

Diseño acústico de un auditorio al aire libre

Recuero, M., Gil, C. y Sancho, J.

E.U.I.T. Telecomunicaciones. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de ingeniería Audiovisual y Comunicaciones. Ctra. de Valencia, Km 7, 28031-Madrid. E-mail: mrecuero@sonsoles.diac.upm.es

INTRODUCCIÓN

La construcción de auditorios al aire libre es una de las soluciones que las autoridades están dando para resolver las carencias de espacios para las representaciones teatrales y las ejecuciones musicales. Estos recintos, que se desea que sean polivalentes, presentan problemas de tipo acústico que deben ser solucionados en la etapa de diseño:

- a) El ruido ambiental.
- b) La atenuación del sonido con la distancia.

El ruido ambiental en el entorno de un auditorio no va a ser, generalmente, reducido. Las autoridades, para facilitar la llegada de los asistentes a los eventos que en él vaya a realizarse, suelen planificar la ubicación de estos recintos en lugares de fácil acceso, lo que suele equivaler a fácil acceso en automóvil. Esto hace que se lleve el ruido de tráfico hasta los límites mismos del auditorio.

Las ondas sonoras al propagarse van reduciendo su intensidad a medida que se alejan de la fuente sonora. La presencia de espectadores en filas anteriores a una dada, si su diferencia de altura no es la adecuada, puede originar atenuaciones, variables con la frecuencia, indeseables.

Para solucionar estos problemas, el arquitecto y el especialista en acústica emplean una serie de recursos, de los cuáles expondremos algunos a continuación y que aplicaremos al diseño de un auditorio real, nos referiremos a la instalación conocida como "El torreón", sita en Pozuelo de Alarcón (Madrid). Las secciones, en planta y perfil, del auditorio se pueden ver en las figuras 1 y 2.

RUIDO AMBIENTAL EXTERIOR

El ruido ambiental en el entorno de un auditorio, como ya hemos apuntado, no va a ser, en general, reducido. Para el control del ruido que del entorno pasa al auditorio, el arquitecto debe hacer que la construcción

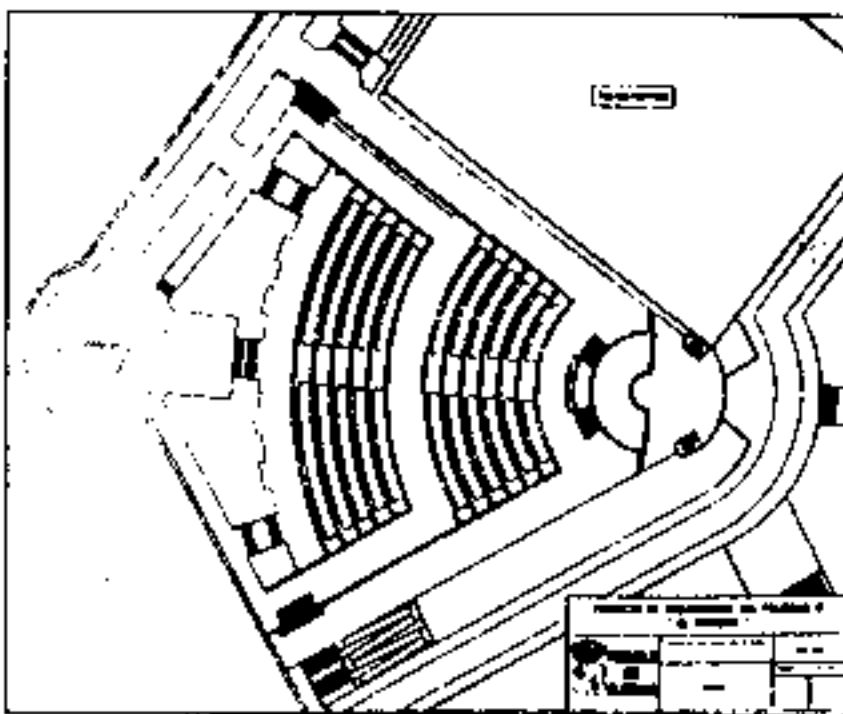


Figura 1. Planta del auditorio.

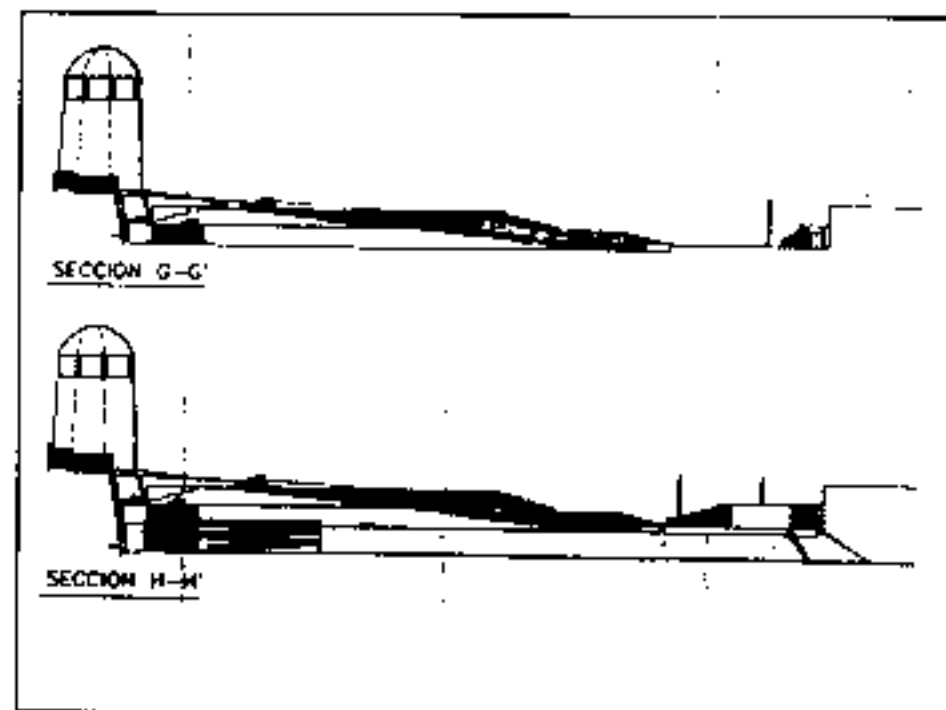


Figura 2. Sección transversal del auditorio.

se realice de tal modo que los límites del propio auditorio sirvan como pantallas acústicas que atenúen el ruido que pueda pasar al interior.

Para tener una idea del ruido existente en el interior del mencionado recinto, y que procede del existente en el exterior, se efectuaron medidas del nivel de ruido aéreo. Las medidas realizadas permitieron encontrar el nivel de ruido ambiental en tercios de octavas para 18 posiciones diferentes en el Auditorio, 6 situaciones equidistantes en la última fila, otras 6 en la fila central y 6 finales en la primera fila (figura 1).

Algunos de los resultados obtenidos se presentan en la tabla 1. En la primera se presenta los valores en tercios de octava, desde 100 hasta a 8.000 Hz, y en las columnas siguientes el nivel de ruido ambiente de algunos de los 19 puntos de medida. Los valores que aparecen como -16 indican que el nivel de ruido ambiental medido en ese tercio de octava, y en el punto correspondiente, son inferiores a 20dB, nivel para el cual el equipamiento de medida no puede determinar con precisión su valor cuantitativo.

Niveles de presión sonora debidos al ruido en algunos puntos del interior del auditorio.											
F Hz	PUNTOS DE MEDIDA Y NIVELES DE PRESION SONORA										
	2	7	10	11	12	13	14	15	16	17	18
100	57,8	64,6	62,2	54,4	55,5	58,8	58,4	57,8	59,3	58,7	69,6
125	53,7	57,4	61,1	50,6	49,5	47,5	60,9	73,5	52,3	51,0	73,0
160	53,2	55,0	59,7	54,7	44,5	47,4	58,0	65,8	59,8	56,7	65,9
200	54,0	52,8	54,9	46,8	51,7	48,3	52,2	60,7	59,6	48,4	65,1
250	53,9	44,4	47,0	43,6	47,4	44,1	42,8	52,5	60,6	59,6	61,3
315	52,1	43,3	45,1	57,0	45,0	42,0	41,0	45,9	54,9	52,6	54,3
400	54,0	44,2	45,7	38,7	42,2	46,7	39,5	39,9	52,4	42,0	60,1
500	54,3	52,8	39,2	37,6	41,5	41,9	39,5	43,8	49,0	54,2	45,8
630	53,8	54,8	39,0	41,4	39,4	43,4	39,8	41,2	41,1	44,0	46,5
800	52,2	38,9	40,1	45,7	39,3	40,3	39,9	36,6	47,0	38,4	42,1
1000	49,1	39,4	38,9	39,8	43,1	39,1	38,9	36,9	39,0	43,4	41,1
1250	49,7	41,1	37,7	36,1	37,8	36,3	35,6	36,0	37,0	38,6	43,2
1600	49,8	36,5	34,6	35,1	37,2	33,3	34,4	36,0	37,8	37,4	38,1
2000	50,4	34,6	32,7	31,6	33,5	32,4	30,0	35,2	35,0	40,8	35,8
2500	52,2	36,4	28,5	33,0	30,9	29,2	28,1	29,5	28,7	41,8	30,2
3150	53,7	39,8	27,6	24,8	31,1	25,0	25,6	26,8	25,6	38,3	27,7
4000	52,7	28,1	25,4	23,6	25,6	23,3	28,4	34,8	24,5	31,2	27,0
5000	51,7	22,7	24,0	20,0	22,4	25,7	23,2	20,4	24,2	26,7	21,7
6300	47,8	23,6	24,0	-16	20,2	-16	22,6	-16	-16	24,3	23,0
8000	45,3	22,3	20,8	-16	-16	-16	20,5	25,1	-16	21,0	-16

Tabla 1

Los niveles máximos de ruido admisibles en este tipo de recintos, para considerarlos adecuados, no debería sobrepasar los 40 dB; la desviación standard debería ser pequeña y los ruidos ocasionales fuertes no deberían aparecer, y si aparecen no deberían alcanzar los 60dB un par de veces por hora.

Como se aprecia de los datos recomendados, así como de los datos medidos, el nivel de ruido ambiental es superior al recomendado; aunque, una de las fuentes de ruido se puede controlar, es el caso de un gimnasio que está en las proximidades de tal manera, que cuando funcione el auditorio en el gimnasio no debe emplear el sistema de refuerzo sonoro, o bien que lo emplee a un nivel más bajo. Otra de las fuentes de ruido es el centro comercial "El Torreón", parece aconsejable, en este caso, se sitúe una barrera formada por arbustos tipo arizónica.

En el diseño tanto de la Concha, como del sistema de refuerzo sonoro se deberán tener en cuenta estos datos para hacer las condiciones de audición sean las adecuadas tanto para palabra como para espectáculos musicales.

CONCHA REFLECTORA

La reducción de los efectos de la atenuación del sonido con la distancia se puede conseguir aplicando alguna, o todas, las soluciones que a continuación se exponen:

- a) Una cuidadosa selección del escalonado de las gradas.
- b) el diseño de una concha adecuada.
- c) la colocación de un sistema de refuerzo sonoro.

La construcción de gradas en escalón facilita la visión del espectáculo en el escenario siempre que el ángulo de visión sea el adecuado, forma una pantalla, la parte más elevada, contra el ruido exterior en los asientos inferiores y, si la diferencia de altura entre gradas consecutivas es la correcta, al igual que ocurre en los auditorios cerrados, la atenuación que producirán los espectadores de una fila sobre el sonido que llega a las filas posteriores puede ser despreciable. En el recinto ejemplo que se considera, de los planos se deduce que la diferencia de altura entre dos filas sucesivas no va a plantear problema.

La construcción de una concha tras y sobre el escenario va a formar una pantalla acústica que aislará a los ejecutantes del ruido ambiente exterior, lo que facilitará su concentración y la mejora de sus ejecuciones e interpretaciones. Aunque esto puede resultar beneficioso, la función básica de la concha es la de enviar sonido reflejado a aquellas zonas en las que el sonido directo se ha debilitado debido al camino recorrido. Debe cuidarse el que la cantidad de sonido que llega a una zona determinada de la audiencia aumente a medida que disminuya el sonido directo. Otro cuidado que se ha de tener en el momento de diseñar la concha es el de procurar que la diferencia en el tiempo de llegada de la señal directa y la reflejada no supere el umbral de eco. Este umbral de eco va a depender del tipo de señal que se genere en el escenario. Puesto que este umbral es más reducido para la palabra que para la música, se ha de tomar como referencia el de la palabra. El nivel de presión sonora de las reflexiones nunca podrá ser mayor que el de la señal directa, por lo que, como hipótesis más crítica se consideró que el nivel de ambas señales es el mismo, lo que lleva a considerar, de acuerdo con distintos autores, que la diferencia de llegada entre ambas señales no debe superar un período de 50 ms, si se desea que el número de personas que puedan sentirse molestas por el eco sea inferior al 50%.

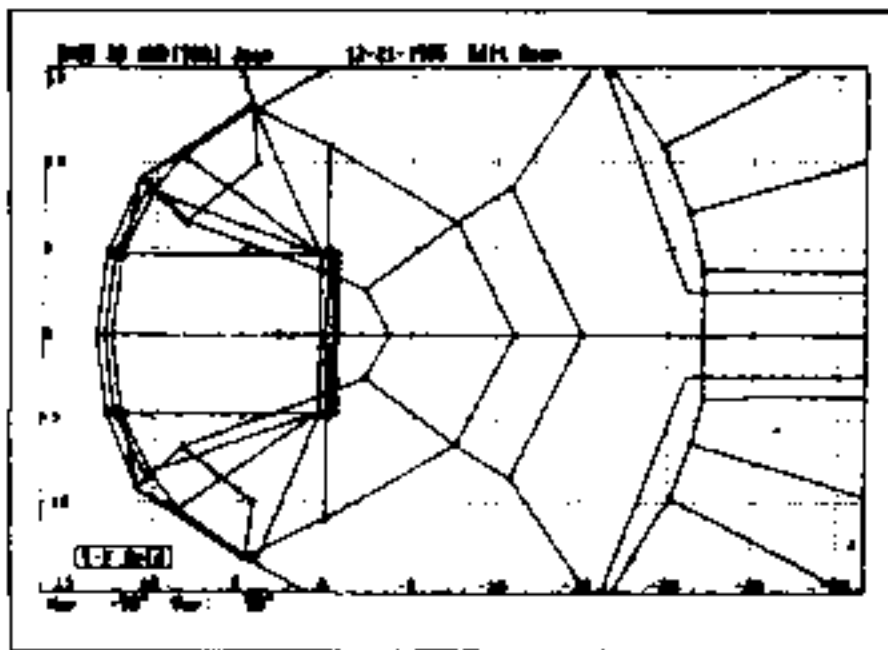


Figura 3. Planta del escenario con la concha

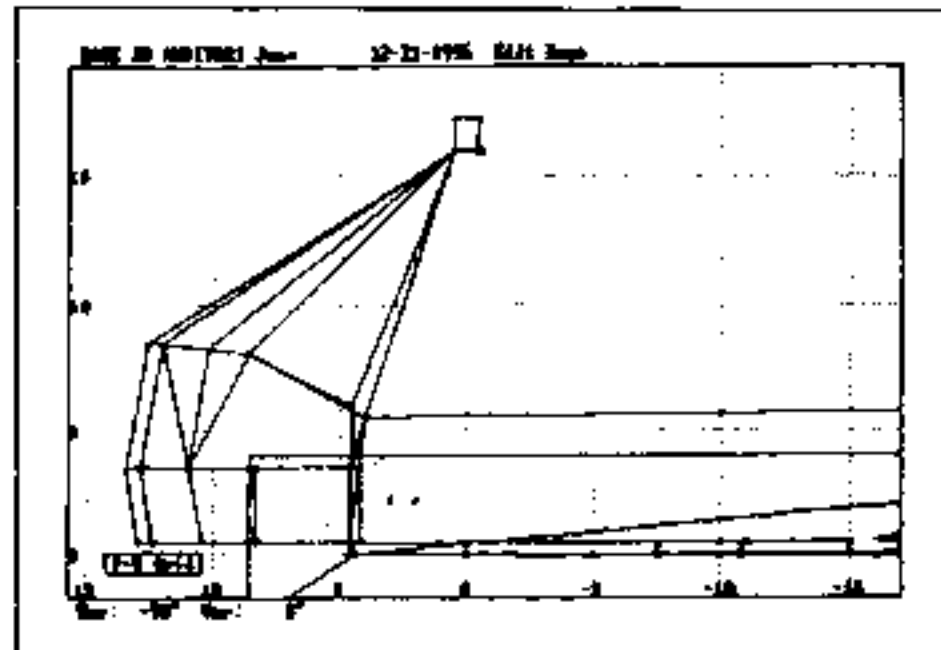


Figura 4. Sección transversal del escenario con la concha.

Teniendo en cuenta las condiciones arquitectónicas (figuras 1 y 2) existentes en las instalaciones ya nombradas y las acústicas (ya expuestas) se procedió al diseño, empleando la teoría geométrica, al diseño de una concha. Se realizaron varios diseños, cada uno de ellos se probó en un sistema de modelado por ordenador. Con la aplicación del programa de ordenador se pretendía averiguar si la distribución del sonido procedente de una fuente situada en el escenario era uniforme sobre la audiencia y si los retardos de las reflexiones mostrados por el programa se correspondían con los que previamente se habían calculado. De los diversos diseños el que aceptó el arquitecto es el que aparece, en planta y en sección, en las figuras 3 y 4. El reflectograma resultante para un punto de la audiencia se puede ver en la figura 5. En él podemos comprobar que la primera reflexión llega con un retardo inferior a 50 ms, lo que está de acuerdo con lo que se había considerado.

SISTEMA DE REFUERZO SONORO

No siempre en este tipo de recintos, el nivel, técnicamente adecuado, coincide con el que el público desea. En párrafos anteriores hemos hablado de ruido ambiente interior, ruido que superaba al recomendado. Además, en determinados eventos el ruido ambiente interior puede ser bastante mayor al recomendado e

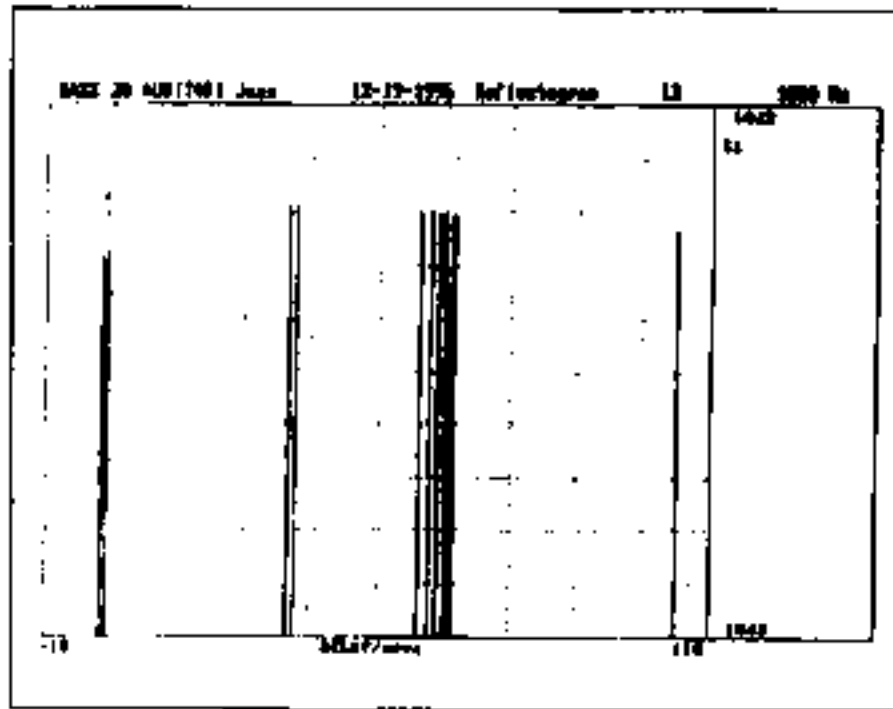


Figura 5. Reflectograma

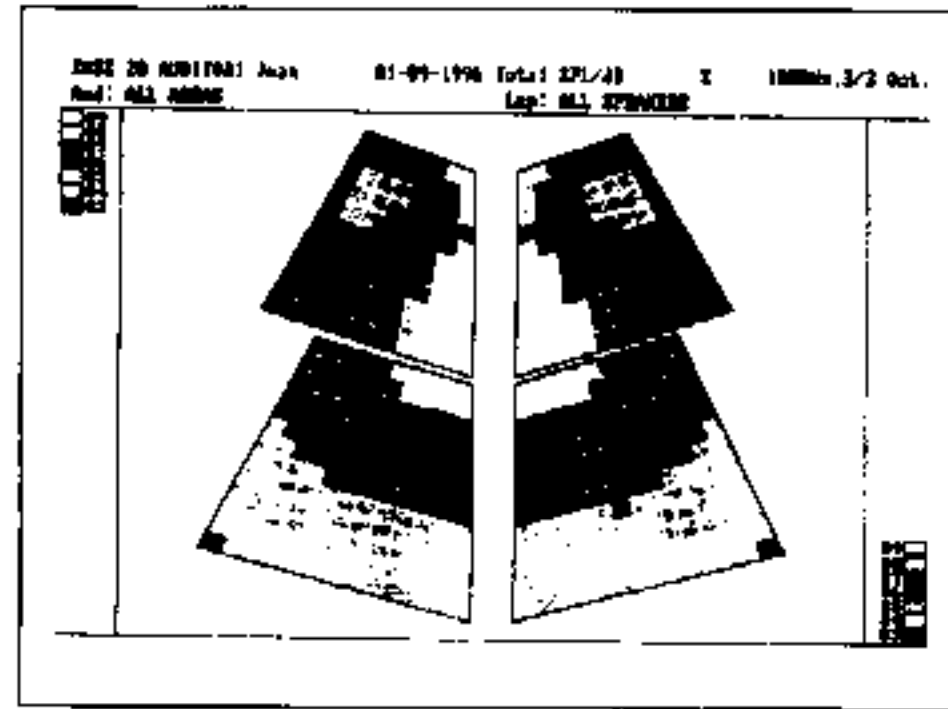


Figura 6. Distribución del nivel de presión sonora.

incluso superior al que del exterior pasa al interior. Este hecho lleva a que en este tipo de recintos multiusos sea imprescindible la colocación de un sistema de refuerzo sonoro. El sistema de refuerzo se diseñó teniendo en cuenta factores acústico y económicos. De acuerdo con estos factores, se diseñó un sistema formado por cuatro cajas acústicas, que para permitir una mayor disponibilidad en el escenario se situarían en la parte más alta de la concha, como puede observarse en la figura 4. Esta ubicación permite, además, una buena distribución sonora sobre la audiencia, evitando el posible acoplamiento con los micrófonos situados en el interior de la concha sobre el escenario. Por otra parte, una vez instalado el sistema de emisión y su cableado puede permanecer sin peligro de deterioro accidental. Las partes que formarían el sistema de refuerzo sonoro serían las siguientes: 4 altavoces, 3 etapas de potencia (dos con un tipo de características y otra con otras diferentes), 1 sistema de filtros, 1 mesa de mezclas, 5 micrófonos dinámicos. Con el equipamiento anteriormente mencionado se ha estudiado, en un programa de ordenador, la distribución del nivel de presión sonora. El estudio se realizó en bandas de octava, las comprendidas entre 125 y 8.000 Hz. En la figura 6 puede verse un ejemplo de este recubrimiento, el correspondiente a la banda de octava de 1.000 Hz. En él puede apreciarse que la mayor diferencia en el recubrimiento es de 5 dB, diferencia que parece razonable y que no podría crear problemas de escucha.