

La metrología en el Instituto de Acústica

*Francisco José Chinchurreta Segovia
CSIC - Instituto de Acústica - Laboratorio de Metrología Acústica
Serrano, 144. 28006 Madrid
Tel: + 34 91 563 18 54 ext 158
Fax: + 34 91 411 76 51
E-mail: fjchinchurreta@ia.cetef.csic.es*

PACS: 43.58.Vb

Resumen

Se presenta una visión histórica del desarrollo de la Metrología Acústica en el Instituto de Acústica y de la creación y desarrollo de su laboratorio de Metrología Acústica (LMA-IA). Se proporcionan datos sobre las posibilidades de calibración actuales del LMA-IA, incluyendo indicaciones sobre sus capacidades óptimas de medida. Así mismo, se da un resumen de otras actividades relacionadas con la Metrología del LMA-IA.

Abstract

A historical view of the development of Acoustic Metrology at the "Instituto de Acustica" with the foundation and development of its laboratory of Acoustic Metrology (LMA-IA) is presented. The present measurement possibilities of LMA-IA, including statements about best measurement capabilities, are given. A summary of other activities related to Metrology of LMA-IA is also given.

1. Antecedentes

La Metrología Acústica, entendida como la realización de calibraciones de instrumentos de medida de magnitudes acústicas y la investigación sobre técnicas de medida, ya sea para mejorar las ya existentes o para desarrollar otras nuevas, aplicables a la medición y caracterización tanto de campos acústicos como de los instrumentos destinados a producirlos y/o a cuantificarlos, ha ocupado un papel muy importante en las actividades del Instituto de Acústica, no solo desde su fundación en 1975, sino cuando no era más que un departamento del Instituto de Física Aplicada "Leonardo Torres Quevedo".

Puede afirmarse que una de las bases para el desarrollo de los distintos laboratorios de aquel departamento fue la voluntad de atender las demandas de realización de ensayos sobre instrumentos y materiales relacionados con la Acústica y su impacto en el medio ambiente procedentes tanto de la industria como de las diversas administraciones (en especial las locales) y de otras instancias. En el ámbito de la necesidad de atender estas demandas se enmarcan las estancias de varios miembros de aquel departamento en prestigiosos centros de investigación tanto europeos, Francia, Alemania, Italia, Reino Unido, como de los Estados Unidos de América, con el fin de adquirir una sólida formación en distintas especialidades de la Acústica, entre las que se incluían el estudio de las técnicas de diseño y calibración de transductores e instrumentos electroacústicos y ultrasónicos, como micrófonos, calibradores, altavoces o hidrófonos.

Otro hito importante fue la creación en 1974, a propuesta del departamento, del Comité Técnico de Trabajo CTT74

"Acústica" en el seno de AENOR (entonces IRANOR). Desde entonces, el Instituto de Acústica ha mantenido un compromiso constante de colaboración que ha sido y es fundamental en la elaboración de la normativa española sobre Acústica

2. El laboratorio de metrología acústica

Los distintos laboratorios del Instituto de Acústica realizaban calibraciones y ensayos tanto para su interno como para atender demandas externas, así, por ejemplo, mientras en el tanque del laboratorio de Hidroacústica se calibraban hidrófonos, sobre todo de la Marina, principalmente por comparación pero también en algunos casos por reciprocidad, en el laboratorio de Electroacústica se calibraban calibradores acústicos y micrófonos y utilizando la cámara anecoica sonómetros, donde también se caracterizaban altavoces y otras fuentes sonoras. Precisamente, miembros de este laboratorio publicaron una novedosa técnica de calibración de micrófonos en campo libre por comparación basada en relaciones de anamorfismo entre niveles acústicos [1]. Sin embargo, no fue hasta 1983 cuando se produjo la creación del Laboratorio de Metrología Acústica por el Prof. Jaime Pfretzschner.

En un principio se trataba de un laboratorio virtual que surgió como resultado del compromiso establecido entre el Instituto de Acústica y el Ministerio de Industria y Energía (MINER) en virtud del cual el Instituto de Acústica aceptaba la propuesta del MINER de integrarse en el Servicio de Calibración Industrial (SCI) de dicho ministerio como laboratorio de calibración en una primera etapa (1984) y tras realizar las adaptaciones oportunas, especialmente preparar y poner en práctica un plan de calidad específico, como Laboratorio de Referencia en el Área de Acústica y Vibraciones.

El SCI fue creado en 1982 y desde su comienzo hasta su desaparición en 1996 la colaboración que se produjo entre él y el Instituto de Acústica fue estrecha y muy fructífera para ambas partes en muchos aspectos pero fundamental para la consolidación del Laboratorio de Metrología Acústica (en lo que sigue LMA-IA).

La necesidad de responder a los compromisos derivados de su nueva responsabilidad como Laboratorio de Referencia del SCI provocó un cambio radical en el enfoque del Instituto de Acústica hacia la Metrología. En primer lugar hubo que dar un contenido real al LMA-IA asignándole instalaciones y personal propios, lo que ocurrió en 1986 tras conseguirse un aumento de plantilla mediante oposiciones específicas. Posteriormente fue necesario diseñar un plan de desarrollo adecuado encaminado a extender los campos de medida de las magnitudes, presión acústica y aceleración de vibración, de las que se era referencia y aumentar la calidad de las mediciones realizadas mejorando la capacidad óptima de medi-

da mediante la reducción de las incertidumbres asociadas gracias al empleo de técnicas de medida más evolucionadas y exactas.

Para llevar a cabo el citado plan hubo que actuar en dos frentes. Fue necesario realizar estudios en profundidad de las diferentes técnicas de medida aplicables, tanto de las ya utilizadas como de las de posible implantación, con especial énfasis en la estimación de las incertidumbres asociadas. Este periodo de estudio se enriqueció con estancias en los algunos de principales laboratorios Nacionales de Metrología europeos, como el NPL, el PTB o el LA-DTH (Laboratorio de Acústica de la Universidad Técnica de Dinamarca). Así mismo, se diseñó un programa de crecimiento basado en la adquisición de nuevos instrumentos que se ha ido cumpliendo poco a poco gracias a los fondos obtenidos al acudir a las convocatorias públicas anuales de subvenciones promovidas por el propio MINER.

3. Posibilidades de calibración del LMA-IA

Como resultado del proceso antes descrito, en la actualidad el LMA-IA está capacitado para garantizar la trazabilidad de la mayoría de las medidas de presión acústica en el rango audible y también, aunque con más dificultades, en el ultrasónico, y de aceleración de vibración, desde 10 Hz hasta, al menos, 5 kHz para niveles de aceleración de hasta 100 ms⁻².

El LMA-IA tiene la capacidad de mantener el patrón de presión acústica mediante la calibración absoluta por reciprocidad en presión de micrófonos patrones de laboratorio, tanto de 1" (tipo LS1P) como de 1/2" (LS2P). (Foto 1). La capacidad óptima de medida ($k = 2$) para estas calibraciones es de $\pm 0,04$ dB entre 125 Hz y 2000 Hz para micrófonos del tipo LS1P y de $\pm 0,05$ dB entre 125 Hz y 8000 Hz para micrófonos del tipo LS2P. La calidad de estas calibraciones se contrasta mediante la participación en intercomparaciones internacionales con Laboratorios Nacionales de Metrología de otros países de Europa e incluso de América, África, Asia y Oceanía. En concreto, se acaba de participar en un proyecto de EUROMET (P 399) junto con los laboratorios nacionales de Alemania, Dinamarca, Eslovaquia, Finlandia, Francia, Holanda, Hungría Italia, Inglaterra, Polonia, República Checa, Suecia y Suiza con resultados muy satisfactorios.

Dada la trazabilidad garantizada de las medidas de presión acústica, el laboratorio puede acometer la realización de casi todos los ensayos, salvo los de CEM (Compatibilidad Electromagnética), necesarios, no solo para la realización de calibraciones y verificaciones periódicas, sino para los de aprobación de modelo correspondientes a los calibradores acústicos y a los sonómetros, tanto según la normativa actualmente en vigor: UNE 20942 para los calibra-

dores y UNE-EN 60651 y UNE-EN 60804 para los sonómetros, como la que esta en estudio, a la que se tiene acceso por participar activamente en los correspondientes grupos de trabajo de la CEI. En consecuencia, el laboratorio esta preparado para ejecutar los cometidos establecidos en la orden del Ministerio de Fomento de fecha 26 de diciembre de 1998 (BOE nº 311 de 29 de diciembre de 1998) por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los instrumentos destinados a medir niveles de sonido audible. En esta línea, el Instituto de Acústica y la Dirección General de Industria Energía y Minas de la Comunidad de Madrid han alcanzado un acuerdo para que el LMA-IA sea autorizado por la Comunidad de Madrid para la realización de las aprobaciones de modelo de los instrumentos afectados por dicha Orden.

A parte de lo anteriormente expuesto, el laboratorio puede ofrecer la calibración absoluta y por comparación en presión de micrófonos patrones de trabajo (WS1P y WS2P), y la calibración por comparación en campo libre de micrófonos patrones de trabajo de presión (WS1P y WS2P) y de campo libre (WS1F y WS2F), así como la calibración por comparación en presión y en campo libre de otros tipos de micrófonos de trabajo de 1" y 1/2".

La calibración de audiómetros según la normativa vigente esta asimismo disponible.

En lo que se refiere a los acelerómetros, el laboratorio puede ofrecer la calibración absoluta por interferometría láser de acelerómetros patrones en un rango de frecuencias de 10 Hz a 2500 Hz y para unos niveles de amplitud de aceleración de vibración de hasta 100 m.s⁻² (Foto 2). La capacidad óptima de medida ($k=2$) en este caso es $\pm 0,4\%$ para un nivel de 50 m.s⁻² a una frecuencia de 160 Hz. También puede realizarse la calibración por comparación de acelerómetros de trabajo hasta 5000 Hz y la de los calibradores de acelerómetros. La calidad de estas medidas se ha contrastado mediante la participación en un proyecto de intercomparación de EA (European cooperation for Accreditation of Laboratories) junto con otros laboratorios europeos, entre ellos tres españoles, donde se obtuvieron los mismos resultados que el laboratorio piloto, el alemán PTB. La trazabilidad de estas medidas se garantiza mediante la calibración del interferómetro, para lo que el equipo ha de ser enviado a Alemania.

Finalmente, en lo que se refiere a los ultrasonidos, el laboratorio puede ofrecer la caracterización del campo emitido por equipos de ecografía, incluyendo la medida la potencia y de la intensidad emitida en un rango de hasta 15 MHz. La calidad de estas medidas se ha contrastado mediante la participación en un proyecto del BCR junto a varios laboratorios europeos incluyendo los Laboratorios Nacionales de Alemania, Reino Unido, Países Bajos, Suecia y Finlandia. También puede ofrecerse la calibración por comparación de sondas ultrasónicas entre 1 y 20 MHz. La trazabilidad de estas medi-

das se garantiza mediante la calibración de la sonda patrón en el NPL.

El LMA-IA ha realizado mas de 150 informes de calibración para el exterior, atendiendo demandas de muy diversos sectores, desde la industria a la universidad, pasando por las diferentes administraciones publicas, habiendo preparado además numerosos procedimientos de calibración puestos a disposición publica tradicionalmente a través del MINER y recientemente también a través del Centro Español de Metrología (CEM) [7].

4. Otras actividades del LMA-IA

Desde su creación el LMA-IA ha participado en distintos proyectos de investigación metrológica. Entre ellos destacan tres proyectos del BCR de la CE, uno sobre calibradores acústicos [2], otro sobre calibración en campo libre de micrófonos patrones, y otro sobre medidas de campos ultrasónicos médicos [3], dos proyectos de la EA, uno sobre acelerómetros [4] y otro sobre calibradores acústicos [5], y tres de EUROMET, uno sobre calibración de micrófonos patrones, otro sobre verificación de sonómetros [6] y otro sobre calibración por comparación en campo libre de micrófonos patrones. Esta tarea se continua en la actualidad, así miembros del LMA-IA en solitario o junto con otros investigadores del Instituto de Acústica, pertenecen a los grupos de trabajo de EUROMET sobre Acelerometría, Ultrasonidos y Acústica Submarina, participando activamente en la elaboración y futura ejecución de nuevos proyectos de investigación e intercomparación metrológica.

Así mismo, el LMA-IA realiza una importante labor en el área de la Normalización en colaboración con AENOR. Esta tarea no se reduce al ámbito nacional, donde se participa en varios comités de normalización, en concreto el AEN/CTN209/SC29 ("Electroacústica") donde se lleva la presidencia, el AEN/CTN209/SC87 ("Ultrasonidos") presidencia y secretaría, y el AEN/CTN82/SC1 ("Metrología General") vocalía, sino al internacional con una participación activa en la redacción de normas internacionales en la CEI. En concreto, se es miembro activo del IEC/TC29 ("Electroacoustics"), participando en los grupos de trabajo IEC/TC29/WG5, IEC/TC29/WG17 y IEC/TC29/WG4 encargados de redactar las nuevas normas sobre micrófonos de medida, calibradores acústicos y sonómetros, respectivamente. Esta labor ha merecido una felicitación publica por parte de la secretaría del IEC/TC29. También se participa en el IEC/TC87 ("Ultrasonics").

Finalmente, también se colabora activamente con ENAC, participando en el Subcomité Técnico de Calibración 7 (Acústica y Vibraciones) y realizando auditorias técnicas en los procedimientos de acreditación o de renovación de acreditación de laboratorios de calibración y ensayo.

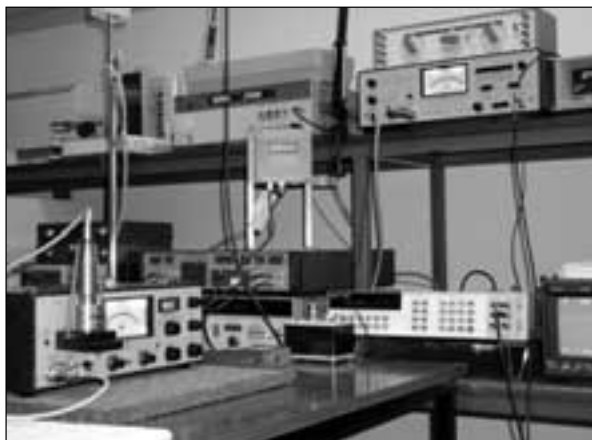


Foto: Sistema primario de calibración absoluta de micrófonos por reciprocidad en cámara de presión.

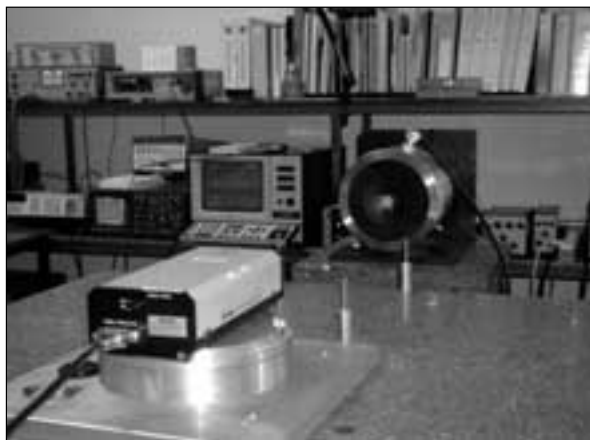


Foto 2: Sistema primario de calibración absoluta de acelerómetros por interferometría láser.

Referencias

[1] Pfitzschner, J.; Moreno, A., Secondary method for microphone calibration in normal rooms. *Journal of Sound and Vibration*, 76(2), 153-167, 1981.

[2] Richter, U., Intercomparison of sound calibrators (Synthesis report). Commission of the European Communities, Report EURE 14406, EN, 1993

[3] Esward, T., An assessment of ultrasonic field measurements methods: final technical report for EC contract no. MATI-CT940064. NPL Report CMAM17, 1998

[4] Deutscher Kalibrierdienst, Final report on the EA Interlaboratory Comparison A1 "Acceleration". DKD/PTB, 1998.

[5] Rasmussen, K. EA Interlaboratory Comparison AC1: Measurement of Sound Calibrators, Final report. DANAK/DPLA, 1999.

[6] Dowson, S., Trials of new sound level meter verification tests. EUROMET Project no. 394. NPL Report CMAM 25, 1998.

[7] Procedimiento A-002 para la calibración secundaria de micrófonos. Grupo de trabajo MINER-CEM. Edición X, 2000 (en fase de publicación).