

UN NUEVO MÉTODO DE MEDIDA DE LA ENERGÍA LATERAL EN RECINTOS

REFERENCIA PACS: 43.60.Qv

Pedrero González, Antonio; Díaz Sanchidrián, César; López Quiroga, David
Laboratorio de Acústica y Vibraciones Aplicadas a la Edificación, al Medio Ambiente y al
Urbanismo. E.T.S. de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
Avda. Juan de Herrera 4
28040 Madrid. España
Tel: 34 913 364 249
Fax: 34 913 366 554
E-Mail: apedrero@diac.upm.es

ABSTRACT

In this paper a new method for the evaluation of the lateral energy in rooms is proposed. This method is based on the measurement of P-I Index. In order to evaluate its validity we have performed measurements of lateral energy in several rooms and compared the results obtained by traditional method (ELEF) and those obtained by the new approach.

RESUMEN

En este trabajo se propone un nuevo método para la evaluación de la energía lateral en recintos, basado en la medición del Índice Presión-Intensidad. A fin de evaluar la validez del método, se han realizado mediciones de la energía lateral en varios recintos, comparando los resultados obtenidos para uno de los métodos tradicionales más usados, el ELEF, con los obtenidos mediante este nuevo método.

INTRODUCCIÓN

Uno de los parámetros más importantes que define la calidad acústica de las salas es la cantidad de energía lateral propiciada por reflexiones laterales tempranas. Los efectos de estas reflexiones engloban el fenómeno de la impresión espacial en sus dos vertientes, anchura aparente de la fuente y sonido envolvente. Existen varios métodos de medida de dicha impresión espacial como son la Correlación Cruzada Interaural (IACC), que requiere un procesado complicado de los datos a la vez una instrumentación específica, o la Fracción de Energía Lateral Debida a las Reflexiones Tempranas (ELEF), para cuya evaluación resultan necesarias dos excitaciones de la sala para una única medida y en la que la directividad de los transductores utilizados no es la correcta. A continuación se va a proponer una nueva forma de medir las reflexiones laterales (y por tanto la impresión espacial), utilizando una sonda de intensidad, que soluciona tanto los problemas de procesado y equipos necesarios para el IACC como los errores cometidos por el ELEF al disponer de una directividad correcta y necesitar únicamente una excitación de la sala por cada medición.

MEDIDA DE LA ENERGÍA LATERAL

En la actualidad, existen varios métodos de medida de la impresión espacial en una sala, entre los que cabe destacar la Correlación Cruzada Interaural (IACC) y la Fracción de Energía Lateral Debida a las Reflexiones Tempranas (ELEF). Aunque ambos métodos tratan de evaluar un mismo fenómeno, su filosofía es muy diferente ya que mientras el IACC compara el grado de diferencia que existe entre las señales que llegan a los oídos, el ELEF busca la relación existente entre la energía lateral y la energía total del sonido en un recinto.

Sin embargo, ninguno de los dos métodos está exento de problemas ya que por un lado el IACC necesita de un procesado bastante complejo y de un equipamiento muy específico lo que dificulta y encarece mucho su medición. Por otro lado, el ELEF soluciona los problemas del IACC al utilizar equipos más genéricos y ser un parámetro muy sencillo de obtener. El ELEF se define como la relación entre la energía lateral (captada por un micrófono bidireccional), y la energía total (captada por un micrófono omnidireccional), ambas obtenidas en un determinado punto e integradas en un periodo de 80 ms. De aquí se deriva una de las principales limitaciones de este método, que estriba en la necesidad de realizar dos mediciones consecutivas, con el riesgo de que la excitación de la sala no sea idéntica en ambos casos y que haya diferencias en las posiciones de los micrófonos. La segunda limitación del ELEF es que los micrófonos bidireccionales suelen tener un patrón de directividad que sigue una ley $\cos^2 z$, donde z es el ángulo de procedencia de la onda sonora, mientras que la percepción humana de la energía lateral sigue una ley de $\cos z$.

EL ÍNDICE P-I COMO PARÁMETRO PARA LA VALORACIÓN DE LAS REFLEXIONES LATERALES

El Índice Presión-Intensidad se define como la diferencia en dB entre los niveles de presión sonora y de intensidad sonora captadas por una sonda de intensidad. Dado que la presión sonora se obtiene mediante el promedio de las presiones en los dos micrófonos omnidireccionales que conforman la sonda, el patrón de directividad resultante para la presión es omnidireccional. En cuanto a la intensidad, la sonda presenta un diagrama de directividad bidireccional ($\cos z$).

Debido a que la medida de la intensidad sonora sólo tiene en cuenta el flujo neto de energía en una dirección, dicho Índice P-I es indicativo de la reactividad del campo sonoro, que es un parámetro vital para juzgar la calidad de las medidas de intensidad sonora. Este hecho hace que muchos equipos para medidas acústicas lleven incorporado el cálculo necesario para la obtención de dicha función.

Así pues, partiendo de las características de directividad de la sonda se puede afirmar que el Índice P-I es una relación de la energía sonora lateral y la energía sonora total del recinto cuyas directividades corresponden exactamente con los patrones necesarios de evaluación de la impresión espacial. Por lo tanto, las ventajas de este método de medida de la energía lateral con respecto a otros son las siguientes:

- Solo es necesaria una única excitación de la sala, ya que tanto la presión como la intensidad se miden al mismo tiempo.
- Las directividades de la presión y la intensidad son correctas para la evaluación de la energía lateral.
- El cálculo del parámetro en el que se basa dicha medida se encuentra disponible en un gran número de analizadores en tiempo real.
- El procesado necesario resulta ser muy simple.

MEDICIONES REALIZADAS

Con objeto de comparar los resultados obtenidos al evaluar la energía lateral mediante los métodos del ELEF y del Índice P-I, se han realizado mediciones de ambos parámetros en varias salas con características acústicas diferentes. En concreto se han utilizado cuatro

recintos de la E.T.S. de Arquitectura de la UPM: el salón de actos, el aula magna y dos aulas de tamaños diferentes.

La excitación de las salas se realizó utilizando el generador de impulsos del módulo BZ7109 del Sonómetro Modular Bruel & Kjaer mod. 2231. Esta señal se amplificó y se emitió mediante la Fuente Sonora Omnidireccional Bruel & Kjaer mod. BB1512, que se situó en la posición en la que normalmente se encuentra el orador.

Para la medida del ELEF se utilizó un micrófono NEWMAN TLM-170, que ofrece la posibilidad de elección de varios patrones de directividad, de los cuales utilizamos los patrones omnidireccional y bidireccional. La medida del Índice P-I se realizó con una Sonda de intensidad Bruel & Kjaer mod. 3520, dotada de una pareja de micrófonos Bruel & Kjaer mod. 4181.

Las señales captadas en distintos puntos de las salas se registraron en DAT para su posterior análisis. El procesado de datos consistió en un análisis multiespectral, realizado con un Analizador en Tiempo Real Bruel & Kjaer mod. 2144, en bandas de 1/1 octava con frecuencias centrales entre 125 Hz y 4 KHz. Los datos obtenidos a partir de este análisis se llevaron a un programa de cálculo para la obtención de los distintos parámetros.

A fin de poder realizar una comparación lógica entre ambos métodos, y debido a que el ELEF es un cociente de energías y el Índice P-I es está expresado en decibelios, definimos un parámetro al que denominamos LATINT que expresa una relación lineal a partir del Índice P-I, consistente en calcular el antilogaritmo de dicha cantidad, y aplicarle un factor de escala (igual en todos los casos) con el fin de que ambos índices sean del mismo orden de magnitud.

RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos confirman una buena correlación entre los valores de ELEF y de LATINT medidos en los distintos puntos de las diferentes salas bajo estudio. Esto se aprecia en la figura 1 en la que se muestran los valores promedio de ambos parámetros para cada recinto estudiado. Se puede decir que existe una correspondencia evidente entre los valores de los dos índices para frecuencias medias y altas, mientras que existe un peor ajuste para bajas frecuencias. Esto se muestra en la figura 2, que representa los valores de ELEF y LATINT para un punto determinado de medida. La tendencia aquí observada es general y puede deberse a diversos factores, tales como la falta de directividad de los transductores para estas bandas de frecuencias, o al ruido de fondo que afecta de manera muy significativa a los resultados, ya que, en la sala donde existía mayor ruido (salón de actos), las diferencias entre los parámetros aumentan considerablemente.

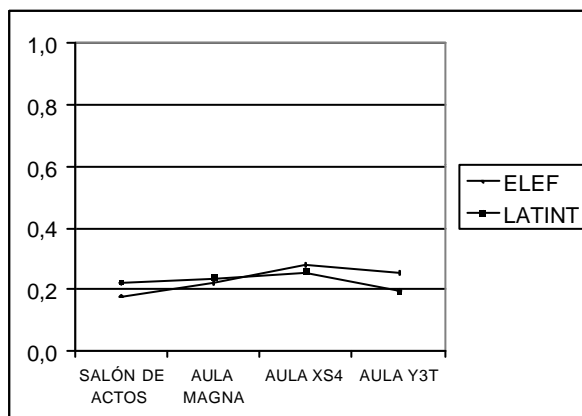


Fig.1.- Valores promedio en las distintas salas

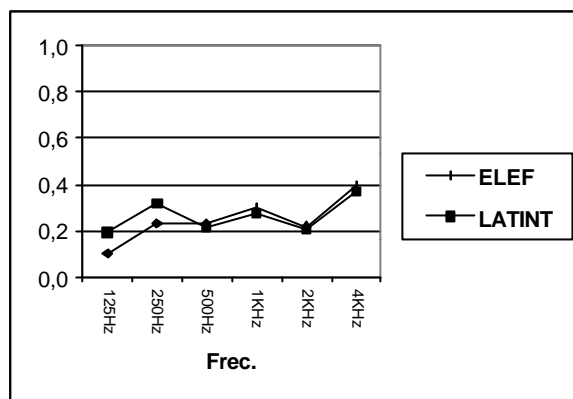


Figura 2.- Variación en función de la frecuencia para un punto de medida

La figura 3 muestra el promedio de los valores obtenidos para todas las bandas de frecuencia, en función del punto de medida. Como se puede observar, ambos índices tienen variaciones similares en los diferentes puntos de la sala.

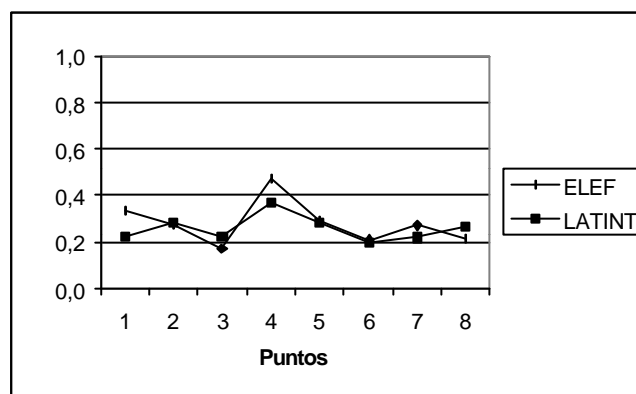


Figura 3.- Variación para los distintos puntos de una sala

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se puede afirmar que existe relación entre el ELEF y el LATINT y que por tanto es posible medir las reflexiones laterales acústicas, y en consecuencia la impresión espacial de una sala por medio de una sonda de intensidad y de la medida directa del Índice Presión-Intensidad.

REFERENCIAS

- ANDO, Y: Concert Hall Acoustics. Springer-Verlag, Berlín, 1985.
- BARRON, M: Auditorium Acoustics and Architectural Desing. E & FN Spon, London, 1993.
- BARRON, M: Spatial impression due to early lateral reflections in concert halls: the derivation of a physical measure. J.Sound Vibr., 77, 211-232.
- CREMER, L.; MÜLLER, H.A: Principles and Applications of Room Acoustics. Applied Science Publishers, London, 1978.
- FAHY, F. J: Sound Intensity. E & FN Spon, 1995.
- GADE, S: Sound Intensity (Theory), B&K Technical Review, N° 3, 1982.
- KUTTRUFF, H: Room acoustics. John Wiley and Sons, New York, 1973.