

# El Paraninfo de la Universidad de Alicante: Análisis del comportamiento acústico de una sala polivalente.

M. Yebra, M.J. Carpena, J. Vera, J.B. Fuentes

*Departamento de Física Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Alicante, España, [myebra@disc.ua.es](mailto:myebra@disc.ua.es)*

## RESUMEN

En la presente comunicación se estudia la calidad acústica del Paraninfo de la Universidad de Alicante con el objeto de analizar su comportamiento, teniendo en cuenta que en dicho recinto se desarrollan actividades tan diversas como claustros, conferencias, conciertos de estilos variados, obras de teatro, etc.

Se barajan algunos de los parámetros, más usuales, que caracterizan la respuesta acústica de la sala. Y así con relación a las distintas valoraciones que se pueden extraer de los indicadores de calidad acústica, se la evalúa, en términos generales, según sea su uso para palabra o musical.

## ABSTRACT

In this paper the acoustic quality of the Auditorium of the University of Alicante is studied in order to analyzing its sound behavior, keeping in mind that in this enclosure activities so diverse are developed as: cloisters, conferences, concerts of several musical ways, theater- plays, etc.

Some of the parameters that characterize the acoustics of the room are shuffled. And this way with relationship to the different valuations that can be extracted of the indicators of acoustic quality, evaluates it and the kind of use, speech or music.

## 1. INTRODUCCIÓN

Determinar el comportamiento acústico de una sala es complicado y en ocasiones ambiguo, ya que obedece a multitud de factores: unos dependientes directamente de la forma y de las características de absorción de los materiales empleados, otros relacionados indirectamente con el uso de la misma.

Para poder llevar a cabo un análisis cuantitativo, se han escogido una serie de parámetros tal que nos permitan evaluar el comportamiento del campo sonoro en el interior del recinto e identificarlo con las características que deben cumplir las salas según el tipo de funcionalidad. Dependiendo del tipo de sala y del uso que se le va dar, estos índices deben tener unos valores determinados para así poder augurar que su comportamiento acústico es más o menos aceptable.

Este trabajo se ha realizado a partir de medidas 'in situ', analizando desde un punto de vista comparativo, los valores calculados con los estimados como legítimos para una sala de estas características.

Los indicadores de calidad elegidos se pueden considerar de uso común en este campo, como son los relacionados con la respuesta impulsiva: el tiempo de reverberación, el brillo, la calidez, la definición, tiempo central, etc. Así como otros conectados con la distribución de energía sonora promediada en el tiempo: Niveles de presión sonora media, curvas espectrales, respuesta modal, análisis temporal, etc.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LA SALA

El Paraninfo de la Universidad de Alicante es una sala multiuso de volumen  $7440\text{m}^3$ , superficie en planta  $814\text{m}^2$  y capacidad para 886 personas.

La geometría de la sala así como la distribución de materiales en su interior quedan reflejados en la figura 1.

En esta sala hay materiales que tienen un grado absorción significativo, como son: Las butacas, el planché perforado del techo, las cortinas, el suelo enmoquetado y las paredes que están totalmente paneladas con tablero de madera a 10 centímetros de la fábrica.

- 1 tablero madera (14.8 x 7.8) m<sup>2</sup>
- 2 tablero madera (1 x 7.8) m<sup>2</sup> x 2 paneles
- 3 tablero madera (5.3 x 7.8) m<sup>2</sup> x 2 paneles
- 4 moqueta (2.1 x 7.8) m<sup>2</sup> x 2 paneles
- 5 tablero madera (7.1 x 7.8) m<sup>2</sup> x 2 paneles
- 6 moqueta (1.8 x 7.8) m<sup>2</sup> x 2 paneles
- 7 tablero madera (2 x 7.8) m<sup>2</sup> x 2 paneles
- 8 moqueta (2.86 x 7.8) m<sup>2</sup> x 2 paneles
- 9 tablero madera (13.7 x 7.8) m<sup>2</sup> x 2 paneles
- 10 cortina (7.67 x 11.8) m<sup>2</sup> x 2
- 11 tablero madera (3.92 x 11.8) m<sup>2</sup> x 2
- 12 cortina (13 x 11.8) m<sup>2</sup>
- 13 n° de butacas tapizadas 886

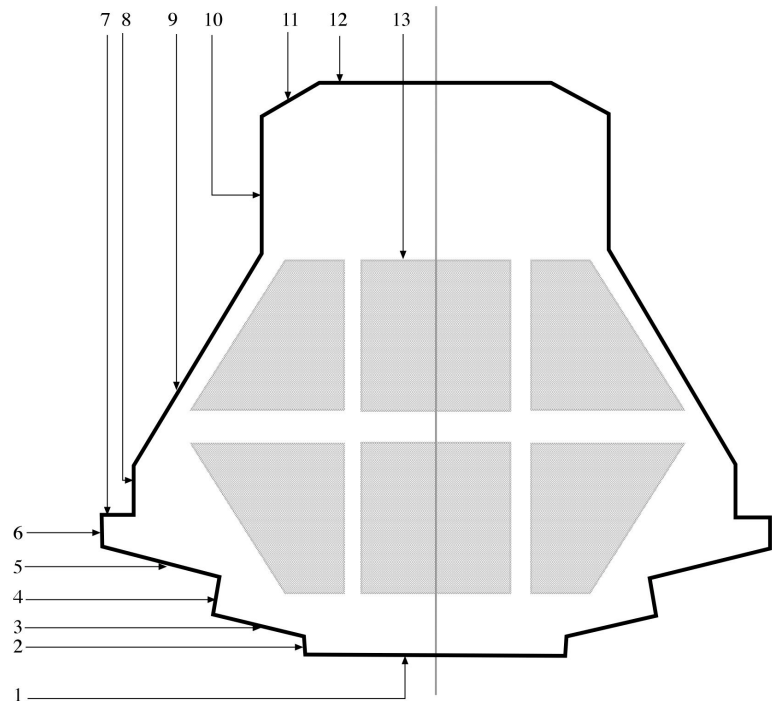


Figura 1 – Geometría y distribución de materiales del Paraninfo

### 3. MEDIDAS EXPERIMENTALES

Se realizaron una serie de medidas sobre distintos puntos situados en el área de la audiencia cuando la sala no estaba ocupada, como se pueden observar la figura 2.

El foco sonoro (fuente omni-direccional dodecaédrica, etapa de potencia, reproductor de CD, generador de ruido, pistola de fogeo) estaba ubicado sobre el escenario tal y como se presenta.

La toma de datos y grabaciones se ejecutaron con el sistema Symphonie.

El protocolo experimental consistió en la grabación simultanea en dos puntos colindantes de

las siguientes señales: ruido impulsivo, ruido blanco y un pasaje musical de origen anecóico.

Dada la simetría, se pueden ampliar los resultados a toda la sala, por lo que tan sólo se efectuó la campaña en la mitad derecha.

Una vez que se ejecutaron todas las medidas, se calcularon los parámetros que a continuación se muestran.

Aquellos casos en los que sea factible su expresión en modo de mapas de niveles, se podrá realizar el análisis en función de la posición de la audiencia dentro el auditorio. En cualquier otro caso, se intentará que la información se relativice de forma general

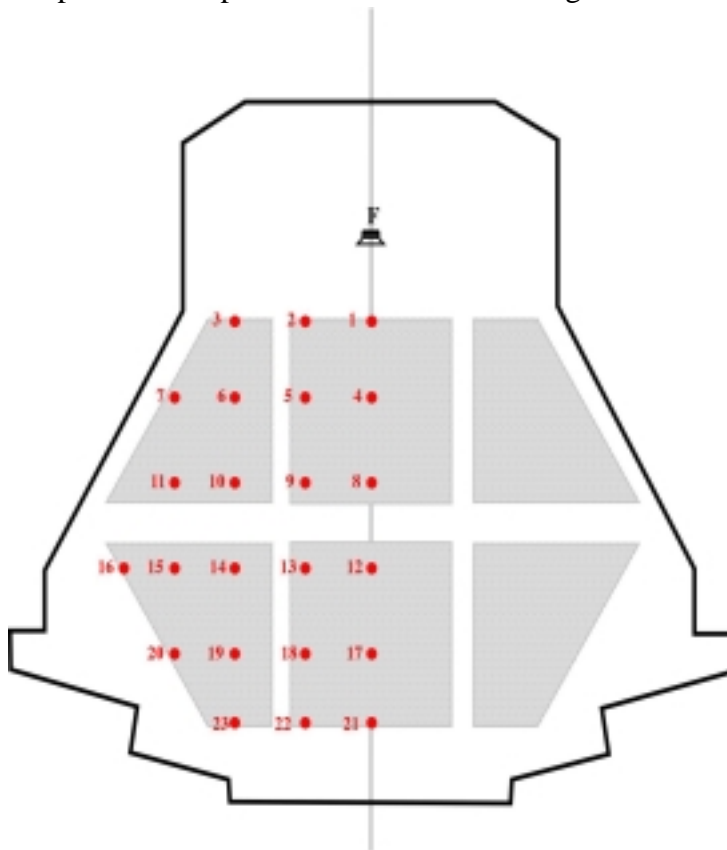


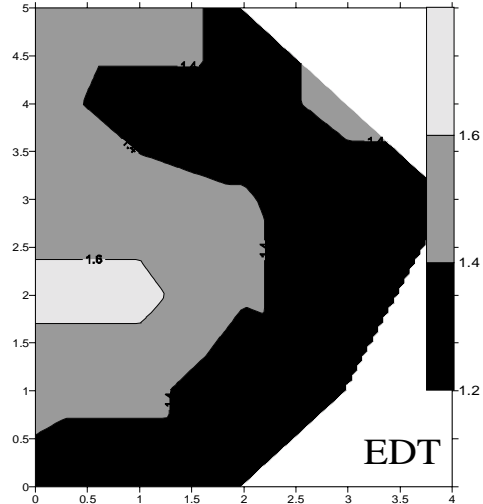
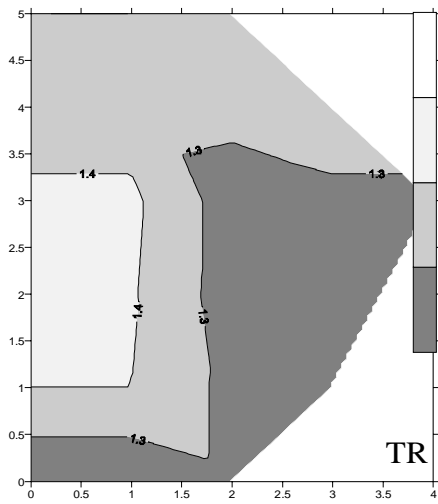
Figura 2 – Distribución de los puntos de medida.

### 4. RESULTADOS

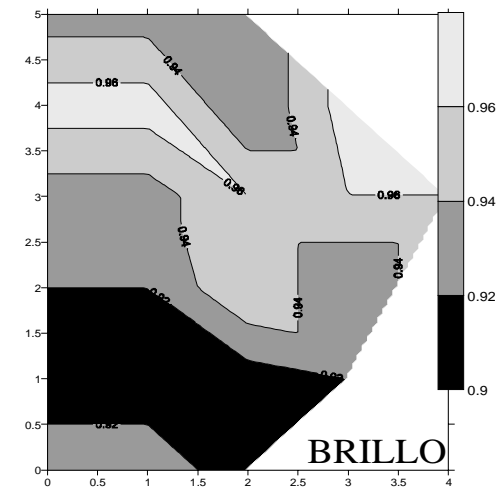
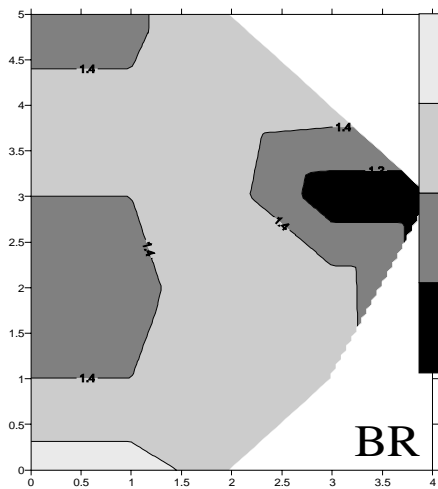
En este apartado se presenta una tabla con los valores de los parámetros calculados para cada uno de los puntos presentados en el plano de la figura 2 y sus correspondientes mapas de niveles. En ellos se puede observar de forma comparativa los resultados para cada una de las posiciones.

**Tabla 2 – Resultados de los parámetros analizados**

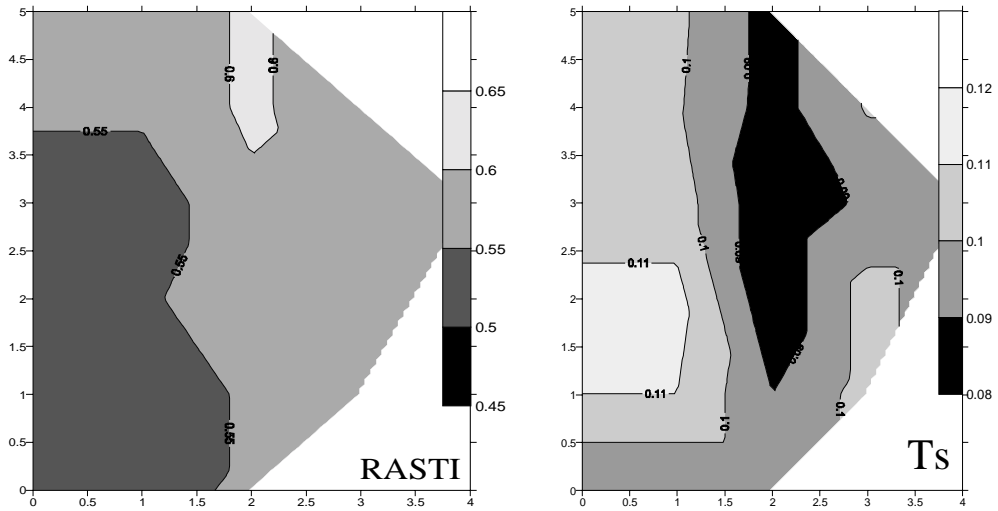
	1/2	4/5	3/6	7/11	8/9	10/14	12/13	15/16	17/18	19/23	21/22
TR	1.21	1.40	1.27	1.30	1.41	1.25	1.42	1.28	1.35	1.33	1.40
EDT	1.33	1.46	1.25	1.32	1.66	1.42	1.50	1.26	1.49	1.29	1.57
STI	0.56	0.53	0.58	0.55	0.51	0.59	0.52	0.59	0.54	0.56	0.53
RASTI	0.53	0.51	0.56	0.56	0.54	0.59	0.52	0.57	0.56	0.61	0.56
Ts	0.10	0.11	0.09	0.11	0.11	0.08	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09
BR	1.69	1.40	1.49	1.51	1.37	1.47	1.40	1.08	1.42	1.54	1.37
Br	0.93	0.91	0.91	0.92	0.92	0.96	0.93	0.97	0.97	0.92	0.93
D50	30.7	32.2	40.2	34.6	32.8	47.6	34.2	41.2	36.3	45.4	41.2
C80	-1.6	-1.4	0.0	0.5	-1.0	2.4	0.4	0.4	1.4	2.4	1.1
Gmid	6.51	7.15	6.71	6.82	7.16	6.64	7.19	6.07	6.99	6.91	7.15



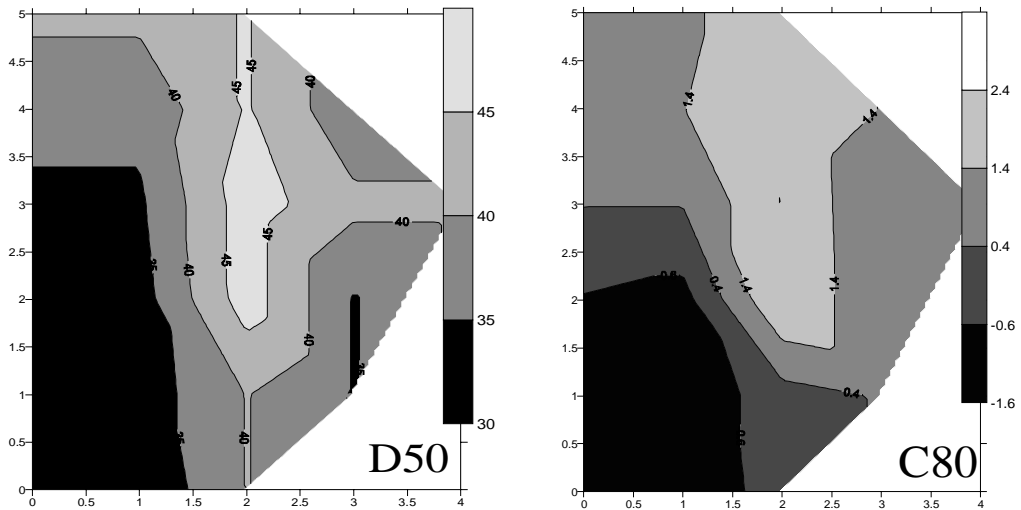
**Figuras 3 y 4 – Mapas de niveles para el TR y EDT.**



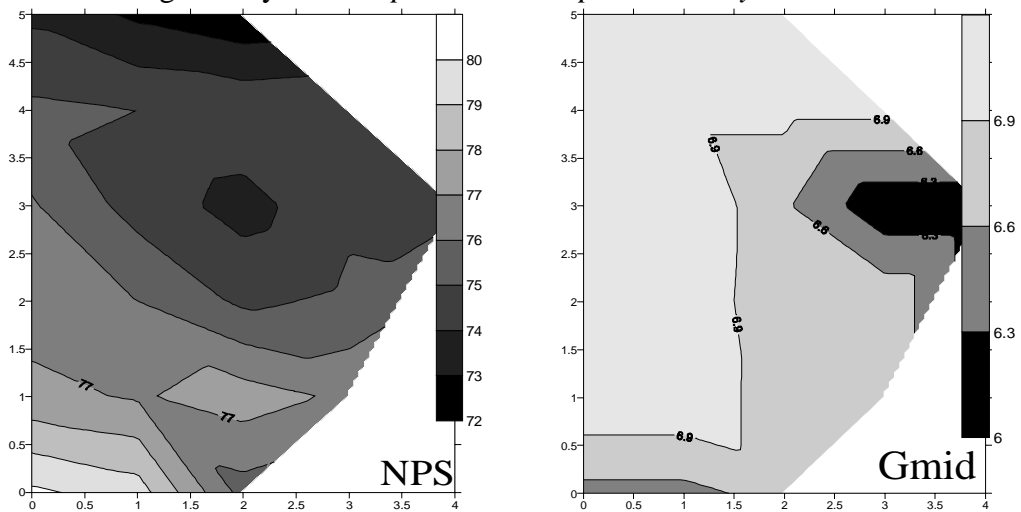
**Figuras 5 y 6 – Mapas de niveles para el BR y Brillo.**



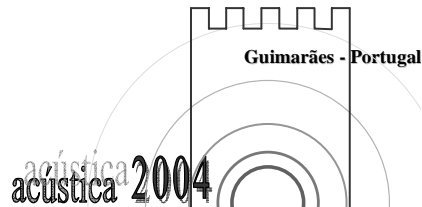
Figuras 7 y 8 – Mapas de niveles para el Ts y RASTI.



Figuras 9 y 10 – Mapas de niveles para el C80 y D50.

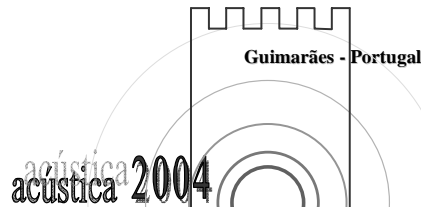


Figuras 11 y 12 – Mapas de niveles para el NPS y Gmid.



## 5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

- El TR obtenido varía en los distintos puntos de la sala entre 1.2 para las áreas laterales y 1.4 para el centro. Según diferentes fuentes, el tiempo de reverberación recomendado para salas con volumen del orden de  $10^4 \text{ m}^3$  dedicadas a la palabra es de 0.8s y para las dedicadas a la música aumentaría a 1.5s o más dependiendo del tipo de música. Por lo tanto los valores obtenidos no se adaptan a estos criterios, aunque existen bibliografías que aconsejan llegar a un compromiso entre estos valores para salas multiuso. Por otra parte si tenemos en cuenta los refuerzos electroacústicos el tiempo de reverberación debería ser menor en un 15% del exigido sin tener en cuenta estos refuerzos.
- El EDT varia entre 1.2 y 1.7 lo cual nos indicaría una mayor viveza de la sala y por lo tanto una mejor respuesta a la música que a la palabra. Aunque para oradores experimentados y profesionales del mundo del espectáculo, este valor algo elevado no se traducirá en detrimento de su inteligibilidad. Consiguiendo una amplificación natural que es de agradecer en las butacas más alejadas.
- Los valores para el RASTI oscilan entre 0.5 y 0.6, lo cual indica que la calidad de la sala para la palabra no es muy buena, aunque se podría calificar como aceptable para este uso. Esto coincide con los resultados obtenidos de EDT y RT que indicaban que el uso de la sala era mejor para la música que para la palabra.
- Los valores obtenidos para el Brillo (Br) son próximos a la unidad, lo cual indica una buena respuesta de la sala en frecuencias altas, ya que sus valores óptimos se deben encontrar entre 0.8 y 0.9. Este valor indica que la música en este auditorio no adolece de Brillo.
- Calidez Acústica (BR). Los resultados obtenidos para este parámetro son un poco altos para todos los puntos de medida, su valor no debe exceder de 1.4 para nuestro Tiempo de reverberación. Esto indica el predominio de frecuencias bajas frente a las medias. Es un poco sorprendente que a pesar de la cantidad de superficie panelada con madera, no se haya con seguido rebajar la presencia de frecuencias graves. Se puede decir que la sala peca de cálida. Esto tendrá influencia en los valores de  $G_{\text{mid}}$ .
- Los valores obtenidos para el Índice de definición (D50), no superan el valor de 50 % en el mejor de los puntos. El valor óptimo para este valor debe ser superior al 75 %, lo que determina el escaso grado de definición de la palabra en esta sala.
- El Índice de claridad (C80), tiene unos valores que oscilan entre -2 y 3 dB. Los valores óptimos de referencia oscilan entre -4 y 0. En esta sala tendríamos unos valores aceptables de C80 para la zona central delantera, quedando el resto de la sala en una



situación algo desfavorable. En esta zona el nivel de presión sonora también es más bajo y coincide con una zona donde el número de reflexiones es menor y por lo tanto tiene una menor claridad.

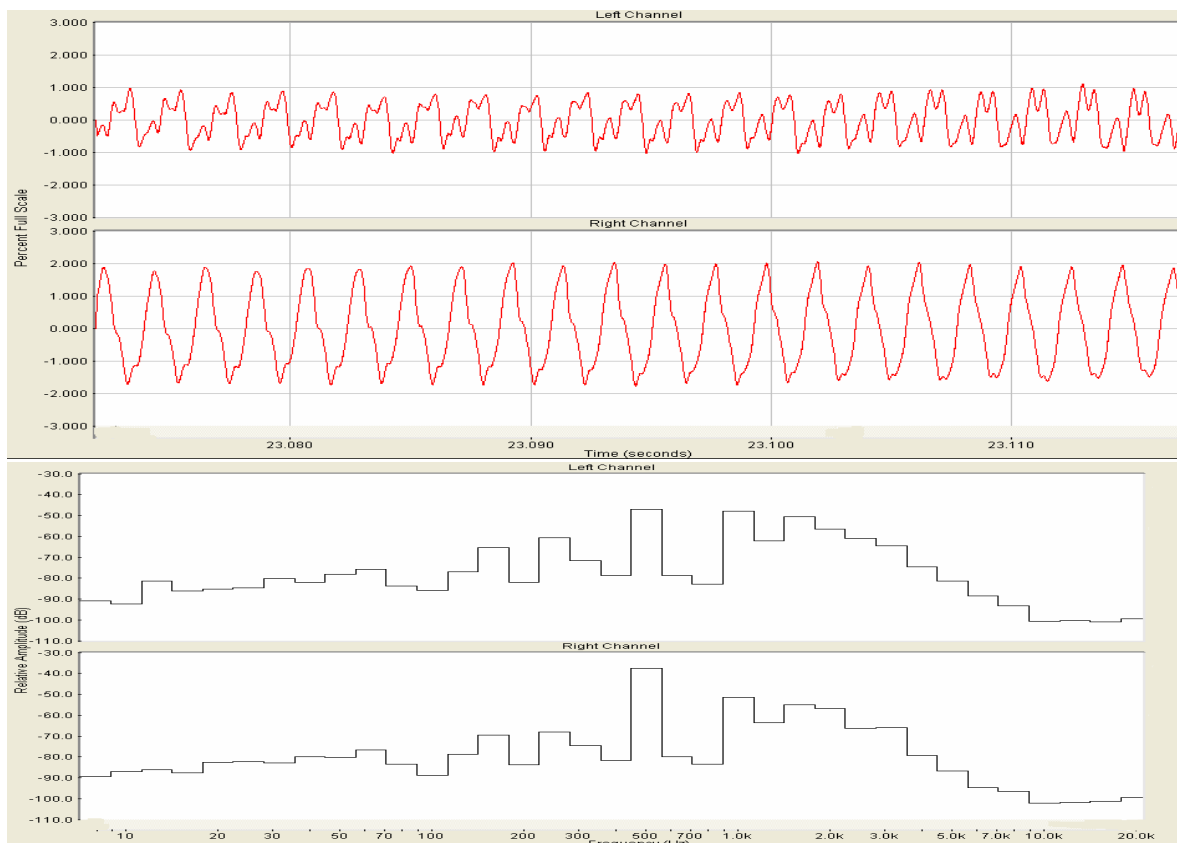
- El valor de  $T_s$  nos determina el centro de gravedad de la curva de caída del sonido. Sus valores óptimos deben estar entre 72 y 144 ms si el tiempo de reverberación oscila entre 1 y 2 s. En nuestro caso el valor de TR esta comprendido en estos valores y los del Tiempo central oscilan entre 82 y 112 ms, por lo que se adaptan a los óptimos. La zona que tiene el Tiempo central más largo es la zona central que coincide con la de mayor tiempo de reverberación.
- Si nos referimos al parámetro  $G_{mid}$  desde su sentido de amplificación de la sala. Todos los puntos presentan un valor uniforme, y aunque su comportamiento es completamente acorde al de la mayoría de auditorios de calidad reconocida, es evidente que como el volumen de esta sala es relativamente pequeño provoca un excesivo refuerzo, pudiendo llegar a ser estentórea.
- Por último si nos fijamos en el mapa de Niveles de Presión Sonora, se puede conjeturar que la distribución es correcta, sin puntos negros y con una caída global de apenas 8 decibelios. La razón de esto estriba en el tiempo de reverberación algo elevado y en la geometría de planta.

## 6. CONCLUSIONES

- Según los resultados presentados anteriormente parece que la sala se comporta en términos generales mas adecuadamente para música que para palabra. Pero como se puede extraer del análisis, presenta los problemas típicos de los recintos polivalentes. Para ambos usos cualquier zona es igual de buena o mala, según se mire.
- En esta sala para paliar el problema que se plantea para la palabra se utilizan refuerzos electroacústicos, pero creemos que la solución no es correcta ya que se necesitaría un campo reverberante menos elevado. A no ser que se planteara una solución electroacústica sofisticada, que no es el caso.
- La solución que se puede plantear para este tipo de salas que tienen un uso mixto es proporcionarles una acústica variable que se ajuste a cada uso, ya que es prácticamente imposible diseñar una sala que funcione bien para ambos casos, porque no solamente necesitan requisitos acústicos diferentes sino que a menudo entran en conflicto.
- Por último, aunque no se ha mostrado en los resultados por no extendernos demasiado, se ha llevado a cabo un análisis de los registros efectuados de las grabaciones anecóicas. Se compararon los distintos valores del Autoespectro y la Coherencia para dos señales en lugares de recepción distintos; encontrando que aunque existen diferencias en la respuesta frecuencial, éstas apenas son significativas (menos de 3

dB). Cuestión que también se corrobora con una coherencia entre 0 y -5, salvo en muy bajas frecuencias.

- Como curiosidad vamos a mostrar una gráfica donde se presenta la evolución en el tiempo de una de las grabaciones antedichas, en donde se puede ver que a pesar de que la respuesta en frecuencia es uniforme, no así la temporalidad de la recepción.



## REFERENCIAS

- [1] L. Beranek; *How they Sound Concert and Opera Halls*. Published for the Acoustical Society of America, USA, 1996.
- [2] A Cocchi, L. Tronchin, A. Farina; *A Comparision Between Some Measurement Thecniques in de Foligno Auditorium*. Proceedings of the Institute of Acoustics. Vol. 24. Pt 4. 2002.
- [3] M. Metha, J. Johnson, J. Rocafort; *Architectural Acoustics – Principles and Design* – Ed: Merrill Prentice Hall, USA, 1999.
- [4] T. Peltonen; *A Multichannel Measurement System for Room Acoustics Analysis*. Published for the Helsinki University of Tecnology, Finlandia, 2000.
- [5] “Anechoic Orchestral Music Recording”. PG-8008. PCM-Digital. DENON.