

Rehabilitación acústica de la sala de juntas de la Escuela de Empresariales de Valladolid

J.I. Sánchez Rivera; M. Machimbarrena ; J. González Suárez

Dto. de Física Aplicada III
E.T.S. de Arquitectura Avda.de Salamanca s/n.
47014 Valladolid

INTRODUCCION

La sala de juntas de la Escuela de Empresariales de la Universidad de Valladolid presenta un problema de inteligibilidad de la palabra. Los usuarios de dicha sala han manifestado la dificultad que existe para entender con claridad lo que los diferentes posibles locutores expresan en las reuniones que allí se celebran. No se trata de un problema de potencia sino más bien de nitidez. A continuación se presenta el estudio que sobre dicha sala se ha realizado así como las soluciones sugeridas para mejorar la acústica de la sala, habida cuenta que por tratarse de una sala de reuniones su uso queda restringido casi exclusivamente a la palabra.

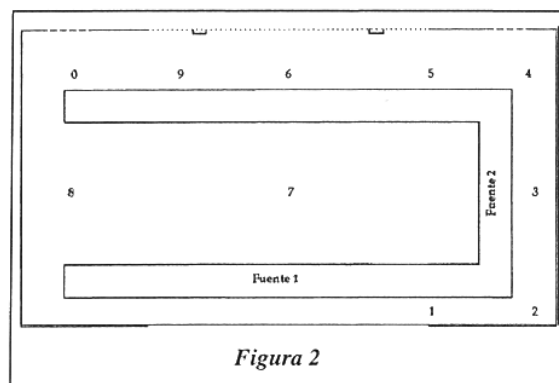
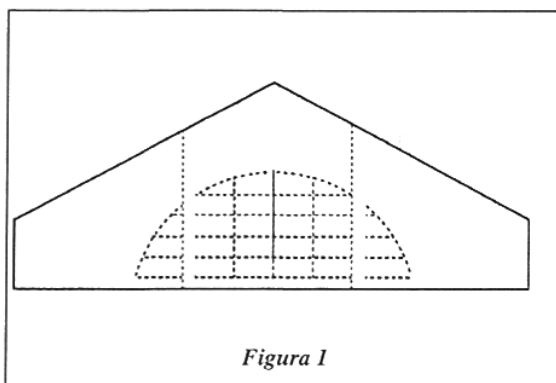
DESCRIPCION Y PROBLEMÁTICA DE LA SALA

La sala está delimitada por cuatro particiones verticales paralelas dos a dos y completando los cerramientos el suelo horizontal y el techo. Las particiones verticales que la separan del exterior y del pasillo de acceso incluyen una gran cristalera, tal y como se muestra en la figura 1. Las otras dos particiones verticales son ciegas y la separan del resto del edificio. La planta es rectangular de dimensiones 10x18 m² y el techo consta de dos partes inclinadas unidas entre sí en la parte superior y apoyadas en los pilares que forman parte de las particiones verticales que la circundan. Es simétrica respecto de los planos verticales que pasen por los ejes longitudinal y transversal del rectángulo que forma la planta. El plano que contiene al eje transversal pasa por la línea de unión de las dos partes que componen el techo. El volumen total de la sala es de 864 m³ y la superficie 640 m².

Observando los materiales de que se compone la piel de la sala y dado su gran volumen, se prevé que el tiempo de reverberación sobrepasará considerablemente el valor que se estima como ideal. Así mismo debido a la formación de los modos de vibración, de forma particular los axiales, sobre todo para frecuencias bajas, y a la presencia de ecos en determinadas zonas por la diferencia de camino entre el sonido directo y el reflejado, el campo sonoro no será muy homogéneo.

RESULTADOS : ANALISIS

A la vista de la problemática planteada se realizaron las medidas de los parámetros acústicos (Tr y niveles de presión) en tercios de octava, además de medir todos los datos geométricos de interés. También se



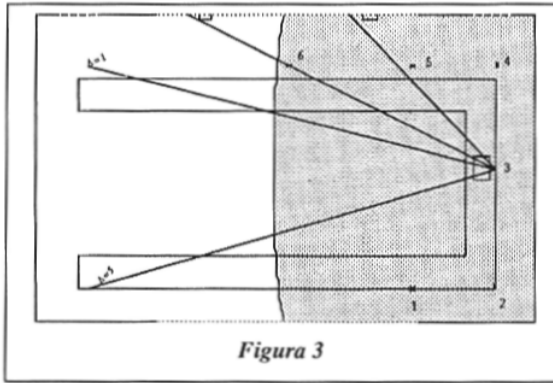


Figura 3

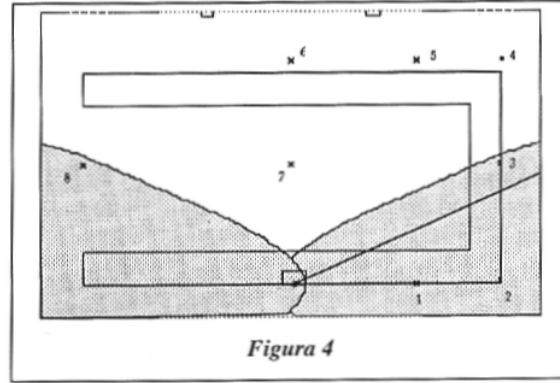


Figura 4

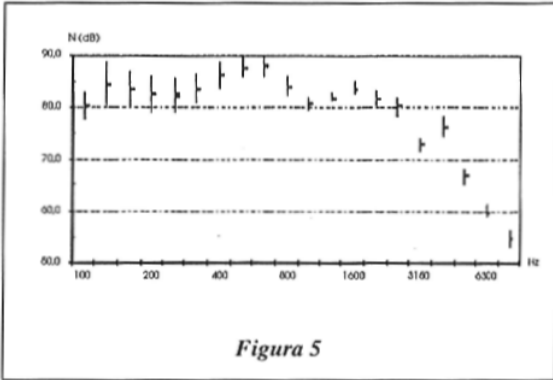


Figura 5

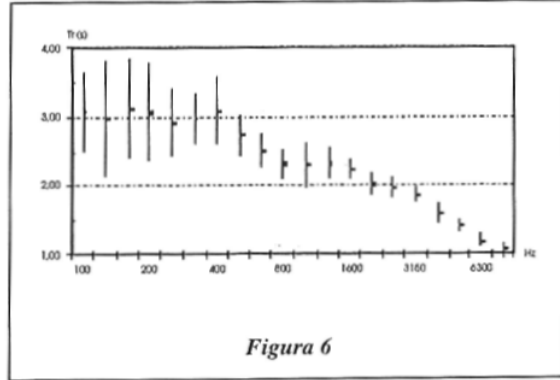


Figura 6

tomaron en consideración los coeficientes de absorción de los distintos materiales que componen la sala. El equipo acústico empleado ha consistido en una fuente sonora B&K mod 4224, un analizador portátil en tiempo real B&K mod 2144 junto con el equipamiento de micrófono, preamplificadores y trípode adecuados para realizar la medida, así como el software de acústica de edificios BKWT- 9343, y de acondicionamiento acústico Reverber [1] y [2].

La ubicación de los puntos de medida dentro de la sala se muestran en la figura 2. Se realizaron medidas en estos puntos para las dos posiciones de fuente indicadas. La posición 2 corresponde a la que en un principio ostentaba quien presidía las reuniones en esta sala.

Un estudio geométrico previo permite determinar cuales son las zonas de eco para cada una de las posiciones del locutor principal o fuente. Cuando el emisor está en el extremo del eje mayor de la sala (posición 2), el sonido llega con escasa diferencia de caminos tras las reflexiones laterales (1 y 5 m respectivamente). Al extremo opuesto llega el sonido directo y tres reflexiones de techo, una de ellas doble, con una diferencia de caminos que no supera los 3,3 m. Sin embargo como se observa en la figura 3 la mitad de la sala queda dentro de la zona de eco (con el criterio de 17m, o 50 ms, tiempo de resolución del oído) y además las distancias emisor-receptor son muy grandes por lo que se propone una reorganización de la sala de forma que el emisor se sitúe en la mitad del eje longitudinal, o posición 1.

En esta nueva posición del emisor, los puntos extremos reciben sonido directo y dos reflexiones de techo con diferencia de caminos menor que 10,2 m (30 ms, criterio exigible a salas destinadas a la palabra) y además esta disposición supone una disminución de la distancia emisor-receptor. A pesar de que siguen existiendo dos zonas de eco debidas a las reflexiones laterales tal y como se muestra en la figura 4, se considera esta posición como la óptima para el emisor ya que en conjunto las características acústicas así como las escénicas y operativas son ciertamente las mejores.

La figura 5 representa los niveles de presión medios, obtenidos para cada frecuencia en los 8 puntos donde se realizó la medida para la posición 1 del emisor, así como una estimación de la dispersión concretada en la semidiferencia de los valores extremos obtenidos para cada frecuencia en los distintos puntos. A la vista de la escasa dispersión parece deducirse un comportamiento con la frecuencia bastante similar en todos los puntos. Sin embargo en los intervalos correspondientes a las frecuencias centrales de 1000 Hz y los 1350 Hz aproximadamente se observa una caída inusual del nivel. Este rango de frecuencias se corresponde con longitudes de onda entre 0,35 m y 0,25 m que pueden ser absorbidas por materiales porosos de espesor 1/4 sobre base dura, es decir espesores de 8,5 y 6 cm que se corresponden con el asiento y el respaldo de los sillones de la sala y en consecuencia esta pudiera ser la explicación.

La variación del nivel de presión con la frecuencia puede ser debida a la presencia de modos propios de vibración distintos para cada frecuencia.

Finalmente, la figura 6 representa el Tr medio y su dispersión, para la posición 1 del emisor. Se observa una gran dispersión del Tr a bajas frecuencias, $f < 400$ Hz. Esto se corresponde con $l > 0,9$ m o sea, las ondas cuya longitud es del orden de magnitud de los objetos de la sala tales como sillas y mesas, lo cual puede influir en la distinta difusión de estas ondas en la sala. Por otra parte, para frecuencias medias-altas, la dispersión de unos puntos a otros es mucho menor y el Tr cae considerablemente a partir de los 500 Hz. Así mismo a partir de dicha frecuencia el Tr se puede considerar homogéneo en toda la sala para cada frecuencia.

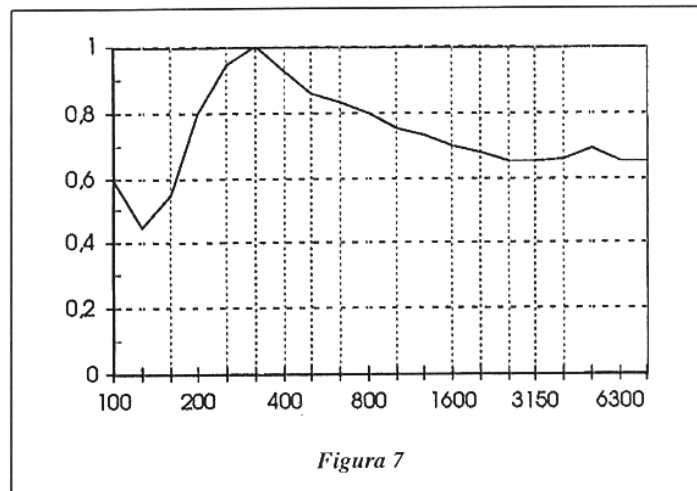


Figura 7

Como puede apreciarse, el tiempo de reverberación medido excede para todas las frecuencias al tiempo óptimo T_o , que en primera aproximación y de acuerdo con la ecuación $T^2 = \gamma V(1/3)$ con $\gamma = 0,075$, resulta ser $T^2 = 0,71$ s.

Considerando que la sala pudiera utilizarse ocasionalmente para otras actividades y, dado que existen otros criterios distintos del adoptado a partir de esta fórmula que darían lugar a valores óptimos del Tr algo mayores, en adelante entenderemos que para 500 Hz el Tr debería ser del orden de 1 segundo.

Es importante tener presente que los Tr medidos son con sala vacía, y que al encontrarse la sala ocupada los tiempos serán algo menores.

Todo lo anteriormente expuesto referente al nivel de presión y al Tr es igualmente válido para la posición 2 del emisor, ya que los resultados son muy similares.

CONCLUSIONES

De lo comentado en los apartados anteriores parece desprenderse que el objetivo que se debe perseguir para garantizar una mejoría sensible de la acústica de la sala, es el de reducir el tiempo de reverberación hasta un valor de aproximadamente 1 segundo. Dado que dicho Tr varía desde algo más de 3 segundos, para las frecuencias graves, hasta aproximadamente 1,5 s en las agudas, no se puede actuar de igual forma en todas las frecuencias. Será por tanto preciso disponer de un material con una curva de absorción selectiva, bastante mayor para las frecuencias graves y muy pequeña para las agudas, ya que la corrección del Tr a altas frecuencias debe ser muy pequeña.

Por todo lo expuesto para mejorar la distribución energética sobre la sala y para rebajar el tiempo de reverberación se propone la incorporación de material absorbente, con las características de absorción mencionadas, al menos en dos superficies contiguas y si ello es posible en tres de las superficies de la sala que intersecten formando un triedro.

Uno de los materiales que se oferta en el mercado, que no es muy costoso y que, si bien no se adecúa plenamente a las exigencias estipuladas, puede ser utilizado es el que tiene por curva de absorción la representada en la figura 7. Seleccionando este material y realizando los cálculos se obtiene que es necesario recubrir una superficie total de 140 m^2 . Por razones operativas se seleccionaron las dos paredes ciegas y el área ciega de la partición vertical que separa la sala del pasillo.

Valiéndose del software de acondicionamiento acústico Reverber es posible estimar la superficie necesaria de material absorbente, en función de su curva de absorción, para obtener un tiempo de reverberación que se aproxime al óptimo para cada sala en estudio. En el caso concreto que nos ocupa, suponiendo un material cuya curva de absorción varíe suavemente desde 0,5 a 125 Hz hasta aproximadamente 0,25 a 4 kHz, se estima que se necesitarían unos 240 m^2 de dicho material para reducir el Tr hasta aproximadamente 1 s en las frecuencias centrales. Dado que existen diversos fabricantes en el mercado capaces de suministrar productos de estas características, en principio no se propone ningún producto específico sino que se

entiende que cualquiera que reúna las características acústicas adecuadas es válido para el acondicionamiento.

Así mismo se sobreentiende que la cantidad de material absorbente necesario depende fundamentalmente de la curva de absorción del material, por lo que podrían adoptarse otras soluciones que exigieran una menor cantidad de un material absorbente de otras características. Por ejemplo podrían forrarse las paredes ciegas (de 25 m² cada una) y parte de las otras dos paredes hasta la altura del dintel de la puerta (aprox. 24 m² más) de un material con absorción entorno a 0,5 para frecuencias medias, añadir una alfombra vegetal central de unos 52 m² y colgar un gran tapiz (o sustituir las cortinas existentes) ante el ventanal que da al exterior del edificio. Con esto se reduciría el tiempo de reverberación hasta un valor entorno a 1 segundo de 500 Hz a 4kHz, aunque tanto a muy bajas como muy altas frecuencias seguiría siendo excesivamente elevado (entre 1.5 y 2 s.).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Sánchez J.I. et. al. "Elaboración de un software para el acondicionamiento acústico de locales (I)". Montajes e Instalaciones ; marzo 1993, pp 105-108.
- [2] Sánchez J.I. et. al. "Elaboración de un software para el acondicionamiento acústico de locales (y II)". Montajes e Instalaciones ; agosto 1993, pp 45-48.
- [3] Josse, R. La acústica en la construcción. G. Gili, Barcelona (1975).
- [4] Llopis, A. et al. "The effect of floor slope on speech intelligibility in rectangular rooms". ICA 12, E 10 - 6.
- [5] Wernly, J. A. "Tiempo de reverberación en recintos prismáticos" ;Revista de Acústica, IX (1 y 2), 8 - 12, (1978).