



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

CAMPO DIRECTO (ÚTIL) / REVERBERADO (PERJUDICIAL). RESULTADOS EXPERIMENTALES FRENTE A SIMULACIÓN EN EASE.

PACS: 43.55.Br

Requena Plens, Jose Manuel; Vera Guarinos, Jenaro

Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la señal
Escuela Politécnica Superior de Alicante – Edif. Politécnica II
Universidad de Alicante – Campus de San Vicente del Raspeig
Email: info@jmrplens.com; jenaro@ua.es

PALABRAS CLAVE: Campo difuso, campo directo, campo reverberante, simulación,

ABSTRACT

In this paper, we address again the relationship between useful (0-50ms) and harmful (50ms-infinity) fields. "In situ" measurements are made of two rectangular-shaped enclosures whose dimensions are different in order to prevent the results from being determined by size. The intention of our study is to validate the experimental results against those obtained by means of models in order to carry out an in-depth study about which are the properties that govern the propagation of the acoustic field in closed spaces. The software that has been used in this case has been "EASE", from which a set of impulsive responses was obtained that enabled a treatment equivalent to that made with the experimental ones. The results obtained show great similarity. Therefore we can from now deepen in the study of the propagation of the acoustic field with the methodology used, without having to carry out tedious campaigns of measures "in situ" and with the possibility of making changes "ad libitum" for example in the absorptions distribution.

RESUMEN

En este trabajo abordamos de nuevo la relación entre campo útil (0-50ms) y perjudicial (50ms-infinito). Se realizan medidas "in situ" de dos recintos de planta rectangular cuyas dimensiones son diferentes con el fin de evitar que los resultados estén determinados por el tamaño. La intención de nuestro estudio es validar los resultados experimentales frente a los obtenidos mediante modelos para así poder realizar un estudio en profundidad de cuáles son las propiedades que gobiernan la propagación del campo acústico en espacios cerrados. El software que se ha utilizado en este caso ha sido "EASE" a partir del cual se obtuvo un conjunto de respuestas impulsivas que posibilitaron un tratamiento equivalente al realizado con las experimentales. Los resultados obtenidos muestran gran similitud. Por lo que con la metodología empleada podremos a partir de ahora profundizar en el estudio de la propagación del campo acústico sin necesidad de realizar tediosas campañas de medidas "in situ" y con la posibilidad de realizar cambios "ad libitum" por ejemplo en la distribución de absorciones.



FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

1. INTRODUCCIÓN

La distancia crítica o radio crítico en el ámbito de la acústica indica la distancia a la cual los niveles de presión del campo directo y reverberado son iguales. Este concepto supone que el campo directo principalmente depende de la inversa del cuadrado de la distancia entre el emisor y el receptor, mientras que en el campo reverberado se mantiene constante en cualquier punto.

La motivación de este estudio parte de (Guarinos, Calleja, Estepa, y Rico, 2015) donde se analizaban los campos acústicos útil (0-50ms) y perjudicial (50ms-inf). Anteriormente se analizaron estos campos utilizando el programa CATT-Acoustic 8 donde los resultados no fueron los esperados (Plens, Guarinos, y Calleja, 2017), en esta ocasión comprobaremos los resultados obtenidos mediante EASE 4.4.

2. OBJETIVOS

Comprobar mediante el uso de recintos modelados tridimensionales si las relaciones que encontramos mediante medidas in situ en los recintos reales tienen una contrapartida en dichos modelos. Se analiza la relación que existe entre el campo directo y el campo reverberado, así como en lo que convenimos en llamar campo útil y perjudicial (Guarinos, Calleja, Estepa, y Rico, 2015).

El trabajo lo podemos dividir en dos objetivos o intenciones. El primero es comprobar si existían diferencias en los resultados si se variaban las dimensiones del recinto estudiado, pues se disponen de resultados para un recinto de dimensiones relativamente grandes (465 metros cúbicos) y el actual tiene 228 metros cúbicos. El segundo objetivo es replicar los recintos en EASE y comprobar si las simulaciones se corresponden con la realidad.

3. METODOLOGÍA

3.1. IN SITU

Para la realización de las medidas in situ se ha utilizado el paquete de software dBFA32 junto a la unidad de adquisición Symphonie y micrófono G.R.A.S 40AF de media pulgada, y como fuente de ruido un altavoz dodecaédrico emitiendo señal MLS. Las medidas se han realizado en bandas de octava (125-16000 Hz), tomando niveles cada milisegundo.

La medición se ha realizado en el aula EP/0-26M de la Escuela Politécnica Superior IV de la Universidad de Alicante. Las características de la sala son las siguientes:

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

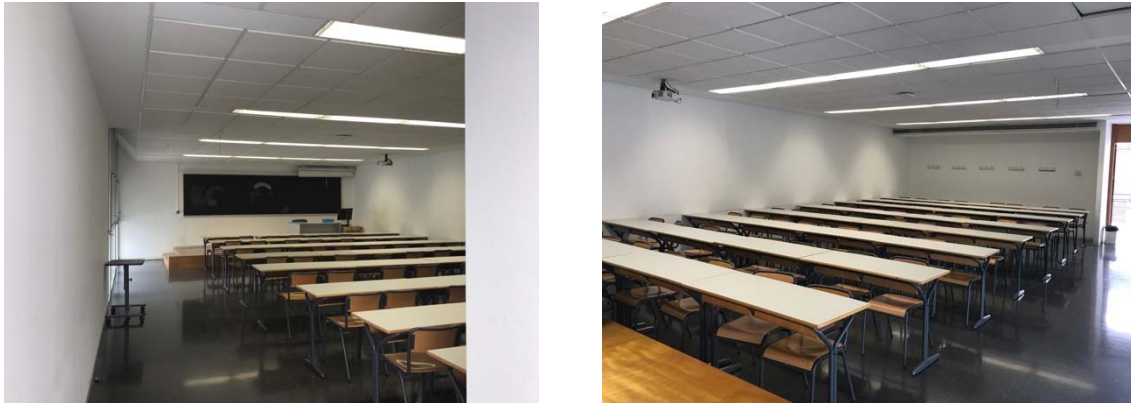


Figura 1. Imágenes tomadas del aula utilizada en este estudio.

Dimensiones:

Largo = 11.9 m; Ancho = 7.1 m; Alto = 2.7 m.; Volumen = 228 m³;

Superficies: Yeso pintado: 47.6 m² + 51.8 m²; Techo desmontable: 67.2 m²; Terrazo: 72.5 m²; Ventanas: 15.4 m²; Pizarra: 6.2 m²; Sillas y mesas: 115 m²; Otras maderas: 19 m².

Coefficientes de absorción medio: Sala llena = 0.21; Sala vacía = 0.17.

Para posicionar los micrófonos se ha elegido una matriz de 10 por 3, es decir, 10 posiciones a lo largo de los 11.9 metros de la sala y 3 filas a lo ancho de los 7.10 metros de la sala. La fuente se ha ubicado en dos posiciones, en una esquina y en el centro de la sala. Se aporta imagen de la simulación en EASE para aclarar las posiciones:

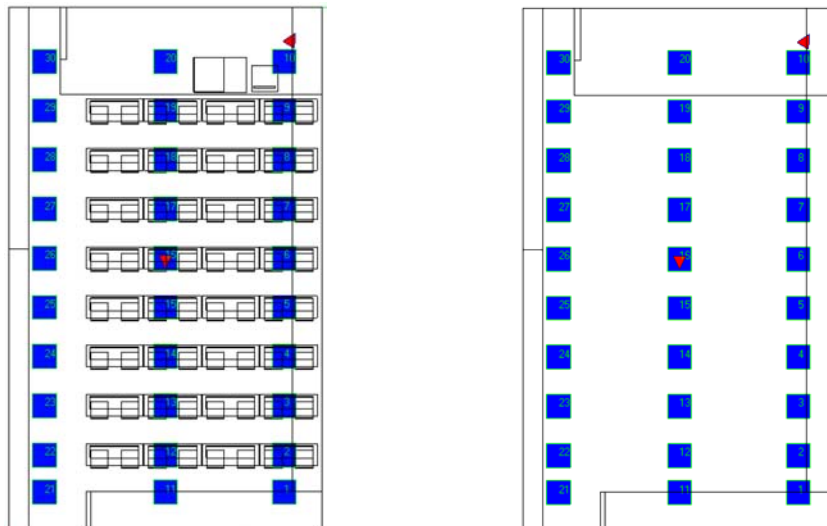


Figura 2. Mapa de posiciones realizado con EASE. (Aula llena [izquierda], aula vacía [derecha]).

Las medidas se realizaron del mismo modo tanto con el aula llena (con todo el mobiliario) como con el aula vacía (retirando todas las mesas y sillas).

3.2. SIMULACIÓN POR ORDENADOR

En el caso del modelado/simulación por ordenador se ha utilizado el software EASE Standard 4.4. Se ha desestimado utilizar las respuestas impulsivas en formato de audio debido a que no guarda la relación con la distancia a la fuente (normaliza los archivos), por lo que se

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

han exportado las respuestas impulsivas a formato de texto (trazado de rayos) utilizando un programa desarrollado para este trabajo que automatiza la conversión de todas las respuestas al formato deseado junto a este programa se ha desarrollado otro con MATLAB para procesar todos los archivos y obtener las curvas, ambos están disponibles en GitHub (<https://github.com/jmrplens/EASEPostFile2Matlab>).

La configuración utilizada al calcular las respuestas impulsivas en cada receptor han sido las siguientes:

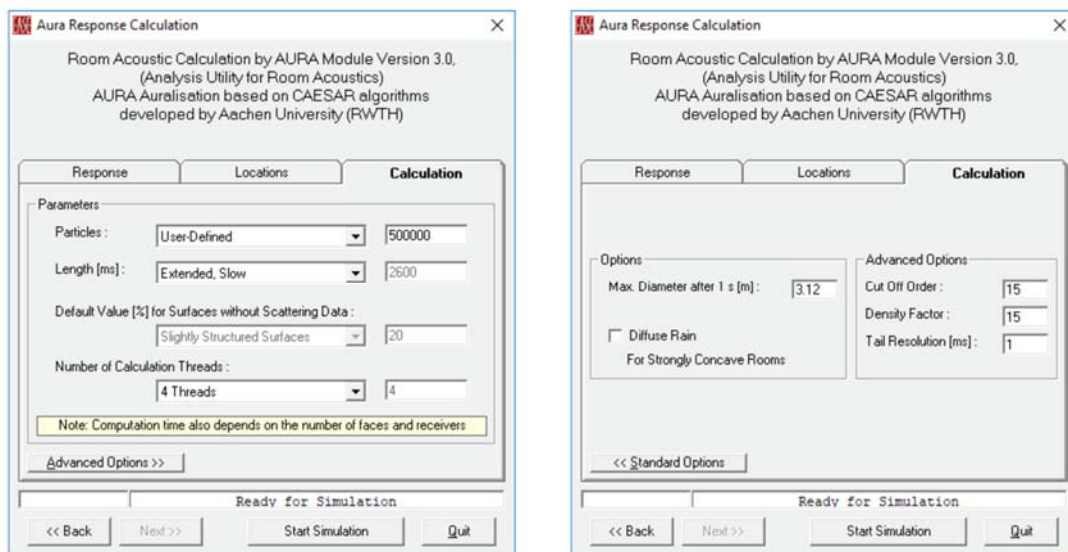


Figura 3. Ventanas de configuración para el cálculo de las respuestas impulsivas en EASE.

EASE a diferencia de CATT-Acoustic (Plens, Guarinos y Calleja, 2017) ofrece una buena historia temporal tanto en densidad de datos como en duración.

El modelo tridimensional realizado tanto con mobiliario y sin mobiliario es el siguiente:

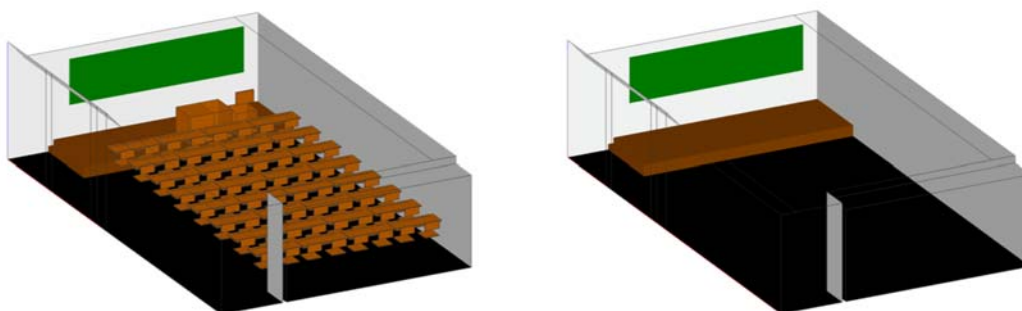


Figura 4. Modelo del aula EP/0-26M realizado con EASE.

4. MEDIDAS Y RESULTADOS

4.1. IN SITU Y EASE – AULA AMUEBLADA

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

En primer lugar, se observa el tiempo de reverberación tanto con la fuente en la esquina como la fuente en el centro:

Posición fuente	In situ (RTmid, segundos)	EASE (RTmid, segundos)
Esquina	1.36	1.37
Centro	1.38	1.36

Tabla 1. Calculado a través del promedio de RT de todos los receptores por octava y después calculado el RTmid.

4.1.1. IN SITU y EASE – Aula amueblada – 2 ms

A continuación, se muestra el nivel SPL obtenido para dos rangos de tiempo ([0 - 2 ms] y [2 ms - ∞] según la distancia del receptor a cada una de las fuentes.

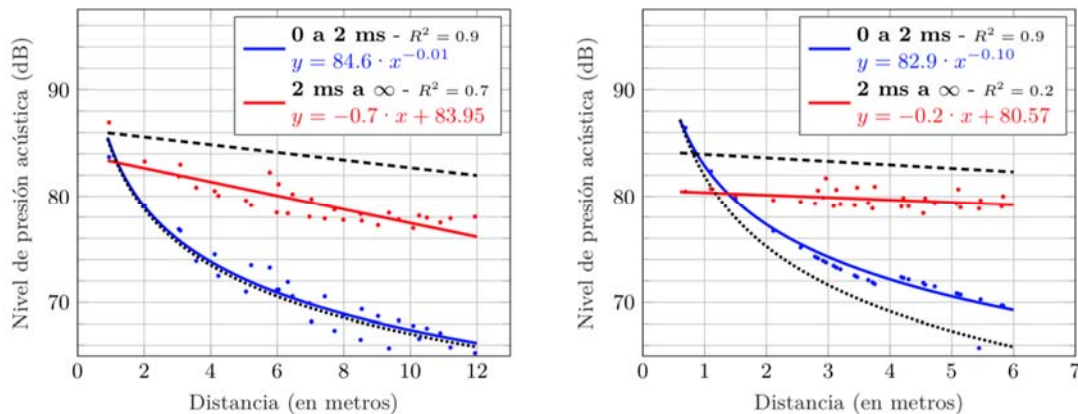


Figura 5. Campos directo y reverberado en el aula EP/0-26M con mobiliario simulado en EASE. Se muestran las curvas in situ (negro) con el nivel global igualado para poder comparar. Fuente en: esquina [izquierda], centro [derecha].

Se puede observar que con ambas posiciones de fuente el campo directo simulado se comporta aproximadamente como el medido experimentalmente, pero por contra, el campo reverberante queda una media de 2 dB por debajo de lo obtenido in situ en el caso de fuente en esquina y una media de 1 dB con fuente en el centro.

4.1.2. IN SITU y EASE – Aula amueblada – 50 ms

Ahora mostramos el nivel SPL obtenido para dos rangos de tiempo ([0 - 50 ms] y [50 ms - ∞] según la distancia del receptor a cada una de las fuentes. Lo que llamamos campo útil y campo perjudicial.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

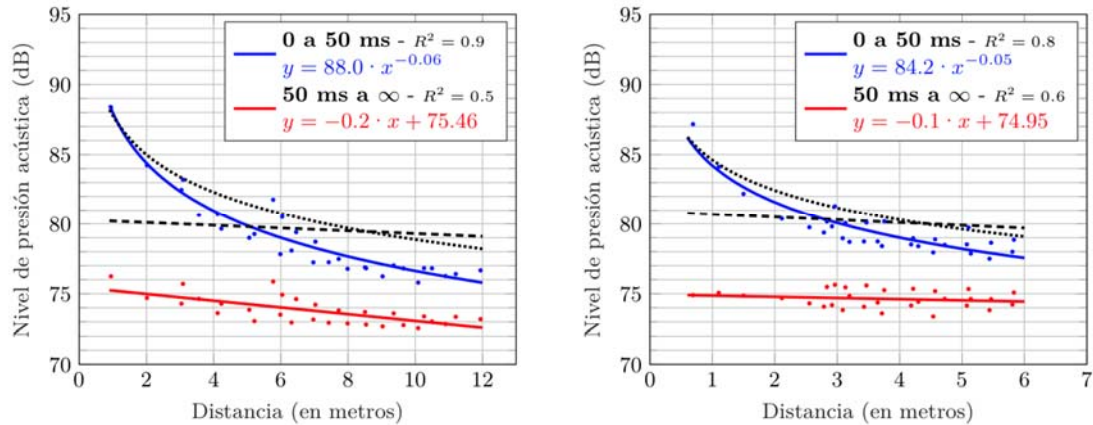


Figura 6. Campos útil y perjudicial en el aula EP/0-26M con mobiliario simulado en EASE. Se muestran las curvas *in situ* (negro) con el nivel global igualado para poder comparar. Fuente en: esquina [izquierda], centro [derecha].

En el caso de los campos útil y perjudicial con ambas posiciones de fuente se mantiene una buena relación del campo útil entre simulación y experimental, pero el campo perjudicial simulado queda muy por debajo de lo esperado, una media de 5 dB menos de lo obtenido experimentalmente.

4.2. IN SITU Y EASE – AULA VACÍA

En primer lugar, se observa el tiempo de reverberación tanto con la fuente en la esquina como la fuente en el centro:

Posición fuente	In situ (RTmid, segundos)	EASE (RTmid, segundos)
Esquina	1.50	1.51
Centro	1.55	1.51

Tabla 2. Calculado a través del promedio de RT de todos los receptores por octava y después calculado el RTmid.

4.2.1. IN SITU y EASE – Aula vacía – 2 ms

A continuación, se muestra el nivel SPL obtenido para dos rangos de tiempo ([0 - 2 ms] y [2 ms - ∞]) según la distancia del receptor a cada una de las fuentes.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

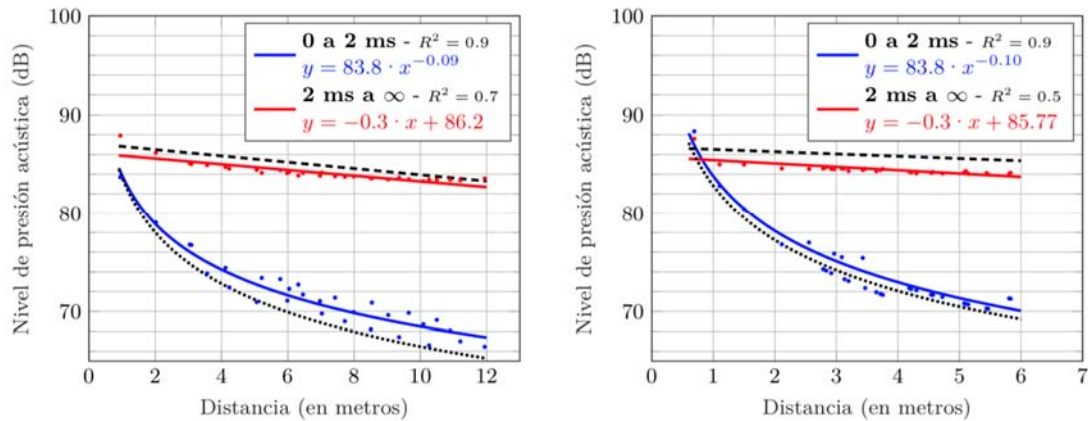


Figura 7. Campos directo y reverberado en el aula EP/0-26M sin mobiliario simulado en EASE. Se muestran las curvas in situ (negro) con el nivel global igualado para poder comparar. Fuente en: esquina [izquierda], centro [derecha].

Tanto con fuente en la esquina como en el centro se obtienen resultados muy similares a lo medido experimentalmente, teniendo una diferencia media 0.25 dB, un valor despreciable.

4.2.2. IN SITU y EASE – Aula vacía – 50 ms

Ahora mostramos el nivel SPL obtenido para dos rangos de tiempo ([0 - 50 ms] y [50 ms - ∞]) según la distancia del receptor a cada una de las fuentes. Lo que llamamos campo útil y campo perjudicial.

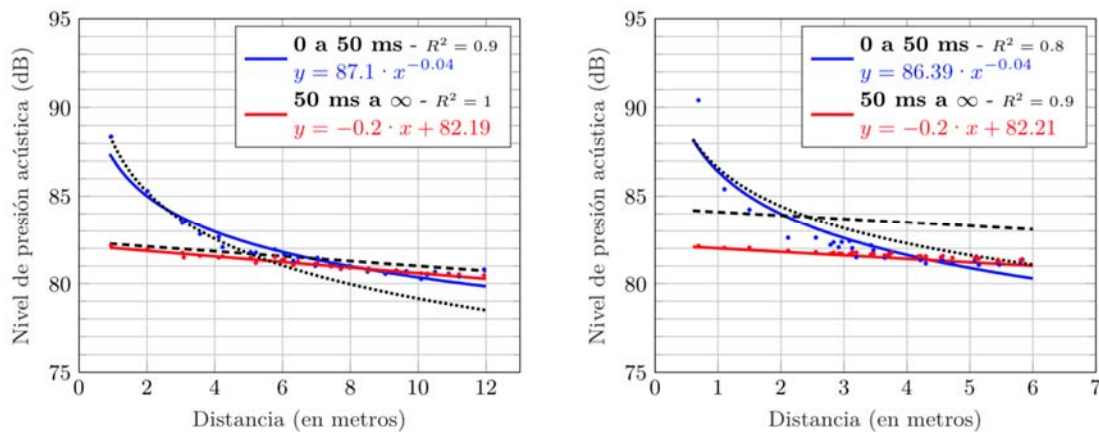


Figura 8. Campos útil y perjudicial en el aula EP/0-26M sin mobiliario simulado en EASE. Se muestran las curvas in situ (negro) con el nivel global igualado para poder comparar. Fuente en: esquina [izquierda], centro [derecha].

En este caso existen diferencias entre las diferentes posiciones de fuente. Con fuente en la esquina el campo perjudicial simulado se encuentra dentro de lo esperado pero el campo útil decae en menor medida que in situ, aunque la máxima diferencia es de 1 dB.

Con fuente en el centro el campo útil decae en mayor medida que in situ, pero igual que con la fuente en la esquina, la diferencia máxima es de 1 dB. El campo perjudicial en cambio aumenta la diferencia teniendo una media de 2 dB menos que las medidas experimentales.



FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

5. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos con el aula vacía simulada tanto para el rango temporal de 2 ms (campo directo y reverberado) como para el rango de 50 ms (campo útil y perjudicial) son relativamente similares con los resultados obtenidos con las medidas experimentales.
- Cuando se agrega un número alto de planos al modelo de EASE (mobiliario) las simulaciones comienzan a diferir en gran medida con las medidas experimentales, sobretodo la problemática se encuentra en las primeras reflexiones donde no se calculan con toda la densidad necesaria para emular una situación real.
- Se ha comprobado que las respuestas impulsivas en formato de audio generadas por EASE no mantienen en sus niveles la relación con la distancia a la fuente, es decir, se generan normalizadas. Esto, aunque mantiene el decaimiento del ecograma, no permite conocer la progresión de los campos acústicos frente a la distancia.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Guarinos, J. V., Calleja, M. Y., Estepa, E. C., & Rico, J. C. E. (2015). Estimación del campo directo «vs» campo reverberante en un recinto de pública concurrencia de tamaño medio. *Tecniacustica*.
- Plens, J. M. R., Guarinos, J. V., & Calleja, M. Y. (2017). Campo directo (útil) / reverberado (perjudicial). Resultados experimentales frente a simulación en CATT-Acoustic. *Tecniacustica*.