

LA ACÚSTICA DE LA ÓPERA DE SÍDNEY

THE ACOUSTICS OF THE SYDNEY OPERA HOUSE

Quiteria Angulo-Ibáñez¹, Aitana Puig-Rocher²
Departamento de Construcciones Arquitectónicas / Universitat Politècnica de València¹, Architect ²

INTRODUCCIÓN. La Ópera de Sídney, proyecto del arquitecto danés Jørn Utzon, fue inaugurada en 1973. Para el diseño de la sala de conciertos se realizaron pruebas con modelos a escala 1/10 que revelaron problemas en la distribución del sonido en ciertas áreas, donde el sonido directo dominaba sobre las reflexiones laterales. Esto motivó modificaciones en la morfología de la sala (Imagen 1). El diseño definitivo incluyó un techo con nervaduras irradiantes y un contorno ajustado en planta. Nuevas pruebas indicaron que los valores de Tiempo de Energía Decayente (EDT) eran superiores a los de Tiempo de Reverberación (RT), lo que corregía las deficiencias acústicas previas en la zona de la orquesta, aunque se sospechaba que valores altos de EDT podrían afectar la articulación del sonido.

INTRODUCTION. The Sydney Opera House was designed by Danish architect Jørn Utzon and inaugurated in 1973. For the design of the concert hall, tests with 1/10 scale models revealed problems with sound distribution in certain areas, where direct sound dominated over lateral reflections. This led to modifications in the morphology of the hall (Image 1). The final design included a ceiling with radiating ribs and a tight contour in plan. Further testing indicated that the Early Decay Time (EDT) values were higher than the Reverberation Time (RT) values, which corrected the previous acoustic deficiencies in the orchestra area, although it was suspected that high EDT values might affect the articulation of the sound.

OBJETIVOS

El propósito principal del presente trabajo es evaluar la calidad acústica de la sala de conciertos en la Ópera de Sídney. Para ello, tras esta breve contextualización se ha proseguido a la obtención de los parámetros acústicos más determinantes que ayudarán a realizar un el análisis acústico completo de la sala (Tabla 1).

OBJETIVES

The main purpose of the present work is to evaluate the acoustic quality of the concert hall at the Sydney Opera House. To do this, after this brief contextualization, we have continued to obtain the most decisive acoustic parameters that will help carry out a complete acoustic analysis of the room (Table 1).

24.600 m ³	V: volumen de la sala / volume of the hall
1.362 m ²	Sa: superficie de butacas / seating area
1.563 m ²	SA: superficie acústica de la audiencia / acoustic audience area
180,7 m ²	So: superficie del escenario / stage area
1.744 m ²	ST: SA + So
2.679	N: número de asientos / number of seats
16,8 m	H: altura media de la sala / average height of the hall
33,2 m	W: anchura media de la sala / average width of the hall
31,7 m	L: longitud media de la sala / average length of the hall
44,5 m	D: distancia entre el centro del escenario y el oyente más alejado / distance between the centre of the stage and the farthest listener

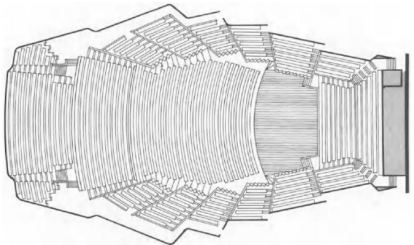


Imagen 1. Plano de planta de la sala
Image 1. Floor plan of the hall

PLAN EXPERIMENTAL / Materiales / EXPERIMENTAL PLAN / Materials

La sala de conciertos utiliza materiales como madera laminada y contrachapada en paredes, balcones y asientos para optimizar las reflexiones acústicas, mientras que el techo combina madera y plástico para mejorar la dispersión sonora. Un toldo flotante compuesto por 21 reflectores acrílicos circulares ayuda a distribuir el sonido de manera uniforme, con alturas entre 8,2 y 10,7 metros. Los suelos de madera laminada, sin alfombras, potencian la acústica al estar diseñados con un espacio de retorno de aire. Las grandes paredes laterales y los antepechos de los palcos reflejan el sonido hacia la zona central, mientras que las secciones superiores reciben reflexiones del techo y fondos, garantizando una experiencia acústica equilibrada.

The concert hall uses materials such as plywood and plywood on walls, balconies and seats to optimize acoustic reflections, while the ceiling combines wood and plastic to improve sound dispersion. A floating canopy composed of 21 circular acrylic reflectors helps distribute sound evenly, with heights ranging from 8.2 to 10.7 meters. Laminate wood floors, without carpeting, enhance acoustics by being designed with an air return gap. The large side walls and box parapets reflect sound towards the central area, while the upper sections receive reflections from the ceiling and backdrops, ensuring a balanced acoustic experience.

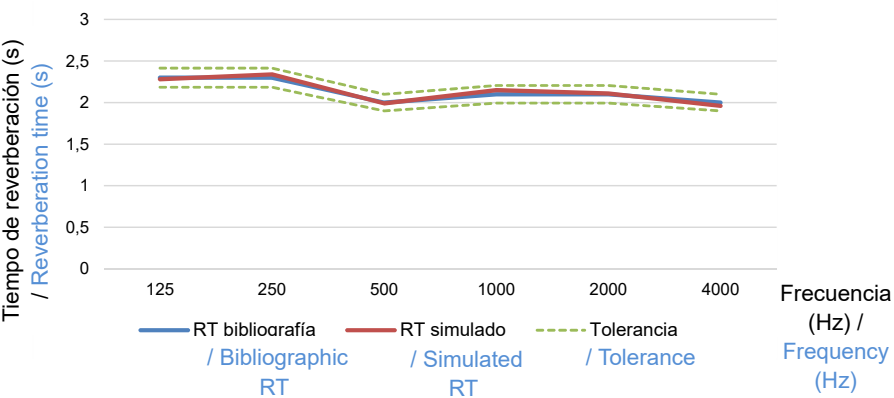
Procedimiento para la obtención de los parámetros acústicos

Para analizar la acústica de la sala, se utilizó el software Odeon, cargando un modelo 3D que integra la materialidad específica del espacio. Mediante simulación por trazado de rayos, se evaluaron parámetros acústicos asignando coeficientes de absorción a las superficies según sus materiales. El techo, debido a la incertidumbre en su comportamiento absorbente, se utilizó como variable de calibración ajustada en función del tiempo de reverberación medio (RTmid) obtenido de fuentes bibliográficas.

Procedure for obtaining acoustic parameters

To analyze the acoustics of the room, Odeon software was used, loading a 3D model that integrates the specific materiality of the space. Through ray tracing simulation, acoustic parameters were evaluated by assigning absorption coefficients to the surfaces according to their materials. The ceiling, due to the uncertainty in its absorptive behavior, was used as a calibration variable adjusted according to the mean reverberation time (RTmid) obtained from bibliographic sources.

Tabla 3. Ajuste de los tiempos de reverberación /Table 3. Adjustment of reverberation times



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
RT bibliografía / Bibliographic RT	2,3	2,3	2	2,1	2,1	2
RT simulado / Simulated RT	2,28	2,34	1,99	2,15	2,11	1,96

Tabla 4. Tiempos de reverberación (s) deseados y obtenidos a sala llena
Table 4. Reverberation time (s) desired and achieved at full hall

Resultados

Para analizar la acústica de la sala, se utilizó el software La sala de conciertos de la Ópera de Sídney tiene un tiempo de reverberación (RT) entre 2 y 2,30 segundos, algo elevado para el rango ideal, afectando la claridad sonora. Los valores de claridad (C80) son bajos, entre -1,60 y -2,40 dB, indicando pérdida de definición por alta reverberación. Además, el factor lateral (LF80) es ligeramente inferior al ideal en frecuencias bajas y altas, afectando la percepción de espacialidad.

Results

The Sydney Opera House concert hall has a reverberation time (RT) between 2 and 2.30 seconds, which is somewhat high for the ideal range, affecting sound clarity. The clarity values (C80) are low, between -1.60 and -2.40 dB, indicating loss of definition due to high reverberation. In addition, the lateral factor (LF80) is slightly less than ideal at low and high frequencies, affecting the perception of spatiality.

Conclusiones

El tiempo de reverberación en la sala es superior al valor recomendado, lo que afecta directamente a la claridad acústica. Esta situación puede tener un impacto negativo en la calidad sonora de la sala. Los valores de energía lateral son ligeramente menores a los recomendados, lo que sugiere una predominancia de la energía sonora directa desde el escenario sobre la lateral, afectando la percepción espacial del sonido. Los valores de energía lateral en la sala son ligeramente inferiores a las recomendaciones, haciendo que prevalece la energía sonora directa proveniente del escenario en lugar de la energía sonora lateral. Esto también contribuye de manera desfavorable a la percepción del sonido en el espacio. En vista de los resultados obtenidos, se puede afirmar que la sala de conciertos de la Ópera de Sídney presenta una calidad acústica aceptable, aunque no sobresaliente en comparación con otras grandes salas de audición contemporáneas.

Conclusions

The reverberation time in the room is higher than the recommended value, which directly affects the acoustic clarity. This situation can have a negative impact on the sound quality of the room. The lateral energy values are slightly lower than the recommended values, suggesting a predominance of direct sound energy from the stage over the lateral, affecting the spatial perception of the sound. The lateral energy values in the room are slightly lower than the recommendations, causing direct sound energy from the stage to prevail over lateral sound energy. This also contributes unfavorably to the spatial sound perception. In view of the results obtained, it can be stated that the concert hall of the Sydney Opera House presents an acceptable acoustic quality, although not outstanding in comparison with other large contemporary listening rooms.

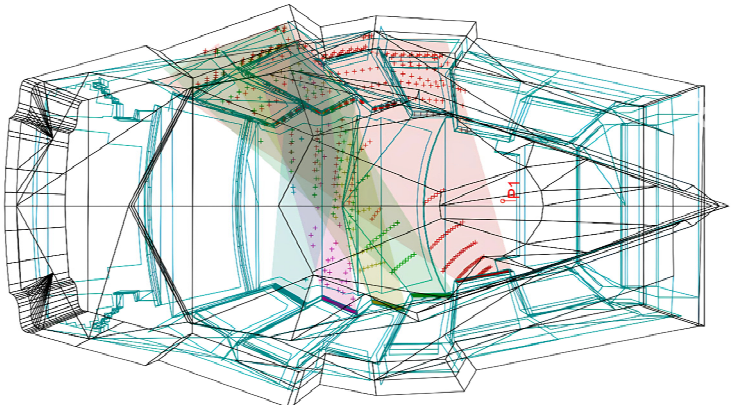
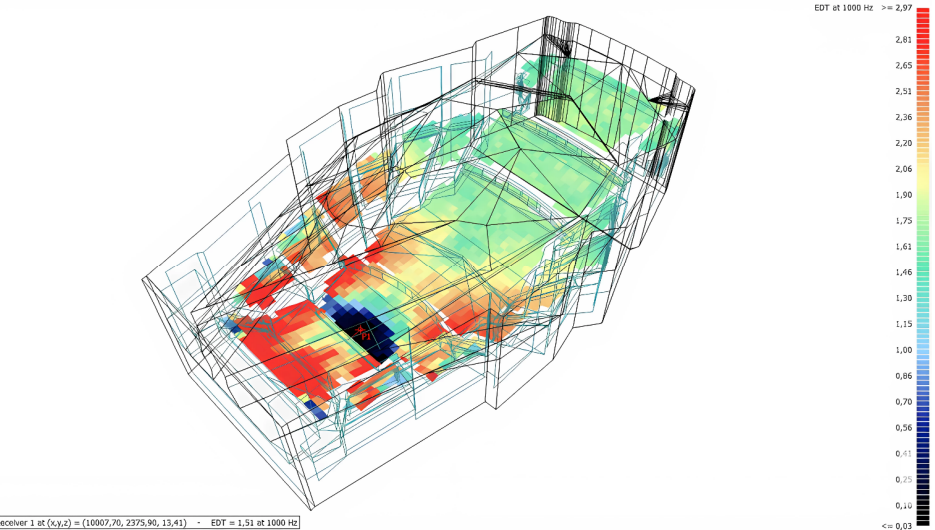
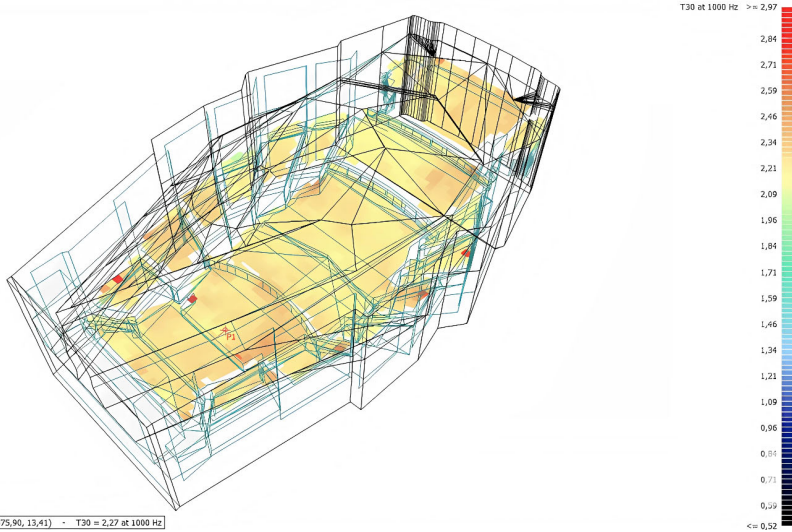


Figura 1. Reflexiones en la sala / Figure 1. Sound reflections in the hall

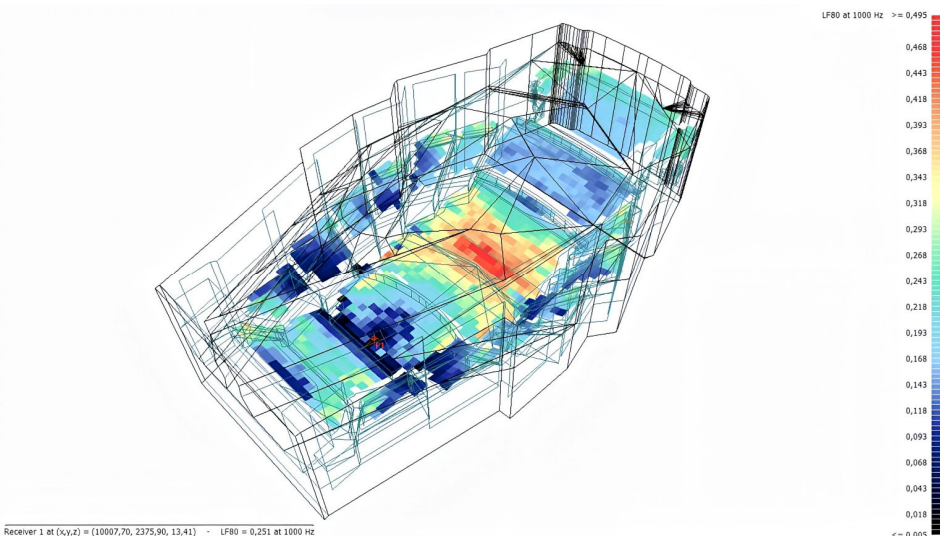
Parámetros acústicos obtenidos de la sala Acoustic parameters obtained from the hall



Reverber. 1 at (500,2) = (10007,70, 2375,90, 13,41) - EDT = 1,31 at 1000 Hz

Reverber. 1 at (500,2) = (10007,70, 2375,90, 13,41) - T80 = 2,27 at 1000 Hz

Reverber. 1 at (500,2) = (10007,70, 2375,90, 13,41) - C80 = 2,01 at 1000 Hz



Reverber. 1 at (500,2) = (10007,70, 2375,90, 13,41) - LF80 = 0,201 at 1000 Hz