

Enseñanza de acústica geométrica en la carrera de arquitectura mediante un simulador óptico



*Aguayo González, Ricardo
Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México
División de Ingeniería y Arquitectura
Departamento de Arquitectura
E-mail: raguayo@itesm.mx*

PACS: 43.55.Br

Resumen

En el mundo de la ciencia acústica existen dos grandes vertientes, el de la acústica estadística y el de la acústica geométrica. Esta última trata del diseño espacial de superficies para lograr primeras reflexiones acústicas útiles en edificios, como teatros o auditorios por ejemplo, y es abordada de manera especial por los arquitectos. Con este panorama y con el fin de apoyar la enseñanza de la acústica geométrica a los estudiantes de la carrera de arquitectura, el autor de este artículo desarrollo durante el año 2003 un simulador óptico, el SAGEA 01 (Simulador de Acústica Geométrica para Espacios Arquitectónicos, Unidad Experimental 01), en el Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México. En este escrito se presentan: (1) las partes esenciales del SAGEA 01; (2) su modo de empleo; (3) el análisis de un techo acústico equipotencial para un teatro y; (5) como se realiza la comprobación de ausencia de ecos.

Abstract

The field of Acoustics is divided in two lines of work, statistic acoustics and geometric acoustics. Geometric acoustics deals with the spatial design of surfaces to achieve useful first acoustic reflections in buildings like theatres or auditoriums, and is approached in a particular way by architects. With this panorama and in order to support the teaching of geometric acoustics to Architecture students, the author of this article developed during the year 2003 an optical simulator, the SAGEA 01 (Simulator of Geometric Acoustics for Architectural Spaces, Experimental Unit 01), at the Tecnológico de Monterrey, Campus Mexico City. This paper explains: (1) the essential parts of the SAGEA 01; (2) the way it is used; (3) the analysis of an acoustic roof for a theatre and; (5) how the absence of echoes is assessed.

Introducción

Si bien es cierto que en la actualidad contamos con poderosos programas informáticos que nos permiten pronosticar primeras reflexiones útiles y ecos causados por techos y paredes en un espacio arquitectónico e incluso “auralizarlo”, es decir, predecir como sonara dicho espacio antes de ser construido, para los **profesores** que enseñamos acústica aplicada a la arquitectura y, más específicamente, **acústica geométrica**, es preferible, desde el punto de vista **didáctico**, trabajar con **simuladores ópticos** para que los alumnos de la **carrera de arquitectura** (1) irrumpen por vez primera en este campo, (2) entiendan el proceso de diseño de, por ejemplo, un techo acústico equipotencial y (3) se preparen para, más adelante, incursionar exitosamente en el manejo de software acústico especializado.

Es por esta razón que en el Departamento de Arquitectura del Tecnológico de Monterrey, Campus Ciudad de México, el autor de este artículo construyó durante el año 2003, un **Simulador de Acústica Geométrica para Espacios Arquitectónicos (SAGEA 01)** con la finalidad de apoyar a la clase de Diseño Acústico en Arquitectura, materia de la que es profesor titular y que forma parte de la Maestría en Diseño Arquitectónico del sistema ITESM.

Este aparato didáctico sirve para comprobar el comportamiento acústico geométrico de un espacio arquitectónico, tanto en planta como en alzado.

Hay que apuntar que la idea de un sistema óptico para estudios acústicos no es nueva ya que desde 1936 existen registros de aparatos de este tipo, aunque en ese entonces no utilizaban el rayo láser.

De la misma forma hay que dejar claro que el tratar a los rayos acústicos como rayos lumínicos sólo es estrictamente cierto para frecuencias medias y altas, no para bajas.

Descripción física del SAGEA 01

El simulador óptico consta de cinco partes esenciales (ver figura 01): (1) Unidad medio de contraste, que es la que provee de humo al simulador y permite ver la trayectoria completa del rayo láser, (2) Tubo de inyección del medio de contraste, el cual cuenta además con una sección para drenar líquidos, (3) Perfil del espacio arquitectónico en estudio, que puede ser tanto en planta (reflexiones acústicas útiles sobre paredes) como en alzado (reflexiones acústicas útiles sobre techos equipotenciales), (4) Unidad láser, que esta diseñada como un componente universal para cualquier tipo de perfil en estudio, y (5) el SAGEA 01, que es básicamente una caja sellada para evitar escapes del medio de contraste y que contiene al tubo de inyección, al perfil en estudio y a la unidad láser.



Figura 01. Partes esenciales del SAGEA 01. Foto del autor.

Modo de empleo

Su funcionamiento es muy simple. Una vez que los alumnos han diseñado y delineado el perfil acústico equipotencial del techo del espacio arquitectónico a analizar, hacen una maqueta en corte y a escala del mismo y lo colocan en la tapa del SAGEA 01. Ver figura 02.

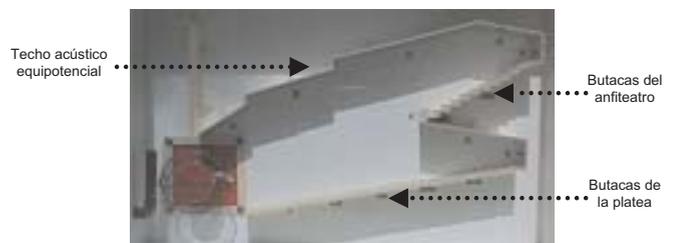


Figura 02. Perfil en alzado del espacio en estudio (teatro). Foto del autor.

Es muy importante que todas las superficies que puedan provocar primeras reflexiones acústicas útiles o incluso ecos sean revestidas de algún material tipo espejo. Ver figura 03.

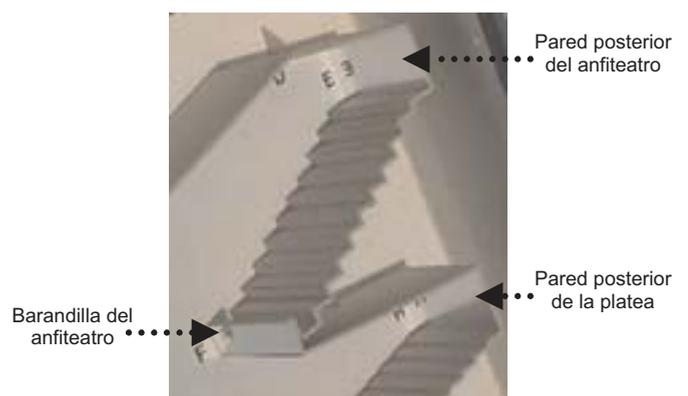


Figura 03. Superficies en estudio revestidas con material reflejante tipo espejo. Foto del autor.

Después los alumnos ubican la unidad láser exactamente en la posición que tendrá la fuente sonora en dicho espacio. Ver figura 04.

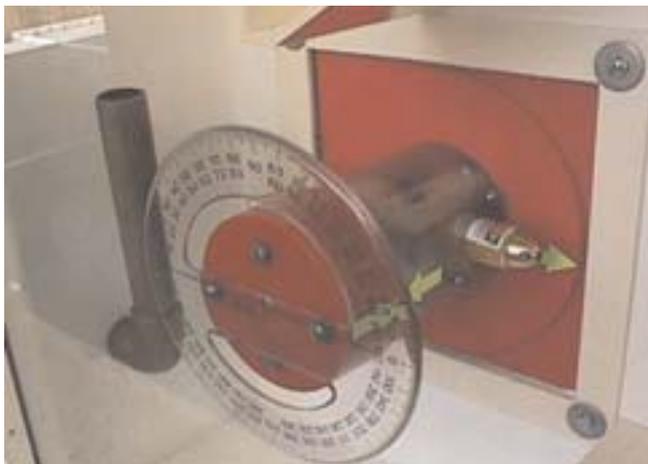


Figura 04. Unidad láser como fuente sonora del espacio en estudio. Foto del autor.

La unidad láser esta concebida como un componente universal, de esta forma puede usarse con cualquier perfil en análisis.

A continuación inyectan el medio de contraste dentro del simulador óptico, que no es otra cosa que humo, y encienden el rayo láser.



Figura 05. Unidad medio de contraste y tubo de inyección. Foto del autor.

La unidad medio de contraste no es otra cosa que un aparato que genera humo. Puede conseguirse fácilmente de manera comercial en lugares que vendan equipo a discotecas.

Debido al medio de contraste inyectado, es posible ver la trayectoria completa del rayo láser, desde el punto en que emite la fuente sonora, hasta su destino final en el área de butacas. Todo ello, por supuesto, después de haber sido reflejado por las diferentes superficies del techo acústico equipotencial en estudio. Ver Figura 06.



Figura 06. Trayectoria de la onda sonora (láser). Foto del autor.

Ejemplo de análisis de un techo acústico equipotencial (Teatro)

A continuación presento una secuencia de fotos del análisis de un techo acústico equipotencial de un teatro (figuras 07 a 18).

En ella se puede apreciar, por una parte, las primeras reflexiones acústicas útiles de las diferentes secciones del techo, y por otra, los ecos encontrados.

Es oportuno comentar aquí que los ecos hallados en este análisis, pueden ser controlados de diversas maneras: (1) Tratamiento absorbente (absorbedores clásicos, superficies policilíndricas, difusores RPG, MLS o QRD), (2) Pantallas acústicas perforadas, y (3) Redirigiendo el sonido.



Figura 07. Onda sonora directa de la fuente en el escenario a las butacas del anfiteatro. Foto del autor.



Figura 08. Onda sonora directa de la fuente en el escenario a las butacas de la platea. Foto del autor.



Figura 09. Reflexión acústica útil. Sección A del techo a las butacas del anfiteatro. Foto del autor.



Figura 13. Reflexión acústica útil. Sección C del techo a las butacas del anfiteatro. Foto del autor.



Figura 10. Reflexión acústica útil. Sección A del techo a las butacas de la platea. Foto del autor.



Figura 14. Reflexión acústica útil. Sección D del techo a las butacas del anfiteatro. Foto del autor.



Figura 11. Reflexión acústica útil. Sección B del techo a las butacas del anfiteatro. Foto del autor.



Figura 15. Reflexión acústica útil. Sección G del techo a las butacas de la platea. Foto del autor.



Figura 12. Reflexión acústica útil. Sección B del techo a las butacas de la platea. Foto del autor.

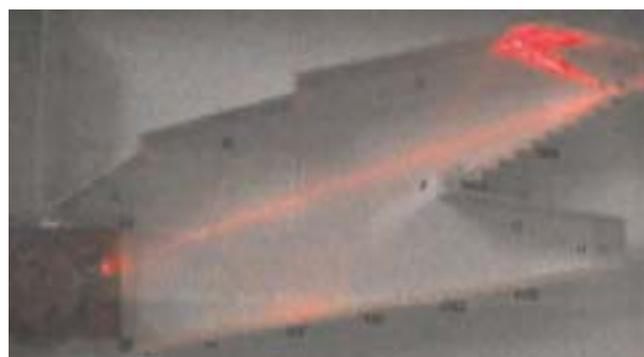


Figura 16. Eco. Pared posterior del anfiteatro (E) a las butacas de la platea. Foto del autor.



Figura 17. Eco. Barandilla del anfiteatro (F) al techo. Foto del autor.



Figura 18. Eco. Pared posterior de la platea (H) al techo. Foto del autor.

Comprobación de ausencia de ecos

Sabiendo que la velocidad estándar del sonido a 14° C es de 320 m/s, y que el oído humano es capaz de integrar sonidos reflejados con una diferencia de 1/20 de segundo con respecto al sonido directo, tenemos que:

$$320 \text{ m/s} \times 1/20 \text{ s} = 17 \text{ m}$$

De esta manera los alumnos sólo deben asegurarse, por medio del simulador óptico, que el recorrido de los sonidos reflejados por el techo acústico equipotencial en estudio, desde que sale de la fuente sonora y hasta que llega a la zona de butacas, cumpla lo siguiente:

Recorrido Sonido Reflejado (SR) ≤ Recorrido Sonido Directo (SD) + 17 metros

Con esta comprobación los alumnos se aseguran que las

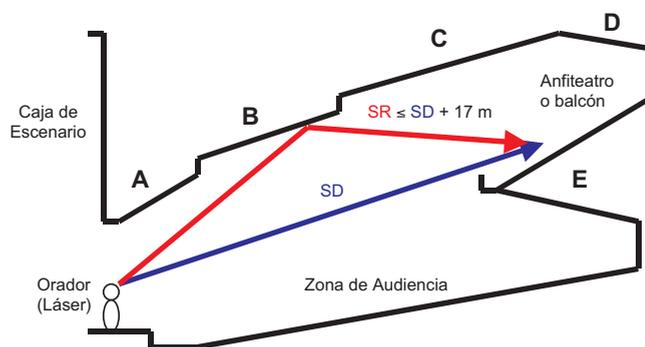


Figura 19. Comprobación de ecos en el área de butacas del anfiteatro. Gráfico del autor.

superficies de su techo acústico equipotencial no provocarán ecos en el área de butacas. Ver figura 19.

Conclusiones

Desde mi experiencia en el aula, puedo afirmar que la mejor forma de que los alumnos de la carrera de arquitectura incursionen por vez primera en el mundo de la acústica geométrica aplicada a espacios construidos y aprendan de una manera sencilla e intuitiva sus bases, es sin duda, con el uso del simulador óptico descrito en este artículo.

Por otra parte quiero decir que en el tiempo en que he impartido la materia de Diseño Acústico en Arquitectura, he podido comprobar que esta forma de apropiarse del conocimiento por parte de los alumnos, les permite más tarde entrar con gran éxito en el manejo de programas informáticos especializados en el área de acústica arquitectónica.

Bibliografía

- Carrión Isbert, Antoni** (2001). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona, España: Alfaomega.
- Knudsen, Vern & Harris, Cyril** (1965). *Acoustical Designing in Architecture*. New York: John Wiley & Sons.
- Mehta, Madan** (1999). *Architectural acoustics. Principles and design*. New Jersey, U. S. A.: Prentice Hall.
- Tectónica # 14** (2002). *Acústica*. Madrid, España: ATC Ediciones S. L.

Lo natural *contra* el ruido *arena*

El Aislamiento

Acústico de tabiquería seca.

Con lana mineral *arena* conseguirá...

Aislamiento Acústico

Notable incremento frente a la tabiquería seca «vacía» gracias a la elevada elasticidad y máxima absorción del ruido.

Garantía de instalación

Producto flexible que se adapta totalmente a estructuras e instalaciones.

Altos rendimientos

Embalaje de alta compresión para gestionar menor volumen de producto. Paneles compactos de corte fácil que evitan roturas y desperdicios en obra.

Incombustibilidad

ISOVER

Las Soluciones de Aislamiento

isover.es@saint-gobain.com

www.isover.net

