

MEDIDAS DE PARAMETROS ACUSTICOS DEL POLIDEPORTIVO DE LA UNIVERSIDAD DE NAVARRA. MODELIZACION Y AJUSTE CON LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Arana, M. ; Vela, A.

Laboratorio de Acústica. Dpto. de Física. Universidad Pública de Navarra.

INTRODUCCION

Es característico de las pistas centrales de polideportivos las grandes deficiencias acústicas, en especial en lo que concierne a la inteligibilidad de la palabra. Es cierto que la transmisión de la palabra no es el objetivo y uso principal de tales construcciones; sin embargo (y cada vez más) es frecuente el uso de tales recintos para acontecimientos culturales, espectáculos musicales o conferencias multitudinarias. Por medio de superficies variables de absorción, en función del acto a desarrollar así como de la ocupación del recinto, pueden mejorarse notablemente las características acústicas.

En el presente trabajo hemos realizado las medidas acústicas objetivas para la caracterización de la sala central del polideportivo de la Universidad de Navarra : distribución sonora, tiempos de reverberación y medida del índice RASTI para la inteligibilidad de la palabra. Posteriormente, modelizamos la geometría del recinto en programa Autocad para importarlo posteriormente desde Raynoise para validar la bondad de la modelización a partir de los resultados predichos por dicho tratamiento informático y los obtenidos experimentalmente. Finalmente, la validación de este procedimiento, permitirá ensayar propuestas de acondicionamiento.

1.- DESCRIPCION DEL LOCAL.

El local (figura 1) es un paralelepípedo de 50 x 44 m. de planta y 10 m. de altura, aproximadamente. El volumen neto interior es cercano a los 20,000 m³. Existen cinco gradas laterales de hormigón a ambos lados de su lado mayor con asientos sencillos de plástico con capacidad para 700 personas. Los materiales son los siguientes : suelo flotante de madera de roble de 2.5 cm. sobre doble rastrel, ladrillo cerámico macizo y ventanas de vidrio sencillo en paredes y panel perfrisa en parte superior de paredes y techo. Un pasillo lateral de 1.5 m. de ancho circunda todo el recinto por encima de las gradas.

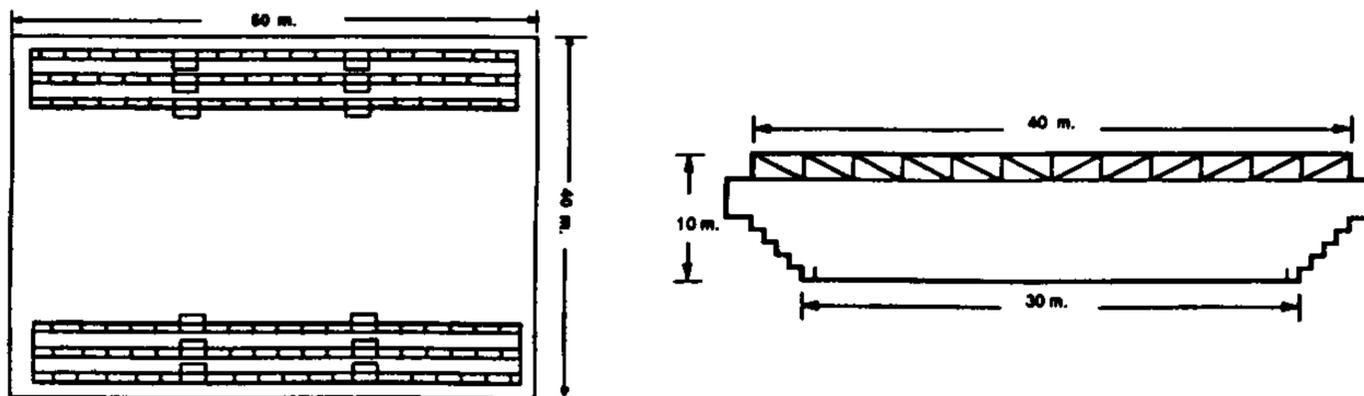


Fig 1.- Planta y alzado del recinto

Las dimensiones significativas para el cálculo del tiempo de reverberación en función de la frecuencia son, aproximadamente, las siguientes :

Volumen neto interior = 20,000 m³.

Superficies : madera = 1,330 m². ladrillo = 550 m². perfrisa : 2,600 m². hormigón = 1,200 m² vidrio = 200 m². plástico = 80 m².

Con estos valores y los correspondientes coeficientes de absorción, los tiempos de reverberación predichos (tanto vacío como con ocupación de 700 espectadores) son los siguientes :

Fr(Hz.)	125	250	500	1 K	2 K	4 K
Tr (vacío) (s.)	17.9	17.2	16.6	14.3	11.9	8.4
Tr (ocup) (s.)	5.4	5.6	5.5	5.9	5.3	4.3

Se ha utilizado la fórmula de Sabine en ambos casos. La fórmula de Millington da unos tiempos de reverberación un segundo inferiores para el segundo caso.

2.- RESULTADOS EXPERIMENTALES.

Llevamos a cabo medidas de distribución sonora, tiempos de reverberación e índice RASTI con el recinto vacío. El equipo utilizado fué el siguiente : fuente sonora 4224, sonómetro 2231, filtros 1625 , módulo 7104 y medidor de transmisión de la voz tipo 3361, todo ello de B&K.

Bajo excitación puntual de ruido rosa, la distribución sonora es muy uniforme, como corresponde a un local altamente reverberante. Los niveles sonoros de toda la zona de asientos se encuentran en el reducido margen de 2 dB(A).

Medimos el tiempo de reverberación en diversos puntos, tanto para los primeros 10 dB de caída (EDT) como para los primeros 20 dB (Tr20). Los resultados son similares por ambos métodos así como para las distintas posiciones. Los valores medios obtenidos, en función de la frecuencia, fueron los siguientes :

Fr(Hz.)	125	250	500	1 K	2 K	4 K
Tr (s.)	3.4	6.4	7.3	7.3	5.9	3.7

Estos valores son muy inferiores a los previstos por la teoría. Sin embargo son similares a los medidos experimentalmente en recintos análogos (1). Los bajos coeficientes de absorción difieren notablemente de unas referencias a otras y pueden admitirse diferencias para los tiempos de reverberación tan notables como las señaladas en altas frecuencias. Sin embargo, las diferencias en las bajas frecuencias (para 125 Hz. el tiempo de reverberación medido es de 3.4 s. frente a los 17.9 s. que ofrece la fórmula de Sabine) no creemos que sean atribuibles a la misma causa. Suponemos (esperamos confirmar esta hipótesis en un posterior trabajo) que existen zonas en este tipo de locales que actúan como resonadores con efecto de filtro acústico para dichas frecuencias. En nuestro caso, podría atribuirse este efecto al pasillo lateral, dadas sus dimensiones. Este efecto no será puesto de manifiesto por el software de análisis acústico utilizado al estar basado el mismo en la teoría de rayos, obviando fenómenos ondulatorios..

Las medidas del índice RASTI aportan valores en torno a 0.25 en toda la zona de asientos, valor muy deficiente aunque las medidas fueran tomadas con recinto vacío. Tan reducida inteligibilidad es debida a los elevados niveles de reverberación puesto que los resultados obtenidos con nivel de referencia y con nivel 10 dB superior en el equipo emisor son prácticamente idénticos.

3.- RESULTADOS RAYNOISE.

Modelizamos el recinto en Autocad 12.0 con un total de 100 elementos de superficie, discriminando con gran precisión gradas, pasillo, puertas, etc. Utilizamos dos simplificaciones que estimamos razonables; no discriminamos asientos individuales (se sustituyeron por 10 filas continuas) y obviamos la estructura metálica superior puesto que su volumen y superficies son despreciables para el cálculo de volumen neto y absorción del local.

El programa Raynoise importa el mallado realizado en Autocad. Aunque Raynoise permite realizar el mallado (previa introducción de nodos y posterior conexión de los mismos para definir los elementos) el procedimiento es mucho más rápido con un programa de dibujo. A continuación se asignan materiales a los grupos de elementos seleccionados, se definen las fuentes acústicas con sus características (posición, orientación, niveles de potencia y directividad) así como el ruido de fondo del local. La precisión del cálculo deseado se establece mediante el número de rayos utilizados y el orden de reflexiones. Las superficies receptoras que definimos contienen los puntos de medida experimentales.

Los resultados obtenidos para la distribución sonora concuerdan perfectamente con los medidos experimentalmente. Además, con un reducido número de rayos (lo cual disminuye considerablemente el tiempo de computación) los resultados son muy satisfactorios.

Respecto a la reverberación del local, el programa Raynoise puede utilizar dos técnicas diferentes. La primera de ellas calcula el EDT por extrapolación de la caída del nivel sonoro obtenido a través de ecograma (gráfico que muestra, en función del tiempo, los niveles sonoros de los rayos que van llegando al punto de medición). Tal extrapolación resulta muy drástica, especialmente en locales reverberantes y los resultados obtenidos son ilógicos; correspondientemente, los resultados aportados para el STI no son fiables.

La segunda opción para el cálculo del tiempo de reverberación está basada en el cálculo previo del recorrido libre medio de los rayos, junto con los coeficientes de absorción medios en función de la frecuencia. Estadísticamente, el recorrido libre medio se relaciona con la superficie interior y el volumen del recinto (2). Este procedimiento debe predecir, lógicamente, resultados similares a los teóricamente predichos por la fórmula de Sabine. Los resultados aportados para el tiempo de reverberación en función de la frecuencia por este segundo método son los siguientes :

Fr(Hz.)	125	250	500	1 K	2 K	4 K
Tr (s)	18.3	17.8	15.5	12.3	11.9	10.6

Con un recorrido libre medio de 10.7 m.

Estos resultados concuerdan satisfactoriamente con los previstos inicialmente.

4.- CRITICA

En primer lugar, debemos destacar la enorme discrepancia entre la reverberación predicha por la teoría y la realmente existente en locales de estas características, especialmente en la zona de bajas frecuencias. Esto ha de atribuirse a una (o ambas) de las dos causas siguientes:

- a) Valores incorrectos de los coeficientes de absorción utilizados para el campo acústico establecido en el local.
- b) Efectos de filtrado acústico originados por la geometría.

En nuestro local podemos calcular los coeficientes de absorción medios efectivos, conociendo el volumen, superficies y los tiempos de reverberación experimentales. Los

valores se obtienen a partir de la fórmula $\bar{\alpha} = \frac{0.161 V}{T_r S_T}$ Los resultados son los siguientes

Fr(Hz.)	125	250	500	1 K	2 K	4 K
$\bar{\alpha}$	0.16	0.08	0.07	0.07	0.09	0.15

Estos deben ser los coeficientes de absorción medios a utilizar ante cualquier posible acondicionamiento acústico.

Respecto al software de tratamiento acústico utilizado (asumiendo de partida la limitación que implica un tratamiento esencialmente geométrico del fenómeno, obviando efectos típicamente ondulatorios como la interferencia) creemos que constituye una potente herramienta para el acondicionamiento acústico de locales a utilizar en el diseño previo de los mismos; esperando que se depuren los ligeros errores detectados que nos han impedido ensayar propuestas de acondicionamiento.

5.- ACONDICIONAMIENTO

Diversas referencias (3,4) coinciden en asignar un tiempo de reverberación óptimo para un local de nuestras características en torno a 3,8 - 4 s. para frecuencia central de 500 Hz.; es decir, casi la mitad del que realmente posee. Para esta frecuencia central, el aporte necesario de absorción es de unos 350 sabines. Es claro que el planteamiento inicial es una distribución uniforme de la absorción añadida, pero no es posible (ni necesario) en este caso. Para el uso deportivo no puede modificarse el suelo de la cancha y para actos masivos ello no es necesario puesto que la cancha está ocupada por espectadores. La solución que estimamos más razonable es la colocación de paneles colgantes absorbentes intercalados en la estructura metálica.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Estudio de las condiciones acústicas del pabellón polideportivo municipal de Gandía.
Romero, J; Faus, L.J. Jornadas Nacionales de Acústica. pp 145-148, Pamplona 1992.
- (2) Kosten, C.W. Acústica, 10 (1960).
- (3) Maitrise de L'acoustique dans les equipments de sports
Secretariat d'Etat à l'Environnement. Norme Française P. 90-270 (1986)
- (4) Principles and Applications of Room Acoustics. Vol 1. Cremer, L; Müller, H.A.
Applied Science Publishers. Londres 1982.