

UNA EXPERIENCIA DE PROYECTO COORDINADO I+D+i EN ACÚSTICA DE SALAS

Sendra Salas, Juan José⁺; Zamarreño García, Teófilo^{}; Navarro Casas, Jaime⁺;
Girón Borrero, Sara⁺; Galindo del Pozo, Miguel⁺; Bustamante Rojas, Pedro⁺;
León Rodríguez, Ángel Luís⁺; Suárez Medina, Rafael^{*}; Muñoz Muñoz, Salvador⁺;*

Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción. ETS de Arquitectura de Sevilla
⁺*Departamento Construcciones Arquitectónicas I*
^{*}*Departamento Física Aplicada II*

ABSTRACT

Los firmantes de este trabajo, seis arquitectos y tres físicos, siete de ellos doctores, profesores de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, constituyen un grupo de investigación consolidado, multidisciplinar, que realiza su investigación principal en Acústica de Salas. Actualmente desarrollan un Proyecto Coordinado del Plan Nacional I+D+i, denominado “Establecimiento de parámetros acústicos determinantes de la calidad en salas de conciertos y auditorios para su aplicación a los proyectos de nueva planta o rehabilitación”, junto con grupos de investigación de otras tres universidades: Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad Politécnica de Valencia y Universidad Pública de Navarra.

El ámbito general del estudio se extiende a teatros y salas de concierto de las Comunidades Autónomas de Andalucía, Valencia, Cataluña, Navarra y País Vasco.

El proyecto, siguiendo una metodología común para los cuatro grupos de investigación, acomete el establecimiento de los parámetros acústicos objetivos que permiten una valoración acústica de las salas, optimizando el número de esos parámetros a partir de las correlaciones con aquellos otros subjetivos relativos a la calidad percibida por los oyentes.

El estudio, realizado en diferentes salas del territorio español, permitirá valorar las preferencias acústicas propias para la audición musical en nuestro entorno socio-cultural y, por tanto, disponer de una escala de los parámetros objetivos de medida, acorde con la tradición y el gusto musical de nuestro entorno cultural. Con ello se llena una laguna, ya que en la bibliografía y en las publicaciones especializadas existen referencias implementadas en el ámbito anglosajón (y japonés), fundamentalmente, pero no en el nuestro.

Se pretende realizar, además, una propuesta de escala de exigencias básicas en función del uso de la sala, como herramienta de diseño para la definición de proyectos de edificación de nueva planta, o de restauración, rehabilitación o reforma, con especial atención al caso de los edificios históricos.

Los objetivos planteados sólo se pueden alcanzar mediante un trabajo coordinado entre grupos de investigadores de diferentes Comunidades Autónomas que, además de aportar su bagaje científico, enriquecen el estudio al considerar las diferentes realidades sociales, con sus usos y costumbres, así como la extensión del estudio a las diferentes tipologías de auditorios existentes, en función de los usos alternativos que se desarrollan en ellos en cada una de las regiones. De esta forma, además, se proporciona al estudio el soporte suficiente que permita la vinculación y comparación del tema con los realizados en ámbitos internacionales.

En este trabajo se pretende compartir la experiencia llevada a cabo en este proyecto coordinado, presentando los objetivos del mismo y mostrando la metodología utilizada.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un gran número de parámetros acústicos para evaluar la calidad de una sala que han sido propuestos por distintos investigadores. Se hace necesaria la elección de un número limitado de estos parámetros que nos permitan definir la calidad acústica de estos recintos. Aunque se han realizado intentos objetivos¹, a partir de la correlación entre los diferentes parámetros acústicos, para establecer el mínimo número de ellos necesario para caracterizar el comportamiento de una sala, nuestra perspectiva aquí pretende, además, tener en cuenta la respuesta subjetiva de la audiencia.

Así, el proyecto se articula entorno a dos tareas fundamentales: por un lado, se ha planteado una intensa campaña de medida en la que, siguiendo procedimientos estándares², se han obtenido distintos parámetros acústicos en puntos representativos de todas las salas elegidas para el proyecto; por otro, se han recopilado las respuestas de expertos (ubicados en los puntos de medida) y público en general a una encuesta específicamente diseñada para establecer, a posteriori, las posibles correlaciones entre la impresión subjetiva y los valores medidos de los parámetros acústicos.

La audiencia especializada (los expertos) es capaz de distinguir las pequeñas diferencias que cualifican, sobre todo acústicamente, el espacio. Aprecian matices que pueden contribuir a que el sonido percibido no sea de su agrado. En nuestra metodología se han incluido además una extensa muestra de encuestas realizadas al público asistente a eventos musicales, según la programación propia de cada una de las salas utilizadas en el ensayo. El tratamiento estadístico de estos resultados permitirá compararlos con los resultados de los expertos.

Puesto que las respuestas pueden estar influenciadas por otros aspectos ajenos al comportamiento acústico de la sala, se han incluido ítems de control que pueden ayudarnos a identificar y valorar estas influencias. Así mismo se ha realizado un detallado registro del programa musical de cada uno de los conciertos en los que se pasa la encuesta. Ello nos permitirá determinar la influencia de las exigencias acústicas que tienen los distintos tipos de música en las correspondientes respuestas de los encuestados.

La metodología puede permitirnos la elección de los parámetros acústicos independientes que, convenientemente ponderados, podrán facilitarnos las calificaciones globales de las salas. Con esta idea, y puesto que las técnicas actuales de simulación permiten obtener los valores de los parámetros en la fase de proyecto, podríamos disponer de una herramienta útil a la hora de abordar rehabilitaciones o construir edificios de nueva planta con las pretensiones acústicas requeridas.

En este trabajo se pretende compartir la experiencia llevada a cabo en este proyecto coordinado, presentando los objetivos del mismo y mostrando la metodología utilizada para ello, haciendo especial énfasis en la aportación específica realizada desde nuestro grupo.

OBJETIVOS QUE SE PRETENDEN ALCANZAR

Dos son los objetivos principales, con carácter general, planteados a la hora de abordar este proyecto coordinado:

- Realizar una valoración acústica (objetiva y subjetiva) de una muestra representativa de salas de concierto, auditorios y teatros de Andalucía con una programación musical significativa.
- Establecer una metodología que permita el correcto diseño de los espacios destinados a salas de concierto, de acuerdo a criterios objetivos y cuantificables.

Estos objetivos generales se han desglosado en objetivos parciales, con el fin de organizar el desarrollo del proyecto. Los podemos resumir en los siguientes:

- **Seleccionar un número de parámetros acústicos mínimo**, independientes, que permitan cuantificar y evaluar las características de las salas.
- **Elaboración de una encuesta** para valorar subjetivamente la calidad acústica de las salas en base a las respuestas de los oyentes a la misma³.
- **Caracterizar físicamente las salas seleccionadas**, midiendo en ellas de forma normalizada el mayor número de parámetros acústicos que el sistema de adquisición de datos nos permite
- **Evaluar subjetivamente esas salas**. Para ello se pasarán las encuestas a dos muestras significativas de oyentes: por un lado, público especializado (expertos relacionados con la música) y, por otro, público en general, aleatoriamente seleccionado entre los asistentes a los diferentes conciertos programados en las diferentes salas.
- **Análisis de las posibles correlaciones entre los parámetros físicos y las respuestas subjetivas**. Ello se llevará a cabo mediante métodos estadísticos.
- **Estudio de las variaciones de las respuestas de los oyentes en función de sus características**, que dependerán en gran medida de la experiencia musical y cultural de la población de referencia utilizada en los ensayos, estableciendo los consiguientes rangos de variación estadística. Para ello distinguimos la experiencia musical (como oyentes) de los encuestados.
- **Elaboración de una escala de exigencias acústicas básicas de parámetros**, que se convierta en herramienta para proyectos de nueva planta o rehabilitación de este tipo de espacios.

METODOLOGÍA DESARROLLADA

Para alcanzar estos objetivos se ha planteado una metodología rigurosa, implementada de forma conjunta y revisada en las reuniones de coordinación que se han desarrollado en Valencia, y que podemos resumir en los siguientes puntos:

a) Selección de una muestra significativa de salas objeto de estudio.

En primer lugar se procedió a la catalogación de las posibles salas a estudiar en el ámbito del trabajo (Comunidad Autónoma) mediante criterios formales, tipológicos, funcionales, espaciales, patrimoniales, constructivos, de aforo y territoriales.

De las salas catalogadas se procedió a realizar una selección representativa de las mismas y, como resultado de esta selección, se eligieron las siguientes:

- » Gran Teatro Falla, de Cádiz.
- » Gran Teatro, de Córdoba.
- » Auditorio Manuel de Falla, de Granada.
- » Gran Teatro, de Huelva.
- » Teatro Villamarta, de Jerez de la Frontera.
- » Teatro Cervantes, de Málaga.
- » Teatro de La Maestranza, de Sevilla.
- » Teatro Lope de Vega, de Sevilla.

Es de destacar que, en todos los casos, hemos encontrado una magnífica disposición a colaborar por parte de los responsables de las diferentes salas. De hecho, las entradas a los conciertos para el equipo de expertos han sido suministradas de forma gratuita en las ubicaciones que les hemos demandado de antemano.

b) Puesta a punto del proceso de medición y toma de datos.

El primer paso en este sentido fue la elección del sistema de adquisición de datos. Este proceso se realizó de forma conjunta con los demás grupos de investigación, coordinados por nuestro grupo que asumió la iniciativa en base a la experiencia previa.

Una vez que dispusimos del equipamiento completo, se realizó una jornada de trabajo de todos los equipos en la UP de Valencia, en la que se procedió a la intercomparación de medidas para asegurar la validez de los resultados de los diferentes grupos. Así mismo se elaboró el protocolo de medida común y se seleccionó el conjunto de parámetros mínimo que cada equipo tendría que medir.

c) Puesta a punto de una encuesta para la valoración subjetiva.

Paralelamente se recopiló una serie de aspectos subjetivos susceptibles de ser valorados por los oyentes. A partir de estos aspectos básicos, relacionados con diferentes facetas de la percepción musical en el interior de una sala, se redactó una encuesta tipo que fue probada inicialmente por un grupo de expertos. Este proceso de depuración llevó hasta la encuesta final, con ítems entendibles para la mayor parte de los encuestados. En ella se introdujeron algunos de ellos específicamente dirigidos a cada tipo de oyente (músico, experto o público general).

Precisamente, para esa depuración de la encuesta se seleccionó un conjunto de oyentes entre una lista de melómanos (expertos y aficionados), que posteriormente pasarían a formar parte del grupo de encuestados “expertos”, sobre los que se basaría la toma de datos de parámetros subjetivos en cada una de las salas.

Para recopilar de una forma fácilmente intercambiable la información de las encuestas entre los distintos grupos, hemos elaborado una base de datos que ha sido coordinada por nuestro grupo. En ella podemos encontrar, además de la información propia de las

encuestas, que forma su cuerpo principal, información relativa a las salas de concierto, grupos musicales, oyentes expertos o representaciones. Esta herramienta ha sido de suma utilidad para intercambiar los resultados entre los diferentes grupos e implementar el análisis de los mismos.

c) **Medición y toma de datos.**

Paralelamente se ha llevado a cabo la campaña de adquisición de datos físicos y la de pase de encuestas en cada una de las salas.

Los parámetros objetivos se han medido utilizando la instrumentación especializada, previamente calibrada y siguiendo el protocolo común implementado entre todos los grupos. El corazón del sistema es el software específico WinMLS-2004, con los transductores (tanto de emisión como de recepción) adecuados para cada uno de los parámetros o ensayos a realizar.

La ubicación de los micrófonos se ha hecho coincidir, en la medida de lo posible, con los puntos en que se ubicaron los expertos en el pase de encuestas. Para el correcto posicionamiento de los receptores y emisores, se ha hecho necesaria la realización de levantamientos de planos (planta y sección longitudinal) de las distintas salas sobre las que se realiza el estudio.

La evaluación subjetiva, como ya hemos indicado, se ha realizado mediante la valoración discreta (con escala de 1 a 5) de la experiencia percibida por los oyentes a través de los diferentes ítems que configuran la encuesta para cada tipo de oyente.

Una vez recopiladas todas las encuestas de cada una de los conciertos, se han procesado informáticamente para pasar a formar parte de una base de datos global que facilita el postproceso de datos y la interacción con las herramientas de cálculo y análisis. Los primeros resultados del análisis de esta encuesta se han presentado recientemente en un ámbito de difusión especializado³.

d) **Análisis.**

Actualmente, casi finalizadas tanto la campaña de medida como la de pase de encuestas, el grupo de trabajo está en estos momentos procesando los registros realizados en cada sala, para obtener los parámetros acústicos mediante el mismo software especializado utilizado en la adquisición de esos registros (WinMLS-2004). Con el fin de facilitar la manipulación y análisis de esta ingente cantidad de datos, la misma se ha organizado mediante una hoja de cálculo programada (Excel), que permite además la visualización gráfica de estos resultados en la forma más adecuada para su valoración.

Aunque el análisis de la valoración subjetiva se ha centralizado en Valencia, ya que allí residen las personas especializadas en el análisis estadístico, la recopilación de los resultados de las encuestas se lleva a cabo mediante una base de datos relacional diseñada por miembros de nuestro grupo..

Este sistema de organización de la información permite la fácil importación de los datos en el sistemas de análisis estadístico (SPSS v. 11.5) para su procesado posterior, con el fin de buscar las posibles correlaciones entre la valoración subjetiva y los parámetros acústicos objetivos.

Queremos resaltar que, mediante esta homogeneización de las herramientas utilizadas en la organización de la información, se consigue la unificación de criterios de todos los equipos coordinados, de gran valor a la hora de intercambiar e interpretar estadísticamente los datos obtenidos en el trabajo de campo.

CONCLUSIONES

Se ha presentado la experiencia de nuestra participación en un proyecto coordinado del plan nacional I+D+i. Desde esta perspectiva, nos hemos centrado en la presentación de los objetivos del proyecto, tanto generales como específicos, y en la metodología implementada para alcanzar estos objetivos. En este proceso ha resultado de especial importancia la coordinación tanto interna (mediante reuniones periódicas del grupo), como del proyecto total (a través de las reuniones que los coordinadores de los diferentes subproyectos han mantenido en Valencia, sede de la coordinadora general). Hemos puesto el énfasis en aquellas tareas en las que nuestro grupo ha tenido una especial iniciativa o intervención, desde la elección del sistema de medida, hasta el diseño y elaboración de herramientas para la organización de la información (bases de datos y hojas de cálculo). Si bien los proyectos coordinados presentan dificultades adicionales en su gestión, los objetivos planteados en este subproyecto nunca podrían alcanzarse a no ser mediante este tipo de proyectos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado subvencionado por fondos FEDER y por el Ministerio de Educación y Ciencia, en el marco del Proyecto de Investigación Coordinado de referencia BIA2003-09306. Agradecemos a todos los auditorios y teatros que han facilitado el acceso a ellos para realizar las medidas y autorizar el pase de encuestas, así como a los asistentes a los diferentes conciertos y a los grupos de “expertos” por manifestar su opinión, que ha hecho posible la realización de este estudio

REFERENCIAS

¹ Beranek, L.L. (1962). *Music, Acoustics and Architecture*. New York: Wiley.

² UNE-EN-ISO 3382. *Acústica: Medición del tiempo de reverberación en recintos con referencia a otros parámetros acústicos, 2001*.

³ A. Jiménez, J.J. Sendra, A. Vela, F. Daumal, R. Cibrian; T. Zamarreño, M. Arana, J. Romero; S. Girón, M.L. San Martín, S. Cerda; M. Galindo, E. Aramendía, R. Lacatis; P. Bustamante; R. San Martín, J. Segura, J. M. S. Muñoz, J.L. Miralles: *Proceso de elaboración de un test de respuesta subjetiva de oyentes en general y expertos musicales, como herramienta de valoración de la percepción musical en salas de conciertos, auditorios y teatros*. TecniaAcústica 2006, Gandía (pendiente de publicación).