

Rehabilitación acústica del teatro Jaume I de Algemés (Valencia)

Jaume Segura¹, Alicia Giménez³, Arturo Barba³, Radu Lakatis³, Salvador Cerdá³, José Romero³
Rosa M^a Cibrián²

¹Polígono de la Coma s/n - Institut de Robotica – Universitat de Valencia

²Universitat de Valencia

³Grupo de Acústica Arquitectónica, Ambiental e Industrial –
Camí de Vera s/n, Universitat Politècnica de Valencia

jaume.segura@uv.es, agimenez@fis.upv.es

Resumen

En este artículo se estudia las condiciones acústicas del Teatro Jaume I con el fin de proponer mejoras, ya que actualmente no se encuentra útil para sus actividades regulares a causa de sus condiciones acústicas. Está ubicado en la ciudad de Algemés. Actualmente se utiliza para obras de teatro de pequeño formato.

Palabras-clave: Teatro, simulación acústica, trazado de rayos, rehabilitación acústica.

Abstract

This paper describes the acoustical study of the Theatre Jaume I for the proposal of improvement works, because actually it is not very useful for regular activities because of its acoustical conditions. It is located in the city of Algemés (Valencia). Now it is used as a small theatre for little works.

Keywords: Theatre, acoustic simulation, ray-tracing, acoustical rehabilitation.

1 Introducción

La utilización de métodos de simulación acústica para la mejora de las condiciones acústicas de recintos dedicados a la representación o teatros está extendiéndose mucho en los últimos años. Debido a la mejora en los algoritmos de cálculo y en la potencia de cálculo de los ordenadores, estos métodos permiten obtener resultados bastante ajustados a la realidad. Entre otros los métodos más utilizados en la simulación de salas son los basados en el método de las fuentes imagen especular y en el trazado de rayos/conos/pirámides, que basan su funcionamiento en fenómenos estadísticos de incidencia de rayos asociados a cada onda emitida. Estos métodos no son buenos a bajas frecuencias, aunque permiten la obtención de resultados aceptables en tiempos de cálculo razonables. Por otra parte, también existen otros métodos de cálculo que permiten el cálculo de los parámetros acústicos a partir de la solución de la ecuación de onda en un espacio discretizado, son los llamados métodos de onda completa y entre otros se encuentran el método de elementos finitos (FEM), el de elementos de contorno (BEM), el de diferencias finitas en dominio del tiempo (FDTD). Estos últimos son menos utilizados por sus

requisitos computacionales, es decir por sus excesivos tiempos de cálculo para volúmenes no excesivamente grandes, y aunque dan mejores resultados a bajas frecuencias que los métodos basados en trazado de rayos o fuentes imagen, en ocasiones no compensa el esfuerzo computacional. [1][2][5][6]

El Teatro Jaume I, objeto de estudio en este artículo, forma parte de un edificio público. El conjunto de edificios en el que se encuentra integrado se localizaba anteriormente el Colegio Público Vázquez de Mella, el cual fue adquirido por el Ayuntamiento en setiembre de 1904. Desde el año 1984, en que se comenzó su rehabilitación, el uso que se le ha dado es diferente. En el conjunto de edificios que se encuentran alojados están: la Casa de la Juventud, el Teatro Jaume I y la Escuela Permanente de Adultos. Actualmente el edificio no se encuentra en un estado óptimo por lo que el consistorio se ha planteado su rehabilitación acústica. La realización de medidas se ha dejado para la fase final del proyecto debido a que actualmente no es posible su realización. La sala especificada tiene un volumen de 840 m^3 y una superficie de audiencia de unos 190 m^2 , con capacidad para unas 240 personas.

En este trabajo se ha realizado un estudio teórico de las características de la sala con el fin de mejorar sus condiciones acústicas para la audición de la palabra, que es la finalidad para la cual está destinada. Este estudio ha sido comparado con dos software de simulación, EPIDAURE [3] y CATT [4], que utilizan diferentes métodos de cálculo. El primero utiliza el método de trazado de rayos para el cálculo estadístico de los parámetros característicos de la sala, además implementa separadamente el algoritmo de las fuentes imagen para otros cálculos energéticos. Por su parte, el segundo programa implementa el algoritmo de trazado de conos (una variante del anterior) combinado con el método de las imágenes, de manera que permite realizar cálculos estadísticos y energéticos a la vez.

2 Modelo numérico de la sala

Para hacer un análisis exhaustivo de la sala y con la finalidad de poder estudiar adecuadamente los posibles problemas detectados hemos realizado un modelos numérico mediante el método de trazado de rayos. Este modelo ha sido diseñado con 625 superficies caracterizadas por su curva de absorción que ha sido seleccionada a partir de la bibliografía, asignando los materiales correspondientes. Esto afecta al cálculo de los parámetros característicos de la sala (EDT, RT15, RT30, D50, C80, Ts, STI).



Figura 1 – Imagen actual del teatro sin las propuestas de mejora



Figura 2 – Imagen del teatro con las propuestas de mejora

En la figura 1 podemos ver una representación virtualizada del teatro en su situación actual. En la figura 2 observamos la representación del teatro con las propuestas de mejora acústica a implementar. Estas propuestas consisten en una serie de paneles en el techo de la parte del patio de butacas y el cambio de material (actualmente es enlucido de cemento) en el techo del teatro por un material más absorbente (p.e. techo acústico o Topakustic). Esta propuesta se realizó con arreglo a las limitaciones de la realidad presupuestaria que fue indicada por los técnicos del Ayuntamiento.

2.1 Materiales

Entre los materiales utilizados en las simulaciones se han elegido los que aparecen en la tabla 1. Estos materiales han sido extraídos de la bibliografía a partir de las especificaciones de los técnicos municipales y fundamentalmente la opinión de los vecinos que han vivido los cambios del teatro desde su construcción y de las especificaciones del arquitecto municipal del Ayuntamiento de Algemesi.

Tabla 1 – Materiales utilizados en el modelo [7].

	125	250	500	1000	2000	4000
Linoleo	0.010	0.010	0.010	0.020	0.020	0.030
Ladrillo+enlucido	0.010	0.010	0.020	0.030	0.040	0.050
Enlucido Cemento	0.025	0.026	0.060	0.085	0.043	0.056
Butaca Tapissada	0.100	0.120	0.140	0.160	0.150	0.160
Madera ordinaria	0.120	0.160	0.130	0.100	0.060	0.050
Topakustic 14/2	0.270	0.770	0.950	0.940	0.850	0.600
Techo acústico (SONAR-Rockfon)	0.45	0.72	0.73	0.78	0.88	0.86
Terciopelo (650gr/m2)	0.100	0.120	0.350	0.450	0.380	0.360
Contrachapado 6mm ca 5 cm	0.250	0.340	0.180	0.100	0.100	0.050
Paneles techo (madera)	0.100	0.160	0.130	0.100	0.060	0.050

2.2 Fuente sonora

La fuente considerada para las simulaciones está ubicada en el punto de coordenadas (6.2, 19.1, 2.0)m, que coincide con el centro geométrico del escenario. La emisión de la fuente es omnidireccional y emite un ruido blanco de 94 dB medido a 1 m, siguiendo las especificaciones de la norma ISO 3382:1997 [8].

El número de rayos utilizado para el cálculo ha sido de unos 20000 rayos que han permitido la obtención de los parámetros característicos de la sala (EDT, RT15, RT30, D50, C80, Ts, STI). En cada uno de los programas utilizados se ha especificado un orden de reflexión adecuado (entre 2 y 10 reflexiones) y un tiempo de truncamiento de 2100 ms (ajustándose al tiempo de reverberación de la sala).

3 Resultados y discusión

Para la obtención de los resultados se han considerado 12 receptores cuya numeración es en orden decreciente desde el escenario.

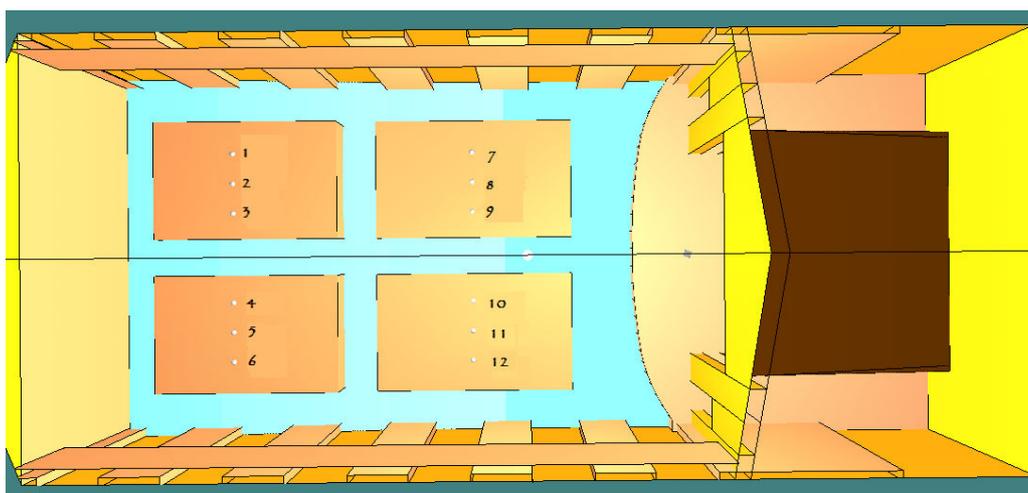


Figura 3 – Ubicación de los receptores y de la fuente en el teatro

Los resultados obtenidos en las simulaciones del modelo del teatro en los 12 receptores ubicados en las posiciones que se pueden ver en la figura 3. Para la comparación entre los resultados de la configuración original del teatro y la de la propuesta para la mejora acústica se ha utilizado el programa CATT[®]. Los seis primeros puntos en la figura 3 corresponden a la fila de receptores ubicada en la posición más lejana al escenario y los seis últimos corresponden a los puntos más cercanos al escenario.

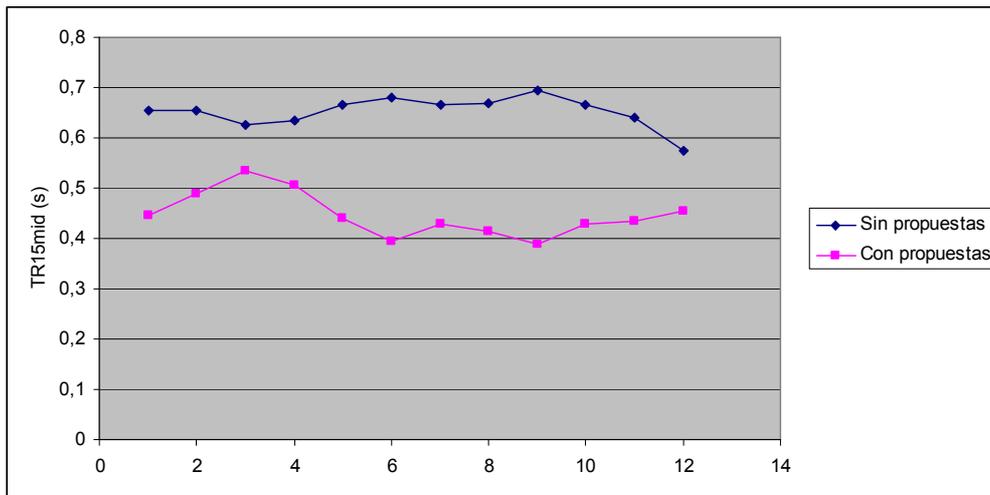


Figura 4 – Gráfico de los RT15mid con propuestas y sin propuestas

En la figura 4 podemos ver una representación del TR15 promedio para la sala sin acondicionamiento y con propuestas, en ella vemos una reducción de los tiempos promedio de reverberación. Esta mejora se evidencia más en la figura 5 donde se representa el índice D50 promedio para las dos opciones, en ella se ve una mejora en cada una de las posiciones de medida, produciéndose además una distribución más uniforme de este parámetro en la opción con las propuestas aplicadas en relación a la opción original sin ninguna actuación.

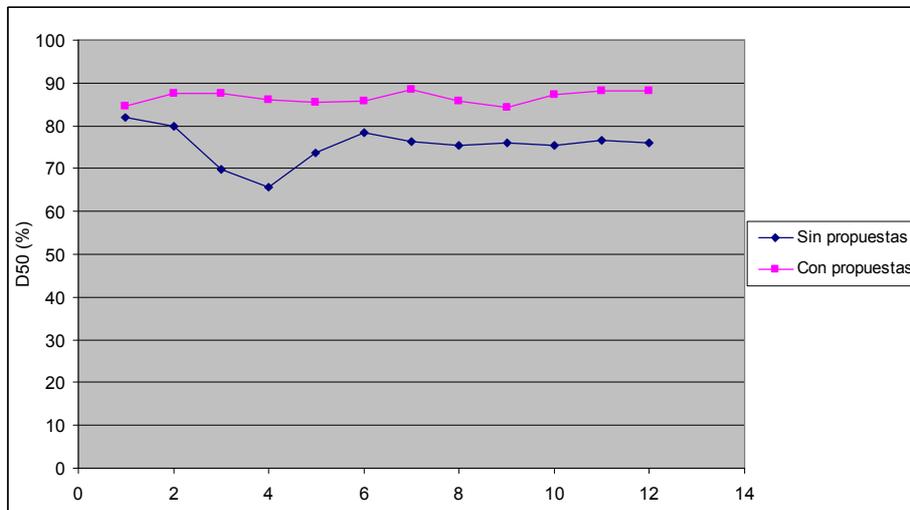


Figura 5 – Gráfico de los D50 con propuestas y sin propuestas

El uso del recinto como sala dedicada a la representación de teatro hace que se haya priorizado la palabra a la música en la valoración de los parámetros. Las propuestas realizadas han permitido una mejora de los parámetros dedicados a la palabra (D50 y STI).

3.1 Comparación de resultados con dos softwares

Además de utilizar el programa CATT para la simulación del modelo del teatro Jaume I, se ha implementado el mismo modelo pero utilizando otro programa de simulación de salas que utiliza el método de trazado de rayos: EPIDAURE.

A partir de los cálculos realizados con los programas de simulación acústica CATT y EPIDAURE observamos que hay poca diferencia aplicando diferentes métodos de cálculo a las dos simulaciones. De esta manera se han obtenido los siguientes resultados:

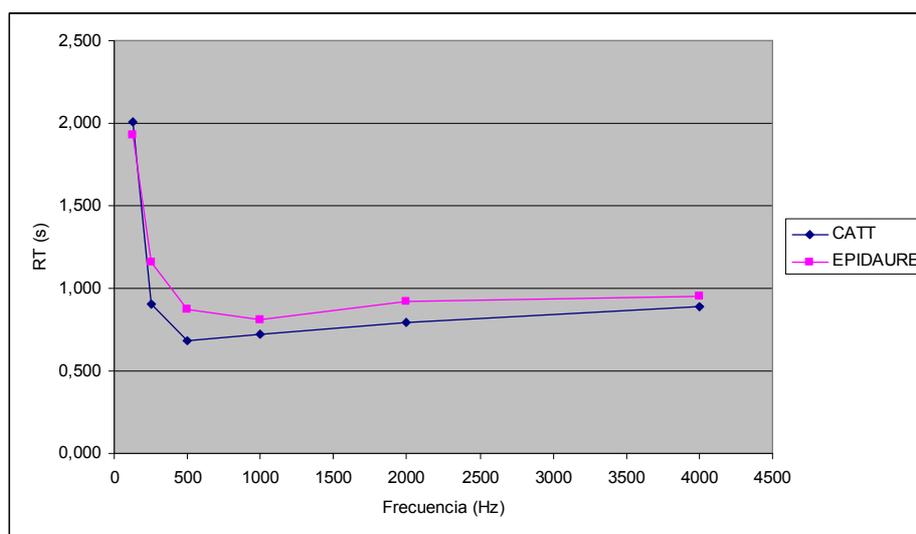


Figura 6 – Gráfico de los RT calculados con CATT y EPIDAURE

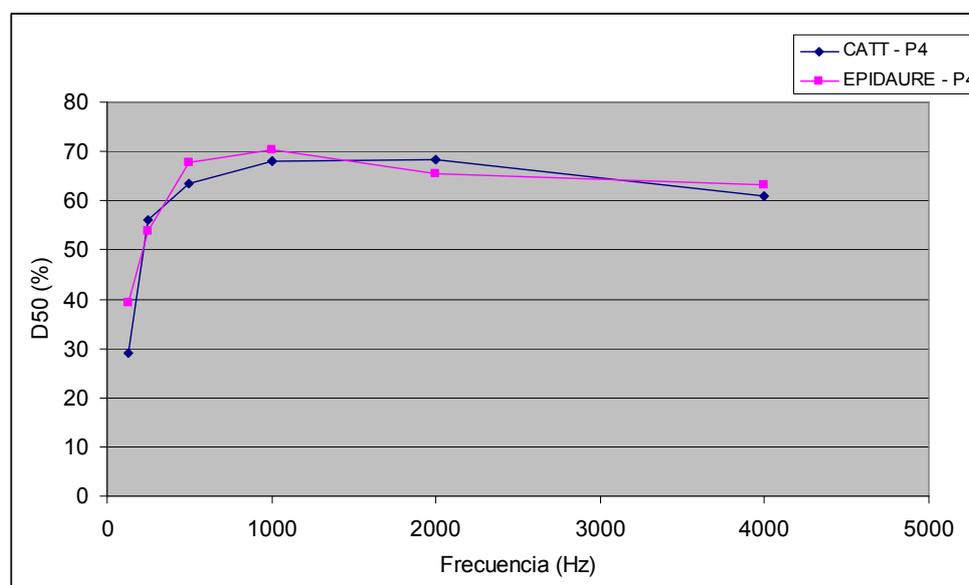


Figura 7 – Gráfico de D50 calculados con CATT y EPIDAURE en la posición P4

Las figuras 6 y 7 muestran que los cálculos mediante los diferentes métodos son coherentes, es decir que a pesar de las diferencias en los algoritmos de cálculo se obtienen resultados bastante parecidos, lo cual implica un error pequeño en la elección del programa de cálculo.

4 Conclusiones

En este estudio se han estudiado las condiciones acústicas del Teatro Jaume I de la ciudad de Algemés (Valencia) y se han realizado algunas propuestas de mejora. A partir de él podemos decir que esta sala no necesita una especial adaptación para la audición de la palabra debido a su volumen, aunque sí que necesita una optimización de los parámetros energéticos y de inteligibilidad.

La propuesta realizada de substituir el techo de enlucido por un material absorbente y la instalación de seis paneles reflectores de madera barnizada suspendidos entre los espacios que quedan entre las vigas de la sala permite una mejor difusión del sonido, lo cual hace que el parámetro D50 sea más uniforme en toda la sala. Por otra parte, se puede decir que la comparación de los resultados mediante diferentes algoritmos de cálculo da resultados coherentes.

Agradecimientos

Este artículo ha sido financiado con fondos FEDER y por el Ministerio de Educación y Ciencia español mediante el proyecto CICyT con referencia BIA2003-09306 y BIA2008-05485.

Referencias

- [1] Rindel JH. "Modelling in auditorium acoustics- from ripple tank and scale models to computer simulations". N° Especial de la Revista de Acústica (CD-Rom), 32 keynote lecture, Forum Acusticum Sevilla 2002
- [2] Rindel JH. The use of computer modeling in room acoustics. *J Vibroeng*, Vol. 3(4), 2000, pp.41–72.
- [3] C.S.T.B. *Epidaure. Prediction of Auditorium Acoustics. User's Manual. Version 1.0*. 0'1 dB. Villeurbanne, 1994.
- [4] CATT-Acoustic v8. *User's Manual: Room Acoustic Prediction and Desktop Auralization*. CATT, Gothenburg (Suecia), 2002.
- [5] Vorländer, M. International Round Robin on room acoustical computer simulation. *Proceedings of 15th International Congress on Acoustic*, Trondheim (Noruega), 1995, pp577-580.
- [6] Bork, I.; A comparison of room simulation software-The 2nd Round Robin an room acoustical computer simulation. *Acustica-Acta Acustica*, 86, 2000, pp 943-956.
- [7] Recuero, M., Gil, C. *Acústica Arquitectónica*, E.U. Ingenieros Técnicos de Telecomunicaciones, U.P.M. 1983.
- [8] ISO 3382:1997 Acoustics. Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters.