

Evaluación acústica de la cabina audiométrica del CINTRA

Acoustic evaluation of the CINTRA audiometric booth

Sara Gaetán^{#1}, Agustín Cravero^{#2}, Luciano Romero^{#3}, Ana Luz Maggi^{#4}, Jorge Pérez Villalobo^{#5}, María Hinalaf^{#6}

[#]Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), UE CONICET-UTN, Maestro M. López esq. Cruz Roja, CP 5016, Córdoba, Argentina

¹ sara_gaetan@mi.unc.edu.ar

² gcravero@frc.utn.edu.ar

³ luciano.nicolas.romero@unc.edu.ar

⁴ ana.luz.maggi@unc.edu.ar

⁵ jperezvillalobo@frc.utn.edu.ar

⁶ maria.hinalaf@unc.edu.ar

Recibido: 29/09/25; Aceptado: 08/12/25

Resumen— Las cabinas audiométricas constituyen un elemento fundamental en la realización de estudios destinados a evaluar la audición. Las mismas deben cumplir estrictas condiciones de ruido de fondo interior para garantizar la validez de las evaluaciones. Este trabajo presenta la metodología utilizada para caracterizar acústicamente —en términos de los niveles de ruido en su interior— la cabina audiométrica del Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), UE CONICET-UTN. El estudio consistió en relevar los niveles de presión sonora en distintos días y horarios, y comparar los valores obtenidos con los límites especificados en las normas IRAM 4026:1986, ISO 8253-1:2010 y ANSI S3.1-1999 (R2008). Los resultados permiten evaluar la idoneidad de la cabina del CINTRA para la ejecución confiable de estudios audiológicos.

Palabras clave: cabina audiométrica; nivel de ruido; ruido de fondo.

Abstract— Audiometric booths are a fundamental component in conducting hearing assessment studies. They must meet strict interior background-noise requirements to ensure the validity of the evaluations performed. This work presents the methodology used to acoustically characterize —based on the interior noise levels— the audiometric booth of the Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), UE CONICET-UTN. The study involved surveying sound pressure levels on different days and at various times, and comparing the measured values with the limits specified in the IRAM 4026:1986, ISO 8253-1:2010, and ANSI S3.1-1999 (R2008) standards. The results allow assessing the suitability of CINTRA's booth for the reliable execution of audiological examinations.

Keywords: audiometric booth; noise level; background noise.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema auditivo humano actúa como un procesador de sonidos que permite la discriminación de tonos y la percepción compleja de características acústicas [1]. Su funcionamiento se evalúa en un ámbito clínico-asistencial mediante diversas pruebas audiológicas, cada una dirigida a explorar regiones específicas del sistema.

Algunas evaluaciones —como la audiometría tonal y la logaudiometría— requieren la participación activa del paciente. En la primera, el sujeto debe indicar si percibe los estímulos presentados; en la segunda, debe repetir las palabras escuchadas. Dado que estas pruebas dependen de la detección precisa de estímulos auditivos, es fundamental realizarlas en entornos silenciosos.

Para este fin, se utilizan cabinas audiométricas: compartimientos acústicamente acondicionados para aislar el sonido ambiente. En general, el paciente se ubica dentro de la cabina mientras el profesional opera desde el exterior, aunque algunos modelos admiten la presencia de ambos. Si bien su uso está orientado principalmente a pruebas subjetivas, también contribuye a mejorar la confiabilidad de evaluaciones objetivas —como las otoemisiones acústicas [2]—, especialmente en consultorios ubicados en zonas ruidosas. Un entorno acústicamente controlado evita que el ruido externo contamine la señal registrada y permite obtener mediciones más precisas.

Behar [3] señala que las cabinas audiométricas son un elemento fundamental para la evaluación auditiva, ya que permiten generar un espacio acústicamente controlado, reduciendo tanto la posibilidad de distracción como la

aparición de falsos positivos durante la prueba. La presencia de ruido excesivo dentro de la cabina puede elevar los umbrales de audición debido al enmascaramiento de los tonos de prueba por el ruido ambiental. Por ello, es necesario que las pruebas auditivas se realicen en un entorno con niveles de ruido aceptables, de manera que los umbrales obtenidos sean representativos de la capacidad auditiva real del individuo [4]. En consecuencia, resulta indispensable evaluar acústicamente las cabinas audiométricas para determinar su capacidad real de aislamiento, ajustar su calibración y analizar las estrategias que contribuyen a moderar el ruido [5].

A nivel internacional, existen normas que establecen los niveles máximos de ruido permitidos dentro de una cabina audiométrica, con el fin de garantizar la validez de las mediciones. Entre ellas se destacan las normas ISO 8253-1:2010 [6] y ANSI S3.1-1999 (R2008) [7]. En Argentina, se cuenta con la norma IRAM 4026:1986 [8], titulada *Cabinas audiométricas*, la cual especifica las características constructivas recomendadas para lograr un aislamiento acústico eficaz, así como los niveles de presión sonora máximos admisibles en el interior de la cabina.

El presente informe describe la metodología y resultados del estudio realizado para caracterizar las condiciones acústicas, en cuanto a sus niveles de ruido interior, de la cabina audiométrica del Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), UE CONICET-UTN. A su vez, se realiza una evaluación de acuerdo con los valores recomendados por las normas [6], [7] y [8].

II. METODOLOGÍA

A. Normativa de referencia

En la revisión del marco normativo nacional e internacional, se destacan tres normas que tratan los máximos niveles de presión sonora adecuados para el correcto desempeño de la cabina audiométrica.

La norma internacional [6] presenta los procedimientos para medir los umbrales de audición mediante audiometría. El punto 11.1 de dicha norma establece los niveles de ruido ambiente permitidos (Permissible Ambient Noise) en cabinas audiométricas, definidos según el tipo de transductor (auriculares por vía aérea o vibradores óseos), la frecuencia de ensayo y la tolerancia de incertidumbre en la determinación del umbral auditivo (+2 dB HL o, de forma opcional, +5 dB HL con incremento de 8 dB en los valores de presión sonora límite). La norma presenta valores de L_{Smax} , esto es, el nivel máximo de presión sonora medido con la constante de tiempo lenta (Slow) y con ponderación de frecuencia Z, para asegurar que el ruido de fondo no eleve el umbral medido más de 2 dB por encima del umbral real. En el caso de que se decida aceptar un error mayor por enmascaramiento (hasta +5 dB), se puede ser más permisivo con el ruido de fondo, y por eso los límites se suben 8 dB en todas las bandas. Las mediciones deben realizarse en niveles de presión sonora por bandas de 1/3 de octava y luego comparar cada banda de 1/3 de octava con los valores límite correspondientes.

De manera alternativa y para el caso de que no se posean instrumentos de medición, en el punto 11.2 de la norma [6] se contempla una comprobación psicoacústica. Para esto se realiza una prueba en una persona con audiograma estable ubicada dentro de la cabina, con el audiómetro ajustado al nivel mínimo utilizado en las pruebas regulares para cada frecuencia de prueba; el sujeto debe confirmar que los tonos sean claramente audibles y no haya interferencia con el ruido ambiente. Si el umbral auditivo obtenido supera en 5 dB o más el nivel mínimo, esto indica la necesidad de reducir el ruido en la cabina.

La norma estadounidense ANSI S3.1-1999 (R2008) [7] define los Niveles Máximos de Ruido Ambiente (MPANL, por sus siglas en inglés) en bandas de 1/3 de octava (125–8000 Hz), para las condiciones de "orejas cubiertas" y "orejas descubiertas", asegurando que el ruido ambiente genere un enmascaramiento < 2 dB sobre el umbral de referencia. En este informe se aplicará la opción "orejas cubiertas" (ears covered), que supone el uso de auriculares supraurales durante la medición del umbral de audición. Esta condición reconoce que los auriculares proporcionan un nivel de atenuación que reduce el efecto del ruido ambiente; de esta manera, los MPANL toman valores menos estrictos. La medición se realiza con el micrófono del medidor de nivel sonoro (MNS) colocado en la posición donde estaría el oído del sujeto, dentro de la cabina, y se compara el nivel en cada banda de 1/3 de octava con los valores límite correspondientes a "orejas cubiertas" en este caso. Las condiciones deben representar el peor escenario posible (ventilación encendida, equipos funcionando, etc.).

A su vez, la norma [7] plantea un método que permite realizar una verificación psicoacústica para evaluar si el ruido ambiente es aceptable cuando no se dispone de instrumental de medición y la condición de ensayo sea "orejas cubiertas". Este procedimiento requiere al menos dos normoyentes (según la definición de la norma), ubicados en la posición habitual del evaluado dentro de la sala audiométrica, provistos con los auriculares en la forma estándar de colocación. Durante un período representativo de funcionamiento normal de la sala se presentan tonos puros en cada una de las frecuencias de prueba previstas, ajustados a 0 dB HL en el audiómetro. Cada oyente debe responder correctamente, al menos dos veces, a cada tono puro a 0 dB HL, sin percibir ruidos, batidos o cualquier otro sonido que pueda enmascarar la señal. Adicionalmente, se debe verificar que no exista radiación acústica directa desde el audiómetro u otro equipo presente en la sala que pueda llegar al oyente sin pasar por los auriculares. Si ambas personas cumplen estos criterios en todas las frecuencias, se considera que la sala es apta para realizar pruebas a niveles de referencia sin interferencia significativa por ruido ambiente.

Finalmente, como se mencionó en la introducción, la norma argentina IRAM 4026:1986 [8], titulada *Cabinas audiométricas*, establece los requisitos técnicos que deben cumplir las cabinas destinadas a la realización de pruebas auditivas con auriculares. Esta norma especifica los niveles máximos de presión sonora admisibles en el interior de las cabinas, con el objetivo de garantizar la precisión de las

evaluaciones auditivas y minimizar posibles interferencias externas provenientes del ambiente. La norma presenta una tabla con los niveles de presión sonora máximos permitidos, organizados por bandas de octava, los cuales deben verificarse en condiciones de uso normal de la cabina. Si bien indica que el parámetro a considerar es el nivel máximo (L_{\max}), no explicita la constante de integración temporal a emplear, por ejemplo, Fast (F) o Slow (S). Con el fin de asegurar la comparabilidad de los resultados con los criterios internacionales [5] [6] y de representar adecuadamente el ruido de fondo de carácter continuo que puede producir enmascaramiento durante las pruebas auditivas, en este trabajo se adoptó la respuesta temporal Slow.

B. Ubicación y características de la cabina

La cabina evaluada se encuentra en la sala audiológica del CINTRA, ubicada en el segundo piso del edificio Central de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, en la ciudad de Córdoba. Se trata de una cabina sonoamortiguada con una puerta acústica compacta con burlete de caucho en sus bordes para su hermetismo y visor de vidrio doble. Su interior tiene tratamiento acústico en paredes, techo y piso, con material absorbente tipo Fonac clase 1 y sus medidas son X: 0,97 m, Y: 1,00 m y Z: 2,00 m. La figura 1 muestra una fotografía de la sala audiológica del CINTRA.

El entorno inmediato de la sala donde se encuentra la cabina presenta pasillos con circulación de estudiantes y aulas donde se dictan clases.



Figura 1. Sala audiológica del CINTRA

C. Procedimiento de medición

Se realizaron mediciones de nivel de presión sonora en el interior de la cabina audiométrica utilizando un MNS clase

1 conforme a IEC 61672-1 [9], equipado con un filtro de 1/3 de octava de acuerdo con IEC 61260-1 [10], y constante de integración Slow. En total se realizaron 50 mediciones en diferentes franjas horarias que incluyeron turno mañana, turno siesta y turno noche (en tres jornadas diferentes). Cada registro tuvo una duración nominal de 20 s. El parámetro medido fue $L_{ZS\max}$, es decir, el nivel máximo de presión sonora medido con constante de tiempo lenta (Slow) y ponderación Z en frecuencia.

La tabla 1 presenta el equipamiento utilizado para realizar el procedimiento de medición.

Tabla 1. Instrumentos utilizados para las mediciones

Instrumento	Marca	Modelo
Medidor de nivel sonoro (MNS)	Brüel & Kjaer	2270
Micrófono	Brüel & Kjaer	4189
Calibrador acústico	Brüel & Kjaer	4231
Adaptador inalámbrico	D-Link	N150 DW 121
Software de aplicación	Brüel & Kjaer	BZ 5503
Trípode	Weifeng	3970

El procedimiento de medición consistió en los pasos que se detallan a continuación:

Montaje del sistema de medición remoto: sobre un trípode antivibratorio se colocó el MNS en una posición dentro de la cabina, simulando la posición que adopta una persona durante las pruebas. Se cerró completamente la cabina. Seguidamente se operó el MNS de manera remota y en tiempo real, realizando el registro de los datos desde una computadora localizada en el recinto donde se encuentra el audiómetro mediante comunicación inalámbrica (wi-fi).

Calibración: luego de corroborar el correcto funcionamiento del sistema de medición remoto, se realizó un control de calibración de campo del sistema utilizando una referencia acústica normalizada, la cual emite una señal sinusoidal con una frecuencia de 1000 Hz y un nivel de presión sonora de 94,0 dB. Este procedimiento se efectuó al inicio y finalización de las mediciones.

Registro de datos: se realizaron mediciones de niveles de presión sonora utilizando filtros de 1/3 y 1/1 octava normalizados para el espectro comprendido entre 20 Hz y 20000 Hz. Como ya se mencionó, el descriptor de ruido analizado fue el nivel máximo de presión sonora con ponderación en frecuencia Z y con respuesta temporal lenta ($L_{ZS\max}$). Las mediciones se realizaron sin la presencia de personas dentro de la cabina ni en la sala audiológica y con las puertas de ambas completamente cerradas.

III. RESULTADOS

En las figuras 2, 3, 4 y 5 se incluye la nube de puntos acompañada por valores estadísticos correspondientes al promedio de las 50 mediciones (línea verde continua Promedio L_{ZSmax}) y el rango de \pm dos desviaciones estándar respecto del promedio (línea azul de puntos). Esto permite representar el rango dentro del cual se espera encontrar aproximadamente el 95% de los valores medidos, para cada banda de frecuencia.

La figura 2 presenta los valores registrados de L_{ZSmax} , junto con los niveles máximos admisibles definidos por la norma ISO 8253-1:2010 [6], teniendo en cuenta una incertidumbre de 2 dB HL en la determinación del umbral. Esto implica que en el audiograma no se informan valores menores a 2 dB HL, es decir, un umbral puede estar entre 0 dB HL y 2 dB HL y no en 1 dB HL. En todos los casos, los niveles se encuentran dentro de los límites permitidos, con excepción de algunas mediciones en el rango de 160 a 200 Hz.

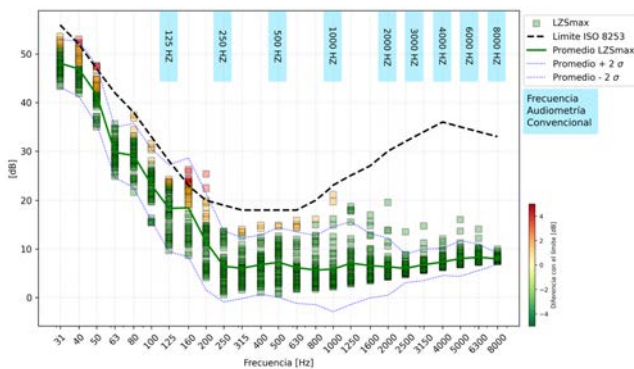


Figura 2. Valores en L_{ZSmax} registrados en la cabina y niveles máximos admisibles (incertidumbre 2 dB HL) definidos por la norma ISO 8253-1:2010 [6].

Al comparar los valores L_{ZSmax} registrados con los de la norma [6] suponiendo una incertidumbre de 5 dB HL en la determinación del umbral auditivo (lo cual implica que no se podrán informar valores de umbral con saltos menores a 5 dB HL), la figura 3 muestra que no se superan los límites establecidos.

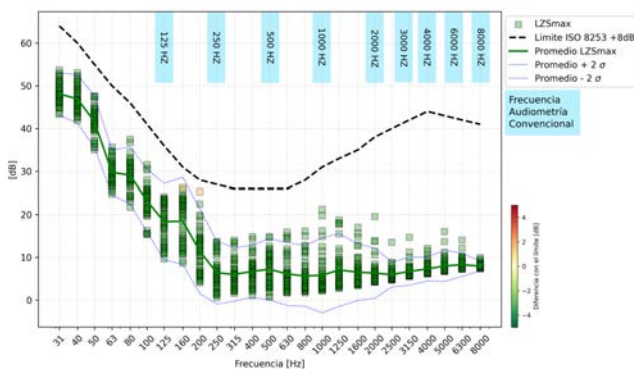


Figura 3. Valores en L_{ZSmax} registrados en la cabina y niveles máximos admisibles (incertidumbre de 5 dB HL) definidos por la norma ISO 8253-1:2010 [6].

Por otro lado, la figura 4 presenta los valores L_{ZSmax} registrados en comparación con los establecidos por la norma ANSI S3.1-1999 (R2008) [7], para la condición “orejas cubiertas”, donde se observa que ninguna de las mediciones supera los límites establecidos.

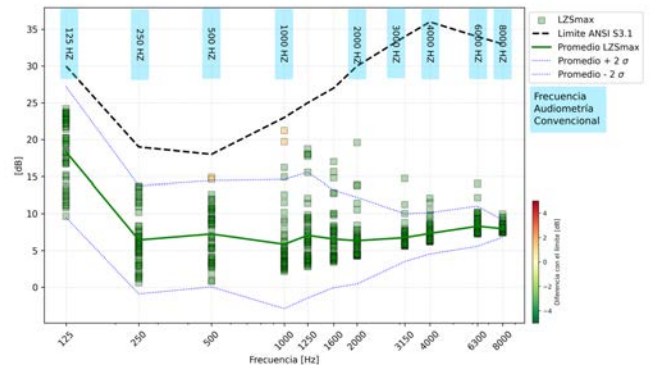


Figura 4. Valores L_{ZSmax} registrados en cabina y niveles máximos establecidos (condición “orejas cubiertas”) por la norma ANSI S3.1-1999 (R2008) [7].

Finalmente, la Figura 5 presenta los valores L_{ZSmax} registrados en comparación con los establecidos por la norma IRAM 4026:1986 [8], tal como se ve, la comparación de los valores registrados no supera los límites propuestos por dicha norma en ninguna de las frecuencias evaluadas.

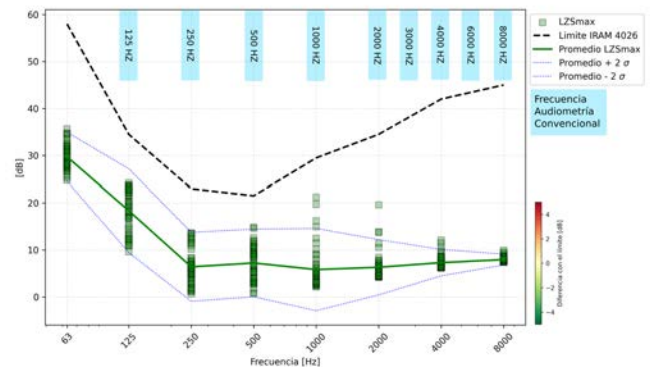


Figura 5. Valores L_{ZSmax} registrados en la cabina y niveles máximos establecidos por la norma IRAM 4026:1986 [8].

En resumen, se observa en todos los casos que el promedio se mantiene por debajo del límite, y la mayor parte de los valores individuales se distribuyen dentro del rango de 95%, lo que indica una buena repetibilidad y baja dispersión en la mayoría de las bandas de frecuencia. Existen casos que están fuera del rango de dos desviaciones estándar, lo cual implica que solo hay aproximadamente un 5% de probabilidad de que aparezcan estos.

La tabla 2 presenta una síntesis de las mediciones realizadas y las comparaciones con cada norma de referencia. En la tabla 2 puede observarse que, para la norma ISO 8253-1:2010 [6], hay sobrepasos de los niveles límite en bajas frecuencias. En 40 y 50 Hz aparecen tres veces, con diferencias promedio muy bajas (0,5 dB) y diferencias máximas menores que 1,2 dB. En la frecuencia

de 160 Hz se registraron diez sobrepasos con una diferencia máxima de 3,2 dB. En 200 Hz, dos sobrepasos con diferencia máxima de 5,3 dB sobre el límite. Cabe destacar que ninguno de estos valores de frecuencia se corresponde con los tonos utilizados en las pruebas audiométricas, cuyos valores más bajos son 125 Hz y 250 Hz. En el CINTRA, la audiometría convencional utilizada sigue los lineamientos de la American Speech-Hearing-Language Association (ASHA), que incluye mediciones de conducción aérea a 125, 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 y 8000 Hz y mediciones de conducción ósea, a intervalos de octava de 250 Hz a 4000 Hz y a 3000 Hz según sea necesario [11]. En el caso de 125 Hz, no se registraron sobrepasos en los valores medidos; sin embargo, estadísticamente existe un 5% de probabilidad de que aparezcan valores por encima del límite.

Tabla 2. Síntesis de mediciones y comparaciones con cada norma de referencia

	Frec. [Hz]	Sobrepaso [Veces]	Dif Prom [dB]	Dif Máx [dB]	Numero de muestras
ISO 8253	40	3	0,5	1,1	50
	50	3	0,5	0,6	
	160	10	1,1	3,2	
	200	2	3,9	5,3	
ISO 8253 +8dB	No se presentan sobrepasos				
ANSI S3.1	No se presentan sobrepasos				
IRAM 4026	No se presentan sobrepasos				

Si existen registros con alta dispersión fuera del intervalo correspondiente a dos desviaciones estándar (especialmente en las bajas frecuencias), es consistente con la naturaleza del ruido, donde las fluctuaciones por fuentes externas, como el tránsito vehicular o vibraciones transmitidas por la infraestructura, generan variabilidad aun cuando las mediciones se hayan realizado con todos los sistemas internos apagados. Por otra parte, estos valores se concentran en una secuencia de mediciones consecutivas coincidentes con el horario de cambio de turno mañana-tarde, lo cual sugiere la presencia de eventos transitorios asociados al movimiento de personas y apertura de puertas. Al excluir estas muestras, los valores resultantes quedan por debajo del límite establecido para este conjunto de frecuencias.

IV. CONCLUSIÓN

En el presente informe se realizó una caracterización de las condiciones acústicas de la cabina audiométrica del Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), UE CONICET-UTN. Se midieron los niveles de ruido interior y se los evaluó en función de los valores recomendados por las normas [6], [7] y [8]. Al aplicar el criterio más exigente de la norma [6] (incertidumbre de 2 dB HL en la determinación del umbral de audición), se observa cierto riesgo de aparición de niveles por encima de lo permitido en algunas frecuencias bajas. Sin embargo, los sobrepasos encontrados son menores, se producen en bandas que no se utilizan en la práctica audiométrica habitual y están asociados a un momento particular de cambio de

turno. En resumen, la cabina audiométrica se encuentra en óptimas condiciones para realizar audiometrías en el rango de frecuencias antes mencionado, pudiendo informar valores de umbral de audición con resolución de 5 dB HL.

No obstante, se considera recomendable implementar mejoras en la insonorización de la cabina, especialmente orientadas a mitigar el ingreso de ruido en las frecuencias más bajas. Asimismo, sería conveniente establecer controles acústicos periódicos que permitieran detectar posibles deterioros en el aislamiento debido al uso continuo y al paso del tiempo. Para futuras mediciones, sería conveniente incorporar registros simultáneos del nivel de ruido en la sala audiológica (por fuera de la cabina), a fin de correlacionar los picos observados en el interior con fuentes externas específicas y así facilitar la implementación de acciones correctivas.

En conjunto, los resultados permiten concluir que los niveles de ruido de la cabina audiométrica del CINTRA son adecuados para la realización de las pruebas auditivas que demanda su funcionamiento. La caracterización acústica presentada contribuye a garantizar la confiabilidad y validez de las evaluaciones audiológicas realizadas en este espacio.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al ingeniero Mario René Serra por su valioso aporte y dedicación en el diseño y construcción de la cabina audiométrica. Su labor en el Instituto Argentino de Normalización y Certificación, junto con su extensa trayectoria, ha sido fundamental para el desarrollo de investigaciones en el ámbito de la audiológica y la acústica, las cuales continúan hasta la actualidad.

REFERENCIAS

- [1] H. Fletcher. "Auditory patterns". *Reviews of modern physics*, vol. 12, pp. 47-66, 1940.
- [2] S. Dhar, and J. Hall. *Otoacoustic emissions: principles, procedures and protocols*, 2nd ed. San Diego, California: Plural Publishing Inc, 2018.
- [3] A. Behar. "Audiometric Tests without Booths", *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063073>
- [4] T. Frank, and D. L. Williams. "Ambient noise levels in audiometric test rooms used for clinical audiometry". *Ear & Hearing*, vol. 14 (6), pp. 414-422, 1993.
- [5] K. Chung. "Calibration matters: II. Measurement of ambient noise in test rooms/areas". *Journal of Communication Disorders*, vol. 101, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2022.106293>
- [6] *Acoustics - Audiometric test methods -Part 1: Pure-tone air and bone conduction audiometry*. ISO 8253-1-2010, 2010.
- [7] *Maximum Permissible Ambient Noise Levels for Audiometric Test Rooms*. ANSI S3.1-1999 (R2008), 2008.
- [8] *Acústica - Cabinas audiométricas*. IRAM 4026-1986, 1986.
- [9] *Electroacoustics – Sound level meters. Part 1. Specifications*. IEC 61672-1, 2013.
- [10] *Electroacoustics – Octave-band and fractional-octave-band filters - Part 1: Specifications*. IEC 61260-1, 2014.
- [11] *Guidelines for manual pure-tone threshold audiometry*. American Speech-Language-Hearing Association, 2005.