

## LA ACÚSTICA DE LOS REALES TEATROS DE CARLOS III: EL ESCORIAL Y ARANJUEZ

*Juan José Gómez Alfageme\**, Clara Arribas Bonilla; Elena Blanco Martín,  
María Alonso García; Irene Sánchez Gass

GAMMA - Universidad Politécnica de Madrid – c/ Nikola Tesla s/n – 28031 - Madrid

### RESUMEN

Carlos III, durante su reinado, mandó construir los conocidos como Teatros de la Corte entre los que se encuentran el de El Escorial y Aranjuez; gemelos en sus inicios pero muy distintos en la actualidad, debido al incendio que asoló al segundo de ellos a principios de los 2000 y que obligó a una reconstrucción total del teatro. Si bien se trató de mantener su esencia original, se realizaron ampliaciones tanto en la sala como, sobre todo, en la caja escénica, que hacen que ambos teatros ya solo sean parecidos de forma visual. Por esta razón, en el presente artículo, se realiza un estudio acústico de ambos teatros, tal y como se encuentran en la actualidad. Asimismo, y gracias a los modelos geométricos validados de los dos espacios, se podrá analizar el comportamiento de las salas en distintas configuraciones. Finalmente, se propone una reconstrucción del Teatro Real Carlos III de Aranjuez, partiendo de las características constructivas de la sala actual e intentando utilizar los elementos originales del Real Coliseo Carlos III de El Escorial, para entender el comportamiento que pudo presentar con anterioridad al incendio.

### ABSTRACT

King Charles III, during his reign, order to raise up the so known as Teatros de la Corte, among which are those of El Escorial and Aranjuez; identical in their beginnings but very different in the current days, due to a fire that ravaged the latter during the early 2000s and forced a total reconstruction of the theatre. Even though the original essence was tried to be kept, extensions were made both in the hall and, above all, in the stage box, leading both theatres to be only visually similar. Therefore, in this article, it is carried out an acoustic study of both theatres, just as how they can be found now-a-days. Likewise, and thanks to the validated geometric models of the spaces, it will be possible to analyse the behaviour of the halls in different configurations. Finally, it is proposed a reconstruction of the theatre Real Carlos III of Aranjuez, starting from the constructive characteristics of the current hall and trying to use the original elements of the theatre Real Coliseo of El Escorial, so that it can be understood the behaviour it could have had before the fire.

**Palabras Clave**— teatros reales, modelos geométricos, calibración de modelos, acústica virtual.

### 1. INTRODUCCIÓN

Hasta la llegada de los Borbones la actividad teatral se había desarrollado en España en locales improvisados, en entarimados en las plazas o en patios de casas particulares (corrales de comedias). Consciente de esta carencia, la corte borbónica, muy aficionada a este entretenimiento, se propuso dotar a los Reales Sitios de locales destinados a teatros permanentes aptos para recibir a las compañías de comediantes italianas y francesas. Durante el reinado de Carlos III (1716 – 1788), se llevaron a cabo numerosas reformas en el plano urbanístico, económico, social y cultural. De entre estos cambios, se impulsó la renovación de numerosos espacios para acercar la arquitectura española a la existente en Europa y, es por ello, que los teatros experimentaron una transformación total, al ser sumamente importantes en el entretenimiento tanto de la Corte como del pueblo.

De esta forma aparecieron los Teatros de la Corte, construidos en El Escorial, Aranjuez y El Pardo, unidos a las Compañías de los Reales Sitios quienes no solo se ocupaban de realizar las representaciones, sino que también establecieron normas que regían aspectos de las mismas como son el vestuario durante las actuaciones, la dicción de los actores y restricciones del comportamiento público en las representaciones.

Reinando Carlos III, entre los años 1768 y 1774, el arquitecto francés Jaime Marquet realiza tres de los teatros de la Corte, los de los Reales Sitios de Aranjuez, San Lorenzo de El Escorial y El Pardo. En los tres adopta un modelo estandarizado, que parte de los planteamientos que responden a la concepción clásica utilizada por el teatro italiano.

El primer teatro en ser construido fue el del Real Sitio de Aranjuez. En 1768 comienza la construcción en una zona aledaña al Palacio Real de Aranjuez, donde ya había existido anteriormente otro teatro del que no se conservan restos en la actualidad. En 1769 se inaugura el Real Teatro Carlos III, con una capacidad unas 500 personas. El edificio presenta planta rectangular, con eje axial y albergaba una sala en forma de

---

\* **Autor de contacto:** [juanjose.gomez.alfageme@upm.es](mailto:juanjose.gomez.alfageme@upm.es)

**Copyright:** ©2023 First author et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 3.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

«U». Estaba dividido en cuatro plantas: platea, palcos, anfiteatro y alta, y contaba también con un escenario y dos salas de tertulia. Allí se representaron durante años óperas, comedias y dramas hasta que en 1777 se liquidó la Compañía de los Reales Sitios. y las representaciones cesaron. Abrió de nuevo sus puertas en 2014 recuperando los elementos originales que se habían conservado. Está considerado como el teatro cubierto mas antiguo de España.



**Figura 1.** Real Teatro Carlos III de Aranjuez

El segundo teatro que construye Marquet es el Real Coliseo de San Lorenzo de El Escorial. Las obras comienzan en 1770 y tan solo un año después se realizó la inauguración. El edificio histórico tiene planta rectangular con eje axial actuando la sala como elemento estructurante del conjunto teatral. Esta tiene forma de «U» y ella abre el amplio cuerpo del escenario, de planta rectangular, donde se conservan los peines originales del siglo XVIII. Posee dos niveles de palcos sobre los existentes en la planta baja y entre estos últimos y la plataforma de la planta, hay además un nivel intermedio de asientos corridos. Este espacio, pese a adquirir mucha importancia durante el reinado de Carlos III y su hijo Carlos IV para representaciones dirigidas a todas las clases sociales hasta la Guerra de la Independencia. A partir de 2010 este teatro abrió sus puertas de forma definitiva y continúa llevando a cabo la función para la cual fue construido e ideado en 1770. Se le considera como el teatro cubierto mas antiguo de España que sigue en funcionamiento manteniendo su estructura original.

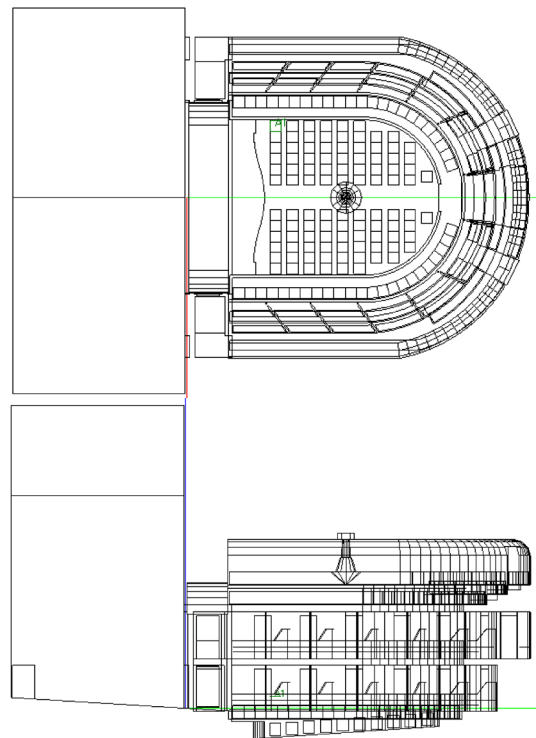


**Figura 2.** Teatro Real Coliseo Carlos III de El Escorial

El tercer teatro que se encargó a Marquet fue el del Real Sitio del Pardo, que se construyó entre 1773 y 1774. El recinto se diseñó como los denominados “teatros de corte”, tenía forma rectangular, una sola planta y con un aforo menor. Desgraciadamente de este Teatro no queda nada más que la boca del escenario y un proscenio muy reducido. [1]

## 2. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y ESTUDIO ACÚSTICO DE LOS TEATROS

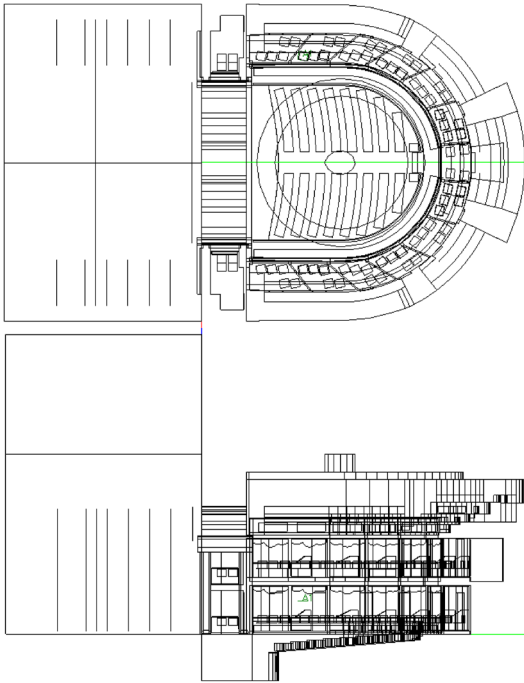
El Teatro Real Coliseo Carlos III de San Lorenzo de El Escorial tiene unas dimensiones de sala de 15,80 m de longitud, 14,50 m de anchura y 8.80 metros de altura, Está distribuido en tres plantas (platea con palcos, primera planta con palcos y segunda planta con bancos corridos). Tiene un aforo máximo de 500 personas. La caja tiene unas dimensiones de 9.80 m de profundidad, 17.20 m de anchura y 13.40 m de altura máxima (7,70 m al peine); la boca del escenario tiene 7.40 m de ancho y 4.30 m de alto; el suelo presenta una inclinación de 5°. Dispone de foso de orquesta con cierre. El volumen del teatro es de 2890 m<sup>3</sup> y la superficie total de absorción es de 2550 m<sup>2</sup>.



**Figura 3.** Teatro Real Coliseo Carlos III de El Escorial(planta, alzado y vista de sala)

El Real Teatro Carlos III de Aranjuez tiene unas dimensiones de sala de 17.40 m de longitud, 17.20 m de anchura y 9.90 metros de altura, Está distribuido en tres

plantas (platea con palcos, primera planta con palcos y segunda planta con butacas). Tiene un aforo máximo de 380 personas. La caja tiene unas dimensiones de 10.70 m de profundidad, 19.80 m de anchura y 16.30 m de altura máxima (9.80 m al peine); la boca del escenario tiene 9.00 m de ancho y 5.00 m de alto; el suelo presenta una inclinación de 0°. Dispone de foso de orquesta abierto con una altura de 2.55 m. El volumen del teatro es de 4112 m<sup>3</sup> y la superficie total de absorción es de 4004 m<sup>2</sup>.



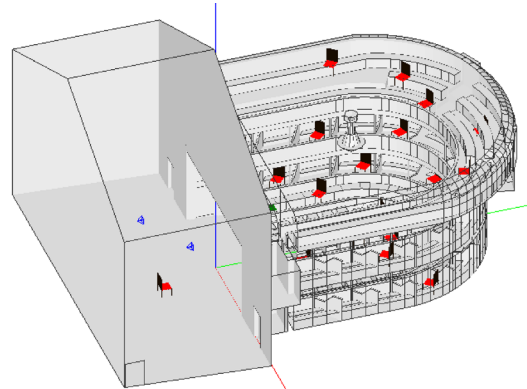
**Figura 4.** Real Teatro Carlos III de Aranjuez (planta, alzado y vista de sala)

La diferencia de volúmenes entre los dos teatros se debe a la caja escénica del Aranjuez después de su reconstrucción. Se sabe que en el momento de sus construcción los dos teatros tenían dimensiones similares, pues la petición del rey Carlos III al arquitecto Marquet fue la de tener dos teatros idénticos en los Reales Sitios.

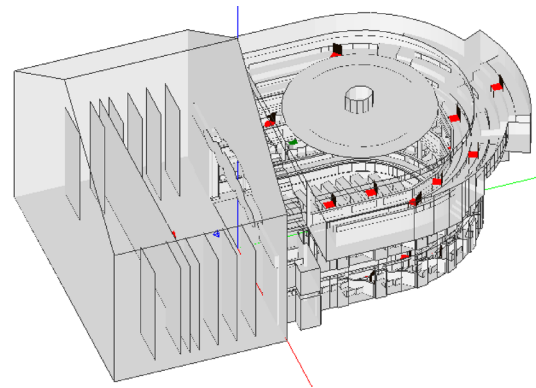
Las medidas in situ fueron tomadas en el teatro Real Coliseo Carlos III de El Escorial en febrero de 2021. En la medición se colocaron dos posiciones de fuentes sonoras en el escenario y 25 posiciones de micrófono, distribuidas por las diferentes zonas de audiencia. Las medidas in situ en el

Teatro Real Carlos III de Aranjuez se tomaron en abril de 2021. En la medición se colocaron dos posiciones de fuentes sonoras en el escenario y 28 posiciones de micrófono, distribuidas por las diferentes zonas de audiencia.

En ambos casos cumpliendo con lo establecido en la norma UNE-EN ISO 3382-1 [2]. Se empleó el método de la respuesta al impulso y se utilizó como señal de excitación un barrido de tonos exponencial de 20 Hz a 20 kHz con duración de 5.16 s. Se realizaron dos mediciones por cada posición de fuente-micrófono. Se obtuvieron un total de 12 parámetros acústicos (EDT, T20, T30, RT, C50, C80, D50, Ts, LF, LFC, STI, AlCons).



**Figura 5.** Teatro Real Coliseo Carlos III de El Escorial (posiciones de fuentes-2- y micrófonos-25-)



**Figura 6.** Real Teatro Carlos III de Aranjuez (posiciones de fuentes-2- y micrófonos-28-)

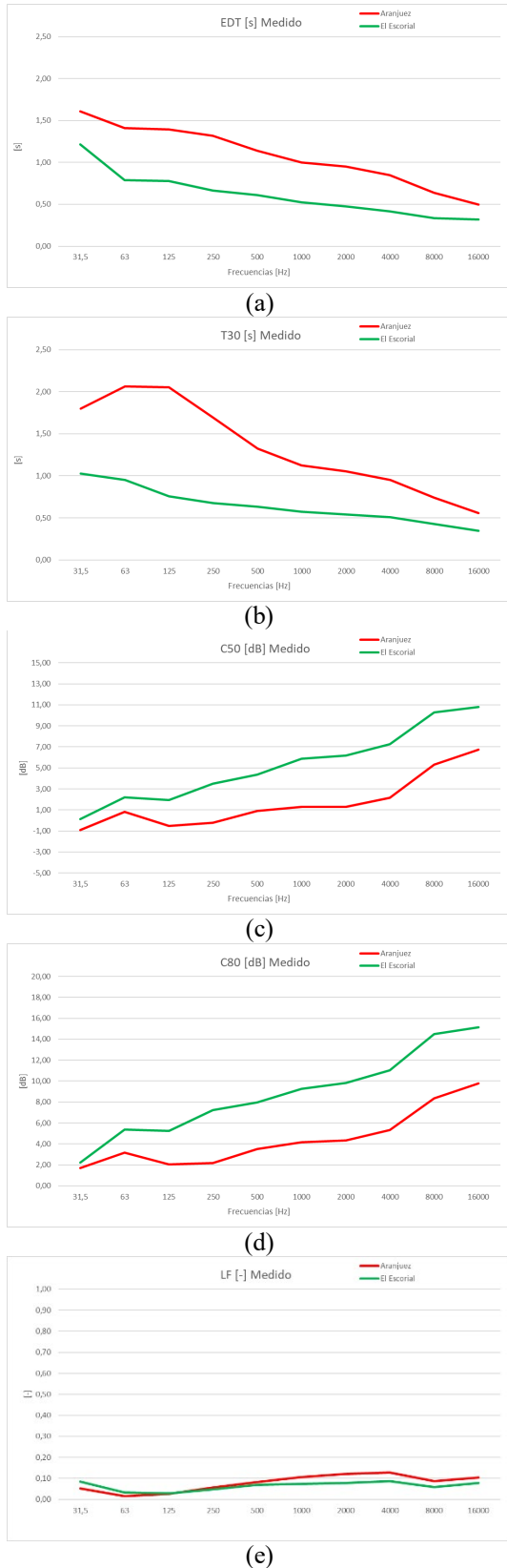
**Tabla 1.** Valores unitarios de los parámetros acústicos obtenidos de las medidas in situ

Parámetro	El Escorial	Aranjuez
EDT [s]	0.54	1.03
T20 [s]	0.59	1.14
T30 [s]	0.58	1.17
C50 [dB]	5.47	1.17
C80 [dB]	9.02	4.01
D50 [-]	0.76	0.56
Ts [ms]	35.90	66.86
LF [-]	0.07	0.10
STI [-]	0.82	0.63
AlCons [%]	2.00	5.80

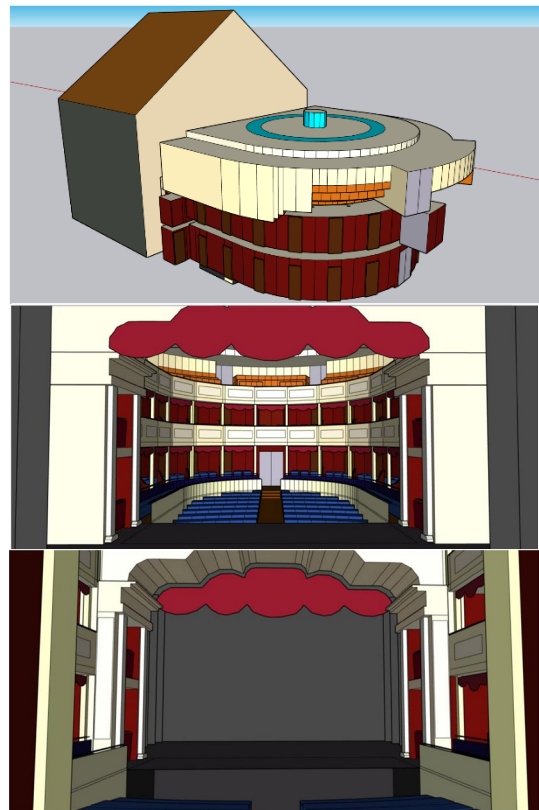
### 3. DISEÑO DE LOS MODELOS TRIDEMSIONALES

A partir de los planos en AutoCAD que nos proporcionaron las direcciones técnicas de los teatros: planos de distintas secciones de las plantas, planos de la sección transversal y planos de la sección longitudinal; se comienza a seleccionar las capas y zonas de los mismos que van a ser necesarias para el diseño del modelo arquitectónico simplificado en SketchUp. Para realizar el modelo se modeló una planta cada vez, de este modo se fueron utilizando los planos de AutoCAD de sección de planta uno por uno, ascendiendo por altura. Además, cabe destacar que para simplificar la construcción del modelo se tomaron las salas como simétricas respecto del eje longitudinal y por ello solo se fue modelando una primera mitad que al finalizar se duplicará para obtener las salas completas.

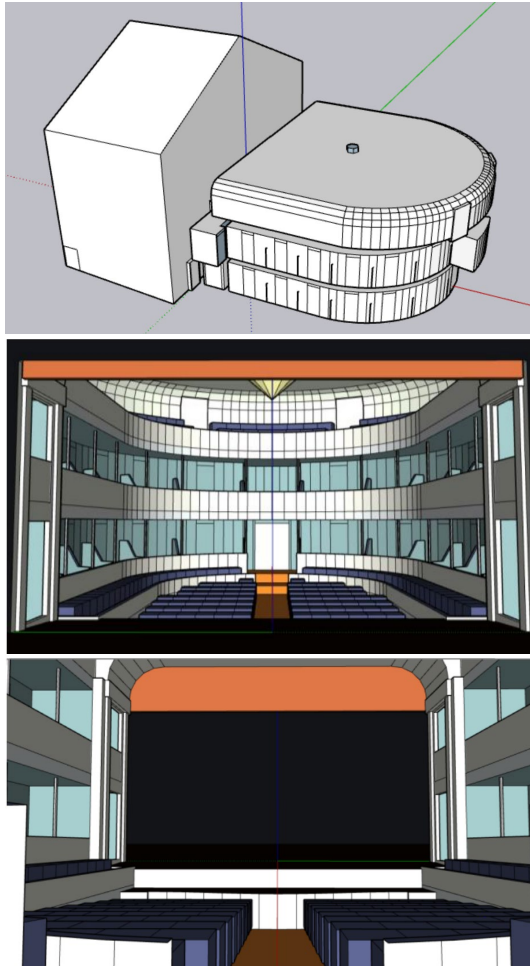
Las principales simplificaciones de la estructura corresponden con todos los elementos curvos del teatro, que se discretizan por segmentos rectos. Se modifican los elementos internos de la sala con el mismo fin, obtener un modelo sencillo y con el menor número de caras posibles. Una de estas simplificaciones se observa en las barandillas de la sala, quedando definidas solo mediante la cara orientada hacia el escenario. Otra simplificación se ha realizado en el diseño de las butacas y de las sillas de los palcos como prismas rectangulares.



**Figura 7.** Comparación de parámetros  
(a) EDT; (b) T30; (c) C50; (d) C80; (e) LF



**Figura 8.** Modelo 3D del Real Teatro Carlos III de Aran juez



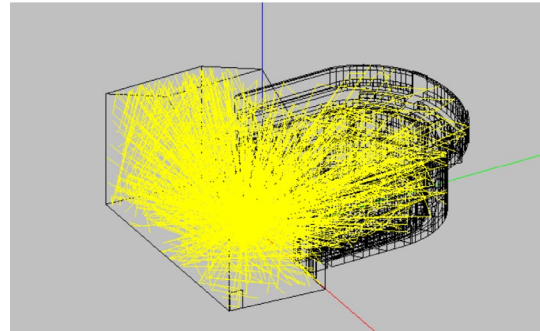
**Figura 9.** Modelo 3D del Teatro Real Coliseo Carlos III de El Escorial

#### 4. MODELOS GEOMÉTRICOS

Una vez acabado el modelo arquitectónico simplificado, debemos de importarlo al software EASE y de este modo obtener el modelo geométrico. Los pasos a seguir para importar el modelo y resolver los posibles errores que se cometieron en el diseño fueron los siguientes: primero, en SketchUp se debe seleccionar todo el modelo en tres dimensiones y asignarlo a un grupo; segundo, importar el modelo arquitectónico al software EASE, para ello debemos de seleccionar un material distinto para cada capa y de este modo obtener el modelo geométrico; tercero, detectar la presencia de “agujeros” en la sala mediante la herramienta “Check Holes” de EASE; ejecutar un trazado de rayos y comprobar que ninguno de ellos sale de la sala

Una vez importado el modelo arquitectónico simplificado al software de simulación acústica EASE, debemos de realizar la elección de los materiales para obtener el modelo geométrico final. Como se ha explicado anteriormente se debe de seleccionar un material distinto por cada capa creada en el software SketchUp. Los materiales fueron escogidos

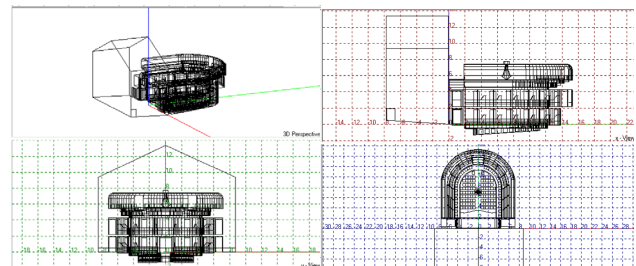
entre bases de datos de materiales genéricos a partir de sus coeficientes de absorción y para ello fue necesario evaluar cada una de las capas para determinar el material real que se encuentra en la sala.



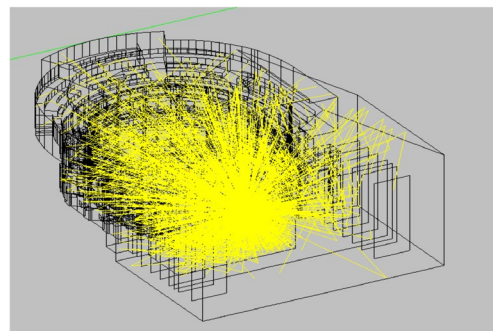
**Figura 10.** Comprobación mediante *Ray Tracing* del modelo geométrico del Teatro Real Coliseo Carlos III de El Escorial

Wall Material	Used	Description
01 a = 10%	Yes	10% Sound Absorbing
110 placa escayola GYPERD 1,2, Full	Yes	Placa escayola 1/2 DRI+WALL
120 barandilla escayola 1	Yes	Barandilla escayola 15system board, 12.5mm thick mount...
120+1 barandilla escayola 1 + scatt 1	Yes	Barandilla escayola 15system board, 12.5mm thick mount...
120+2 barandilla escayola 1 + scatt 2	Yes	barandilla escayola 15system board, 12.5mm thick mount...
13_3 250HZ PANEL, Resonator, Full	Yes	250 Hz Helmholtz Resonator w/10cm incremento de abso...
200 Door, Hollow Core, Wood, Generic	Yes	Door, Hollow Core, Wood Octave Data 125Hz-4KHz...
205+ cristal lampara Glass, Window, Ordinary, Single Strength, Generic + scatt	Yes	Glass, window, single strength Octave Data 125Hz-4K...
20_2 Concrete or Cinder Block, Smooth Face, Generic	Yes	Cinder or Concrete blocks, smooth surface, unpainted...
23 Revoque de cemento	Yes	Revoque de cemento
26_14 Concrete or Cinder Block rough Face, Generic	Yes	Cinder or Concrete blocks, rough surface, unpainted...
31 Butaca tapizada terciopelo	Yes	butaca tapizada terciopelo
33+ butaca terciopelo 3 + scatt	Yes	butaca de terciopelo alta absorción SEATS UNDOCCUP...
40 moqueta CARPET CDMM, Full	Yes	COMMERCIAL GRADE CARPET
59 Tejido de terciopelo 650	Yes	Tejido de terciopelo 650
70 Revestimiento de madera 2	Yes	Revestimiento de madera 2May baja absorción
71 Revestimiento de madera 2	Yes	Revestimiento de madera 2Baja absorción
72 Revestimiento de madera ligero	Yes	Revestimiento de madera ligero
73 Revestimiento de madera pesado	Yes	Revestimiento de madera pesado
80 Wood Grid, 90mm x 15mm, on 40cm of Air, Generic	Yes	Wooden grid 90/15mm on 40cm air on 1 Octave Data ...
80+ Wood Grid, 90mm x 15mm, on 40cm of Air, Generic + scatt	Yes	Wooden grid 90/15mm on 40cm air on 1 Octave Data ...
90 Plataforma de madera	Yes	Plataforma de madera con cámara de aire

**Figura 11.** Listado de materiales acústicos del modelo geométrico del Teatro Real Coliseo Carlos III de El Escorial



**Figura 12.** Modelo geométrico del Teatro Real Coliseo Carlos III de El Escorial



**Figura 13.** Comprobación mediante *Ray Tracing* del modelo geométrico del Real Teatro Carlos III de Aranjuez

Wall Material	Used	Description
120 barandilla escapota 1	Yes	Barandilla escapota Toppun board, 12.5mm thick mounted over 3cm of airspace! Octav...
70 Revestimiento de madera 2	Yes	Revestimiento de madera 2May baja absorción
200 Door: Hollow Core, Wood, Generic	Yes	Door: Hollow Core, Wood! Octave Data: 125Hz-4kHz Data Unavailable
31=4 Butaca tapizada terciopelo 1 = scatt	Yes	Butaca tapizada terciopelo 1catering butaca in occup
01 a = 105	Yes	105 Sound Absorbing
120+2 barandilla escapota 1 + scatt 2	Yes	barandilla escapota Toppun board, 12.5mm thick mounted over 3cm of airspace! Octav...
STEEL	Yes	STEEL PANEL ON WALL OR SURFACE
60=4 Wood Grid, 50mm x 15mm, on 40cm of Air, Generic + scatt	Yes	Wooden grid 50/15mm on 40cm air only! Octave Data: 125Hz-4kHz Data Unavailable.
50 Plataforma de madera	Yes	Plataforma de madera con cámara de aire
75 Contrachapado de madera	Yes	Contrachapado de madera 25mm
53 Tapfo de terciopelo ISO	Yes	Tapfo de terciopelo ISO
71 Revestimiento de madera 2Baja absorción	Yes	Revestimiento de madera 2Baja absorción
125+2 barandilla metálica + scatt 2	Yes	barandilla metálicaCatering stripes 0.2m
55 Entera Terciopelo Medio	Yes	Medium Weight Drapery, 14 oz per sq yd, draped to half area (ie 2 ft of drapes per 1 ft of w...
125+1 barandilla metálica + scatt 1	Yes	barandilla metálicaCatering stripes 0.2m
36 Silla semitapizada	Yes	Silla semitapizada
72 Revestimiento de madera ligero	Yes	Revestimiento de madera ligero
CARPET COMM	Yes	COMMERCIAL GRADE CARPET
PARGOT CON	Yes	WOOD PARQUET IN ASPHALT ON CONCRETE
PLASTALTHR	Yes	ROUGH FINISH ON LATH
120+1MODIF	Yes	Totally SoundAbsorbing
20=uraMOD	Yes	Totally SoundAbsorbing
NIUEVChetambuco3MOD	Yes	Totally SoundAbsorbing
modPLASTALTHS	Yes	Totally SoundAbsorbing

Figura 14. Listado de materiales acústicos del modelo geométrico del Real Teatro Carlos III de Aranjuez

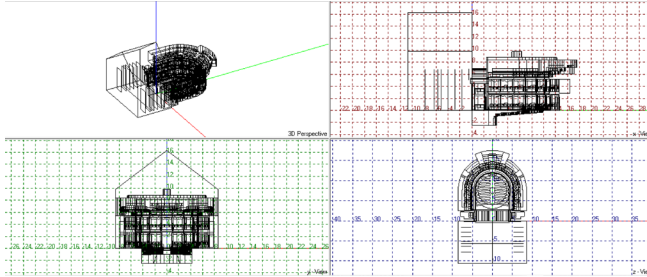


Figura 15. Modelo geométrico del Real Teatro Carlos III de Aranjuez

## 6. VALIDACIÓN DE LOS MODELOS GEOMÉTRICOS

Debemos comentar que todo lo que se va explicar a continuación corresponde a la comparación de los valores promedio medidos in situ y los valores promedio simulados de los diferentes parámetros acústicos. Por tanto, esta primera validación la denominaremos validación de valores promedio.

En primer lugar, debemos de comprobar que el tiempo de reverberación calculado mediante acústica estadística por el programa de simulación acústica EASE se asemeja al obtenido in situ. Actuaremos de la misma forma con la acústica geométrica, el primer paso consiste en validar los valores obtenidos para el tiempo de reverberación. Esto se va a realizar con la herramienta *Aura Mapping*. Una vez que los tiempos de reverberación nos parecen estar dentro de valores adecuados de JND, comenzaremos a hacer la comprobación con los parámetros energéticos C50, C80 y con los parámetros de inteligibilidad STI, Alcons. Primero con acústica estadística mediante la herramienta *Standard Mapping* y posteriormente con *AURA Mapping*.

Una vez que hemos realizado todos los pasos anteriores, vamos a representar el parecido entre los valores promedio de los parámetros medidos in situ y los valores promedio, vamos a calcular la distancia entre ellos mediante una métrica en distancia JND (definida mediante escalones JND) y la vamos a representar en forma de matriz JND, mediante la asignación de un código de colores. Asimismo, vamos a calcular el porcentaje de celdas de la matriz que están en cada escalón de JND y el acumulado entre 1-3 JND.

Tabla 2. Validación en métrica JND del modelo geométrico del Teatro Real Coliseo Carlos III de El Escorial

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Número	89	77	57	14	2	0	0	0	0	0
% sobre Total	37%	32%	24%	6%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
% acumulado	37%	69%	93%	99%	100%					

	1	2	3
Número	89	77	57
% sobre Total	37%	32%	24%
% acumulado	37%	69%	93%

Tabla 3. Validación en métrica JND del modelo geométrico del Real Teatro Carlos III de Aranjuez

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Número	90	88	39	10	2	0	2	0	0	0
% sobre Total	38%	37%	16%	4%	4%	0,4%	0%	1%	0%	0%
% acumulado	38%	74%	91%	95%	99%	99%	99%	100%		

	1	2	3
Número	90	88	39
% sobre Total	38%	37%	16%
% acumulado	38%	74%	91%

A la vista de los resultados de las tablas 2 y 3, podemos ver que el acumulado 1-2 JND es del 69% en El Escorial y del 74% en Aranjuez. El acumulado 1-3 JND es del 95% en el Escorial y del 91% en Aranjuez en un análisis en bandas de 1/3 de octava.

## 7. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

El procedimiento desarrollado para la validación del modelo geométrico intenta valorar el comportamiento del modelo con respecto de una cantidad elevada de parámetros medidos en las salas. Entendemos que en ambos casos el resultado se puede considerado como satisfactorio.

Las futuras líneas de trabajo consisten en realzar un estudio de las simulaciones de los dos teatros considerando solamente la sala (sin caja escénica), tratando de encontrar la similitud original entre ambos teatros.

## 8. REFERENCIAS

- [1] Aranda Huete A., et all, "III Centenario del nacimiento de Carlos III," *Biblioteca de Estudios Madrileños*, CSIC, 2017.
- [2] AENOR, «Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 1: Salas de espectáculos. UNE- EN ISO 3382-1:2009», 2010.
- [3] Alonso García M, "Diseño y Validación de un modelo geométrico del Real Coliseo Carlos III de El Escorial", UPM, 2021.
- [4] Sánchez Gass I., "Diseño y Validación de un modelo geométrico del Real Teatro Carlos III de Aranjuez", UPM, 2021.