

SOBRE EL TRATAMIENTO DE LA DIFUSIÓN EN EL SOFTWARE DE SIMULACIÓN ACÚSTICA: CATT-ACOUSTIC Y ODEON

PACS: 43.55.Ka

Cerdá, Salvador³; Lacatis, Radu¹; Segura, Jaume²; Giménez, Alicia¹; Cibrián, Rosa⁴; Montell, Radha¹; Barba, Arturo¹

¹ E.T.S.I. Industriales., Univ. Politécnica de Valencia, Camí de Vera s/n.

E-mail: radmonse@fiv.upv.es

E-mail: agimenez@fis.upv.es, arbarse@doctor.upv.es

² Institut de Robòtica, Universitat de València, Poligon de la Coma s/n.

E-mail: jsegura@uv.es, vemalu@uv.es, mfmarin@uv.es

³ Dept. Matemáticas Aplicadas. E.T.S.I. Industriales. Univ. Politécnica de Valencia

Camí de Vera s/n,

E-mail: salcerjo@mat.upv.es

⁴ Facultad de Medicina. Universidad de Valencia

E-mail: rosa.m.cibrian@uv.es

ABSTRACT

This work is intended as a basic guide to the treatment by default that make two of the most used programs in room acoustics simulation: CATT-acoustic and ODEON. After doing the basic considerations of what defaults each of the programs used, we present the results obtained using the same geometry and the same scattering coefficients in both programs. From these results we conclude that the results sometimes differ by more than one jnd in the parameters studied.

RESUMEN

Este trabajo pretende ser una guía básica sobre el tratamiento que por defecto hacen dos de los más usados programas de simulación acústica de salas: CATT-acoustic y ODEON. Tras hacer las consideraciones básicas de qué opciones por defecto cada uno de los programas utiliza, presentamos los resultados obtenidos utilizando la misma geometría y los mismos coeficientes de dispersión en ambos programas. A partir de estos resultados se concluye que en ocasiones los resultados difieren en más de un jnd en los parámetros estudiados.

1. INTRODUCCIÓN

La modelización de una sala mediante un programa de simulación acústica implica fundamentalmente dos procesos: la elaboración del modelo geométrico, utilizando un conjunto de superficies, y la asignación de los materiales a cada una de las superficies utilizadas. Esto último se realiza indicando las absorciones por bandas de frecuencia y los coeficientes de difusión. Los coeficientes de difusión se interpretan como el porcentaje de energía que no es especularmente reflejada [1]. La conservación de la energía viene dada por la relación que aparece en la Figura 1.

$$(1 - s) \cdot (1 - \alpha) + \alpha + s \cdot (1 - \alpha) = 1$$

Specular Absorbed Scattered

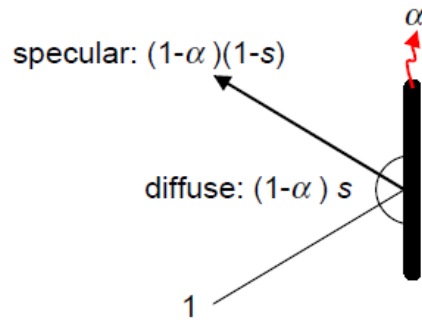


Figura 1. Conservación de la energía en una reflexión [1]

Desde el First International Round Robin on Room Acoustical Computer Simulations [2], se sabe que aquellos programas que incluyen la difusión son los que producen resultados de confianza. El uso de coeficientes de difusión en los programas de simulación no es una simple forma de hacer los programas realistas, es también una herramienta que permite al usuario ajustar su modelo a los datos experimentales [3].

En este trabajo se han utilizado dos programas comerciales: CATT-acoustics v.8 y Odeon v10. Aunque ambos programas están basados en el trazado de rayos, el tratamiento que hacen de la difusión no es el mismo.

CATT-acoustics utiliza algoritmos de trazado de conos [4, 5]. La difusión es dependiente de la frecuencia, realizando trazado para cada octava. El sonido directo y la reflexión especular de primer orden son deterministas (en la figura en líneas continuas).

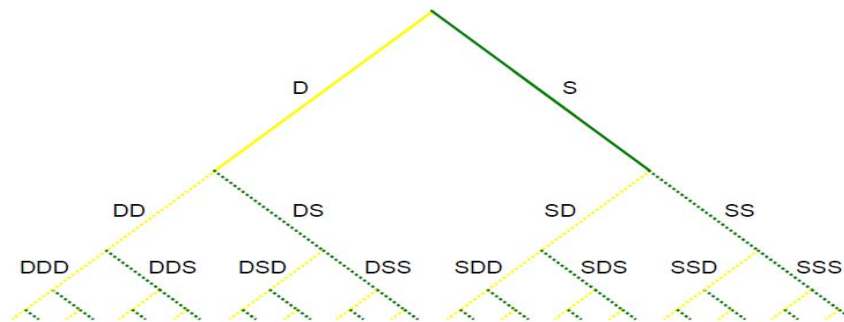


Figura 2. Esquema del algoritmo de CATT-acoustic [1]

A partir de la segunda reflexión, la reflexión especular y difusa se realiza aleatoriamente. Es decir, si se tiene un coeficiente $s=0.5$, la mitad de los rayos se refleja especularmente y la otra mitad lo hace siguiendo la distribución de Lambert (random ray split-up between diffuse and specular) [5].

Por su parte, Odeon utiliza un algoritmo híbrido [6]. Para las reflexiones tempranas, utiliza una mezcla de modelo de imágenes y trazado de rayos. Para las reflexiones tardías, utiliza un método especial de trazado de rayos con fuentes secundarias que irradian energía desde la superficie de las paredes. El parámetro TO (por defecto 2), es el que determina qué se considera una reflexión temprana o tardía. El programa también especifica el número de rayos que se incluyen como rayos tempranos que son emitidos por las fuentes que encuentra en la reflexión temprana.

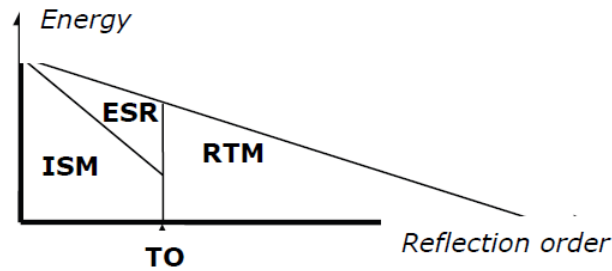


Figura 3. Esquema del algoritmo de ODEON [6]

Para las reflexiones de orden menor que TO, Odeon determina la fuente imagen y si es visible para la fuente, incluye la consiguiente reflexión en el reflectograma. La atenuación de la misma se realiza teniendo en cuenta absorción, distancia, difusión y absorción del aire. Se continúa con el método de las imágenes hasta el orden TO. Los rayos tardíos, se convierten en fuentes secundarias y se emite un rayo difractado según la distribución de Lambert. La resultante es la suma de los dos rayos con los pesos $1-s$ y s (ver Figura 4).

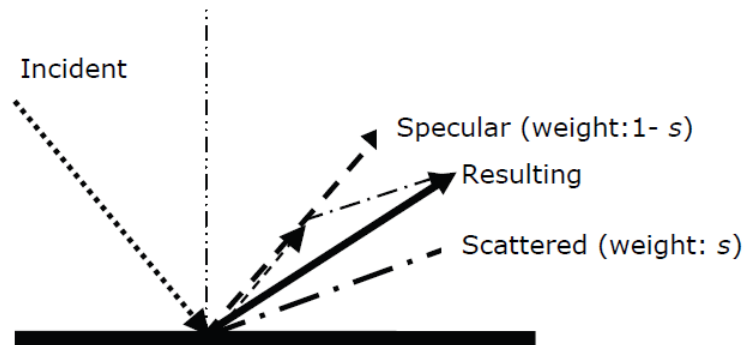


Figura 4. Conservación de la energía en el algoritmo de ODOEN [6]

En resumen, la diferencia entre los dos programas se encuentra en las reflexiones de primer y segundo orden (según TO por defecto). En el caso de CATT (Algoritmo 1), se tratan forma determinista las de primer orden, mientras que en el caso de ODEON, se utiliza una mezcla del método de las imágenes y el trazado de rayos.

2. LAS OPCIONES POR DEFECTO DE LOS PROGRAMAS

En la siguiente figura presentamos la ventana en la que se eligen las opciones que CATT-TUCT ofrece. Para nuestros cálculos hemos utilizados las opciones por defecto: Algoritmo 1, con 0 en la pestaña Max split order. Es decir, el tratamiento de la difusión para todos los rayos reflejados es estocástica. En cuanto al número de rayos hemos utilizado la opción Auto con el tipo Measures. De igual modo hemos seleccionado la opción Auto para la longitud de la respuesta impulsiva. También aparece marcada la opción de considerar la absorción del aire.

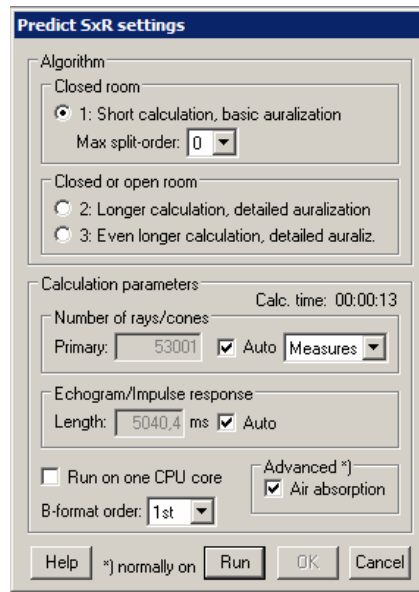


Figura 5. Opciones en CATT-TUCT

En el caso de ODEON las opciones que aparecen son más numerosas. Hemos utilizado las opciones que por defecto proporciona el utilizar el botón de Engineering. Una vez hecho esto, el programa nos pide que seleccionemos la duración de la Respuesta Impulsiva. Hemos puesto 5000 ms, que es el tiempo que CATT-TUCT utiliza por defecto al seleccionar la opción Auto.

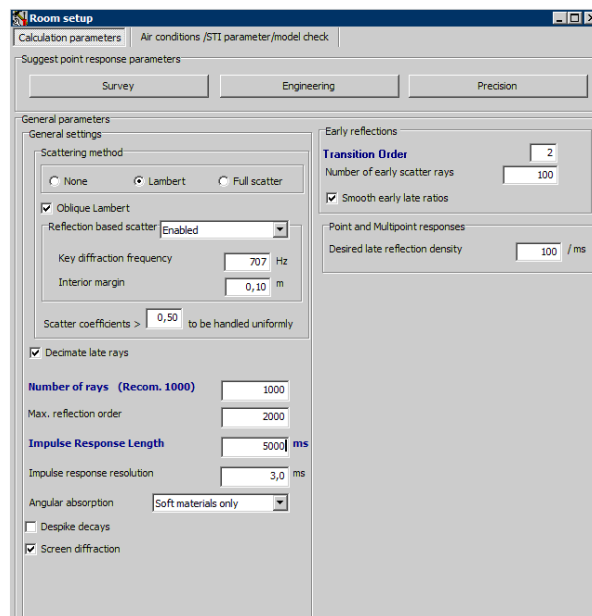


Figura 6. Opciones en ODEON

3. EJEMPLOS DE GEOMETRÍAS SIMPLES

En esta sección estudiamos varios ejemplos de geometrías simples: un cubo de 20 m de arista y una caja de 6x20x25 m. En el primer caso hemos considerado la misma absorción en todas las paredes y hemos variado el coeficiente de difusión. En el caso de la caja, hemos considerado una absorción de 10 en todas las frecuencias en el techo y las paredes, y una absorción de 50 en todas las frecuencias para el suelo.

3.1. Cubo de 20 m

En primer lugar hemos estudiado para un cubo de 20 m de arista, el efecto que produce variar el coeficiente de difusión con un valor de la absorción fijo en todas las paredes y en todas las frecuencias. De igual modo el coeficiente de difusión lo hemos mantenido fijo en CATT en cada frecuencia. Valor que hemos puesto en ODEON.

Hemos utilizado los coeficientes de difusión de: 0, 25, 50, 75, 95 y 100. En las siguientes figuras podemos ver las diferencias para el T30 en bandas. Se observa que para difusión 0 no hay apenas diferencias entre los resultados que proporcionan los dos programas. Para difusión 25 aparecen diferencias (salvo a 2 y 4 KHz), aunque no superan 1 jnd (5%). Estas diferencias para una difusión de 50 llegan justo a 1 jnd. Se reducen para una difusión de 75 y casi desaparecen para una difusión de 95. Sin embargo, al poner una difusión de 100 aparece de nuevo diferencia, que en este caso para las altas frecuencias casi corresponde a 1 jnd.

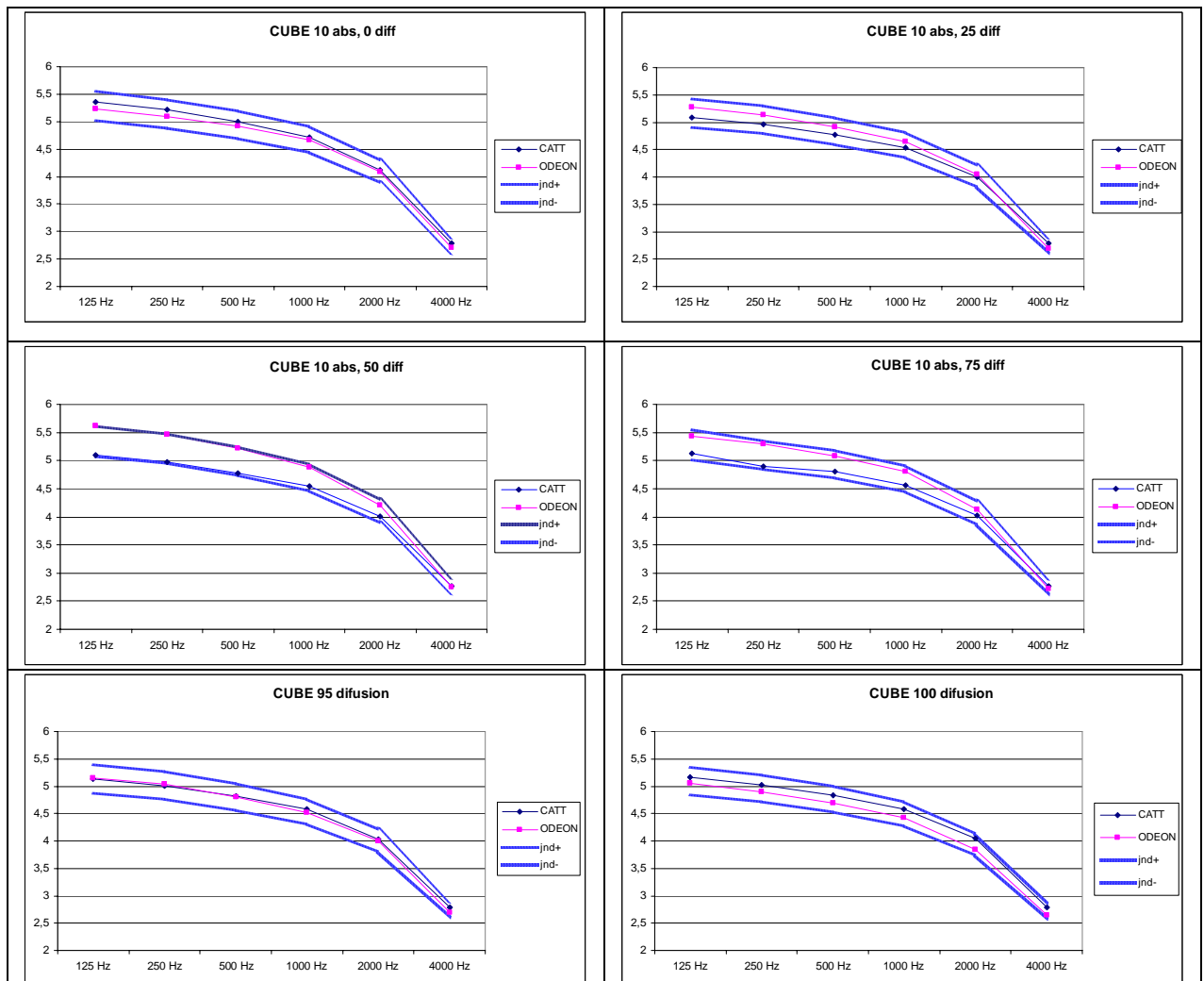


Figura 7. Diferencias entre T30 (s) en el cubo de 20 m, con paredes de absorción 10 y diferentes coeficientes de difusión entre CATT-acoustic y ODEON.

A continuación mostramos, a modo de ilustración, algunas diferencias entre otros parámetros que hemos obtenido y que consideramos interesantes. En todos los casos los resultados se comparan con respecto a una diferencia de 1 jnd del parámetro (líneas azules).

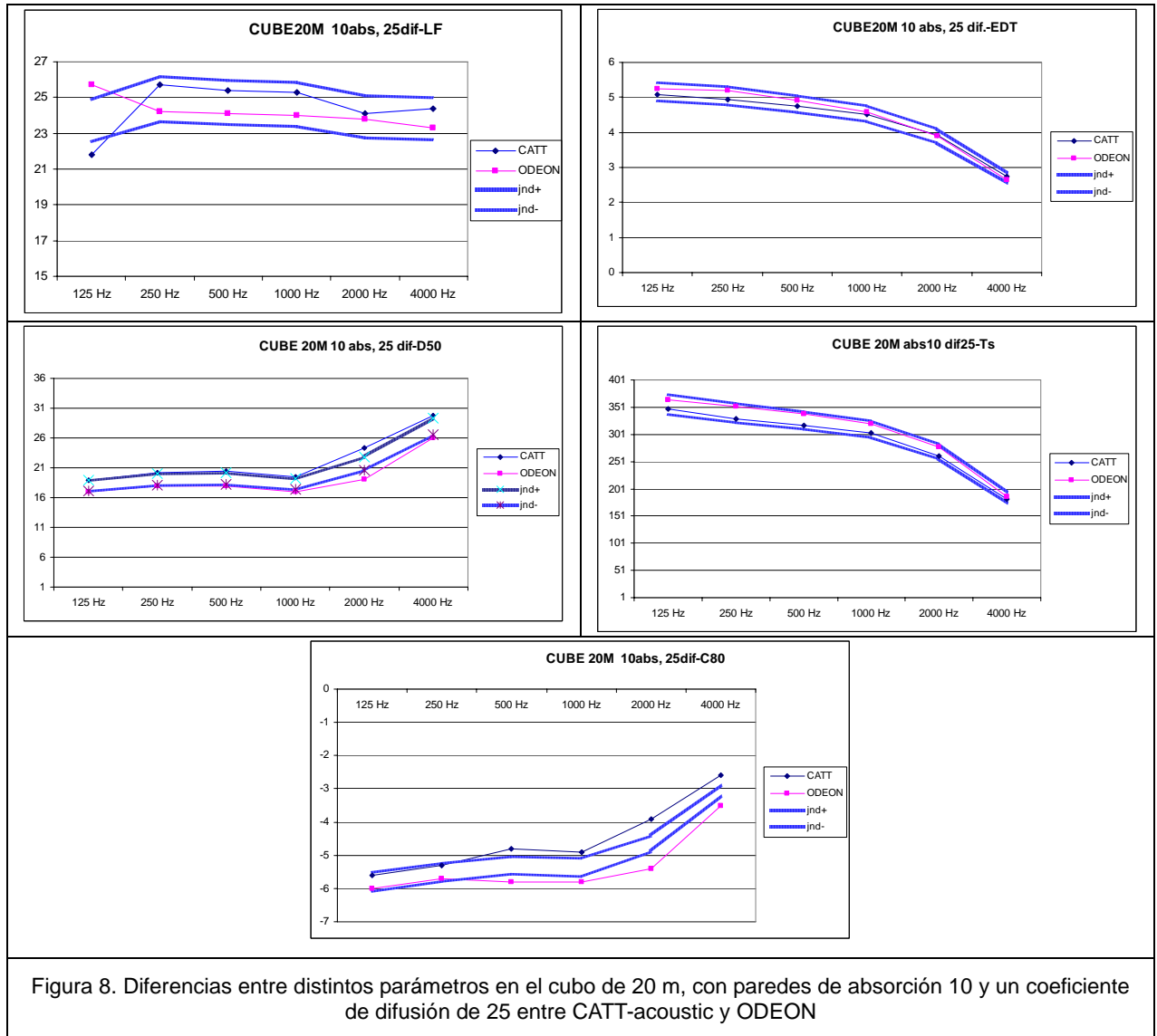


Figura 8. Diferencias entre distintos parámetros en el cubo de 20 m, con paredes de absorción 10 y un coeficiente de difusión de 25 entre CATT-acoustic y ODEON

3.2. Caja de 6x20x25

Incluimos este ejemplo como ilustración de una geometría simple, una caja de dimensiones 20x25x6 m, con dos absorciones diferentes: 10 en las paredes laterales y techos y 50 en el suelo; y dos coeficientes de difusión diferentes: 25 en las paredes y techos y 50 en el suelo; que proporcionan un T30 con diferencias superiores a 1 jnd en cada uno de los programas utilizados.

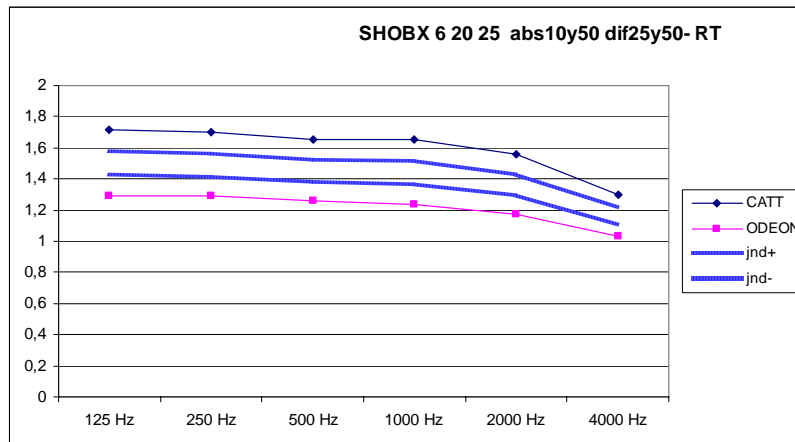


Figura 9. Diferencias en el TR30 superiores a 1 jnd para una caja de dimensiones 20x25x6 m con dos coeficientes de absorción y de difusión

4. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos querido mostrar que dos de los programas más utilizados en la simulación acústica de salas producen resultados que en ocasiones son bastante diferentes. Para ello hemos optado por las opciones por defecto en los cálculos en cada uno de los programas. Hemos considerado geometrías simples y hemos prestado especial atención al tratamiento de la difusión.

Para un cubo de arista 20 m hemos visto que existen coeficientes de difusión para los que las predicciones se alejan entre sí hasta 1 jnd. Y en el caso de una caja de dimensiones 20x25x6 m. el valor obtenido del TR30 se aleja mucho más de 1 jnd.

Con todo ello queremos mostrar que el tratamiento de la difusión que se hace por defecto en cada uno de los programas no es suficiente para obtener predicciones fiables. Entendiendo predicción fiable aquella que no depende del programa utilizado. Si bien esto puede interpretarse como un defecto en el software de predicción, los creadores de los programas advierten que si bien el software da ciertas garantías, cada geometría, y sus propiedades acústicas, han de estudiarse con detenimiento escogiendo las opciones que los programas ofrecen para que los resultados sean lo más adecuados a la realidad [7]. Teniendo en cuenta este hecho, y para evitar problemas de mayor envergadura, se hace necesario estudiar cómo los programas se ajustan a las medidas experimentales cuando se determinan, en la medida de lo posible, las absorciones reales de los materiales.

5. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación mediante el proyecto de investigación BIA2008-05485.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Dalenbäck BI. Room acoustic prediction based on a unified treatment of diffuse and specular reflection. J. Acoust. Soc. Am. (1996).
- [2]. Vorländer M. International round robin on room acoustical computer simulations. ICA'95 1995:689.
- [3]. Bistafa, S. R., and Bradley, J. S. "Predicting reverberation times in a simulated classroom," J. Acoust. Soc. Am. 108, 1721–1731. (2000).
- [4]. CATT-Acoustic v8g. Room Acoustics Prediction and Walkthrough Auralization. User's Manual. CATT, Mariagatan 16A, 41471 Gothenburg, Sweden. <http://www.catt.se>, 2007.
- [5]. TUCT v1.0e. User's Manual. Mariagatan 16A, 41471 Gothenburg, Sweden. <http://www.catt.se>, 2007.
- [6]. C. L. Christensen: ODEON room acoustics program, version 10.1. Industrial, Auditorium and Combined Editions, ODEON A/S, c/o Acoustic Technology, Ørsted.DTU, Ørsted's Plads, Technical University of Denmark, Building 352, DK-2800 Lyngby, Denmark. www.odeon.dk, 2009.
- [7] Bengt-Inge Dalenbäck. Engineering principles and techniques in room acoustics prediction. Bergen, Norway. BNAM 2010. May 10-12.