

ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE UN PALACIO DE DEPORTES

Recuero, M.; Gil, C.; Sobreira, M.; Grundman, J.

Departamento de Ingeniería Audiovisual y Comunicaciones
Universidad Politécnica de Madrid
Crta. de Valencia, Km.7 (28031 Madrid)

INTRODUCCIÓN

Una de las características que se viene repitiendo con mucha frecuencia a lo largo de los últimos años, es el empleo de diferentes tipos de recintos, que han sido diseñados para cumplir una función determinada, pero que permiten grandes concentraciones humanas, como locales para actividades de tipo artístico. Entre estos podemos mencionar los Palacios de Deportes, Plazas de Toros, etc; en nuestro caso nos vamos a centrar en el primer tipo, que al existir en la mayoría de las capitales con capacidad para varios miles de espectadores, permiten desde su empleo para Orquestas Sinfónicas hasta para la actuación de conjuntos musicales.

Esta claro que las características acústicas de estos recintos en general son muy deficientes ya que por su uso las exigencias son pequeñas. Así mismo poseen regulares instalaciones electroacústicas que se emplean sólo para la emisión de mensajes.

Nuestro trabajo ha consistido en el estudio del Palacio de Deportes de Sevilla, sus características acústicas, y a partir de los datos obtenidos hemos propuesto tanto soluciones acústicas como electroacústicas que se han seguido, obteniendo unos resultados bastante satisfactorios, teniendo en cuenta las dificultades que presentan.

OBJETIVOS

Considerando que se iba a celebrar un importante acto musical con una duración ininterrumpida de 24 horas, se efectuaron medidas del acondicionamiento acústico:

- 1º **Tiempo de reverberación.** Se efectuaron medidas en 12 posiciones diferentes, tanto en las gradas como en la pista, obteniéndose los valores en tercios de octava, realizándose 20 medidas (de 100 a 8.000Hz) por cada posición del micrófono.
- 2º **Nivel de ruido ambiental.** Se han realizado medidas para las posiciones anteriormente mencionadas, los valores obtenidos han sido en tercios de octava.

INSTRUMENTAL EMPLEADO

El equipo empleado cumple todas las normas y recomendaciones de la Organización Internacional de Normalización, estando formado por las siguientes unidades:

- Fuente sonora, marca B&K; tipo 4224
- Micrófonos de 1/2 pulgada, marca B&K; tipo 4416
- Preamplificadores, marca B&K; tipo 2619
- Registrador gráfico, marca B&K; tipo 2307
- Registrador de bobina abierta, marca UHER; tipo 4200
- Preamplificador de entrada, marca CELL; tipo 173/2

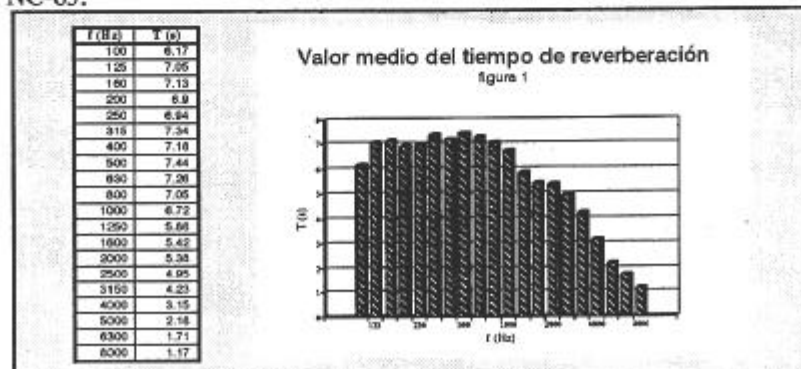
RESULTADOS EXPERIMENTALES

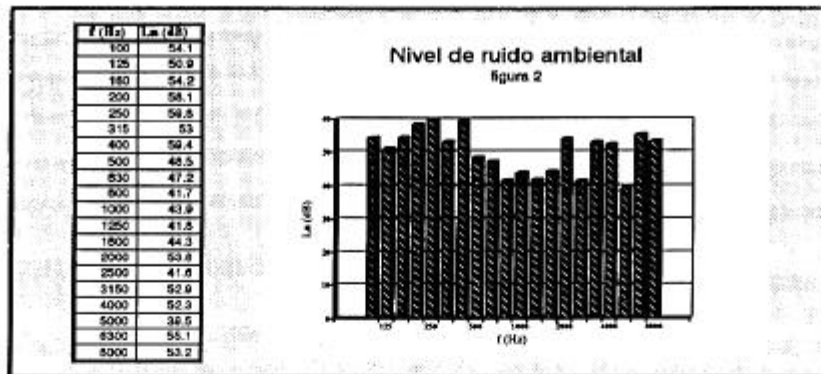
En la disposición de la fuente sonora, así como de los micrófonos se tuvo en cuenta la recomendación dada por la norma ISO 3382/1975 referida a la medida del tiempo de reverberación en auditorios. En el analizador acústico de edificios, B&K 4418, el número de muestras tomadas fue de una, el tiempo de reverberación promediado de 5 segundos, siendo el rango de caída sobre el que se midió el de 20 dB por considerarlo el más significativo con relación a la apreciación subjetiva, aunque en algunos casos se efectuó sobre el rango de 40 dB con la finalidad de verificar las diferentes etapas de caída de la señal sonora. La fuente sonora actuó con un nivel de 10 dB y 5 dB en el potenciómetro.

La fuente sonora se situó en la posición que corresponde a la posición y altura del escenario, que se había montado para el acto musical. El micrófono se situó en las posiciones: 1 (fila 7, asiento 55), 2 (fila 7, asiento 11), 3 (centro pista), 4 (a una distancia de la fuente sobre el eje de 8m), 5 (a una distancia de la fuente sobre el eje de 6m) y 6 (a una distancia de la fuente sobre el eje de 4m).

Como el Palacio es simétrico sólo se tomaron datos sobre una de sus partes. Con el fin de conocer mejor las etapas de caída del proceso de disminución del nivel de presión sonora en el local, para obtener mayor número de datos sobre la influencia de las diferentes superficies interiores del Palacio sobre el campo sonoro obtenido, se registraron los niveles en el magnetófono UHER siendo analizados posteriormente. Las posiciones del micrófono fueron las siguientes: 7 (en el centro o al final de las gradas), 8 (fila 19, asiento 27), 9 (fila 19, asiento 52), 10 (fila 19, asiento 57), 11 (fila 9, asiento 27) y 12 (en la pista al fondo). En la Figura.1 se representa el valor medio del tiempo de reverberación.

Con relación al nivel de ruido ambiental medido se representan los datos en la Figura.2. Los índices encontrados de valoración de ruido corresponden al NR-65, NC-65 y PNC-65.

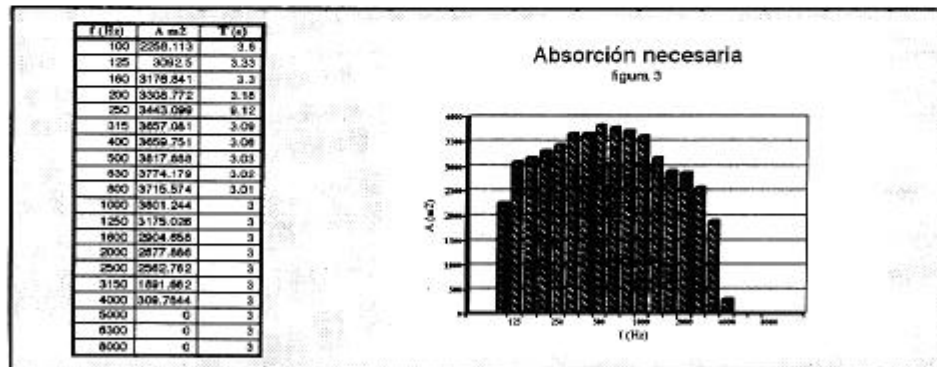




SOLUCIÓN PROPUESTA

De la literatura correspondiente a recintos multiuso se deduce que el tiempo de reverberación recomendado debe ser superior a 1,5s e inferior a 3s dado que el local tiene unas dimensiones de 55,95 m² pista y altura 18 m (V = 121.220 m³). El comportamiento recomendado con la frecuencia es el siguiente: a partir de la banda de 1.000Hz se mantiene constante hasta las frecuencias más altas; para las bajas frecuencias el tiempo de reverberación idóneo va creciendo proporcionalmente desde la banda de 1.000Hz hasta la de 100 Hz, donde el crecimiento es de un 20% en relación con el valor en la banda de 1.000Hz.

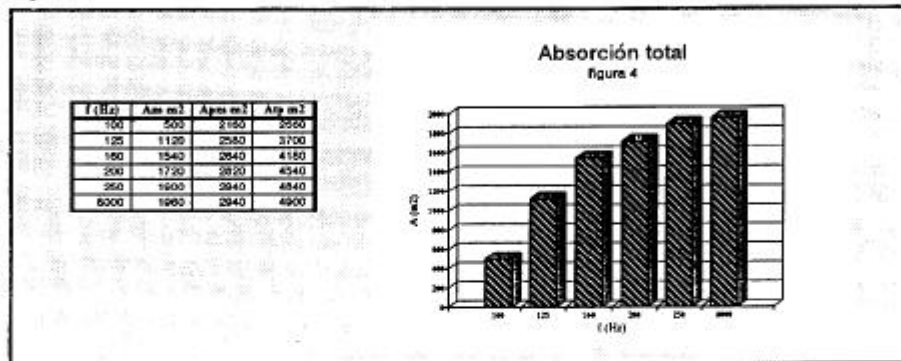
De acuerdo con esto sólo en las bandas de 5.000, 6.300 y 8.000 Hz el tiempo de reverberación medido es inferior al recomendado, esto se debe a la absorción producida por el aire y por tanto no es controlable de un modo acústico. Lo que sí se puede controlar es la absorción necesaria en las bandas inferiores a 4.000 Hz. Los valores (figura 3) se han obtenido a partir de la expresión:



$$A = 0.161 V \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad [m^2]$$

donde V es el volumen (m³), T₂ es el tiempo de reverberación necesario (s) y T₁ es el valor medio del tiempo de reverberación medido (s).

Una absorción de este tipo sólo la presentan los sistemas resonantes que son de difícil ejecución y de gran mano de obra, que en este caso los hace económicamente prohibitivos llevando un tiempo del que no se dispone. Como consecuencia de lo anteriormente expuesto y teniendo en cuenta el valor del tiempo de reverberación y de la absorción necesaria, se propone como solución el emplear un material de fibra de vidrio PE-160V de 5 cm de espesor, con velo de vidrio para facilitar la sujeción y que no desprenda partículas. Se debe cubrir el techo con 2.000 m² de material, en posición horizontal y formando ondas de ligera curvatura lo que evitará con el suelo la posible formación de ondas estacionarias. Así mismo en la pared vertical situada en frente de donde se coloca el escenario en pista, se suspenderá verticalmente el material desde la retícula del techo hasta una altura donde el público no lo pueda tocar y a una distancia de la pared de 0,5 m y no paralelo a la misma, sino formando un pequeño ángulo con la pared.



Se tendrá en cuenta también la capacidad de absorción de las personas: graderío fijo 3.550 personas, telescópico 2.132 personas, graderío desmontable 1.936 personas, pista 4.500 personas, es decir 12.118 personas.

En la Figura.4 se presenta la absorción de los 2.000 m² del material propuesto, así como la absorción debida a las personas considerando una ocupación media de 6.000 personas.

Con relación al sistema de refuerzo sonoro a emplear, en determinadas situaciones especiales se deberán suspender las cajas acústicas del techo, con una inclinación que de acuerdo con su diagrama de radiación envíe la señal acústica hacia las gradas, procurando que el campo a cubrir por cada sistema no sea muy grande. Así mismo, esto se reforzará con sistemas situados encima del escenario y a los lados del mismo, o bien distribuidos en la pista.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Mankovsky, V.S. "Acoustics of Studios and Auditoria" Ed. Focal Press Ltd. London 1971.
- [2] Knudsen, V.O. "Acoustical Designing In Architecture". John Willey & Sons, Inc 1950.
- [3] Kuttruff, H. "Room Acoustics". Applied Science Publishers, Ltd. 1973.