

ESTUDIO DEL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE AULAS Y PEQUEÑOS AUDITORIOS

REFERENCIA PACS: 43.55Gx

T. Lorenzana Lorenzana*; B. Bernárdez Vázquez* ; M. Alvarez Caldar *; J. González Suárez**

* Dpto. Física Aplicada de la EU de Arquitectura Técnica; Universidad de A Coruña.

** Dpto. Física Aplicada de la ETS de Arquitectura. Universidad de Valladolid

Avenida Salamanca s/n

47014 Valladolid

Tel: 34-983-423446

E-mail: juliog@opt.uva.es

ABSTRACT

When we want to design an Architectural space where special attention should be paid to the transmission of the sound, it is important to make an appropriate design and to make an adequate construction to the necessities. In this paper we expose the values of the most significant acoustic parameters that describe the quality of the acoustic acondicionamiento of some local at the same time that they are compared with the good conditions that it should gather in function of the use.

INTRODUCCIÓN

Cuando se proyecta la realización de un espacio arquitectónico como es el caso de salas destinadas como uso prioritario a la transmisión de la palabra (aulas y auditorios), es particularmente importante atender al objetivo de conseguir una audición aceptable. Para ello se deben considerar dos aspectos fundamentales:

- Un aislamiento acústico suficiente
- Un acondicionamiento acústico adecuado a las necesidades.

Para el caso del aislamiento acústico el referente fundamental, en cuanto a valorar la calidad de las particiones que separan este tipo de espacios (aulas), es la exigencia mínima que se establece en la NBE-CA(88) y es de 45 dB(A) para el aislamiento a ruido aéreo y de un nivel de ruido de impacto máximo de 80 dB(A). Dado que no existe un procedimiento a seguir, que nos permita garantizar el aislamiento que vamos a obtener "in situ" cuando se finalice la obra, por influir muchos factores, tanto relativos al diseño como de tipo constructivo y de ejecución, se hace necesario la evaluación experimental de distintas tipologías con el fin de disponer de datos de partida fiables y poder así predecir, en alguna medida, el valor de aislamiento que se obtendrá por semejanza de lo ya conocido.

De igual forma, en relación con el acondicionamiento acústico de las salas, existen unas leyes generales y unos procedimientos más o menos contrastados que nos permiten formar un criterio a la hora de optar por una u otra solución. Sin embargo, no se tiene la certeza de que el resultado sea el que buscábamos. Por tanto, aun en los casos en que se hayan adoptado las soluciones de diseño y constructivas adecuadas, en función del uso, se hace



necesario contrastar o comparar con los valores experimentales que se producen una vez finalizada la obra.

En el trabajo que presentamos se realiza el estudio del acondicionamiento acústico en su doble vertiente del aislamiento y acondicionamiento, en sentido estricto, de un total de 12 aulas distribuidas en las plantas baja y primera, una sala de conferencias y un salón de actos de un Centro Universitario.

ANÁLISIS ACÚSTICO DE LAS AULAS

Parámetros medidos

Dado que las dimensiones de algunas de las aulas coincidían, y que en todos los casos las composiciones constructivas de los cerramientos eran iguales, se agruparon en seis categorías de I hasta VI con los volúmenes que se indican en la tabla 1.

Para efectuar el análisis de las 12 aulas seleccionadas se midieron sus dimensiones geométricas y los siguientes parámetros acústicos en intervalos de frecuencia de tercios de octava:

Categoría	Volumen (m ³)	
(I)	177	Planta Baja
(II)	332	
(III)	346	
(IV)	172	
(V)	334	Planta Primera
(VI)	326	

Tabla 1.- Volúmenes de las aulas

Aislamiento acústico

- a) A ruido aéreo de 12 particiones verticales
- b) A ruido aéreo de 4 particiones horizontales (forjados)
- c) A ruido de impacto en dos particiones horizontales

Tiempos de reverberación y EDT

Los tiempos de reverberación se midieron con las aulas vacías, sin muebles y a falta de concluir los últimos remates. La sistemática seguida en la adquisición de datos se basa en lo establecido en la Norma UNE para auditorios. Se midió dos veces para cada una de las tres posiciones del micrófono y en dos situaciones de la fuente. En total se obtuvieron 12 medidas en cada aula. La medida del EDT se efectuó en los mismos puntos y en las mismas condiciones.

Composición constructiva de los cerramientos

La composición constructiva de los cerramientos tomada de la ficha técnica es:

Particiones verticales

Tabique de fábrica de bloque de 15 cm de espesor con acabado a base de pintura plástica por ambas caras. La masa superficial es de 250 (kg.m⁻²).



Particiones horizontales

Forjado a base de paneles PI de 30 cm de canto + 5 cm de capa de compresión e interejes 78 cm. Linóleo de 2,5 mm de espesor y dimensiones 40x40 en cm. En la parte inferior falso techo de paneles de viruta de madera, tipo Heraklith, de 35 mm de espesor. Esta composición supone una masa superficial de 330+120 (kg.m⁻²).

Valores obtenidos

Para el Aislamiento acústico

Aunque los valores de aislamiento se obtuvieron midiendo en bandas de tercios de octava, en la tabla 2 solo exponemos los valores globales R'dB(A) calculados conforme a como se establece en la NBE-CA(88).

Aislamiento acústico a ruido aéreo

a) Particiones verticales

R'dB(A)	≤ 27	≤ 28	29	≤30	≤ 31	≤33	36
Nº casos	1	5	6	8	10	11	12

b) Particiones horizontales (forjados)

R'dB(A)	≤47	≤ 56	≤ 64	≤ 67
Nº casos	1	2	3	4

Aislamiento a ruido de Impacto

$$L_1' = 72 \text{ dB(A)}; L_2' = 71 \text{ dB(A)}.$$

Tabla 2.- Valores obtenidos para el aislamiento

Tiempo de reverberación (Tr) en s.

Al igual que se hizo para la medida del aislamiento los valores de los Tr se midieron en intervalos de frecuencia de tercios de octava. A modo de ejemplo, de los datos obtenidos para los Tr, en la tabla 3 exponemos los valores correspondientes a tres intervalos de la zona central del espectro agrupando las aulas según las categorías señaladas anteriormente.

Frecuencia Hz	Aulas					
	I	II	III	IV	V	VI
500	1,25	1,41	1,43	1,36	1,40	1,41
800	0,91	1,73	1,57	1,41	1,75	1,73
1000	0,84	1,90	1,65	1,14	1,92	1,90

Tabla 3.- Valores de los Tr (s)

Si tenemos en cuenta que el Tr óptimo para el caso de salas para transmisión de la palabra, con volúmenes menores de 340 m³, está en torno a los 0,8 s para una frecuencia de 500Hz, a la vista de los valores que se exponen



en la tabla 3 deducimos la calidad auditiva de las salas puede ser mejorable. La conclusión más importante es que en estas condiciones, si bien puede ocurrir que la energía emitida por el orador llegue a los distintos puntos de la sala, sin embargo, será de difícil comprensión por parte del oyente dada la alta reverberación que se produce.

Esta deficiencia en la audibilidad no se corrige incorporando refuerzo sonoro sino actuando sobre la piel de la sala modificando en alguna medida las superficies y sobre todo los materiales que recubren las paredes. Estas deficiencias se pueden evitar, en parte, incorporando, para el acabado superficial, unos materiales absorbentes en algunos tramos de la superficie en la cantidad debidamente calculada.

EDT en s.

Los valores obtenidos para los EDT, en las posiciones indicadas anteriormente, los exponemos en la tabla 4. Si efectuamos un análisis similar al realizado para el caso de los Tr llegamos a la conclusión de que la caída del sonido es demasiado lenta para el uso previsto de la sala. Ello supone que, si no se modifica la superficie de las paredes incorporando materiales absorbentes en puntos estratégicos o sobre toda la piel siguiendo unos criterios adecuados, la calidad auditiva será muy deficiente.

Frecuencia Hz	Aulas					
	I	II	III	IV	V	VI
500	1,09	1,30	1,34	1,11	1,30	1,30
800	0,85	1,38	1,28	1,09	1,45	1,38
1000	0,86	1,53	1,32	1,06	1,57	1,53

Tabla 4.- Valores de los EDT(s)

ANALISIS DE SALA DE CONFERENCIAS (SALA DE GRADOS)

La sala de conferencias es un pequeño auditorio de unos 300 m³ aproximadamente y planta la representada esquemáticamente en la figura 1 siendo a= 1,74; b=11,6; c=8,4; d=0,95; e=0,6; f=1,4; en m.

Siguiendo la Norma UNE se midieron los tiempos de reverberación en tres puntos, repartidos por la sala, para dos posiciones de la fuente. El acabado de la superficie consiste en pintura, en algunas partes, y contrachapado de madera de pino Oregón de espesor 1,2 mm.

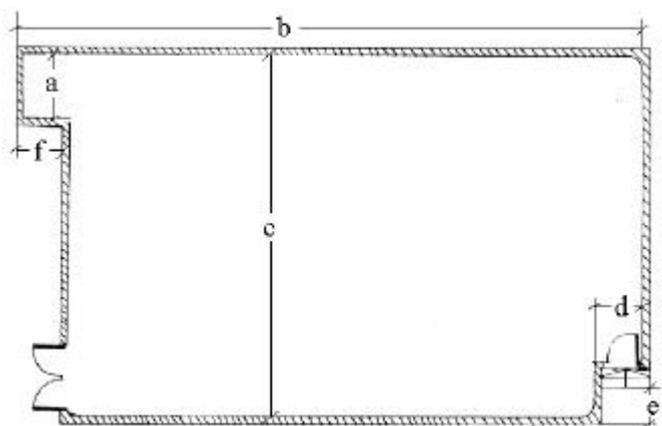


Fig.1.- Esquema de la planta de la sala de conferencias

Valores obtenidos



En la figura 2 representamos los valores medios de los Tr obtenidos en los tres puntos para las dos posiciones de la fuente.

Aunque el tiempo de reverberación óptimo a 500 Hz para un volumen de 300 m³ es de aproximadamente 0,8 y por tanto está un poco por debajo del medido, según se aprecia en la gráfica de esta figura, al introducir el mobiliario, y sobre todo los asientos, cabe esperar que el valor disminuya y se acomode al óptimo y por tanto, partiendo de este parámetro, a la hora de describir la calidad acústica de la sala, concluimos que su audibilidad será aceptable para la transmisión de la palabra. Con el fin de contrastar este extremo se ha realizado la medida después de instalar el mobiliario y el valor obtenido, para la misma frecuencia (500 Hz), es de 0,77s, que se aproxima considerablemente al valor óptimo.

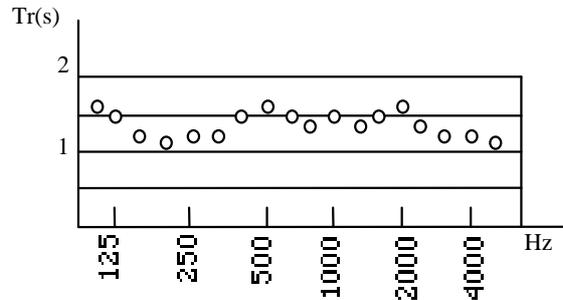
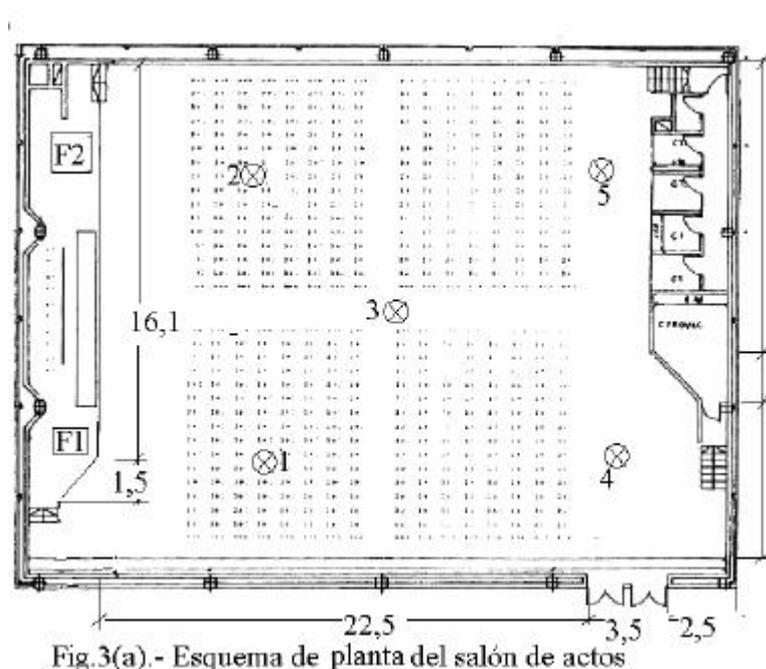


Fig. 2.- Valores de los Tr en la sala de conferencias

ANÁLISIS DEL SALÓN DE ACTOS

El estudio de la sala conocida como Salón de Actos del edificio docente consistió en medir los parámetros Tr y EDT en distintos puntos y analizar los resultados.



La sala tiene una superficie aproximada en planta de 556 m² y un volumen de 3438 m³. Su geometría es totalmente rectangular y la distribución de los asientos, aproximadamente 400, se distribuyen por la planta de forma simétrica respecto de los ejes centrales, longitudinal y

transversal. En la figura 3-(a) se representa la planta y se indican las posiciones de la fuente y los puntos de micrófono tomados para la realización de las medidas acústica

En la figura 3-(b) se representa una sección longitudinal de la sala. Con estas

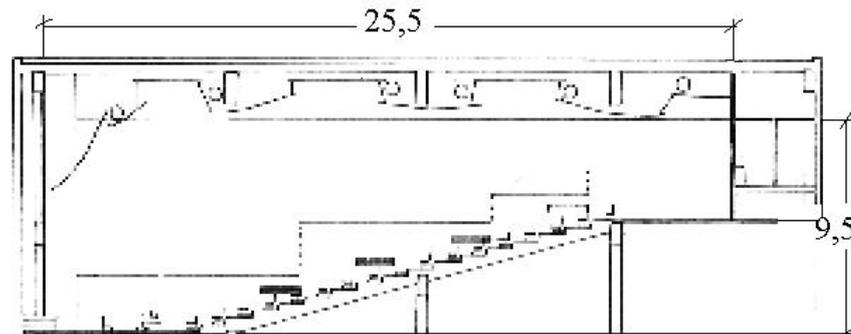


Fig.3(b).- Sección longitudinal del salón de actos

disposiciones se realizaron medidas de T_r y EDT en cinco puntos distribuidos por la planta de la sala tratando de que el conjunto de estos puntos al situarlos en los laterales y en el centro así como en el principio y final de la sala pudieran representar a toda la sala y con ello reflejar su comportamiento global.

Valores obtenidos

La fuente se dispuso en dos puntos del escenario o tarima y para cada posición de micrófono se realizaron dos medidas. Los puntos de ubicación se enumeraron de 1 a 5.

En la gráfica de la figura 4 representamos los valores medios del T_r medidos en los cinco puntos para las dos posiciones de la fuente.

Si tenemos en cuenta que para auditorios de estas dimensiones el tiempo óptimo de reverberación, para 500 Hz, es del orden de los 1,2 s y que el valor experimental se aproxima a los 1,6 a 1,9 s deducimos que es excesivo. Ello se podría corregir cuando se incorporen los asientos con un coeficiente de absorción adecuado. Realizada de nuevo la medida, una vez amueblado, se encuentra un tiempo de reverberación de 1,14 s que se aproxima mucho al valor deseado.

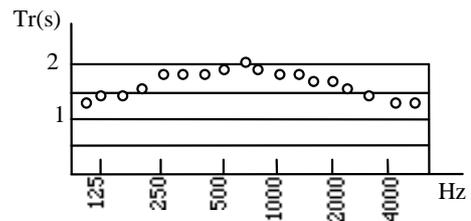


Fig 4.- Valores de los T_r en el Salón de Actos

Bibliografía

- (1).- "Estudio de las condiciones acústicas de algunas salas y pequeños auditorios". Jornadas Nacionales de Acústica (**Tecniacústica '97**). Noviembre 1997. Oviedo, España.
- (2).- "Acondicionamiento acústico del salón de actos de la Fundación Díaz-Caneja". Montajes e Instalaciones. Nº 296, pp. 91 -97; junio ; España 1996.



- (3).- *“Experiencias realizadas en acondicionamiento acústico de salas”*. Montajes e Instalaciones. N° 324, enero 1999; pp.109-117.
- (4) *“Estudio del aislamiento a ruido aéreo en viviendas de promoción pública”*. Montajes e Instalaciones. N° 304 ; pp.119-123; Marzo 1997.

