reconocer proyectos construidos con soluciones cerámicas que han acreditado el cumplimiento del DB-HR del CTE mediante ensayos realizados in situ, una práctica que, casi veinte años después de la aprobación del CTE, sigue siendo obligatoria solo en algunas comunidades autónomas.

Pueden optar al premio promotoras, estudios de arquitectura, constructoras, ingenierías acústicas y otros agentes vinculados a proyectos de edificios de viviendas que cumplan las siguientes condiciones:

- Paredes separadoras o de instalaciones ejecutadas con ladrillo o bloque cerámico (tipo 1 o tipo 2).
- Superación de los niveles mínimos de aislamiento acústico exigidos por el CTE, acreditada mediante informes de ensayos in situ.
- Obras finalizadas entre el 1 de enero de 2008 y el 5 de junio de 2026.

El primer premio está dotado con 12.000 €, distribuidos a partes iguales (3.000 €) entre promotora, estudio de arquitectura, constructora e ingeniería acústica responsable de los ensayos. El jurado, formado por siete profesionales del sector de reconocido prestigio, podrá conceder además menciones especiales

sin dotación económica. El fallo del jurado se notificará el 26 de junio y contaremos esta noticia en el siguiente número.

Este nuevo galardón se suma a las iniciativas de la asociación para promover una edificación más eficiente, segura, confortable y sostenible, poniendo en valor el trabajo de los profesionales que apuestan por la excelencia en el diseño y ejecución de los edificios de viviendas.



Curso sobre Fundamentos de Acústica Submarina en Monterrey, México

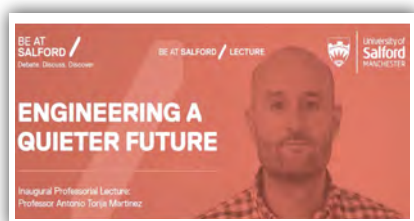
Este curso, enmarcado en las actividades de la **Federación Ibe-**



roamericana de Acústica, será impartido por el Profesor **Dr. Eduardo Romero Vivas** del **Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (México)**, con el título **Fundamentos de la Acústica Submarina**. El curso de una semana de duración, hará un repaso a los fundamentos de la acústica, para ir avanzando en el tema de equipos, métodos, y consideraciones teórico-prácticas requeridas para llevar a cabo el monitoreo de ambientes marinos usando acústica pasiva. Se analizarán las fuentes de antropofonías, geofonías y biofonías, y se presentan aplicaciones relacionadas a la medición de ruido, monitoreo de cetáceos, y medición de fuentes antropogénicas. El curso está abierto a Físicos, ingenieros, biólogos, ecólogos, u otras especialidades con interés en el tema. El curso tendrá lugar entre el **12 y el 16 de octubre** en la **Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México**.

Más información e inscripciones: <https://www.fime.uanl.mx/eventos/curso-fundamentos-de-acustica-submarina/>

Antonio José Torija, acústico español, es nombrado Catedrático («Full Professor») por la Universidad de Salford



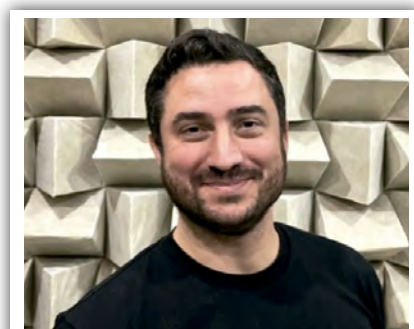
Antonio José Torija Martínez, experto de renombre mundial en acústica ambiental y pionero de la ingeniería basada en la percepción, ha sido nombrado Catedrático de la Universidad de Salford (Reino Unido).

Su experiencia le ha valido el reconocimiento internacional y numerosas invitaciones, como la de presentar pruebas ante la Cámara de los Lores del Reino Unido sobre ruido y salud, así como liderar la conferencia internacional Quiet Drones y ser uno de los autores más influyentes del mundo en el tema del ruido de los drones. Antonio ha sido nombrado recientemente Catedrático («Full Professor») y, en la Conferencia Inaugural como Catedrático («Inaugural Professorial Lecture») dio a conocer su trayectoria desde sus inicios en la Universidad de Granada, hasta convertirse en una voz líder en acústica. Desde la Sociedad Española de Acústica queremos felicitar a Antonio por este logro

¡Enhorabuena Antonio!

Se puede acceder a su conferencia inaugural en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=wyX1cOraMW8>

Tres investigadores en acústica obtienen financiación del Consejo Europeo de Investigación en 2025 (ERC)

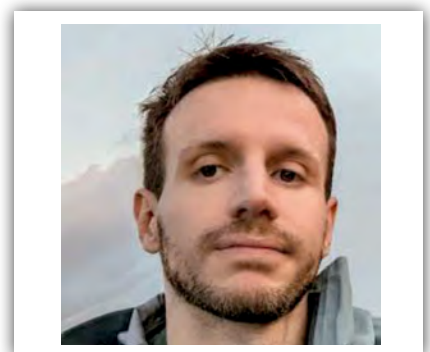


Efrén Fernández-Grande, investigador de la Universidad Politécnica de Madrid, ha obtenido una de las prestigiosas ERC Consolidator Grant 2025 del Consejo Europeo de Investigación para el desarrollo del proyecto **SONIFY: Scalable spatial sensing and dynamic reconstruction of complex sound fields**.

Esta prestigiosa ayuda, dotada con hasta 2 millones de euros durante cinco años, está destinada a investigadores con entre 7 y 12 años de experiencia tras la defensa de su tesis doctoral que buscan consolidar su línea científica en la frontera del conocimiento.

El proyecto SONIFY aborda uno de los retos fundamentales de la acústica computacional y espacial. «El objetivo de SONIFY es desarrollar técnicas que nos permitan por primera vez capturar con fidelidad esa dimensión espacial, y que podamos interactuar con campos sonoros en dominios espaciales extensos» comenta el investigador, quien sostiene que «este trabajo aspira a lograr una integración fluida entre el sonido existente en espacios reales y el generado sintéticamente, ofreciendo una capacidad sin precedentes para el análisis y la manipulación de campos sonoros».

Así mismo, otros dos investigadores han sido galardonados con las ERC Starting Grant, para investigadores con una experiencia de entre 2 y 7 años posterior a la defensa de su tesis doctoral, siendo un prometedor camino para jóvenes investigadores.



Francesco Gianoli, investigador de la **Universidad Carlos III** de Madrid, ha sido galardonado con una ERC Starting Grant para el proyecto **ActiveAR: Watts in my ear? Unravelling the power source of mammalian hearing**. El proyecto se propone desentrañar los mecanismos biofísicos que sustentan la fuente de energía del sistema auditivo de

los mamíferos, una cuestión fundamental para comprender el funcionamiento activo del oído interno y con implicaciones directas en el estudio de la pérdida auditiva y el diseño de prótesis auditivas avanzadas.



María del Rosario Fernández Ruiz, investigadora de la **Universidad de Alcalá**, ha obtenido igualmente una ERC Starting Grant para el proyecto **SENSE: Global Sensing Network enabled by Passive Noiseless Amplification**. SENSE plantea el desarrollo de una red de sensado global basada en amplificación pasiva sin ruido, una aproximación innovadora con aplicaciones en detección distribuida de señales acústicas y sísmicas a gran escala.

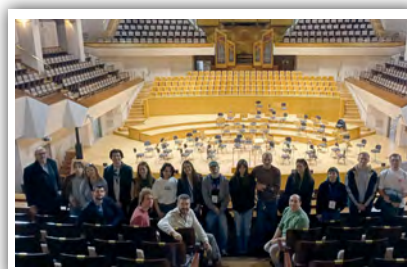
Con estos reconocimientos, España se consolida como tercer país de la UE en número de ayudas ERC Consolidator Grant concedidas en 2025. Para la comunidad de la Sociedad Española de Acústica, la obtención de tres proyectos ERC en el ámbito de la acústica en una misma convocatoria representa un hito extraordinario y un motivo de legítimo orgullo. ¡Enhorabuena a los tres!

Red ATHENS: un marco interdisciplinario para acercar la acústica a las nuevas generaciones

La acústica arquitectónica ha sido uno de los ejes de una inno-

vadora experiencia educativa internacional desarrollada en el marco del programa europeo **ATHENS (Advanced Technology Higher Education Network/Socrates)**. La iniciativa reunió en Madrid a 15 estudiantes de Arquitectura e Ingeniería Civil procedentes de algunas de las 16 universidades socias de la red: Warsaw University of Technology (Polonia), Politecnico di Milano (Italia), Universidad Politécnica de Madrid (España), Delft University of Technology (Países Bajos) y Czech Technical University (República Checa). Durante una semana intensiva de trabajo, los participantes exploraron de forma práctica los principales aspectos que intervienen en el diseño de espacios para la música desde una perspectiva interdisciplinar. Cada módulo fue impartido por un especialista, proporcionando a los estudiantes conocimientos fundamentales y destacando las interdependencias entre los sistemas.

El programa combinó seminarios especializados, trabajo colaborativo y visitas técnicas, incluyendo una visita al Auditorio Nacional de Música, donde los estudiantes pudieron conocer de primera mano las soluciones arquitectónicas y acústicas empleadas en una de las principales salas de conciertos de España.



A través del análisis de reconocidas salas de conciertos europeas, los participantes abordaron la relación entre acústica, arquitectura, iluminación, estructuras e instalaciones, desarrollando una visión integral del diseño de estos espacios. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la importancia de la cola-

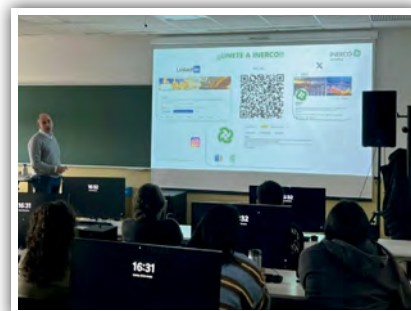
boración interdisciplinar y del aprendizaje basado en experiencias reales para la formación de los futuros profesionales del sector.

Esta experiencia demuestra además el valor de la cooperación universitaria europea para acercar la acústica a las nuevas generaciones, fomentando el intercambio internacional de conocimientos y contribuyendo a la formación de especialistas capaces de afrontar los retos del diseño acústico contemporáneo.

Más información sobre la red ATHENS: <https://athensnetwork.eu>

Un año más, el sector industrial se acerca a la formación académica

Durante estos meses del 2026 se han llevado a cabo en nuestras universidades, diversas actividades formativas y divulgativas impartidas por profesionales de las asociaciones vinculadas a la Sociedad Española de Acústica, y de departamentos de investigación, institutos y agencias estatales. El objetivo de este tipo de actuaciones no es otro que el de acercar al estudiantado a la práctica profesional de los innumerables sectores de trabajo que abarca la acústica y las vibraciones. Recogemos en esta noticia algunas de dichas actividades con la intención de ir incorporando, en un futuro un mayor número de acciones en este tipo de noticias.



Emilio del Saz, Director en la División de Acústica de INERCO,

impartió una charla en la Universidad Rey Juan Carlos (URJC) para el alumnado del Grado en Ingeniería de Sistemas de Telecomunicación, sobre el Diseño acústico de salas de grabación, mezcla y postproducción de sonido. Dicha charla también tuvo lugar en la Escuela de Ingenierías y Sistemas de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Durante las sesiones se abordaron los criterios clave para un buen diseño acústico, las soluciones más eficaces de aislamiento y acondicionamiento sonoro, apoyándose en casos reales y proyectos de éxito.

Dentro del ámbito aeroespacial, **Ricardo Viejo Escribano (AESA)** y **Antonio Donoso (SENASA)** impartieron charlas sobre Aviación y Contaminación Acústica con una visión de la profesión desde el servicio público tanto al alumnado de la Escuela de



Ingenierías Industrial, Informática y Aeroespacial de la Universidad de León, como para el alumnado de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).



Asimismo, **Alberto García de Miguel, Ingeniero de Investigación Senior de SIEMENS**, impartió un seminario de gran relevancia para los alumnos del Grado en Ingeniería Aeroespacial de la Universidad de León, sobre Técnicas de ensayos ambientales para la cualificación de naves espaciales.



Desde la SEA agradecemos esta voluntad de acercamiento entre la academia y el sector empresarial.



Últimas publicaciones legislativas y normativas

Normas sobre acústica de AENOR

AEN-CTN 74 Acústica

UNE-CEN/TR 15226:2025

Productos de construcción. Tratamiento de la acústica en las es-

pecificaciones técnicas del producto (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en noviembre de 2025).

CTN 74/SC 2 - Acústica en la edificación

Fecha de ratificación: 2025-11-01

UNE-CEN/TR 18180:2025

Acústica de edificios. Diccionario de datos (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en octubre de 2025).

CTN 74/SC 2 - Acústica en la edificación

Fecha de ratificación: 2025-10-01

Nueva gama de soluciones acústicas para particiones interiores

Soluciones de aislamiento acústico ensayadas para sistemas de placa de yeso laminado

100%
LANA DE
ROCA



Ni todos los materiales son iguales, ni todas las lanas minerales tienen las excelentes propiedades de la lana de roca ROCKWOOL

La nueva gama cuenta con la innovadora tecnología **NyRock**, ofreciendo las más altas prestaciones acústicas, térmicas y de protección frente al fuego.

Gracias a su estabilidad dimensional, la lana de roca se mantiene inalterable ante variaciones de humedad y temperatura, ni se dilata ni se contrae, no absorbe agua ni vapor de agua, y **conserva sus propiedades durante toda la vida** útil del edificio.

Disponible en un amplio rango de densidades y espesores, los paneles de aislamiento ROCKWOOL se adaptan a los diferentes niveles de **absorción acústica**, ofreciendo una solución para cada tipo de aplicación y actividad.



+3dB

mejor rendimiento acústico en soluciones de tabiquería simple en comparación con otros productos de menor densidad



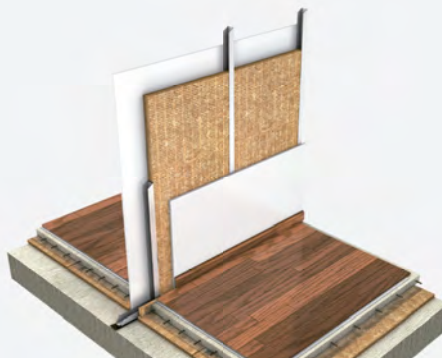
Eurofins Gold

sello que garantiza la calidad del aire interior



Fácil y rápido

de instalar gracias a su manejabilidad y adaptación



Descubre todas nuestras soluciones:
rockwool.es



H. Dr. Josep Martí i Roca: en recuerdo a una de las grandes figuras de la acústica en Cataluña



La Sociedad Española de Acústica lamenta profundamente la noticia del fallecimiento del Hermano Dr. Josep Martí i Roca. Desde la Universidad Ramon Llull (URL) han elaborado un reconocimiento a su trayectoria.

«El Hermano Dr. Josep Martí i Roca nació en Tarragona en 1944. Desde muy joven mostró una clara vocación por la enseñanza y la ciencia, lo que le llevó a diplomarse en Magisterio y en Ciencias Religiosas, a licenciarse en Ciencias Físicas y doctorarse por la Universidad de Valencia. En 1963, con 19 años, se consagró como Hermano de La Salle, iniciando una trayectoria vital y académica estrechamente ligada a la docencia, la investigación y la misión lasaliana.

Su trabajo contribuyó de manera decisiva al desarrollo de la acústica en Cataluña, tanto en el ámbito académico como en el de la transferencia tecnológica. Fue vicerrector de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Universitat Ramon Llull, además de uno de los padres fundadores de la institución. También presidió el Comité de Control Acústico y Electroacústico de las sedes de los Juegos Olímpicos de Barcelona 1992, coordinando el estudio y la sonorización de todos los recintos olímpicos, y participó en el análisis acústico de espacios emblemáticos como la Basílica de Montserrat.

Fue uno de los fundadores de la Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica de Telecomunicació (EUETT), origen del actual campus de La Salle-URL, donde ejerció durante más de cuatro décadas como profesor, investigador y gestor académico. Desde los años setenta impulsó los estudios de Imagen y Sonido, germen de las actuales titu-

laciones de ingeniería y artes digitales, y lideró la creación de la primera cámara anecoica universitaria de Cataluña, a mediados de los años ochenta, tras conocer su funcionamiento en la Universidad de Southampton. Durante su carrera dirigió decenas de tesis doctorales y fue investigador principal en proyectos centrados en la acústica arquitectónica, el tratamiento de la señal y la electroacústica.

A lo largo de su vida recibió numerosos reconocimientos institucionales, entre ellos la Creu de Sant Jordi (2003) y la Medalla de Oro de la Universitat Ramon Llull (2011). Su liderazgo y visión en el campo de la acústica fueron también reconocidos con el III Premio ACUSTICAT a la trayectoria profesional, otorgado en 2024 por el Congrés d'Acústica de Catalunya. Ocupó cargos como el de presidente del Patronato de FUNITEC, comisionado de Identidad y Misión del campus y miembro del Comité de Honor de la URL. Su legado está íntimamente vinculado al IASlab de La Salle-URL, laboratorio interdisciplinar en ciencia y arte que recoge el espíritu innovador que él mismo impulsó desde sus inicios.

Más allá de sus múltiples logros académicos y profesionales, el H. Dr. Martí será recordado por su vocación de servicio, su humildad, su compromiso con la educación y su rigor científico y sensibilidad humana, que lo han convertido en un referente para generaciones de estudiantes, profesores e investigadores. El H. Dr. Josep Martí i Roca falleció el 12 de junio de 2025 a los 81 años, dejando un legado que trasciende la universidad y perdura en todos los que compartieron con él su pasión por la acústica, la ciencia y la educación. Descanse en paz.»

In Memoriam

Prof. Dr.-Ing. Jens Blauert, referente del campo de la psicoacústica y la audición binaural



Hace unos meses nos sobrecogía la noticia del fallecimiento del Prof. Jens Blauert a los 87 años. Para recordarle, Antonio Calvo-Manzano ha plasmado en las siguientes líneas, la relevancia de Blauert para el mundo de la acústica, y específicamente para la Sociedad Española de Acústica. Con su pérdida, la comunidad científica despierta a una figura de referencia internacional y a uno de los miembros fundadores de la Sociedad Alemana de Acústica (DEGA) y de la Asociación Europea de Acústica (EAA).

*El profesor Jens Blauert fue un científico excepcional en el ámbito de la psicoacústica y un pionero visionario de la audición espacial, realizó contribuciones fundamentales en los ámbitos de la tecnología binaural, acústica de salas, acústica virtual y tecnología del habla. En reconocimiento a sus extraordinarios logros científicos, recibió las más altas distinciones, entre ellas destacamos el premio **EAA AWARD for lifetime achievements in acoustics**, la medalla **Helmholtz-Rayleigh Interdisciplinary Silver Medal** de la **Acoustical Society of America (ASA)**, la **Medalla de Oro** de la **Audio Engineering Society (AES)**, la **Medalla Helmholtz** de la **Sociedad Alemana de Acústica (DEGA)**, destacando aquí el reconocimiento a la figura de Blauert de la Sociedad Española*

de Acústica (SEA) otorgándole su máxima distinción, la «CARACOLA SEA» en el Congreso Tecnológico Oviedo 1997, congreso en el que el Prof. Blauert pronunció una conferencia plenaria (ref. páginas 89 y 90 publicación de la SEA «50 AÑOS»)

*Como cofundador y expresidente de la **Asociación Europea de Acústica (EAA)**, desempeñó un papel determinante en la configuración de la acústica moderna en Europa. Así mismo desempeñó un papel clave en la fundación, consolidación y desarrollo de la **Sociedad Alemana de Acústica (DEGA)**. Fue miembro de su Junta Directiva durante muchos años, ocupando la presidencia durante tres de ellos, y presidió tres congresos de la DEGA en 1978, 1991 y 2002. En reconocimiento a su extraordinaria dedicación y compromiso, DEGA lo nombró miembro honorario en 2019.*

El profesor Jens Blauert será recordado como un científico visionario, dinámico y comprometido, así como por su integridad personal y profesional.

Descanse en paz.

Necrológica publicada en la web de EAA <https://euracoustics.org/news/obituary-prof-dr-ing-dr-techn-hc-jens-blauert/>

Año 2026

ICUA2026 International Conference on Underwater Acoustics

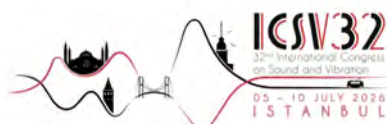
• 15-18 Junio
Glasgow, Reino Unido
Web: <https://www.ioa.org.uk/events/icua-2026-international-conference-on-underwater-acoustics>



* * *

ICSV32 - International Congress on Sound and Vibration

• 5-10 Julio
Estambul, Turquía
Web: <https://www.icsv32.org/>



* * *

Inter-noise 2026 - 55th International Congress & Exposition on Noise Control Engineering

• 9-12 Agosto
Adelaide, Australia
Web: <https://internoise2026.org/>



* * *

FIA2026 - XIV Congreso Iberoamericano de Acústica

• 12-14 Agosto. Lima, Perú
Web: <https://fia-acustica.org/>



* * *

Forum Acusticum 2026 - The Annual European Conference on Acoustics and Noise Control Engineering

• 8-12 Septiembre. Graz, Austria
Web: <https://forum-acusticum.org/fa2026/>



* * *

Acoustics 2026: 72nd Open Seminar on the Acoustics united with 39th Seminar on Hydroacoustics

• 14-18 Septiembre
Krynica Morska, Polonia
Web: <http://acoustics2026.iopan.pl/en/home-en/>



* * *

TECNIACÚSTICA 2026 - 57º Congreso Español de Acústica

• 21-23 Octubre. Granada, España
Web: <https://www.tecniacustica.es/TECNIACUSTICA2026/>



SAAT 2026 - 3rd International Symposium on the Acoustics of Ancient Theatres

• 25-28 Octubre
Cartagena, España
Web: <https://saat2026.org/saat2026>



* * *

Symposium on the Acoustics of Poro-Elastic Materials

• 16-26 Noviembre
Marne-la-Vallée, área metropolitana de Paris, Francia
Web: <https://euracoustics.org/events/symposium-acoustics-poro-elastic-materials-16-20-nov-2026-marne-la-vallee-greater-paris-france/>

SAPEM 2026

8th Symposium on the Acoustics of Poro-Elastic Materials

* * *

XX Congreso Argentino de Acústica

• 18-20 Noviembre
Mar del Plata, Argentina
Web: <https://congresoadaa2026.web.app/presentacion>



18, 19 Y 20 DE NOVIEMBRE



Workshop (LAMILA)
Listening for Aquatic
Mammals in Latin America



* * *

Año 2027

Urban Sound Symposium 2027

- 7-9 Abril. Berlín, Alemania

Web: <https://urban-sound-symposium.org>



* * *

ICASSP2027 - IEEE

International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing

- 16-21 Mayo

Toronto, Canadá

Web: <https://ieeeicassp.org/event/icassp-2027-toronto/>



Forum Acusticum 2027 – Acoustics '27 (conferencia conjunta con la Acoustical Society of America)

- 21-25 Junio

Bruselas, Bélgica

Web: <https://forum-acusticum.org/fa2027/>



* * *

56th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (INTER-NOISE 2027)

- 22-25 Agosto

Padua-Mestre, Italia

Web: <https://internoise2027.org>



ICTCA 2027 -

17th International Conference on Theoretical and Computational Acoustics

- 30 Agosto-2 Septiembre

Santiago de Compostela,

España

Web: <https://ictca2027.udc.es/>



* * *

Año 2028

ICA 2028/Forum Acusticum 2028

- 11-14 Septiembre

Madeira, Portugal

Web: <https://ica-fa-madeira2028.org/>

Instituciones y empresas miembros de la S.E.A.

AAC CENTRO DE ACÚSTICA APLICADA, S. L.
<http://www.aacacustica.com>

ACREA AMBIENTAL, S. L.
<https://acreambiental.com/>

ACÚSTICA I ENERGÍA LUZEA S. L.
<https://www.luzea.net/>

ACUSTTEL ACÚSTICA Y TELECOMUNICACIONES, S. A.
<http://www.acusttel.com>

ALAVA INGENIEROS, S. A.
<http://www.alava-ing.es>

AMORIM CORK COMPOSITES
<http://www.amorimcorkcomposites.com>

ANDIMAT. ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIAS
DE MATERIALES AISLANTES
<http://www.andimat.es>

ARAU ACÚSTICA
<http://www.arauacustica.com>

ARQUILAV. LABORATORIO DE ACÚSTICA Y VIBRACIONES
APLICADAS A LA EDIFICACIÓN, EL MEDIO AMBIENTE
Y EL URBANISMO
<http://arquilav.aq.upm.es>

ASOCIACIÓN NACIONAL DE AUDIOPROTESISTAS
<http://www.audioprotesistas.org>

AUDIOTEC, INGENIERÍA Y CONTROL DEL RUIDO
<http://www.audiotec.es>

AYUNTAMIENTO DE MADRID. DELEGACIÓN
DE MEDIO AMBIENTE
<http://www.munimadrid.es>

AYUNTAMIENTO DE MÁLAGA
<http://www.malaga.eu>

AYUNTAMIENTO DE VALENCIA. SERVICIO
DE CONTAMINACIÓN ACÚSTICA
<http://www.valencia.es>

CESVA INSTRUMENTS, S. L. U.
<http://www.cesva.com>

COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS
DE TELECOMUNICACIÓN
<http://www.coitt.es>

DANOSA, DERIVADOS ASFÁLTICOS NORMALIZADOS, S. A.-
DELEGACIÓN MADRID
<http://www.danosa.com>

DATAKUSTIK GMBH
<http://www.datakustik.com/en>

DB COVER SOLUTIONS, S. L.
<http://dbcover.com/es>

DECIBEL INGENIEROS, S. L.
<http://www.decibel.es>

DECUSTIK
<http://www.decustik.com>

ENVIROSUITE IBÉRICA, S. A. - EMS BRÜEL & KJÆR
www.envirosuite.com/es

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
DE TELECOMUNICACIÓN DE MÁLAGA
<http://www.uma.es>

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
Y SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN
<http://www.etsist.upm.es/>

EUROCONTROL, S. A.
<http://www.eurocontrol.es>

FUNDACIÓN TECNALIA RESEARCH & INNOVATION
<http://www.tecnalia.com>

GRAS SOUND & VIBRATION
<https://www.grasacoustics.com/>

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ACÚSTICA VIRTUAL
UPV-UVEG
<http://www.upv.es/contenidos/ACUSVIRT/>

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INSTRUMENTACIÓN
Y ACÚSTICA APLICADA -I2A2-
<https://blogs.upm.es/i2a2/>

HEAD ACOUSTICS GMBH
<https://www.head-acoustics.com/>

HISPALYT, ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES
DE LADRILLOS Y TEJAS
<http://www.hispalyt.es/>

HOTTINGER BRÜEL & KJÆR IBÉRICA, S. L.
<http://www.bksv.es>

IDEATEC ADVANCED ACOUSTIC SOLUTIONS, S. L. U.
www.ideatec.es

INGENIERÍA ACÚSTICA GARCÍA-CALDERÓN, S. L.
<http://www.garcia-calderon.com>

INGENIERÍA PARA EL CONTROL DEL RUIDO, S. L.
<http://www.icrsl.com/es>

INGENIERÍA Y SERVICIOS EN ACÚSTICA,
IBERACÚSTICA, S. L.
<http://www.iberacustica.com>

INNOVACUSTICA INGENIERÍA, S. L.
<https://innovacustica.com/>

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN
EDUARDO TORROJA CSIC
<http://www.ietcc.csic.es/>

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN PARA LA GESTIÓN
INTEGRADA DE ZONAS COSTERAS. ESCUELA
POLITÉCNICA SUPERIOR DE GANDÍA
<http://www.upv.es/entidades/EPG/>

INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS FÍSICAS Y DE LA
INFORMACIÓN «LEONARDO TORRES QUEVEDO»-
ITEFI (CSIC)
<http://www.itefi.csic.es/>

INTECCON ENVIRONMENTAL, S.L.
<https://intecon.es/>

ISEVAL, S. L.
<https://iseval.net/>

ISINAC ACOUSTICS WORLD, S. L.
<http://www.isinac.com>

LABORATORIO DE ACÚSTICA APLICADA.
UNIVERSIDAD DE LEÓN
<http://www.unileon.es/>

LABORATORIO DE ACÚSTICA. UNIVERSIDAD
DE EXTREMADURA
<http://www.unex.es/>

LABORATORIO DE INGENIERÍA ACÚSTICA Y
VIBRACIONES. UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
<http://www.umh.es>

LABORATORIO DE INGENIERÍA ACÚSTICA.
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ
<http://www.uca.es>

MASON INDUSTRIES INC
<https://mason-ind.com/>

MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD
Y AGENDA URBANA
<https://www.mitma.gob.es/>

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y RETO DEMOGRÁFICO
<https://www.miteco.gob.es/es/>

OVE ARUP & PARTNERS SAU
<http://www.arup.com>

OVERNOISE, S. L.
<https://overnoise.es/>

PROCESO DIGITAL DE AUDIO, S. L.
<http://www.ecudap.com/>

ROCKWOOL PENINSULAR, S. L.
<http://www.rockwool.es>

ROTHOBLAAS IBÉRICA, S. L.
<https://www.rothoblaas.es/>

SAES. SOCIEDAD ANÓNIMA DE ELECTRÓNICA
SUBMARINA
<http://www.electronica-submarina.com>

SAINT-GOBAIN ISOVER IBÉRICA, S. L.
<http://www.isover.net>

SILENTIA, INGENIERÍA ACÚSTICA, S. L.
<http://www.silentia.es>

SINCOSUR INGENIERÍA SOSTENIBLE
<http://www.sincosur.es/>

SOUND OF NUMBERS, S. L.
<http://www.soundofnumbers.net/>

STO SDF IBÉRICA SLU
<http://www.sto.es>

SVANTEK ESPAÑA, S. L.
<http://www.svantek.es>

TASVALOR MEDIO AMBIENTE S.L.
<http://www.tma-e.com/>

TRACK-NOISE S.L.
<https://www.track-noise.com/>

UNIVERSITAT D' INGENIERIA I ARQUITECTURA
LA SALLE FUNDITEC
<http://www.salleurl.edu>

URSA IBERICA AISLANTES, S. A.
<http://www.ursa.es>

VIBLENS, S. L. U.
www.viblens.com

VIBRACHOC PAULSTRA, S. A.
<http://www.vibrachoc.es>

DÍA INTERNACIONAL DE CONCIENCIACIÓN SOBRE EL RUIDO 2026

VIVE SIN RUIDO, VIVE MEJOR

29 DE ABRIL

