

# VALIDACIÓN DE NUEVO SISTEMA DE CALIBRACION DE MICROFONOS PATRONES, POR METODO DE RECIPROCIDAD EN ACOPLADOR CERRADO.

F. A. Serrano <sup>(1)</sup>

[fserrano@inti.gob.ar](mailto:fserrano@inti.gob.ar)

<sup>(1)</sup> Dto. Mecánica y Acústica-DT Metrología Física-SOMCel-GOMyC-INTI

Palabras Clave: Micrófonos patrones, LS1P, LS2P, trazabilidad, CMC, BIPM, presión sonora.

## INTRODUCCIÓN

El INTI posee, desde 1981, un sistema de medición de micrófonos patrones [1]. Dicho sistema y sus mediciones fueron validados mediante comparaciones internacionales. Las actuales capacidades de medición y calibración declaradas (CMC's), son mantenidas mediante este equipamiento y los procedimientos del sistema de calidad del laboratorio.

En la actualidad, gracias al procesamiento de señales, la técnica de medición de este tipo de micrófonos fue reemplazada internacionalmente por una medición semiautomática, que permite, además, medir en un rango mayor de frecuencias [2].

A finales de 2019, el INTI adquirió un equipo capaz de desarrollar la técnica mencionada. El equipo adquirido es un amplificador de doble canal, sincronizado, desarrollado especialmente para este tipo de mediciones. Entre el año 2020 y el 2021 se implementó y validó en nuestro laboratorio el nuevo método de medición.

## OBJETIVOS

El objetivo del proyecto fue validar, tanto al sistema implementado, como a la nueva técnica de medición. Comparando los valores de sensibilidad de tres micrófonos patrones, obtenidos en una calibración con el nuevo sistema, respecto a los valores históricos de los mismos y sus incertidumbres de calibración.

Los valores históricos fueron medidos en los tres micrófonos, periódicamente desde 1981 a la fecha, por lo que conocemos muy bien su respuesta en frecuencia y deriva en sensibilidad.

## DESARROLLO

Dos ejes principales fueron los que dieron origen al presente desarrollo: a) migrar de un sistema de calibración de micrófonos LS1P ("una pulgada") con pocos puntos discretos de medición en el espectro de frecuencias (bandas de octavas) y realizado manualmente, a uno continuo y semiautomatizado. Esta forma de

medición, manual, consumía grandes tiempos de medición, de estabilización y; consecuentemente, cambios en las condiciones ambientales. Las correcciones y dispersiones asociadas debían ser tenidas en cuenta a la hora de calcular las sensibilidades finales de los micrófonos, incrementando su incertidumbre final. b) Utilizar un sistema adecuado para la calibración de otro tipo de micrófonos patrones, más pequeños y menos sensibles, tipo LS2P ("media pulgada"). Estos micrófonos necesitan mejor estabilidad y más ganancia en los amplificadores utilizados, debido a sus menores relación señal/ruido y sensibilidad nominal.



Figura 1: Sistema de medición y nuevo amplificador.

El sistema de montaje para la medición de los micrófonos es el mismo utilizado en el método anterior. Sin embargo, mediante el uso del amplificador de doble canal y su interfaz de usuario, se realizan tanto la generación de la señal insertada en el micrófono emisor (a través de un capacitor patrón) como la adquisición de las respuestas en el receptor. Finalmente, se calculan las sensibilidades individuales, en función de las frecuencias. El rango típico de uso, según el modelo de micrófono, va desde los 2 Hz, hasta los 20 kHz.

En el procedimiento de medición se realizan varias respuestas en frecuencias, para luego

calcular una curva promedio para cada uno de los 3 conjuntos de micrófonos (emisor-receptor) con un acoplador de 3cm<sup>3</sup> (para micrófonos LS1P) y con cuatro acopladores de 0,2 cm<sup>3</sup>, 0,3 cm<sup>3</sup>, 0,4 cm<sup>3</sup> y 0,7 cm<sup>3</sup> (para LS2P). Luego, a partir de estas curvas, corregidas por las características electroacústicas de cada micrófono interviniente, las dimensiones del acoplador, las condiciones ambientales, la densidad del gas utilizado y los comportamientos dinámicos de los diafragmas; son calculadas las sensibilidades individuales finales para cada micrófono, a condiciones de referencia (23°C, 50% de HR y 101,3 kPa).

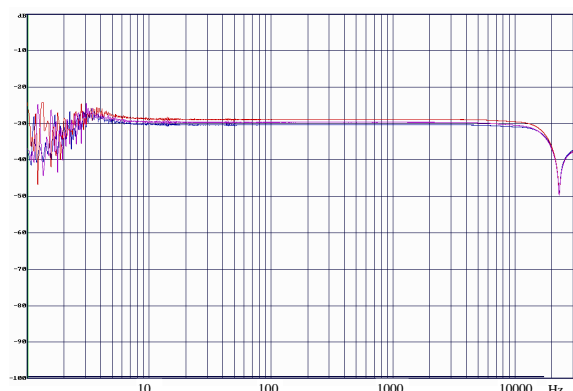


Figura 2: Respuestas en frecuencia continuas, medidas para los tres pares de micrófonos, en un acoplador.

## RESULTADOS

La forma de determinar que los resultados medidos fueron consistentes fue realizada verificando que  $|EN| \leq 1$ . En este cálculo se incluyen, además de las diferencias entre las sensibilidades, las incertidumbres asociadas.

Como primer objetivo de esta validación, se utilizaron micrófonos LS1P. Estos micrófonos patrones son cuidados y mantenidos en INTI desde hace más de 40 años, por lo que podemos garantizar su estabilidad al conocer su deriva. Por otro lado, la señal en bornes es mayor para para este tipo de micrófonos, por lo que afectan menos las correcciones por factores de influencia.

$$|EN| = \frac{|V_{2019} - V_{2021}|}{\sqrt{U_{2019}^2 + U_{2021}^2}}$$

Donde:

$V_{2019}$  y  $V_{2021}$  son los valores de sensibilidad informados en cada año, para cada frecuencia y micrófono.

$U_{2019}$  y  $U_{2021}$  son los valores de incertidumbre expandida para cada frecuencia y micrófono.

Para todos los valores de sensibilidad medidos se obtuvieron resultados de  $|EN|$  satisfactorios.

Como se comentó anteriormente, también se realizó la deriva de las sensibilidades, en dos frecuencias de interés (250 Hz y 1000 Hz),

incluyendo los valores de intercomparaciones. Cabe destacar que la incertidumbre final, informada en la última calibración (0,05 dB para 250 y 1000 Hz) cubren casi en su totalidad a los valores informados desde el año 1981.

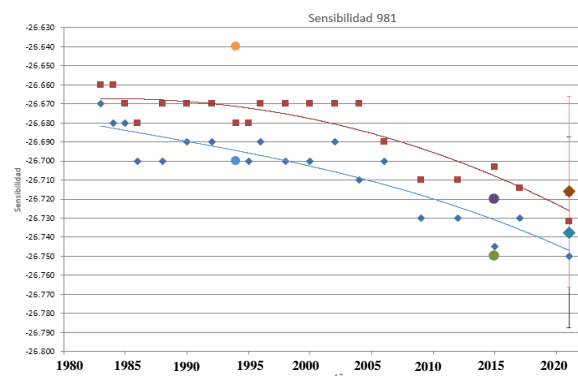


Figura 3: Sensibilidad histórica (250 Hz y 1 kHz, MIC981)

Se puede observar, en círculos, los valores medidos en comparaciones internacionales o surgidos de informes por otros INM. En rombos, los valores e incertidumbres del nuevo sistema.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Del análisis de datos podemos concluir que hubo una buena implementación de la técnica de medición y del sistema adquirido. Los valores obtenidos en la calibración de 2021 difieren algunas centésimas de decibel, respecto a la calibración 2019.

Para el caso de micrófonos LS2P, no poseemos patrones con la misma historia descrita para LS1P. Sin embargo, comenzamos con calibraciones de prueba y hay dos micrófonos en proceso de calibración en otro INM. Por lo que esperamos, a la brevedad, poder realizar comparaciones informales de dichos resultados y programar una comparación bilateral para ambos tipos de micrófonos. Con este paso, esperamos extender el rango de frecuencias de trabajo e incorporar un nuevo tipo de micrófono a las CMC's de nuestro laboratorio.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente al Dr. Z. F. Soares, al Dr. T. B. Milhomen y al Dr. G. P. Ripper de INMETRO (BRASIL) por su ayuda constante en relación con este y otros proyectos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] 61094-2 "Measurement microphones - Part 2: Primary method for pressure calibration of laboratory standard microphones by the reciprocity technique", IEC, 2009.
- [2] Müller, S. Massarani, P. "Transfer-function measurement with sweeps", Journal of the AES, 2001, Volume 49 Issue 6 pp. 443-471.