

MEDICIÓN DE INMISIÓN SONORA CON CABEZA ARTIFICIAL UTILIZANDO LA TÉCNICA DE INTENSIMETRÍA

Jorge A. Pérez, Mario R. Serra

*Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), Unidad Asociada del CONICET,
Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba, Mtro .M .López esq .Cruz Roja
Argentina, Ciudad Universitaria, 5016 Córdoba, Argentina. jperez@electronica.frc.utn.edu.ar,
<http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/cintra>*

Palabras clave: inmisión sonora, intensidad sonora, potencia acústica.

Resumen. En este trabajo se presenta un nuevo método en estudio para estimar la inmisión sonora mediante el cálculo de la potencia acústica, aplicando la técnica de intensimetría sonora. Se pretende obtener un método confiable que permita determinar los niveles de inmisión sonora en personas expuestas a altos niveles de ruido en ambientes cerrados de esparcimiento con características acústicas propias. Se presentan resultados preliminares de mediciones realizadas con una cabeza y torso artificial normalizados, sometidos a varias fuentes sonoras.

El estudio se enmarca dentro del Programa de "Prevención y promoción de la audición en adolescentes de bajos recursos socioeconómicos", con la finalidad de desarrollar procedimientos alternativos en la búsqueda de perfeccionar los métodos de medición y evaluación de la inmisión sonora por ruidos no ocupacionales.

1 INTRODUCCION

La técnica de intensimetría sonora es utilizada en diferentes áreas y al mismo tiempo se analiza su aplicabilidad a nuevos campos de la Acústica. Una de las aplicaciones más generalizadas está referida al cálculo de la potencia acústica generada por una fuente sonora dada.

Una fuente sonora emite energía acústica en diferentes direcciones y con diferentes niveles según sea la dirección. Es decir, una fuente sonora entrega energía al medio y por lo tanto, en este caso, se habla de una potencia acústica emitida por la fuente. Ello puede medirse aplicando la técnica tradicional o de presión sonora, la cual es laboriosa y tiene ciertas limitaciones en su aplicabilidad. En contraposición, la técnica de intensimetría sonora resulta más ágil y con escasas limitaciones.

Ahora bien, cuando se quiere calcular la potencia acústica absorbida por un objeto en presencia de fuentes sonoras a su alrededor, aparentemente no existen métodos o técnicas desarrolladas que permitan analizar estas situaciones.

El presente estudio pretende realizar un acercamiento para conocer la aplicabilidad de la técnica de intensimetría sonora para este nuevo tipo de situaciones, a la vez que analizar sus posibles limitaciones. Se intenta analizar la posibilidad de utilizar este tipo de mediciones para calcular la potencia acústica absorbida por un objeto.

Esta temática se enmarca dentro de un Programa de Conservación de la Audición donde el objeto es el individuo o grupos de individuos expuestos a un campo sonoro, lo que constituye la inmisión sonora. El Programa mencionado está dirigido a jóvenes y adolescentes y las exposiciones que frecuentemente realizan a ruido no ocupacional en los ambientes de esparcimiento, particularmente en discotecas. En estos ambientes, caracterizados por locales cerrados, los asistentes son los involucrados en la absorción de la energía acústica emitida por las fuentes sonoras que interactúan simultáneamente.

En el presente trabajo se analiza la posibilidad de utilizar la intensimetría sonora en ambientes de esparcimiento y su contrastación con mediciones tradicionales con la técnica de presión sonora.

2 CONFIGURACIONES Y MEDICIONES

Ante la falta de una bibliografía orientativa, el estudio que se presenta tendría un carácter pionero para una nueva aplicación de esta técnica. Por esta razón, se decidió comenzar por una serie de mediciones realizadas en laboratorio, donde se fueron analizando diferentes tipos de configuraciones en lo referente a la cantidad de fuentes, características acústicas de la sala, niveles y tipos de sonidos, particularidades del objeto a medir, etc. Finalmente se realizaron mediciones in situ en ambientes cerrados de esparcimiento del tipo discotecas.

Para los cálculos de potencia acústica se utilizaron los lineamientos dados por la norma (ISO 9614-1, 1993), prestándole poca atención a los indicadores que plantea dicha norma, ya que en ambientes muy difusos algunos indicadores resultan insatisfactorios y la precisión de esta técnica no sería la óptima (Jacobsen, 1992; Fahy, 1995; Herráez, 1996).

Al hablarse de una potencia absorbida se supone –en contraposición a la emitida– que se tendría como resultado valores negativos, debido a que la intensidad sonora alrededor de una superficie cerrada y medida en dirección hacia el centro de la superficie, mayoritariamente debería ser negativa, esto es:

$$Pot = - \int_S \vec{I} \cdot \vec{ds}$$

Para estos cálculos es necesario definir una superficie virtual de medición alrededor del objeto que absorbe la energía acústica. El objeto que se utilizó para todos los análisis fue un conjunto constituido por una cabeza y torso artificial normalizados, de la firma Brüel & Kjaer, modelo 4128, que presenta las medidas antropométricas promedio de un individuo. Al torso artificial se le colocó ropa informal liviana simulando la absorción de una persona vestida.

Como superficie virtual de medición se determinó una esfera concéntrica con la cabeza artificial con un diámetro de 0,40 m. La superficie virtual fue dividida en 8 superficies menores –todas de igual tamaño– lo que generó 8 puntos de medición en toda la esfera. Cada uno de estos puntos fue localizado en el centro de cada superficie menor.

Para los tiempos de integración de la medición en cada punto se contempló el rango dinámico del sonido a medir, por lo que en general se optó por tiempos cercanos a los 30 segundos en promediación lineal.

Se utilizó un analizador de doble canal en tiempo real, de la firma Brüel & Kjær, modelo 2144. La sonda de intensidad usada corresponde a la misma firma, modelo 3548, con micrófonos apareados tipo 4181 y espaciador de 12 mm. Esto otorga un ancho de banda teórico más bien reducido (250 Hz – 5KHz) aunque satisfactorio para el objetivo propuesto.

En las mediciones de laboratorio se utilizaron como fuentes sonoras baffles activos tipo monitor de campo cercano de alta calidad (Behringer Truth B2031A).

Las mediciones de inmisión por la técnica de presión sonora se realizaron simultáneamente con las mediciones de intensidad y con el mismo instrumental. Estos valores son representados por un único valor, que es el promedio de los valores medidos sobre todos los puntos de la superficie virtual.

2.1 En laboratorio

Configuración 1: como primer paso se llevaron a cabo mediciones en laboratorio para ajustar ciertos parámetros relacionados con el instrumental. Por ello se comenzó diagramando una configuración relativamente simple, la cual consistía de la cabeza y torso artificial colocados en el centro de una sala (de 4,35 m x 4,35 m x 2,5 m de altura) y alineados diagonalmente. Sobre este eje, pero simétricamente distribuidos (a 2 m del centro) con respecto a la cabeza y apuntando hacia ella, se colocaron dos baffles activos, ajustados ambos a igual nivel de ganancia y alimentados por una señal eléctrica coherente.

La altura al centro de la cabeza era de 1,05 m y el centro de los baffles estaba a 0,65 m del piso.

La sala poseía paredes de mampostería tratadas con material fonoabsorbente, techo de hormigón con tratamiento fonoabsorbente y piso cerámico cubierto con moqueta fina.

La señal eléctrica que se utilizó fue ruido rosa de banda ancha. En la figura 1 se muestra la disposición utilizada.



Figura 1: Disposición utilizada para la medición

Configuración 2: idem a la configuración 1, pero agregando un tercer baffle activo colocado detrás de la cabeza, a 1,50 m del centro de ésta y a igual altura que los otros baffles. El nivel de ganancia se fijó igual que el de los demás y la señal eléctrica fue la misma que en los otros dos baffles.

Configuración 3: idem a las anteriores, pero reubicando el tercer baffle delante de la cabeza a 1,50 m del centro de ésta y manteniendo la misma altura. Se eliminó el tratamiento acústico (paneles fonoabsorbentes) en dos paredes adyacentes de la sala.

Configuración 4: idem a las anteriores, pero en lugar de ruido rosa se reprodujo música tipo electrónica y se agregó una peluca a la cabeza artificial. El tratamiento de la sala se mantuvo igual a la dada en la configuración 3.

Configuración 5: en este caso se cambió de sala, pasando a una de forma irregular (de 4,11 m x 5,44 m) con techo inclinado a 3,5 m de altura en su punto medio. Las paredes y techo eran de mampostería y el piso de hormigón con acabado fino cubierto por moqueta gruesa. La sala contaba con amoblamiento (sillones, mesa y adornos) con la finalidad de otorgarle mayor difusividad al campo sonoro.

Los baffles se dispusieron de la misma forma que en la configuración 3 pero a distintas distancias del centro de la cabeza, uno a 2,5 m sobre el eje diagonal y otro, en contraposición, a 2,2 m. El tercer baffle se fijó sobre el piso, a 1,8 m delante de la cabeza y apuntando hacia ella (ver Figura 2). Se utilizó ruido rosa como señal acústica.

Se realizaron cuatro mediciones con la cabeza artificial –con peluca– y cuatro sin ella.

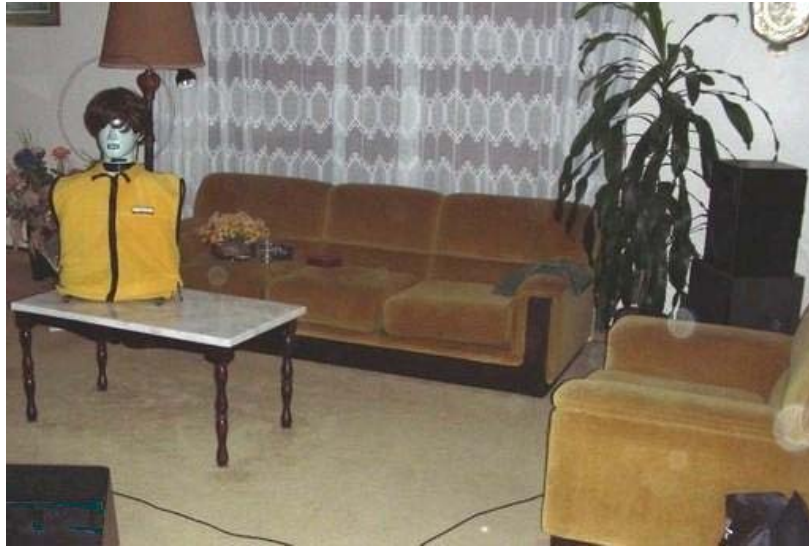


Figura 2: Disposición utilizada para la configuración 5

2.2 In situ

Se realizaron mediciones dentro de un local cerrado de esparcimiento (tipo discoteca/pub) para lo cual se utilizó la cabeza y torso artificial con los mismos atuendos que en la configuración 4 y 5. Los demás parámetros, como superficie virtual, instrumental, tiempo de medición, etc. se mantuvieron iguales que en laboratorio. Con la salvedad que aquí se utilizó el sistema de baffles propio del lugar sin realizar ninguna modificación. Este sistema contaba con dos baffles DAS Mi-215 y varios baffles JBL Control Xtreme distribuidos.

El local es rectangular de aproximadamente 15 m x 10 m y una altura de 2,30 m con paredes de mampostería sin tratamiento acústico. La capacidad del local al momento de la medición se encontraba casi llena. En la figura 3 se aprecia la situación descripta.



Figura 3: Medición in situ

Es importante destacar que la fuente sonora estuvo constituida por música electrónica para las tres primeras mediciones, en tanto que para las cuatro restantes fue karaoke.

3 RESULTADOS

En las tablas 1 a 6 se presentan los valores de presión sonora relevados y los niveles de potencia acústica calculados para cada situación.

Nº de Medición	Nivel SPL (dBA)	Potencia (dBA)
1	89,9	-76,7
2	90,0	-75,2
3	89,9	-75,2
4	90,0	-76,5
5	89,9	-76,5
6	89,9	-77,0

Tabla 1: Valores de presión sonora relevados y niveles de potencia acústica calculados con la configuración 1 en laboratorio

Nº de Medición	Nivel SPL (dBA)	Potencia (dBA)
1	91,8	-76,1
2	91,6	-75,1
3	91,7	-75,9
4	91,8	-76,4
5	91,7	-75,6
6	91,7	-75,8

Tabla 2: Valores de presión sonora relevados y niveles de potencia acústica calculados con la configuración 2 en laboratorio

Nº de Medición	Nivel SPL (dBA)	Potencia (dBA)
1	90,7	-72,9
2	90,7	-73,6
3	90,7	-71,2
4	90,7	-72,0
5	90,7	-73,1
6	90,6	-72,4
7	90,8	-75,4

Tabla 3: Valores de presión sonora relevados y niveles de potencia acústica calculados con la configuración 3 en laboratorio

N° de Medición	Nivel SPL (dBA)	Potencia (dBA)
1	85,9	-63,9
2	86,0	-64,9
3	85,6	-65,2
4	85,8	-66,8
5	86,1	-68,5
6	85,8	-64,2
7	86,0	-65,3

Tabla 4: Valores de presión sonora relevados y niveles de potencia acústica calculados con la configuración 4 en laboratorio

N° de Medición	Nivel SPL (dBA)	Potencia (dBA)	Disposición
1	87,3	-67,7	Con cabeza
2	87,3	-67,3	Con cabeza
3	87,2	-67,1	Con cabeza
4	87,2	-64,5	Con cabeza
5	87,0	68,0	Sin cabeza
6	87,1	68,6	Sin cabeza
7	87,1	68,2	Sin cabeza
8	87,1	71,1	Sin cabeza

Tabla 5: Valores de presión sonora relevados y niveles de potencia acústica calculados con la configuración 5 en laboratorio

N° de Medición	Nivel SPL (dBA)	Potencia (dBA)	Tipo de música
1	83,0	-65,9	Electrónica
2	82,9	-66,1	Electrónica
3	83,6	-67,0	Electrónica
4	98,3	-80,0	Karaoke
5	97,2	-85,1	Karaoke
6	97,6	-79,4	Karaoke
7	96,3	-84,2	Karaoke

Tabla 6: Valores de presión sonora relevados y niveles de potencia acústica calculados in situ

4 CONCLUSIONES

Haciendo un análisis de los resultados se puede concluir que:

- Las mediciones efectuadas en laboratorio son consistentes para cada configuración ensayada. Asimismo, la variabilidad de la potencia acústica sigue igual comportamiento, o sea con escasa dispersión.
- Los valores empíricos obtenidos como resultado de las mediciones son negativos como era de suponer teóricamente por tratarse de potencia absorbida. Sin embargo, cuando no existe un elemento absorbente dentro de la superficie de medición, los valores de potencia calculados son positivos.

- La variabilidad temporal de las señales sonoras juega un papel importante al influir en la dispersión de los valores de potencia obtenidos. Esto se observa claramente al comparar las mediciones de laboratorio con las relevadas in situ, particularmente con “karaoke” ya que los participantes en este tipo de música no tienen entrenamiento profesional, imprimiendo por tal un gran rango dinámico de señal.

Los resultados obtenidos hasta el momento alientan a continuar trabajando en esta línea a fin de perfeccionar los métodos y procedimientos, al mismo tiempo que determinar las limitaciones.

REFERENCIAS

Fahy, F.J. *Sound Intensity*. Second edition. E & FN Spon, 1995.

Herráez, M. *Estudio experimental de los parámetros que afectan a la estimación de potencia sonora por el método de intensidad*. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid, España, 1996.

ISO 9614-1. Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity - Part 1: Measurement at discrete points. 1993.

Jacobsen, F. Sound power determination using the intensity technique in the presence of diffuse background noise. *Journal of Sound & Vibration*. 159, pp. 353-371. 1992.