



44^º CONGRESO ESPAÑOL DE ACÚSTICA
ENCUENTRO IBÉRICO DE ACÚSTICA
EAA EUROPEAN SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL
ACOUSTICS AND NOISE MAPPING

EL USO DE HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN EN EL DISEÑO DE SISTEMAS ELECTROACÚSTICOS EN UNA SALA DE CINE THX

PACS: 43.55.Ka

Gómez Alfageme, Juan José; Sánchez Bote, José Luis; Blanco Martín, Elena
Universidad Politécnica de Madrid
E.T.S. Ingeniería y Sistemas de Telecomunicación, Ctra. Valencia km 7, 28031 Madrid
Tel: +34913367775
Fax: +34913319229
E-Mail: alfageme@diac.upm.es; jbote@diac.upm.es; eblanco@diac.upm.es

ABSTRACT Y RESUMEN

Se explicará el uso de la herramienta de simulación de sistemas acústicos y electroacústicos EASE[®], en el diseño de una sala cine con sonido multicanal en formato digital 7.1 y THX.

Se comenzará con la definición del modelo arquitectónico y geométrico, la validación de modelo a partir de características acústicas, la elección y ubicación del sistema de refuerzo electroacústico, la ecualización y ajuste del sistema electroacústico, la obtención de la respuesta temporal y la auralización de la sala con el sistema de sonido funcionando.

La utilización de este tipo de herramientas de simulación permite realizar modificaciones en el diseño con un coste de tiempo muy razonable.

INTRODUCCIÓN

El uso de herramientas de simulación acústica/electroacústica no es algo muy habitual en el diseño de las salas cinematográficas. En este trabajo se emplea la herramienta de simulación EASE[®] (Enhanced Acoustic Simulator for Engineers) [1] para el diseño acústico de una sala de cine y también para la definición, ubicación, ajuste y ecualización del sistema de refuerzo de una sala de cine con sistema de sonido digital multicanal en formato Dolby Digital 7.1 y THX.

Este tipo de herramientas de simulación permite introducir el modelo arquitectónico, definir el modelo geométrico con la introducción de materiales acústicos en las superficies de la sala, ajustar y validar el modelo a partir de las

características acústicas de la sala, definir el sistema electroacústico (altavoces de pantalla, altavoces de surround y altavoces de LFE), ecualizar y ajustar los niveles de trabajo de cada canal de sonido. Finalmente podremos simular la respuesta temporal de la sala con el sistema de sonido funcionando y realizar las auralizaciones para simular el funcionamiento real de la sala cuando esté en condiciones de trabajo.

Con esta herramienta podremos modificar las condiciones acústicas de la sala así como los tipos de altavoces y su disposición en la misma con el fin de obtener los mejores resultados en la sala de cine previamente a la construcción de la misma y siempre con un coste de tiempo y cálculo muy razonable.

DEFINICIÓN DE LA SALA

El diseño de una sala de cine con sonido multicanal debe cumplir con las especificaciones de la norma SMPTE [2] y las recomendaciones de la certificación THX [3]. Estas dos normas, contienen información referente a las condiciones acústicas de la sala (aislamiento, ruido y acondicionamiento), a las condiciones electroacústicas de los canales de sonido (tipo, ecualización, ajuste de niveles, amplificación), a las condiciones de confort visual (ángulos de visión vertical y horizontal), etc.

Con el fin de realizar una simulación lo más próxima a la realidad, se va a modelar la sala 6 de complejo de cines Kinépolis en Madrid. Esta sala tiene una capacidad de aproximadamente 750 butacas. Para obtener una certificación THX, una sala con capacidad de 750 butacas debe tener al menos 4200m^3 (5.6m^3 por butaca). La sala 6 de Kinépolis cuenta con un volumen total de 10018m^3 de los cuales 1096m^3 corresponden a la galería tras la pared de la pantalla, donde se colocarán los altavoces de los canales de pantalla.

Las dimensiones de la sala son: la anchura es de 26m; la longitud entre 38.80m en los laterales y 40.50m en el centro sin contar la galería de servicio; la altura de la pared de la pantalla en 10.95m y de la pared trasera 3.60m. En la Figura 1, se representan los planos del cine con las distintas dimensiones. La sala tiene dos tramos de butacas, la primera zona es tipo “pendiente” con una inclinación de 14° y la segunda zona es tipo “estadio” con una inclinación de 18° .

A partir de las dimensiones de la sala comprobamos la relación entre altura, anchura y altura para ver si se ajusta al área de Bolt (Figura 2):

Ancho/Alto: 2.37

Largo/Alto: 3.54-3.70

Largo/Ancho: 1.49-1.56

Alto/Ancho: 0.42

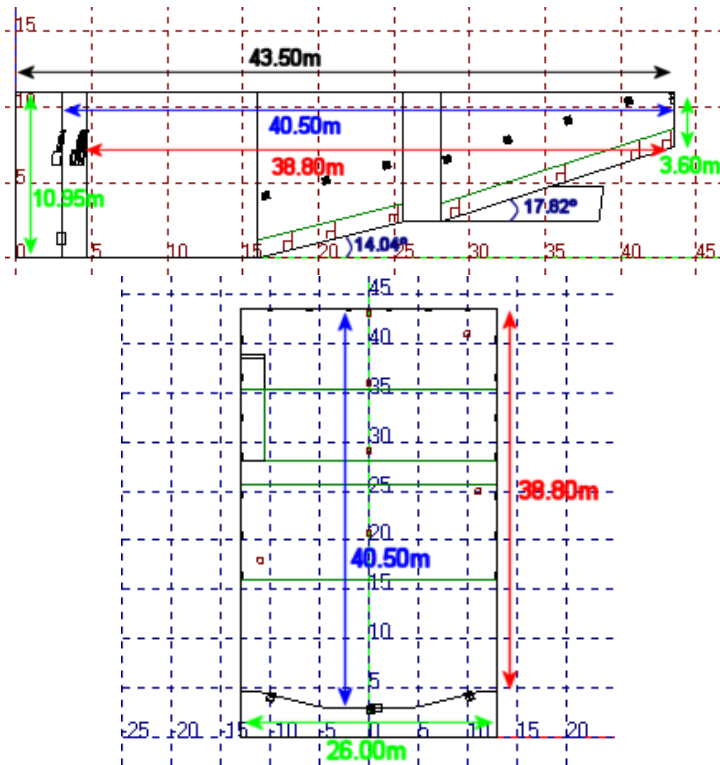


Figura 1. Dimensiones de la sala 6 de Kinópolis

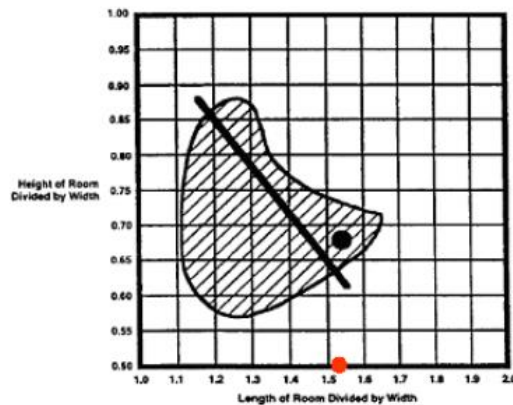


Figura 2. Relación de dimensiones de la sala

DEFINICIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO

En primer lugar introduciremos el modelo arquitectónico de la sala y posteriormente definiremos el modelo geométrico asignando materiales acústicos a las superficies interiores de la sala. Estos materiales deberán ser lo más similares a los que existen en la sala con el fin de poder validar el modelo. El modelo se va a validar a partir de las medidas del tiempo de reverberación realizadas in situ en la sala. Esta validación será meramente estadística. La primera asignación de materiales nos proporciona el siguiente resultado:

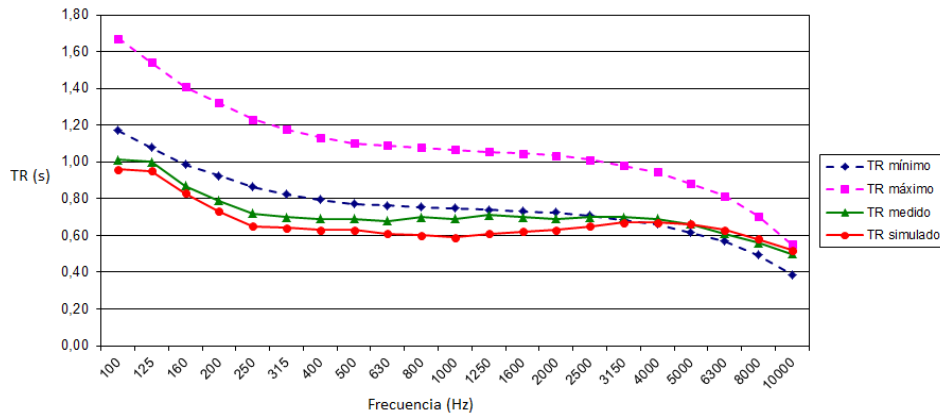


Figura 3. Validación del modelo con el tiempo de reverberación medido

Como se puede observar, el tiempo de reverberación medido en la sala es bastante más bajo que el recomendado por la norma SMPTE, pero el modelo se puede considerar validado con la primera asignación de materiales. Una de las opciones de EASE es la herramienta *Optimize RT*, que permite variar de forma independiente un material en la sala para modificar el tiempo de reverberación hasta modificarlo de manera que quede dentro de los márgenes recomendados (Figura 4). Para esto se eligen otros materiales que presenten un coeficiente de absorción menor en baja frecuencia

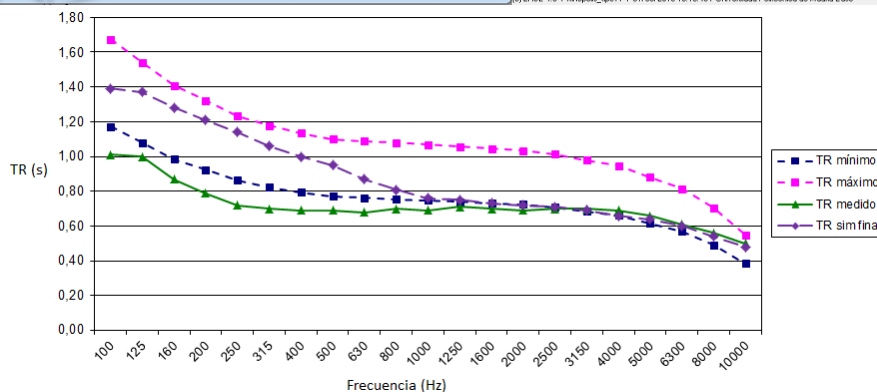
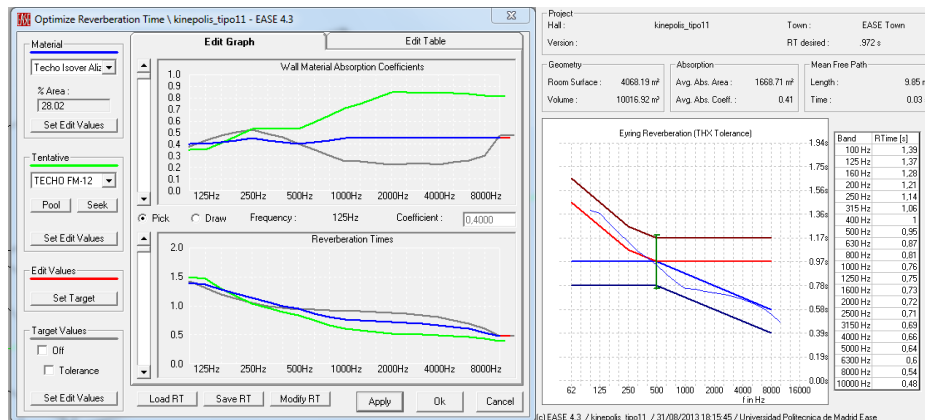


Figura 4. Herramientas *Optimize RT*, *Draw RT* y tiempo de reverberación final de la sala con la propuesta de modificación de materiales acústicos

SISTEMA DE REFUERZO ELECTROACÚSTICO

Para el sistema de refuerzo sonoro de la sala, se han elegido los siguientes altavoces: canales de pantalla, JBL 4732T (3 altavoces); canales de surround, JBL 8350 (20 altavoces); canal de LFE, JBL 4642A (3 altavoces). La disposición y apuntamiento de los sistemas se puede observar en la Figura 5.

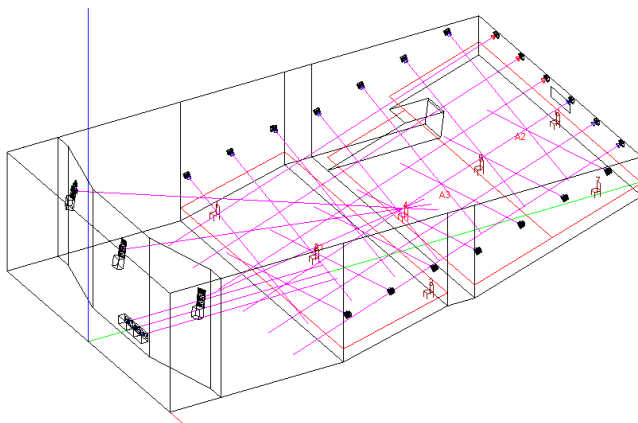


Figura 5. Ubicación de los altavoces del sistema de cine 7.1

La utilidad *Standard Mapping* nos permite obtener la cobertura espacial del altavoz, la distribución de niveles de presión sonora sobre las zonas de audiencia y el histograma que os da información de la uniformidad de la presión sonora en la sala. Las Figuras 6, 7 y 8 muestran esta información para un sistema de pantalla, para un sistema de surround lateral y para un sistema de surround trasero. Esta primera simulación se realiza haciendo funcionar los sistemas a potencia máxima excitándolos con una señal de ruido rosa por igual en todas las bandas útiles de los altavoces.

La norma SMPTE dice que la uniformidad de SPL_{Total} debe ser de $\pm 4dB$ para los sistemas de pantalla y de $\pm 2dB$ para los sistemas de surround.

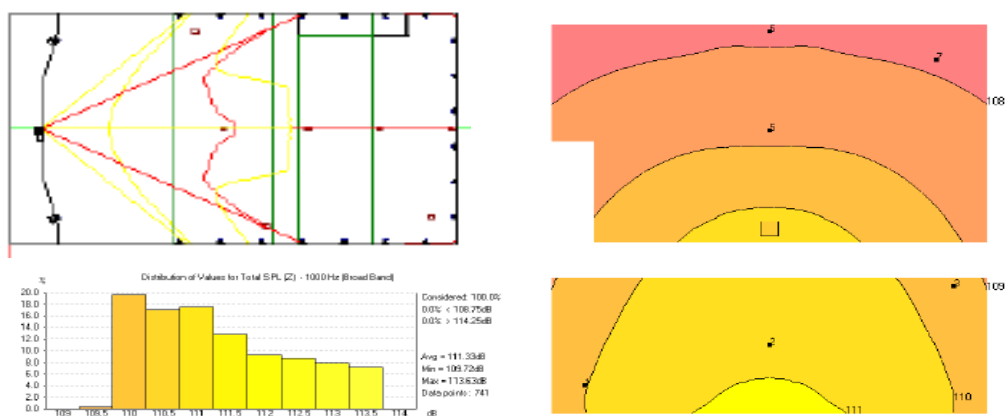


Figura 6. Mapping de SPL_{Total} del canal C de pantalla

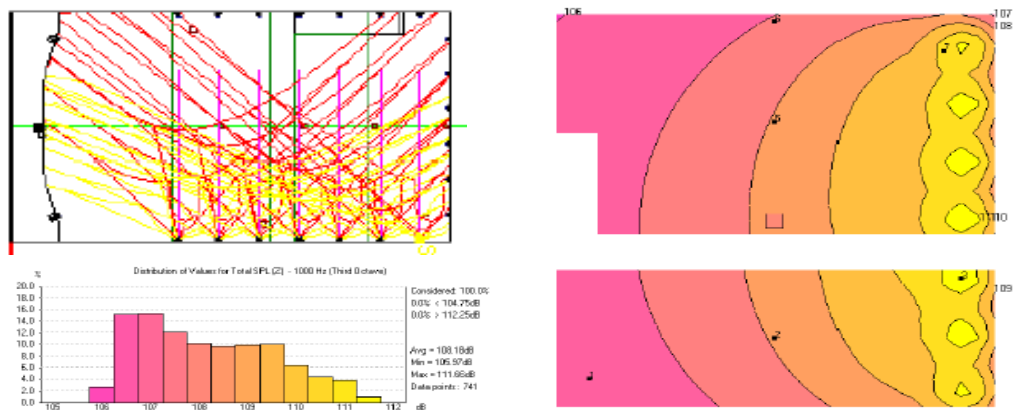


Figura 7. Mapping de SPL_{Total} del canal SL de surround

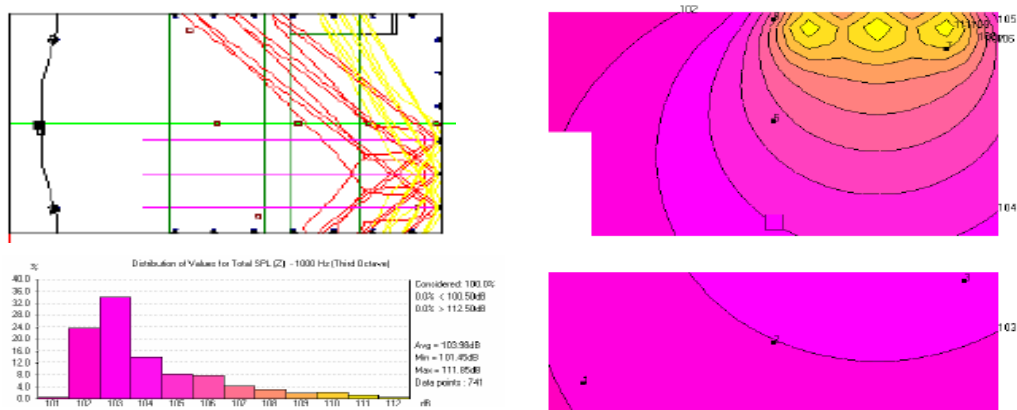


Figura 8. Mapping de SPL_{Total} del canal BSL de surround

ECUALIZACIÓN Y AJUSTE DE NIVELES

La ecualización de la sala se realiza por separada con cada uno de los canales (8 en el caso de un sistema 7.1, con independencia del número de altavoces que los compongan) de acuerdo con la curva de ecualización ISO 2696. El proceso se puede ver en la Figura 9.

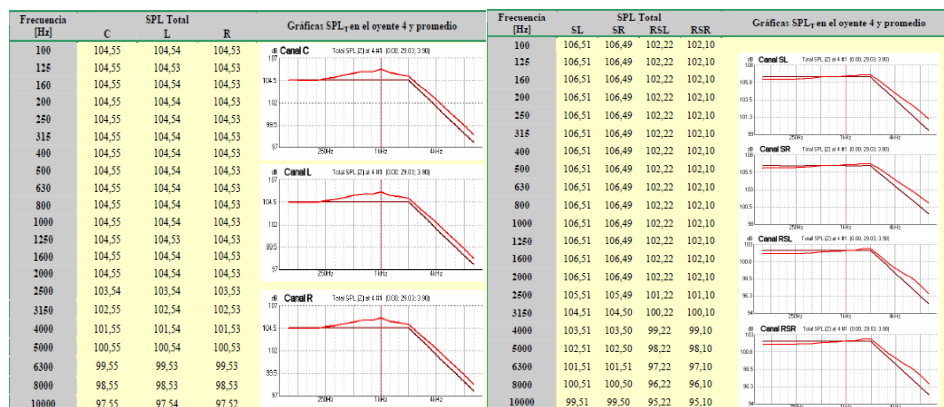


Figura 9. Proceso de ecualización de los 7 canales todo rango

El ajuste de niveles se realiza una vez ecualizado cada canal, ajustando a los niveles de 85dBc para los canales de pantalla, 82dBc para los canales de surround y 95dBc para el canal de LFE. El proceso se puede ver en la Figura 10.

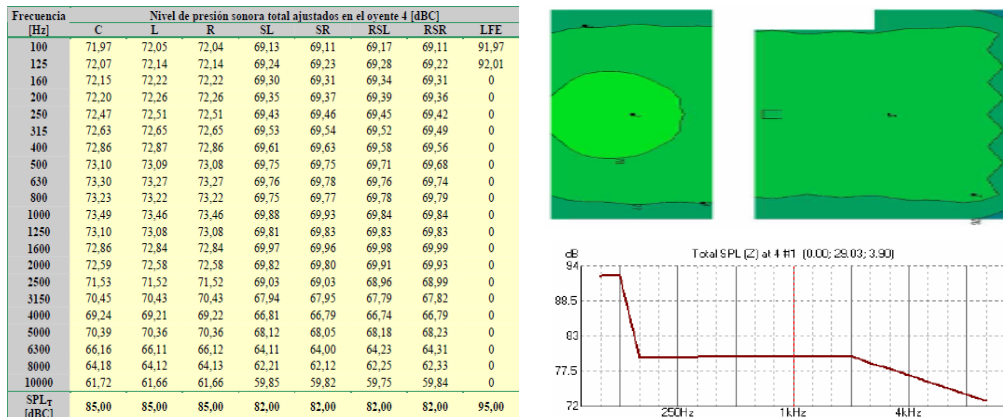


Figura 10. Proceso de ajuste de los 8 canales del sistema, respuesta en frecuencia y mapa de recubrimiento con todos los sistemas funcionando.

RESPUESTA TEMPORAL Y AURALIZACIÓN

El estudio de la respuesta temporal de la sala de cine se centrará en dos aspectos diferenciados: primero se estudiará la necesidad de introducir retardos electrónicos en los altavoces del sistema de surround; en segundo lugar, se realizará el cálculo de la respuesta temporal a partir del reflectograma en cada banda de frecuencia.

En el primer caso, la utilidad *Edit Loudspeaker Properties*, nos permite introducir retardos electrónicos a agrupaciones de los altavoces de surround, lo que permite que se mantenga el efecto precedencia de los altavoces de la pantalla en todas las posiciones de los oyentes.

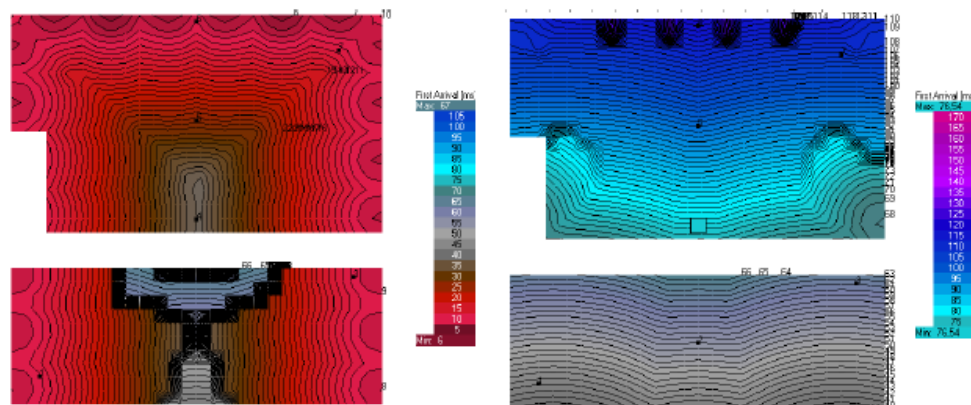


Figura 11. Mapa de tiempo de llegada del primer frente de onda antes y después de aplicar retardos a los altavoces de los canales de surround

En el segundo caso, se emplea el método AURA (Analysis Utility for Room Acoustics) que es un método basado en el algoritmo CAESAR, que permite obtener los reflectogramas en cada posición de los oyentes en la sala, y la respuesta impulsiva en cada punto a partir de la que podemos obtener toda la información de parámetros acústicos de la misma. A partir de las respuestas impulsivas se obtendrá las auralizaciones correspondientes a cada uno de los canales de sonido de forma independiente.

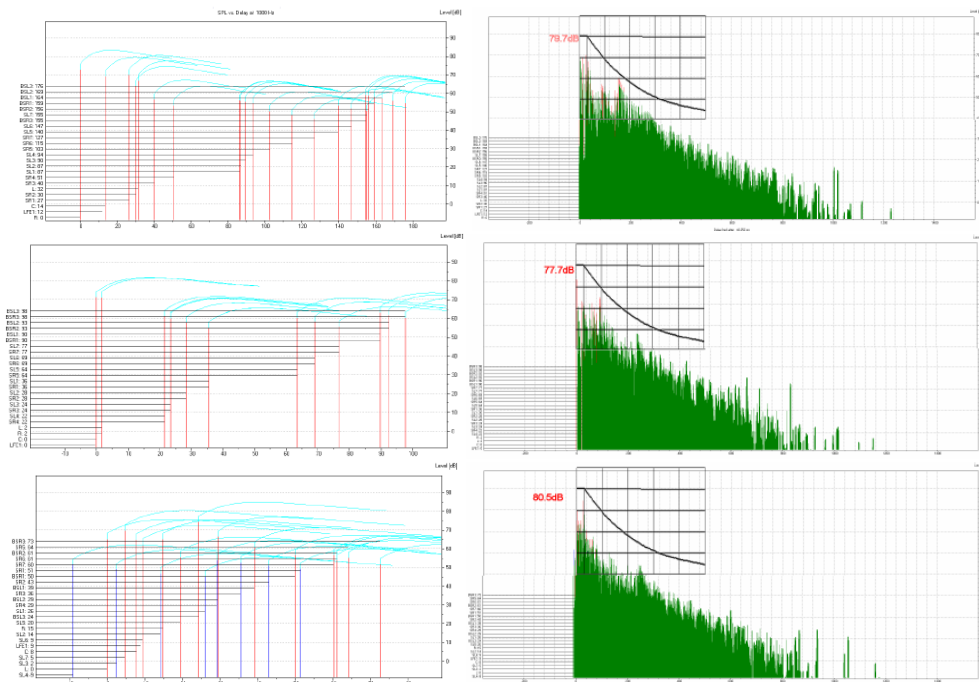


Figura 12. Ecogramas de señales directas y reflectograma en 3 oyentes de la sala

CONCLUSIONES

Aunque no es muy habitual el uso de este tipo de herramientas de simulación en el diseño de salas cinematográficas, pensamos que son de gran utilidad en la fase de diseño, pues permiten realizar múltiples simulaciones con un coste de tiempo muy reducido, pudiendo modificar tanto elementos acústicos como electroacústicos en la sala, así como realizar auralizaciones del sistema.

REFERENCIAS

- [1] EASE Tutorial ver. 4.3, ADA - AFMG, 2009.
- [2] SMPTE Engineering Guideline EG 18-1994, Design of Effective Cine Theaters, March 1994, (Withdrawn in 2003), 1993, 2003.
- [3] THX – TAP, Recommended Guidelines for Presentation Quality and Theatre Performance for Indoor Theatres, Lucas Film Ltd., 2000.