



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN

# **PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA**

---

**MERCEDES BALLESTER SABATER**  
Septiembre 2013

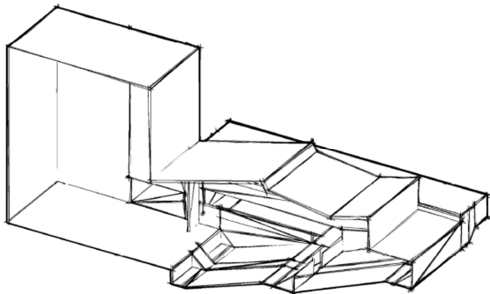
PROYECTO FINAL DE GRADO  
GRADO DE INGENIERÍA EN LA EDIFICACIÓN  
MODALIDAD: CIENTÍFICO – TÉCNICO  
TALLER 24. INSTRUMENTACIÓN ACÚSTICA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN



## **PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA**

MERCEDES BALLESTER SABATER

Septiembre 2013

PROYECTO FINAL DE GRADO  
GRADO DE INGENIERÍA EN LA EDIFICACIÓN  
MODALIDAD: CIENTÍFICO – TÉCNICO  
TALLER 24. INSTRUMENTACIÓN ACÚSTICA

DIRIGIDO POR:  
D. VICENTE GÓMEZ LOZANO  
D<sup>a</sup>. SALVADORA REIG GARCÍA-SAN PEDRO



## AGRADECIMIENTOS

El presente proyecto no habría sido posible sin:  
Miguel Hernández Ferrer, presidente de la U.M.L'Horta de Sant Marcel·lí  
Leo Burcaizea y Yahvé, producción y técnico de sonido del Centro Cultural Rambleta  
José María Forteza Oliver y Esther Mollar Bort, gerente y arquitecto de la empresa Arquison. S.L.  
a quienes me gustaría expresar mi agradecimiento por su interés y colaboración prestada.

Agradecer a mi familia,  
a Agustín Hernández Hernández y a Isabel Tomás Ventura,  
y todas aquellas personas que han participado en este proyecto,  
su paciencia y apoyo incondicional.



# ÍNDICE

Páginas

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. ESTUDIO PREVIO	
2.1. Encuesta.....	9
3. CENTRO CULTURAL LA RAMBLETA	
3.1. Antecedentes.....	13
3.2. Situación y entorno.....	17
3.3. Descripción del edificio	
3.3.1. Características generales.....	18
3.3.2. Descripción constructiva.....	20
4. CONCEPTOS BÁSICOS DE LA ACÚSTICA	
4.1. Nivel de ruido de fondo.....	25
4.2. Espacios dedicados a audición musical.....	26
4.3. Espacios dedicados a audición de la palabra hablada.....	27
4.4. Ecos, focalizaciones y resonancias.....	29
5. ESTUDIO ACÚSTICO DE LA SALA PRINCIPAL	
5.1. Instrumentación.....	33
5.2. Medición “in situ” de los parámetros de calidad acústica.....	35
5.3. Análisis de los parámetros de calidad obtenidos	
5.3.1. Respuesta al impulso - ruido (INR).....	38
5.3.2. Ruido de fondo.....	38
5.3.3. Tiempo de reverberación.....	40
5.3.4. Claridad C80.....	50
5.3.5. Definición D50.....	51
5.3.6. RASTI.....	53
5.4. Resultados .....	54
6. SIMULACIÓN VIRTUAL DEL ESTADO ACTUAL DE LA SALA	
6.1. Geometría de la sala.....	59
6.2. Utilización del software.....	61
6.3. Análisis de los datos obtenidos.....	65
6.4. Resultados.....	72



7. ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LA SALA PRINCIPAL	
7.1. Objetivo de la intervención de mejora.....	75
7.2. Descripción de la intervención de mejora	
7.2.1. Cambio del pavimento.....	78
7.2.2. Concha acústica.....	81
7.3. Estudio económico.....	86
7.4. Simulación de la intervención de mejora.....	90
7.5. Análisis de los resultados obtenidos.....	92
8. AISLAMIENTO ACÚSTICO DE LA CAFETERÍA	
8.1. Objetivo.....	101
8.2. Medición “in situ” del aislamiento a ruido aéreo	
8.2.1. Descripción de la medición.....	101
8.2.2. Cálculo del aislamiento.....	104
8.3. Análisis de los resultados obtenidos .....	109
9. CONCLUSIÓN DEL PFG.....	115
10. BIBLIOGRAFIA.....	119
11. ANEXOS	
11.1. Encuesta tipo.....	123
11.2. Ficha técnica linóleo.....	124
11.3. Recomendaciones para la instalación del linóleo.....	125
11.4. Limpieza y mantenimiento del linóleo.....	131
11.5. Planos	
1. Fachada Norte.....	135
2. Fachada Sur.....	136
3. Fachada Oeste.....	137
4. Fachada Este.....	138
5. Planta Nivel -2.....	139
6. Planta Nivel -1.....	140
7. Planta Nivel 0.....	141
8. Planta Nivel 1.....	142
9. Planta Nivel 2, patio de butacas.....	143
10. Planta Nivel 2, palco.....	144
11. Planta Nivel 3.....	145
12. Planta Nivel 4.....	146
13. Planta Nivel 5.....	147
14. Planta Nivel 6.....	148
15. Planta Cubierta.....	149
16. Sección.....	150
11.6. Renders de la propuesta de mejora.....	153





## 1. INTRODUCCIÓN







## 1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente proyecto se basa en el estudio de la sala principal del Centro Cultural la Rambleta en busca de mejoras en el acondicionamiento acústico de la sala.

Como miembro de la Unión Musical L’Horta de Sant Marcel·lí y usuario habitual tanto de salas de ensayo como de la sala de audición, soy partícipe del desagrado que manifiestan sus usuarios respecto a la acústica de la sala.

Al contactar con la organización y administración del centro nos informan que en su origen el Centro Cultural la Rambleta, CCR, fue proyectado como un auditorio con su acústica particular. Tras una reducción de presupuesto, y dado que las subvenciones en ese momento se otorgaban a edificios con otro tipo de usos, se vieron en la obligación de reestructurar el proyecto y ejecutar finalmente un teatro. Este cambio de uso influyó drásticamente en la acústica del recinto ya que, dependiendo del uso, los parámetros de calidad varían. La sorpresa surgió cuando una vez instalada la sede musical en el CCR la acústica no era la adecuada y no se adaptaba a las necesidades del vecindario.

Nuestro objetivo es realizar una medición “in situ” con los aparatos que nos proporciona el laboratorio de física aplicada de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Valencia. Tratamos de conocer el estado actual de la sala y analizar en profundidad los parámetros acústicos que caracterizan la construcción. Con estos datos podremos presentar una solución que combine los diferentes usos que alberga la sala de forma que la acústica se adapte según el programa de necesidades y cubra la programación que presenta.

La administración también nos detalla que el centro ha sufrido varios cambios de usos en determinados espacios que, una vez puesto en marcha, han causado problemas graves al vecindario. Es el caso del Nivel 0, que en principio iba a ser la biblioteca y que hoy en día encontramos en el Nivel 4. Dado el fácil acceso que tiene el nivel 0 desde el hall se pensó que resultaría más eficaz disponer la cafetería en este nivel, además se instaló la escuela de cocina en la que se imparten charlas y clases magistrales y se amplió la utilización de la mencionada cafetería como restaurante. Unido a ello encontramos un escenario donde se representan actuaciones de todo tipo, desde monólogos, interpretaciones de jazz hasta conciertos con acústica electrónica. En definitiva, hablamos de un bar-café que linda en su parte superior con el patio de butacas de la sala principal en su formación de pendientes. Esta construcción facilita la propagación del sonido hacia el hall con la única interposición del vidrio en la fachada. En determinadas ocasiones el nivel sonoro es tan elevado que provoca molestias a los vecinos. A pesar que la edificación se encuentra aislada, en el silencio de la noche, los vecinos no conciben el sueño a causa de estas actividades que no se tuvieron en cuenta a la hora de cambiar su ubicación. Anticipamos que, dada la reciente construcción del edificio, cumple con las exigencias de confort y aislamiento que marca la normativa vigente en el Código técnico CTE DB-HB pero el cambio de uso que no estaba contemplado en su diseño inicial ha originado estos inconvenientes.

Como anexo a este proyecto, vamos a medir los niveles sonoros que transmiten el bar-café al exterior e intentar proponer una medida fácil, práctica y económica que dé solución a este problema.

Nuestro proyecto es el resultado de una petición real. Aportar una propuesta de intervención que se adapte lo máximo a las necesidades demandadas, ese es el objetivo que rige todo el trabajo, por si finalmente se decidiera llevarlo a cabo.





## 2. ESTUDIO PREVIO



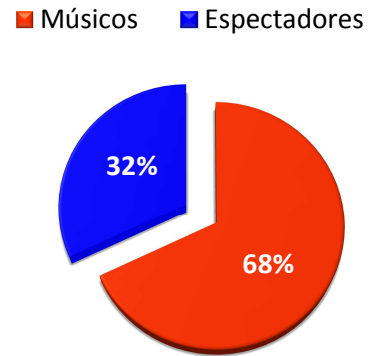


## 2. ESTUDIO PREVIO

### 2.1. ENCUESTA

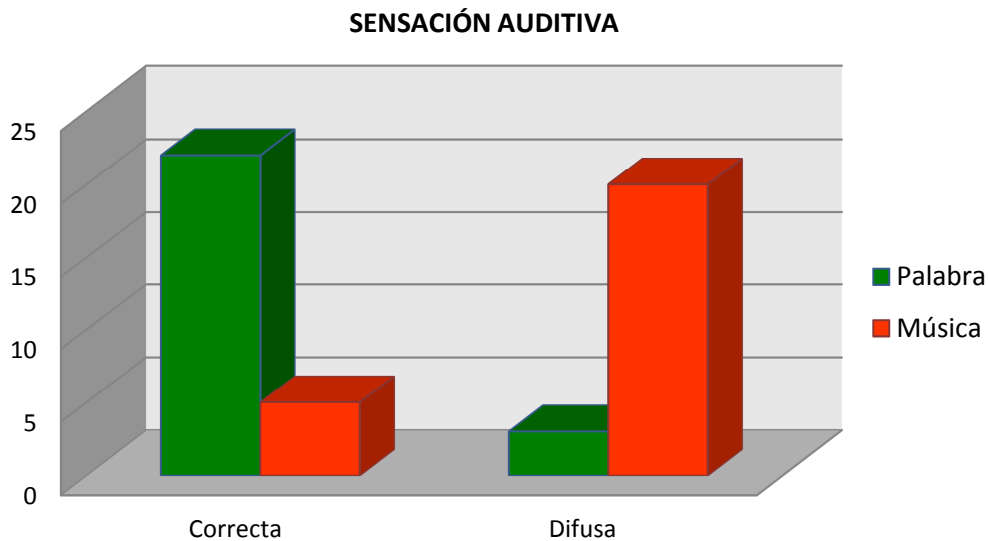
Para conocer la opinión de los usuarios acerca de la sala principal y poder realizar un estudio previo de forma subjetiva, hemos realizado una encuesta a la salida de un concierto.

Como muestra la **Figura 1.** más del 60% de las personas encuestadas son músicos. Entre ellos destacar directores de bandas, ex -miembros de la Banda Municipal de Valencia con gran experiencia en este campo, compañeros con estudios universitarios musicales en Berlín y Barcelona especializados en diferente instrumentación y grandes profesionales que aportan nociones y conocimientos en acústica muy válidos para su estudio.



**Figura 1.** Gráfica total de personas encuestadas

Hemos recabado información tanto de la acústica del escenario, como las sensaciones que se perciben en el patio de butacas y anfiteatro y estos son los resultados:



**Figura 2.** Sensación auditiva de la música y de la palabra en la sala

La gráfica muestra algunos de los parámetros de calidad acústica. En primer lugar observamos la nitidez con la que perciben la palabra que emite el presentador; la gran mayoría no tiene dificultades en entender el mensaje de forma clara. El segundo parámetro resulta más esclarecedor y los entrevistados opinan todo lo contrario. Un tercio de encuestados citan en sus encuestas que el sonido es “seco”, que percibe los diferentes timbres de forma difusa e incluso que no escuchan a todos los instrumentos por igual.

Esto significa que el tiempo de reverberación es muy bajo, no apto para interpretaciones musicales, y al haber tanto absorbente en la sala el sonido se pierde. Los músicos deben emitir con mayor nivel sonoro para que el sonido se prolongue en el tiempo.

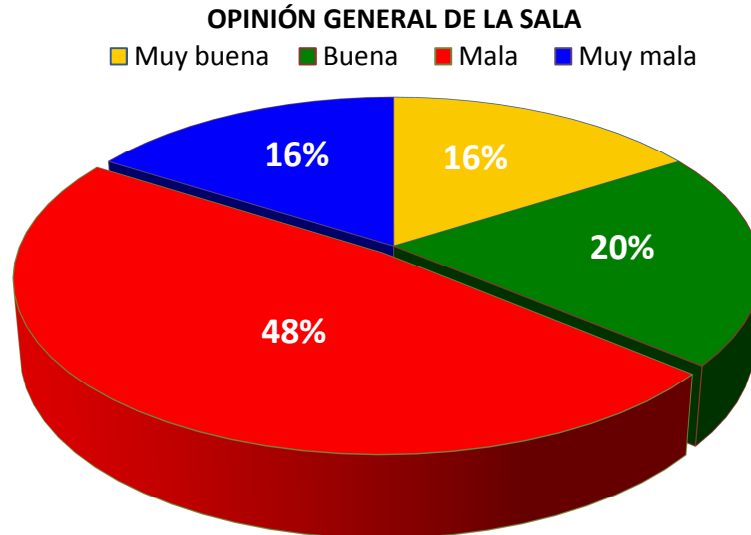


Figura 3. Opinión general de la sala

Como muestra la **Figura 3.** aproximadamente la mitad de los usuarios no están satisfechos con la acústica de la sala, varios espectadores me transmiten que han asistido a la misma función en repetidas ocasiones y que, el hecho de sentarse en diferentes localidades muestra cómo la audición cambia por completo, por lo que podemos extraer que ésta es una sala muy heterogénea y poco brillante.

En referente a la geometría del recinto, sus caras son paralelas y la pendiente es muy pronunciada. Únicamente usuarios de las localidades de los anfiteatros han comentado que tenían poca visibilidad. A pesar que la proximidad entre los asientos es reducida e incómoda para algunos de los encuestados, los resultados, en general, son los que esperábamos. La sala funciona bien como teatro pero no se adapta correctamente a la acústica propia de un auditorio.

*\*VER ANEXO 11.1. Encuesta tipo*



### 3. CENTRO CULTURAL LA RAMBLETA







### 3. CENTRO CULTURAL LA RAMBLETA

#### 3.1. ANTECEDENTES

El Centro Cultural La Rambleta es una iniciativa impulsada desde la Concejalía de Cultura del Ayuntamiento de Valencia. Representa un pequeño eslabón -dentro de un gran proyecto- que pretende crear un espacio vital y dinámico. Un nuevo centro de arte y experiencias en la ciudad de Valencia que ofrece un punto de encuentro en el que se dan cita la creación actual, la producción emergente y las propuestas artísticas multiformes.

El proyecto nace con el desarrollo del Parque la Rambleta. Esta creación cede todo el protagonismo a la rambla que durante décadas fue uno de los principales drenajes de L’Horta Sud y recrea esa singularidad geográfica de la plana litoral valenciana. Con casi 14 hectáreas, es un espacio pensado para disfrutar con los cinco sentidos, un oasis de naturaleza dentro de un entorno urbano. El desarrollo alcanzado por la vegetación de los diferentes hábitats recreados nos permite intentar incorporar nuevos vínculos al medio acuático, contando con la complicidad y colaboración de la asociación de vecinos.

Situado entre el Cementerio General y el Barrio de San Marcelino, el Parque de la Rambleta, tiene una entidad que supera el ámbito del barrio para constituirse en un equipamiento de escala urbana que comprende servicios deportivos, de ocio y tiempo libre y culturales, además de un jardín caducifolio y vegetación mediterránea. Un conjunto dotacional que satisface las múltiples demandas que desde hace tiempo se venían reclamando en la zona.



Figura 4. Planta de la totalidad del parque

Entre sus apartados se pueden distinguir las siguientes zonas y paisajes:

- **PAISAJE DEL AGUA.** El agua-río, símbolo de la vivificación y emanación de la corriente sobre la tierra sedienta, está representada en la red de acequias y en la rambla recuperada que se dotan de un circuito cerrado de aguas limpias para que su sonido y presencia sean constantes, alegren el paseo de los visitantes y refresquen el ambiente.
- **JARDÍN DE LA RAMBLETA.** En este espacio se reconstruye el cauce de la antigua rambla y el bosque de ribera que fue tan abundante en nuestro paisaje. Bosques que escoltaban las corrientes de agua y se utilizaban para los actos comunales: Romerías, fiestas, bailes, encuentros amorosos, juegos infantiles, pasatiempos de mayores y prácticas deportivas como el patinaje, la escalada, la musculación y la petanca. Una fronda tupida repleta de chopos, olmos, sauces, carrascas y pinos recrea el paisaje original.
- **JARDÍN MEDITERRÁNEO.** Situado en el corazón del parque es el lugar de la luz y de los sentidos. Heredero de la tradición musulmana y enriquecido con los aportes botánicos de los descubrimientos de los siglos pasados y de épocas recientes, ofrece una selección de plantas cuyas fragancias, colores y utilidad propiciaron su cultivo e hicieron que fueran adoptadas por la jardinería valenciana.
- **JARDÍN PANTALLA.** En los márgenes del Parque, próximos al cementerio y crematorio de la ciudad, se ha diseñado un bosque mixto con gran variedad de árboles perennifolios, elegidos por su fragancia – eucaliptos-, rapidez de crecimiento –ficus, robles tropicales- o su belleza –magnolios, palmeras y coníferas- Esta aromática arboleda perenne funciona como estratégica pantalla visual.
- **PALMERAL.** Esta zona del Parque plasma la imagen simbólica del oasis –lugar o ambiente de reposo y bienestar- en una invitación al descanso. Isla de quietud en medio del bullicio y freno a la prisa infundada, como antesala preparatoria al ambiente de gozo y contemplación que nos espera en este jardín de paisajes y paraísos recobrados.



Figura 5. Perspectiva del bosque con figuración del Palmeral y del Jardín

En noviembre de 1999 da comienzo la construcción de la primera fase del Parque la Rambleta con 5,5 hectáreas. Un espacio, como su propio nombre indica, que pretende ser un homenaje a la rambla que antiguamente cruzó los terrenos y donde hoy en día se levanta el parque. Esta denominación representa no sólo el lecho natural de las aguas pluviales cuando caían copiosamente, sino un vínculo que nos une al pasado del territorio que sustentaba La Vega de Valencia.



**Figura 6.** Camino Jardín Rambleta



**Figura 7.** Zona exterior del Parque



**Figura 8.** Paso sobre la rambla

En junio de 2002 se finalizó la construcción de la primera fase del parque. El Jardín de la Rambleta, junto con los sauces, fresnos, chopos y olmos que acompañan el recorrido del Paisaje del Agua, comprenden este espacio. Seguidamente se dio paso a la construcción de las instalaciones deportivas junto al colegio existente y ubicadas en el perímetro del parque donde se encuentran la piscina cubierta y el campo de fútbol.

Unos años más tarde, en 2007, se proyecta la segunda fase del Parque la Rambleta. Con una superficie de 4,4 hectáreas que dotará al parque con el Jardín Mediterráneo, el Jardín Pantalla y el Palmeral. Situados estos jardines en una terraza fluvial, formarán una retícula de senderos y caminos. El Jardín Mediterráneo destacará por su colorido y su fragancia. Sus árboles de hoja caduca contrastarán con la frondosidad y fuerza de los árboles del Jardín Pantalla que marcará el límite oeste del parque y, situados al norte en la zona más próxima al bulevar, especies de palmeras formarán el Palmeral. En la actualidad esta fase se encuentra pendiente de ejecución.

La principal premisa de partida de este gran proyecto fue la intención de reproducir el medio natural como modo de dar respuesta a la necesidad del “hombre urbano” de reencontrarse con la naturaleza, siendo consciente que el resultado, por muy natural que parezca, será de raíz artificial. El visitante debe convertirse en el protagonista del recorrido con la elección del camino que desea tomar y la sensación a percibir debe ser lo más parecida posible a la de la persona que se adentra en un paisaje no manipulado por la intervención humana, donde senderos y claros aparecen de forma aparentemente espontánea.

Las edificaciones con protección urbanística que existen en el interior del parque se acondicionarán para usos culturales: El Molí del Tell como Centro de Recepción y Restauración, la Alquería Almela como Centro de Interpretación y Estudio del Paisaje y la Alquería Vallbona como Centro de Gestión y Mantenimiento del Parque, también se construirá la Biblioteca de Barrio.

Engarzados en el perímetro del parque, una serie de equipamientos, algunos ya existentes y otros previstos, complementan el Parque de la Rambleta y con él contribuyen a configurar un completo conjunto dotacional.

En 2006, y dentro de este contexto, se proyecta el Centro Cultural La Rambleta como colofón de este espacio verde y sociocultural. Edificio que estudiaremos y que supone el objeto de este proyecto.



Figura 9. Exterior Centro Cultura Rambleta

**TIPO DE CENTRO:**

Centro cultural

**SITUACIÓN:**

Bulevar sur esquina con c/Pío IX. Valencia

**DIRECTOR DE OBRA:**

Carmel Gradolí – Arturo Sanz

**COLABORADORES:**

Arquitecto técnico: Antonio García

Estructura: FR. Ingeniería S.L.

Instalaciones: VALNU S.L.

Seguridad y Salud: Cristina Cruz y Antonio Cruz

Acústica: Estudio Acústic Higini Arau

Escenotécnica: OTTO Projectes, S.L.

**PROMOTOR:**

Ayuntamiento de Valencia/ BAC. Bulevar del Arte y la Cultura S.L.

**EMPRESA CONSTRUCTORA:**

Teatro Rambleta UTE (CYES construcción, ORTIZ construcciones, SECOPSA)

**FECHA DE INICIO Y DE FINAL DE OBRA:**

2009-2011

**SUPERFICIE:**

12.400 m<sup>2</sup>

**P.E.M.:**

10.000.000 €

### 3.2. SITUACIÓN Y ENTORNO

El Centro Cultural La Rambleta se encuentra ubicado en el barrio de San Marcelino, junto al Bulevar sur y esquina con calle Pío IX, en la ciudad de Valencia.

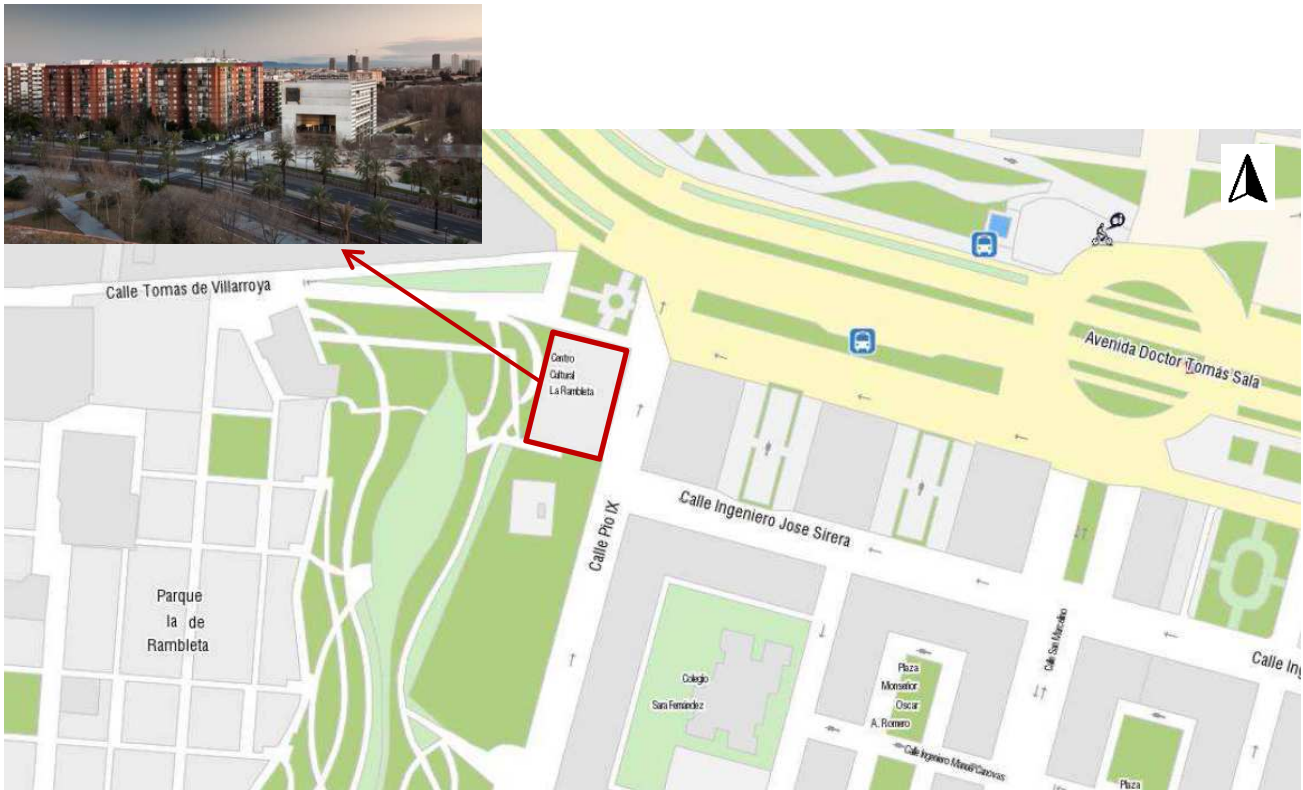


Figura 10. Situación del Centro Cultura Rambleta

Desde un entorno lejano, el Centro Cultural La Rambleta aparece como un bloque compacto y unitario, con una presencia adecuada a su posición de gran visibilidad que actúa como reclamo y manifiesta su vocación urbana. El edificio es el elemento final de una serie de bloques de viviendas de once alturas que vienen desde el Este bordeando el Bulevar Sur. La Rambleta, de menor tamaño que estas edificaciones, puede sin embargo asumir su papel como elemento más relevante en la imagen de este frente urbano debido a su escala propia de un edificio público.

En su entorno inmediato el edificio, con entrada principal al nivel de la calle, surge de un plano inferior, el del parque, al cual también abre su acceso. Esta emergencia del edificio refuerza su carácter de bloque exento, singulariza su imagen y resuelve la conexión entre los dos niveles del espacio público que confluyen en su parcela.

La Avenida Doctor Tomás Sala, conocida comúnmente como “el Bulevar”, es una avenida con un tráfico muy denso de vehículos durante gran parte del día ya que comunica la entrada a Valencia desde la Rotonda los anzuelos, el nuevo hospital “La Fe” y el cementerio. Por tratarse de una avenida de varios carriles en ambas direcciones, los coches circulan con relativa velocidad y este hecho provoca que se trate de una zona bastante ruidosa.



Figura 11. Fachada principal, Norte



Figura 12. Fachada Oeste, parque de la Rambleta



Figura 13. Fachada posterior, Sur



Figura 14. Fachada Este, calle Pio IX

### 3.3. DESCRPCIÓN DEL EDIFICIO

#### 3.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Se trata de un edificio que utiliza la superposición de plantas para cubrir las necesidades según los diferentes usos. Se agrupan en la planta, bajo el nivel de la calle y conectado con el parque, las actividades de proyección más vecinal. Esta disposición permite liberar espacio público y alejar el edificio de los bloques residenciales cercanos: Se consigue un buen aprovechamiento urbanístico y funcional de la parcela con una ocupación en planta de la misma aparentemente menor. Además, la excavación del terreno necesaria para ubicar esta planta y las dos de aparcamiento, mejora la tensión admisible del terreno y permite diseñar una cimentación racional y económica.

## ACCESO

En su entorno, el Proyecto asume la reurbanización de la plaza situada al Norte del edificio como espacio de acceso principal al Centro Cultural Rambleta y, en el futuro, al Parque de la Rambleta. En la calle Pío IX se incorporan las rampas y escaleras de entrada y salida del aparcamiento con un tratamiento superficial que prolonga el de la parte exterior del parque. En el lateral Oeste se modifican los niveles y el diseño del parque en su encuentro con el edificio de manera que, la terraza exterior de la cafetería se integra en el trazado y sistema de circulaciones de la zona ajardinada y funciona como espacio de acceso al edificio.

## FACHADAS

El Centro Cultural Rambleta se constituye así en elemento de relación entre el barrio y el parque, pero también entre éstos y la ciudad. A ella da su fachada más urbana: El gran hueco en la fachada Norte, en el que se sitúa la entrada principal desde la calle, muestra los espacios comunes de distribución del edificio con un protagonismo de los techos que se pliegan para introducirse en el interior. En las fachadas Este y Oeste, una celosía unifica la imagen adecuándose, con ligeras variaciones, a los espacios interiores. En la fachada Este se sitúa el acceso de servicio al escenario del auditorio.

\* VER ANEXO 11.5. Plano fachada

## NIVELES

- En los niveles -2 y -1 se ubica el aparcamiento.
- El nivel 0, planta de acceso desde el parque, alberga las actividades especialmente dirigidas a los habitantes del entorno: La escuela de música y la cafetería.
- En el nivel 1, la planta de acceso desde la calle, se sitúa la entrada dando al bulevar y, en la calle Pío XI, el acceso de servicio al escenario. También en esta calle se halla el acceso secundario al vestíbulo, que puede funcionar como acceso independiente a la Biblioteca del Nivel 4. Desde el vestíbulo, por las escaleras laterales, se accede directamente al patio de butacas del teatro.
- En el Nivel 2, planta del patio de butacas, se encuentra el acceso superior a la sala.
- En el Nivel 3 están las circulaciones técnicas, los despachos y los servicios de público.
- El Nivel 4 agrupa una sala de exposiciones, la biblioteca municipal y un contenedor cultural de usos múltiples.
- El Nivel 5 contiene los accesos al peine sobre el escenario.
- El Nivel 6 alberga un espacio destinado a sala de exposiciones complementarias.

\* VER ANEXO 11.5. Planos planta

## INTERIOR

El edificio se dispone en franjas paralelas a la calle Pío IX. A Este y Oeste, dos franjas estrechas albergan elementos funcionales secundarios: Circulaciones, despachos de administración, instalaciones y servicios. La franja central, más ancha, alberga las actividades principales del centro. Junto a la fachada que recae al barrio se sitúa el patio inglés, que ilumina la planta de acceso desde el parque y relaciona el bloque principal con la calle. Más al Este, la franja situada bajo la acera, contiene las aulas de la escuela de música.

Verticalmente, el edificio se articula mediante un ascensor panorámico que parte del vestíbulo general y llega a las plantas que contienen los usos principales del edificio: El foyer del teatro, la biblioteca y las salas de exposiciones. En las cuatro esquinas de la parcela, escaleras y ascensores complementan las circulaciones verticales principales dando servicio a todos los niveles del edificio y albergando los recorridos protegidos de emergencia.

\* VER ANEXO 11.5. Plano sección



### 3.3.2. DESCRIPCIÓN CONSTRUCTIVA

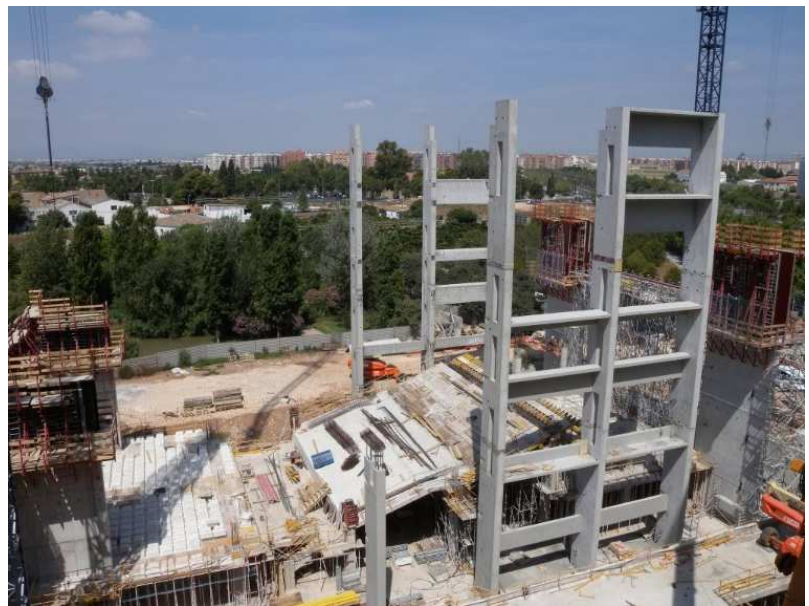
#### **CIMENTACIÓN**

Es de suponer, por las características de la construcción (dispone de dos niveles de sótano y una planta por debajo del nivel de la calle) que la cimentación del edificio se ejecutó mediante muros pantalla. Este tipo de muros de contención permite una ejecución descendente en presencia del nivel freático ya que nos encontramos muy cerca del mar y sobre un terreno de ramblas con gran presencia de agua. Ejecutada la pantalla de espesor constante se procede a la excavación del terreno hasta su cota de excavación. Finalmente, se ejecuta una losa de gran canto como cimentación superficial y se ataran las pantallas con una viga de cimentación donde nacen los pilares perimetrales.

#### **ESTRUCTURA**

La estructura está formada por forjados reticulares, armados en ambas direcciones que utilizan casetones perdidos como aligerante. Los pilares de sección cuadrada son de hormigón armado y en su unión con el forjado se maciza la zona mediante ábacos.

Tanto las losas de escalera como el “peldañoado” son de hormigón armado al igual que la gran losa inclinada que determina la inclinación del patio de butacas. Sobre ella una estructura auxiliar de madera forma los peldaños de la sala.



**Figura 15.** Sistema constructivo, agosto de 2010

En cuanto al sistema de ejecución se utilizó un sistema de andamiaje trepante que permitía una ejecución rápida, tal y como muestra la **Figura 15**.

#### **CERRAMIENTO EXTERIOR**

Las fachadas están resueltas con una estructura de hormigón armado encofrado a dos caras y grandes ventanales. En su orientación Norte y Sur, hormigón visto de color gris claro. Cierra esta estructura, en su orientación Este y Oeste, una celosía de perfiles circulares con lamas metálicas dispuestas con diferentes inclinaciones.

#### **CUBIERTA**

Se trata de una cubierta plana no transitable, recubierta por un material impermeable a base de revestimiento elástico con un geotextil y una capa “anti-punzonamiento” que la protegen. Seguramente el acabado sea de grava para facilitar el mantenimiento.

## ***PARTICIONES***

La mayoría de particiones interiores del edificio se han ejecutado mediante placas de yeso laminado de 1,5cm de espesor manotadas sobre perfilaría metálica y aislamiento de lana de roca mineral. Con acabado liso y pintado en color blanco, excluyendo la sala, que está pintada en negro.

Los despachos y patios interiores presentan una partición mediante vidrio translucido de una sola hoja con puerta abatibles integradas en la perfilaría metálica.

Para las zonas húmedas se ha utilizado un alicatado de gres tomado con cemento cola.

Únicamente aparece fábrica de ladrillo cerámico hueco de 24x11,5x9 cm de medio pie de espesor con enfoscados de mortero bastardo de 1,5cm y enlucido de yeso en los huecos de escalera y antepecho.

## ***REVESTIMIENTOS Y SOLADOS***

El pavimento en el hall y zonas de paso del edificio se compone de una solera de hormigón fratasado con acabado liso en color gris oscuro. El resto de aulas, la cafetería y la biblioteca presentan una tarima flotante -imitación a parque- en diferentes tonos según zonas. El solado de la sala principal es de moqueta adherida mediante pegamento cola en color gris oscuro.

En cuanto a las zonas húmedas, vestuarios y baños, el pavimento es de baldosas de gres antideslizante tomado con cemento cola.

Revestimiento de techo con elementos fono-absorbentes, modelo TOPAKUSTIK, paneles con orificios con sección cuadrada y unión macho-hembra acabado melamínico en las diferentes aulas y el bar-café.

Los techos de hormigón visto, con acabado fratasado, se combinan en blanco o negro según la zona.

## ***CARPINTERIA EXTERIOR***

Las ventanas están formadas por perfilaría metálica de aluminio anodizado, para evitar la corrosión, de color negro ancladas a la propia estructura. Dos hojas de vidrio de seguridad 6+6 pegadas entre sí, cámara de aire del espesor del muro y una tercera vidriera forman los grandes ventanales. Tanto las puertas de entrada al hall como las de la cafetería que acceden al parque son de vidrio simple con pasamanos tubulares de aluminio lacado en brillo. Las puertas de carga y descarga que comunican la sala principal con el exterior, así como las de las escaleras, son puertas metálicas de emergencia resistentes al fuego.

## ***CARPINTERIA INTERIOR***

Las puertas en aulas de ensayo individual y/o colectivo son puertas acústicas con cierre estanco que permiten aislar la actividad que se desarrolla en el interior. Tanto las puertas que dan a la escalera como a la sala principal forman un vestíbulo independiente que permite aislar acústicamente. Sus características son menos exigentes pero por tratarse de puertas de emergencia disponen de un mecanismo de apertura batiente y deben ser resistentes al fuego.

El resto de puertas son de vidrio (si están integradas en la partición descrita anteriormente) o de madera con bastidor macizo; sin la partición son de yeso laminado. Siempre con un sistema de montaje mediante pernos y con manillas metálicas para su fácil apertura. Los aseos y camerinos presentan un seguro adicional de apertura manual, y los despachos y aulas un sistema mecánico mediante llave para guardar la seguridad del espacio.





## 4. CONCEPTOS BÁSICOS DE LA ACÚSTICA





## 4. CONCEPTOS BÁSICOS DE LA ACÚSTICA

Antes de adentrarnos en el estudio acústico concreto describimos en este apartado los parámetros de calidad más importantes que intervienen en la calidad acústica de espacios destinados a salas de audiciones musicales y audiciones verbales.

### 4.1. NIVEL DE RUIDO DE FONDO

El nivel de fondo en un espacio es el existente en el recinto proveniente de actividades que se desarrollan en los locales colindantes, en el exterior o en la propia sala producidos por los sistemas de aire acondicionado, iluminación, etc.

El ruido de fondo aumenta el umbral sonoro pudiendo enmascarar algunos sonidos necesarios para la actividad que se desarrolle en el recinto. Para evaluar su grado de interferencia con la actividad a desarrollar se compara el espectro del mismo con el definido por las curvas NC para el nivel exigido a la citada actividad.

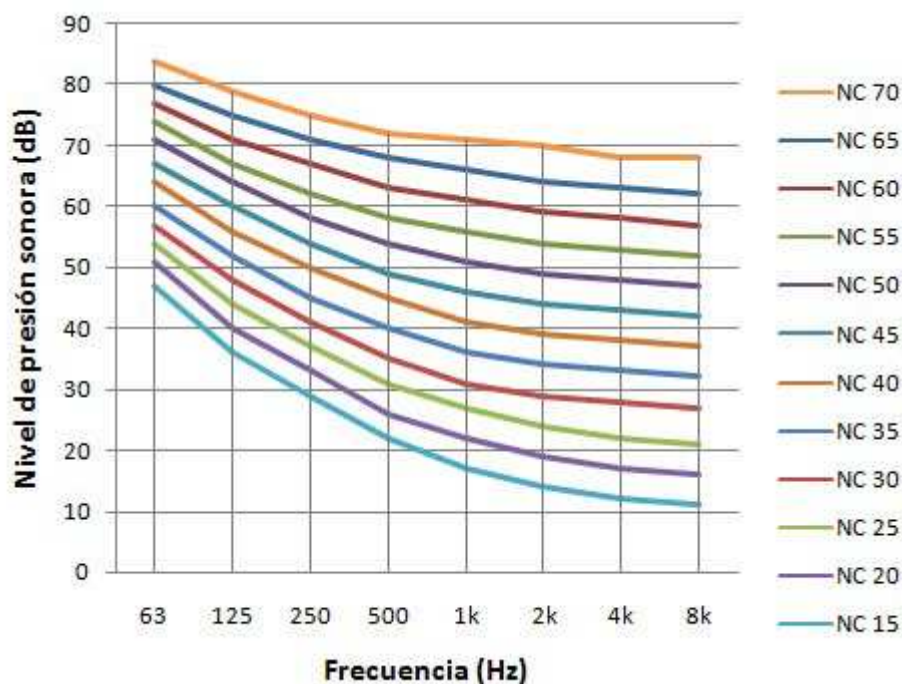


Figura 16. Gráficas de las diferentes curvas Noise Criteria

El nivel de ruido de fondo recomendado varía según el uso del espacio. En el caso de salas de conciertos y recitales el criterio utilizado se rige en torno a 23-28dBA de nivel sonoro con una curva NC 15-20. En salas de teatro podemos llegar a 28-33dBA con una NC 20-25.

## 4.2. ESPACIOS DEDICADOS A AUDICIÓN MUSICAL

La percepción de la música no puede nunca separarse de la acústica del espacio donde se interpreta. Por ello, la calidad de audición musical de una sala exige, como mínimo, la consideración de cuatro parámetros que son: la claridad, la intimidad, la impresión espacial y la reverberación.

La **CLARIDAD**, que permite que se perciban individualmente sonidos sucesivos y simultáneos posibilitando la audición separada de los tonos en el tiempo así como el sonido individual que emiten los diversos instrumentos, se obtiene a partir de una adecuada relación entre la energía directa y la energía reverberada. Dependiendo del tipo de música. La energía directa debe ser, en cualquier caso, suficiente, lo que se consigue acercando al público a la fuente y/o reforzando al sonido directo con las primeras reflexiones.

La **IMPRESIÓN ESPACIAL**, que proporciona la impresión de verse envuelto por la música, inmerso en ella, se potencia con las reflexiones laterales. Unas proporciones adecuadas y el ancho de la sala favorecen la sensación de impresión espacial en todas las plazas de una sala ya que difícilmente llegan reflexiones laterales al centro de salas excesivamente anchas. Para potenciar esta sensación es adecuado que el techo esté diseñado de tal modo que difunda la energía hacia los lados favoreciendo así la audición lateral del sonido reverberado.

La **INTIMIDAD**, que hace que la música se perciba como interpretada en una sala más pequeña, se relaciona con el tiempo de retraso de la primera reflexión respecto al sonido directo. Las proporciones de una sala, el ancho y la altura, dentro de los límites adecuados, favorecen la sensación de intimidad.

La **REVERBERACIÓN** es la presencia del sonido en una sala una vez cesa la fuente. Su importancia radica en el hecho de que los mensajes acústicos, ya sean hablados o musicales, se componen de sonidos individuales (sílabas, palabras, acordes...) separados en el tiempo que, al ser audibles en un recinto durante cierto tiempo después de haber sido emitidos, se entremezclan con sonidos emitidos posteriormente. Esta presencia del sonido (y por consiguiente el efecto de mezcla) es a veces beneficiosa pues puede reforzar y prolongar los sonidos musicales con plenitud. Pero otras veces puede ser perjudicial enmascarando unos sonidos con otros o provocando pérdida de claridad en los sonidos hablados. La reverberación intenta favorecer la difusión del sonido o percepción del mismo con igual intensidad en todas direcciones.

El tiempo de reverberación es el tiempo requerido, después de cesar la fuente, para reducir la energía presente en la sala a la millonésima parte de su valor en régimen estacionario, equivalente a un descenso del nivel reverberado de 60dB. Representa pues la razón de descenso del sonido o velocidad con que se realiza el proceso y no la duración de la reverberación -que sería infinita-, ni la duración de la reverberación audible, que depende de la potencia de emisión de la fuente y del nivel de ruido de fondo existente.

El tiempo de reverberación fue el primer parámetro físico que permitió cuantificar la calidad acústica de una sala y por tanto con su control asegurar, al menos, unas condiciones acústicas aceptables para el uso previamente definido.

Toda sala de audición, independientemente de otros parámetros acústicos, debe tener un tiempo de reverberación adecuado al uso de la misma y dependiendo de su volumen. A continuación se dan los tiempos de reverberación óptimos en función del tipo de música:

Música Barroca	$T_r \leq 1,5$ s
Música Clásica	$1,5 \text{ s} \leq T_r \leq 1,7$ s
Música Romántica	$1,9 \text{ s} \leq T_r \leq 2,2$ s
Opera No Wagneriana	$T_r \leq 1,5$ s
Opera Wagneriana	$1,6 \text{ s} \leq T_r \leq 2,0$ s

Se recomienda un aumento del tiempo de reverberación para las frecuencias bajas de 20% a un 50% para dar a la música el adecuado “calor”.

Como acabamos de mencionar, la reverberación de una sala está relacionada con el volumen de ésta. Según la fórmula de Sabine para el tiempo de reverberación, éste es proporcional al volumen del recinto, de ahí que la elección del volumen de espacio sea fundamental pues condiciona la posible reverberación del mismo.

También la absorción está estrechamente ligada a la reverberación y al tipo de sala de tal forma que, para salas de audición musical el volumen debe tender a ser grande para no quedarse con bajos valores de reverberación ya que es más sencillo corregir la reverberación a la baja (añadiendo material absorbente) que aumentarla, sobre todo en la fase de control de ejecución con los volúmenes ya construidos. Al ser la absorción del público un dato fijo en una sala se recomiendan los siguientes volúmenes por espectador para no tener problemas en la relación entre volumen, absorción del público y reverberación.

6 - 7m <sup>3</sup> / Espectador	$T_r < 1,5$ s
7 - 9m <sup>3</sup> / Espectador	$1,5 \text{ s} < T_r < 2$ s
9 - 11m <sup>3</sup> / Espectador	$T_r > 2$ s

### 4.3. ESPACIOS DEDICADOS A AUDICIÓN DE LA PALABRA HABLADA

La percepción de la palabra es mucho más objetiva y por tanto más fácil de medir y controlar que la de la música y está regida, fundamentalmente, por factores físicos y lingüísticos (construcciones y contexto) y en menor medida, por factores psíquicos. Los factores lingüísticos no son afectados por la acústica de la sala.

El objetivo de cualquier oyente de un mensaje oral es su comprensión y por tanto el criterio básico para medir la calidad de audición verbal de una sala es la **INTELIGIBILIDAD DE LA PALABRA** que se alcanza en sus distintas localidades.



La compresión de la palabra conlleva que el sonido llegue con suficiente intensidad para emerger del ruido de fondo y que cada fonema sea discernible, para ello debe llegarse a un compromiso entre la pérdida de claridad debida a la excesiva reverberación y la pérdida de intensidad debida a la excesiva absorción.

La absorción de las altas frecuencias producida por la mayoría de los materiales e incluso por el aire, produce gran pérdida de inteligibilidad pues se pierde el carácter distintivo de muchas consonantes por lo que resulta también fundamental la preservación de los espectros de los diversos sonidos, especialmente en la región de altas frecuencias.

Así pues en una sala de audición verbal ocurre lo contrario a lo que sucede en una sala de audición musical: El volumen deberá ser el mínimo posible para unas adecuadas condiciones de confort ya que, al aumentar excesivamente el volumen, habría que recargar demasiado la sala de materiales absorbentes para no elevar el tiempo de reverberación de forma indeseable.

El **ÍNDICE DE INTELIGIBILIDAD DE LA PALABRA** es un parámetro que mide el grado de claridad de los mensajes hablados a partir del porcentaje de sonidos entendidos respecto al total de los emitidos en una comunicación oral. La audición de la palabra exige una mayor claridad que la audición musical y ésta se consigue con una fuerte componente del sonido directo seguida, inmediatamente, de unas fuertes reflexiones (10-30ms) dejando poca energía para el proceso de la reverberación.

La reverberación, por tanto, debe ser más baja que en las salas de audición musical. Ésta puede llegar a ser muy baja en salas pequeñas, del orden de 0,5 s pero, a medida que crece el volumen, se debe llegar al citado equilibrio entre claridad y reverberación ya que en salas grandes la energía directa no es suficiente y se requiere el apoyo de cierta reverberación o, en ocasiones, de refuerzo electrónico.

Como medida objetiva de inteligibilidad de la palabra se recomienda usar el **ÍNDICE DE TRANSMISIÓN DE LA PALABRA (STI)** que clasifica las plazas según los valores mostrados en la siguiente tabla:

Malas	$STI \leq 0,30 \text{ s}$
Pobres	$0,30 \text{ s} \leq STI \leq 0,45 \text{ s}$
Débiles	$0,45 \text{ s} \leq STI \leq 0,60 \text{ s}$
Buenas	$0,60 \text{ s} \leq STI \leq 0,75 \text{ s}$
Excelentes	$0,75 \text{ s} \leq STI \leq 0,90 \text{ s}$

En una sala de audición verbal se debe exigir, en todo caso, que cualquier localidad tenga un STI superior a 0,45 s, lo que representa, como mínimo, un 70% de compresión de palabra y un 98% de frases.

Otro aspecto importante para la audición verbal es la preservación de las altas frecuencias, fundamentalmente para la inteligibilidad de la palabra, lo que obliga a la elección de materiales que absorban poco en esa banda de frecuencias.

#### 4.4. ECOS, FOCALIZACIONES Y RESONANCIAS

En cualquier sala de audición hay que evitar problemas acústicos que podrían llamarse “de primer orden” como ecos, focalizaciones y resonancias.

Para eliminar el riesgo de eco se tratarán con material absorbente las superficies que pudieran dar reflexiones a alguna zona de la sala, con excesivos retrasos respecto al sonido directo. Un retraso de 50 ms entre el sonido directo y la primera reflexión o entre dos reflexiones consecutivas puede producir sensaciones de eco siempre que los sonidos lleguen con suficiente nivel.

Las focalizaciones o concentraciones de energía acústica en una zona de la sala se pueden producir por reflexiones sobre superficies cóncavas por lo que su uso puede ocasionar problemas.

La uniformidad en la conservación de frecuencias se conseguirá evitando que la sala presente frecuencias de resonancia aisladas, es decir, favoreciendo la aparición de múltiples modos de resonancia en la sala, fundamentalmente tratando de que no existan planos paralelos sobre todo en las zonas donde se sitúa la fuente.





## 5. ESTUDIO ACÚSTICO DE LA SALA PRINCIPAL





## 5. ESTUDIO ACÚSTICO DE LA SALA PRINCIPAL

### 5.1. INSTRUMENTACIÓN

El propio nombre del taller indica el objetivo del proyecto: Instrumentación acústica. Es por ello que el alumno/a debe desarrollar los conocimientos suficientes para el correcto empleo de la instrumentación cedida por el departamento de física aplicada de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia.

A continuación, enumeramos los diferentes instrumentos que se han utilizado para las mediciones del presente proyecto.

- **SONÓMETRO INTEGRADOR CON FILTROS DE OCTAVA**

El sonómetro es un instrumento de medida que sirve para medir los niveles de presión sonora existentes en un determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibelio, en el caso de ser un sonómetro integrador utiliza unas curvas de ponderación.

Se ha empleado el sonómetro integrador 2238 Mediator Brüel & Kjaer. Un instrumento de alta calidad de Clase 1 que permite el trabajo de campo con una precisión de  $\pm 1\text{dB}$ . Dispone de un interfaz de usuario que permite medidas simultáneas mediante dos detectores con ponderaciones de frecuencia independientes. Tiene capacidad para almacenar archivos de mediciones que pueden transferirse a un ordenador. Caso que durante la medición exista viento fuerte, el sonómetro utilizado posee un filtro para corregir el efecto de la pantalla anti-viento y un almacenamiento del historial de calibración.



Figura 17. Sonómetro utilizado en la medición

El sonómetro posee dos aplicaciones: Sonómetro básico y análisis de frecuencias. Para que la medición sea correcta debemos configurar el sonómetro en análisis de frecuencias, ancho de banda en 1/3 de octava, ponderación de banda ancha Lineal y ponderación temporal Fast.

- **MICRÓFONO DE CONDENSADOR DE CAMPO LIBRE**

Adaptado al sonómetro se ha utilizado un micrófono electrostático 4188 Brüel & Kjaer. Su condensador prepolarizado en campo libre de  $\frac{1}{2}$  pulgada posee una sensibilidad de 30dB entre frecuencias comprendidas desde los 8 Hz hasta los 16 Hz.



Figura 18. Micrófono de condensador

- **FUENTE SONORA**

El amplificador de sonidos “Sound Source Type 4224” de la marca Bruel & Kjaer es una fuente sonora capaz de producir altos niveles de ruido, hasta 120dB. Se ha utilizado tanto para las mediciones de aislamiento (el propio instrumento genera el ruido rosa en su modo banda ancha a frecuencias de 100 Hz a 4 kHz) como para las realizadas con el software Dirac, mediciones de tiempos de reverberación en bandas de octava. Además posee un difusor cónico que, colocado en la parte frontal, crea un campo difuso en el recinto de medición.



Figura 19. Fuente sonora durante la medición

- **MICRÓFONO DE CONDENSADOR DE INCIDENCIA ALEATORIA**

Es el micrófono utilizado para las mediciones del tiempo de reverberación en la sala principal. A diferencia del micrófono del sonómetro tiene mayor precisión debido a que capta el sonido en cualquier dirección. Alcanza una sensibilidad de 50 mV midiendo en un rango de 15 a 130 dB.

34

El micrófono 4189 H-14 de la casa Brüel Kjaer se conecta a un preamplificador tipo 1706 (como muestra la **Figura 20.**) unido a un alargador de 50 metros nos permite mayor movilidad por la sala.



Figura 20. Micrófono de condensador de incidencia aleatoria y preamplificador

- **PORTATIL PREPARADO CON EL SOFTWARE “DIRAC”**

Para generar un barrido senoidal o una fuente sonora impulsiva que nos permita medir tanto el tiempo de reverberación como los diferentes parámetros de calidad, utilizaremos el software “Dirac”. Es un programa muy habitual en el campo de laboratorio de acústica ya que mide la respuesta impulsiva y genera automáticamente el cálculo estadístico (media, desviación estándar, máximo, mínimo...) de los parámetros de calidad de la sala.

Se trata de un ordenador portátil con el software Dirac 3.0 Type 7841 de Bruel & Kjaer instalado. En su salida de audio se conecta la fuente sonora y en la entrada de micrófono se conecta el micrófono de incidencia aleatoria, anteriormente descrito.



Figura 21. Software Dirac 3.0

## 5.2. MEDICIÓN “IN SITU” DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD ACÚSTICA

El objetivo de esta medición es conocer el tiempo de reverberación que tiene la sala principal del Centro Cultural la Rambleta. En el estudio previo al proyecto manejamos nociones que apuntan a que este valor podría ser demasiado bajo, por lo que vamos a obtener un valor objetivo tras la prueba. El software que utilizaremos nos permite, además, obtener valores de los distintos parámetros de calidad como son: La claridad C80, la definición D50, EDT y STI..., los estudiaremos pormenorizadamente más adelante para conocer las características de la sala.

La metodología utilizada se basa en la Norma UNE-EN ISO 3382-2 2008 “Acústica: Medición de parámetros acústicos en un recinto” norma que, en su segunda parte capítulo “Tiempo de reverberación en recintos ordinarios”, explica el método a seguir para una respuesta impulsiva integrada como es nuestro caso.

Esta medición se realizará con el instrumental citado con anterioridad, concretamente: El portátil con el software Dirac 3.0 Type 7841 de Bruel & Kjaer instalado correctamente, la fuente sonora con un acondicionador de señal externo, el preamplificador y el micro condensador pre-polarizado de precisión.



Previo a la medición, y según detalla la normativa, determinamos los diferentes puntos donde realizar las mediciones. La norma indica que la posición del micrófono entre medidas debe estar separada al menos 2 m para el rango de frecuencias habitual. La distancia a cualquier superficie reflectante, incluido el suelo, debe ser al menos 1 m. Dadas las características de nuestra sala, de grandes dimensiones y con una simetría longitudinal, decidimos dividirla en dos zonas: La primera zona abarca la totalidad del escenario, en él ubicamos la fuente sonora y el área de trabajo. La segunda zona comprende todas las localidades de la sala, tanto el patio de butacas como los diferentes niveles de anfiteatros laterales, anfiteatros que se estudian conjuntamente con la platea debido a que únicamente conforman una fila de asientos y en los cálculos la superficie es tan reducida que apenas varía el resultado.

Se han determinado 14 puntos en la zona de patio de butacas, 13 puntos en anfiteatros y 4 puntos más en el escenario tal y como muestra la **Figura 22**.

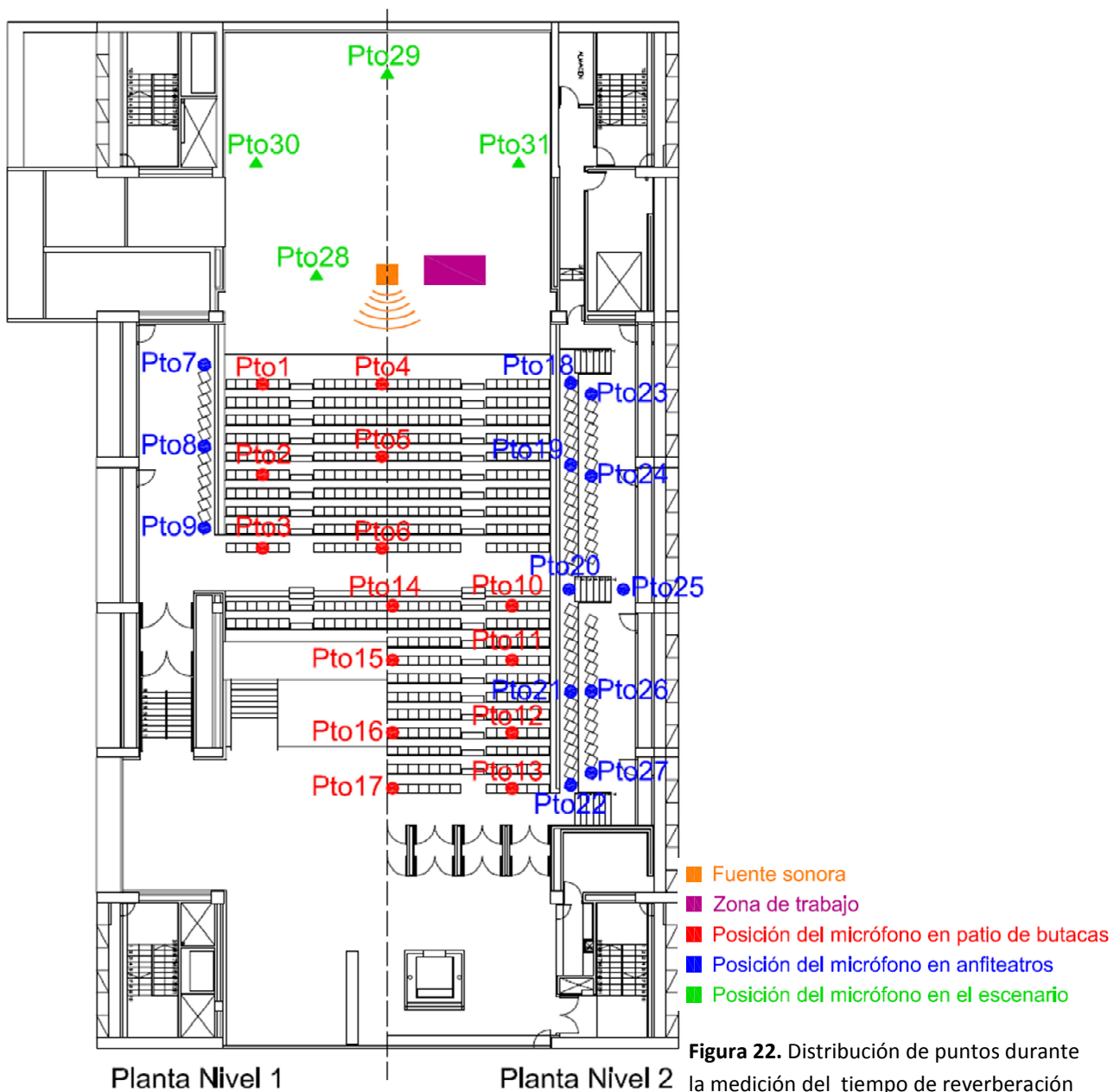
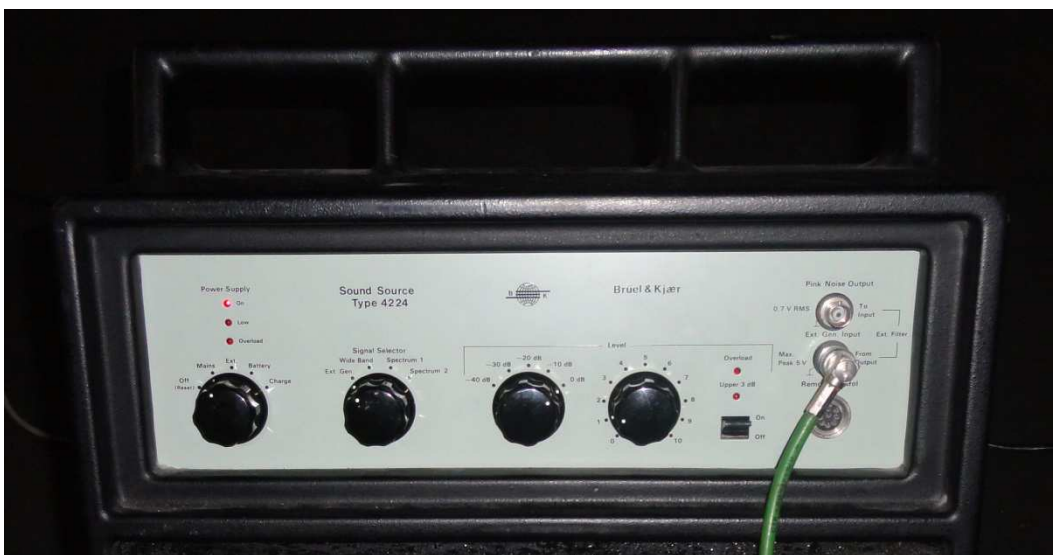


Figura 22. Distribución de puntos durante la medición del tiempo de reverberación

Con los aparatos conectados correctamente el primer paso, para que durante la medición no sature el micrófono y las medidas sean válidas, es ajustar el volumen de la fuente sonora. Para ello colocamos el micrófono en el punto 28, el más cercano a la fuente sonora, y realizamos unas mediciones a modo de prueba. Es importante ajustar bien el volumen y controlar que ni la fuente sonora ni el micrófono saturan durante la medición, de ser así se anulará esa medición y se procederá a su repetición. Con estas primeras medidas debemos ajustar el instrumental a las características de la sala, dado que el tiempo de reverberación ronda 1 segundo determinamos el Length con 2,73 segundos (longitud de onda inmediatamente mayor). Configuramos el Dirac 3.0 para que realice dos barridos en cada frecuencia y comenzamos la medición. Mientras estaba en la zona de trabajo con el ordenador realizando las mediciones y guardando los datos, un voluntario iba colocando el micrófono en los puntos determinados.

**Figura 23.** Graduación de la fuente sonora



Finalizada la medición del tiempo de reverberación y el resto de parámetros acústicos de calidad, realizamos la medición del ruido de fondo. Durante toda la medición las puertas de acceso a la sala permanecieron cerradas, las cortinas de las ventanas extendidas, las luces del escenario encendidas, el telón de fondo bajado y el sistema de climatización encendido, como corresponde al estado original de la sala durante una actuación a sala vacía. El ruido de fondo se midió en los puntos 1, 7, 14, 17, 27 de forma representativa con la utilización del sonómetro integrador.

### 5.3. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD OBTENIDOS

El tiempo de reverberación es el parámetro más importante dentro de todas las mediciones, con los resultados podremos determinar si la sala reúne las características propias de su uso y realizar las intervenciones pertinentes para su acondicionamiento acústico. Vamos a desarrollar a lo largo de este punto los diferentes parámetros de calidad acústica como son: EDT, TR10, TR20, TR30, C80 y D50.

#### 5.3.1. RESPUESTA AL IMPULSO-RUIDO (INR)

Para dar comienzo al análisis de los resultados obtenidos, y como primer cálculo, debemos comprobar el parámetro INR responsable de confirmar que las mediciones se han realizado correctamente: Todos los valores deben situarse por encima de los 40dB en todas las frecuencias. De no cumplir con este parámetro se desecharía la medición y no se mediaría con el resto.

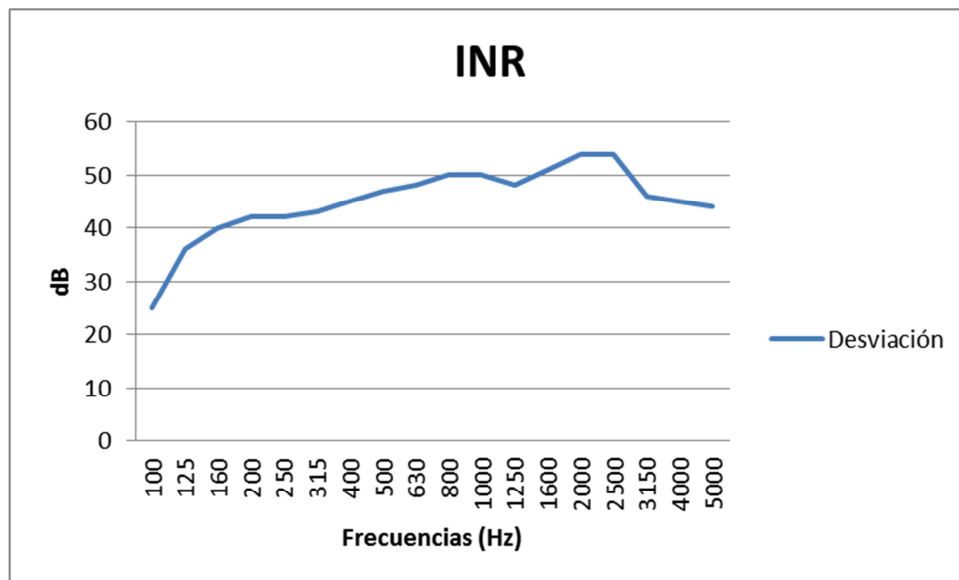


Figura 24. Gráfica del INR, media de todos los puntos

Como muestra la **Figura 24.**, a excepción de las frecuencias bajas, todos los valores están por encima de los 40dB por lo que confirmamos que los resultados de la medición se han medido correctamente y son fiables. En las frecuencias 100Hz y su múltiplo 125H el INR presenta una baja considerable, esto se debe a la presencia de ruido de fondo. Las iluminarias en los anfiteatros se encuentran a una altura libre de 2,3m y dada su cercanía al micrófono durante la medición hemos captado una componente eléctrica en estas frecuencias que resulta normal según las características.

### 5.3.2. RUIDO DE FONDO

Las curvas Noise Criteria muestran el nivel máximo de ruido que debe existir en un determinado espacio según su actividad. El trazado de la curva imita la sensibilidad del oído humano, siendo las frecuencias de menos valor las que el oído percibe con menos sensibilidad.

Para determinar el ruido de fondo de un recinto, debemos realizar un promedio entre los valores obtenidos en las diferentes mediciones. Se adjunta la tabla con los cálculos realizados.

	FRECUENCIAS																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
Punto 1	35,2	23,8	24,2	24,7	19,2	24	17,7	18,4	20,1	13,7	15,5	14,5	17	13,5	7,5	6,7	7,4	7,8
Punto 7	33,9	23,2	21,4	23,8	17,5	23	16,3	16,9	19,8	14,8	15,5	13,5	14,4	10,5	7,8	7,5	7,5	8,1
Punto 14	28,2	20,4	20,8	21,2	15,7	23,2	16,7	16,5	20,8	13,4	14,4	13,4	14,6	10,3	6,7	7,5	7,2	9,3
Punto 27	35,8	23,9	22,6	25,5	19,3	25,7	18,1	16	18,5	13,2	14,4	12,4	13,1	9,8	9	7,5	7,4	8
Punto 17	27,3	20,7	17,4	19,2	21,8	26,1	17,5	16,4	21,3	14,6	14,8	13,5	14,7	10,7	7,5	6,5	9	8,1
Punto 28	45,2	28	23,2	29,5	27	38	24,9	25	29,5	24,1	23,2	21,5	25,6	19,8	10,8	9,4	8,8	11,8
PROMEDIO	38,64	24,13	22,07	25,22	21,83	31,11	19,84	19,72	23,73	18,04	17,84	16,26	19,37	14,29	8,44	7,62	7,95	9,11
1/3 OCTAVA	28,28			26,05			21,09			17,38			14,04			8,23		

Figura 25. Valores de ruido de fondo obtenidos en la medición

El nivel equivalente de ruido de fondo en la sala es de 45,75dB. Representados estos datos en la gráfica **Figura 26**. obtenemos la curva que caracteriza el ruido de fondo de nuestra sala y la comparamos con las curvas NC de referencia. Aquella curva NC que se encuentre inmediatamente por debajo de los niveles de fondo, medidos en cada una de las bandas de octava, se corresponde a la curva que determina las especificaciones NC.

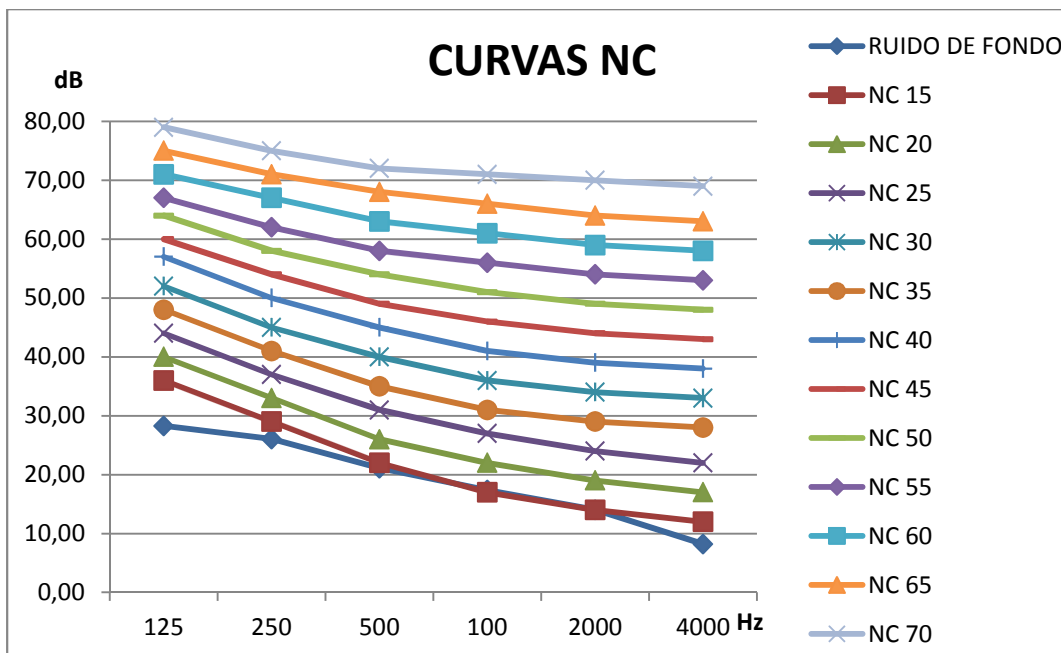


Figura 26. Gráfica de curvas NC y ruido de fondo de la sala

Como podemos observar, el ruido de fondo de nuestro recinto se corresponde con una curva NC-20. Siguiendo las recomendaciones del libro “Diseño acústico de espacios arquitectónicos” de Antoni Carrión Isbert, dependiendo del tipo del recinto se asignaría una determinada curva.

Nuestra sala polivalente, que pretende atender a la necesidad de sala de concierto y de teatro, debería tener una curva comprendida entre NC-15 y NC-25, cumple con las indicaciones y representa un parámetro de confort acústico favorable.

TIPOS DE RECINTO	CURVA NC RECOMENDADA	EQUIVALENCIA EN dBA
Estudio de grabación	15	28
Sala de conciertos y teatros	15 - 25	28 - 38
Hoteles (habitaciones individuales)	20 - 30	33 - 42
Sala de conferencia/Aulas	20 - 30	33 - 42
Despachos de oficina/ Biblioteca	30 - 35	42 - 46
Hoteles (vestíbulos y pasillos)	35 - 40	46 - 50
Restaurantes	35 - 40	46 - 50
Sala de ordenadores	35 - 45	46 - 55
Cafetería	40 - 45	50 - 55
Polideportivo	40 - 50	50 - 60

Figura 27. Curva NC recomendada según el tipo de recinto

### 5.3.3. TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Con el fin de poder cuantificar la reverberación de la sala se define el tiempo de reverberación (abreviatura TR) a una determinada frecuencia como el tiempo que transcurre desde que el foco emisor se detiene hasta el momento en que el nivel de presión sonora cae 60dB respecto a su valor inicial.

Por lo general el TR varía con la frecuencia, tendiendo a disminuir a medida que ésta aumenta. Es debido, en parte, a las características de mayor absorción con la frecuencia de los materiales comúnmente empleados como revestimiento, así como a la absorción del aire, especialmente manifiesta en recintos grandes y a altas frecuencias.

La fórmula clásica por excelencia, y aceptada como de referencia a nivel internacional por su sencillez de cálculo, es la denominada fórmula de Sabine. La expresión matemática se obtiene aplicando la teoría acústica estadística y despreciando el efecto de la absorción producida por el aire de la siguiente forma:

$$TR = 0,161 \frac{V (m^3)}{Abs.} \text{ (en segundos)}$$

El TR se calcula a partir de la curva de decaimiento energético medida en un punto cualquiera de la sala. La obtención del TR en cada frecuencia no se lleva a cabo directamente por simple observación del tiempo que transcurre hasta que el nivel disminuye 60dB. Ello es debido a que dicha curva presenta irregularidades, a pesar de que su decaimiento forma una línea recta, no existe ningún recinto con un campo sonoro perfectamente difuso. En los siguientes apartados se estudian pormenorizadamente los diferentes tiempos de reverberación.

**EARLY DECAY TIME (EDT)**

El EDT es la forma de medida para determinar el descenso en dB que hace una señal sonora en una sala desde el momento en que la fuente sonora que la produce deja de emitir sonido. Se calcula multiplicando por 6 el tiempo que transcurre en caer 10 dB el nivel de presión sonora desde que la fuente deja de emitir.

Es un parámetro muy relacionado con TR (tiempo de reverberación), con la salvedad de que EDT mide la reverberación percibida (subjetiva) y TR la reverberación real (objetiva). Por este motivo para determinar el grado de viveza de una sala es más fiable guiarse por el valor de EDT. No obstante, las salas con una geometría regular y una distribución homogénea de los materiales absorbentes se caracterizarán por una difusión uniforme del sonido y, en consecuencia, la curva de decaimiento energético presentará una única pendiente que devolverá valores de EDT y TR coincidentes.

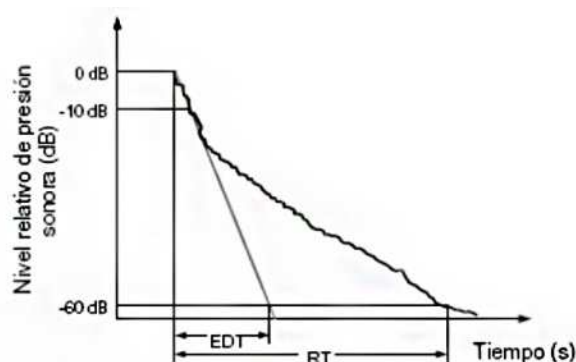


Figura 28. Gráfica de relación entre EDT y TR

Para asegurar una correcta difusión del sonido se aconseja que la media aritmética de EDT en las frecuencias de 500 Hz y 1 KHz con la sala vacía, denominada  $EDT_{mid}$ , sea lo más similar posible a los valores recomendados para  $TR_{mid}$ . Por tanto, con objeto de garantizar una buena difusión del sonido en una sala ocupada, es preciso que el valor medio de los EDT correspondientes a las bandas de 500 Hz y 1 kHz sea del mismo orden que  $RT_{mid}$ .

Tabla y gráfica de los datos obtenidos.

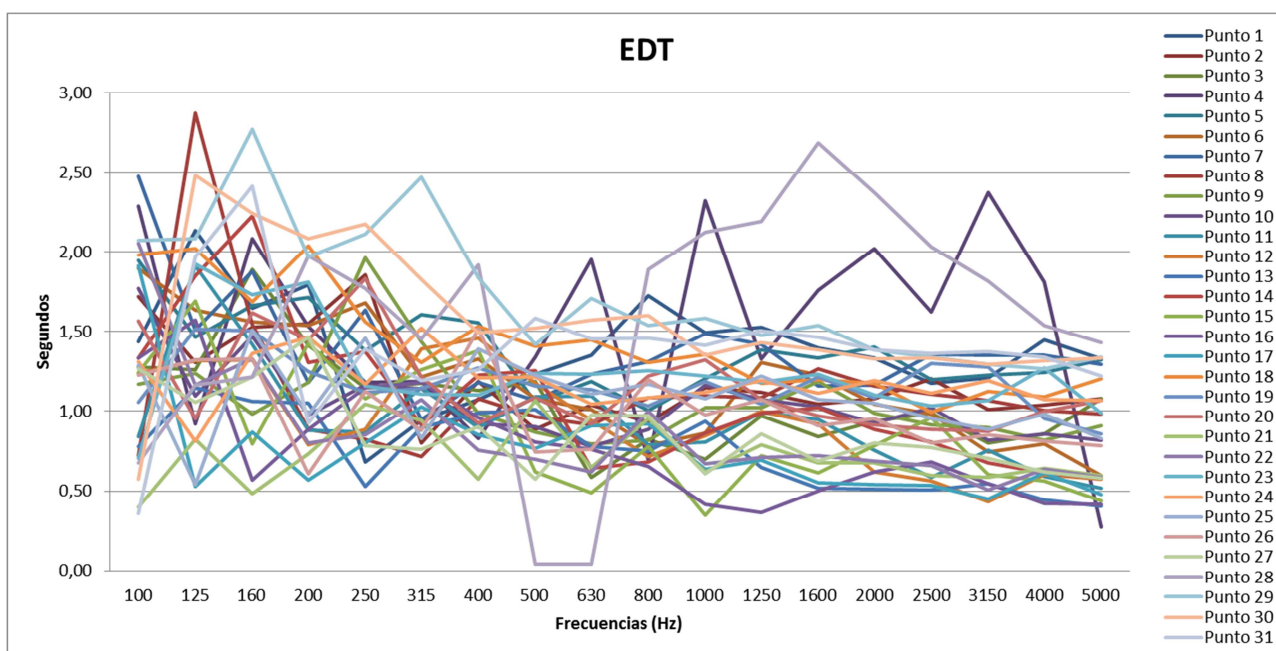


Figura 29. Gráficas de valores EDT obtenidos en todas las mediciones

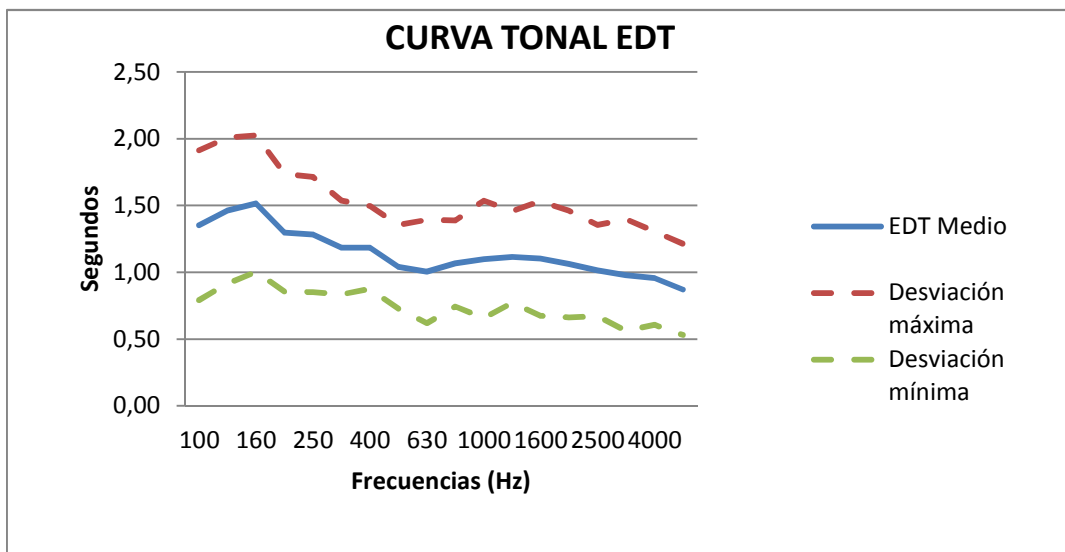
		EDT																		EDT mid
FRECUENCIAS		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
PLATEA INFERIOR	Punto 1	1,44	2,14	1,65	1,79	0,68	0,94	1,08	1,23	1,35	1,73	1,50	1,53	1,40	1,33	1,18	1,21	1,45	1,33	1,36
	Punto 2	1,72	1,30	1,53	1,55	1,86	0,80	1,19	0,89	1,04	0,93	1,15	1,12	1,04	1,08	1,20	1,01	1,04	1,08	1,02
	Punto 3	1,28	1,26	1,89	1,41	1,15	1,17	1,13	1,19	0,59	0,82	0,70	0,97	0,84	0,94	0,99	0,80	0,86	1,08	0,94
	Punto 4	2,29	0,92	2,08	1,53	1,18	1,19	0,83	1,34	1,95	0,70	2,33	1,33	1,76	2,02	1,62	2,37	1,81	0,28	1,83
	Punto 5	1,95	1,47	1,66	1,72	1,38	1,61	1,56	1,06	1,19	1,00	1,20	1,38	1,34	1,40	1,20	1,23	1,24	1,32	1,13
	Punto 6	1,90	1,64	1,56	1,54	1,68	1,22	1,33	1,08	1,01	0,78	0,87	1,31	1,23	1,05	0,98	0,74	0,80	0,60	0,97
ANF. 1	Punto 7	2,48	1,51	1,88	1,18	1,64	0,95	1,18	1,07	1,23	1,31	1,49	1,42	1,16	1,16	1,36	1,35	1,35	1,30	1,28
	Punto 8	0,72	2,87	1,54	0,89	0,83	0,72	1,08	0,96	0,91	1,09	1,10	1,09	1,27	1,16	1,11	1,07	1,01	0,98	1,03
	Punto 9	1,17	1,24	0,98	1,18	1,97	1,44	0,99	0,87	0,80	0,82	1,03	1,02	1,19	0,99	0,92	0,90	0,82	0,91	0,95
PLATEA SUPERIOR	Punto 10	1,77	1,10	1,47	0,98	1,16	1,14	0,92	0,90	0,78	0,89	1,17	1,08	1,03	0,92	1,03	0,82	0,86	0,82	1,03
	Punto 11	0,84	1,91	1,42	0,88	0,87	1,15	0,90	1,09	1,10	0,79	0,81	1,00	0,95	0,76	0,59	0,75	0,59	0,52	0,95
	Punto 12	1,24	1,32	1,32	0,79	0,89	1,39	1,46	1,18	0,94	0,72	0,85	1,00	0,92	0,62	0,56	0,43	0,60	0,57	1,01
	Punto 13	0,78	1,15	1,06	1,05	0,53	0,90	0,99	1,01	0,78	0,75	0,94	0,65	0,52	0,51	0,51	0,55	0,45	0,41	0,97
	Punto 14	1,34	1,85	2,23	1,30	1,37	0,92	1,23	1,25	0,64	0,68	0,86	0,99	1,02	0,89	0,81	0,68	0,61	0,58	1,06
	Punto 15	1,24	1,69	0,80	1,42	1,08	1,26	1,38	0,62	0,49	0,78	0,35	0,72	0,61	0,79	0,96	0,60	0,56	0,44	0,48
	Punto 16	1,34	1,58	0,57	0,89	1,15	1,18	0,96	0,81	0,76	0,65	0,42	0,37	0,50	0,62	0,68	0,55	0,42	0,42	0,61
	Punto 17	1,91	0,53	0,87	0,57	0,80	1,03	0,85	0,77	0,91	0,92	0,64	0,69	0,55	0,54	0,53	0,45	0,61	0,48	0,70
ANFITEATRO 2	Punto 18	1,98	2,02	1,69	2,04	1,56	1,31	1,54	1,41	1,45	1,31	1,36	1,18	1,20	1,18	1,00	1,12	1,09	1,20	1,38
	Punto 19	1,06	1,52	1,50	1,25	1,12	1,14	1,27	1,16	1,14	1,04	1,19	1,04	1,22	1,09	1,30	1,28	0,96	0,86	1,17
	Punto 20	1,57	0,96	1,62	1,45	1,83	1,22	0,93	1,08	0,92	1,22	1,32	1,08	0,97	0,92	0,89	0,88	1,00	1,07	1,20
	Punto 21	0,40	0,83	0,48	0,73	1,05	0,94	0,58	1,07	0,65	0,96	0,62	0,79	0,67	0,67	0,60	0,59	0,64	0,60	0,84
	Punto 22	2,05	1,16	1,33	0,80	0,85	1,08	0,76	0,70	0,62	1,00	0,67	0,71	0,72	0,69	0,66	0,51	0,64	0,59	0,68
ANFITEATRO 3	Punto 23	0,71	1,92	1,73	1,81	1,16	1,11	1,10	1,24	1,23	1,26	1,22	1,18	1,23	1,10	1,03	1,07	1,27	0,99	1,23
	Punto 24	1,31	0,81	1,37	1,47	1,17	1,52	1,21	1,22	1,05	1,08	1,12	1,19	1,12	1,20	1,12	1,19	1,07	1,07	1,17
	Punto 25	1,29	0,54	1,51	0,98	1,46	0,83	1,39	1,23	1,11	1,17	1,08	1,22	1,07	1,05	0,96	0,89	0,98	0,83	1,15
	Punto 26	1,23	1,32	1,33	0,61	1,12	0,88	1,51	0,74	0,76	1,20	0,98	1,07	0,91	0,95	0,80	0,85	0,81	0,78	0,86
	Punto 27	1,27	1,06	1,22	1,47	0,78	0,76	0,90	0,58	0,98	0,97	0,61	0,86	0,69	0,80	0,77	0,71	0,62	0,58	0,59
ESCENARIO	Punto 28	0,68	1,16	1,21	1,98	1,77	1,46	1,92	0,04	0,04	1,89	2,13	2,19	2,69	2,37	2,03	1,82	1,54	1,43	1,08
	Punto 29	2,07	2,08	2,77	1,97	2,11	2,47	1,84	1,42	1,71	1,54	1,59	1,48	1,54	1,39	1,34	1,29	1,27	1,34	1,50
	Punto 30	0,57	2,48	2,24	2,08	2,18	1,83	1,49	1,52	1,57	1,60	1,35	1,43	1,38	1,33	1,33	1,29	1,32	1,34	1,44
	Punto 31	0,36	1,97	2,41	0,93	1,39	1,20	1,26	1,59	1,46	1,46	1,42	1,50	1,46	1,39	1,36	1,37	1,34	1,22	1,50

Figura 30. Tabla de valores de EDT obtenidos en todas las mediciones

Según la zona de la sala en la que se encuentra observamos que los valores obtenidos son muy heterogéneos, con variaciones hasta de 1s. En el fondo de la sala, tanto en el patio de butacas como en los anfiteatros, los valores se reducen aproximadamente en un 50% respecto al resto de la sala. Para analizar mejor los valores hemos realizado una ponderación entre todos los puntos con la que hallamos la desviación estándar, desviación máxima y la desviación mínima.

	FRECUENCIAS (Hz)																Trmid		
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150		4000	5000
EDT MEDIO	1,35	1,46	1,51	1,30	1,28	1,19	1,19	1,04	1,01	1,07	1,10	1,12	1,10	1,06	1,01	0,98	0,96	0,87	1,07
DESVIACIÓN	0,56	0,55	0,51	0,44	0,43	0,35	0,31	0,31	0,39	0,32	0,44	0,34	0,43	0,40	0,34	0,42	0,35	0,34	
MÁXIMO	1,91	2,01	2,03	1,74	1,72	1,54	1,50	1,36	1,39	1,39	1,54	1,46	1,53	1,46	1,36	1,40	1,31	1,21	
MÍNIMO	0,79	0,92	1,00	0,86	0,85	0,83	0,88	0,73	0,62	0,74	0,66	0,77	0,67	0,66	0,67	0,56	0,61	0,53	

Figura 31. En la parte superior tabla de valores EDT. En la parte inferior gráfica de la curva tonal EDT



Calculado el TR mid (tiempo de reverberación) mediante la media aritmética de las frecuencias 500Hz y 1000Hz, obtenemos un valor de 1,07 s. Según los apuntes de la asignatura este resultado se adapta al uso de sala de conferencias o recinto teatral. En la actualidad, la sala del Centro Cultural la Rambleta, se utiliza no sólo para representaciones teatrales, danza y espectáculos culturales sino que habitualmente se programan en ella actuaciones musicales tanto de música clásica como conciertos de cámara que no se ajustan a las características de esta sala. Como primera conclusión, estamos en disposición de afirmar que el tiempo de reverberación es demasiado bajo y sería más conveniente adaptar estos valores a una sala multiusos.

Figura 32. Tiempo de reverberación recomendado

USO	TR mid (s)
Sala de conferencias	0,7 - 1,0
Sala multiusos	1,2 - 1,5
Teatros	1,0 - 1,2
Música de cámara	1,3 - 1,7
Sala de conciertos	1,8 - 2,0

### TIEMPO DE REVERBERACIÓN TR10

El TR10 es un parámetro de calidad acústica que determina el tiempo que transcurre desde que la fuente sonora deja de emitir el sonido hasta que el nivel desciende en 10dB. En este período de tiempo se produce el descenso más pronunciado de toda la gráfica de nivel de presión. Los datos obtenidos tras la medición son los siguientes:



		TR10																	TR10 mid	
FRECUENCIAS		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000		5000
PLATEA INFERIOR	Punto 1	2,03	1,93	1,69	1,52	1,60	1,26	1,50	1,31	1,32	1,34	1,40	1,10	1,14	1,30	0,99	0,86	0,76	0,62	1,36
	Punto 2	2,33	1,89	1,35	1,99	1,43	1,65	1,20	1,05	0,97	1,17	1,00	1,05	1,06	1,07	0,97	0,87	0,68	0,54	1,03
	Punto 3	1,14	1,70	1,89	1,30	1,02	1,10	1,53	1,43	1,11	1,27	1,11	0,95	1,16	0,89	0,98	0,89	0,87	0,97	1,27
	Punto 4	1,82	1,69	1,42	1,66	1,40	1,11	1,14	0,89	1,23	1,78	1,31	1,29	1,21	1,22	0,82	1,21	1,70	1,87	1,10
	Punto 5	1,59	2,71	2,08	1,53	0,99	0,70	1,19	1,32	1,18	1,11	1,07	1,40	1,09	0,99	1,13	1,01	0,98	1,26	1,20
	Punto 6	1,30	2,35	1,93	2,18	1,13	1,30	1,27	1,25	1,01	0,97	1,29	1,26	1,13	1,23	1,09	0,94	1,02	0,84	1,27
ANF. 1	Punto 7	2,95	1,63	2,06	2,11	1,65	1,52	1,09	1,21	1,16	1,23	1,29	1,23	1,18	0,97	0,94	0,76	0,67	0,65	1,25
	Punto 8	0,55	1,74	1,62	1,29	1,03	1,11	1,61	1,08	1,17	1,33	1,00	1,02	1,05	1,05	0,87	0,91	0,85	0,78	1,04
	Punto 9	1,72	2,65	2,42	1,48	1,83	1,48	1,43	0,96	1,22	1,14	1,20	1,19	1,09	1,11	0,89	0,82	0,85	0,84	1,08
PLATEA SUPERIOR	Punto 10	2,58	1,05	1,93	1,60	1,50	1,02	1,24	1,30	1,34	0,99	1,34	1,05	1,03	1,14	1,12	0,95	1,00	0,87	1,32
	Punto 11	1,21	2,33	1,38	1,39	0,99	1,24	1,12	1,06	1,15	1,24	1,02	1,13	1,11	1,09	0,95	1,00	0,90	0,84	1,04
	Punto 12	1,04	1,74	1,33	1,68	0,95	1,09	1,29	1,22	1,30	1,12	1,13	1,01	1,03	0,92	0,94	0,76	0,77	0,85	1,18
	Punto 13	0,26	1,42	1,72	1,90	0,68	1,60	1,00	0,88	1,12	0,96	0,94	1,09	0,86	0,84	0,85	0,74	0,78	0,65	0,91
	Punto 14	0,14	2,15	1,30	1,38	1,32	0,88	1,34	1,01	0,95	0,99	1,31	1,30	1,30	1,06	1,04	0,98	0,89	0,80	1,16
	Punto 15	1,80	1,98	1,71	1,36	1,53	1,47	1,21	1,48	1,13	0,95	1,00	1,04	0,95	1,09	1,07	1,00	0,91	0,79	1,24
	Punto 16	1,52	1,77	2,13	1,37	0,63	0,91	1,57	1,15	1,08	1,09	0,99	1,29	1,09	1,10	0,93	0,98	0,92	0,75	1,07
	Punto 17	2,35	2,35	2,61	1,72	1,21	1,55	1,45	1,11	1,28	1,31	1,00	1,10	1,03	1,06	0,92	0,80	0,82	0,75	1,06
	Punto 18	0,85	2,50	1,68	1,14	0,96	1,29	1,13	1,30	1,17	1,10	1,13	0,99	1,21	1,12	1,09	0,80	0,79	1,08	1,21
	Punto 19	1,64	1,61	1,53	1,53	0,82	1,08	1,15	1,56	1,09	1,41	1,20	1,21	1,15	0,97	0,99	0,99	0,97	0,90	1,38
ANFITEATRO 2	Punto 20	1,66	1,48	2,08	1,13	1,20	1,53	1,28	1,36	1,10	1,28	1,14	1,15	1,00	1,03	1,13	0,99	0,82	0,78	1,25
	Punto 21	0,94	1,47	2,41	1,21	0,97	1,09	0,87	1,11	1,22	1,52	1,03	1,04	1,15	0,94	0,97	0,85	0,81	0,85	1,07
	Punto 22	1,70	1,50	2,50	0,79	1,01	1,07	1,07	1,17	0,84	1,04	1,07	0,89	1,26	0,92	0,87	0,76	0,78	0,79	1,12
ANFITEATRO 3	Punto 23	0,51	2,29	1,32	1,69	1,27	1,04	1,43	1,22	1,19	1,12	1,05	1,01	1,09	1,00	1,01	0,92	0,77	1,05	1,13
	Punto 24	1,02	1,31	1,82	1,46	1,33	1,19	1,20	1,00	1,19	1,00	0,95	1,05	1,00	0,87	0,97	0,98	0,93	0,83	0,97
	Punto 25	0,28	1,73	1,80	1,44	1,44	1,26	1,44	1,07	1,14	0,91	0,99	1,30	1,18	1,06	0,87	0,99	1,04	0,88	1,03
	Punto 26	0,96	1,11	1,27	0,89	0,87	0,81	1,11	0,95	0,93	1,18	1,17	1,11	1,04	1,02	0,93	0,85	0,92	0,77	1,06
	Punto 27	0,76	1,91	1,97	1,43	1,00	0,94	0,93	1,35	1,33	1,12	1,03	1,09	0,91	1,18	0,94	0,79	0,90	0,72	1,19
ESCENARIO	Punto 28	2,70	3,35	2,35	1,53	1,79	1,35	1,53	1,59	1,68	0,98	0,85	1,22	1,28	0,68	0,93	0,79	0,80	0,66	1,22
	Punto 29	2,31	2,10	2,14	1,99	1,82	1,42	1,93	1,37	1,02	1,38	1,22	1,34	1,21	1,38	1,17	1,03	0,96	0,96	1,30
	Punto 30	0,62	2,69	1,77	1,62	1,47	2,13	1,68	1,18	1,18	1,03	1,39	1,35	1,14	1,02	1,16	1,05	1,14	0,98	1,29
	Punto 31	2,26	2,40	2,23	1,78	1,91	1,37	1,54	1,53	1,24	1,10	1,46	1,24	1,12	1,14	1,07	0,98	1,00	0,90	1,49

Figura 33. Tabla de valores del TR10 obtenidos en todas las mediciones

Como muestra la tabla, los valores son más heterogéneos que en el parámetro anterior, EDT y superiores a 1,0s. Como ya hemos argumentado anteriormente si el resultado de TR10 es superior a los valores alcanzados en el EDT indica, a nivel subjetivo, que la acústica de la sala es más apagada de lo que se deduciría del valor TR.

Tras realizar los cálculos y medidas correspondiente, resumimos en la Figura 34. que el TR10mid es 1,17s. y que sus desviaciones a frecuencias medio altas son reducidamente menores que a frecuencias altas.

	FRECUENCIAS (Hz)																	TR10mid	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000		5000
TR10 MEDIO	1,44	1,95	1,85	1,52	1,25	1,24	1,31	1,21	1,16	1,17	1,13	1,14	1,11	1,05	0,99	0,91	0,90	0,86	1,17
DESVIACIÓN	0,77	0,52	0,39	0,32	0,35	0,29	0,24	0,19	0,15	0,19	0,16	0,13	0,10	0,14	0,10	0,11	0,18	0,24	
MÁXIMO	2,20	2,47	2,24	1,84	1,60	1,54	1,54	1,40	1,32	1,36	1,29	1,28	1,21	1,19	1,08	1,02	1,09	1,10	
MÍNIMO	0,67	1,43	1,47	1,20	0,90	0,95	1,07	1,01	1,01	0,98	0,98	1,01	1,00	0,91	0,89	0,80	0,72	0,63	

Figura 34. Tabla de la desviación del TR10

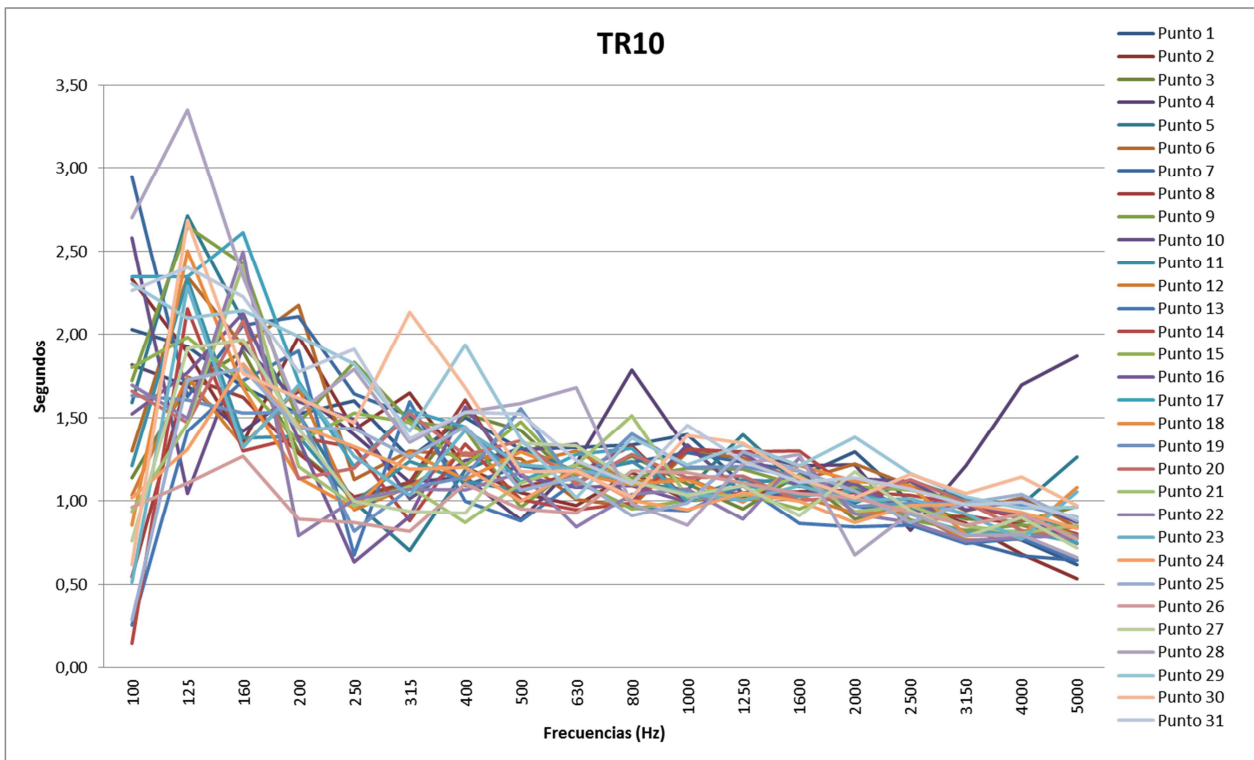


Figura 35. Gráficas de valores TR10 obtenidos en todas las mediciones

Analizando la gráfica, y en comparación con el EDT, su desviación resulta notablemente menor. El parámetro anterior muestra mayor dispersión pero, si tuviera que definir su trazado, se aproxima a una recta sin pendientes pronunciadas (propio de teatros). Por el contrario nos encontramos con dos zonas claramente diferenciadas: En la zona de las frecuencias bajas la grafía es muy quebrada con cambio de convexa a cóncava. Y en la zona comprendida desde la frecuencia de 250Hz hasta su final presenta una pendiente decreciente constante (adecuada a una sala de concierto). Por el momento los resultados no se adaptan a las características de debería reunir la sala.

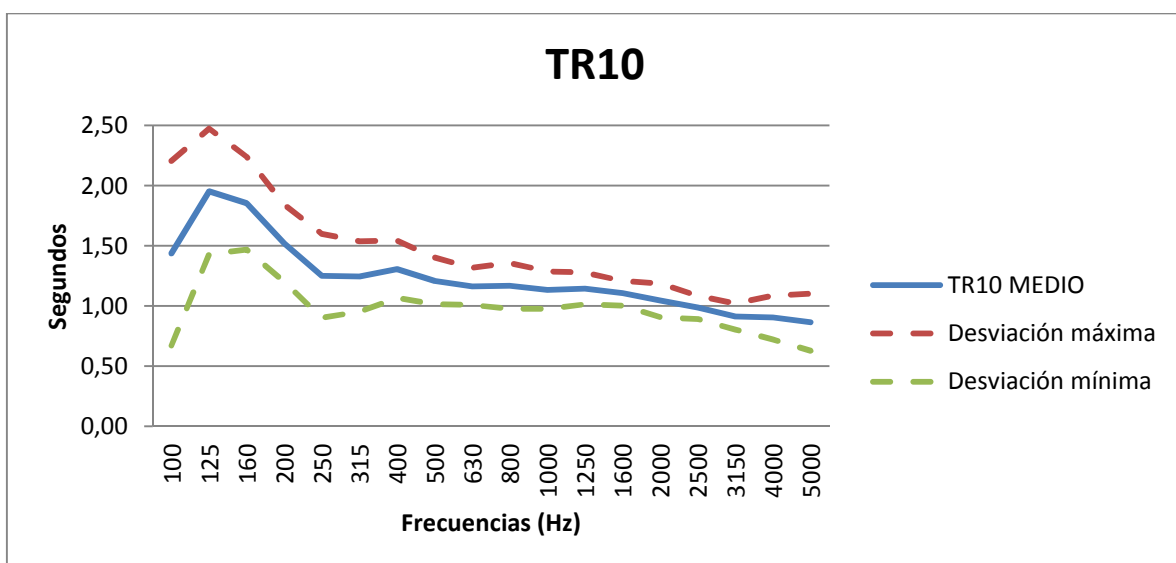


Figura 36. Gráficas de la curva tonal TR10

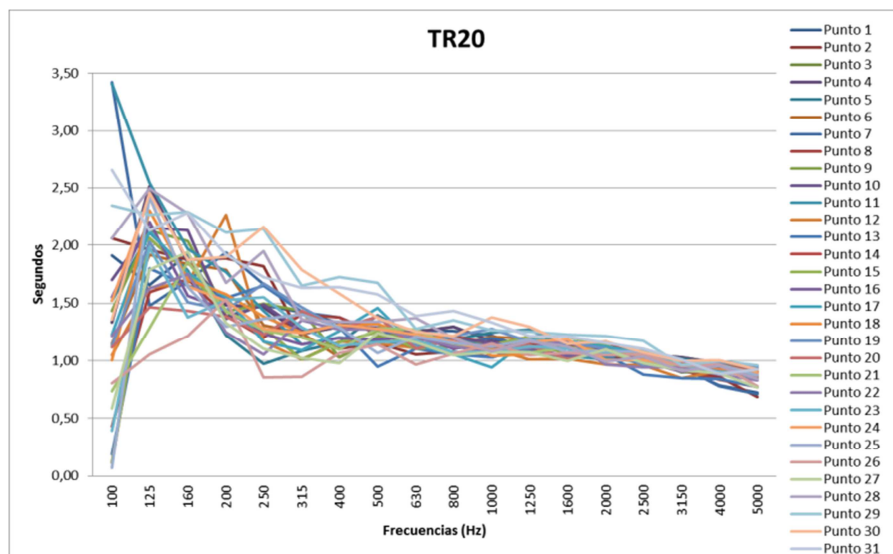
**TIEMPO DE REVERBERACIÓN TR20**

El TR20 es un parámetro de calidad acústica que determina el tiempo que transcurre desde que la fuente sonora deja de emitir el sonido hasta que el nivel desciende en 20dB.

Detallamos los valores obtenidos:

		TR20																	TR20 mid	
FRECUENCIAS		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000		5000
PLATEA INFERIOR	Punto 1	1,91	1,66	1,92	1,38	1,48	1,42	1,33	1,28	1,27	1,26	1,22	1,08	1,03	1,08	0,96	0,94	0,78	0,72	1,25
	Punto 2	2,06	1,96	1,87	1,89	1,82	1,20	1,10	1,15	1,05	1,08	1,03	1,13	1,17	1,03	1,01	0,91	0,86	0,69	1,09
	Punto 3	1,33	2,52	1,85	1,48	1,46	1,24	1,30	1,29	1,25	1,30	1,17	1,12	1,17	1,05	1,05	1,03	0,98	0,91	1,23
	Punto 4	1,16	1,57	1,65	1,48	1,19	1,08	1,09	1,06	1,16	1,07	1,07	1,19	1,02	1,08	0,96	0,98	1,04	0,95	1,06
	Punto 5	1,52	2,11	1,78	1,22	0,97	1,08	1,16	1,39	1,21	1,19	1,25	1,27	1,12	1,04	1,07	1,02	0,97	0,96	1,32
	Punto 6	1,15	1,92	1,83	1,79	1,31	1,24	1,03	1,20	1,10	1,13	1,21	1,19	1,12	1,16	1,05	0,98	0,99	0,89	1,20
ANF. 1	Punto 7	3,43	1,48	1,69	1,94	1,66	1,42	1,38	1,23	1,25	1,14	1,20	1,13	1,15	1,12	1,07	0,95	0,78	0,71	1,22
	Punto 8	0,43	1,59	1,70	1,39	1,20	1,40	1,38	1,23	1,17	1,21	1,14	1,15	1,11	1,17	1,02	0,92	0,83	0,77	1,19
	Punto 9	1,43	2,13	2,03	1,43	1,49	1,43	1,03	1,21	1,25	1,20	1,14	1,13	1,07	1,10	1,03	0,90	0,92	0,86	1,17
PLATEA SUPERIOR	Punto 10	1,70	2,16	2,13	1,36	1,49	1,26	1,30	1,28	1,26	1,19	1,16	1,10	1,10	1,09	1,01	0,98	0,96	0,91	1,22
	Punto 11	3,41	2,55	1,97	1,77	1,43	1,14	1,20	1,17	1,14	1,19	1,11	1,09	1,03	1,02	0,99	0,94	0,94	0,86	1,14
	Punto 12	1,05	1,63	1,68	2,26	1,17	1,01	1,16	1,14	1,11	1,06	1,10	1,01	1,02	0,97	0,96	0,85	0,91	0,86	1,12
	Punto 13	0,19	1,80	1,65	1,54	1,65	1,43	1,29	0,94	1,10	1,05	1,03	1,12	1,10	1,05	0,88	0,84	0,84	0,77	0,98
	Punto 14	0,11	2,06	1,76	1,43	1,28	1,01	1,16	1,25	1,10	1,12	1,13	1,21	1,21	1,13	1,03	0,97	0,95	0,84	1,19
	Punto 15	2,30	1,85	1,73	1,69	1,22	1,35	1,15	1,28	1,27	1,13	1,16	1,12	1,04	1,04	1,04	1,01	0,93	0,84	1,22
	Punto 16	1,55	2,21	1,57	1,44	1,24	1,14	1,19	1,19	1,21	1,10	1,15	1,11	1,04	1,09	0,99	0,90	0,93	0,85	1,17
	Punto 17	1,23	2,12	1,76	1,55	1,17	1,09	1,26	1,46	1,14	1,05	0,94	1,18	1,17	1,12	1,06	0,96	0,92	0,85	1,20
ANFITEATRO 2	Punto 18	1,00	2,30	1,71	1,58	1,39	1,24	1,31	1,32	1,20	1,21	1,04	1,05	1,16	1,06	1,08	0,94	0,92	0,91	1,18
	Punto 19	1,13	2,03	1,51	1,44	1,67	1,46	1,28	1,39	1,14	1,21	1,28	1,17	1,15	1,10	0,96	0,94	0,99	0,93	1,33
	Punto 20	1,12	1,46	1,43	1,38	1,23	1,43	1,28	1,38	1,10	1,18	1,09	1,14	1,01	1,09	0,98	0,96	0,91	0,86	1,24
	Punto 21	0,73	1,28	1,86	1,43	1,26	1,20	1,09	1,29	1,27	1,13	1,09	1,07	1,12	1,07	0,99	0,94	0,96	0,87	1,19
	Punto 22	1,22	1,63	1,75	1,25	1,05	1,35	1,27	1,28	1,20	1,12	1,08	1,11	1,18	0,97	0,94	0,94	0,88	0,83	1,18
ANFITEATRO 3	Punto 23	0,40	1,98	1,37	1,53	1,55	1,29	1,12	1,16	1,18	1,07	1,07	1,12	1,10	1,06	1,09	0,96	0,90	0,88	1,12
	Punto 24	1,52	2,42	1,64	1,52	1,28	1,24	1,31	1,28	1,23	1,16	1,08	1,17	1,18	1,00	1,00	0,97	0,96	0,89	1,18
	Punto 25	0,07	2,43	1,64	1,30	1,36	1,40	1,29	1,06	1,21	1,15	1,12	1,19	1,07	1,08	1,07	1,00	0,97	0,87	1,09
	Punto 26	0,80	1,05	1,22	1,53	0,85	0,86	1,06	1,14	0,97	1,06	1,15	1,05	1,07	1,05	1,05	0,95	0,96	0,78	1,14
	Punto 27	0,59	1,79	1,94	1,32	1,10	1,02	0,98	1,24	1,16	1,05	1,07	1,07	1,00	1,09	0,98	0,92	0,89	0,77	1,16
ESCENARIO	Punto 28	2,06	2,50	2,28	1,67	1,95	1,36	1,34	1,34	1,37	1,19	1,08	1,17	1,12	0,99	1,04	0,91	0,95	0,84	1,21
	Punto 29	2,34	2,26	2,29	2,11	2,14	1,65	1,72	1,68	1,28	1,35	1,27	1,25	1,22	1,22	1,17	0,96	1,00	0,96	1,47
	Punto 30	1,36	2,46	1,87	1,90	2,16	1,79	1,58	1,37	1,25	1,21	1,37	1,30	1,14	1,17	1,07	1,00	1,00	0,92	1,37
	Punto 31	2,66	2,13	2,29	1,92	1,73	1,63	1,64	1,58	1,39	1,43	1,33	1,21	1,21	1,15	1,11	1,01	0,88	0,92	1,45

**Figura 37.** En la parte superior tabla de valores del TR20 obtenidos en todas las mediciones. En la parte inferior gráfica de los valores TR20.



Según vamos avanzando en el estudio de la curva de nivel de presión nos damos cuenta que su homogeneidad aumenta. Los valores están más próximos entre sí y el trazado de las gráficas se suaviza. Esto es debido a las características del tiempo de reverberación, en la primera bajada de 10dB presenta su mayor descenso. Seguimos estudiando los intervalos de 10 en 10db y TR20mid resulta muy representativo.

Tras realizar los cálculos de ponderación obtenemos un valor TR20mid igual a 1,20s. Este dato resulta revelador, es el umbral que separa un uso de sala musical de un teatro. Poco a poco nos acercamos al objetivo, lo que aparentemente parecía una sala enfocada a la audición de la palabra, con el estudio de los parámetros podemos intuir que en su construcción intentaron ampliar ese margen para conseguir tiempos de reverberación más elevados que favorecieran la audición musical. A pesar de esta aportación, los tiempos de reverberación son un TR10 y TR20 y siguen siendo más elevados que el EDT. Por ello escogeremos el EDT para calcular la absorción que necesitamos y poder resolver la escasa reverberación que presenta la sala.

	FRECUENCIAS (Hz)																		TR20mid
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
TR20 MEDIO	1,39	1,97	1,79	1,58	1,42	1,29	1,25	1,27	1,19	1,16	1,14	1,14	1,11	1,08	1,02	0,95	0,93	0,85	1,20
DESVIACIÓN	0,85	0,39	0,25	0,26	0,32	0,21	0,17	0,15	0,09	0,09	0,09	0,07	0,07	0,06	0,06	0,04	0,06	0,07	
MÁXIMO	2,24	2,36	2,04	1,83	1,73	1,49	1,42	1,41	1,28	1,25	1,23	1,21	1,17	1,14	1,08	0,99	0,99	0,93	
MÍNIMO	0,54	1,58	1,54	1,32	1,10	1,08	1,08	1,12	1,10	1,07	1,05	1,07	1,04	1,02	0,96	0,91	0,86	0,78	

Figura 38. Tabla de la desviación del TR20

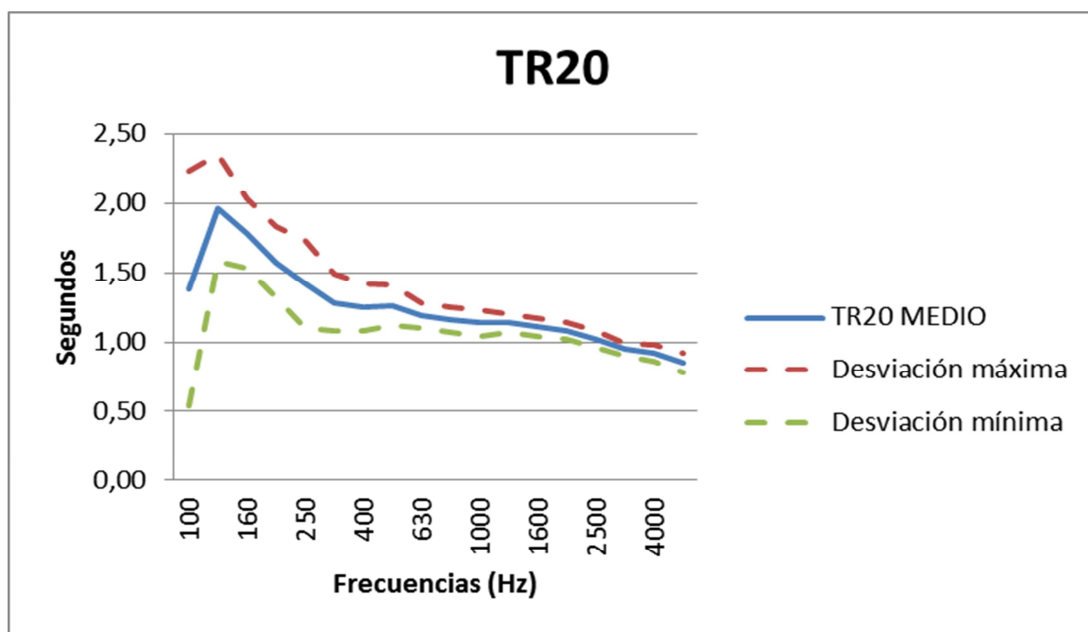


Figura 39. Gráficas de la curva tonal TR20

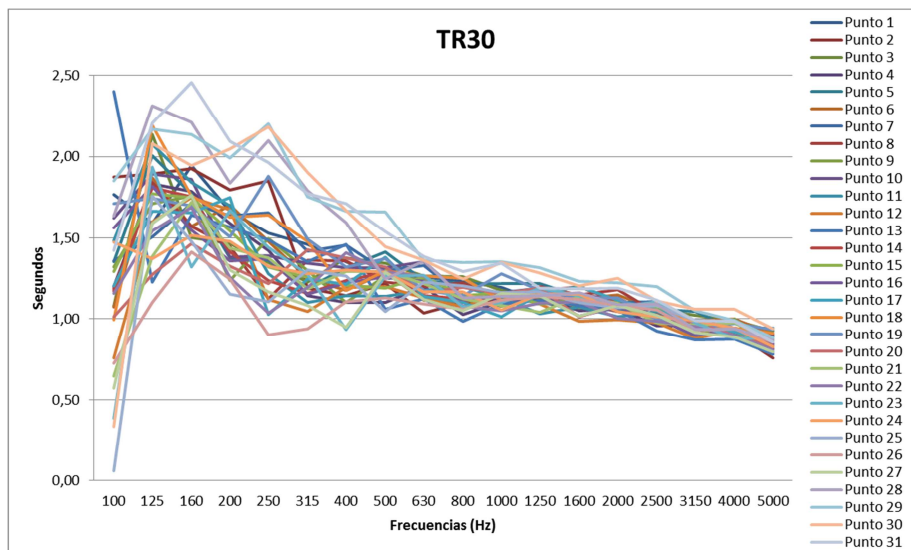
El TR20 se representa en su desviación estándar, realizamos un promedio de todos los valores y hallamos la desviación de los mismos. Para obtener la desviación máxima sumamos al promedio la desviación y por el contrario, si calculamos la desviación mínima, restamos al promedio la desviación. Esto no quiere decir que el máximo y mínimos representados sean los valores absolutos de todas las mediciones. Nos interesa saber entre qué valores oscila la gráfica sobre la media de los resultados.

### TIEMPO DE REVERBERACIÓN TR30

El TR30 es el último parámetro de calidad acústica que estudiaremos relacionado con el tiempo de reverberación. Este determina el tiempo que transcurre desde que la fuente sonora deja de emitir el sonido hasta que el nivel desciende en 30dB. A continuación se indican los valores obtenidos.

		TR30																	TR30 mid	
FRECUENCIAS		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
PLATEA INFERIOR	Punto 1	1,77	1,59	1,94	1,66	1,53	1,46	1,35	1,25	1,26	1,23	1,20	1,11	1,06	1,06	1,01	0,95	0,88	0,84	1,22
	Punto 2	1,88	1,89	1,93	1,80	1,85	1,19	1,14	1,22	1,04	1,10	1,11	1,13	1,10	1,05	1,01	0,93	0,92	0,76	1,16
	Punto 3	1,08	2,14	1,50	1,47	1,35	1,23	1,38	1,34	1,26	1,26	1,18	1,13	1,12	1,11	1,06	1,02	0,99	0,93	1,26
	Punto 4	1,20	1,83	1,79	1,59	1,42	1,15	1,10	1,10	1,20	1,03	1,11	1,17	1,05	1,06	0,96	0,96	0,94	0,89	1,10
	Punto 5	1,35	2,00	1,77	1,38	1,36	1,19	1,31	1,42	1,24	1,22	1,22	1,22	1,14	1,06	1,06	1,05	0,94	0,94	1,32
	Punto 6	1,08	1,87	1,57	1,70	1,48	1,25	1,18	1,29	1,12	1,10	1,16	1,18	1,12	1,15	1,05	0,99	1,00	0,91	1,23
ANF. 1	Punto 7	1,36	1,51	1,71	1,64	1,66	1,42	1,46	1,30	1,33	1,14	1,16	1,19	1,14	1,10	1,11	0,95	0,91	0,80	1,23
	Punto 8	1,19	1,84	1,57	1,45	1,13	1,36	1,36	1,23	1,20	1,22	1,13	1,20	1,15	1,18	1,04	0,97	0,93	0,81	1,18
	Punto 9	1,32	1,71	1,76	1,24	1,50	1,30	1,10	1,27	1,24	1,12	1,08	1,16	1,07	1,10	1,01	0,99	1,00	0,83	1,17
PLATEA SUPERIOR	Punto 10	1,62	1,89	1,86	1,38	1,39	1,34	1,32	1,35	1,15	1,12	1,11	1,14	1,13	1,01	0,95	0,94	0,90	1,22	
	Punto 11	1,48	2,08	1,84	1,70	1,28	1,10	1,15	1,14	1,18	1,20	1,13	1,03	1,07	1,01	1,05	0,96	0,94	0,87	1,13
	Punto 12	0,76	1,60	1,75	1,67	1,12	1,05	1,20	1,20	1,13	1,07	1,16	1,09	0,99	0,99	0,98	0,88	0,93	0,87	1,18
	Punto 13	2,40	1,23	1,64	1,57	1,49	1,35	1,46	1,06	1,13	0,99	1,09	1,12	1,09	1,06	0,92	0,87	0,87	0,78	1,08
	Punto 14	1,17	1,81	1,75	1,42	1,24	1,16	1,24	1,29	1,14	1,13	1,15	1,17	1,20	1,11	1,06	0,97	0,98	0,87	1,22
	Punto 15	1,29	1,77	1,75	1,55	1,32	1,26	1,21	1,19	1,26	1,14	1,16	1,09	1,11	1,09	1,07	0,99	0,92	0,84	1,18
	Punto 16	1,56	1,82	1,55	1,36	1,37	1,15	1,22	1,26	1,23	1,11	1,15	1,14	1,02	1,07	1,00	0,90	0,93	0,85	1,21
	Punto 17	1,21	1,66	1,65	1,75	1,03	1,25	1,22	1,38	1,14	1,10	1,01	1,16	1,20	1,12	1,06	0,98	0,92	0,87	1,20
ANFITEATRO 2	Punto 18	1,00	2,19	1,76	1,63	1,64	1,48	1,18	1,30	1,27	1,25	1,12	1,16	1,16	1,07	1,09	0,97	0,95	0,91	1,21
	Punto 19	1,71	1,75	1,70	1,51	1,88	1,49	1,32	1,37	1,18	1,15	1,28	1,18	1,13	1,13	0,99	0,94	0,97	0,94	1,33
	Punto 20	1,01	1,28	1,46	1,33	1,22	1,43	1,38	1,32	1,16	1,19	1,16	1,19	1,01	1,09	1,02	0,98	0,90	0,83	1,24
	Punto 21	0,65	1,38	1,72	1,44	1,38	1,19	1,29	1,29	1,22	1,13	1,08	1,04	1,14	1,10	0,98	0,96	0,98	0,87	1,19
	Punto 22	1,16	1,54	1,69	1,26	1,04	1,19	1,41	1,29	1,27	1,08	1,05	1,10	1,11	1,00	0,98	0,95	0,90	0,81	1,17
	Punto 23	0,39	1,94	1,32	1,67	1,44	1,28	0,94	1,26	1,27	1,07	1,10	1,19	1,15	1,08	1,11	0,97	0,88	0,88	1,18
	Punto 24	1,47	1,37	1,52	1,48	1,33	1,28	1,30	1,29	1,17	1,17	1,06	1,16	1,15	1,05	1,01	0,99	0,95	0,83	1,17
ANFITEATRO 3	Punto 25	0,06	1,76	1,48	1,15	1,11	1,30	1,27	1,04	1,23	1,20	1,16	1,17	1,10	1,07	1,08	0,99	0,99	0,86	1,10
	Punto 26	0,73	1,10	1,41	1,25	0,90	0,94	1,11	1,13	1,09	1,06	1,12	1,14	1,12	1,08	1,06	0,93	0,94	0,86	1,12
	Punto 27	0,57	1,59	1,76	1,30	1,17	1,08	0,95	1,29	1,12	1,05	1,16	1,14	1,02	1,08	1,03	0,92	0,89	0,79	1,22
	Punto 28	1,64	2,31	2,21	1,84	2,10	1,79	1,60	1,25	1,36	1,13	1,14	1,15	1,16	1,09	1,09	0,94	0,94	0,87	1,19
	Punto 29	1,85	2,17	2,14	1,99	2,20	1,75	1,66	1,66	1,36	1,35	1,36	1,32	1,23	1,22	1,20	1,05	0,99	0,88	1,51
ESCENARIO	Punto 30	0,33	2,08	1,94	2,05	2,18	1,90	1,67	1,45	1,36	1,25	1,35	1,28	1,20	1,25	1,11	1,06	1,06	0,94	1,40
	Punto 31	1,42	2,21	2,46	2,09	1,96	1,77	1,71	1,54	1,38	1,29	1,35	1,19	1,19	1,19	1,12	0,99	0,99	0,86	1,44

Figura 40. En la parte superior tabla de valores del TR30 obtenidos en todas las mediciones. En la parte inferior gráfica de los valores TR30.



Analizando la gráfica ésta presenta un trazado curvo descendente característico. Podemos resaltar que, de los cuatro parámetros relacionados con el tiempo de reverberación, el TR30 es el que presenta más homogeneidad a frecuencias medias y altas. La diferencia existente entre los puntos más desfavorables es de tan sólo 0,43 s. A pesar de ello, sigue existiendo una componente eléctrica que aumenta la desviación a frecuencias muy bajas.

Tras realizar los cálculos de ponderación obtenemos un valor TR30mid igual a 1,22s. Muy similar al TR20 aunque ligeramente mayor. Es lo normal tras aumentar 10dB en la caída de nivel de presión.

	FRECUENCIAS (Hz)																		TR30mid
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
TR30 MEDIO	1,41	1,87	1,75	1,56	1,45	1,33	1,30	1,28	1,22	1,15	1,15	1,16	1,12	1,10	1,04	0,96	0,94	0,86	1,22
DESVIACIÓN	1,22	0,69	0,26	0,24	0,34	0,23	0,19	0,13	0,09	0,08	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05	
MÁXIMO	2,63	2,55	2,01	1,80	1,79	1,55	1,49	1,41	1,31	1,23	1,24	1,21	1,18	1,15	1,10	1,01	0,99	0,91	
MÍNIMO	0,19	1,18	1,49	1,32	1,11	1,10	1,11	1,15	1,13	1,07	1,07	1,10	1,06	1,04	0,99	0,92	0,90	0,81	

Figura 41. Tabla de la desviación del TR30

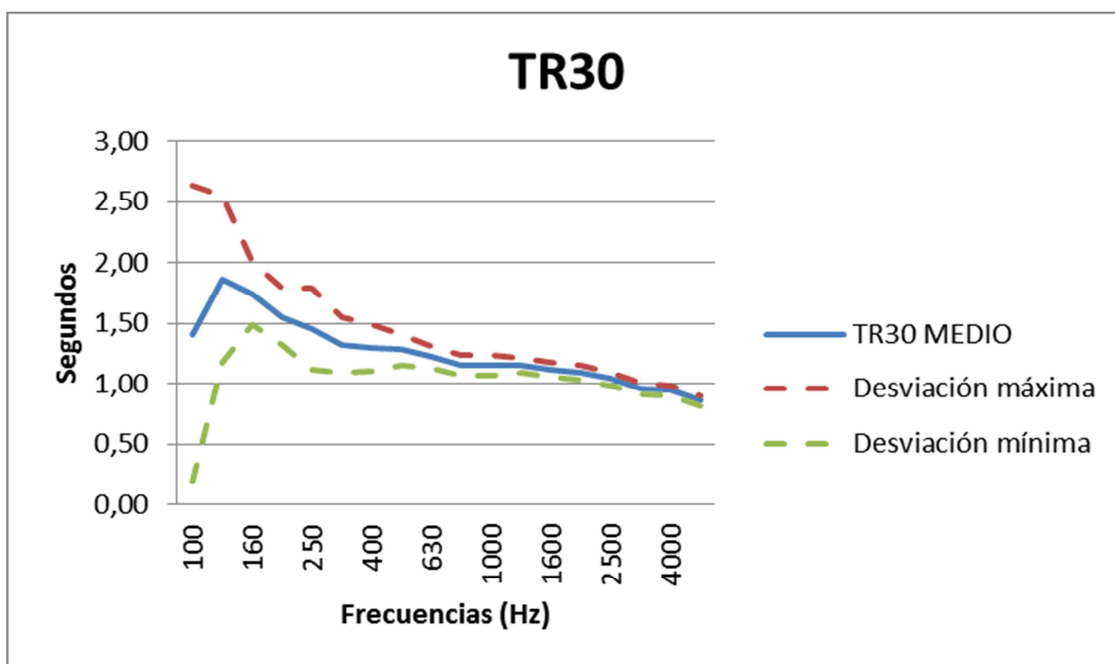


Figura 42. Gráficas de la curva tonal TR30

El TR30 se representa en su desviación estándar, realizamos un promedio de todos los valores y hallamos la desviación de los mismos. Para obtener la desviación máxima, sumamos al promedio la desviación y por el contrario, si calculamos la desviación mínima, restamos al promedio la desviación. Esto no quiere decir que el máximo y mínimo representados sean los valores absolutos de todas las mediciones.

### 5.3.4. CLARIDAD C80

La claridad se utiliza para valorar el grado de separación entre las diferentes sílabas en una palabra o cada nota de un pasaje musical en un ambiente sonoro determinado. Concretamente el parámetro C80 se define como el cociente entre la energía sonora recibida durante los 80ms después de recibir el sonido directo (este incluido) y la energía que llega después de esos 80ms se expresa en Db:

A continuación se indican los valores obtenidos así como el valor representativo que se utiliza: El “music average” se calcula con la siguiente fórmula:  $C_{80} = \frac{C_{80}(500) + C_{80}(1k) + C_{80}(2k)}{3}$

		CLARIDAD C80																	C80 music average	
FRECUENCIAS		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000		5000
PLATEA INFERIOR	Punto 1	5,75	4,9	8,01	3,97	10,47	9,19	9,47	7,42	7,24	6,41	5,47	6,13	-5,55	-4,16	-3,61	-2,88	1,31	0,68	4,37
	Punto 2	2,97	0,09	3,2	1,26	5,88	9,36	5,96	5,28	5,1	5,78	3,89	4,59	-1,15	-2,95	0,56	1,16	2,17	3,39	3,11
	Punto 3	2,99	2,02	-1,76	3,02	4,3	3,59	8,53	6,14	7,31	6,6	6,19	3,83	4,28	3,15	4,52	5,24	3,21	2,84	7,74
	Punto 4	1,9	8,85	6,3	9,08	8,23	7,59	9,05	7,14	8,16	10,84	7,74	6,25	4,91	6,09	3,33	5,94	9,78	11,18	10,49
	Punto 5	1,04	0,53	4,18	5,48	4,75	4,47	8,12	8,39	6,07	7,81	5,75	4,87	-0,22	-1,05	-2,16	-1,78	0,61	8,41	6,55
	Punto 6	-5,19	-0,74	-0,39	-0,97	1,8	5,68	3,11	7,26	3,75	5,98	5,68	2,78	3,17	3,66	4,47	5,9	6,37	8,42	8,30
ANF. 1	Punto 7	5,26	3,59	5,8	8,33	5,62	4,44	5,4	3,62	1,54	1,51	-0,67	1,88	-3,64	-3,99	0,06	0,7	2,15	3,56	-0,52
	Punto 8	0,31	-0,05	5,88	5,45	4,74	9,14	6,53	5,7	4,99	3,42	0,98	1,84	-1,07	-2,79	-0,13	1,6	4,36	5,28	1,95
	Punto 9	2,74	-0,37	-1,43	5,06	5,06	6,56	8,15	5,6	5,71	5,14	3,59	5,14	2,83	2,55	4,25	4,11	4,03	2,49	5,87
PLATEA SUPERIOR	Punto 10	-1,71	2,4	-1,57	5,38	2,39	4,72	5,61	4,77	5,5	4,7	3,55	3,7	3,3	4,41	4,83	4,8	5,44	5,74	6,37
	Punto 11	5,37	1,94	1,7	3,79	5,52	3,81	6,06	4,15	4,97	6,29	6,74	4,7	5,15	7,34	7,25	7,67	8,56	9,22	9,12
	Punto 12	2,68	-0,89	2,52	-1,01	5,59	5,71	1,99	5,17	8,04	7,33	6,03	5,73	5,57	7,62	8,31	10,12	8,38	8,11	9,41
	Punto 13	-2,3	5,03	3,27	4,79	6,69	6,78	4,08	4,49	5,87	7,84	6,71	7,2	8,65	8,94	8,71	8,37	9,42	11,25	10,07
	Punto 14	-3,57	-1,46	-2,66	-2,88	1,81	1,91	3,61	4,43	7,2	7,98	6,72	4,94	5,21	5,89	5,3	7,71	7,83	9,13	8,52
	Punto 15	5,64	4,43	4,96	2,03	1,69	1,96	4,21	7,97	9,62	7,39	10,71	6,68	8,01	7,13	5,63	7,8	8,77	10,36	12,91
	Punto 16	4,83	0,09	5,1	5,35	2,1	3,93	5,56	5,97	5,19	7,93	9,2	9,9	8,46	7,86	7,1	8,84	9,77	10,45	11,52
	Punto 17	-4,21	5,13	2,17	5,69	4,03	6,64	6,67	5,41	6,31	5,58	6,98	6,37	7,87	8,4	8,14	8,92	7,28	9,09	10,40
ANFITEATRO 2	Punto 18	1,38	4,98	6,21	2,86	-1,11	2,98	-0,44	2,81	5,33	5,42	1,56	5,34	0,96	-0,07	-0,82	1,47	2,56	7,6	2,15
	Punto 19	6,15	6,71	3,53	0,13	1,94	4,83	2,42	2,98	4,8	6,32	4,94	5,6	4,26	5,33	1,51	4,09	3,7	6,64	6,63
	Punto 20	0,79	5,7	2,41	3,85	5,57	5,45	4,95	3,18	4,94	5,8	3,72	2,73	4,51	6,06	6,83	5,55	2,79	2,24	6,48
	Punto 21	9,65	7,52	9,08	5,88	-2,22	6,36	7,74	4,69	8,17	6,52	6,27	4,83	7,59	7,36	7,64	8,61	7,28	7,59	9,16
	Punto 22	-0,63	1,49	3,83	3,79	5,11	4,98	5,33	6,88	8,43	5,72	7,04	6,27	6,1	6,77	8,41	8,9	7,6	8,2	10,35
ANFITEATRO 3	Punto 23	-7,65	4,15	3,65	5,22	2,52	2,24	-1,2	0,6	4,15	0,8	3,07	5,26	1,83	-0,81	-0,94	1,22	3,36	9,94	1,43
	Punto 24	-0,26	7,68	7,68	6,01	2,33	4,25	2,65	2,38	3,75	0,97	2,3	5,59	3,66	4,77	1,52	3,97	2,54	3,95	4,73
	Punto 25	-0,86	7,96	2,72	6,74	3,71	5,66	4,18	3,25	3,95	-1,05	1,78	3,27	3,23	4,67	3,19	5,6	3,56	7,31	4,85
	Punto 26	1,15	-0,84	1,96	7,15	4,12	4,7	2,15	5,18	3,87	3,17	3,34	4,92	4,46	4,32	4,76	4,71	4,17	6,36	6,42
	Punto 27	-2,85	-0,19	5	3,71	4,64	7,74	6,2	8,77	8,15	6,73	7,6	5,32	5,67	6,07	6,05	6,73	7,22	9,08	11,22
ESCENARIO	Punto 28	10,43	9,91	9,71	6,44	4,88	7,9	8,73	12,73	12,05	3,27	4,43	6,21	4,36	3,22	2,99	1,84	-0,21	0,47	10,19
	Punto 29	0	-0,97	1,28	2,12	1,86	-1,76	-1,47	-3,66	-5,26	-3,19	-5,11	-2,19	-2,38	-4,53	-5,87	-6,35	-7,05	-6,89	-6,65
	Punto 30	1,57	4,76	3,27	3,69	5,05	2,37	-1,37	-1,62	-0,3	-2,8	-3,11	-1,15	-3,81	-4,95	-3,9	-3,96	-5,16	-6,35	-4,84
	Punto 31	1,77	1,02	1,52	6,17	3,99	1,58	-0,55	-0,55	-0,85	-1,5	-4,39	-3,81	-6,97	-3,97	-4,81	-6,21	-6,21	-5,07	-4,46

Figura 43. Tabla de valores del C80 obtenidos en todas las mediciones.

Los datos muestran que los puntos más cercanos a la fuente presentan un valor mayor de claridad a diferencia de los puntos que se encuentran más alejados. La mayoría de los valores que hemos obtenido son superiores a la unidad, únicamente encontramos valores negativos en el escenario zona donde los puntos de medición se encontraban situados por detrás de la fuente sonora.

Hay que mencionar que el parámetro C80 no es estadísticamente independiente, sino que es una función que varía con el sonido directo, las reflexiones sonoras tempranas y el campo reverberante, razón por la cual el C80 es más variable con la posición del receptor que los parámetros anteriores. Cuando el tiempo de reverberación aumenta el C80 disminuye pero al disminuir el TR ocurre lo contrario.

	FRECUENCIAS (Hz)																	C80mid	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000		5000
C80 MEDIO	1,46	3,08	3,46	4,12	3,97	4,99	4,56	4,73	5,28	4,67	4,15	4,35	2,88	2,98	3,00	3,88	4,05	5,50	5,93
DESVIACIÓN	4,08	3,34	3,12	2,73	2,49	2,51	3,22	3,21	3,29	3,43	3,71	2,77	4,16	4,50	4,24	4,52	4,42	4,91	
MÁXIMO	5,54	6,42	6,58	6,85	6,46	7,50	7,78	7,94	8,57	8,10	7,86	7,12	7,04	7,48	7,24	8,40	8,47	10,41	
MÍNIMO	-2,62	-0,26	0,34	1,39	1,48	2,48	1,34	1,52	1,99	1,24	0,44	1,58	-1,28	-1,52	-1,24	-0,64	-0,37	0,59	

Figura 44. Tabla de la desviación del C80

Realizados los cálculos, promediando todos los valores, obtenemos la gráfica de la claridad de la sala representada por su desviación estándar. El margen de valores recomendados cuando la sala está vacía es:

$$-4 \leq C80 \leq 0\text{dB}$$

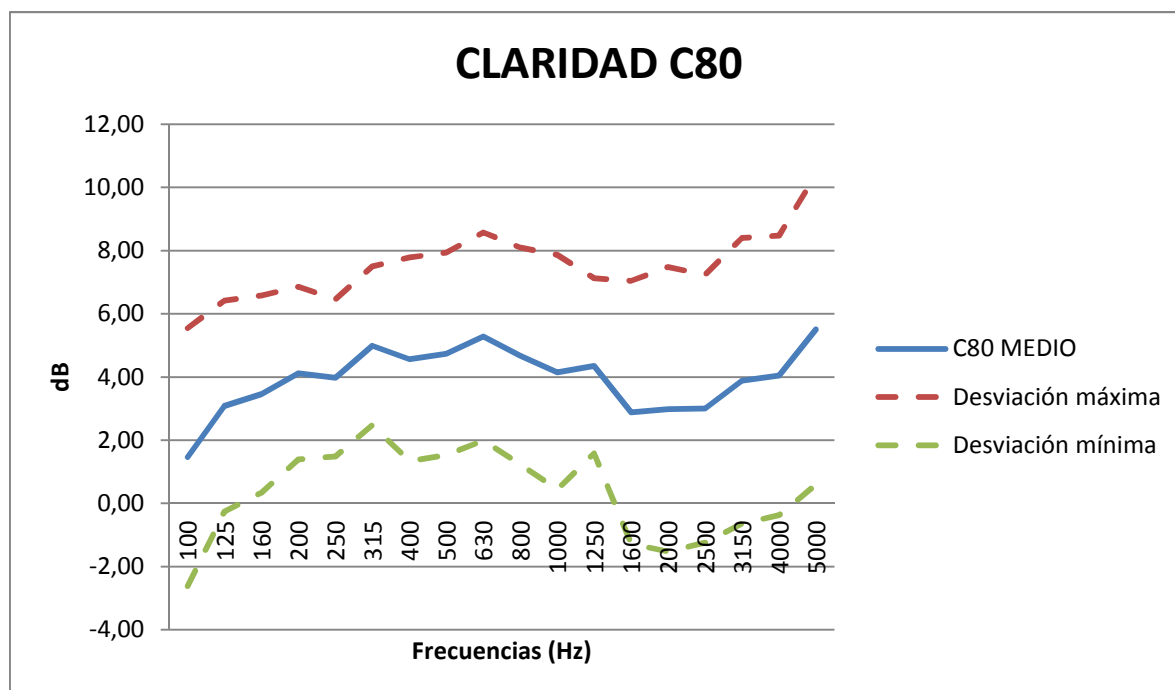


Figura 45. Gráficas de la curva tonal C80

La sala es demasiado clara, los valores de la desviación estándar están alrededor de 4dB, muy por encima de las recomendaciones a sala vacía. Existe la posibilidad de que los sonidos al entrelazarse unos con otros enmascaren el resultado final y la audición sea desagradable.

### 5.3.5. DEFINICIÓN D50

Se denomina así a la proporción de energía que llega durante los primeros 50 ms desde la llegada del sonido directo (éste incluido) respecto a la energía total recibida. Su valor depende de la posición del oyente respecto a la fuente sonora, disminuyendo al aumentar la distancia a la misma. Esto se debe a que, alejándose de la fuente aumenta el nivel del campo sonoro reverberante y, como consecuencia, la proporción de energía de las primeras reflexiones disminuye. Además, debido al carácter direccional de la voz humana, la definición es mayor cuando el oyente se sitúa frontalmente a la persona que constituye la fuente sonora en ese momento.



En cualquier caso, para un correcto diseño de una sala destinada a la palabra, deberá cumplirse la siguiente premisa: cuando la sala esté ocupada el valor de D debe ser lo más uniforme posible para cualquier posición del oyente y que para cada banda de frecuencias supere los 0.5 dB.

A continuación se indican los valores obtenidos, así como la fórmula utilizada para su cálculo:

$$C_{50} = 0,15 C_{50}(500) + 0,25 C_{50}(1000) + 0,35 C_{50}(2000) + 0,25 C_{50}(4000)$$

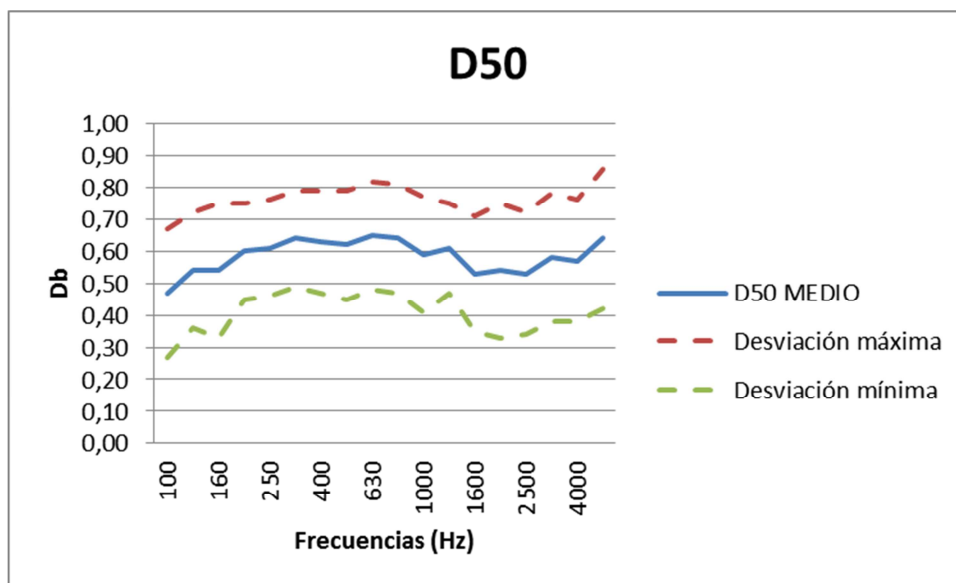
		DEFINICIÓN D50																	D50 mid	
FRECUENCIAS		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000		5000
PLATEA INFERIOR	Punto 1	0,61	0,75	0,84	0,69	0,9	0,82	0,86	0,83	0,8	0,78	0,74	0,78	0,18	0,19	0,26	0,27	0,51	0,46	0,50
	Punto 2	0,67	0,41	0,63	0,54	0,76	0,88	0,75	0,75	0,73	0,76	0,66	0,71	0,37	0,27	0,49	0,54	0,59	0,65	0,52
	Punto 3	0,39	0,56	0,31	0,62	0,69	0,67	0,83	0,75	0,79	0,76	0,63	0,61	0,57	0,54	0,63	0,63	0,55	0,51	0,60
	Punto 4	0,58	0,84	0,8	0,86	0,86	0,84	0,88	0,8	0,85	0,91	0,84	0,78	0,73	0,79	0,66	0,78	0,89	0,92	0,83
	Punto 5	0,29	0,45	0,69	0,68	0,74	0,72	0,86	0,84	0,77	0,83	0,75	0,71	0,43	0,4	0,24	0,35	0,48	0,84	0,57
	Punto 6	0,09	0,4	0,34	0,39	0,51	0,79	0,57	0,8	0,67	0,78	0,71	0,59	0,57	0,61	0,65	0,72	0,71	0,77	0,69
ANF. 1	Punto 7	0,76	0,68	0,78	0,83	0,69	0,57	0,68	0,59	0,41	0,45	0,36	0,52	0,2	0,21	0,39	0,47	0,56	0,61	0,39
	Punto 8	0,35	0,53	0,78	0,71	0,69	0,82	0,7	0,69	0,67	0,6	0,46	0,55	0,31	0,23	0,39	0,53	0,62	0,7	0,45
	Punto 9	0,47	0,37	0,27	0,67	0,68	0,76	0,84	0,73	0,7	0,68	0,57	0,65	0,53	0,47	0,58	0,56	0,51	0,49	0,54
PLATEA SUPERIOR	Punto 10	0,41	0,62	0,32	0,59	0,45	0,6	0,54	0,55	0,66	0,56	0,57	0,45	0,47	0,57	0,63	0,58	0,59	0,59	0,57
	Punto 11	0,69	0,27	0,16	0,52	0,72	0,66	0,68	0,48	0,66	0,66	0,72	0,61	0,55	0,69	0,69	0,77	0,75	0,77	0,68
	Punto 12	0,54	0,45	0,43	0,27	0,67	0,73	0,53	0,56	0,77	0,76	0,69	0,68	0,66	0,73	0,68	0,83	0,78	0,76	0,71
	Punto 13	0,32	0,56	0,28	0,45	0,62	0,52	0,57	0,66	0,62	0,79	0,7	0,65	0,77	0,83	0,8	0,79	0,81	0,84	0,77
	Punto 14	0,18	0,35	0,26	0,23	0,46	0,31	0,51	0,64	0,74	0,69	0,58	0,54	0,7	0,69	0,6	0,75	0,76	0,78	0,67
	Punto 15	0,69	0,63	0,4	0,39	0,35	0,41	0,5	0,68	0,65	0,71	0,84	0,68	0,71	0,72	0,64	0,58	0,73	0,79	0,75
	Punto 16	0,57	0,33	0,32	0,61	0,42	0,55	0,76	0,74	0,66	0,81	0,77	0,77	0,76	0,7	0,73	0,75	0,83	0,85	0,76
	Punto 17	0,16	0,22	0,27	0,52	0,42	0,66	0,75	0,7	0,7	0,64	0,77	0,7	0,67	0,79	0,78	0,79	0,67	0,76	0,74
ANFITEATRO 2	Punto 18	0,39	0,66	0,74	0,6	0,36	0,62	0,46	0,61	0,73	0,74	0,55	0,7	0,46	0,38	0,27	0,49	0,5	0,81	0,49
	Punto 19	0,69	0,84	0,66	0,49	0,58	0,64	0,59	0,6	0,67	0,76	0,64	0,71	0,63	0,63	0,45	0,63	0,58	0,72	0,62
	Punto 20	0,59	0,68	0,52	0,68	0,76	0,73	0,73	0,35	0,61	0,67	0,56	0,55	0,57	0,68	0,69	0,62	0,48	0,44	0,55
	Punto 21	0,72	0,79	0,73	0,58	0,32	0,67	0,75	0,57	0,8	0,69	0,71	0,6	0,71	0,67	0,72	0,79	0,71	0,73	0,68
	Punto 22	0,39	0,43	0,75	0,5	0,67	0,48	0,53	0,68	0,73	0,63	0,75	0,59	0,64	0,76	0,75	0,79	0,69	0,74	0,73
ANFITEATRO 3	Punto 23	0,15	0,63	0,57	0,7	0,48	0,53	0,36	0,49	0,67	0,53	0,61	0,73	0,49	0,34	0,31	0,49	0,63	0,88	0,50
	Punto 24	0,3	0,75	0,84	0,77	0,56	0,68	0,53	0,49	0,6	0,47	0,52	0,75	0,63	0,67	0,43	0,61	0,53	0,58	0,57
	Punto 25	0,5	0,35	0,56	0,71	0,64	0,7	0,66	0,52	0,42	0,3	0,31	0,58	0,57	0,62	0,48	0,58	0,42	0,69	0,48
	Punto 26	0,38	0,26	0,41	0,78	0,63	0,53	0,58	0,62	0,62	0,6	0,54	0,62	0,53	0,57	0,56	0,56	0,44	0,61	0,54
	Punto 27	0,38	0,46	0,55	0,57	0,69	0,77	0,66	0,75	0,76	0,72	0,56	0,54	0,65	0,6	0,67	0,69	0,66	0,77	0,63
ESCENARIO	Punto 28	0,89	0,88	0,8	0,71	0,61	0,79	0,84	0,92	0,93	0,63	0,7	0,77	0,72	0,65	0,64	0,56	0,43	0,45	0,65
	Punto 29	0,49	0,42	0,5	0,57	0,57	0,29	0,38	0,21	0,09	0,23	0,18	0,31	0,31	0,22	0,15	0,09	0,09	0,08	0,18
	Punto 30	0,51	0,6	0,54	0,68	0,7	0,52	0,4	0,31	0,4	0,25	0,2	0,33	0,25	0,21	0,24	0,22	0,15	0,12	0,21
	Punto 31	0,52	0,55	0,59	0,74	0,64	0,51	0,39	0,33	0,34	0,34	0,23	0,17	0,13	0,26	0,2	0,15	0,16	0,17	0,24

**Figura 46.** En la parte superior tabla de valores del D50 obtenidos en todas las mediciones. En la parte inferior tabla de la desviación del D50

	FRECUENCIAS (Hz)																	D50 mid	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000		5000
D50 MEDIO	0,47	0,54	0,54	0,60	0,61	0,64	0,63	0,62	0,65	0,64	0,59	0,61	0,53	0,54	0,53	0,58	0,57	0,64	0,57
DESVIACIÓN	0,20	0,18	0,21	0,15	0,15	0,15	0,16	0,17	0,17	0,17	0,18	0,14	0,18	0,21	0,19	0,20	0,19	0,22	0,22
MÁXIMO	0,67	0,72	0,75	0,75	0,76	0,79	0,79	0,79	0,82	0,81	0,77	0,75	0,71	0,75	0,72	0,78	0,76	0,86	0,86
MÍNIMO	0,27	0,36	0,33	0,45	0,46	0,49	0,47	0,45	0,48	0,47	0,41	0,47	0,35	0,33	0,34	0,38	0,38	0,42	0,42



Como muestra la **Figura 47**. La curva que representa la desviación estándar del D50 está situada por encima de 0,50dB, así podemos concluir que la sala presenta una buena definición.



**Figura 47.** Gráficas de la curva tonal D50

### 5.3.6. RASTI

El índice de transmisión rápida de la palabra, comúnmente conocido como RASTI, es una manera objetiva de medir la inteligibilidad de la palabra. La inteligibilidad depende del ruido de fondo, del tiempo de reverberación y de la forma del espacio. Hay diferentes métodos para evaluarla pero el más corriente es el RASTI. Se mide en dos frecuencias distintas, 500 Hz y 2000Hz, al colocar un altavoz que transmite el sonido del lugar donde el emisor se encuentra y con un micrófono en el lugar de los receptores. Otro método utilizado es el STI (mide la inteligibilidad de forma más completa) puesto que se miden todas las bandas de octava en las frecuencias 125 – 8000Hz.

Basándonos en las mediciones del Dirac hemos obtenido la siguiente tabla. Los resultados son favorables, como ya obtuvimos en el estudio previo. La totalidad del patio de butacas tiene una buena inteligibilidad de la palabra aunque debe mejorarse en algunos puntos de los anfiteatros laterales, en los más alejados de la fuente sonora. Los resultados del escenario no se consideran relevantes, dado que los puntos se sitúan por detrás de la fuente.

	PLATEA INFERIOR						ANF. 1			PLATEA SUPERIOR							ANFITEATRO 2				ANFITEATRO 3				ESCENARIO						
PUNTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
RASTI	0,62	0,6	0,67	0,71	0,62	0,64	0,55	0,56	0,63	0,62	0,64	0,67	0,7	0,66	0,67	0,68	0,68	0,57	0,62	0,64	0,68	0,68	0,56	0,62	0,58	0,61	0,66	0,75	0,5	0,53	0,53

**Figura 48.** Tabla de los valores RASTI obtenidos en todas las mediciones

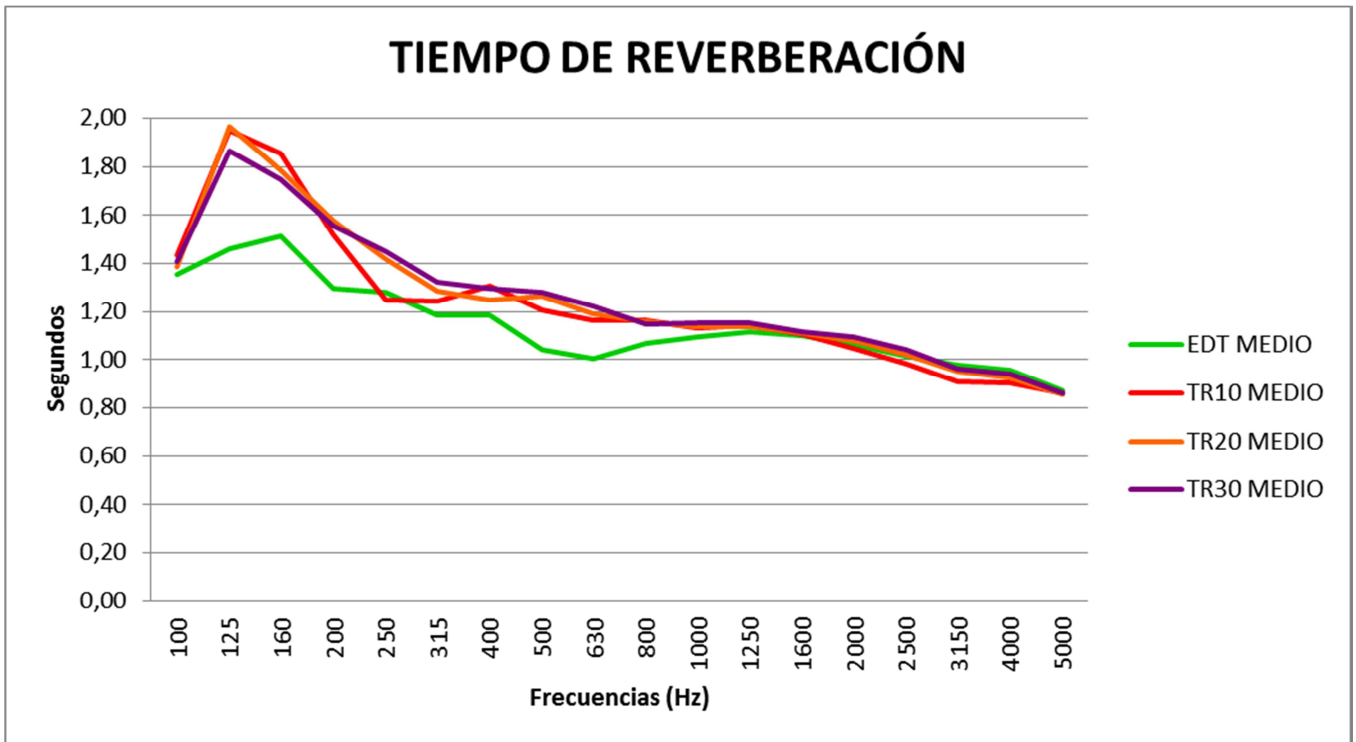
STI (RASTI)	INTELIGIBILIDAD
0 - 0,3	Mala
0,3 - 0,45	Pobre
0,45 - 0,6	Aceptable
0,6 - 0,75	Buena
0,75 - 1	Excelente



### 5.4. RESULTADOS

Unos de los parámetros de calidad acústica más importantes que determinan las características de una sala es el tiempo de reverberación. Para ello, tras realizar el análisis de los diferentes parámetros, vamos a comparar los cuatro parámetros relacionados directamente con el tiempo de reverberación: EDT, TR10, TR20 Y TR30.

Resultará más fácil trabajar con las desviaciones estándar que hemos calculado, media de todos los puntos de medición, ya que aportan la información esencial que necesitamos.



54

FRECUENCIAS	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	TRmid
EDT MEDIO	1,35	1,46	1,51	1,30	1,28	1,19	1,19	1,04	1,01	1,07	1,10	1,12	1,10	1,06	1,01	0,98	0,96	0,87	1,07
TR10 MEDIO	1,44	1,95	1,85	1,52	1,25	1,24	1,31	1,21	1,16	1,17	1,13	1,14	1,11	1,05	0,99	0,91	0,90	0,86	1,17
TR20 MEDIO	1,39	1,97	1,79	1,58	1,42	1,29	1,25	1,27	1,19	1,16	1,14	1,14	1,11	1,08	1,02	0,95	0,93	0,85	1,20
TR30 MEDIO	1,41	1,87	1,75	1,56	1,45	1,33	1,30	1,28	1,22	1,15	1,15	1,16	1,12	1,10	1,04	0,96	0,94	0,86	1,22

Figura 49. Tabla y gráfica con los valores EDT, TR10, TR20 y TR30

El trazado que describe la gráfica, en términos generales, es una línea descendente con una inclinación aproximada de 30º con la horizontal. Podría ser la curva tonal característica de un auditorio, constante y sin cambios bruscos en su trayectoria, a excepción de frecuencias bajas pero todos los valores se encuentran por encima de 1 segundo sin alcanzar tiempos de reverberación demasiado elevados, característica propia de un teatro.

Con estas conclusiones, y conociendo en detalle las características de la sala, en los siguientes capítulos vamos a tratar de homogeneizar esta curva tonal y obtener un tiempo de reverberación mayor que se adapte al uso como sala multiusos y garantice la correcta difusión del sonido.

Para el acondicionamiento acústico de la sala utilizaremos los valores resultantes del EDT, por ser la curva más desfavorable, ya que los parámetros TR10, TR20 y TR30 son muy semejantes entre sí.

FRECUENCIAS	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
EDT MEDIO	1,35	1,46	1,51	1,30	1,28	1,19	1,19	1,04	1,01	1,07	1,10	1,12	1,10	1,06	1,01	0,98	0,96	0,87
1/3 OCTAVA	1,44			1,26			1,08			1,09			1,06			0,94		

Figura 50. Tabla resumen con los valores EDT

$$TR_{mid} = \frac{TR_{500} + TR_{1000}}{2} = \frac{1,04 + 1,10}{2} = 1,07 \text{ s}$$

El brillo y la calidez serán dos parámetros clave a la hora de diseñar las mejoras en nuestra sala. Pasamos a definir cada uno de ellos y a realizar su cálculo para concluir con el estudio de parámetros de calidad acústica.

Se denomina **BRILLO** la relación de los tiempos de reverberación de las altas frecuencias (2000Hz y 4000Hz) y de las frecuencias medias (500Hz y Hz). Se dice que un sonido es brillante cuando es claro, vivo y rico en armónicos, realzando la riqueza en sonidos agudos y ralentizando su disminución. Es interesante la existencia de superficies reflectantes cerca de la fuente que darán lugar a las reflexiones de recorrido breve. Se recomienda un valor de  $Br \geq 0,87 \text{ s}$ . Sin embargo un sonido demasiado brillante puede ser molesto, por este motivo se aconseja no superar nunca la unidad. Para su cálculo utilizamos la fórmula siguiente:

$$Br = \frac{TR_{2000} + TR_{4000}}{TR_{500} + TR_{1000}} = \frac{1,06 + 0,96}{1,04 + 1,10} = 0,94 \text{ s}$$

Se dice que una sala tiene **CALIDEZ** acústica si presenta buena respuesta a bajas frecuencias. La palabra calidez representa, pues, la riqueza de graves, la suavidad y la melosidad de la música en la sala. Es la viveza de los bajos o la plenitud tonal de las bajas frecuencias o el relleno de los graves. Este relleno ocurre cuando el tiempo de reverberación para frecuencias bajas (menores a 250Hz) es algo mayor (entre un 20% y un 50%) que las frecuencias medias, entre 500Hz y 1000Hz, y las altas, mayores de 1000Hz.

Se recomiendan para una sala destinada a la audición musical unos valores comprendidos entre  $1,10 \geq BR \geq 1,45 \text{ s}$  y para una sala de audición verbal  $BR = 1 \text{ s}$ . Se debe evitar amplificar de forma desigual las frecuencias bajas debido al efecto de los modos propios de vibración. En salas grandes es extraña su aparición por la mayor densidad en el espectro a bajas frecuencias pero debemos atenuar los bajos para que la sala no sea demasiado "oscura". Para su cálculo utilizamos la fórmula siguiente:

$$BR = \frac{TR_{125} + TR_{250}}{TR_{500} + TR_{1000}} = \frac{1,46 + 1,28}{1,04 + 1,10} = 1,28 \text{ s}$$





## 6. SIMULACIÓN VIRTUAL DEL ESTADO ACTUAL DE LA SALA





## 6. SIMULACIÓN VIRTUAL DEL ESTADO ACTUAL DE LA SALA

### 6.1. GEOMETRÍA DE LA SALA

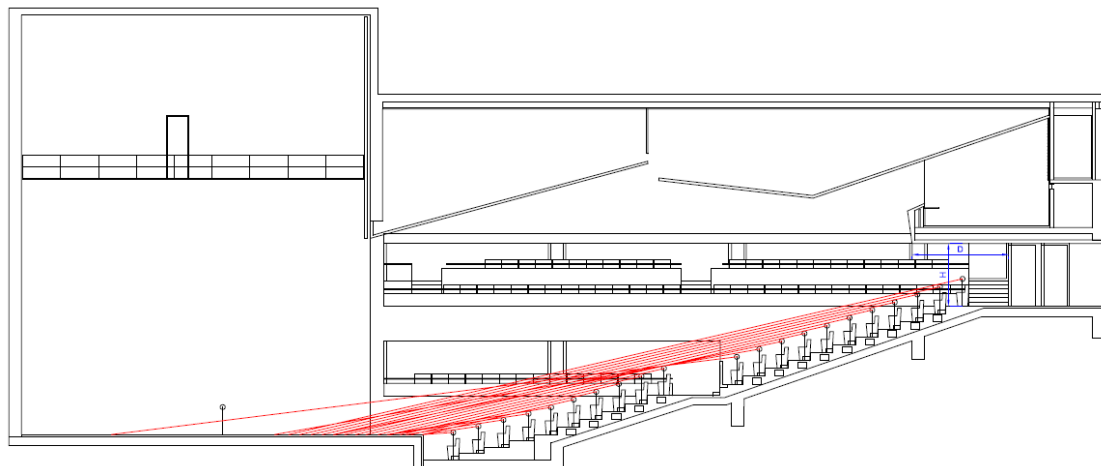
La geometría de una sala es una característica fundamental para el estudio de la acústica ya que el espectador debe tener una correcta visibilidad del escenario para garantizar la llegada del sonido directo. Para conseguir este efecto es recomendable utilizar pendientes de inclinación en el patio de butacas que aseguren una elevación entre dos rayos de 8 a 12m. Otra forma de acercar al máximo al público al escenario es utilizar formas geométricas en forma de abanico siguiendo la forma de la planta del patio de butacas, incluso guardar una relación de “D” (profundidad del patio de butacas) menor a 1,5 veces “H” (altura libre) en anfiteatros.

La propagación del sonido es debida a la vibración de partículas. Esta oscilación en la misma dirección hace chocar unas partículas con otras originando una onda sonora longitudinal. Para determinar las primeras reflexiones que caracterizan una posición determinada en la sala se aplican las leyes de la Óptica Geométrica modelando las ondas sonoras como rayos sonoros. Un rayo es una línea que indica la dirección y el sentido de propagación del sonido, por tanto son perpendiculares a las ondas sonoras. Además lleva un contenido energético que depende de dos factores: La energía total radiada y la directividad de la fuente. Así, una fuente reparte su energía entre todos los rayos que emite, según su patrón de directividad, por ejemplo, si la fuente es omnidireccional, los rayos saldrán en todas las direcciones llevando la misma fracción de energía.

La propagación de estos rayos sonoros en el interior de la sala cumple las leyes básicas de la Óptica Geométrica: Una onda sonora emplea el menor tiempo posible en dirigirse desde la fuente hasta el receptor, por ello, la propagación es rectilínea. Y toda onda cambia de dirección cuando pasa de un medio a otro. La utilización de esta teoría implica una serie de simplificaciones que limitan su validez en determinados casos, sin embargo facilita notablemente el modelado acústico de la sala, explicando aceptablemente el origen de las primeras reflexiones de cualquier recinto.

Visuales de la sala y sus primeras reflexiones mediante el método de rayos.

**Figura 51.** Estudio de visuales de la sala en patio de butacas





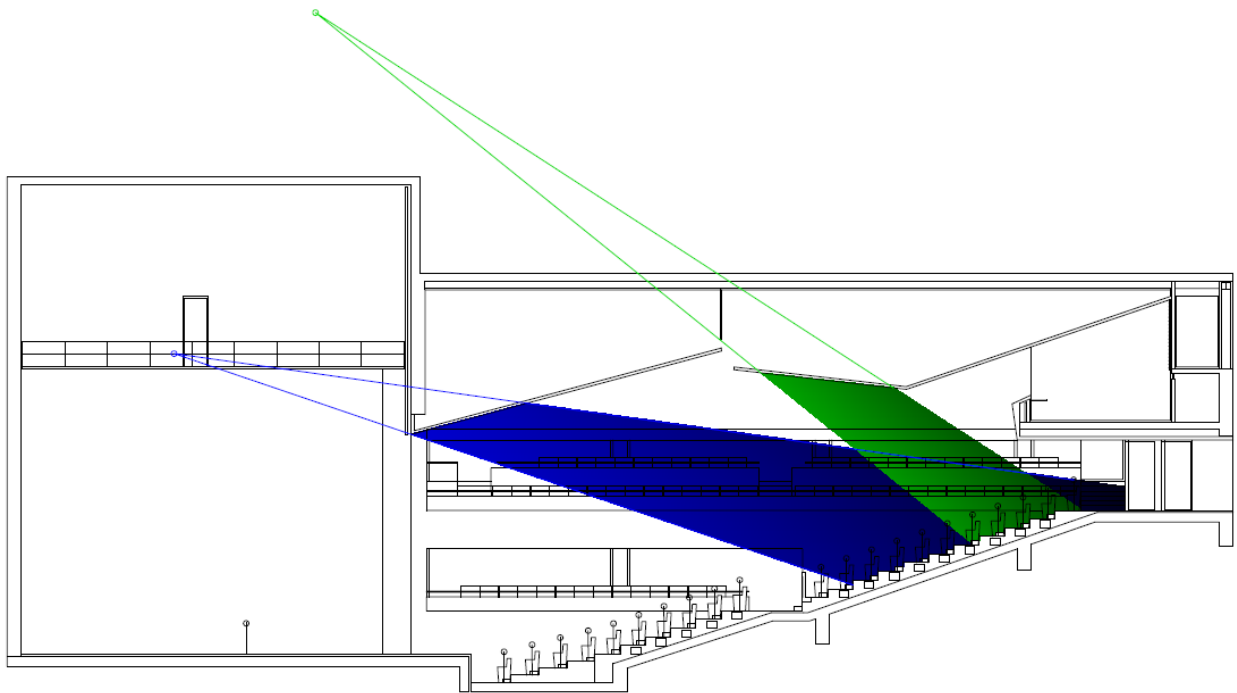


Figura 52. Estudio geométrico de las reflexiones del techo en la sala

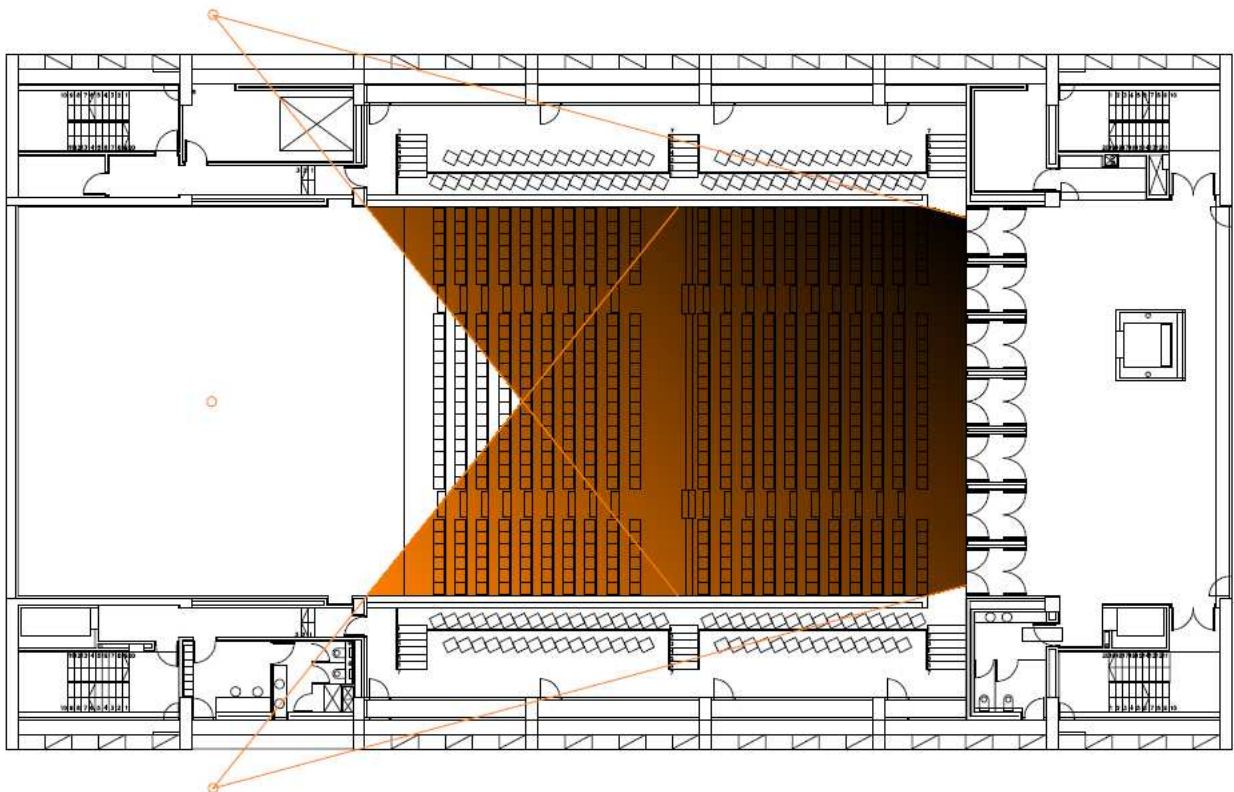


Figura 53. Estudio geométrico de las reflexiones de los laterales en la sala

Como podemos observar la visibilidad del escenario es muy buena, a excepción de los anfiteatros laterales, el sonido directo es recibido por el receptor con intensidad. En cuanto a las primeras reflexiones del techo, únicamente refuerzan la parte superior del patio de butacas, motivo por el cual vamos a proponer una intervención de mejora en el siguiente capítulo.

## 6.2. UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE

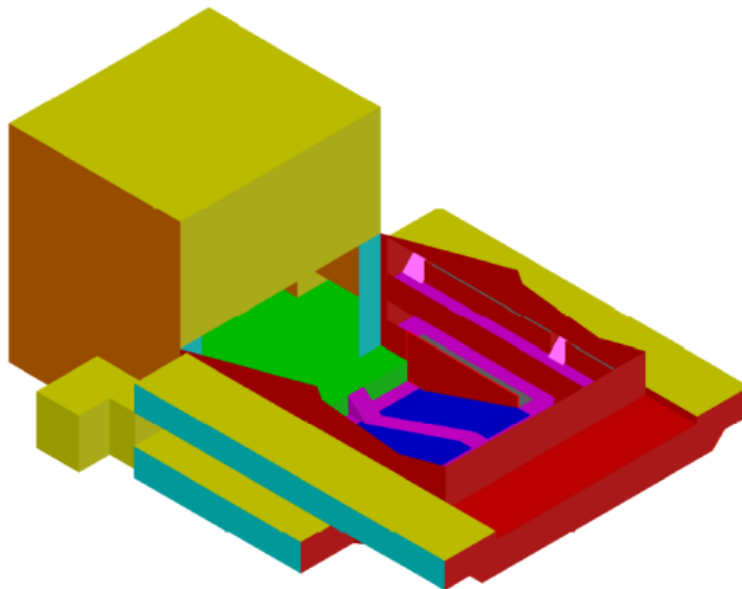
Tras realizar el estudio geométrico de la sala principal del Centro Cultural la Rambleta concluimos que la forma de la planta no es la más idónea ya que sus caras son paralelas y podrían originar ondas estacionarias que entorpecieran la correcta audición. Por otro lado, la sala no es homogénea, centrándose todas las reflexiones en la mitad superior del patio de butacas e impidiendo la correcta difusión del sonido. Por este motivo realizamos una simulación virtual para obtener los valores de absorción de los diferentes materiales y mediante el método de rayos conocer el comportamiento acústico de la sala. De esta manera no sólo obtendremos una valoración numérica como la realizada en el estudio acústico mediante mediciones, sino que averiguaremos las carencias de la sala para su posterior mejora.

La simulación del estado actual de la sala principal del Centro Cultural la Rambleta la realizamos con un software diseñado expresamente para tal fin. Dicho El programa se llama “Simulación acústica” y nos ha sido facilitado por el departamento de Física aplicada de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura, dado que está instalado en los ordenadores de sus laboratorios y a los que teníamos acceso.

Para realizar una simulación virtual, previamente se debe realizar un **LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA SALA**. Los planos nos han sido facilitados por la administración del Centro Cultural La Rambleta y el resto de información la hemos recopilado en el ayuntamiento de Valencia y en la bibliografía de los arquitectos que han proyectado el edificio. No obstante ha sido necesario comprobar que los planos representan fielmente la realidad y corregir los cambios que se han producido durante la ejecución de la obra.

A continuación es imprescindible realizar un **MODELADO EN 3D** con el programa CAD. Se utiliza la función “3d cara” para determinar superficies mediante tres puntos (triangulación). Estas superficies corresponden a los diferentes parámetros de la sala, en la medida de lo posible debemos simplificar su trazado para reducir el tiempo de procesado. Es muy importante que cada material venga separado en capas diferentes, para facilitar el hecho de asignar un coeficiente de absorción a cada capa.

Figura 54. Modelado 3D de la sala



Cada color representa un material diferente en la sala y a su vez una capa. Vamos a detallar la relación guardada entre ambos:

- El color amarillo cubre el techo de la sala, es hormigón visto acabado liso y pintado con pintura de color negro.
- El color naranja representa la caja de escena. Por un lado el fondo del escenario está recubierto con lana de roca revestido por un vinilo color negro, pegado sobre el muro de hormigón y por el otro lado, los laterales son de hormigón acabado liso pintados con pintura color negro. En esta zona utilizaremos un coeficiente de absorción resultante de la media de ambos materiales. También se debe tener en cuenta que en la caja de escena se encuentran cortinas y telones suspendidos que suben o bajan dependiendo de las necesidades.
- El color verde destaca la tarima que forma el escenario, es de madera barnizada imitación al parquet y pegada sobre un sólido.
- El color cian señala las cortinas que cubren las ventanas de los anfiteatros y las del escenario.
- El color rojo, mayoritario en la sala, representa las particiones de yeso laminado. Las placas son de 1,5cm con un aislamiento de lana de roca mineral montados sobre perfiles metálicos. Acabado liso y pintados con pintura color negro.
- El color magenta está destinado a la moqueta de algodón color gris, pegada sobre un peldañado de estructura de madera sobre losa de hormigón armada.
- El color azul eléctrico ubicado en el patio de butacas, representa las butacas. Su estructura metálica está tapizada con tela gris oscura. La base de la butaca tiene perforaciones circulares del 30% para aumentar su absorción. Las reposabrazos son de plástico duro color negro.
- El color gris también representa las butacas del público, con las mismas características que las anteriores pero tapizadas en color amarillo dorado. La mayor diferencia es su ubicación ya que éstas se encuentran ubicadas en los anfiteatros.

El siguiente paso, una vez ha concluido el modelado de la sala, es **EXPORTAR EL DOCUMENTO DXF** al software “Simulación acústica”. Si el volumen no cierra completamente todas sus caras, el programa genera una autocorrección que debemos realizar. Guardamos el proyecto con las correcciones, este documento será el que utilizemos durante la simulación, y cerramos el programa.

Antes de continuar debemos **GENERAR EN LA BASE DE DATOS UN MATERIAL** con nuestro nombre y código. Éste contiene un listado de materiales con los coeficientes de absorción en tercios de octava que vamos a utilizar para ajustar la curva tonal.

Figura 55. Tabla de materiales utilizados. Coeficiente de absorción

MATERIALES		COEFICIENTES DE ABSORCIÓN					
		FRECUENCIAS (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
CAJA DE ESCENA	Lana de roca revestida con revestimiento vinílico VESCOM	0,25	0,72	0,76	0,74	0,73	0,62
ESCENARIO	Parqué encima de hormigón	0,05	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
TECHO	Hormigón pintado	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
SUELO	Moqueta de 3 mm sobre fieltro encima de hormigón	0,19	0,14	0,37	0,43	0,34	0,35
BUTACAS	Sillas vacías con alto porcentaje de superficie tapizada	0,88	0,79	0,73	0,84	0,83	0,79
CORTINAS	Cortina de algodón de 620,g/m2 fruncida al 150 %	0,21	0,35	0,65	0,72	0,7	0,65
LATERALES	Tablero de cartón yeso de 13 mm con cámara aire en el dorso sujeto por perfiles 5 x 10 cm interdistanciados 40 cm	0,29	0,1	0,05	0,04	0,07	0,09

A continuación abrimos el software de nuevo y **CARGAMOS EL PROYECTO** que hemos generado anteriormente. Debemos **ASIGNAR A CADA SUPERFICIE EL MATERIAL** correspondiente. Podemos ir superficie por superficie o editar directamente una capa. Este segundo modo resulta más fácil y rápido pues podemos asignar una propiedad a todas las superficies de una capa.

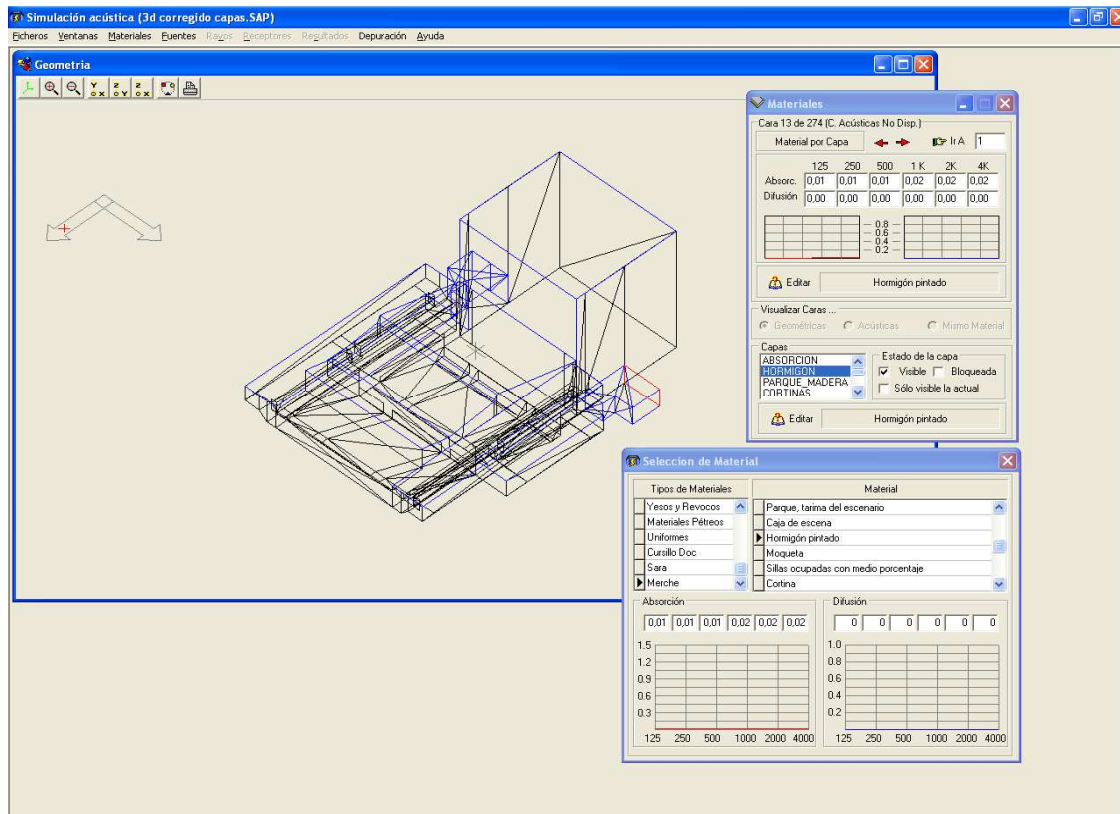


Figura 56. Captura de pantalla en el momento de asignar los materiales

Realizaremos una prueba previa, con un único punto, que nos ayude a aproximar los valores. Debemos **CREAR EL EMISOR** colocándolo en el escenario en la misma posición que cuando realizamos las mediciones y **ELEGIR UN RECEPTOR** en el punto medio del patio de butacas.

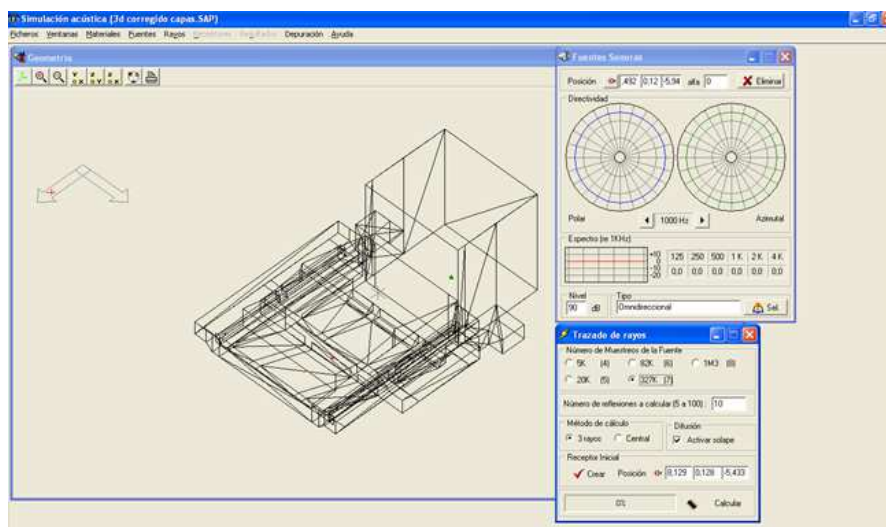
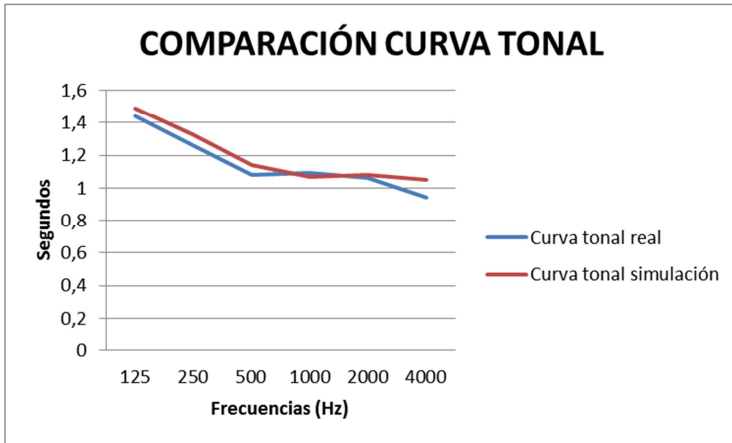


Figura 57. Captura de pantalla en el momento de crear la posición de la fuente (verde) y el receptor (rojo)

Se trata de modificar el valor de los coeficientes de absorción de los materiales de la sala para **AJUSTAR EL VALOR DE LA CURVA TONAL** que obtuvimos en las mediciones al de la simulación. Es el paso más complicado pero también el más importante, ya que de él depende que los valores se ajusten a la realidad.

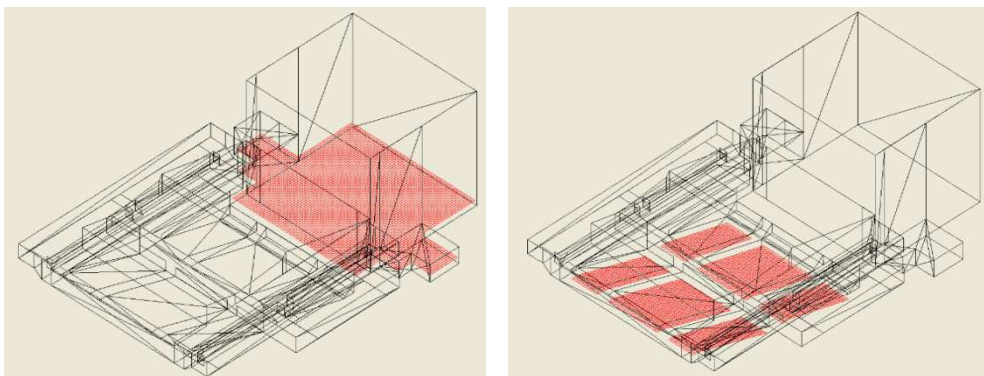


PARÁMETROS	MEDICIÓN	SIMULACIÓN
EDT mid	1,07	1,07
TR20 mid	1,2	1,1
TR30 mid	1,22	1,1
BRILLO	0,94	0,96
CALIDEZ	1,28	1,36

**Figura 58.** Gráfica y tabla de la comparación entre curva tonal de la medición y la de la simulación

Por último, una vez ajustado los coeficientes de los materiales, **DETERMINAMOS LA ZONA DE RECEPTORES**. El programa tiene una pequeña limitación y no puede generar dos planos a diferente cota, por ello hemos dividido el estudio actual en dos partes. El escenario comprende la primera zona a simular y el patio de butacas sería la segunda zona. Se desprecian las localidades de los anfiteatros por tratarse de una única fila de butacas, tienen una superficie en m<sup>2</sup> muy reducida y por tanto su cálculo no influiría numéricamente en el resultado final.

**Figura 59.** Izquierda, zona de receptores en el escenario. Derecha, zona de receptores en patio de butaca



**CONFIGURAMOS LA CUADRÍCULA** dependiendo de la superficie del recinto. En nuestro caso generamos un paso de malla de 0,25x0,25 m (separación entre los diferentes puntos) tanto en la zona del escenario como en el patio de butacas. Puesto que los espectadores están sentados, determinamos un plano paralelo a la inclinación del patio de butacas con una **ALTURA** de 0,85m. En el caso del escenario, suponiendo que sea una representación musical, los músicos están sentados así que mantenemos la misma altura de 0,85m en el escenario.

Para finalizar, pinchamos en la opción de **CALCULAR** y el programa comienza la simulación. Automáticamente genera multitud de rayos sonoros emitidos desde la fuente y calcula su trayectoria hasta llegar a cada punto del receptor. Tras una hora y cuarenta y siete minutos el programa finaliza con el procesamiento de todos los datos y genera los resultados que vamos analizar en el siguiente apartado.

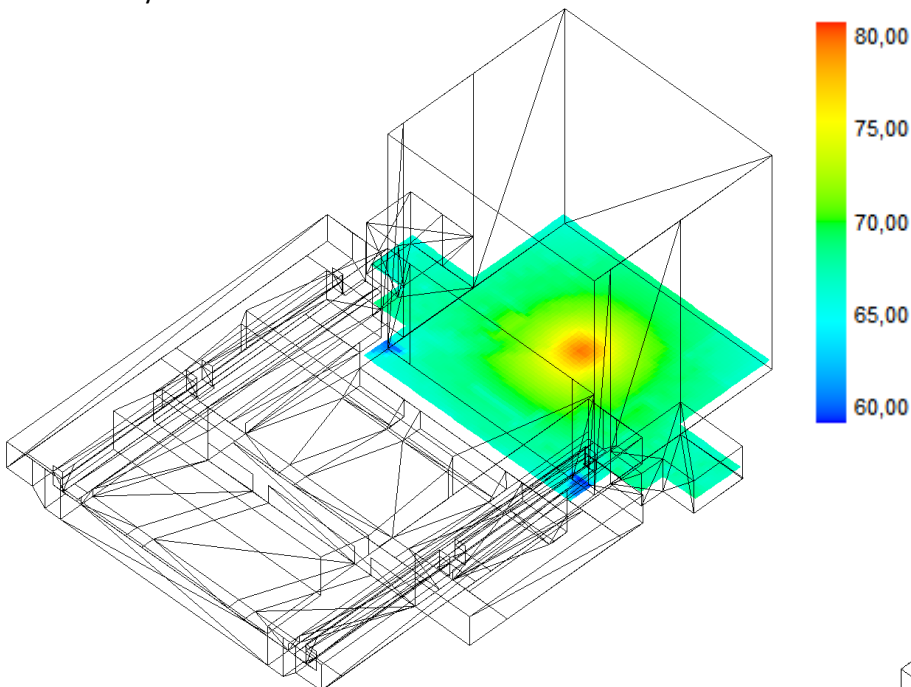
### 6.3. ANÁLISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS

El programa de simulación acústica nos facilita datos como: El nivel de presión sonora, el tiempo de reverberación, claridad y ecogramas de la sala que vamos a interpretar pormenorizadamente uno por uno.

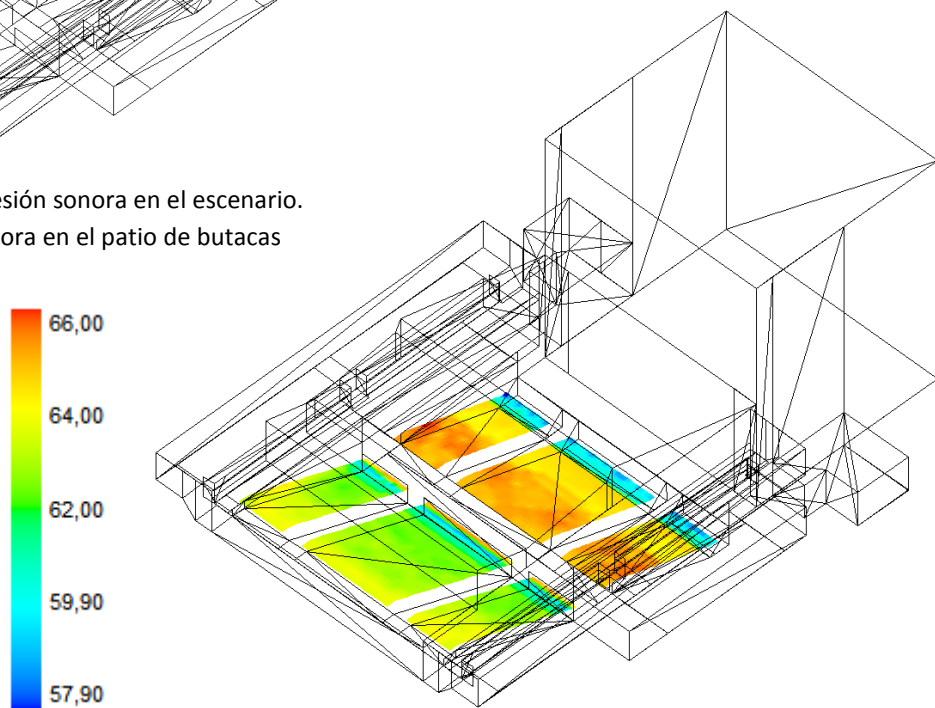
#### ***NIVEL DE PRESIÓN SONORO***

El primer valor que vamos a analizar es el nivel de presión sonora a frecuencias de 1000Hz (el software obtiene los valores a todas las frecuencias pero para el análisis e interpretación de parámetros vamos a utilizar la frecuencia media a 1000 Hz como representativa).

El mapa de niveles se representa mediante una escala de colores; según el valor sea más elevado se alcanzan colores cálidos entre naranjas y rojos. Por el contrario, si el nivel tiene un valor inferior, los tonos son verdes y azules.



**Figura 60.** Arriba, niveles de presión sonora en el escenario.  
Derecha, niveles de presión sonora en el patio de butacas



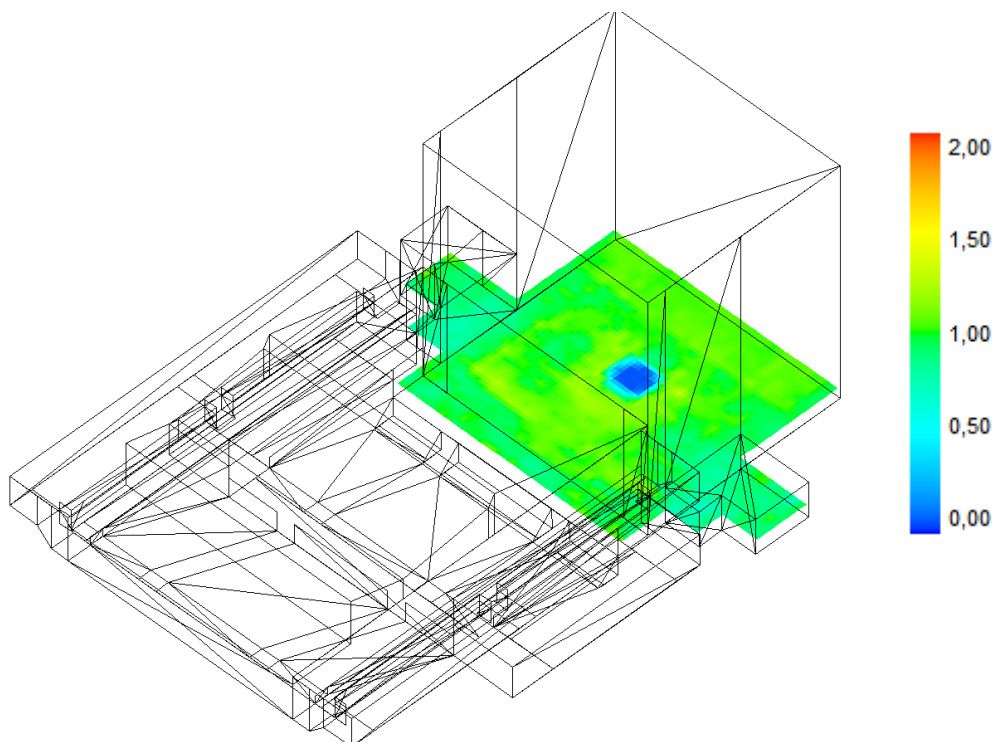
En la **Figura 60**, podemos observar cómo los niveles que se alcanzan en el escenario varían entre 60 y 80dB. Esta dispersión es demasiado elevada para una superficie tan reducida como ésta, concentrándose los valores más elevados en el centro del escenario donde se encontraba la fuente sonora. Por otro lado, en el patio de butacas, los niveles alcanzados son menores, entre 58 y 66Db, a pesar que la heterogeneidad continua presente. A medida que nos acercamos al fondo de la sala, los niveles sonoros van disminuyendo y es lógico pensar que los resultados obtenidos serían así debido a que la distancia a la fuente sonora va aumentando y, por consiguiente, el sonido directo se recibe con menor intensidad.

### **TIEMPO DE REVERBERACIÓN**

Para medir el tiempo de reverberación el programa de simulación acústica calcula los tres parámetros que están más relacionados, el EDT, TR20 y TR30, dependiendo del tiempo de caída como ya hemos comentado.

Para representar los mapas obtenidos se utiliza una escala de colores. En este caso hemos utilizado una escala de alto contraste porque la variación, en segundos, es muy reducida. El mapeo que se representa en la frecuencia de 1000 Hz nos aporta la información más semejante a la sensación que percibe el oído humano.

Como muestra la siguiente figura, los valores del EDT en el escenario son bastante uniformes, alrededor de 1s en casi toda la superficie.



**Figura 61.** EDT en el escenario

A pesar que la escala de colores representada resulta muy heterogénea, aparece toda la gama de colores, lo cierto es que la variación entre el valor más elevado y el EDT menor es, únicamente, de 0,34s. Hemos decidido remarcar el contraste para identificar qué zonas poseen una mejor audición y por contra, qué localidades resultan peores. Utilizar un patio de butacas con una pendiente de inclinado, es favorable porque aproxima el público al emisor y mejoras la visibilidad del espectador, pero lo cierto es que las localidades de tramo más alto y también las más alejadas del escenario tienen una audición ligeramente de inferior calidad que el resto.

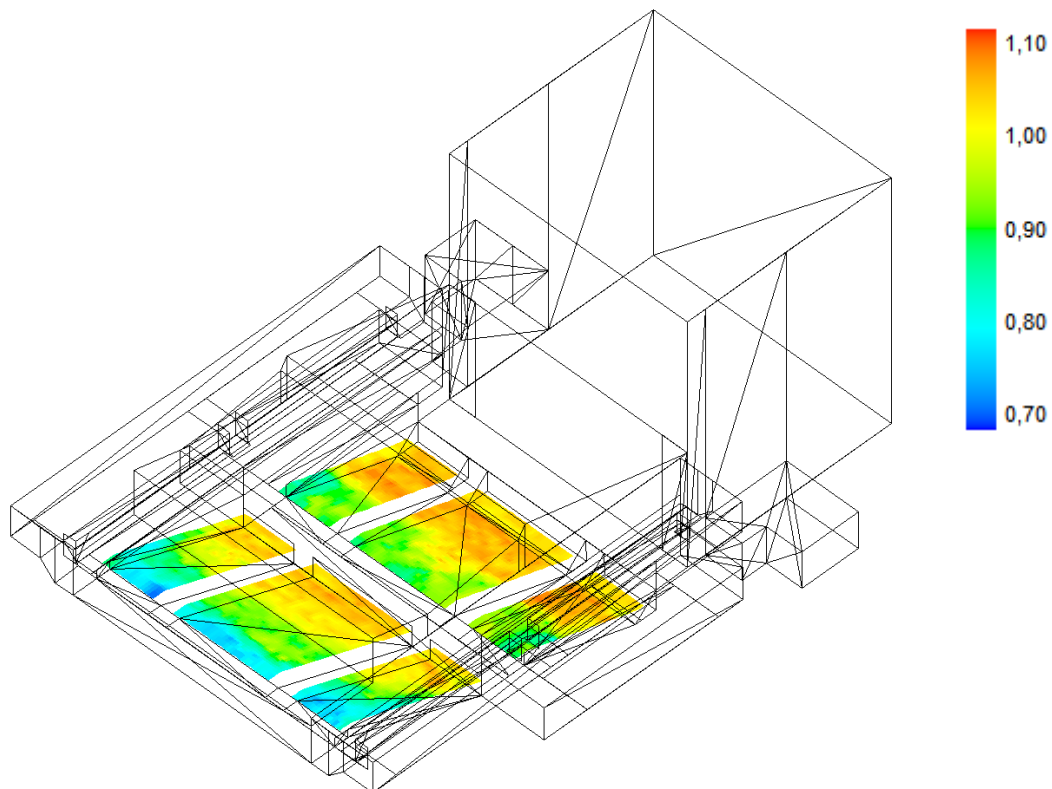


Figura 62. EDT en el patio de butacas

Mostramos los mapeos de los parámetros TR20 y TR30 respectivamente. La escala utilizada sigue el mismo patrón que las anteriores. Una escala de colores que oscila desde los tonos azules en los valores más bajos hasta alcanzar los colores rojos en sus valores máximos. El mapeo representa los cálculos obtenidos a la frecuencia de 1000Hz.

Para la simulación hemos dividido la sala principal del Centro Cultural la Rambleta en dos zonas: Por un lado el escenario donde actúan músicos y actores/actrices y, por otro lado, los espectadores/as en el patio de butacas. Con esta diferenciación podemos encontrar coincidencias con los datos que anticipábamos en la encuesta realizada en el estudio previo. Se pretende comprobar si las conclusiones obtenidas anteriormente se corroboran ahora con la interpretación de los datos obtenidos en esta simulación.



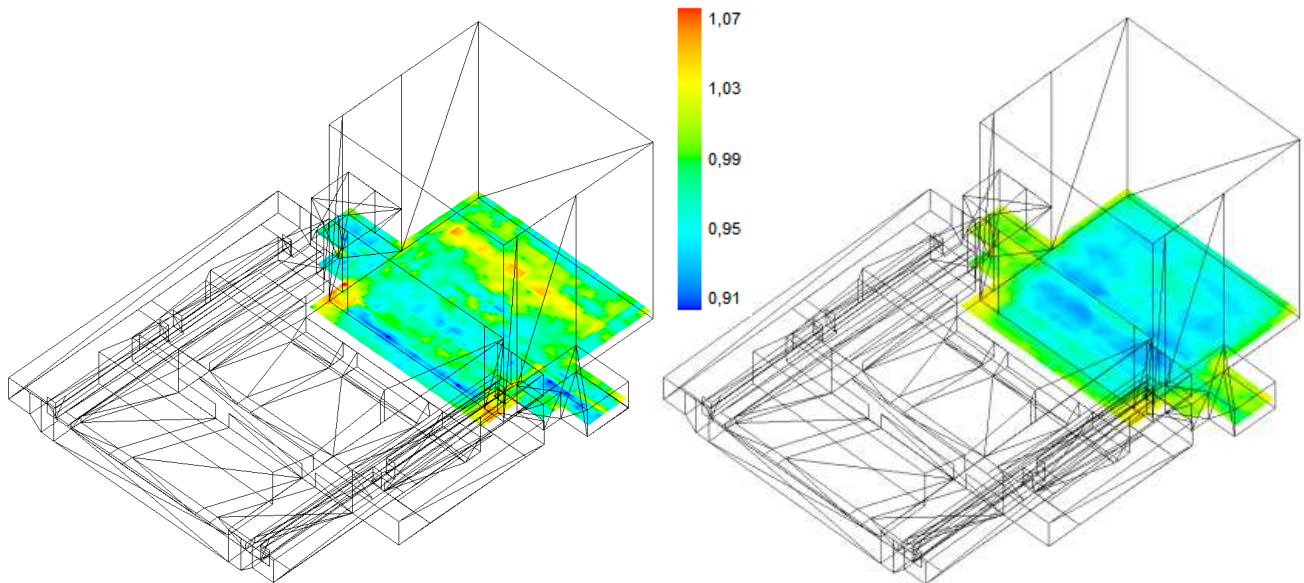


Figura 63. Izquierda, TR20 en el escenario. Derecha, TR30 en el escenario

Hemos utilizado la misma escala numérica para poder comparar los mapeos entre los dos parámetros. El tiempo de reverberación TR20 es más heterogéneo que el TR30 como es normal. La primera caída de 20dB describe una gráfica más pronunciada. A medida que aumentamos la caída de decibelios, este decrecimiento se estabiliza, como observamos en el TR30, presentando valores más parejos. Cabe destacar que el valor más alto que se alcanza es de 1,07s (zona amarilla ubicada en la mitad inferior del escenario).

En la Figura 64. observamos que los resultados obtenidos son muy semejantes en ambos parámetros. Existe una zona claramente diferenciada, las primeras filas del tramo inicial del patio de butacas donde el tiempo de reverberación es mayor respecto al resto de la sala. Por lo general, son valores muy similares con una desviación de tan sólo 0,01s.

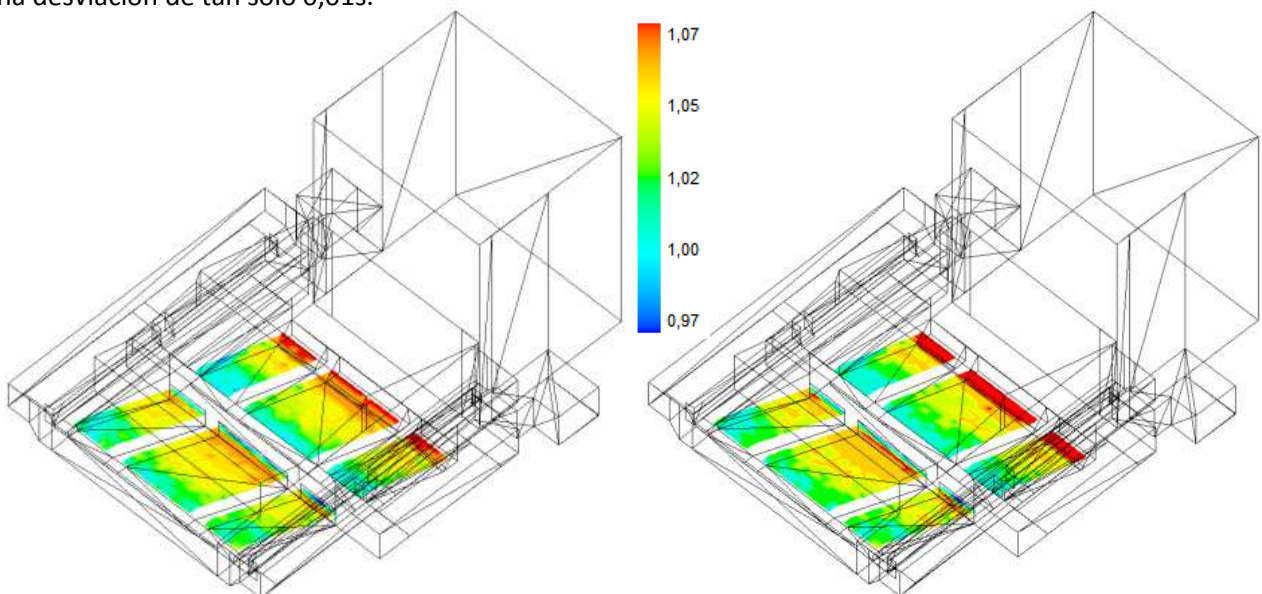
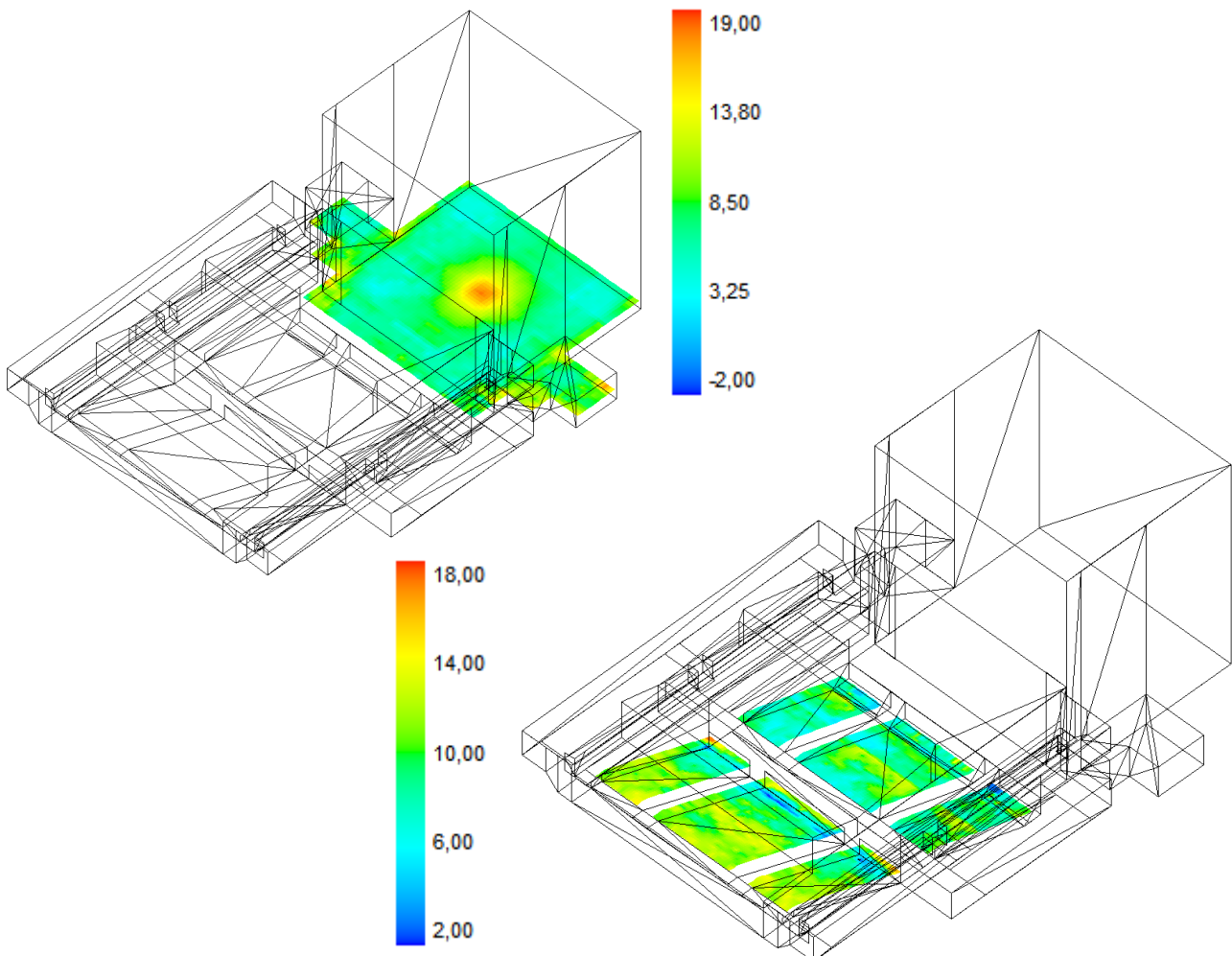


Figura 64. Izquierda, TR20 en el patio de butacas. Derecha, TR30 en el patio de butacas

## CLARIDAD

Recordamos que la claridad es un parámetro acústico que relaciona la energía sonora recibida en los primeros 80 ms, después de recibir el sonido directo, con la energía sonora recibida posteriormente, reflexiones. De ella depende la capacidad de distinguir adecuadamente cada nota de un pasaje musical dentro de una sala y por eso su estudio.



**Figura 65.** Izquierda, CLARIDAD en el escenario. Derecha, CLARIDAD en el patio de butacas

Según las recomendaciones, a sala vacía, los valores deberían estar comprendidos entre  $-4 < C_{80} < 0$  dB. Como observamos en el mapeo superior, los valores son muy superiores a los recomendados. En el escenario tenemos una claridad  $C_{80}$  de 3,25 a 8,5 dB -aproximadamente- en gran parte de la superficie. En el patio de butacas ésta oscila entre 6 y 10 dB. No sólo resulta perjudicial un valor inferior al recomendado, sino que un aumento por exceso también dificulta la audición óptima de la acústica de la sala.

## ECOGRAMAS

Es el punto más importante que vamos a desarrollar en este apartado. Los ecogramas permiten definir, en un determinado punto, el tiempo de retardo inicial del sonido. Con este dato, medido en el centro del patio de butacas vamos a evaluar la sensación de intimidad.

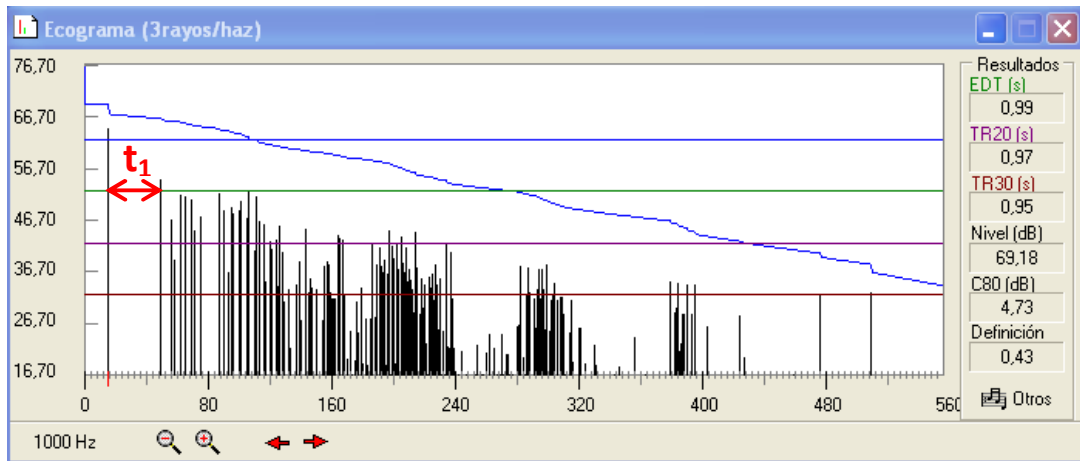


Figura 66. Ecograma en el centro del patio de butacas

Si escuchamos música es una sala y nos proporciona la impresión que la sala es pequeña, se dice que dicha sala tiene **INTIMIDAD** acústica. Beranek [1] asocia la valoración de la intimidad acústica con la sensación que tiene el oyente de escuchar la música en un espacio de dimensiones más reducidas que las dimensiones reales de la sala. Barron –M.Barron “Subjective Study of British Symphony Concert Hall” (Junio 1988)- bcambio emplea el término de intimidad acústica para denominar el grado de conexión o identificación entre oyente y la orquesta, es decir, si el oyente se siente inmerso o, por el contrario, distante de la música que está escuchando (aunque es la definición de Beranek la más difundida).

70

La intimidad acústica está relacionada con el aspecto de un sonido que indica a un oyente el tamaño de la sala en la que se ha producido un suceso sonoro. Cada estilo de música suena mejor en un recinto con el grado apropiado de intimidad, éste no tiene por qué ser de un determinado tamaño, simplemente que suene como si estuviera en una sala de tamaño adecuado al estilo musical interpretado. La impresión acústica del tamaño de una sala viene dada por el intervalo de tiempo entre sonido directo y primer sonido reflejado, es decir, del denominado intervalo inicial de retardo (Inicial Time Delay Gap), debiendo ser inferior a 20 ms para poder catalogar como íntima a la sala.

Como muestra la **Figura 66**, la primera reflexión se encuentra al doble de distancia recomendada del sonido directo, por lo que la sensación que tiene el oyente es la de escuchar la música en un espacio más grande que las dimensiones reales de la sala, no se siente envuelto por la música.

[1] Leo Betanek Leroy, nacido el 15 de septiembre de 1914, es un americano experto en acústica. Durante la Segunda Guerra Mundial logró reducir el ruido en el sistema de comunicaciones de los aviones. Al mismo tiempo construyó la primera cámara anecoica, para el estudio de los efectos de ruido. Ha participado en el diseño de numerosas salas de conciertos y teatros de ópera. Su libro “Acústica” (1954) es considerado como el libro de texto clásico en este campo.

Un **ECO** es una reflexión retrasada y lo suficientemente intensa como para resultar molesta a los oyentes. Puede producirse por las superficies de un techo muy alto que enfoca el sonido hacia una parte de la sala, o bien por una superficie grande y curvada en la parte posterior de la sala cuyo punto focal se encuentra cerca de las primeras filas de la misma o en el escenario. Es mucho mayor este fenómeno en salas con tiempo de reverberación corto, y en las primeras butacas de las salas grandes. Para ello vamos a estudiar el ecograma de la primera fila del patio de butacas.

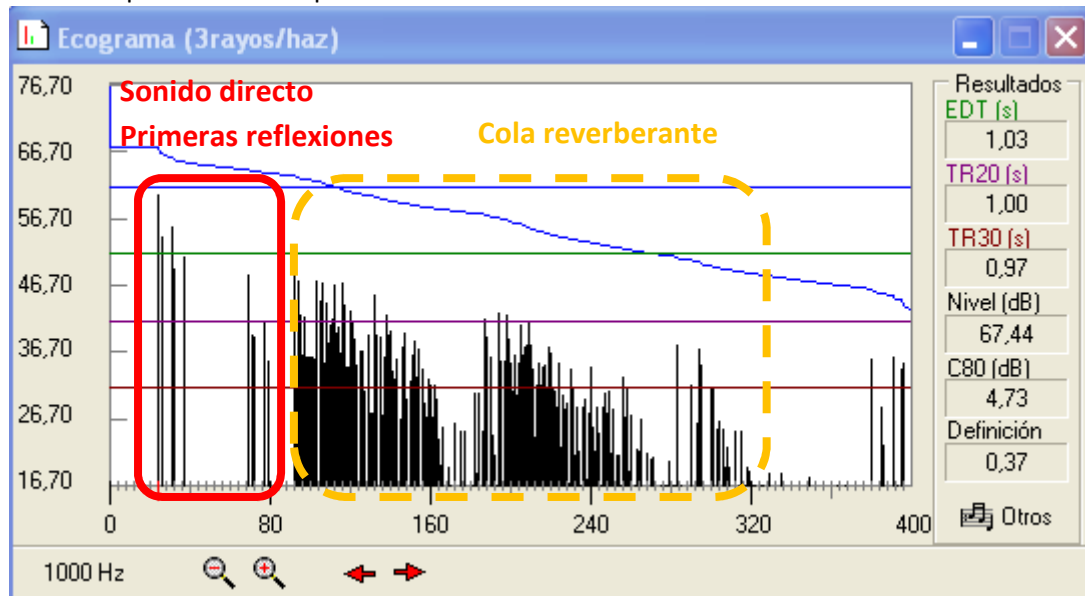


Figura 67. Ecograma en la primera fila del patio de butacas

Las reflexiones recibidas entre los primeros 50-80ms son percibidas por el oído humano como un único sonido, que llamamos, sonido directo. El resto de reflexiones de un nivel sonoro inferior que se producen posteriormente al sonido directo se entiende como cola reverberante. Para comprobar si existe eco en la sala, se debe cumplir que toda reflexión de primer orden llegue con un retraso superior a 80ms (sala de audición musical) con respecto al sonido directo y que, además, tenga un nivel sonoro superior perceptible. La sensación que genera en el receptor es la repetición del sonido directo. Este fenómeno en gran parte es debido a la incorrecta geometría de la sala y se agudiza si el fondo es reflectante o se forman uniones de techo y paramento de fondo excesivamente reflectantes.

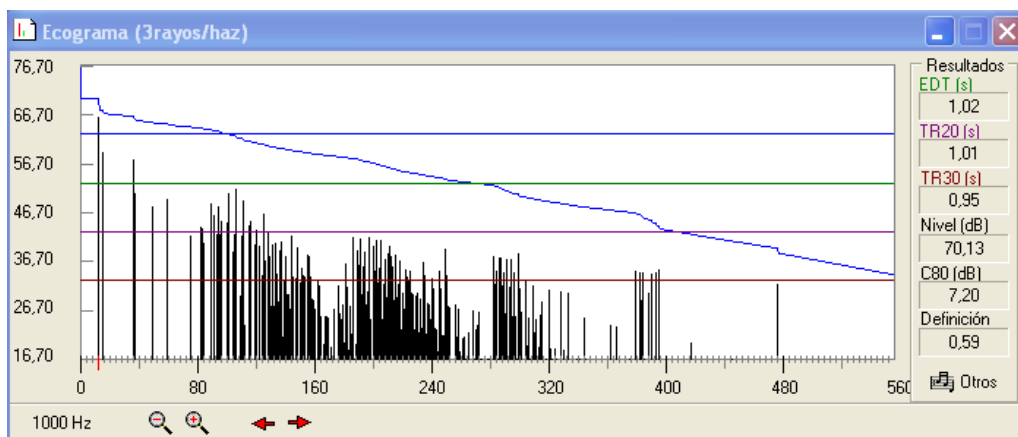


Figura 68. Ecograma en el fondo del patio de butacas

Como observamos en los ecogramas, el nivel de presión sonora en el fondo es superior concentrando en los primeros 80ms un número mayor de reflexiones. También observamos que la diferencia entre el sonido directo y la primera reflexión es menor a 50ms, por lo que la sala no presenta eco en su acústica.

## 6.4. RESULTADOS

Realizar la simulación virtual nos ha aportado datos relevantes para que, tras su interpretación, podamos entender el comportamiento acústico de la sala. Cabe destacar que la curva tonal resultante de la simulación es muy similar a la obtenida en las mediciones in situ y que, por tanto, los resultados finales se adaptan perfectamente a la realidad.

En cuanto a la geometría de la sala, quizás no es la que acostumbramos a una sala de conciertos, lo cierto es que su trazado recto, paralelo y simplificado resuelve satisfactoriamente las necesidades evitando ecos y focalizaciones. La inclinación pronunciada del patio de butacas resuelto con un peldañado de 25cm de desnivel en su tramo inicial y 30cm en su segundo tramo proporciona unas buenas condiciones de visibilidad del escenario.

El tiempo de reverberación, en términos generales, es uniforme con pequeñas variaciones. Resulta favorable que en cualquier localidad de la sala la acústica que perciba el receptor sea similar al resto de las localidades, pero en cuanto al tiempo de reverberación el valor obtenido es demasiado bajo, alrededor de 1s. El diseño de la sala se proyectó pensando en una sala polivalente que pudiera albergar dos actividades tan diferentes como son sala de conciertos y sala para representaciones teatrales, pero la ejecución fue bien distinta. Durante todo el estudio y desarrollo del proyecto venimos tipificando qué característica corresponde a qué usos, pero la simulación virtual nos hace entender que la sala funciona verdaderamente como un teatro. La claridad de la palabra, incluso sin megafonía, es excelente y su color negro envuelto por multitud de telones, hasta en las ventanas, nos inducen a pensar en estas representaciones artísticas. Por este motivo nosotros en el siguiente capítulo vamos a realizar una propuesta de intervención: Recuperar aquellos elementos constructivos, como la concha acústica, que nos aporten las condiciones de confort acústico para que se puedan realizar interpretaciones musicales.

En los mapeos mediante escalas de colores hemos observado perfectamente el comportamiento del escenario. Como músico, la claridad es demasiado elevada y por tanto la sensación de dispersión se agudiza. Escuchar al compañero es muy complicado y el sonido se pierde con facilidad por el gran volumen de la caja escénica. La sala es muy seca debido al bajo tiempo de reverberación y la presencia de un alto nivel de presión a frecuencias bajas, propio de los elementos de construcción. Los matices deben exagerarse para que se perciban correctamente y las notas largas se cortan rápidamente, por ello trataremos de eliminar material absorbente de la sala como propuesta de mejora.

En conclusión la acústica de la sala principal del Centro Cultural la Rambleta como teatro funciona casi a la perfección y no presenta problemas de aislamiento con los recintos contiguos ya que se utilizan vestíbulos independientes con doble puerta a la entrada de la sala. Pero entendemos que, acondicionando la sala acorde a su verdadero uso, podemos obtener mejores resultados que el estado actual en el que se encuentra.



## 7. ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LA SALA PRINCIPAL





## 7. ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LA SALA PRINCIPAL

La finalidad de acondicionar acústicamente un determinado recinto (cerrado o al aire libre) es lograr que el sonido proveniente de una fuente o fuentes sea irradiado por igual en todas direcciones logrando un campo sonoro difuso ideal. Esta uniformidad no siempre se consigue y la acústica arquitectónica intenta aproximarse al máximo a este ideal a través de ciertas técnicas que aprovechan las cualidades de absorción, de reflexión y difusión de los materiales constructivos (techos, paredes y suelos) y de los objetos u otros elementos presentes en el recinto. De hecho, cosas tan aparentemente triviales como la colocación o eliminación de una moqueta, una cortina o un panel, son cruciales y pueden cambiar las condiciones acústicas de un recinto.

La principal herramienta con que cuentan los técnicos encargados del acondicionamiento acústico de un determinado local/lugar es conocer el tiempo de reverberación específico. Para que sea útil se ha de calcular en función de una determinada frecuencia, dado que depende del coeficiente de absorción de los materiales utilizados y este coeficiente depende a su vez de la frecuencia.

Las frecuencias de trabajo más utilizadas son 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz. De no especificarse la frecuencia, se toma por defecto la de 500 Hz, por ser la empleada por Sabine.

Dentro de los recintos cerrados es fundamental conseguir un equilibrio adecuado entre el sonido directo y el campo sonoro reverberante. Por ello, un justo acondicionamiento acústico implica que las ondas reflejadas sean las menos posibles, por lo que desempeña un papel la capacidad de absorción de los materiales absorbentes que minimizarán la reverberación indeseada o ecos que puedan dificultar la inteligibilidad de la comunicación sonora.

### 7.1. OBJETIVO DE LA INTERVENCIÓN DE MEJORA

Como ya hemos mencionado, nuestro objetivo en este apartado es acondicionar acústicamente la sala principal del Centro Cultural La Rambleta para que se adapte a las características de sala polivalente y puedan convivir conjuntamente el uso de auditorio y teatro en el mismo recinto.

#### **OBJETIVOS**

- Aumentar el tiempo de reverberación.
- Modificar los materiales de recubrimiento con el objeto de conseguir un tiempo de reverberación adecuado al uso de la sala.
- Diseño de una concha acústica de escena para compatibilizar el uso de auditorio con el de teatro en la sala principal.



En las pruebas realizadas anteriormente se han obtenidos unos tiempos de reverberación demasiados bajos, **TR=1,07s** trataremos de subir los valores hasta alcanzar los recomendados.

USO	TIEMPO DE REVERBERACIÓN
Sala de conferencia	0,7 - 1,0 s
Teatro	1,0 - 1,2 s
Sala multiusos	1,2 - 1,5 s
Música de cámara	1,3 - 1,7 s
Sala de conciertos	1,8 - 2 s

Figura 69. Tabla de recomendaciones del TR según uso

Para ello debemos reducir el material absorbente de la sala y potenciar la difusión del sonido hacia el receptor con materiales reflectantes. Antes de comenzar con la propuesta vamos a definir qué es un material absorbente y qué un material reflectante.

Los **MATERIALES ABSORBENTES** son aquellos utilizados en el acondicionamiento acústico de los recintos por su capacidad de absorber la mayor parte de la energía sonora que reciben. Se utilizan como revestimiento en el interior de recintos con el objetivo de evitar reflexiones indeseadas al reflejar un porcentaje muy pequeño del sonido incidente. Generalmente con su colocación se pretende reducir el nivel del campo reverberante, optimizar el tiempo de reverberación según el uso del recinto o prevenir la aparición de ecos y focalizaciones.

Existen diferentes tipos de materiales en cuanto a su absorción:

- Materiales **RESONANTES**, son los que presentan la máxima absorción a una frecuencia determinada, la propia frecuencia del material.
- Materiales **POROSOS**, que absorben más sonido a medida que aumenta la frecuencia. Es decir, absorben con mayor eficacia las altas frecuencias (los agudos). Cuanto más poroso es el material, mayor es la absorción. Cuanto más denso es este material igualmente es mayor la absorción pero hasta cierto límite donde pasaría a comportarse como reflexivo. Las densidades medias de estos materiales oscilan en torno a  $80 \text{ kg/m}^3$ . Otro factor a considerar es el espesor empleado que, cuanto mayor es, más efectiva resulta la absorción a menor frecuencia (teóricamente un absorbente poroso empieza a ser efectivo a la frecuencia que  $1/4$  de su longitud de onda coincide con el espesor del mismo). Incluso su colocación, al separarlo de la superficie rígida (pared) donde se sitúa, mejora su absorción a más baja frecuencia. Los materiales porosos más comunes son las lanas minerales (de roca y de vidrio).
- Absorbentes en forma de panel o **MEMBRANA** absorben con mayor eficacia las bajas frecuencias (los graves), que las altas.

Cuando la onda sonora incide sobre los materiales de revestimiento de un recinto y éstos son absorbentes, la mayor parte de la energía penetra en el interior del material a través de los poros, orificios o ranuras y una pequeña parte es reflejada hacia el exterior. Este mecanismo de absorción genera una presión sonora en el interior del material y tiene como consecuencia el movimiento de las partículas del aire que se encuentran en las cavidades del propio material. El constante rozamiento de las partes sólidas del material produce la disipación de la energía sonora en forma de calor. A medida que hagamos pasar mayor cantidad de ondas sonoras en este tipo de materiales absorbentes, conseguiremos una mayor atenuación del sonido. Por el contrario, si retiramos material absorbente de la sala, conseguiremos una mayor difusión del sonido.

Como ejemplo, en la sala encontramos en el fondo del escenario un material absorbente muy común, la lana mineral. Estos materiales necesitan ser cubiertos por otro material que lo proteja de posibles daños (son muy blandos y poco resistentes), que evite que emanen sustancias nocivas para la salud o simplemente disimularlos por mantener la estética del recinto. De todos modos, es imprescindible que la superficie en contacto con el recinto, en su cara exterior, se recubra de un material resistente que no selle los poros y/o orificios, así garantizamos la capacidad absorbente del material.



Figura 70. Lana mineral revestida con revestimiento vinílico

Por el contrario un **MATERIAL REFLECTANTE** es aquel material capaz de reflejar la mayor parte de energía que incide en ellos. Si la superficie reflectante fuese completamente impermeable al aire y perfectamente rígida no habría pérdida de energía en cada reflexión. Sin embargo, en la realidad no existe un reflector perfecto ya que éste entra en vibración por efecto de la onda incidente o permite la propagación de las ondas sonoras en el interior del material si éste tiene algún poro. Por tal motivo los materiales reflectantes son lisos, no porosos y totalmente rígidos.

La utilización de estos materiales está pensada para redistribuir espacialmente la energía acústica que incide sobre una superficie, lo que comúnmente denominamos difusores. Al colocar superficies reflectantes en el interior de una sala conseguimos no sólo reflejar un nivel mayor de presión sonora debido a las características de estos materiales, sino que también que la onda sonora, cuando choca con la superficie, se refleje cambiando generalmente su dirección. El objetivo es dispersar, de forma uniforme y en múltiples direcciones, la energía sonora que incide sobre una misma superficie proporcionando una mejora más o menos considerable en la calidad sonora del recinto.

## 7.2. DESCRIPCIÓN DE LA INTERVENCIÓN DE MEJORA

Para conseguir los objetivos mencionados anteriormente proponemos una intervención de mejora que consta de dos partes: Por un lado vamos a cambiar el pavimento de la sala, con la retirada de la moqueta, material absorbente, y ejecución de un pavimento reflectante con el que conseguiremos aumentar el tiempo de reverberación. Y por otro lado, el diseño de una concha acústica que garantice una buena acústica dentro del escenario y potencie la difusión del sonido hacia el público.

Actualmente, durante las actuaciones teatrales y musicales, la sala principal del Centro Cultural la Rambleta cubre sus ventanales con unas cortinas oscuras que impiden la entrada de luz al interior y focalizan la atención del receptor en el escenario. En esta intervención de mejora proponemos unas recomendaciones que ayudan a mejorar la acústica de la sala: Cuando se utilice como teatro es conveniente que las cortinas se mantengan extendidas, de este modo no sólo conseguimos la oscuridad que necesitan los actores/actrices sino que, gracias a la absorción de las cortinas, reducimos el tiempo de reverberación aproximándonos al ideal de 1s propio de este uso. Por el contrario, si la sala se utiliza como auditorio o se van a representar conciertos de cámara, recomendamos que los ventanales permanezcan descubiertos sin la utilización de cortinas (Gracias al gran espesor del muro y al doble acristalamiento, el aislamiento de la sala cumple con la normativa vigente). Con esta recomendación conseguimos crear un ambiente más acogedor con vistas al exterior, el Parque de la Rambleta, interaccionando con la naturaleza que lo envuelve. El vidrio actúa como material reflectante y, ubicado en el fondo de los anfiteatros, refuerza las reflexiones laterales en aquellas zonas donde la visibilidad es más desfavorable. Y por último, al eliminar material absorbente y añadir superficie reflectante aumentamos ligeramente el tiempo de reverberación que, para el caso de audiciones musicales, resulta tan beneficioso acústicamente.

### 7.2.1. CAMBIO DEL PAVIMENTO

Se pretende ejecutar un suelo reflectante por lo que se debe proceder a la retirada de la moqueta actual que cubre la totalidad del suelo de la sala. En primer lugar se retirarán las butacas que están atornilladas a la estructura de madera que conforma el peldañado del patio de butacas. Esta estructura auxiliar, construida sobre la losa inclinada de hormigón armado, debe estar perfectamente nivelada para garantizar la correcta instalación del nuevo pavimento. Una vez la superficie esté libre de cualquier obstáculo se procederá a retirar la moqueta, incluso en las zonas de escaleras. Esta moqueta está pegada al contrachapado de madera, por lo que su retirada se realizará de forma manual. A continuación prepararemos la superficie de contacto, ligando la madera y eliminando los restos de pegamento que puedan haber quedado adheridos a la madera. Finalmente colocaremos un linóleo pegado sólidamente a la madera como material de recubrimiento reflectante.

## LINÓLEO

El linóleo es un material utilizado como revestimientos de suelos 100% natural. Su composición homogénea formada a partir de aceite de lino solidificado mezclado con harina de madera o polvo de corcho colocado sobre un soporte de una lona o tela basta lo convierten en un material resistente y duradero, apropiado para recubrir zonas sujetas a alto tránsito. La mayoría de la gente asocia el linóleo con su uso como material de revestimientos de suelos de cocinas, por su resistencia al agua, permite un mantenimiento y limpieza adecuado en zonas como hospitales y cocinas. También se recomienda su uso en colegios, residencias y universidades debido a que el aceite de linaza le confiere propiedades bacterioestáticas que evitan el desarrollo de microorganismos.

El linóleo fue inventado en el año 1860 por el británico Frederick Walton gracias al azar. El inventor estaba buscando en realidad un color de secado rápido del Floorcloth es decir, hules encerados que servían para proteger la alfombra. Entonces descubrió en la lata de pintura una capa firme gomosa de aceite de linaza oxidado que despertó su interés. Siguió experimentando, mezcló aceite de linaza con tiza, harina de madera y resina y después aplicó todo en tejido de yute significando el nacimiento del linóleo (Su nombre refleja la historia de su invención ya que aceite de linaza en latín se escribe y pronuncia "oleum lini").

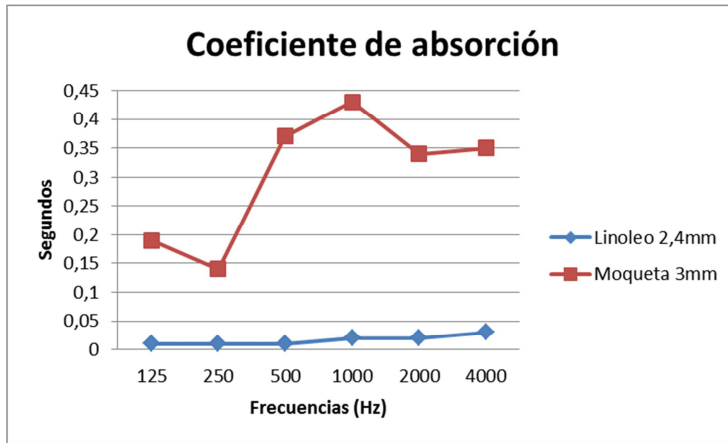
## DESCRIPCIÓN

El linóleo elegido para el cambio de pavimento que vamos a proponer en la sala principal del Centro Cultural la Rambleta pertenece a la marca comercial ARMSTRONG, en particular al modelo MARMORETTE PUR. Es un pavimento de 2,5mm de espesor, homogéneo, antiestático, calandrado y compactado, teñido en masa con diseño marmoleado no direccional, compuesto exclusivamente por aceite de linaza, harina de madera, partículas de corcho en elevado porcentaje que mejoran su aislamiento térmico y absorción acústica, resinas y pigmentos colorantes naturales y yute natural. Con un peso total de 2900 gr/m<sup>2</sup> y un coeficiente dinámico de fricción según EN 13893 Clase DS. Este pavimento, suministrado en rollos de 200 cm de ancho, antibacteriano y fungicida, con tratamiento PUR ECO System para facilitar la limpieza e incrementar la resistencia al desgaste y al uso de alcoholes y otros productos químicos debe ser instalado sobre una base sólida, plana, limpia, perfectamente seca (3% máximo de humedad) y sin grietas, según la norma UNE-CEN/TS 14472 (partes 1 y 4) y fijado con el adhesivo recomendado por el fabricante. Según CTE – 2006 cumple el requerimiento de resistencia al fuego (C<sub>f</sub>s1). Posee el certificado de pavimento ecológico y biodegradable "Der blaue Engel".

\*VER ANEXO 11.2. Ficha técnica linóleo



Figura 71. Pavimento de linóleo MARMORETTE PUR de ARMSTRONG. Color Industrial Grey Ref. 125-160



		COEFICIENTES DE ABSORCIÓN					
		FRECUENCIAS (Hz)					
MATERIAL		125	250	500	1000	2000	4000
ACTUAL	Moqueta de 3 mm	0,19	0,14	0,37	0,43	0,34	0,35
INTERVENCIÓN	Linoleo 2,4mm	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03

Figura 72. Gráfica y tabla del coeficiente de absorción del linóleo

### INSTALACIÓN

Una de las condiciones más importantes para la correcta instalación del material es el trabajo previo a la ejecución del pavimento. Por ello debemos preparar la superficie en contacto, en nuestro caso madera, ligando la zona hasta alcanzar un mínimo de nivelación de 3mm de grosor. Además, debemos comprobar la humedad y temperatura de la superficie para que cumpla con las recomendaciones del fabricante.

El material viene suministrado en un rollo de 200cm aproximadamente, para su colocación será necesario determinar la dirección en la cual el material debe ser puesto en obra, lo que entendemos como replanteo del pavimento. Se procurara ejecutar juntas paralelas, tomando como referencia el borde de escalera.

Para el corte, será preciso disponer de una herramienta de corte especial de linóleo que permite adaptarse a las formas que presenta la sala. La costura entre dos láminas no debe ser superior a 0,5mm entre bordes contiguos espacio que, posteriormente, se rellenará con sellante.

Desenrollada la lámina que se va a colocar, se aplica el pegamento de tal modo que las tiras de adhesivo cubran completamente el apoyo del linóleo. Con un rodillo se ejerce la presión suficiente para conseguir la total adherencia del material a la superficie de apoyo. Las burbujas de aire restantes deberán ser friccionadas con una herramienta de allanamiento para ser eliminadas, al igual que las pequeñas imperfecciones que pueden aparecer. Para grandes superficies se utilizará una automática de soldar para el sellado de las juntas entre láminas de linóleo.

La instalación de este tipo de materiales requiere de una mano de obra especializada y es fundamental que se sigan las recomendaciones que ofrecen los fabricantes.

*\*VER ANEXO 11.3. Recomendaciones para la instalación linóleo.*

### MANTENIMIENTO

El mantenimiento del linóleo resulta muy sencillo, basta con una la limpieza diaria que consistirá en quitar el polvo con un aspirador (en seco) o bien eliminar las manchas con una fregona húmeda, bien escurrida con detergente neutro. Así pues, la limpieza rutinaria apenas interrumpe el uso del suelo, llevándose a cabo de forma fácil. Una combinación inteligente de limpieza regular y mantenimiento ocasional mantendrá el pavimento en perfectas condiciones durante un período prolongado de tiempo.

*\*VER ANEXO 11.4. Limpieza y mantenimiento linóleo.*

### 7.2.2. CONCHA ACÚSTICA

La concha de escena tiene como objetivo adecuar el tiempo de reverberación de la sala al uso musical, además de reflejar la energía sonora hacia los propios músicos y al público. Su diseño está pensado expresamente para cubrir estas necesidades y de ahí la inclinación de paneles y la geometría característica. La concha se ubicará detrás de la posición de los músicos con espacio posterior para almacenaje de instrumentos u otros objetos. Además, cuenta con un escenario de 100m<sup>2</sup> aproximadamente, sin añadir la corbata de escena, con capacidad para 80 personas (superficie requerida por músico 1,25m<sup>2</sup>).

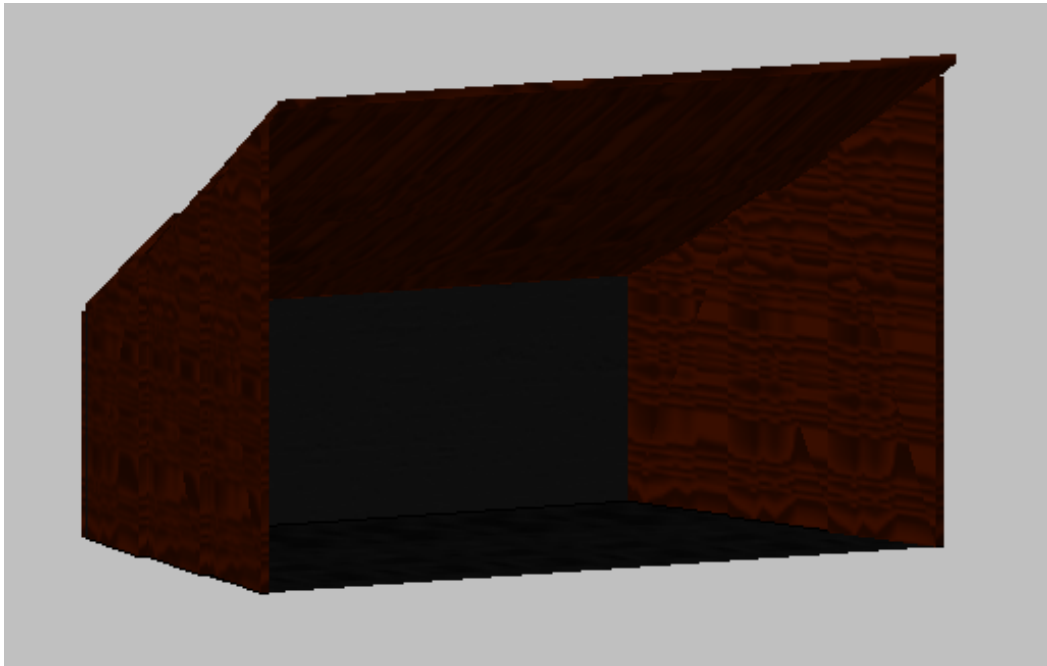


Figura 73. Modelado en 3D de la concha acústica

#### **DESCRIPCIÓN**

Estará formada por un panel de fondo de 5m de altura y 10m de ancho que podrá almacenarse en posición vertical en el fondo de escena.

Los laterales de la concha de escena estarán formados por dos planos inclinados de tres paneles de 2,65m de ancho cada uno de ellos. Estos paneles disponen de un sistema de movilidad de tal forma que, si en el escenario se representan actuaciones teatrales, se pueden colocar paralelamente al borde de escenario para crear la entrada y salida de actores a escena o incluso utilizar como parte del decorado de la representación. En el caso de interpretaciones musicales, se colocarán en la posición determinada, con la inclinación correspondiente, para formar parte de los hombros de escena. Esta movilidad permite adaptarnos al uso de la sala en cada momento y facilita su montaje y posterior almacenaje, puesto que a la derecha del escenario existe una sala donde podríamos guardar estos paneles en caso de no ser utilizados o necesitar una superficie libre y diáfana en el escenario.

El techo de la concha lo constituyen dos paneles de 4,40m de ancho suspendidos del peine de escena, en las representaciones teatrales se retirarán en vertical en la parte superior de la caja escénica.

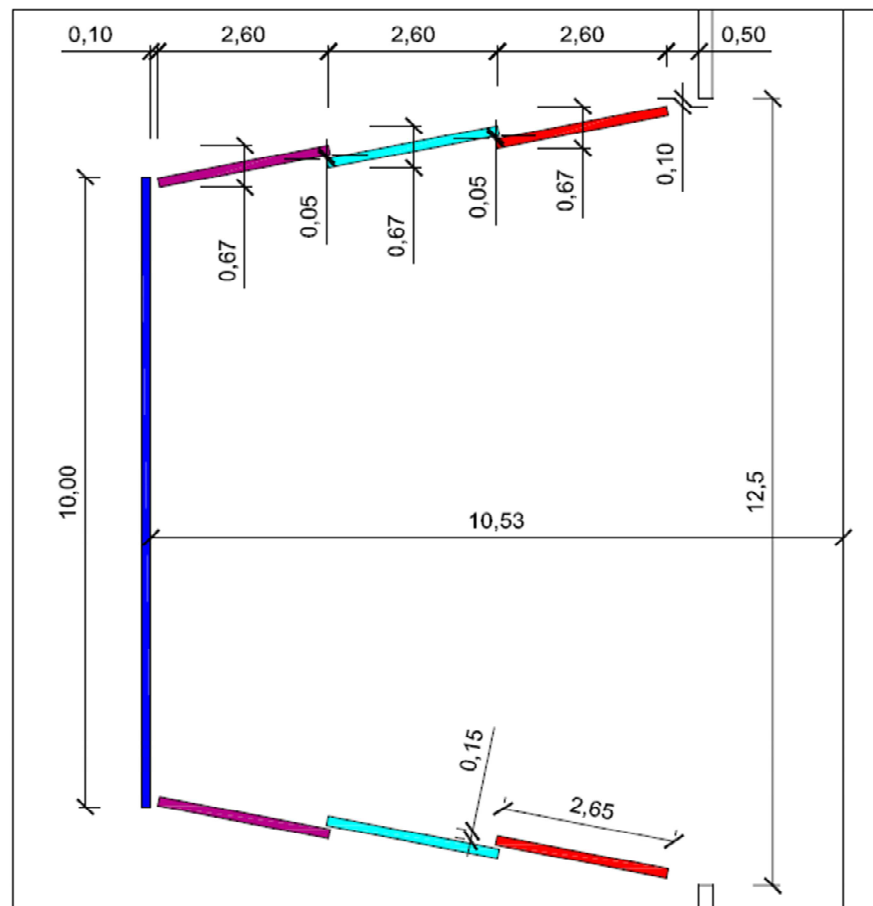
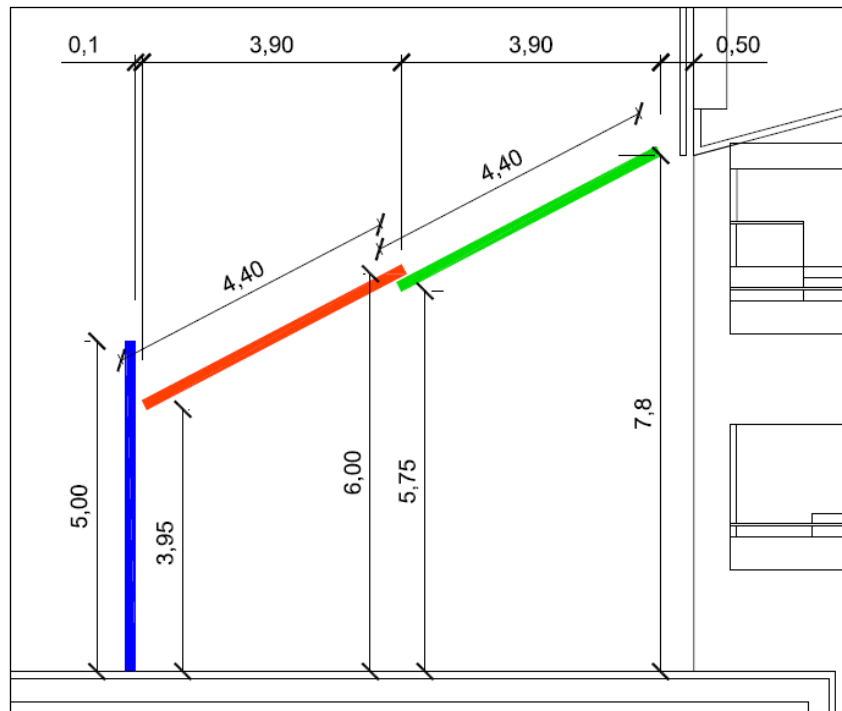
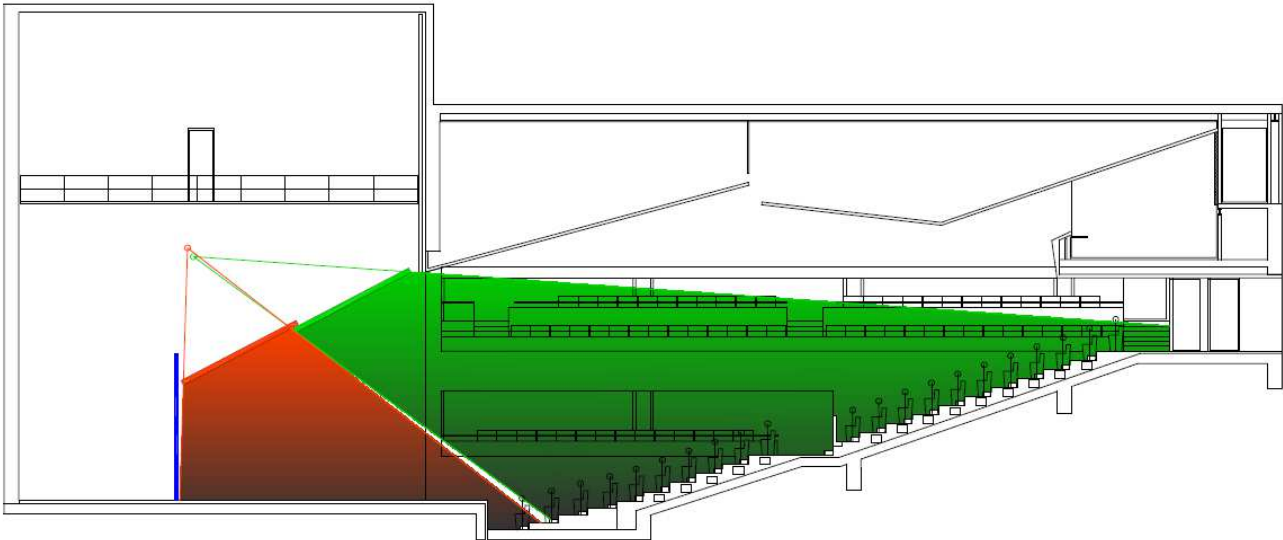
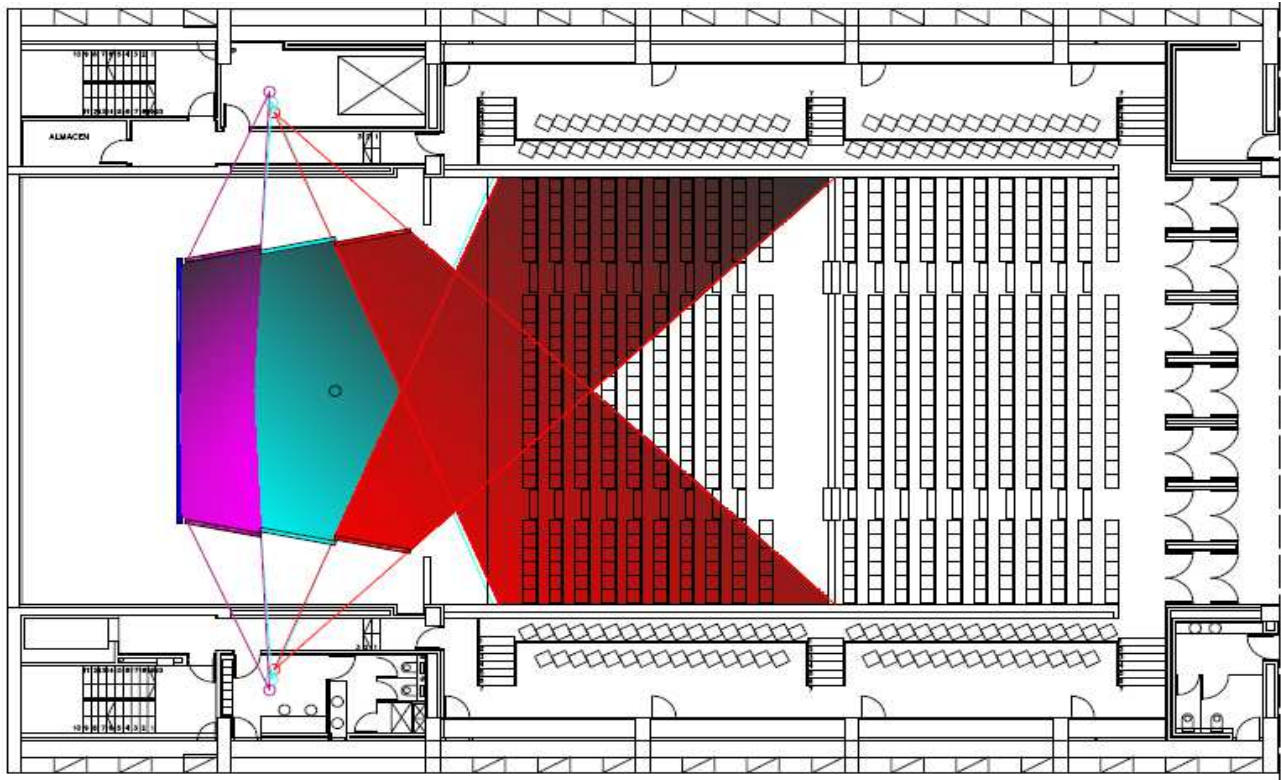


Figura 74. Dimensiones del techo de la concha en sección, y los hombros de escena en planta. Cotas en metros.

En la **Figura 75** se muestran las reflexiones de la concha acústica. Como ya venimos comentando, se puede observar gráficamente que el techo que cubre la concha refleja el sonido en su tramo verde a la totalidad del patio de butacas. Esto es muy favorable, ya que conseguiremos homogeneizar el nivel sonoro en la platea y reforzar aquellas localidades que están más alejadas del escenario y que reciben atenuado el sonido directo. El tramo naranja, refleja a los músicos, de este modo la sonoridad será más envolvente y proporcionará una mejora en la audición entre los propios músicos, solución al problema que venimos manifestando.



**Figura 75.** Sección de la sala con reflexiones del techo de la concha



**Figura 76.** Planta de la sala con reflexiones laterales de los hombros de escena



Nuestra propuesta de mejora incorpora unos laterales móviles a base de bastidores de madera, con contrachapado de madera acabado liso, que cumple con la misma función. Principalmente el panel magenta y cian refleja el sonido hacia los músicos. El último tramo rojo, abarcaría las primeras localidades del patio de butacas que quedaban fuera de las reflexiones laterales estudiadas en el apartado 6.1. Geometría de la sala.

La utilización de tarimas para las últimas filas de músicos podría resultar necesaria a fin de conseguir una buena conjunción entre todos ellos, en especial si se trata de grandes orquestas. Cuando un grupo de músicos situado en la parte posterior del escenario se halla a un nivel más elevado que el resto, el sonido directo emitido por el emisor se propaga más libremente (una separación superior a 8m puede llegar a ser problemática y mucho más si el sonido directo es débil) a la falta de visión directa entre los músicos. En cuanto a la altura de la tarima puede ser relativamente mínima, del orden de 100mm para los instrumentos de madera, y ligeramente superior en el caso de los instrumentos situados en la parte posterior del escenario.

El factor más relevante y que aún no hemos mencionado es que, con la colocación de la concha acústica, estamos reduciendo en gran parte el volumen de la caja de escena. Las grandes dimensiones de este espacio producían la pérdida del sonido ascendentemente, de este modo conseguimos generar un espacio más recogido. Todo está relacionado, si disminuimos el volumen y sustituimos materiales absorbentes (como telones) por superficies reflectantes, contribuimos a aumentar el tiempo de reverberación de la sala.

La caja de escena es la sección de un teatro comprendida entre el proscenio y el escenario, incluyendo las bambalinas y la zona de almacenamiento que sirve para dar lugar a las representaciones. En su parte superior se sitúa el peine de escena, donde penden telones y decorados, por este motivo la caja de escena debe ser superior a dos veces la boca de escena, para albergar sitio suficiente donde almacenar los telones, algo imprescindible en un teatro pero que, como ya hemos visto, origina problemas en un auditorio. La concha acústica que hemos diseñado deberá ser compatible en cuanto a su posible montaje y almacenamiento posterior.

Por último queremos incidir en que, de los tres elementos que forman la concha acústica: Fondo de escena, techo y laterales, el elemento indispensable y por tanto ineludible, es el techo, ya que es la superficie más efectiva y que proporciona primeras reflexiones a los músicos.

Se trata de generar un nuevo espacio dentro de la caja escénica ya existente que se adapte al uso como auditorio y por ello hemos descrito en su totalidad el volumen. Sin embargo, los laterales refuerzan las reflexiones que ya nos aporta el techo de la cocha y por tanto podrían omitirse (Al igual ocurre con el fondo de escena, que únicamente pretende acercar al público el emisor). Recomendamos ejecutar la concha con todos sus elementos, pero como ya hemos dicho, el elemento que realmente aporta una mejora significativa es el techo de la concha. Con esto no queremos decir que el resto de elementos no contribuyan favorablemente, todo lo contrario, nos ayudan a afinar los valores que queremos alcanzar, pero su modificación afecta en menor medida.

## *INSTALACIÓN*

Los paneles laterales y el posterior estarán formados por módulos con una estructura tubular metálica autoportante dotada de ruedas para su transporte y almacenamiento. Estas estructuras deberán estar debidamente contrapesadas de forma que proporcionen la estabilidad y el equilibrio precisados sin necesidad de elementos de soporte adicional. Los diferentes módulos se construirán con una tolerancia suficientemente reducida como para obtener un alineamiento correcto entre todos ellos. La unión entre módulos se realizará de forma rígida mediante el uso de abrazaderas o anclajes que garanticen un ajuste hermético.

Cada uno de los módulos de pared estará formado por una torre o estructura central provista de un sistema telescópico que permita abatir la parte superior hasta una altura adecuada para su almacenamiento. La mitad superior de los paneles laterales se plegará hacia delante (sobre la estructura retráctil del elemento central), mientras que la mitad inferior lo hará hacia atrás, sobre la base de dicho elemento.

Este tipo de estructuras tiene un peso bastante considerable lo que hace que su uso quede condicionado a la existencia de un suelo capaz de soportar cargas elevadas. En nuestro caso, la tarima del escenario se encuentra unida sólidamente con el forjado de hormigón armado, elemento muy resistente. Por otra parte, para facilitar su montaje y almacenamiento es necesario que la superficie sobre la que se apoyen esté correctamente nivelada.

El techo de la concha acústica estará integrado por una serie de paneles modulares. Dichos paneles se suspenderán de las barras escénicas mediante los herrajes y cables apropiados. La disposición de los paneles se adaptará al tipo de configuración utilizada, ya sea para orquesta sinfónica de gran tamaño, orquesta de tamaño medio o conjunto musical de cámara.

Los elementos necesarios para la iluminación del escenario durante los conciertos deberán quedar integrados en la estructura de los diferentes módulos de techo, por lo que deberán realizarse perforaciones para la instalación de focos.

Las superficies interiores de la concha estarán revestidas con materiales muy reflectantes, paneles de madera de haya o similar, de unos 20mm de espesor y de una densidad del orden de 20Kg/m<sup>2</sup>, convenientemente ignifugados con un barniz retardador de llama y acabado en color oscuro acorde con la estética que presenta la sala.

La utilización de paneles de densidad y espesor elevados y el montaje sobre estructuras portantes lo más rígidas posibles, es de gran importancia ya que permite evitar la absorción a bajas frecuencias (característica del uso de paneles excesivamente ligeros que se comportan como resonadores de membrana). Un exceso de absorción a frecuencias bajas introduce coloraciones no deseadas en el sonido reflejado por la superficie de la concha, provocando un desequilibrio tonal y una falta de calidez.

### 7.3. ESTUDIO ECONÓMICO

El estudio económico está dividido en dos valoraciones económicas independientes. Por una parte vamos a presentar el presupuesto del cambio de pavimento y, por otra, la ejecución de la concha acústica. De este modo podremos realizar una comparación entre el coste total de la mejora al completo y una segunda propuesta donde únicamente se incluyen las partidas que presentan una mejora muy significativa en la acústica de la sala.

Para realizar la estimación económica utilizaremos el programa Presto 8.8 y la Base de datos del IVE (Instituto Valenciano de la Edificación), versión vigente de mayo del 2013.

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>1</b>	<b>CAMBIO DE PAVIMENTO</b>			
1.1	<b>RETIRADA DE BUTACAS</b>			
	Desmontaje y retirada de butacas de la sala. Incluso transporte a un almacén para su posterior recolocación, incluso carga y descarga en el transporte.	700ud		
	Descomposición			
	MOOAC 8a h Oficial 1ª carpintería	56,00	19,91	1114,96
	MOOAC 9a h Oficial 2ª carpintería	56,00	18,63	1043,28
				<b>2158,24 €</b>
1.2	<b>RETIRADA DE MOQUETA</b>			
	Retirada del pavimento de la sala, moqueta de 3mm de espesor adherida solidamente a la estructura auxiliar de madera que forma el peldaño del patio de butacas sobre estructura metálica y forjado inclinado de hormigón armado, incluyendo limpieza y transporte del material a una base de reciclado.	679,35m2		
	Descomposición			
	MOOA. 8a h Oficial 1ª construcción	32,00	20,82	666,24
	MOOA12a h Peón ordinario construcción	32,00	19,89	636,48
	Total cantidades alcanzadas			<b>1302,72 €</b>
1.3	<b>COLOCAR EL PAVIMENTO</b>			
	Pavimento de linóleo de espesor 2,5mm, a base de aceite de linaza oxidado, resinas, harina de madera y corcho y colorantes minerales, con soporte de yute y estructura marmoleada, acabado de ceras acrílicas, U3P3, resistencia al fuego Cfl-S1 según R.D. 312/2005, suministrado en rollos, colocado con capa de pasta alisadora sobre base perfectamente nivelada, tomado con adhesivo unilaterial, incluso eliminación de restos y limpieza, según NTE/RSF-5.			
	Descomposición			
	MOOA. 8a h Oficial 1ª construcción	0,3	20,82	6,25
	MOOA12a h Peón ordinario construcción	0,3	19,89	5,97
	PRFS11ad m2 Rollo linóleum marmorea 2,5mm	1,10	12,36	13,60
	PBUA.4a Kg Adhesivo unilaterla p/pav flx	0,28	5,49	1,54
	PRWW30a Kg Pasta alisadora p/pav flexible	2,00	0,6	1,20
	Total cantidades alcanzadas	679,35		
		679,35	28,55	<b>19392,86 €</b>
1.4	<b>MONTAJE DE BUTACAS</b>			
	Montaje de butaca reutilizada en sala, incluso transporte, carga y descarga, incluso reparación de elementos deteriorados, incluso parte proporcional de tornillería y medios de anclaje completamente terminado.	700ud		
	Descomposición			
	MOOAC 8a h Oficial 1ª carpintería	50,00	19,91	995,5
	MOOAC 9a h Oficial 2ª carpintería	50,00	18,63	931,5
	% Rotura y reposición	0,2		385,40
				<b>2312,40 €</b>



TOTAL CAPÍTULO 1.....	<b>25166,22</b>
<b>PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL</b>	
13% Gastos generales.....	3271,61
6% Beneficio industrial.....	1509,97
Suma.....	<b>4781,58</b>
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA</b>	
21% IVA.....	6289,04
<b>PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN</b>	
	<b>36236,84 €</b>

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de TREINTA Y SEIS MIL DOSCIENTOS TREINTA Y SEIS EUROS con OCHENTA Y CUATRO céntimos

**Figura 77.** Presupuesto del cambio de pavimento con mediciones y descompuesto

A continuación realizaremos el estudio económico de la concha acústica. Por tratarse de un elemento constructivo muy específico y construido expresamente para cada sala, no nos ha sido fácil determinar exactamente su coste. Por ello hemos requerido la ayuda de José María Forteza y Esther Mollar Bort, gerente y arquitecto, respectivamente de la empresa Arquison, un Estudio de Arquitectura e Ingeniería Acústica con amplia y sólida experiencia en este campo.

La estimación del precio de una concha acústica móvil oscila entre 200 €/m<sup>2</sup> a 250 €/m<sup>2</sup>, incluyendo el material, los herrajes, la instalación, el sistema de elevación etc...

UNIDADES	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
----------	-------------	----------	--------	---------

**TECHO CONCHA ACÚSTICA**

m2 Dos paneles de techo de concha acústica de escena de dimensiones 4,40x10,00m compuesta por una estructura de aluminio mecanizada como soporte de los paneles de tablero contrachapado de 19mm acabado en haya con barniz ignífugo. Incluido disposición de anclajes a los tiros motorizados. Incluido sistema de iluminación mediante proyectores multipar de 575W y electrificación de los mismos. Incluido dos cortes motorizados en peine de escena y sistema de control de los mismos, individual en peine y colectivo en el escenario. Incluido dos cortes motorizados de cuatro tiros, para una carga máxima de 500 a 1000Kg. Incluido bancada del motor formada por una chapa plana, para ser montada sobre un perfil metálico, con anclajes a base de cuñas. Incluido dos dobles varales de 10m longitud para el soporte de paneles, proyectores y barras electrificadas. Formado por doble tubo de hierro de 48x2mm separados entre si 25cm mediante dos pasamanos de 50x5mm para cada tramo de 5m, mechones de unión en tubo de hierro de 42x2mm con doble tornillo y tuerca de seguridad. Incluido tornillería y bridas de enganche necesarias para cable de acero coincidiendo con cada tiro. Acabado pintado negro mate.

97,81    250,00    24452,5 €



Ud Motor trifásico con freno, doble reductor, uno de engranajes más otro irreversible de tornillo sin fin, eje de tubo con acoplamiento flexible para la transmisión, cuatro bombos estriados para la recogida de los distintos cables de acero, caja con sistema de ajuste de los finales de carrera de máximo y mínimo. Incluido 110m de cable galvanizado de 6mm anti-giratorio, tensores de ajuste para cada tiro, argollas de sujeción tensor-barras, guardas, cierra cables y tornillería de montaje incluido. Incluido dos controladores digitales individuales para motores convencionales. Incluido pulsadores de subida y bajada en modo local, para el motor asociado, display de 2 dígitos de 7 segmentos para la visualización de la dirección del motor dentro del carril, dos conmutadores rotativos para la selección de la dirección del motor, seta de emergencia para paro total, una tuerca nutser de 6mm para poder colgarlo mediante un gancho, conectores xlr-7 (7 pins) macho y hembra para entrada y salida de señal, entrada de alimentación trifásica 380V 50Hz, salida de alimentación hacia el motor 380V 50Hz. Incluido instalación eléctrica, todo el material necesario y el subcuadro de protección necesario. Incluido soporte de sujeción y pequeño material para realizar la instalación. Incluido la realización de los ajustes necesarios y puesta en marcha a cargo de personal especializado.

4 2000,00 8000 €

**TOTAL TECHO DE CONCHA ACÚSTICA..... 32452,5 €**

#### FONDO DE ESCENA

m2 Panel de fondo de concha acústica de escena de dimensiones 10,00x5,00m y compuesto por una estructura de aluminio mecanizada con soporte de paneles de tablero contrachapado de 19mm acabado en haya con barniz ignífugo. Incluido soporte de sujeción y pequeño material para realización de instalación.

50 200,00 10000 €

**TOTAL FONDO DE CONCHA ACÚSTICA..... 10000 €**

#### LATERALES

m2 Torre lateral de techo de concha acústica de escena formada por 6 paneles (3 en cada lado, según plano) de 2,65m de dimensión compuesta por una base metálica soporte de una estructura de trillite de aluminio que sustenta los paneles centrales y actúa como bisagra de los laterales. Los paneles serán de tablero contrachapado acabado en haya con barniz ignífugo. La base de la torre estará contrapesada para evitar el vuelco y/o balanceo de la misma. Para su almacenamiento incluirá una parte inferior desmontable para poder introducir una torre dentro de otra con un sistema móvil de ruedas. Incluido soporte de sujeción y pequeño material para realizar la instalación. Incluido ajustes necesarios por personal especializado.

95,74 225,00 21541,5 €

**TOTAL LATERAL DE CONCHA ACÚSTICA..... 21.541,50 €**



PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	<b>63994,00 €</b>
13% Gastos generales.....	8319,22
6% Beneficio industrial.....	3839,64
Suma.....	<b>12158,86</b>
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA	<b>76152,86 €</b>
21% IVA.....	15992,10
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	<b>92144,96 €</b>

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de NOVENTA Y DOS MIL CIENTO CUARENTA Y CUATRO EUROS con NOVENTA Y SEIS céntimos

**Figura 78.** Presupuesto de la concha acústica

Académicamente la intervención de mejora que proponemos es muy completa, pero en este apartado donde estudiamos económicamente la viabilidad del proyecto no podemos obviar la situación económica en la que se encuentra actualmente la administración del Centro Cultural La Rambleta.

Por ello dividimos el presupuesto en tres fases:

- En primer lugar el cambio del pavimento porque resulta indispensable para aumentar el tiempo de reverberación propio de una sala polivalente y la ejecución del techo de la concha acústica pues sería muy necesaria para incrementar las reflexiones del sonido en la sala. Al tratarse de un techo de tableros suspendidos en el peine de escena necesitamos disponer de un sistema de elevación, motores de carga puntual que incrementan el coste, pero conociendo que la Rambleta dispone únicamente de poleas manuales, consideramos que ésta será una inversión necesaria y que, además, se utilizará para otros fines.
- En una segunda fase se ejecutaría el fondo de escena, donde se limitan las dimensiones del escenario, reduciendo el volumen de la carga de escena y aumentando la capacidad de almacenaje. Es el elemento más económico por tratarse de una pieza única y fija.
- Por último, en la tercera fase, incluimos los laterales de la concha de escena. Su coste no sería tan elevado como el techo de la concha pero al tratarse de paneles móviles que se despliegan y que poseen una estructura autoportante, elevaría en un mínimo porcentaje el coste del panel de fondo.

	PROPUESTA DE MEJORA	PEM	PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	TOTAL	
PROPUESTA 1	Cambio de pavimento	25.166,22 €	36.236,84 €	<b>128.381,80 €</b>	
	Concha acústica	Techo	32.452,50 €		92.144,96 €
		Fondo	10.000 €		
		Laterales	21.541,50 €		

	PROPUESTA DE MEJORA	PEM	PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	TOTAL
PROPUESTA 2	Cambio de pavimento	25.166,22 €	36.236,84 €	<b>82.965,19 €</b>
	Techo concha acústica	32.452,50 €	46.728,35 €	

**Figura 79.** Comparación económica

El presupuesto de la intervención completa asciende a 128.381,80€. Ahora bien, teniendo en cuenta el escaso presupuesto y optimizando al máximo los recursos, se podrá ejecutar la primera fase (cambio del pavimento y techo de la concha) obteniendo una mejora muy significativa y reducir el coste a **82.965,19 €**.



### 7.4. SIMULACIÓN DE LA INTERVENCIÓN DE MEJORA

Siguiendo las mismas indicaciones descritas en el apartado 6.2. *Utilización del software*, vamos a realizar la simulación virtual de la sala, pero esta vez incorporando las mejoras de nuestra intervención. De este modo podremos analizar los resultados obtenidos y corroborar que la problemática que presentaba la sala se resuelve con las mejoras que hemos incorporado. Esta práctica es muy beneficiosa porque permite conocer, con bastante exactitud, el comportamiento acústico de la sala sin necesidad de ejecutar modificación alguna “in situ”. Con la simulación virtual que realizamos del estado actual y esta segunda simulación, con las mejoras incluidas, podremos comparar los parámetros de calidad.

El primer paso es realizar un modelado en 3D de la sala incorporando la concha acústica. Para ello utilizaremos el programa Cad y la función que ya conocemos “3d cara”.

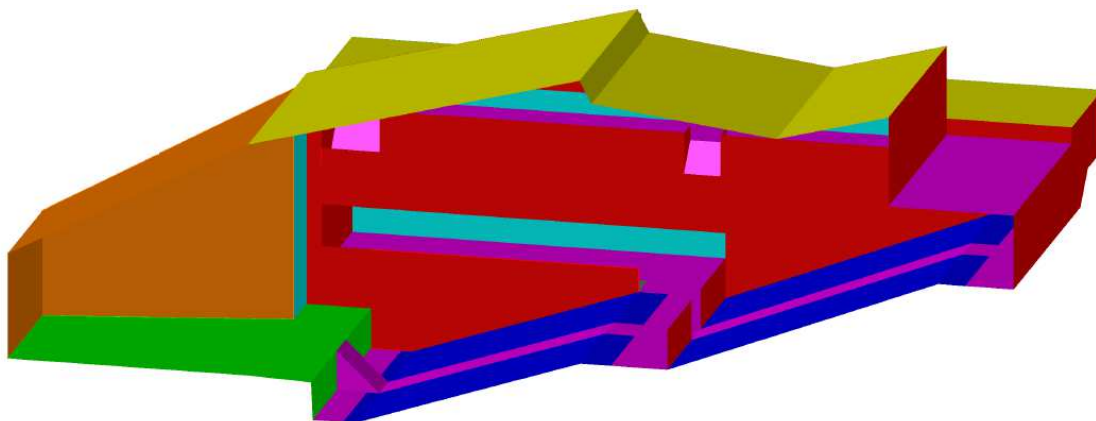


Figura 80. Modelo en 3D de la sala con la concha

Antes de continuar, debemos generar en nuestra base de datos -dentro del listado de materiales- un nuevo material con el coeficiente de absorción del linóleo, vidrio y el contrachapado de madera.

MATERIALES		COEFICIENTES DE ABSORCIÓN					
		FRECUENCIAS (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
CONCHA	Panel de madera rígido con gran cavidad de cámara de aire al dorso	0,05	0,5	0,7	0,53	0,4	0,46
ESCENARIO	Parqué encima de hormigón	0,05	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
TECHO	Hormigón pintado	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
SUELO	Linóleo 2,5mm adherido solidamente	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
BUTACAS	Sillas vacías con alto porcentaje de superficie tapizada	0,88	0,79	0,73	0,84	0,83	0,79
VENTANAS	Vidrios pesados luna grande	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
LATERALES	Tablero de cartón yeso de 13 mm con cámara aire en el dorso sujeto por perfiles 5 x 10 cm interdistaniciados 40 cm	0,29	0,1	0,05	0,04	0,07	0,09

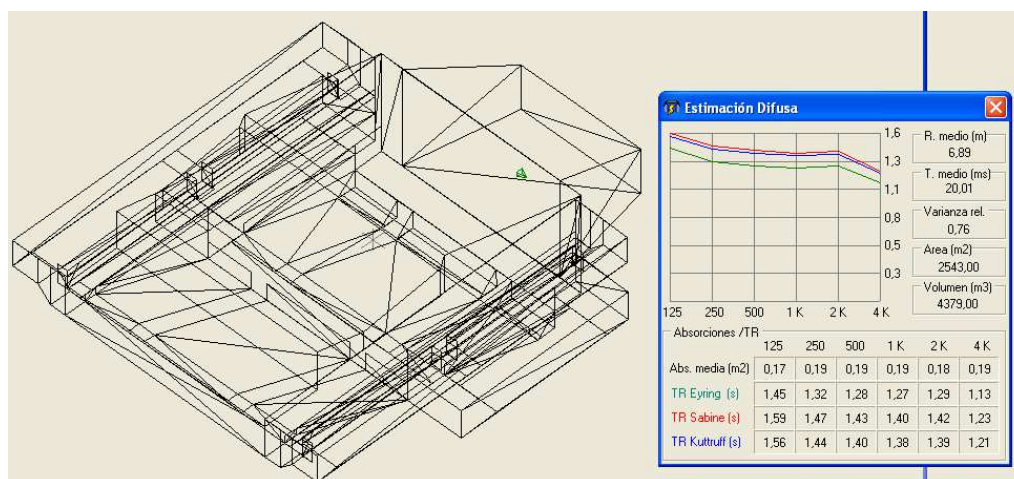
Figura 81. Tabla de materiales utilizados en la intervención de mejora. Coeficiente de absorción

Como ya hemos comentado anteriormente, adaptando la sala a un uso musical no se requiere de tanta oscuridad y por este motivo, aprovechando la superficie reflectante de las ventanas, vamos a mantener plegadas las cortinas y permitir que entre la luz natural.

El procedimiento en este caso se modifica ligeramente. Cuando asignemos cada superficie al material correspondiente hay dos opciones: Bien asignamos a todas las superficies de una capa el mismo material de forma rápida o asignamos cada material a una determinada superficie.

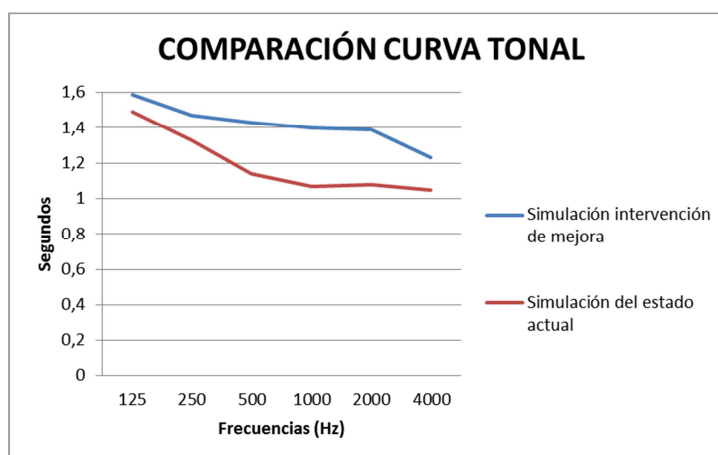
En nuestro caso hemos creado una capa, llamada cortinas, que se ubica en algunos parámetros de la caja de escena y en las ventanas de la parte posterior de los anfiteatros. Pues, a diferencia de la simulación del estado actual en el que utilizamos el primer método explicado para asignar materiales, en este caso es preciso que utilicemos el segundo método. Asignaremos a la capa cortinas el material correspondiente, excepto a las superficies que formen las ventanas. Éstas serán asignadas una a una con el nuevo material de vidrio. El resultado debe ser que, dentro de una capa existan superficies con diferentes materiales asignados. El resto de superficies las asignaremos con el método convencional ya que todas las superficies de la capa poseen los coeficientes de absorción del mismo material.

Antes de calcular los puntos de la cuadrícula en el escenario y en el patio de butacas, realizamos una pequeña prueba en el punto medio de la platea. Se trata de modificar el valor de los coeficientes de absorción de los nuevos materiales para ajustar la curva tonal a nuestras necesidades.



**Figura 82.** Arriba software curva tonal en el punto medio del patio de butacas. Abajo, comparación curva tonal estado actual con la intervención de mejora.

Podemos observar que la curva tonal alcanza valores más elevados, por lo que ya adelantamos que el tiempo de reverberación ha aumentado considerablemente. Si comparamos la curva tonal que obtuvimos en la simulación virtual del estado actual de la sala con los resultados de la concha acústica, podemos observar que esta segunda curva es más homogénea en sus frecuencias medias, casi rectilínea, y ligeramente superior en frecuencias bajas que en las agudas.





## 7.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

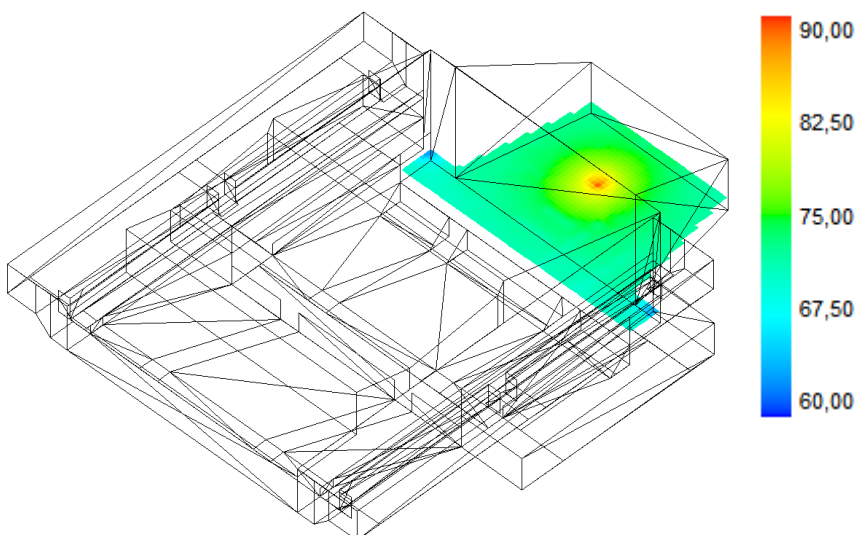
Una vez hemos simulado el 3d con la concha acústica y el cambio de material en el pavimento de la sala, el programa de simulación acústica obtiene los resultados en cada punto del patio de butacas y del escenario donde llega un rayo sonoro.

Los datos que vamos a analizar son: El nivel de presión sonora, el tiempo de reverberación y la claridad en la sala, comparando el estado actual de la sala con la propuesta de intervención, así podremos interpretar si realmente existe o no mejora en la intervención que hemos propuesto.

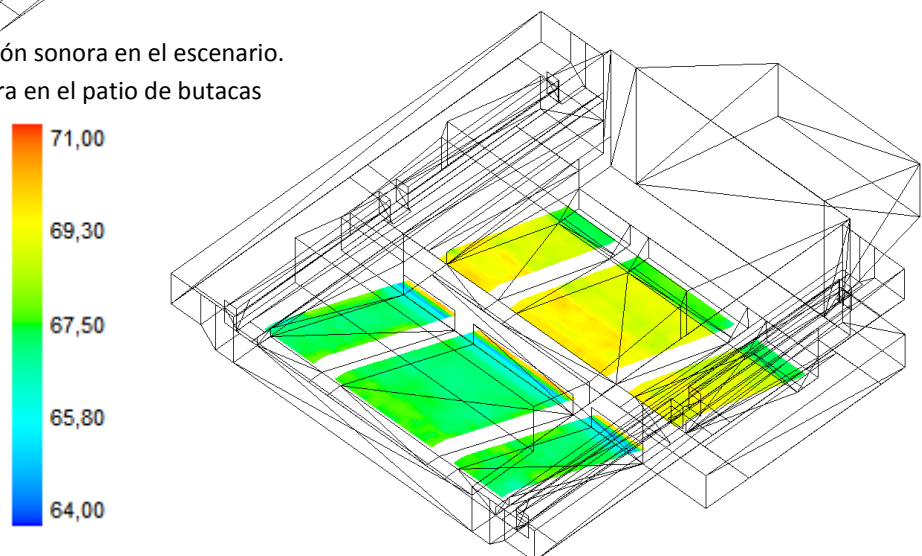
### *NIVEL DE PRESIÓN SONORO*

El primer valor que vamos a analizar es el nivel de presión sonora a frecuencias de 1000Hz (el software obtiene los valores a todas las frecuencias pero para el análisis e interpretación de parámetros vamos a utilizar la frecuencia media a 1000 Hz como la más representativa).

El mapa de niveles se representa mediante una escala de colores. Según el valor sea más elevado se alcanzan colores naranjas y rojos, por el contrario, si el nivel tiene un valor inferior los tonos son verdes y azulados.



**Figura 83.** Arriba, niveles de presión sonora en el escenario.  
Derecha, niveles de presión sonora en el patio de butacas



En la **Figura 83**, podemos observar que los niveles alcanzados en el escenario varían entre 60 y 90dB, muy similares a la simulación del estado actual (60 a 80dB). Esta dispersión continúa siendo elevada para una superficie tan reducida pero podemos concretar que, a excepción del centro del escenario donde se encuentra situada la fuente sonora, el resto de superficie oscila homogéneamente entorno a los 70 - 75dB, un nivel óptimo para la correcta audición.

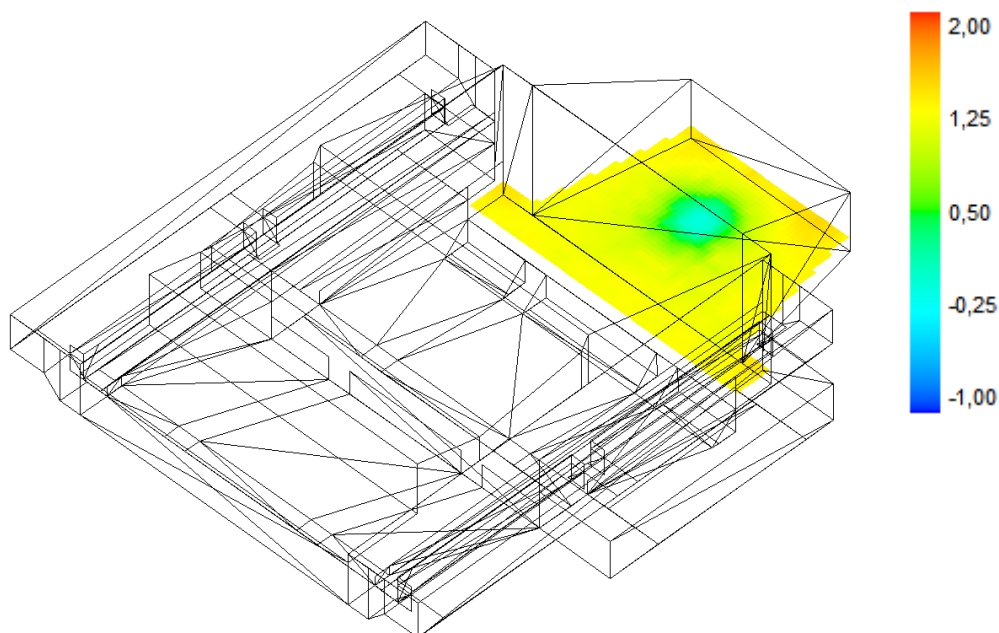
En el patio de butacas los niveles alcanzados son menores, entre 64 y 70dB, con relativa heterogeneidad agudizada en los tramos completamente horizontales. A medida que nos acercamos al fondo de la sala los niveles sonoros van disminuyendo y es lógico pensar que, a medida que la distancia a la fuente sonora va aumentando, el sonido directo se recibe con menor intensidad.

### ***TIEMPO DE REVERBERACIÓN***

Para medir el tiempo de reverberación, el programa de simulación acústica calcula los tres parámetros que están más relacionados, el EDT, TR20 y TR30, dependiendo del tiempo de caída como ya hemos comentado.

El mapeo se representa mediante una escala de colores, como ya hemos visto, en la frecuencia de 1000 Hz que nos aporta la información más similar a la sensación que percibe el oído humano.

Como muestra la siguiente figura, los valores del EDT en el escenario son bastante uniformes, alrededor de 1,25s en casi toda la superficie, a excepción del centro del escenario donde se sitúa la fuente sonora, como ya hemos explicado anteriormente. Con un valor inicial de 1s aproximadamente, el EDT se ha visto aumentado en gran parte por la presencia del techo de la concha acústica que potencia las reflexiones de los músicos en el escenario evitando que el sonido se pierda en la caja escénica. Esta mejora es fundamental, ya que los valores obtenidos se aproximan a las recomendaciones de uso de sala de conciertos con un tiempo de reverberación de 1,3s.



**Figura 84.** EDT en el escenario

Los resultados muestran un mapeo muy heterogéneo en lo que se refiere al patio de butacas. La pendiente en las localidades ayuda a acercar el público al emisor, siendo éste un recurso muy utilizado en salas de prestigio, pero en nuestro caso concreto existen localidades -en la primera y última fila- que no siguen este patrón.

A diferencia del estado actual ahora alcanza una media de 1s. Hemos conseguido aumentar el EDT a 1,35s en el 75% de la superficie por tanto, al prolongarse el sonido durante mayor tiempo, eliminamos la sensación de “sequedad” que manifestaban muchos espectadores/as.

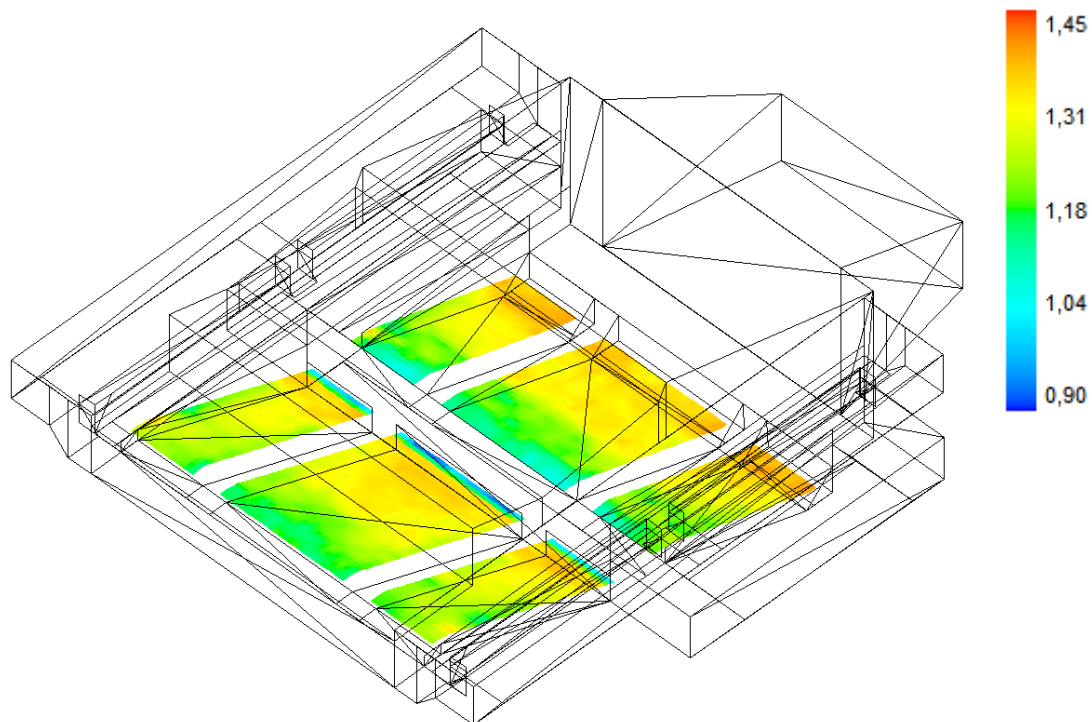
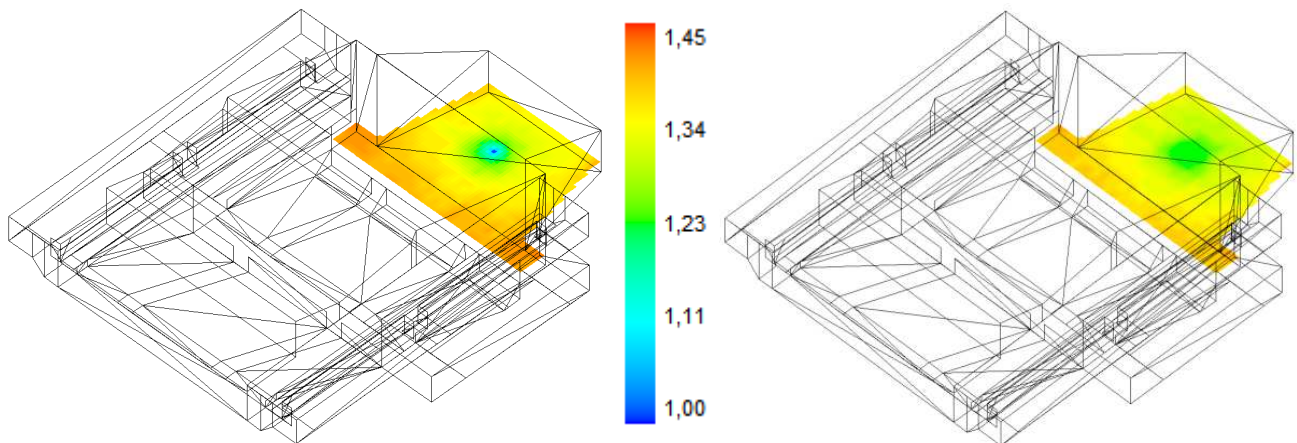


Figura 85. EDT en el patio de butacas

Aportamos los mapeos de los parámetros TR20 y TR30, respectivamente. La escala utilizada es la misma que el resto de parámetros, se utiliza una escala de colores que representa los cálculos obtenidos a la frecuencia de 1000Hz.

Para la simulación hemos dividido la sala en dos zonas: El escenario donde actúan los músicos, y el patio de butacas donde se ubican los espectadores/as. Con esta diferenciación queremos determinar con exactitud el alcance de la concha acústica y si existe una mejora notable. Con el cambio de pavimento hemos conseguido aumentar el tiempo de reverberación para adaptarnos a una sala polivalente y con la concha acústica se pretende homogeneizar los valores de los diferentes parámetros mejorando con ambas intervenciones el acondicionamiento acústico de la sala.

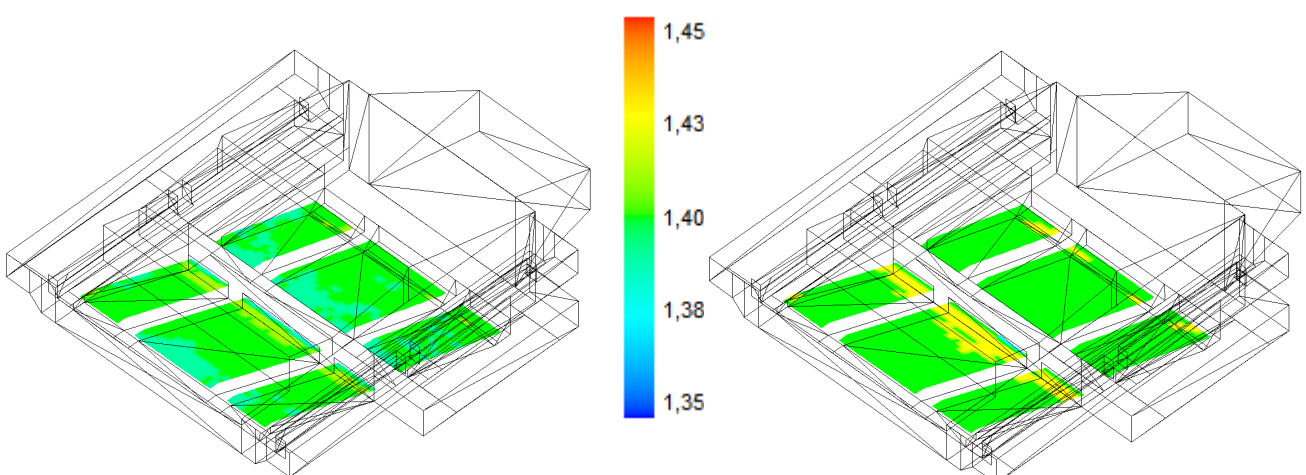


**Figura 86.** Izquierda, TR20 en el escenario. Derecha, TR30 en el escenario

Hemos utilizado la misma escala numérica para poder comparar los mapeos entre los dos parámetros. El tiempo de reverberación TR20 es más heterogéneo que el TR30, como es normal. La primera caída de 20dB describe una gráfica más pronunciada. A medida que aumentamos la caída de decibelios este decrecimiento se estabiliza, como observamos en el TR30, presentando valores más parejos. Cabe destacar que todos resultados obtenidos presentan resultados numéricos por encima de la unidad.

En la **Figura 87.** observamos que los resultados obtenidos son muy semejantes en ambos parámetros. El único detalle relevante, como ya hemos comentado, es esa pequeña variación que existe en la primera y última fila de cada tramo que, con una desviación de tan sólo 0,02s, resulta despreciable.

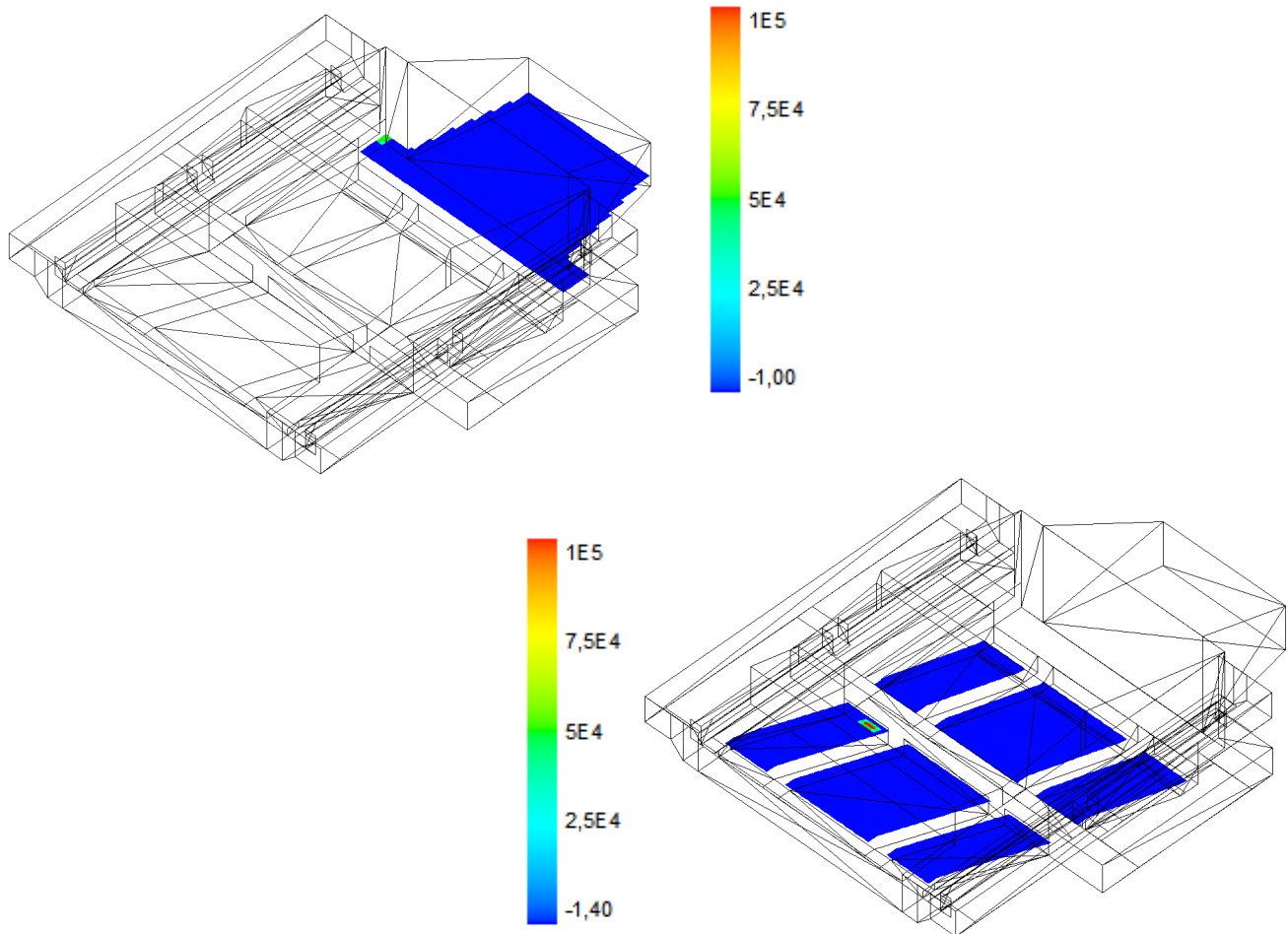
El resultado es muy favorable, con la concha acústica hemos conseguido reflejar las ondas sonoras homogéneamente en el patio de butacas y permitir una audición favorable en todas las localidades.



**Figura 87.** Izquierda, TR20 en el patio de butacas. Derecha, TR30 en el patio de butacas

### CLARIDAD

Se dice que una sala tiene buena claridad cuando la acústica permite distinguir la separación entre los diferentes sonidos individuales integrantes en una composición musical. Las reflexiones que llegan al oyente en los primeros 80ms son integradas por el oído junto con el sonido directo y, por tanto, contribuyen a aumentar la claridad musical.



**Figura 88.** Izquierda, CLARIDAD en el escenario. Derecha, CLARIDAD en el patio de butacas

Hemos respetado las indicaciones de Beranek, quien recomienda para sala vacía que el valor medio de la claridad correspondiente a 1000Hz se sitúe preferentemente entre  $-4 < C_{80} < 0$ db, evitando valores superiores a +1dB.

Como observamos en el mapeo superior los valores son, en ambos casos, negativos por lo que la claridad de la sala excelente. La claridad es un parámetro altamente relacionado con el tiempo de reverberación, tal dependencia se manifiesta con los resultados obtenidos. El estado actual de la sala reflejaba un exceso de claridad y en la simulación de la intervención de mejora hemos comprobado que el valor  $C_{80}$  disminuye a medida que el TR aumenta, creando una sala más viva. También cabe destacar que la claridad musical no sólo depende de la relación energética que da origen a su definición, sino que también es función de una serie de factores puramente musicales, así como de la habilidad y virtuosismo de los intérpretes.

Por último, con los resultados que nos ha proporcionado el programa de simulación acústica vamos a realizar una comparativa entre los valores obtenidos en la simulación del estado actual de la sala y los calculados en la intervención de mejora.

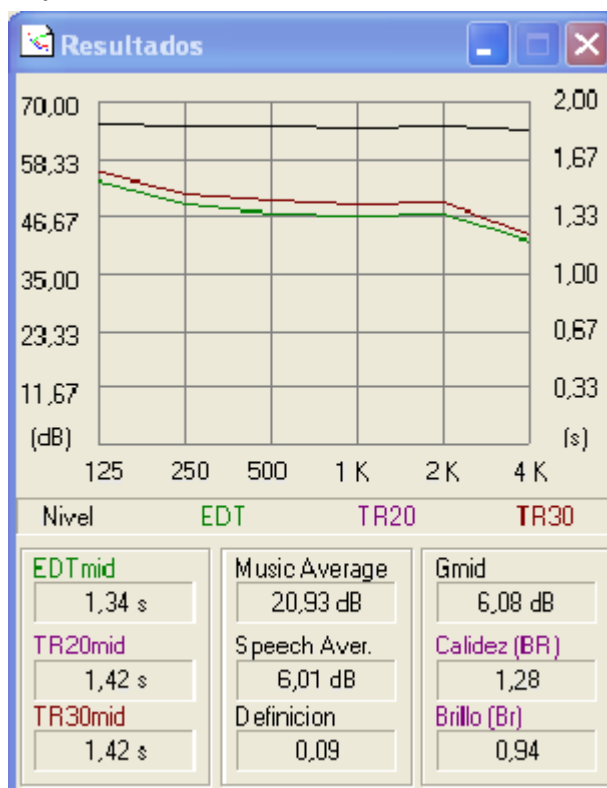


Figura 89. Tabla y gráfica con los resultados obtenidos en la simulación virtual de la intervención de mejora

PARÁMETROS	MEDICIÓN IN SITU	SIMULACIÓN ESTADO ACTUAL	SIMULACIÓN INTERVENCIÓN DE MEJORA
EDT mid	1,07	1,07	1,34
TR20 mid	1,2	1,1	1,42
TR30 mid	1,22	1,1	1,42
BRILLO	0,94	0,96	0,94
CALIDEZ	1,28	1,36	1,28

Figura 90. Tabla comparativa parámetros acústicos

Como conclusión destacaremos el hecho de haber mantenido los valores iniciales que presentaba la sala en cuanto al brillo y calidez: El brillo  $1s \leq 0,94s \geq 0,87s$  cumple a la perfección con las recomendaciones establecidas y la calidez de 1,28s se encuentra en la media que recomiendan para una sala destinada a la audición musical con valores comprendidos entre  $1,10 \geq BR \geq 1,45s$ .

Resulta más fácil acondicionar una sala por exceso de tiempo de reverberación –cuya solución es añadir material absorbente- que por defecto. Sin embargo, en nuestro caso, el tiempo de reverberación era inferior al recomendado y resultaba más complicado alcanzar los valores óptimos de audición. El cambio de material del pavimento y la ejecución de una concha acústica nos permite obtener 1,34s de tiempo de reverberación, valor muy favorable para una sala polivalente como la nuestra.





## 8. AISLAMIENTO ACÚSTICO DE LA CAFETERÍA







## 8. AISLAMIENTO ACÚSTICO DE LA CAFETERÍA

### 8.1. OBJETIVO

Cuando se habla de aislamiento acústico se hace referencia al conjunto de materiales, técnicas y tecnologías desarrolladas para aislar o atenuar el nivel sonoro en un determinado espacio. Aislar supone impedir que un sonido penetre en un medio o que salga de él y para conseguirlo se utilizan tanto materiales absorbentes como materiales aislantes. Al incidir la onda acústica sobre un elemento constructivo una parte de la energía se refleja, otra se absorbe y la restante se transmite al otro lado. El aislamiento que ofrece el elemento es la diferencia entre la energía incidente y la energía transmitida, es decir, equivale a la suma de la parte reflejada y la parte absorbida.

Se trata de reducir el ruido aéreo y que la energía transmitida a través del obstáculo sea la mínima. En nuestro caso, la cafetería presenta una deficiencia en su aislamiento, los vecinos de edificaciones próximas han manifestado en numerosas ocasiones que cuando el local representa su programación los niveles sonoros emitidos al exterior son demasiado elevados y producen molestias durante las horas de descanso del vecindario.

El objetivo de la medición del aislamiento *"in situ"* de la cafetería es conocer con exactitud el aislamiento de la fachada del nivel 0 y del hall del Centro Cultural La Rambleta para comprobar si realmente se encuentra fuera de los límites que exige la normativa en su CTE.

### 8.2. MEDICIÓN "IN SITU" DEL AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO

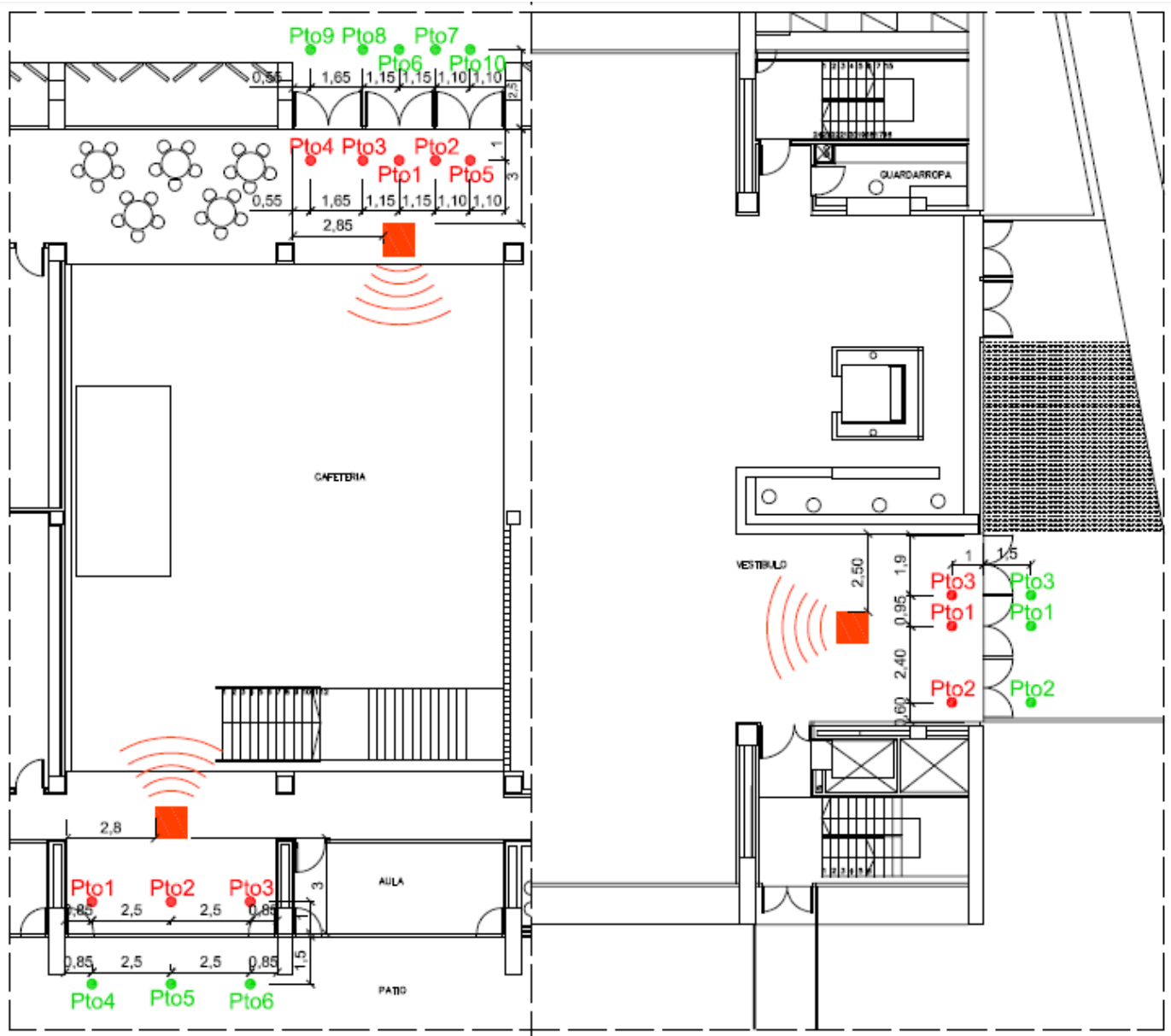
#### 8.2.1. DESCRPCIÓN DE LA MEDICIÓN

Los aparatos utilizados para realizar la medición fueron la fuente sonora y el sonómetro integrador descritos en el apartado 5.1. Instrumentación del presente proyecto.

La medición se llevará a cabo siguiendo la norma UNE-EN ISO 140-5 aplicada para el aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Se utilizará el método global del altavoz descrito en el apartado 5.7 de la mencionada norma.

En primer lugar mantuvimos una reunión con el tutor en su despacho para marcar sobre el plano en planta los puntos que posteriormente íbamos a medir *"in situ"*. Con el fin de simplificar la medición acordamos fijar nuestra atención sobre el perímetro de la cafetería por sus elementos constructivos más desfavorables dividiéndolo en tres zonas: La fachada Este que recae al patio interior del nivel 0, la fachada Oeste por la puerta de acceso al Parque La Rambleta, y la fachada Norte que corresponde a la entrada y al hall del edificio.

La medición se realiza desde el interior del recinto hacia el exterior. En el local emisor se pretende crear un campo difuso, campo acústico en el que gran número de ondas reflejadas, provenientes de todas direcciones, se combinan de manera que la densidad media de energía resulte uniforme en cualquier punto de dicho campo. Ubicamos la fuente sonora en el interior de la cafetería a 3 m de la fachada que se pretende medir, le acoplamos un accesorio especial en forma de cono que simula el campo difuso y lo orientamos en la dirección opuesta al parámetro que queremos medir. Las mediciones se realizarán a 1 m del parámetro en el interior y a 1,5 m en el exterior.



102

Planta Nivel 0

Planta Nivel 1

- Fuente sonora
- Emisor con fuente sonora en marcha
- Receptor con fuente sonora en marcha

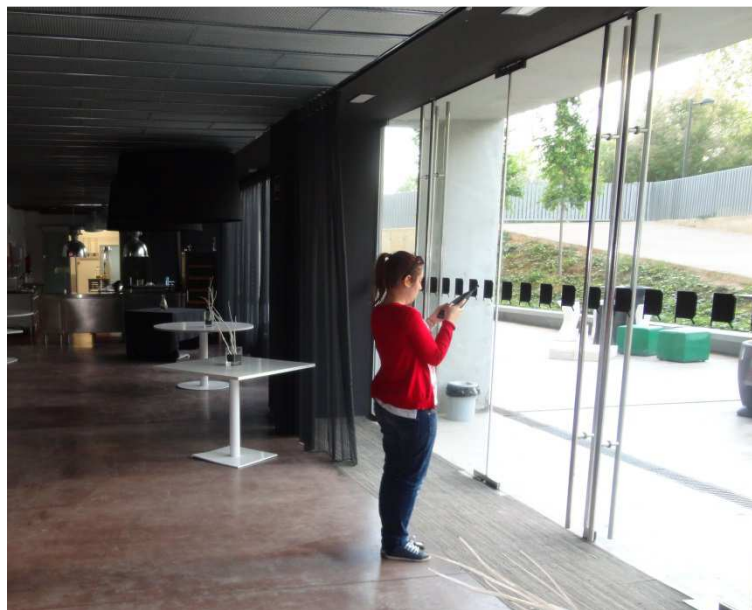
Figura 91. Distribución de puntos para la medición del aislamiento

La fuente emite un ruido rosa que nos permite conocer datos sobre el comportamiento acústico de la sala. Este ruido está caracterizado por una densidad espectral inversamente proporcional a la frecuencia. Todas las bandas de octava tienen el mismo nivel sonoro, lo cual es cierto dado que el ancho de banda de las bandas superiores es mayor que el de las inferiores. Esto ocurre porque cada vez que bajamos una octava, duplicamos el ancho de banda y por ese motivo el ruido rosa decrece 3 dB por octava, justo la proporción en que aumenta el ancho de banda, el doble.



**Figura 92.** Configuración de la fuente sonora durante la medición del aislamiento

Según la norma UNE-EN ISO 140-4 medimos en el interior del recinto con la fuente en marcha el valor L1, valor definido como: [1] *“Diez veces el logaritmo decimal del cociente entre la media, temporal y espacial, de los cuadrados de las presiones en la superficie y el cuadrado de la presión de referencia. La media espacial debe comprender la totalidad de la superficie en ensayo, incluyendo los efectos de reflexiones de la muestra y fachada. Se expresa en decibelios”.*



**Figura 93.** Medición L1 en fachada Oeste

A continuación medimos en el exterior con la fuente en marcha el valor L2, definido éste por la norma como: [2] *“Diez veces el logaritmo decimal del cociente entre la media, temporal y espacial, de los cuadrados de las presiones en la superficie y el cuadrado de la presión de referencia. La media espacial debe extenderse a la totalidad del local, con excepción de aquellas partes en las que la radiación directa de la fuente de ruido o en el campo próximo de las superficies límites (paredes, ventanas, etc.) tengan una influencia significativa. Se expresa en decibelios”.*

[1][2] Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición *"in situ"* del aislamiento al ruido aéreo entre locales. (ISO 140-4:1998).



Figura 94. Medición L2 en fachada Oeste

Una vez medidos los espectros en el emisor L1 y el receptor L2, desconectamos la fuente sonora y medimos el ruido de fondo B2 en el exterior. En nuestro caso el ruido de fondo está producido por el tráfico de vehículos, animales como pájaros y perros que se encuentran en el parque próximo e incluso las conversaciones de los propios viandantes. Si el ruido de fondo es demasiado elevado puede tener efectos negativos a largo plazo como la fatiga o el descenso de eficacia auditiva. Este tercer valor nos servirá para corregir el aislamiento bruto caso de ser necesario.

Por último mediremos el tiempo de reverberación T2 en el interior de la sala evaluando la absorción mediante la fórmula de Sabine, físico que nació en 1869 y murió en 1919. Wallace Clement Sabine creó en Riverbank, la parte oeste de Chicago, la fórmula conocida como la Fórmula Sabine  $T=0,16V/A$  demostrando con ella la relación entre el tiempo de reverberación, el volumen de la habitación ( $m^3$ ) y la absorción (A).

### 8.2.2. CÁLCULO DEL AISLAMIENTO

Para el cálculo del aislamiento de la cafetería hemos dividido los diferentes cerramientos en tres zonas. En primer lugar, y como muestra la **Figura 71**, vamos a medir la planta nivel 0, su fachada Este recaía al patio interior y la Oeste a la terraza de la cafetería. Y en la planta nivel 1 la entrada al edificio y su fachada Norte que recae al vestíbulo del edificio.

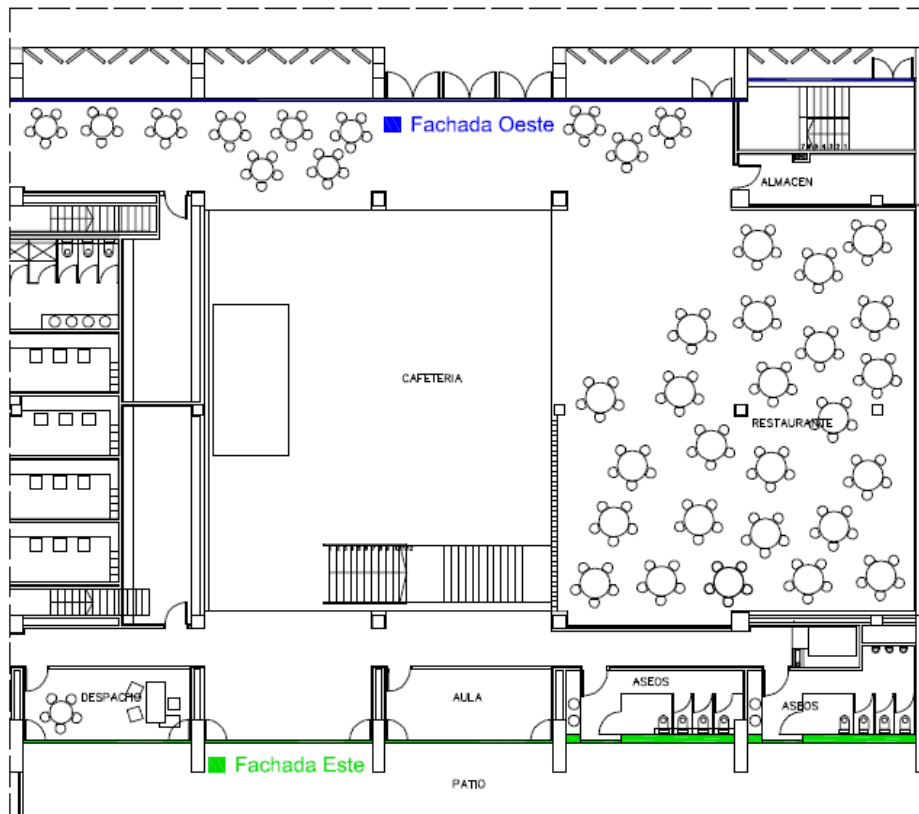
Para el cálculo del aislamiento bruto (D) entre recintos utilizaremos la fórmula  $D = L1 - L2$  según nos marca la norma UNE-EN ISO 717-1 para, posteriormente, comparar los valores obtenidos con la exigencias del CTE.

Según la norma UNE-EN ISO 140-5, si la diferencia entre el ruido de fondo y el nivel del ruido transmitido con la fuente sonora en funcionamiento es menor de 10dB será necesario realizar las siguientes correcciones:

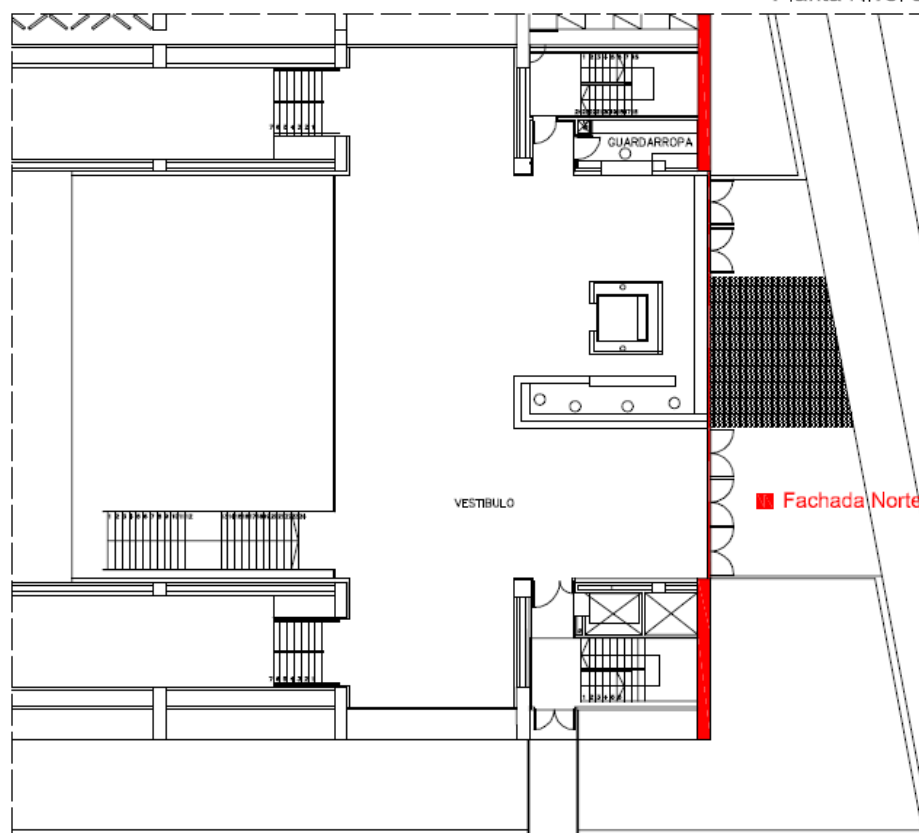
- Si la diferencia entre ambas es inferior a 10 dB, pero mayor a 6 dB aplicaremos la siguiente fórmula:

$$L = 10 \lg (10^{L_w/10} - 10^{L_f/10}) \text{ dB}$$

- Si la diferencia es menor o igual a 6 dB utilizamos la corrección de 1,3 dB.



Planta Nivel 0



Planta Nivel 1

Figura 95. División de cerramientos

**AISLAMIENTO FACHADA ESTE**

Con las medidas realizadas “in situ” realizamos una ponderación entre los valores obtenidos: emisor L1, receptor L2 y ruido de fondo. Tras realizar las correcciones, si fuera necesario, y calculado D, aproximamos la curva de referencia para calcular Dw según nos indica la normativa.

		FACHADA ESTE, PATIO INTERIOR																	
FRECUENCIAS		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
EMISOR L1	PUNTO 1	84,9	85,3	87,4	87,7	89,9	90,7	92	95	94,6	92,4	89,6	87,3	87,8	91,3	91,1	87,8	87,1	82,7
	PUNTO 2	86,7	92,3	93,2	95	92,4	92,2	97,6	96,8	94,4	98,1	94,5	90,3	94,9	96,6	95,6	91,8	91,8	85,6
	PUNTO 3	87,8	88	89	88,7	89,9	91,7	91	92,8	92,4	93,5	90,8	88,6	88,5	91	89,7	87,9	86,6	82,1
	PROMEDIO	<b>86,63</b>	<b>89,49</b>	<b>90,59</b>	<b>91,75</b>	<b>90,90</b>	<b>91,58</b>	<b>94,57</b>	<b>95,16</b>	<b>93,91</b>	<b>95,41</b>	<b>92,16</b>	<b>88,91</b>	<b>91,66</b>	<b>93,79</b>	<b>92,90</b>	<b>89,59</b>	<b>89,18</b>	<b>83,75</b>
RECEPTOR L2	PUNTO 4	62,4	66,6	70,1	68,1	68,5	67,4	63,7	66,6	63,7	63,7	65,3	62,2	63,6	68,4	65,9	60,9	58,9	58,1
	PUNTO 5	70	68	72	69,6	65,3	63,9	65	63,4	62,2	61,9	63,6	62,2	61	64,1	62,1	57,6	56,3	52,1
	PUNTO 6	63,7	66,8	67,3	65,8	65,8	68,1	65,6	64,1	64,9	63,9	65,2	61,3	63,1	66,1	63,4	59,9	59	53,9
	PROMEDIO	<b>66,72</b>	<b>67,18</b>	<b>70,21</b>	<b>68,10</b>	<b>66,77</b>	<b>66,81</b>	<b>64,84</b>	<b>64,93</b>	<b>63,74</b>	<b>63,25</b>	<b>64,77</b>	<b>61,92</b>	<b>62,70</b>	<b>66,55</b>	<b>64,09</b>	<b>59,67</b>	<b>58,23</b>	<b>55,45</b>
B2	RUIDO DE FONDO	54,5	44,6	44	45,9	49,9	46	45,6	50,2	50,1	51,1	52	50	46,9	42,1	38,7	36	39,3	37,9
L2-B2		12,2	22,6	26,2	22,2	16,9	20,8	19,2	14,7	13,6	12,2	12,8	11,9	15,8	24,5	25,4	23,7	18,9	17,6
CORRECCIONES		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
L2 CORREGIDO		66,72	67,2	70,2	68,1	66,8	66,8	64,8	64,9	63,7	63,3	64,8	61,9	62,7	66,6	64,1	59,7	58,2	55,5
<b>D</b>		<b>19,91</b>	<b>22,31</b>	<b>20,38</b>	<b>23,65</b>	<b>24,13</b>	<b>24,76</b>	<b>29,74</b>	<b>30,24</b>	<b>30,17</b>	<b>32,16</b>	<b>27,39</b>	<b>26,99</b>	<b>28,96</b>	<b>27,24</b>	<b>28,81</b>	<b>29,92</b>	<b>30,95</b>	<b>28,30</b>

Figura 96. Valores D obtenidos en fachada Este

Seguidamente la norma UNE-EN 717-1 -mediante el método de comparación- nos marca una curva de referencia en bandas de tercio de octava. Dicha curva se desplazará hasta que la suma de las desviaciones desfavorables de los resultados obtenidos se aproximen considerablemente a 32dB pero nunca excediendo dicho valor. El resultado es el valor Dw que corresponde al aislamiento del cerramiento que estamos midiendo.

		FRECUENCIA																
FRECUENCIAS		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
REFERENCIA		33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	
D		19,23	20,20	21,90	23,19	23,58	26,93	27,78	27,88	29,26	31,28	30,34	31,07	31,61	31,81	31,35	32,17	
REFERENCIA DESPLA.		10	13	16	19	22	25	28	<b>29</b>	30	31	32	33	33	33	33	33	

Figura 97. Tabla resumen de valores obtenidos en fachada Este

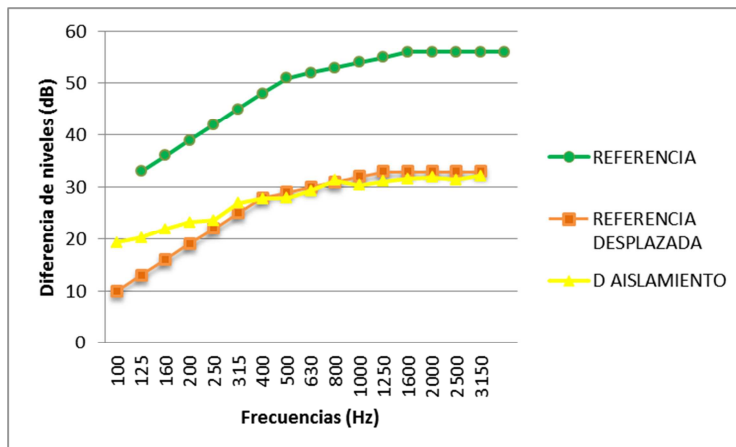


Figura 98. Gráfica índice globales en tercio de octava de valores obtenidos en fachada Este

- ÍNDICE DE AISLAMIENTO: UNE-EN ISO 717-1:1997 —————> **Dw(C;Ctr): 29(-1; -2)dB**
- CTE —————> **D, A = 29,1dB**



**AISLAMIENTO FACHADA OESTE**

Con las medidas conseguidas “in situ” realizamos una ponderación entre los valores obtenidos: emisor L1, receptor L2 y ruido de fondo. Tras realizar las correcciones, si fuera necesario, y calculado D, aproximamos la curva de referencia para calcula Dw según nos indica la normativa UNE-EN 717-1.

		FACHADA OESTE, TERRAZA PARQUE																		
		FRECUENCIAS	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
EMISOR L1	PUNTO 1	83,6	85,5	88,6	90,9	94	90,1	88,3	91,9	92,4	92,1	91,5	89,2	93,5	97,9	93,7	89,1	89,8	85,1	
	PUNTO 2	79,7	83,7	84,6	91,1	92,2	90,3	88,8	89,7	90,5	90,9	90,2	85	88,3	91,6	91,7	88,7	87	84,4	
	PUNTO 3	82,1	83,9	84,9	90,9	92,1	89,6	90,3	92,7	91,8	89,7	88,5	87,5	88,9	92,7	92	88,8	87,3	85,6	
	PUNTO 4	86,5	85,7	84,8	85,5	91,2	87,9	89,4	89,6	94,3	90,8	88	86,5	88,3	91,3	91	87,3	86,2	82,3	
	PUNTO 5	79,2	81,4	86,9	86,7	90,7	91,7	90,8	91	90,2	87,6	88,6	85,2	86,8	89	88,7	86,4	86,1	82,7	
	PROMEDIO	<b>83,07</b>	<b>84,30</b>	<b>86,26</b>	<b>89,61</b>	<b>92,19</b>	<b>90,09</b>	<b>89,62</b>	<b>91,15</b>	<b>92,10</b>	<b>90,46</b>	<b>89,56</b>	<b>86,97</b>	<b>89,86</b>	<b>93,66</b>	<b>91,71</b>	<b>88,18</b>	<b>87,51</b>	<b>84,21</b>	
RECEPTOR L2	PUNTO 6	68,3	71,2	67,1	78,3	76,1	73,2	72,2	73,4	71,7	75,4	73,5	69,1	69,7	71,2	69,9	69,3	68,6	64,2	
	PUNTO 7	68	70,4	68,4	72,8	77,1	72,8	69,5	73,1	74,7	75	71,6	69,2	69,1	69,7	69,4	67,5	67,5	63,3	
	PUNTO 8	66,9	72,8	71,2	76,2	78,6	72,7	74,3	74,2	72,8	72,9	71,9	67,9	69,9	70,5	71,3	67,9	68,9	64,6	
	PUNTO 9	70,5	74,5	71,2	74,2	77,4	72	73,3	77,8	75,1	75	71,9	67	68,3	69,9	70,4	66,8	67,6	61,6	
	PUNTO 10	66,8	68,7	70,6	72,9	75,2	70,1	72,7	73,3	72,9	74,3	71,8	67,2	68	69,8	68,4	65,5	66,1	60,5	
	PROMEDIO	<b>68,32</b>	<b>71,98</b>	<b>69,99</b>	<b>75,42</b>	<b>77,03</b>	<b>72,29</b>	<b>72,67</b>	<b>74,78</b>	<b>73,63</b>	<b>74,60</b>	<b>72,20</b>	<b>68,18</b>	<b>69,06</b>	<b>70,26</b>	<b>69,99</b>	<b>67,58</b>	<b>67,85</b>	<b>63,10</b>	
B2	RUIDO DE FONDO	47,3	45	43	44,4	46,7	43,6	42,4	43,9	42,1	42,6	45,2	45,6	40,4	37,3	38,1	38,4	38,1	39,1	
	RUIDO DE FONDO	49,1	46,6	42,8	42,2	41,8	39,5	37,5	37	37	39,9	42,4	42,3	40,6	37,4	35,1	40,6	37,3	33,1	
	PROMEDIO	<b>48,29</b>	<b>45,87</b>	<b>42,90</b>	<b>43,44</b>	<b>44,91</b>	<b>42,02</b>	<b>40,61</b>	<b>41,70</b>	<b>40,26</b>	<b>41,46</b>	<b>44,02</b>	<b>44,26</b>	<b>40,50</b>	<b>37,35</b>	<b>36,85</b>	<b>39,64</b>	<b>37,72</b>	<b>37,06</b>	

L2-B2	20,0	26,1	27,1	32,0	32,1	30,3	32,1	33,1	33,4	33,1	28,2	23,9	28,6	32,9	33,1	27,9	30,1	26,0	
CORRECCIONES	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
L2 CORREGIDO	68,32	71,98	69,99	75,42	77,03	72,29	72,67	74,78	73,63	74,60	72,20	68,18	69,06	70,26	69,99	67,58	67,85	63,10	

D	14,75	12,32	16,27	14,19	15,16	17,80	16,95	16,37	18,48	15,86	17,37	18,79	20,80	23,40	21,72	20,60	19,66	21,11	
---	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--

Figura 99. Valores D obtenidos en fachada Oeste

		FRECUENCIA																		
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150			
REFERENCIA		33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56			
D		14,75	12,32	16,27	14,19	15,16	17,80	16,95	16,37	18,48	15,86	17,37	18,79	20,80	23,40	21,72	20,60			
REFERENCIA DESPLA.		0	3	6	9	12	15	18	19	20	21	22	23	23	23	23	23			

Figura 100. Tabla resumen de valores obtenidos en fachada Oeste

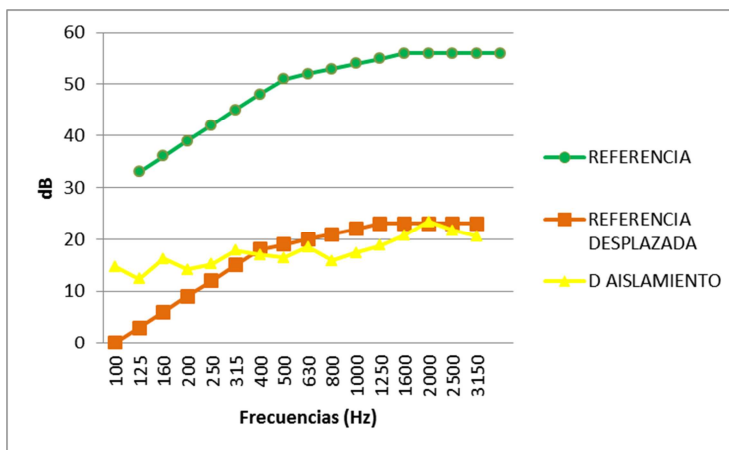


Figura 101. Gráfica índice globales en tercio de octava de valores obtenidos en fachada Oeste

- ÍNDICE DE AISLAMIENTO: UNE-EN ISO 717-1:1997 —————> Dw(C;Ctr): 19(0; -1)dB
- CTE —————> D, A = 19,8dB





**AISLAMIENTO FACHADA NORTE**

Con las medidas obtenidas “in situ” realizamos una ponderación entre los valores obtenidos: emisor L1, receptor L2 y ruido de fondo. Tras realizar las correcciones, si fuera necesario, y calculado D, aproximamos la curva de referencia para calcula Dw según nos indica la normativa.

		FACHADA NORTE, HALL																		
		FRECUENCIAS	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
EMISOR L1	PUNTO 1	78,5	79,7	88,5	90	88,5	87,8	90,2	89,9	90,8	93,3	91	86,8	88,3	92,7	92,3	88,9	87,7	82,1	
	PUNTO 2	81,3	86,2	92,9	93,2	87,7	84,6	87,6	90,2	91,2	90,8	90,6	87,1	90	93,3	92,2	87,4	86,1	81,5	
	PUNTO 3	83,5	86,6	89,7	89,7	88,1	87,8	90,6	89,9	91,8	92,8	91,6	86,7	88,8	92,8	91,4	88,1	87,2	82	
	PROMEDIO	<b>81,56</b>	<b>85,08</b>	<b>90,78</b>	<b>91,27</b>	<b>88,11</b>	<b>86,97</b>	<b>89,65</b>	<b>90,00</b>	<b>91,29</b>	<b>92,43</b>	<b>91,09</b>	<b>86,87</b>	<b>89,09</b>	<b>92,94</b>	<b>91,98</b>	<b>88,18</b>	<b>87,05</b>	<b>81,87</b>	
RECEPTOR L2	PUNTO 4	67,8	73,7	78,9	76,6	77,4	78	78,3	77,5	77,6	78	74,7	71,1	73,1	76,2	75,7	73,1	71,3	64,8	
	PUNTO 5	69,8	75,2	79,7	76,4	77,3	76,9	76,9	75,6	77	76,1	75,2	69,2	72,3	74,2	72,8	70,6	68,2	64	
	PUNTO 6	71,2	74,5	80,7	80	76,4	80,1	78,7	78	76,6	75	74,5	69,4	72	74,9	73,8	70,6	68,4	64,2	
	PROMEDIO	<b>69,82</b>	<b>74,51</b>	<b>79,83</b>	<b>78,00</b>	<b>77,06</b>	<b>78,54</b>	<b>78,03</b>	<b>77,15</b>	<b>77,09</b>	<b>76,55</b>	<b>74,81</b>	<b>69,99</b>	<b>72,49</b>	<b>75,18</b>	<b>74,27</b>	<b>71,60</b>	<b>69,54</b>	<b>64,35</b>	
B2	RUIDO DE FONDO	51,4	53,2	56,6	51,7	55,6	55,3	52,3	56,1	54,1	49,9	53,8	54,9	52,4	50,8	45,6	39,1	33,8	31,2	
	RUIDO DE FONDO	52,8	49,6	51,3	56,7	51,5	52,5	52,8	55,6	51,1	52,3	54,2	52,9	51,5	48,4	42,7	39,9	38,1	32,2	
	PROMEDIO	<b>52,16</b>	<b>51,76</b>	<b>54,71</b>	<b>54,88</b>	<b>54,02</b>	<b>54,12</b>	<b>52,56</b>	<b>55,86</b>	<b>52,85</b>	<b>51,26</b>	<b>54,00</b>	<b>54,01</b>	<b>51,97</b>	<b>49,76</b>	<b>44,39</b>	<b>39,52</b>	<b>36,46</b>	<b>31,73</b>	
L2-B2		17,7	22,7	25,1	23,1	23,0	24,4	25,5	21,3	24,2	25,3	20,8	16,0	20,5	25,4	29,9	32,1	33,1	32,6	
CORRECCIONES		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
L2 CORREGIDO		69,82	74,51	79,83	78,00	77,06	78,54	78,03	77,15	77,09	76,55	74,81	69,99	72,49	75,18	74,27	71,60	69,54	64,35	
D		11,74	10,57	10,95	13,27	11,06	8,43	11,62	12,85	14,20	15,88	16,28	16,88	16,60	17,76	17,71	16,57	17,51	17,53	

Figura 102. Valores D obtenidos en fachada Norte

Seguidamente la norma UNE-EN 717-1, mediante el método de comparación, nos marca una curva de referencia en bandas de tercio de octava. Dicha curva se desplazará hasta que la suma de las desviaciones desfavorables de los resultados obtenidos sean lo más próximas a 32dB pero nunca superiores a dicho valor. El resultado es el valor Dw que corresponde al aislamiento del cerramiento que estamos midiendo.

		FRECUENCIA															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
REFERENCIA		33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
D		11,74	10,57	10,95	13,27	11,06	8,43	11,62	12,85	14,20	15,88	16,28	16,88	16,60	17,76	17,71	16,57
REFERENCIA DESPLA.		-4	-1	2	5	8	11	14	15	16	17	18	19	19	19	19	19

Figura 103. Tabla resumen de valores obtenidos en fachada Norte

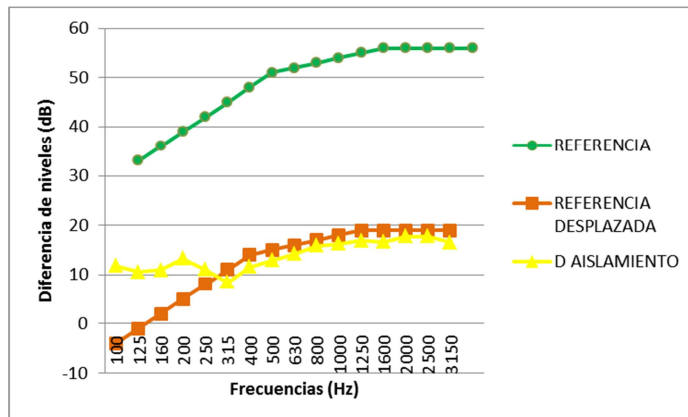


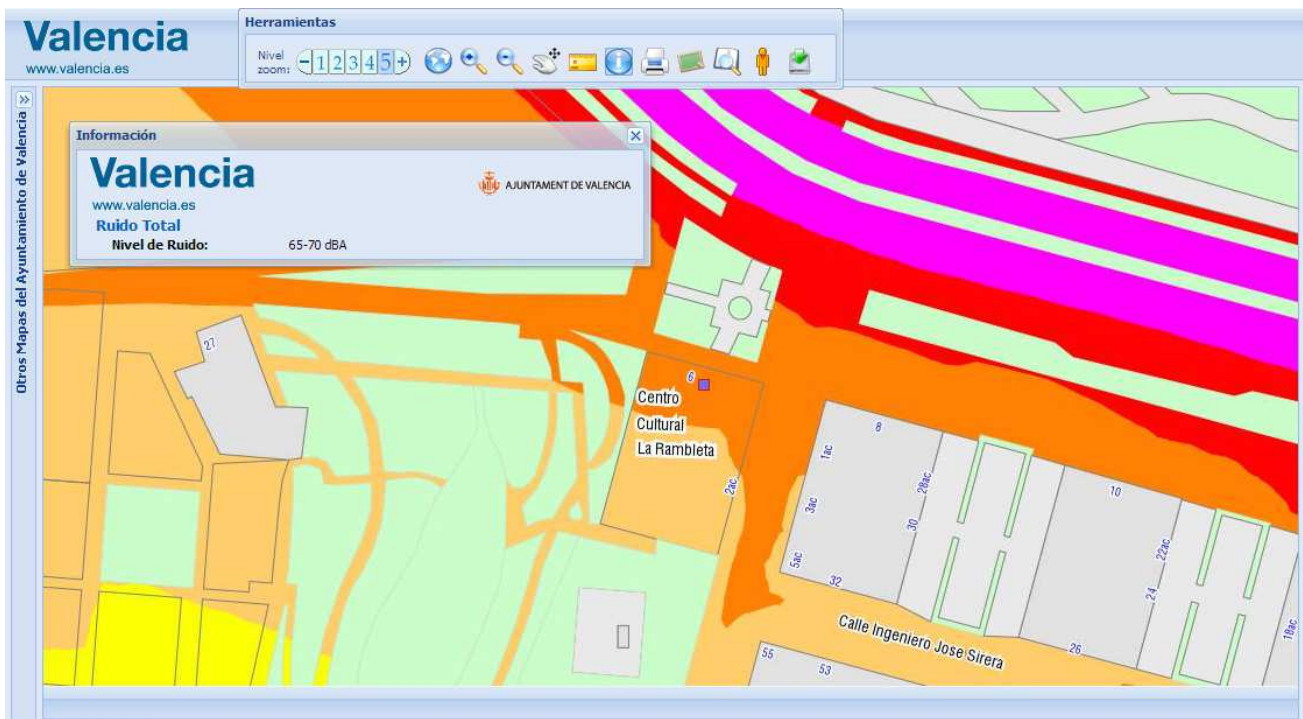
Figura 104. Gráfica índice globales en tercio de octava de valores obtenidos en fachada Norte

- ÍNDICE DE AISLAMIENTO: UNE-EN ISO 717-1:1997 —————> **Dw(C;Ctr): 15(0; -1)dB**
- CTE —————> **D, A = 16,3dB**

### 8.3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

La realización de cualquier actividad humana suele llevar aparejado un nivel sonoro de mayor o menor intensidad. Estos sonidos, en función del tipo, lugar, duración y el momento del día en que se producen, pueden resultar desde molestos hasta llegar a alterar el bienestar físico y psíquico de los seres vivos.

En la **Figura 81**, vemos representado por colores el mapa de ruido de Valencia con los niveles de presión sonora existentes en la zona en la que se encuentra El Centro Cultural La Rambleta alcanzando valores entre los 65 y los 70dB. La utilidad del mapa de ruido es la de determinar la exposición de la población al ruido ambiental para así adoptar los planes de acción necesarios para prevenir y reducir el ruido ambiental y, en particular, cuando los niveles de exposición puedan tener efectos nocivos en la salud humana.



**Figura 105.** Mapa de ruido de Valencia, fragmento calle Pio IX

La contaminación acústica es considerada en la actualidad como una de las formas de contaminación ambiental que más contribuyen al deterioro de la calidad ambiental del territorio. Diversos estudios realizados sobre la contaminación acústica en las ciudades valencianas ponen de relieve la existencia de niveles de ruido por encima de los límites máximos admisibles por los organismos internacionales y en particular por la Unión Europea, al superar los 65dB (A) de nivel equivalente diurno y los 55dB (A) durante el período nocturno. Aunque los resultados indican claramente que las ciudades grandes son más ruidosas que las pequeñas muestran, sin lugar a dudas, que la contaminación acústica es un fenómeno generalizado en todas las zonas urbanas y constituye un problema medioambiental cada vez más importante y origen de gran número de quejas, reclamaciones o reivindicaciones de los ciudadanos y ciudadanas.

En nuestro caso, la actividad de cafetería y restaurante, combinada con la representación de espectáculos musicales, teatrales y monólogos en un espacio que no está correctamente aislado causa un serio problema. Los resultados hablan por sí mismos: En la fachada Este donde el cerramiento de vidrio posee una carpintería metálica estanca el nivel de aislamiento se sitúa alrededor de 30 dB, propio de una fachada. Sin embargo en la terraza de la cafetería, y hecho más agudizado en la entrada del edificio, los cerramientos presentan puertas de vidrio con aislamiento muy inferior al adecuado. Hemos detectado que el problema se agrava en estas dos zonas ya que el constante trasiego de gente ha deteriorado las puertas hasta tal punto que no cierran completamente. Con estos datos podemos afirmar que la importancia de un buen aislamiento no recae exclusivamente en el material empleado (un material que funcione acústicamente bien puede no resultar eficaz debido a su incorrecta instalación). Las puertas siempre suponen un punto débil en el cerramiento y por ello hay que prestar especial atención a su sistema de cierre garantizando el correcto aislamiento con el recinto que separan.

La Ley de Ruido 37/2003 del 17 de noviembre, tiene por objeto prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica para evitar y minorar los daños que de ésta pueden derivarse para la salud humana, los bienes o el medio ambiente. El RD 1367/2007 de 19 octubre, desarrolla esta ley en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas y establece en su anexo III los valores límite de emisión acústica.

TIPO DE ÁREA ACÚSTICA	ÍNDICES DE RUIDO		
	Ld	Lt	Ln
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera un especial protección contra la contaminación acústica	55	55	45
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial	60	60	50
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado el el siguiente apartado	65	65	55
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculo	68	68	58
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	70	70	60

Figura 106. Tabla A1. Valores límite de emisión de ruido

Siendo:

- Periodo Día: 07:00 horas a 19:00 horas
- Periodo Tarde: 19:00 horas a 23:00 horas
- Periodo Noche: 23:00 horas a 07:00 horas.

TIPO DE ÁREA ACÚSTICA	ÍNDICE DE RUIDO L <sub>Amax</sub>
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera un especial protección contra la contaminación acústica	45
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial	50
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en el siguiente apartado	55
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculo	58
Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	60

Figura 107. Tabla A2. Valores límite de emisión máximos de ruido

En la **Figura 106.** se detallan los valores máximos que se pueden emitir al exterior dependiendo del sector donde se ubique el edificio y según la franja horaria. En el caso del Centro Cultural la Rambleta entendemos que éste podría incluirse tanto en un sector docente -pues acoge la sede de la Unión Musical L'Horta de Sant Marcel·lí con enseñanza musical- como, obviamente, en un sector cultural por su sala de exposiciones, biblioteca municipal y contenedor cultural de usos múltiples. Según el tipo de área que hemos descrito, los valores oscilarían entre 55dB durante el día y 45dB en la noche.

Realmente resulta complicado clasificar el CCR dado que sus usos y prestaciones son muy variadas; por ejemplo, sería correcto también englobarlo dentro del sector recreativo y de espectáculos, ya que su programación incluye representaciones desde conciertos musicales, pasando por interpretaciones teatrales, hasta representaciones de danza clásica, contemporánea, etc. En este caso los niveles son ligeramente superiores, alcanzando 68dB durante el día y 58dB en la noche.

La **Figura 107.** nos indica el límite máximo de emisión de ruido según el sector. Si nos acogemos al valor más desfavorable dentro de nuestro edificio no podría emitirse al exterior un nivel sonoro que superara los 45dB. Teniendo en cuenta que durante la medición en la cafetería del CCR se alcanza un nivel sonoro equivalente de casi 100dB (lo que sería una simulación del nivel sonoro comparable al que se alcanza en un concierto de música pop con material acústico electrónico) y que los resultados del aislamiento medio de las fachadas apenas superan los 20dBA, en ningún caso cumpliría con los valores máximos de emisión de ruido que establece la normativa.

### **INTERVENCIÓN DE MEJORA**

Como intervención de mejora propusimos un cambio en la distribución de la cafetería. Colocar el escenario en el lado opuesto permitía absorber los altos niveles de emisión con la pared que actualmente se encuentra en el fondo de escena pero nos denegaron la propuesta por falta de altura libre. En segunda instancia propusimos mejorar el aislamiento cambiando el sistema de fachada, con puertas estancas o un vestíbulo previo. Lo cierto es que esta opción era muy costosa de ejecutar y rompía con la estética que el arquitecto quería reflejar en el edificio. Siendo que este apartado no forma parte del cuerpo principal del proyecto y que la organización del CCR estaba estudiando una intervención de mejora por cuenta propia, decidimos no profundizar más en el tema y ceder los resultados de la medición que habíamos realizado.

El resultado final ha sido que, durante la ejecución de este proyecto, se han instalado unas cortinas muy absorbentes en el intradós de las fachadas Este y Oeste y un telón corredizo en el vestíbulo de la entrada al edificio impidiendo así que el sonido salga al exterior y aislando correctamente la cafetería.





## 9. CONCLUSIÓN DEL PFG





## 9. CONCLUSIÓN DEL PFG

Para concluir el presente proyecto realizamos un recorrido por los aspectos más relevantes que han ido surgiendo durante el estudio acústico de la sala principal del Centro Cultural La Rambleta y de las soluciones propuestas a todas las deficiencias que el centro cultural presentaba en su estado inicial para comprobar si con ellas se han alcanzado favorablemente los objetivos.

Las ventajas de una sala polivalente residen en el hecho de poder englobar diferentes espectáculos en un mismo espacio pero, ciertamente, en aquello relacionado con la acústica presenta más inconvenientes que beneficios. Crear una sala polivalente requiere de mucha experiencia y, siendo este proyecto el primer contacto con el mundo real, los resultados han sido muy satisfactorios. Acondicionar acústicamente una sala no es sinónimo de añadir o eliminar material absorbente ni modificar los materiales, hay que entender que la acústica en ciertos aspectos es caprichosa y siempre busca la forma más sencilla de propagarse, no debemos creer que se va a comportar como nosotros esperamos si no le dedicamos toda la atención profesional que merece.

A la hora de proyectar una sala, incluso en el mismo instante en el que se determina la geometría del recinto, ya se está condicionando la acústica que va a presentar en su estado final; por ello consideramos que la sala estudiada -la principal del Centro Cultural La Rambleta- está poco cuidada en lo que respecta a su forma, distribución y materiales. Seguramente este hecho quede justificado por los múltiples cambios que ha sufrido el proyecto desde su fase de ejecución, pero lo cierto es que nos hemos encontrado ciertas limitaciones imposibles de soslayar.

Lo más importante en las salas multidisciplinarias es conocer exactamente las prioridades del usuario. Lógicamente no podemos crear una sala que se adapte a la perfección a usos tan diferentes como, en el caso que nos ocupa, suponen el teatro y la música, porque cada uno requiere de unas características geométricas y de unos parámetros de calidad acústica opuestos entre sí.

Decidimos priorizar el escaso tiempo de reverberación que presentaba la sala y la necesidad de mejorar la audición entre los propios músicos y la posterior difusión a los espectadores. Al final, hemos conseguido una sala óptima para realizar representaciones teatrales y mejorar la acústica para la interpretación de piezas musicales, cumpliendo con el objetivo principal de este proyecto.

Por otro lado hay que diferenciar claramente entre el acondicionamiento acústico que hemos realizado en la sala principal y el aislamiento de la cafetería. En la actualidad, la contaminación acústica ha tomado mucha importancia entre los ciudadanos, con las nuevas tecnologías – el desarrollo de la acústica eléctrica- los niveles sonoros se han disparado y las molestias no han tardado en darse a conocer. El acondicionamiento acústico pretende mejorar la acústica de un recinto para que sus usuarios perciban óptimamente la actividad que se realiza en el interior al tiempo que se encarga de aislar cada actividad en su recinto sin emitir ruidos al exterior que puedan molestar. Este apartado es muy relevante, de ahí la implantación del CTE DB-HR: Protección contra el Ruido.

El proyecto alcanza su fin con una propuesta de mejora presentada a la administración del CCR deseando que, cuando el presupuesto municipal lo permita, ésta se materialice.

Como música que soy, el interés que el estudio de la sala principal del Centro Cultural La Rambleta despertó en mí ha conseguido mi plena implicación y dedicación a este proyecto presentado y en las soluciones planteadas. Confío en su practicidad y mi correcta orientación técnica y profesional.







## 10. BIBLIOGRAFÍA





## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Apuntes del área de intensificación de Acústica Arquitectónica curso 2012-2013
- Libro: “Diseño acústico de espacios arquitectónicos”. 1998. Ediciones UPC. Autor Antoni Carrión Isbert.
- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HR: Protección frente al ruido.
- UNE-EN ISO 140-5 1999 “Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas”.
- UNE-EN ISO 717-1 1997 “Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo”.
- RD 37/2003, de 17 de Noviembre, Ley del Ruido.
- Páginas web:
  - Centro Cultural La Rambleta  
<http://larambleta.com/>
  - Ayuntamiento de Valencia  
<http://www.valencia.es/>
  - Casa comercial Brüel & Kjaer  
[www.bksv.es](http://www.bksv.es)
  - Linóleo  
<http://www.armstrong.com/commflreu/es-es/>
  - Base de precios del Instituto Valenciano de la edificación.  
<http://www.five.es>
  - Concha acústica  
<http://instalaciones1502-12.foroactivos.net/t6-concha-acustica>
  - Glosario y definiciones acústica  
<http://www.ehu.es/acustica/espanol/ruido/aiaces/aiaces.html>  
<http://www.ecophon.com/es/Acustica/Acustica-basica/Glosario-de-acustica/>  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Sonido>





## 11. ANEXOS





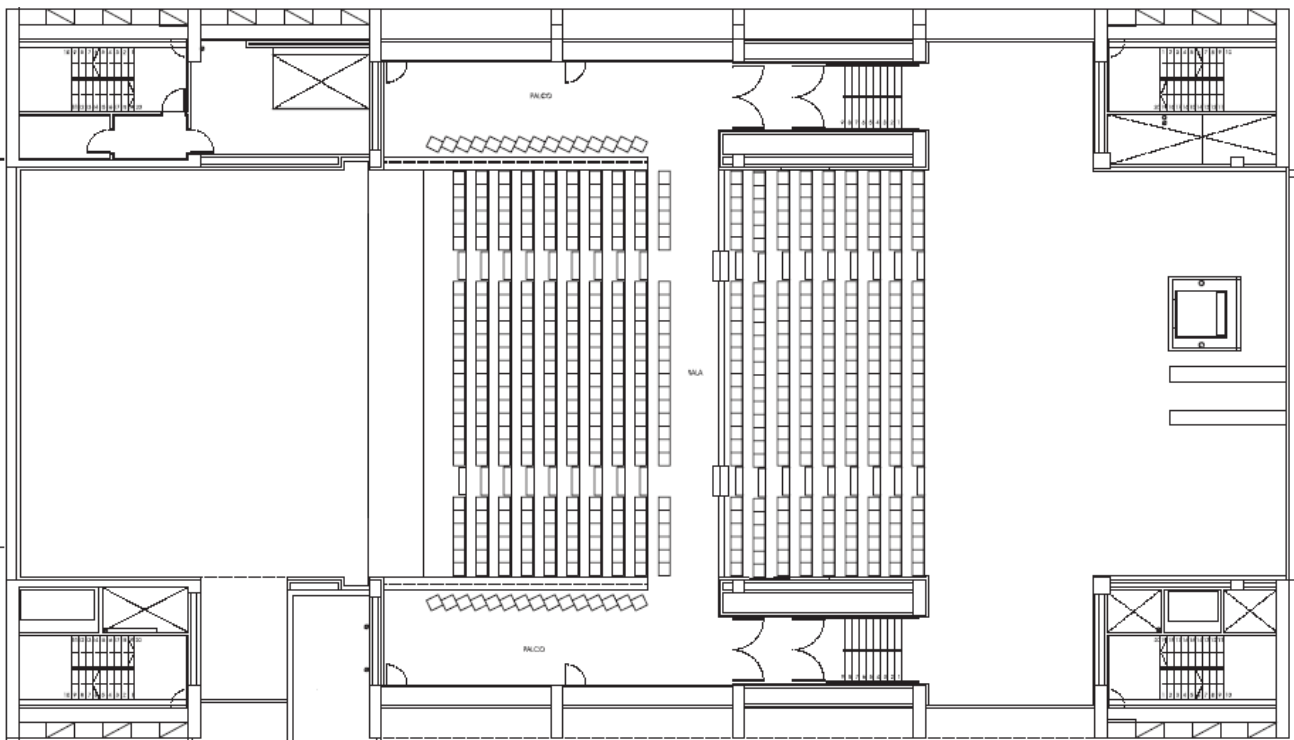
## ENCUESTA SOBRE LA SONORIDAD DEL RECINTO

Apellidos, nombre: .....

Banda a la que pertenece: .....

En calidad de (músico/director/espectador): .....

Marque con una cruz en qué localidad se encuentra como oyente y/o posición en el escenario como músico:



Desde la localidad en la que se encuentra ve la totalidad del escenario: .....

Referente a los presentadores, oye con claridad el mensaje: .....

Percibe todos los instrumentos por igual, de no tratarse así especifique que instrumentos le llegan con más y menos intensidad: .....

En general, qué opinión le requiere la sala: .....

**GRACIAS POR SU ATENCIÓN**





Especificación según la norma EN 548 / EN ISO 24011

Marmorette PUR 2,5 mm

	Tipo de pavimento	EN 548 / EN ISO 24011	Linóleo con acabado de poliuretano Sistema PUR Eco
	Estampado		revestido de mármol
	Espesor total	EN 428 / EN ISO 24346	2,5 mm
Construcción	Soporte		Yute
	Clasificación	EN 685 / EN ISO 10874	Clase 23 / 34 / 42
	Ancho del rollo	EN 426 / EN ISO 24341	200 cm
	Largo del rollo	EN 426 / EN ISO 24341	20 - 31 m
	Peso total	EN 430 / EN ISO 23997	2900 g/m <sup>2</sup>
Seguridad	Comportamiento al fuego	EN 13501-1	C <sub>1</sub> - S1, Añadir de acuerdo con el certificado, ver página web: www.armstrong.eu/my
	Antideslizante	BGR 181	R9
	Coefficiente dinámico de fricción	EN 13893	DS (> 0,30)
	REACH Reglamentacion No. 1907/2006	Article 33	no contiene ninguna de las sustancias mencionadas en la lista SVHC
Rendimiento	Aislamiento acústico de la pisada	EN ISO 10140	4 dB
	Mella residual	EN 433 / EN ISO 24343	≤ 0,15 mm
	Solidez a la luz	ISO 105-B02	≥ clasificación 6
	Resistencia vertical R <sub>v</sub>	EN 1081	-
	Resistencia de paso (aislamiento)	VDE 0100	> 200 kOhm
	Carga electrostática	EN 1815	ca. 2,0 kV
	Resistencia térmica	EN 12667	0,015 m <sup>2</sup> K / W
	Conductividad térmica	EN 12524	0,17 W / m K
	Resistencia a las sustancias químicas	EN 423 / EN ISO 26987	buena resistencia a ácidos y álcalis incluye a concentraciones más altas
	Silla con ruedas	EN 425	adecuado (tip, W)
	flexibilidad	EN 435 / EN ISO 24344	∅ 40 mm
	calefacción por suelo radiante		adecuado (máx, 29°C)
	actividad antibacteriana	JIS Z 2801	DLW Linóleo posee una actividad antibacteriana



**CE** EN 14041: 2004 05 1658-CPR-101  
**Producido por:**  
 Armstrong DLW GmbH  
 Ludwig-Kaufmann-Str, 13  
 D-27753 Delmenhorst



Los Productos de Suelos Armstrong, deben ser instalados en total acuerdo con las Instrucciones de Instalación de Armstrong y cumpliendo las normas comerciales establecidas. Una limpieza regular y un programa de mantenimiento es eficaz y fundamental para mantener un alto nivel de apariencia. Los Productos de Suelo Armstrong, solo deben ser usados como cubresuelos. Nota: Los Productos de Suelo Armstrong, se reservan el derecho de enmendar esta especificacion sin previo aviso. Para conseguir las versiones mas actuales de las Especificaciones Tecnicas, visiten nuestra pagina de Internet: [www.armstrong.eu](http://www.armstrong.eu)



## Armstrong DLW

## Linoleum PUR

# RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACIÓN

El linóleo Armstrong DLW se compone principalmente de materias primas naturales regenerativas, que proporcionan al Linóleo unas propiedades de material, las cuales deben tenerse en cuenta durante la instalación y que son las siguientes:

### A. Reacción a la humedad

El Linóleo reacciona con cambios de dimensiones a la humedad del aire, de la solera o del adhesivo, demasiado elevada, por lo que deben observarse las siguientes recomendaciones sobre la solera y los adhesivos.

### B. Velo superficial

El velo superficial natural que aparece durante el proceso de maduración del linóleo en la cámara de secado, desaparece al exponer el producto a la luz. Bajo insolación directa desaparece en un corto plazo de tiempo, bajo luz artificial o luz solar débil pueden transcurrir algunos días o semanas. Por consiguiente, los rollos y las losetas para una misma instalación deben exponerse a las mismas condiciones de luz.

La instalación del Linóleo Armstrong DLW es sencilla si se tienen en cuenta los siguientes puntos:

## 1. LA SOLERA

Para la instalación de Linóleo Armstrong DLW son aptos todos los suelos lisos, firmes, secos y sin grietas (ver norma alemana VOB, parte C, DIN 18365, para revestimientos y las prescripciones específicas de cada caso).

Los suelos densos, no absorbentes, como por ejemplo, asfalto colado y soleras imprimadas, así como suelos de madera, deben ser alisados con pasta niveladora si se utilizan adhesivos de dispersión con un espesor suficiente (mínimo 2 mm.). Para ello son apropiadas pastas para emplastecer ligadas con cemento y pobres en tensiones. Seguir las recomendaciones del fabricante de adhesivo acerca del modelo y del producto.

Para humedad residual y tiempos de secado de las diversas soleras con espesores normales, es decir, en lo esencial no superiores a los requisitos mínimos de la norma DIN 18560, regirán los siguientes valores basados en la experiencia:

Soleras	Humedad residual permitida en CM- %
Soleras de cemento	≤ 2,0
Anhidrita y derivados de la anhidrita	≤ 0,5

## 2. LOS ADHESIVOS

La aplicación del adhesivo se realiza, por regla general, en todos los tipos de adhesivos aptos para Linóleo, con espátula dentada B1 en una cantidad de 400-450 g/m<sup>2</sup>, aproximadamente. Seguir también las recomendaciones de los fabricantes de adhesivo. No obstante, en el caso de suelos muy lisos y/o revestimientos de Linóleo de 2,0 mm., basta una espátula dentada A2 para adhesivos de dispersión y una cantidad de 350 g/m<sup>2</sup>, aproximadamente. Deberá controlarse constantemente que sea suficiente la humectación del reverso del pavimento (yute)

Recomendamos el uso de adhesivos libres de disolventes y bajas emisiones, que a la vez están libres de disolventes de elevado punto de ebullición.

### Lista de fabricantes:

Bostik GmbH A.d.Bundesstr.16 D - 33829 Borgholzhausen Tel.: +49 (0) 5425/801222 <a href="http://www.bostik-findley.de">www.bostik-findley.de</a>	Henkel-Thomsit Bautechnik GmbH Erkrather Str. 230 D - 40233 Düsseldorf Tel.:+49 (0) 211/7379256 <a href="http://www.thomsit.de">www.thomsit.de</a>
Kiesel Bauchemie Wolf-Hirth-Str. 2 D - 73730 Esslingen Tel. +49 (0) 711/93134352 <a href="http://www.kiesel.com">www.kiesel.com</a>	Mapei GmbH Bahnhofsplatz 10 D - 63906 Erlenbach Tel.: +49 (0) 9372/98950 <a href="http://www.mapei.de">www.mapei.de</a>
Schönox GmbH P.O. Box 1140 D - 48713 Rosendahl, Tel.: +49 (0) 2547/910234 <a href="http://www.schoenox.com">www.schoenox.com</a>	UZIN UTZ AG Dieselstrasse 3 D - 89079 Ulm Tel.: +49 (0) 731/4097258 <a href="http://www.uzin-utz.com">www.uzin-utz.com</a>
Wakol GmbH Bottenbacher 30 D - 66954 Pirmasens Tel.+49 (0) 6331/8001186 <a href="http://www.wakol.com">www.wakol.com</a>	WULFF GmbH Wersener Str. 30 D - 49504 Lotte Tel.: +49 (0) 5404/881-0 <a href="http://www.wulff-gmbh.de">www.wulff-gmbh.de</a>

Estado 11/2009

## Armstrong DLW

Los fabricantes de adhesivos citados son simplemente un ejemplo entre los muchos existentes. Para obtener más informaciones acerca de los adhesivos apropiados para la instalación del Linóleo, consulte directamente al fabricante de adhesivos o llame al Servicio de Asesoramiento de Armstrong DLW,

### 3. DIMENSIONES Y CANTIDADES DE MATERIAL

#### 3.1 Rollos

Para saber la cantidad de rollos que se necesitan, se calcula la longitud y anchura de los rollos requeridos. Antes de obtener las dimensiones, habrá que determinar la dirección de colocación, que será elegida por el especialista teniendo en cuenta lo siguiente:

Las uniones a testa sólo se toleran si los rollos miden más de 5 m de largo y no menos de 1 m. Se puede hacer una excepción si hay rollos que atraviesan umbrales de puertas, huecos, etc. para poder cubrir dichas áreas. Las superficies con puertas y huecos laterales y similares al hilo de los rollos pueden cubrirse con tiras.

#### 3.2 Losetas

Generalmente las losetas se colocan contrapeadas en cruz, sin embargo, también pueden colocarse en paralelo. Se puede realizar una instalación en diagonal o en paralelo dependiendo de la disposición de las uniones. Para tomar las medidas se calculará la superficie que haya que cubrir, añadiendo un poco más para los remates. Estos remates necesitarán más material si la colocación se realiza en diagonal y no en paralelo; y sucederá lo mismo si se trata de superficies a espiga o redondeadas, que en el caso de superficies con ángulos rectos.

#### 3.3 Escaleras

Si colocamos materiales de revestimiento en escaleras, habrá que cortar antes los rollos a la medida de los escalones. Los revestimientos con un diseño longitudinal tendrán que colocarse paralelos al borde del escalón. Lo mismo se hará en los descansillos. La cantidad necesaria de material se obtendrá sumando el total de escalones regulares que pueden cortarse del ancho del rollo. En las escaleras de caracol el cálculo de la cantidad de material necesario se obtendrá con la ayuda de una plantilla.

## Linoleum PUR

### 4. ALMACENAMIENTO, CLIMATIZACIÓN Y CONDICIONES DE INSTALACION

El almacenamiento adecuado del Linóleo es condición indispensable para que el material conserve sus propiedades técnicas.

Los rollos de Linóleo se almacenarán siempre de pie, en lugares secos y con temperatura ambiente normal. No se deberán apilar más de ocho cajas. Las tiras cortadas y enrolladas sueltas deberán permanecer, de pie, con la superficie superior hacia el exterior, como mínimo 24 horas en la habitación donde se vayan a instalar, a una temperatura medioambiental no inferior a 18° C, sin estar expuestas a la luz directa del sol (ver párrafo B, Velo superficial). Esto permitirá al material aclimatarse a la temperatura y a la humedad ambiental. Durante la instalación no solo es importante la temperatura ambiental, sino también la temperatura del suelo de 15° C, como mínimo, y la humedad relativa del aire de 75 %, como máximo (es ideal entre el 40% y el 60%).

Hay que tener en cuenta, instalar los rollos con el mismo número de tintada y números de rollos próximos en una misma sala (esto también es aplicable a las losetas).

### 5. EL CORTE DEL LINÓLEO

#### 5.1 Los bordes de los rollos

Se recomienda sanear los dos bordes, aunque posteriormente se vaya a soldar el material, pues solo un corte limpio de los mismos garantizará una junta limpia. El primer corte se realizará sin ningún problema con una cuchilla adecuada para linóleo. El segundo corte se puede realizar siguiendo dos métodos:

#### a) En locales pequeños (antes de aplicar el adhesivo):

El rollo situado en posición inferior se recorta a todo lo largo del borde del rollo superior. El borde inferior se corta entonces llevando la cuchilla en dirección contraria.

#### b) En locales grandes (después de aplicar el adhesivo):

El borde del rollo situado en la parte superior se marca con el gramil o con el Linocut a lo largo del borde del rollo inferior ya cortado y colocado sobre el lecho de pegamento, y la tira resultante se corta llevando la cuchilla en dirección contraria.

## Armstrong DLW

### 5.1.1 El corte de las uniones

En ambos casos, el corte se ha de ejecutar de forma que entre las uniones de rollos quede una abertura de 0,5 mm, aproximadamente. El corte deberá realizarse en vertical o ligeramente inclinado, de modo que la abertura quede suelta, es decir, sin contacto con los bordes de los rollos.

### 5.1.2 Los extremos

En el corte de las uniones hay que tener en cuenta las posibles modificaciones de las medidas del revestimiento, por lo que al extender los rollos largos unos junto a otros es conveniente cortar los extremos de éstos después de extenderlos sobre el lecho de adhesivo.

### 5.1.3 La adaptación a marcos de puertas, radiadores de calefacción, etc.

Las piezas previamente adaptadas a la temperatura ambiente, se cortan, se extienden y se recortan para cubrir los lugares difíciles, como marcos de puertas, radiadores, etc. A continuación se doblan hacia atrás y se impregnan con el adhesivo.

### 5.2 Losetas

El Linóleo Armstrong DLW se puede suministrar también en losetas (principalmente para suelo técnico) fabricadas a troquel de los rollos. Las losetas se almacenarán en lugar seco y deberán instalarse en el tiempo más corto posible, antes de 8 semanas después de la entrega.

## 6. INSTALACIÓN

Se extiende el adhesivo por toda la superficie, teniendo en cuenta las recomendaciones dadas por el fabricante del adhesivo. La elección del diente adecuado y el cambio de las hojas de la espátula, así como una presión a fondo son imprescindibles para que quede bien impregnando el soporte. Controlar constantemente que toda la capa de soporte esté bien impregnada de pegamento.

### 6.1 Rollos

Enrollar de nuevo los rollos y aplicar el adhesivo a la solera. Colocar los rollos uno después del otro en el área donde se haya distribuido el adhesivo según los tiempos especificados por el fabricante del adhesivo y luego presionar a fondo. El límite de tiempo, en el cual es posible colocar los rollos, dependerá de la temperatura y de la humedad de la habitación, así como de las capacidades de absorción o de la permeabilidad a la humedad del subsuelo.

Cuando se realiza una instalación a lo largo en los pasillos, los rollos deben doblarse en cruz.

## Linoleum PUR

Cuando se coloque el pavimento, asegurarse de que no quede aire atrapado por debajo del mismo; en caso de que lo haya, expulsarlo lateralmente. Cualquier bolsa encontrada cuando se presiona el pavimento, podrá perforarse para sacar el aire. Los extremos superiores se estiran uno contra otro para reducir la tensión en el pavimento.

### 6.2 Losetas

Después de extender el pegamento, comienza la instalación desde el punto o línea de referencia de las losetas extendidas. En grandes espacios se recomienda una colocación progresiva para evitar desplazamientos de las losetas. Para que quede bien adherida la capa de soporte, frotar o presionar sobre las losetas. Esta operación se volverá a repetir si fuera necesario.

### Consumo de adhesivo y dentado en la instalación de losetas de linóleo:

Adhesivo	Dentado	Consumo (aprox.)
Adhesivo de dispersión de 2 componentes	B1	400-500g/m <sup>2</sup>

## 7. SOLDADURA DE LAS JUNTAS

Cumpliendo con el Código de Uso 7/98 de la Comisión Técnica de Adhesivos para la construcción (TKB) de la Asociación Profesional de la Industria de Adhesivos alemana, de Dusseldorf, se recomienda hacer la soldadura de las juntas con cordón termofusible en todos los casos, en especial en caso de frecuentes limpiezas en mojado y/o limpiezas a fondo, así como en soleras sensibles a la humedad, como por ejemplo en polideportivos con base de aglomerado o tablero prensado. Si las juntas no se sueldan con cordón de soldadura, los bordes de las uniones, tendrán que estar firmemente unidos.

Esta operación se realiza con el soldador manual o con el automático, pero siempre después de que haya quedado pegado el material, es decir, en caso de adhesivos de dispersión aproximadamente 48 horas después de la instalación (ver también las recomendaciones del fabricante del adhesivo).

Si se realizan las uniones antes del tiempo preestablecido, esto podrá causar una alteración en el adhesivo en el área de unión debido a influencias térmicas que pueden interferir con el principio de adhesión.

Las juntas del pavimento se biselan con una máquina biseladora a una profundidad de 2/3 del espesor del pavimento. Después de la operación

## Armstrong DLW

limpiar con atención la ranura. La ranura tendrá que tener aproximadamente 3,5 mm de anchura. El cordón de soldadura de Armstrong DLW puede usarse con un soldador manual provisto de boquilla para soldadura rápida (d = 5mm). Para no dañar la superficie PUR, se recomienda usar **boquillas para soldadura rápida** que tengan una **salida del aire muy pequeña**. La temperatura de soldadura tendrá que ser aproximadamente entre 350 y 400°C; la velocidad de soldadura aproximadamente entre 2 y 2,5 m/min. El material de soldadura en exceso tendrá que ser eliminado en dos etapas: inmediatamente después de haber sellado la junta, se recortará el cordón de soldadura sobrante, que se encuentra todavía caliente, usando un cuchillo ¼ de luna, provisto de una guía para enrasar; después de que se haya enfriado, se recortará el exceso de material de soldadura a nivel con la superficie del pavimento rematada usando un cuchillo ¼ de luna.

Nota: En el caso de linóleo que no se ha expuesto a la luz (ver párrafo B, velo superficial), pueden producirse diferencias de color entre el material y el cordón termofusible. La tonalidad del revestimiento se iguala al color del cordón de soldadura después de desaparecer el citado velo superficial.

## 8. ARMSTRONG DLW KORKMENT COMO SOPORTE

Korkment es la única base aislante recomendada para el linóleo Armstrong DLW. Armstrong DLW Korkment puede ser instalado sobre cualquier tipo de solera convenientemente preparada. Hay que tener en cuenta que el linóleo debe de tener igual o mayor espesor que la base de corcho.

La dirección de los rollos puede ser la misma que la del revestimiento superficial de Linóleo; las juntas tendrían entonces que estar desplazadas 50 cm, como mínimo. Korkment se puede colocar, no obstante, también en sentido transversal al rollo de Linóleo. El corte que se hace en las juntas, es el llamado corte doble con el cuchillo de gancho o cónico y una regla.

Para pegar la base de corcho de Armstrong DLW, así como el linóleo, se utilizan adhesivos dispersión en polvo aptos para linóleo o adhesivos de dos componentes. La cantidad de pende de la carga y de la utilización posterior. Sólo después de que el adhesivo haya secado se puede pasar a colocar el recubrimiento superior.

Si se trata de superficies sujetas a un desgaste elevado (por ejemplo, los suelos de los hospitales), Korkment se podrá instalar con su soporte de yute hacia arriba.

**Consumo de adhesivo y dentado para la colocación de Korkment**

## Linoleum PUR

Adhesivo	Dentado	Consumo
Adhesivo en polvo	B1/B2	400-600 g
Adhesivo de dos componentes	B1	400-500 g
Adhesivo de dispersión	B1	300-400 g

## 9. LINÓLEO ARMSTRONG DLW EN SUELOS CON CALEFACCIÓN RADIANTE

El linóleo Armstrong DLW puede instalarse en pavimentos provistos de calefacción radiante; la resistencia al paso del calor es tan reducida, que prácticamente no afecta a las prestaciones del sistema de calefacción (ver folleto: coordinación de la interfaz de las construcciones en suelo radiante, Emitido por la Asociación Alemana de de Saneamiento, Calefacción y Aire Acondicionado).

### 9.1 Construcciones en seco

Las construcciones en seco pueden consistir en placas de sulfato de calcio o ladrillo. Los pavimentos pueden ser instalados después de emplastecer las juntas y uniones.

### 9.2 Construcciones de tipo húmedo (A1 – A3)

En el caso de construcciones de tipo húmedo, los tubos de calefacción o cables están integrados en una capa flotante de cemento o anhidrita. **Antes** de colocar el pavimento, hay que procurar que desaparezca la humedad que se desprende al actuar la calefacción en el subsuelo. Estas operaciones son, en principio, tareas propias del instalador de la calefacción, quien tendrá que entregar certificación al constructor/promotor de haber realizado dichas pruebas. El control de la humedad se tendrá que realizar solo en los puntos de medición marcados por los instaladores de la solera. Si no hay puntos de medición, el instalador del pavimento tendrá que comunicarlo por escrito para hacer constar sus reservas.

## Armstrong DLW

### 10. INSTALACION DE LINOLEO DE ARMSTRONG DLW CONDUCTOR

La exigencia para pavimentos con una resistencia eléctrica máxima a tierra de  $1 \times 10^8 \Omega$  se cumple con la instalación de Linóleo Armstrong DLW conductor: Linóleo LCH. El montaje eléctrico del suelo conductor y toma a tierra corre a cargo de un técnico electricista, que deberá observar las normas VDE.

El adhesivo utilizado debe ser conductor homogéneo. Los adhesivos conductores claros con adición de fibra no cumplen siempre estas condiciones. Solicitar información sobre el tipo de adhesivo y el sistema conductor directamente al fabricante o al servicio técnico de Armstrong DLW. Los sistemas conductores utilizados con frecuencia son:

#### 10.1 Instalación sobre bandas de cobre

Bajo cada rollo o hilera de losetas hay que instalar una banda de cobre seguida. Estas bandas de cobre se unirán con otras dos transversales. Para la instalación de Linóleo conductor LCH, Armstrong DLW ofrece bandas de cobre de la siguiente manera:

- Modo de suministro: rollos de 50 m.
- Cantidad requerida: como orientación para hacer el pedido, se tendrá en cuenta que para 80 m<sup>2</sup> de revestimiento y 25 m<sup>2</sup> de losetas se necesita aproximadamente 1 rollo de banda de cobre de 50 m. Esto debe ser conectado a la toma de tierra principal del edificio por un electricista cualificado.

#### 10.2 Instalación sobre capa conductora

La solera será impregnada con una pasta conductora siguiendo las instrucciones del fabricante. Un trozo de banda de cobre de 1 metro de largo, aproximadamente, se coloca pegado sobre el suelo, en el punto de conexión previsto. Por favor, consultar al proveedor de material antes de usar. Para la instalación de linóleo antiestático a otras soleras contactar con el departamento técnico de Armstrong DLW para el asesoramiento por especialistas.

Frecuencia de los puntos de conexión de las tomas a tierra: En dos puntos del local, en locales grandes (más de 40 m<sup>2</sup>) en varios puntos. La distancia máxima hasta un punto de toma a tierra no debe ser mayor de 10 m.

#### 10.3 Instalación de doble requerimiento

El Linóleo LCH de Armstrong DLW es conductor y cumple las normas de aislamiento según DIN 57100 / VDE 0100T410. Debido a los problemas generales que pueden presentarse, se recomienda consultar con el servicio de asesoramiento de Armstrong DLW.

## Linoleum PUR

### 11. LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO

La empresa instaladora entregará a la empresa constructora las instrucciones para la limpieza y mantenimiento del pavimento colocado según VOB DIN 18365 parte C, párrafo 3.1.4.

Se encuentran a disposición de quien lo solicite los siguientes folletos:

- Recomendaciones para limpieza y mantenimiento para Linóleo Armstrong DLW.
- Consejos prácticos para mantener los pavimentos siempre en perfecto estado (división hogar).

Solicítelos a Armstrong DLW o a su instalador.

### 12. RECOMENDACIONES ESPECIALES

#### 12.1 Sillas de ruedas de oficina

Las sillas de ruedas de la oficinas tendrán que llevar, cuando se usen sobre pavimentos elásticos, ruedas del tipo W según EN 12529 (DIN 68131), es decir, ruedas blandas de dimensiones normalizadas (50 mm de diámetro, 20 mm de superficie de rodamiento, 100 mm de radio de la superficie de contacto). Hay que tener en cuenta estas recomendaciones si utilizamos este tipo de sillas.

#### 12.2 Decoloración y manchas

La goma, sobre todo la negra, puede dejar manchas indelebles sobre todos los pavimentos elásticos después de un largo contacto con los mismos, que ya no es posible eliminar. Las causas suelen ser: neumáticos, ruedas, los pies de lavadoras, frigoríficos, coches de niños, etc... Estas manchas no se producen de repente, sino que se van acentuando a medida que pasa el tiempo por influencia de sustancias que penetran en el pavimento y de su exposición a la luz.

Para evitar dichas huellas es conveniente utilizar sillas de ruedas de poliuretano. Si ello no es posible, se recomienda el uso de placas protectoras bajo las ruedas o bajo los pies.

Sustancias como alquitrán, asfalto, aceites minerales, grasas y betunes, pueden dar lugar a las marcas de decoloración en los pavimentos claros en áreas de tráfico intenso. Este es el caso, por ejemplo, de locales cuyo acceso se realiza desde calles alquitranadas, de cocinas, o de oficinas de gasolineras o de talleres de reparación de coches.

## Armstrong DLW

## Linoleum PUR

### **12.3 Cintas adhesivas**

Si se usan cintas adhesivas en los pavimentos, se ruega controlar su compatibilidad consultando con los fabricantes.

---

**En caso de dudas acerca de la instalación, contactar con el personal de Armstrong DLW AG.**

**Esta edición sustituye todas las ediciones anteriores**



# Linoleum DLW con Superficie PUR

## Consejos de limpieza y mantenimiento

	<p>El uso de alfombras y alfombrillas de tamaño adecuado ayuda a proteger el suelo contra el polvo y la humedad. Si se limpian con frecuencia, estas barreras contra la suciedad (felpudos) representarán una protección ideal para el suelo, además de reducir los costes de mantenimiento y de mejorar las prestaciones del material.</p>
<p><b>Tipo de limpieza</b></p>	<p><b>Materiales y equipos para la Limpieza</b></p>
<p><b>Limpieza al final del trabajo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cepillo</li> <li>• Aclarar con agua limpia</li> </ul> <p>El acabado en PUR aplicado en fábrica no puede ser eliminado por limpieza fundamental.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máquina con disco giratorio, 150 – 180 RPM máx.</li> <li>• Cepillo con disco pulidor o paño rojo 3M</li> <li>• Detergente neutro o con base alcohólica</li> </ul>
<p><b>Mantenimiento</b></p>	
<p>No se requiere en la mayor parte de los casos</p>	<p>---</p>
<p><b>Limpieza ordinaria</b></p>	
<p><b>Sectores poco utilizados</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar la suciedad con un aspirador o con un trapo húmedo</li> </ul> <p><b>Suciedad insistente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Pequeñas superficies:</u> Humedecer la superficie hasta que la suciedad se deshaga y luego retirarla con un trapo</li> <li>• <u>Grandes superficies:</u> Cubo doble y cepillo, o pulidor automático que lava y aspira en un único ciclo de trabajo</li> </ul> <p><b>Arañazos, marcas profundas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Primero, tratar las zonas del suelo indicadas con un detergente en spray</li> <li>• Cepillo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspirador</li> <li>• Trapo húmedo</li> <li>• Cepillo</li> <li>• Detergente neutro o con base alcohólica</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detergente neutro o con base alcohólica y vaporizador</li> <li>• Cepillo</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubo doble y cepillo</li> <li>• Detergente neutro o con base alcohólica</li> <li>• Detergente Desinfectante</li> <li>• Pulidor automático que lava y aspira en un único ciclo de trabajo</li> <li>• Pulidora automática para linóleo</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vaporizador</li> <li>• Máquina con disco giratorio, 300 – 1000 RPM.</li> <li>• Disco pulidor, con trapo beis o rojo 3M</li> </ul>

Emitido: 02 / 2008  
 Teléfono: 0049 (0) 71 42 / 71 340  
[service\\_germany@armstrong.com](mailto:service_germany@armstrong.com)





# Linoleum DLW con Superficie PUR

## Consejos de limpieza y mantenimiento

**Atiende por favor:**

Fuerte desgaste de los pavimentos, que es por ejemplo causado por muebles con esquinas sobresalientes, la cantidad de suciedad presente (por ejemplo arena, piedras pequeñas), constantes desplazamientos y movimientos de marcha siempre sobre el mismo área, constituyen cargas extremas, contra las cuales ningún pavimento puede resistir sin perjuicio a lo largo. Para evitar un desgaste anticipado del pavimento en tales áreas, el pavimento puede ser protegido por aplicación de una capa de mantenimiento.

La aptitud de la dispersión / emulsión de cuidado tiene que ser adaptado con el fabricante correspondiente.

**Mantenimiento es posible en caso necesario**

- Cepillo
- Doble aplicación del detergente de dispersión polimérica o desinfectante, si es necesario
- Respeto de los tiempos de secado necesarios. Esperar a que la superficie esté completamente seca



- Máquina con disco giratorio, 150 – 180 RPM máx y paño verde 3M
- Detergente de dispersión polimérica, desinfectante, si es necesario
- Cepillo

**Renovación de la película protectora** – Este método presupone la aplicación de una película protectora de varias capas!

- El suelo es pulido parcial o completamente para hacer que la superficie del acabado protector sea opaca
- Quitar el polvo
- Aplicar el acabado protector
- Si la aplicación es sólo parcial, las zonas de unión se deberán nivelar puliéndolas



- Máquina con disco giratorio (ej. Nilfisk 545) con 300 RPM como mínimo.
- Disco pulidor, con trapo azul o verde 3M
- Trapo
- Detergente/emulsión con dispersión polimérica
- Máquina con disco giratorio con 300 RPM como mínimo.
- Disco pulidor con trapo beis o rojo 3M

**Advertencias particulares:**

- Después de la colocación, se aconseja proteger el suelo contra daños, suciedad y arañazos con oportunas protecciones, sobre todo en zonas de uso frecuente durante la fase de construcción. La idoneidad de uso de cinta adhesiva en Linóleo se deberá verificar con el productor de la cinta antes del uso.
- Los suelos sobreelevados se pueden tratar con un trapo mojado o con un trapo y un detergente en spray si es necesario.
- Para evitar daños al pavimento, aconsejamos, según la norma EN 12529, el uso de sillas de oficina con ruedas del tipo "W" y fieltros adecuados (fieltro o material plástico pintado, suave) como por ejemplo pequeños fieltros o FloorCare. También asegurarse de que la superficie de apoyo de las sillas y de otros tipos de muebles sea redondeada y no tenga esquinas sobresalientes. Las ruedas de las sillas de oficina y los fieltros como también las superficies de los muebles tienen que ser limpiados y revisados periódicamente.
- En caso de contacto prolongado con el suelo, la goma con color (sobre todo, negra) puede dejar manchas de color que no se pueden eliminar. Para evitar estas manchas de color, se deberán usar ruedas de poliuretano.
- Las características antideslizantes de los suelos dependen de forma significativa de la cantidad de suciedad presente, de la frecuencia de limpieza y de los materiales utilizados para el mantenimiento. Una reducción de los procesos de limpieza puede provocar, por lo tanto, problemas higiénicos y de seguridad.
- Por favor también tiene en cuenta nuestro consejo de limpieza detallado y el consejo de colocación. Por eso consulta [www.armstrong.eu](http://www.armstrong.eu)

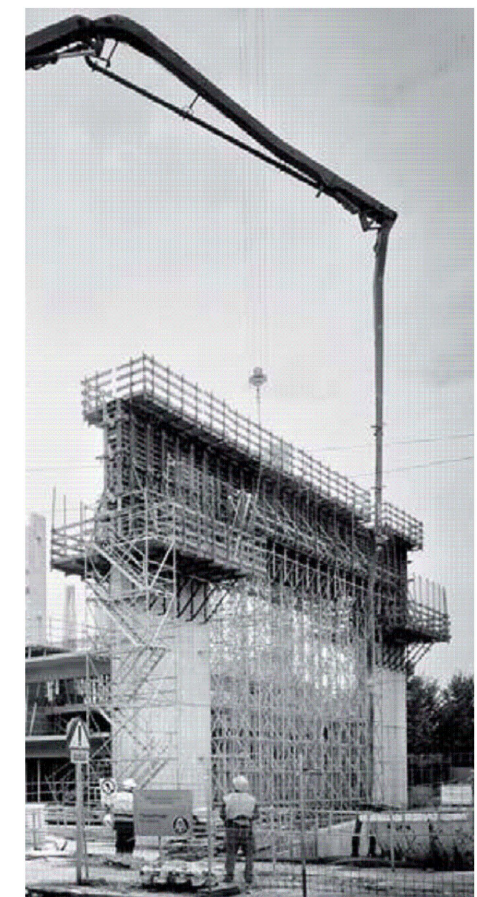
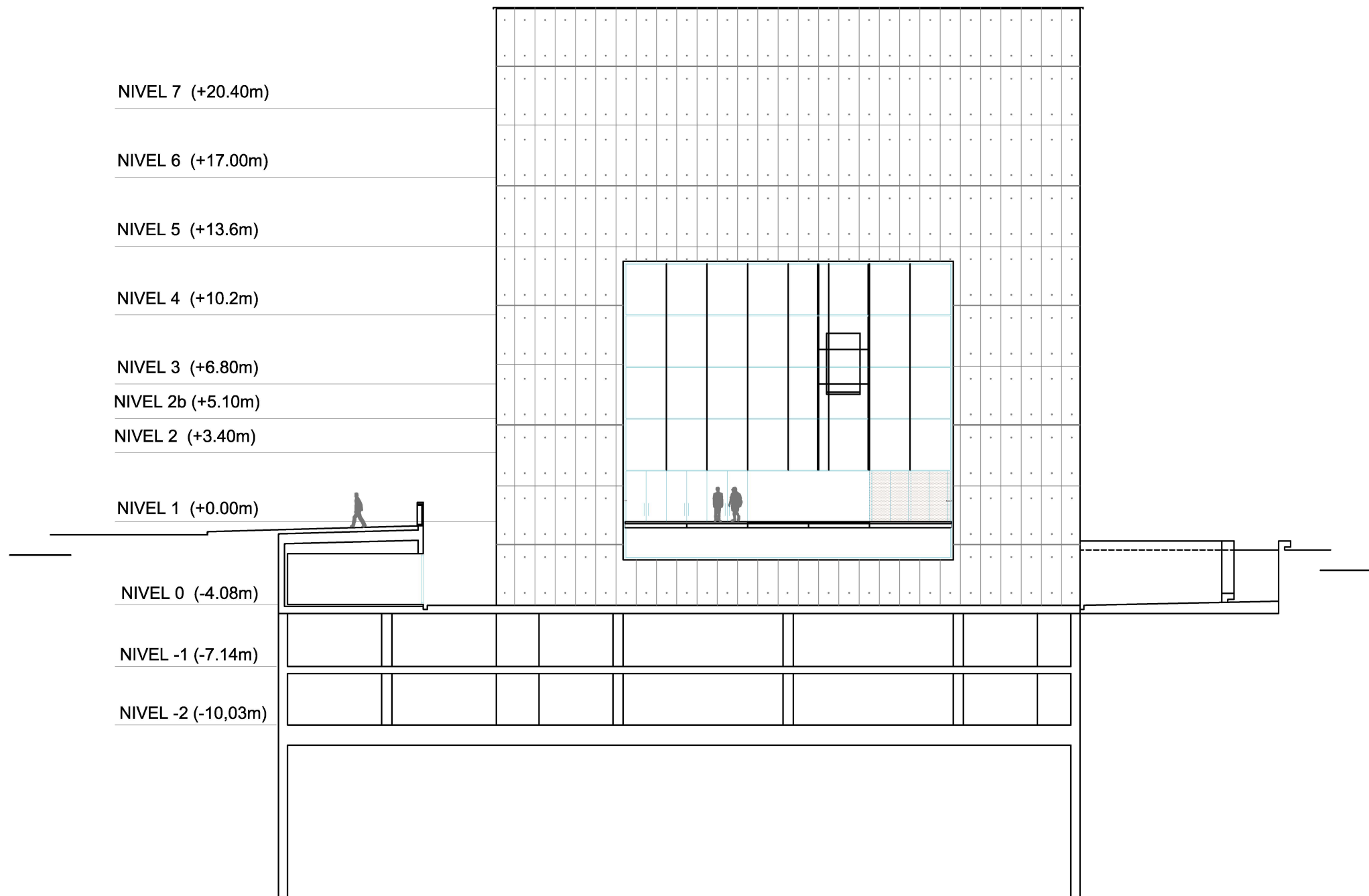
Emitido: 02 / 2008  
Teléfono: 0049 (0) 71 42 / 71 340  
[service\\_germany@armstrong.com](mailto:service_germany@armstrong.com)





**PLANOS**

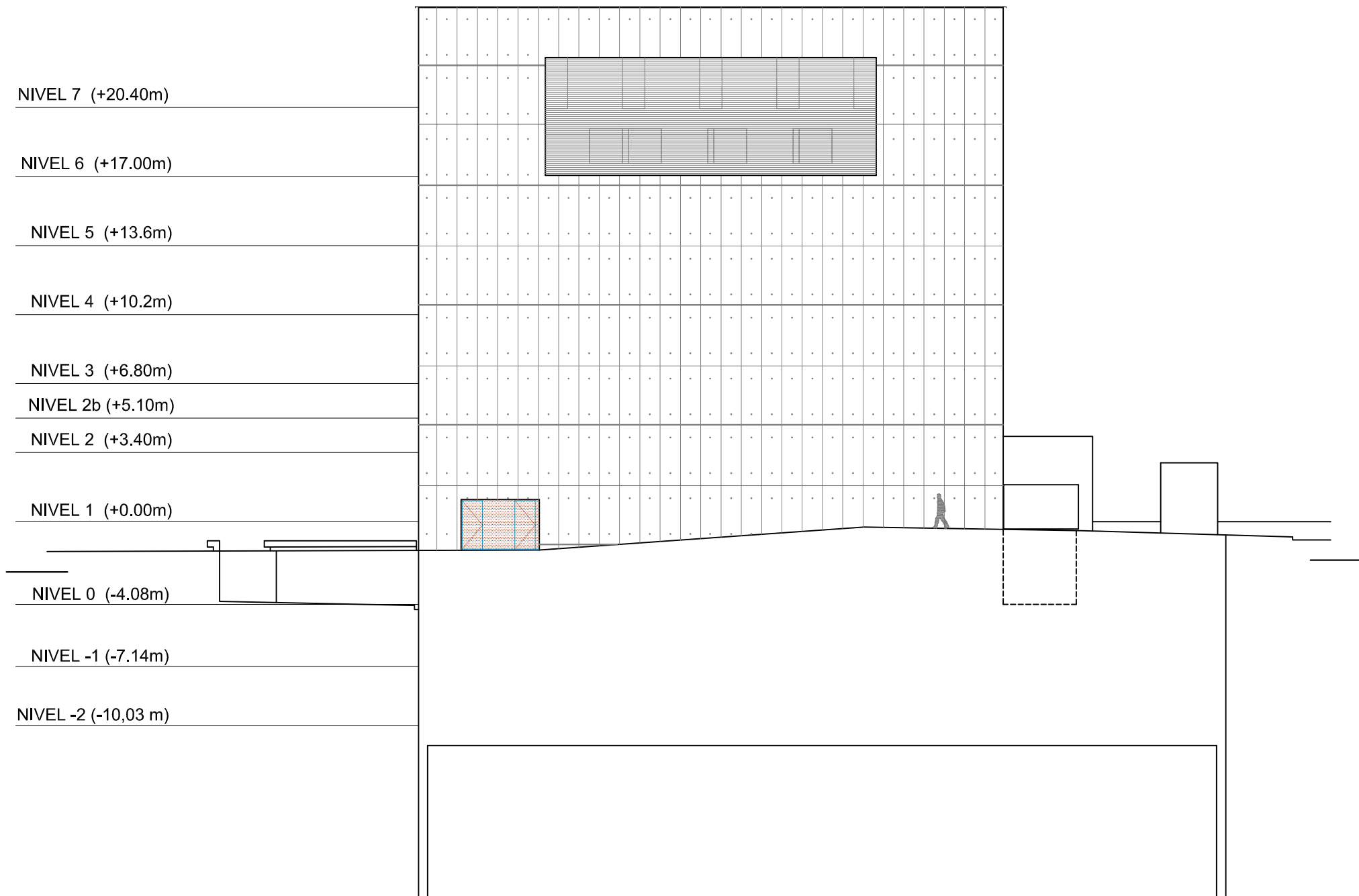






## FACHADA NORTE

	<b>PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA</b>	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
Escala : 1/250	Alumno : BALLESTER SABATER, mercedes  Designación: FACHADA NORTE	Nº plano : 1/16



## FACHADA SUR



**PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA**

Alumno : BALLESTER SABATER, mercedes

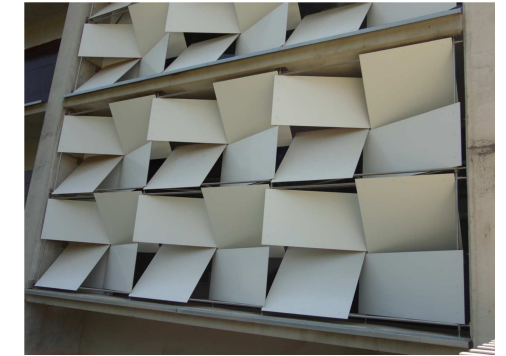
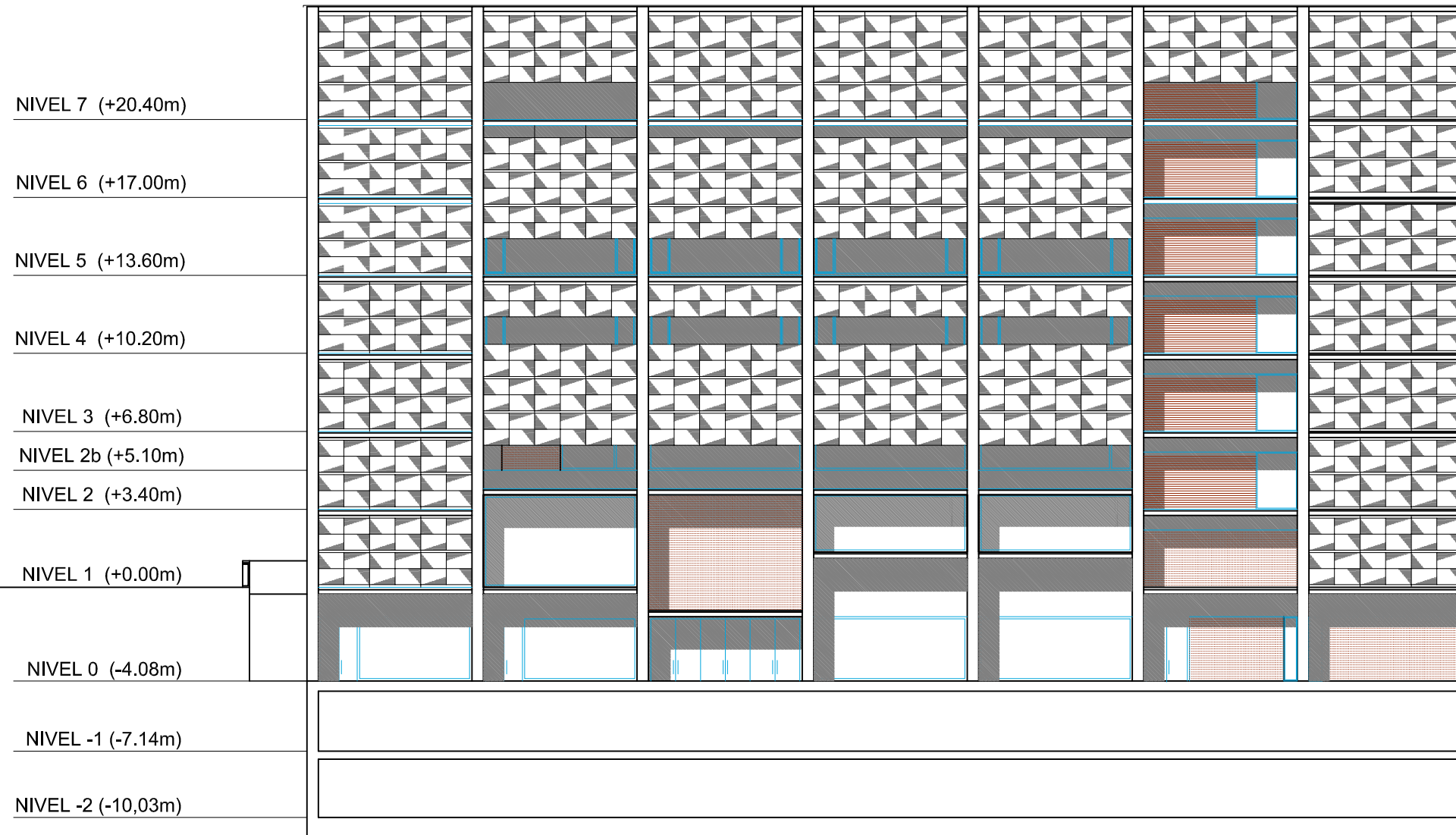


UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Escala :  
1/250



Designación:  
FACHADA SUR

Nº plano :  
**2/16**



## FACHADA OESTE



	<b>PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA</b>	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
	Alumno : BALLESTER SABATER, mercedes	
Escala : 1/250	Designación: FACHADA OESTE	



## FACHADA ESTE



**PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA**

Alumno : BALLESTER SABATER, mercedes



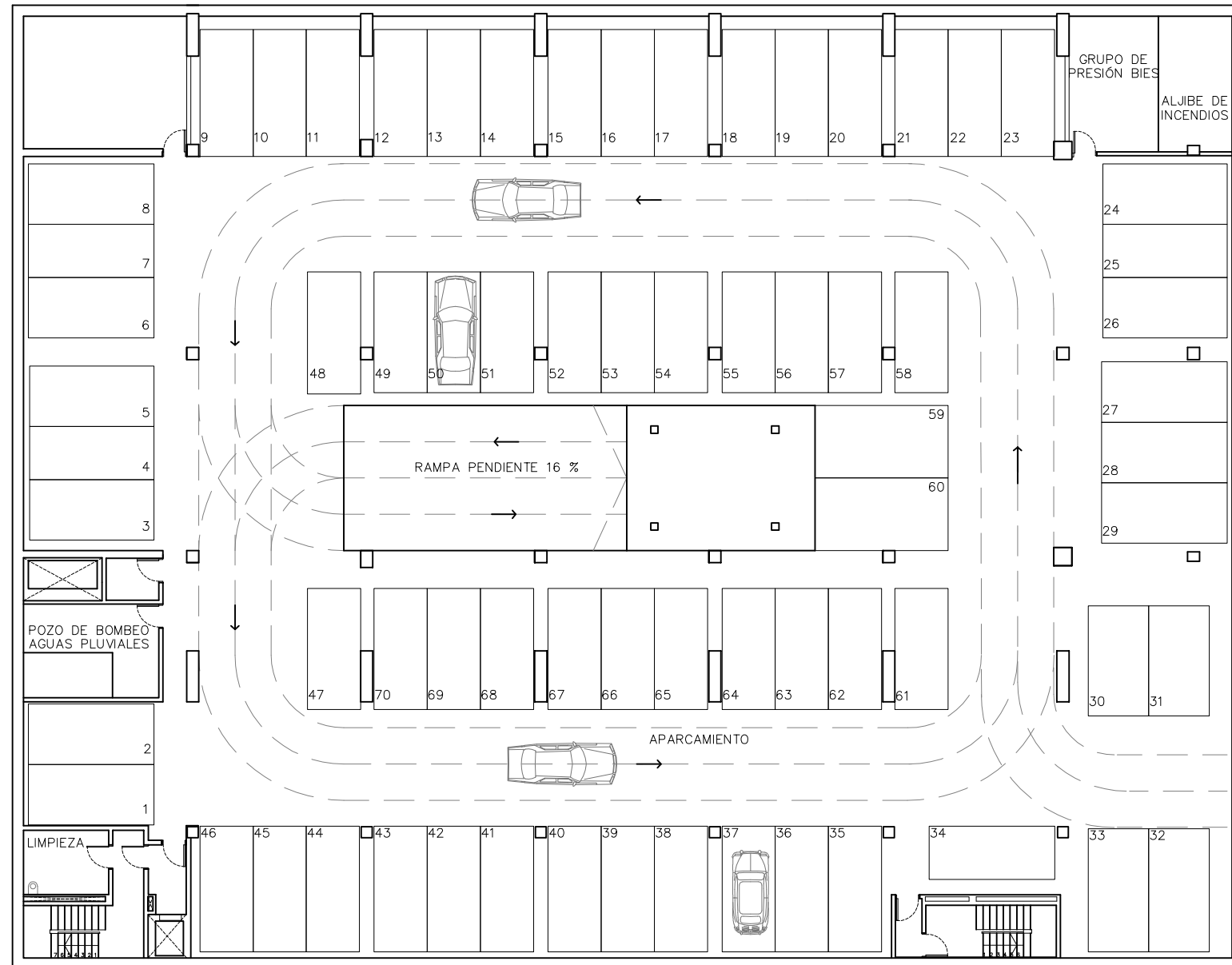
Escala : Designación:

1/250

FACHADA ESTE

Nº plano :

**4/16**



## APARCAMIENTO NIVEL -2



**PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA**

Alumno : BALLESTER SABATER, mercedes



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Escala : Designación:

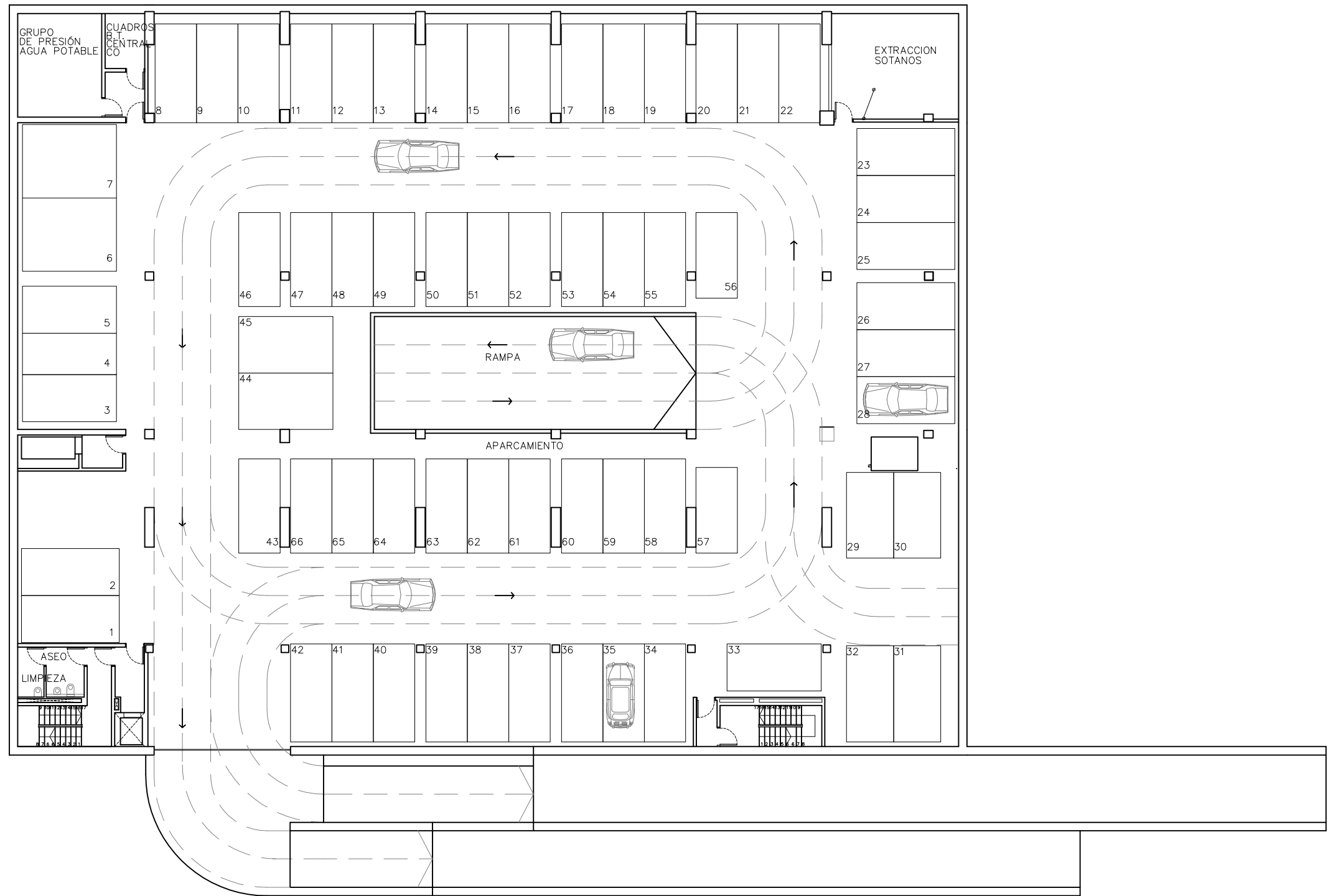
1/250

PLANTA NIVEL -2

Nº plano :

**5/16**





## APARCAMIENTO NIVEL -1



**PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA**

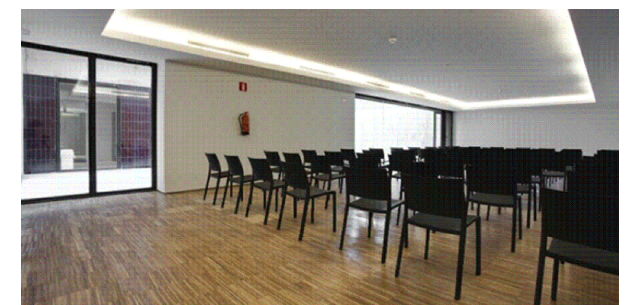
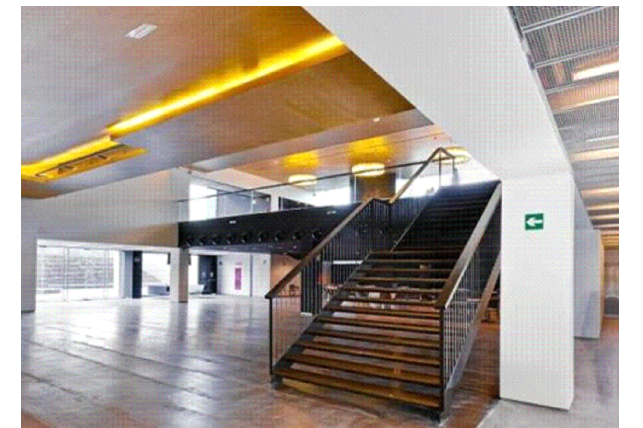
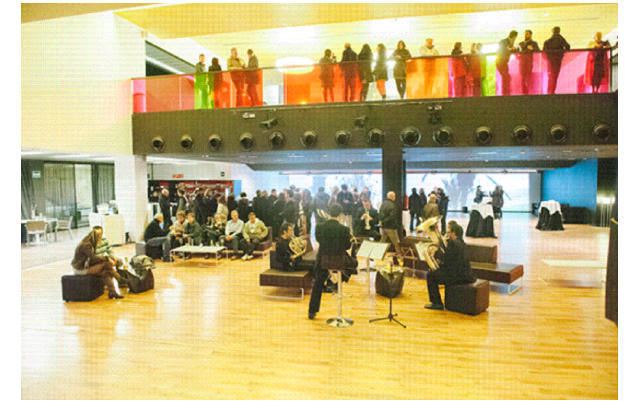
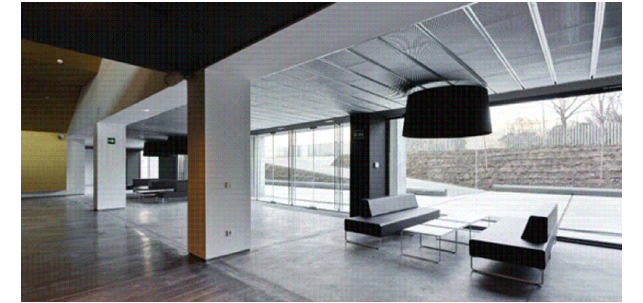
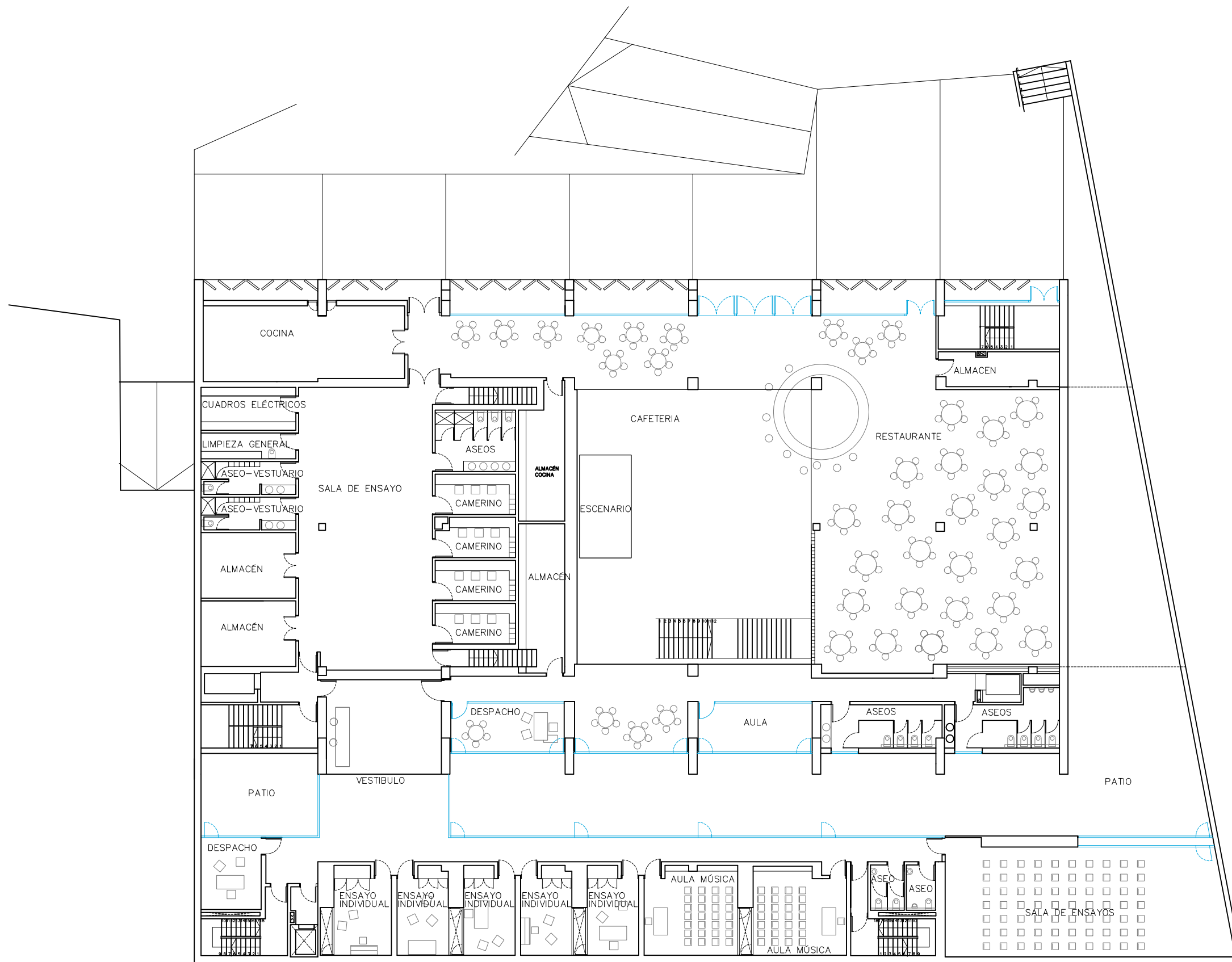
Alumno : BALLESTER SABATER, mercedes



Escala : Designación:  
1/250 PLANTA NIVEL -1

PLANTA NIVEL -1

Nº plano :  
**6/16**



# PLANTA NIVEL 0



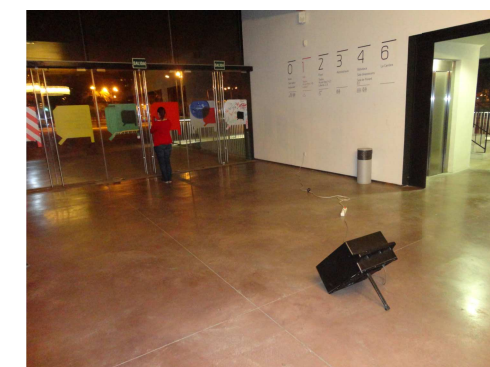
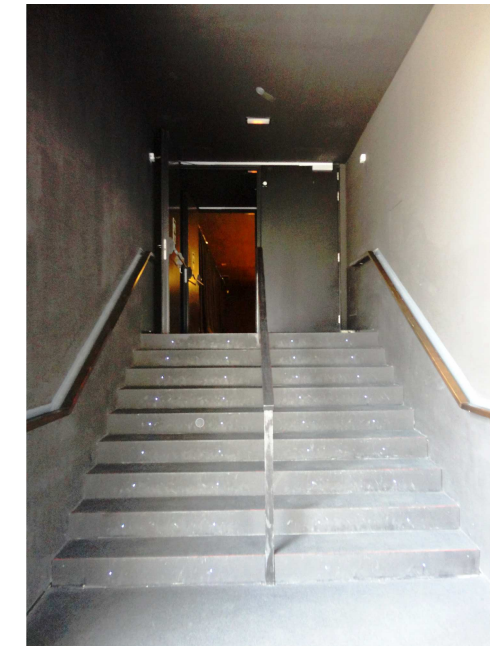
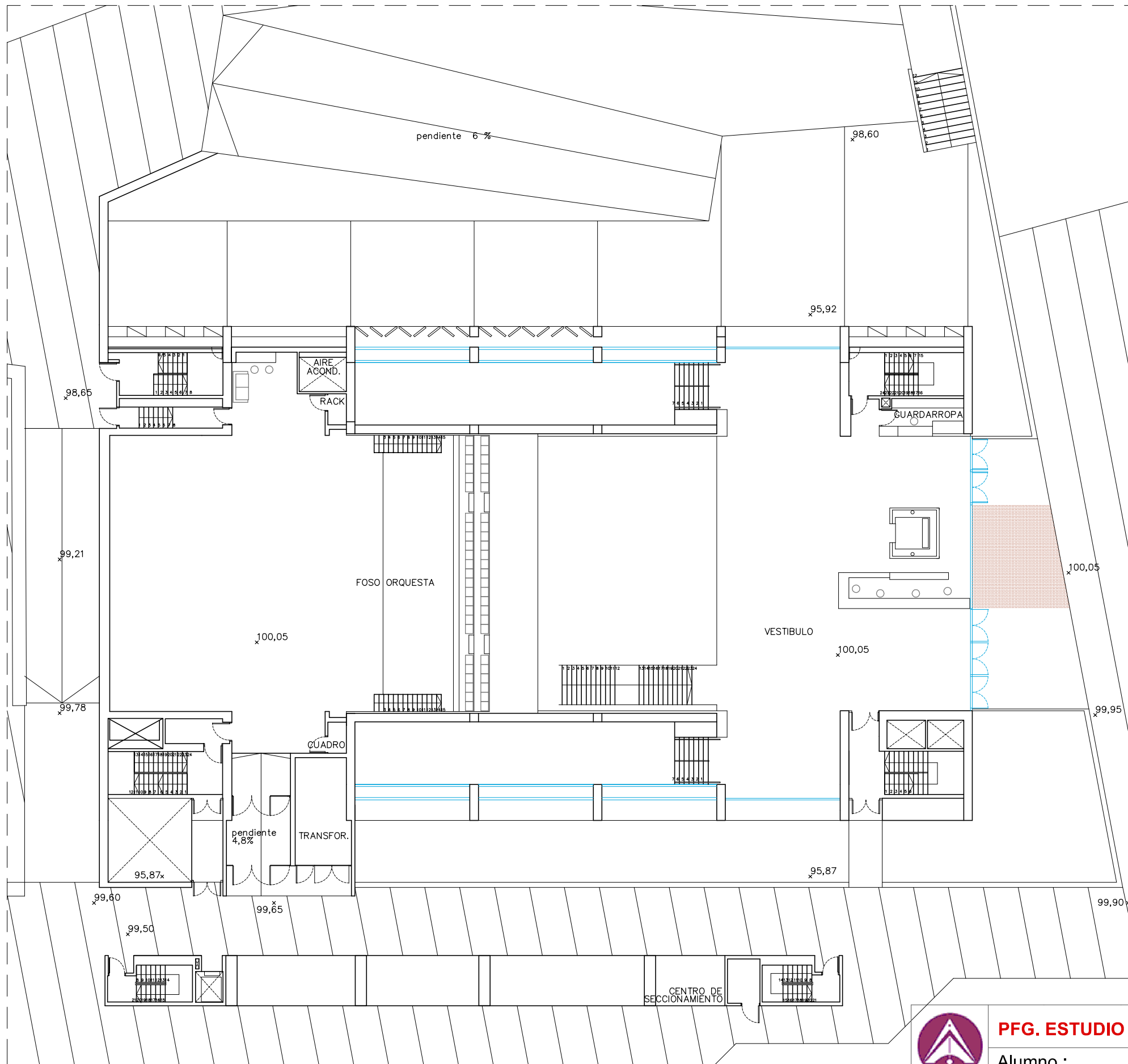
**PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA**

Alumno : BALLESTER SABATER, mercedes



Escala : Designación:  
1/250 PLANTA NIVEL 0

Nº plano :  
7/16



**PLANTA NIVEL 1**



**PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA**

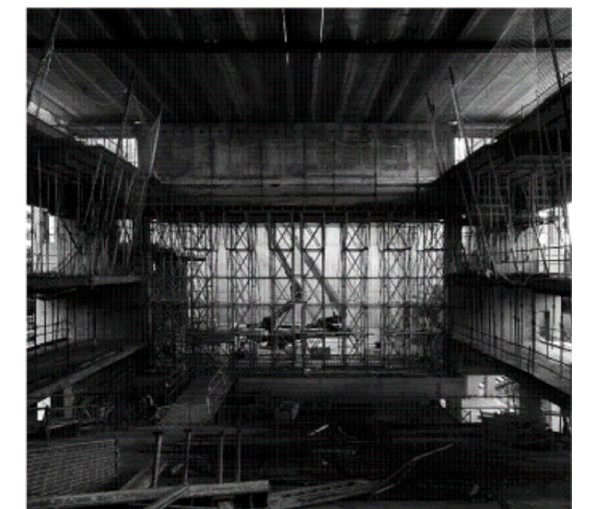
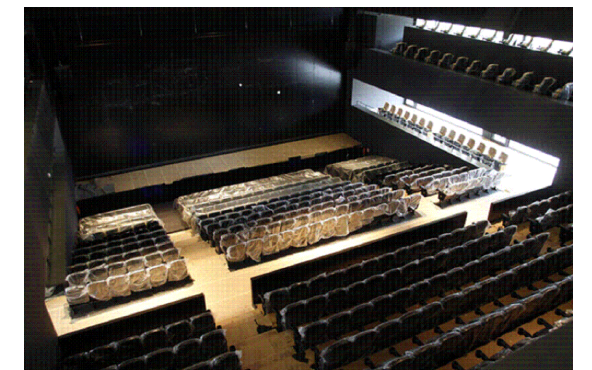
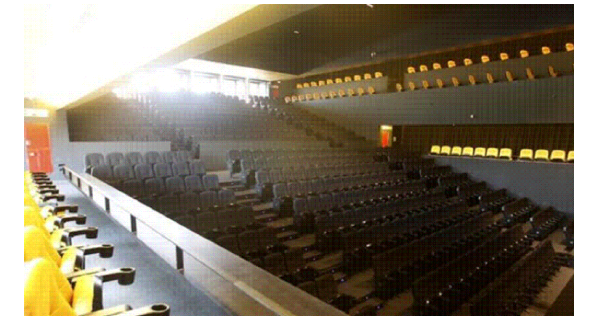
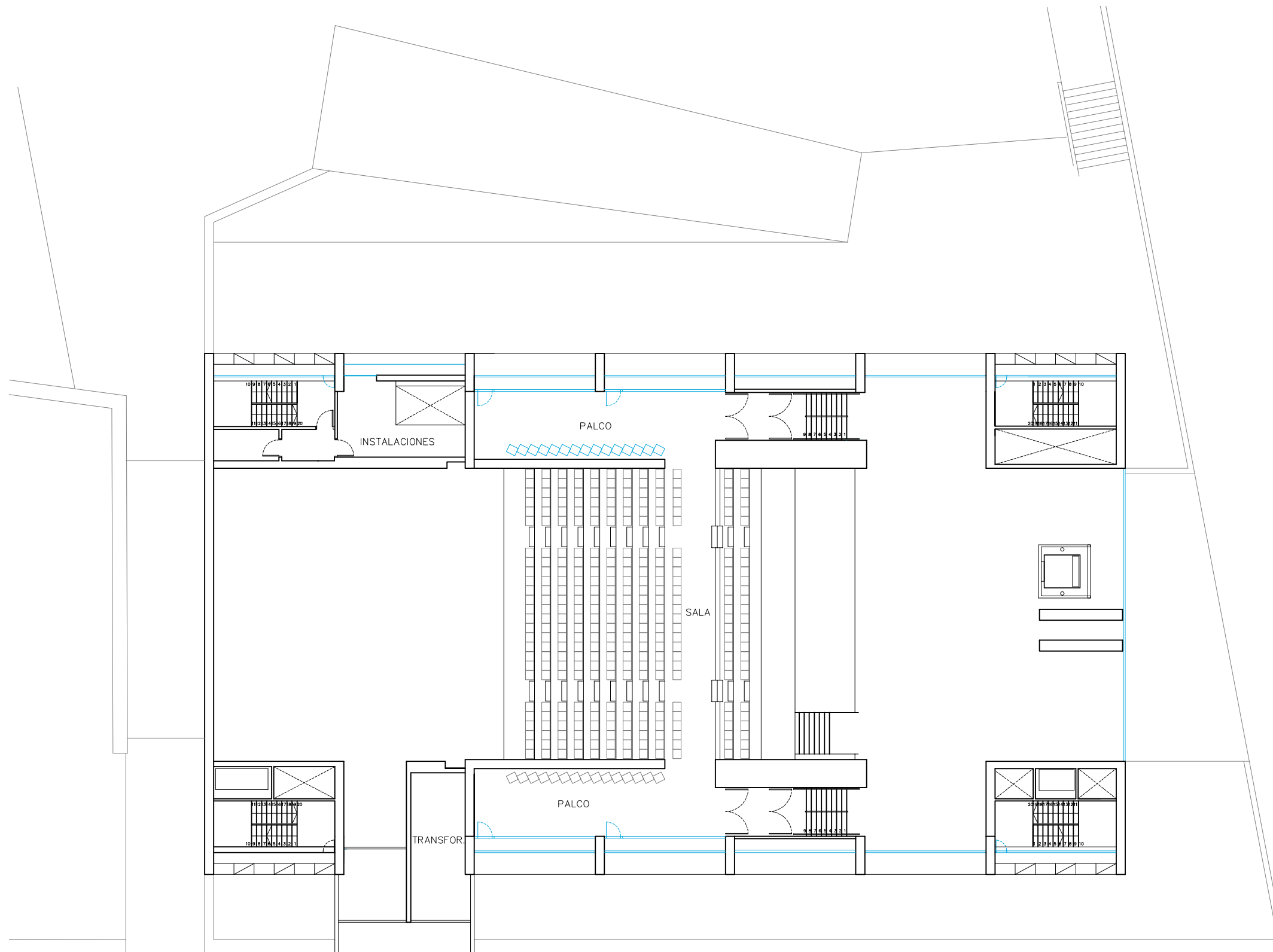


Alumno : BALLESTER SABATER, mercedes

Escala : Designación:  
1/250

PLANTA NIVEL 1

Nº plano :  
**8/16**



## PLANTA NIVEL 2



**PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA**

Alumno : BALLESTER SABATER, mercedes

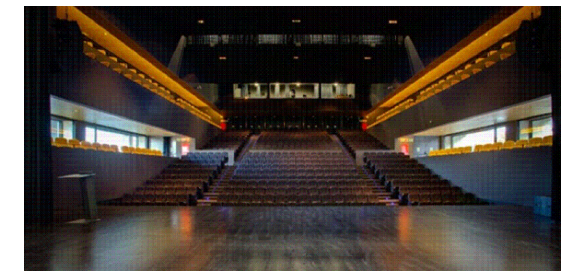
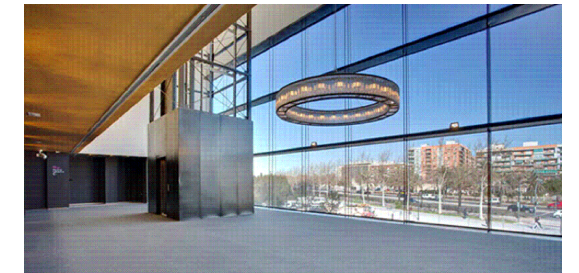
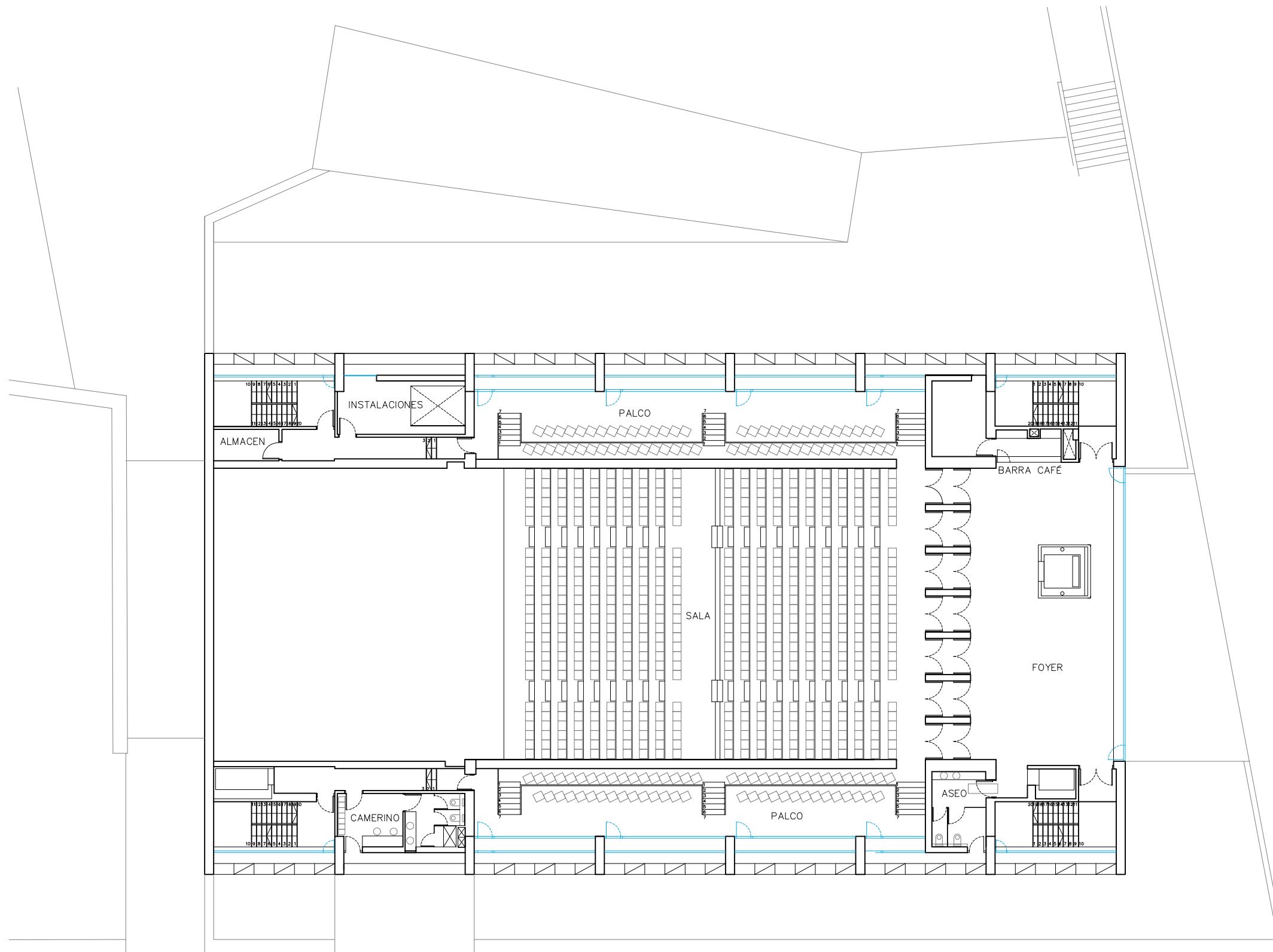


UNIVERSITAT  
POLITÀCNICA  
DE VALÈNCIA

Escala : Designación:  
1/250

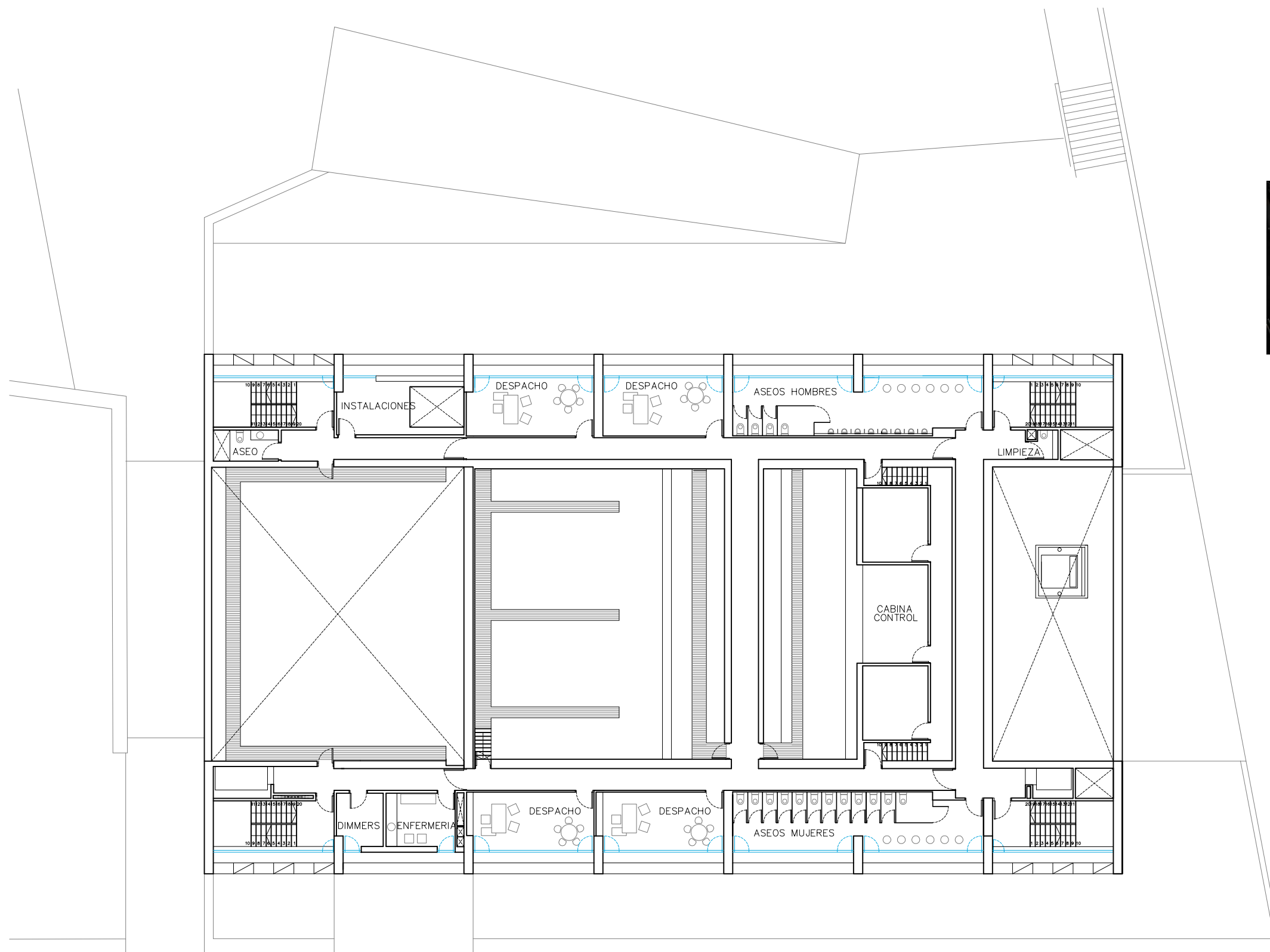
PLANTA NIVEL 2, patio de butacas

Nº plano :  
**9/16**





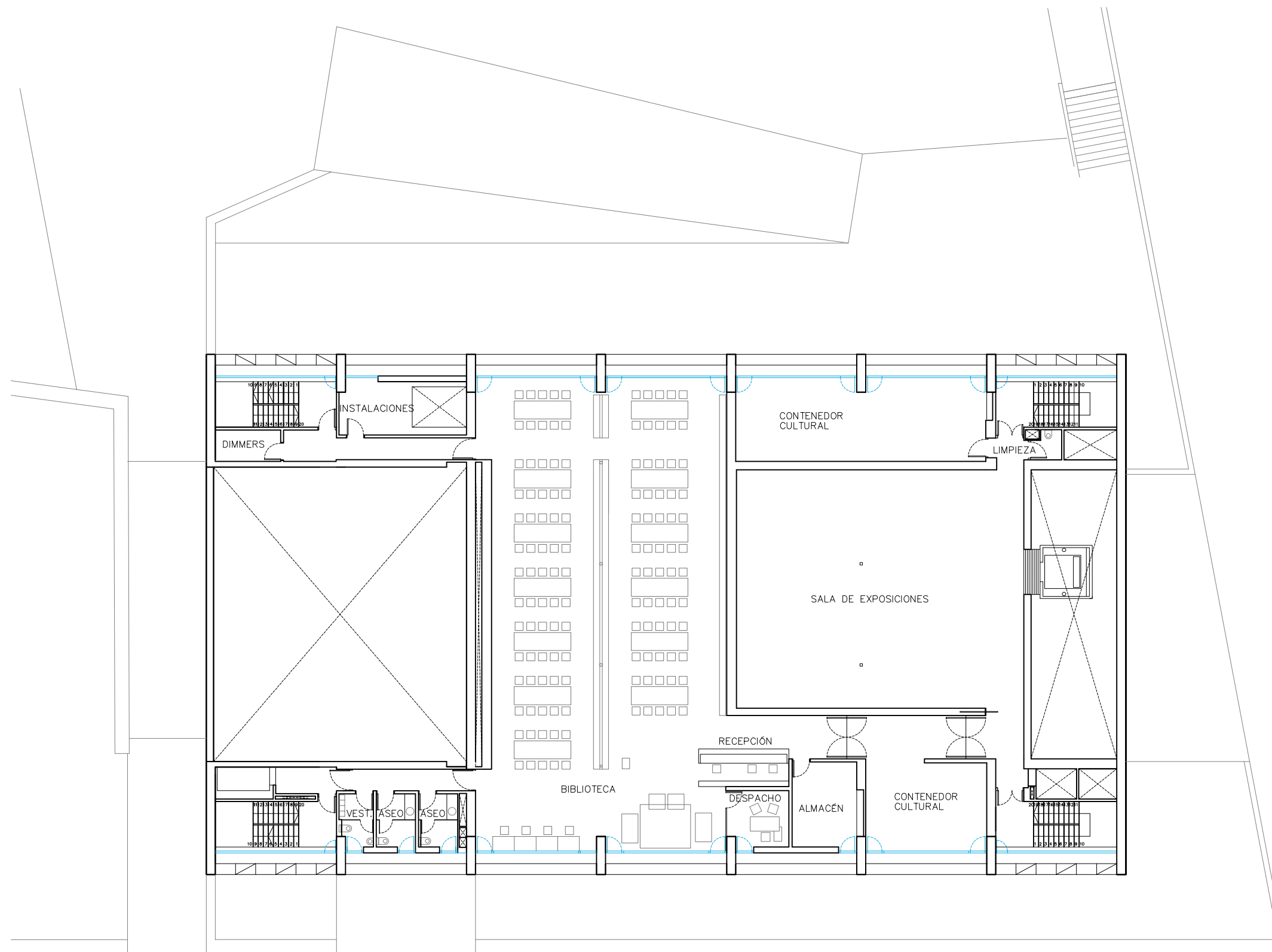
## PLANTA NIVEL 2

	<b>PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA</b>	
Escala : 1/250	Alumno : BALLESTER SABATER, mercedes  Designación: PLANTA NIVEL 2, palco	Nº plano : 10/16



## PLANTA NIVEL 3

	<b>PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA</b>	
	Alumno : BALLESTER SABATER, mercedes	
Escala : 1/250	Designación: PLANTA NIVEL 3	Nº plano : 11/16



## PLANTA NIVEL 4



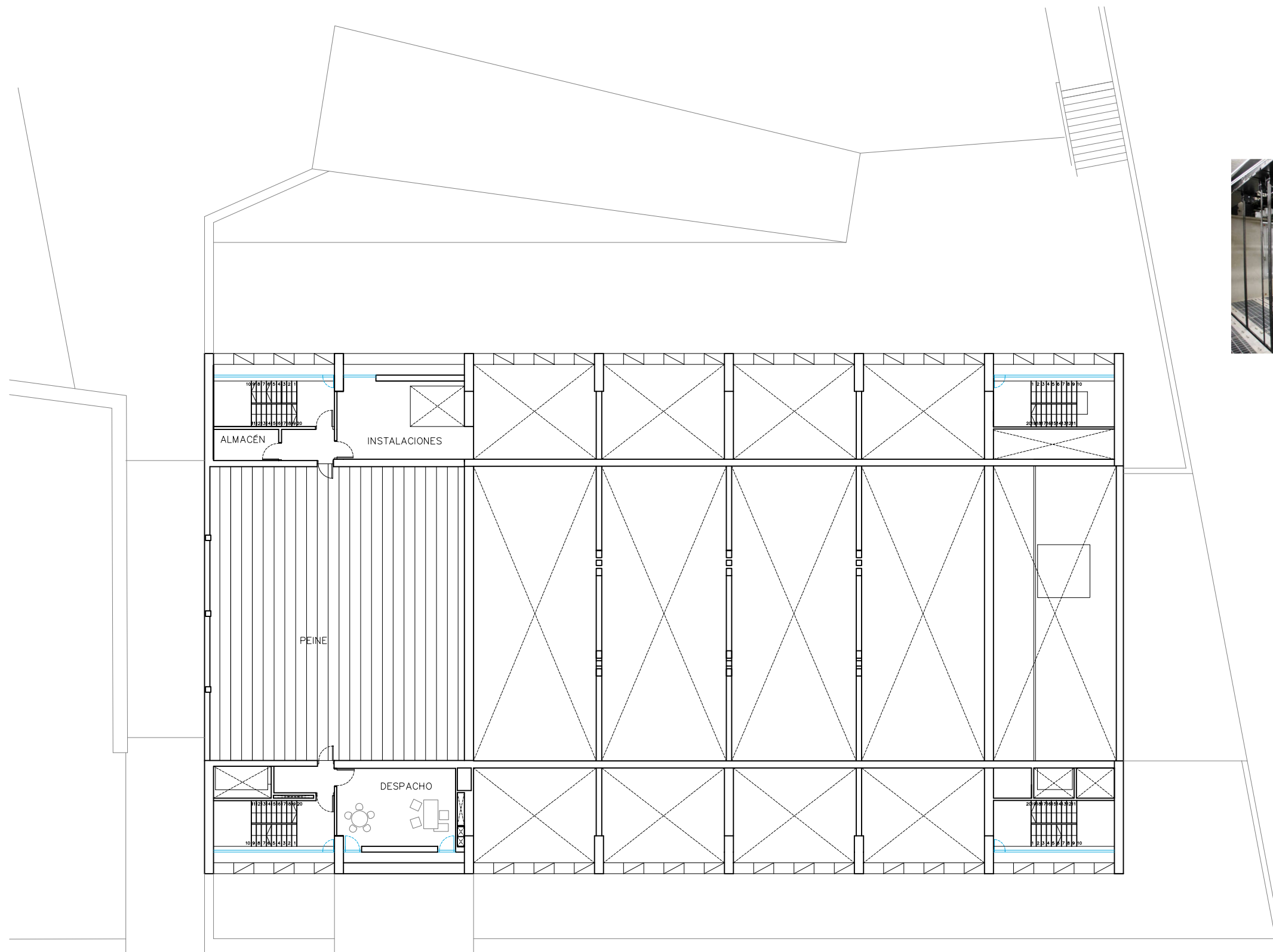
**PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA**

Alumno : BALLESTER SABATER, mercedes



Escala : Designación:  
1/250 PLANTA NIVEL 4

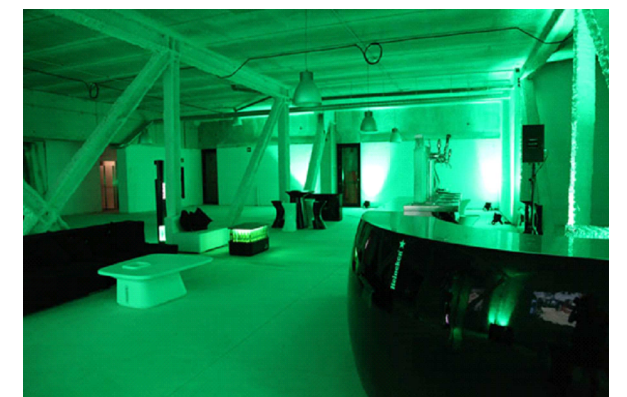
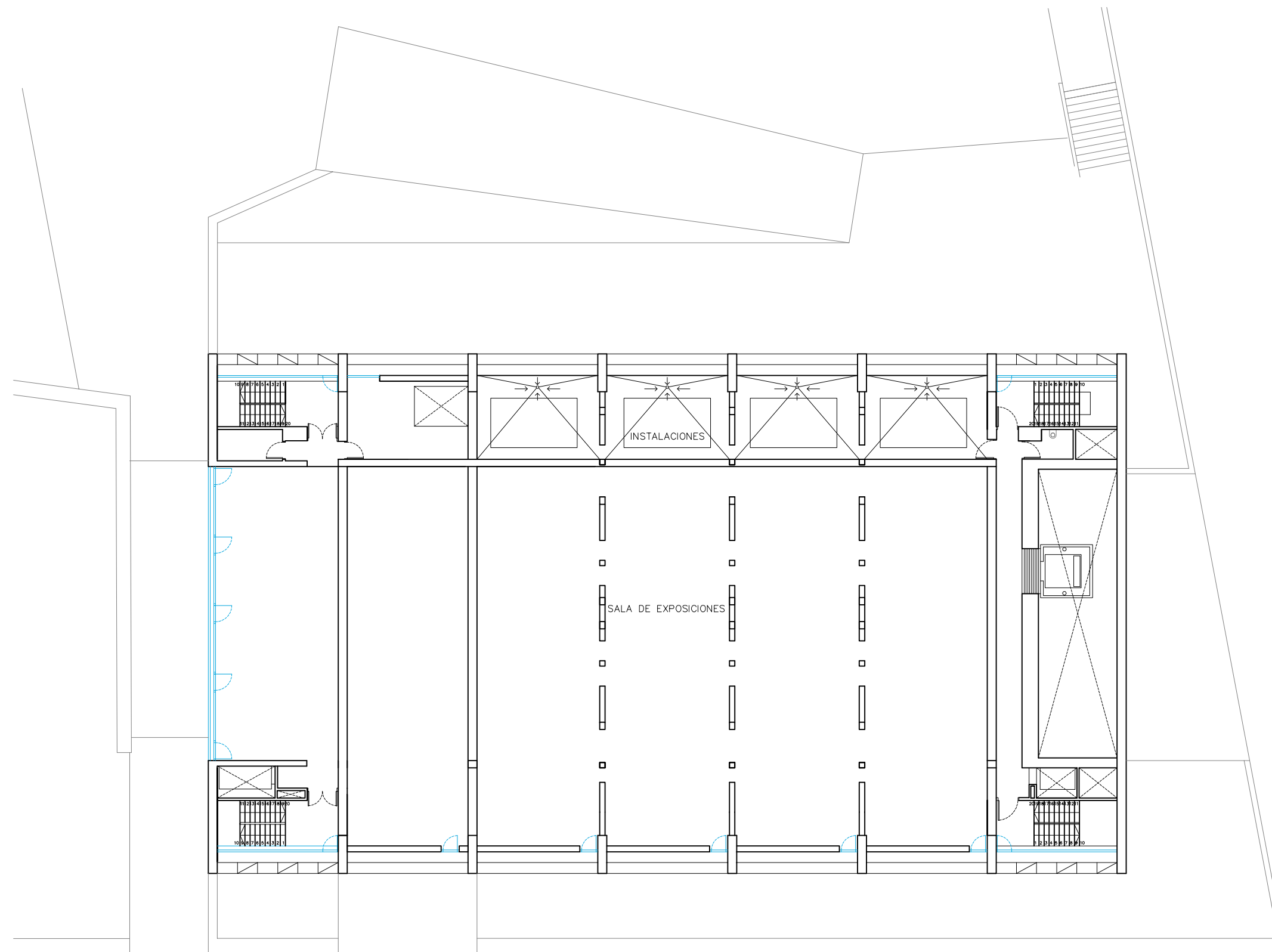
Nº plano :  
12/16



PLANTA NIVEL 5

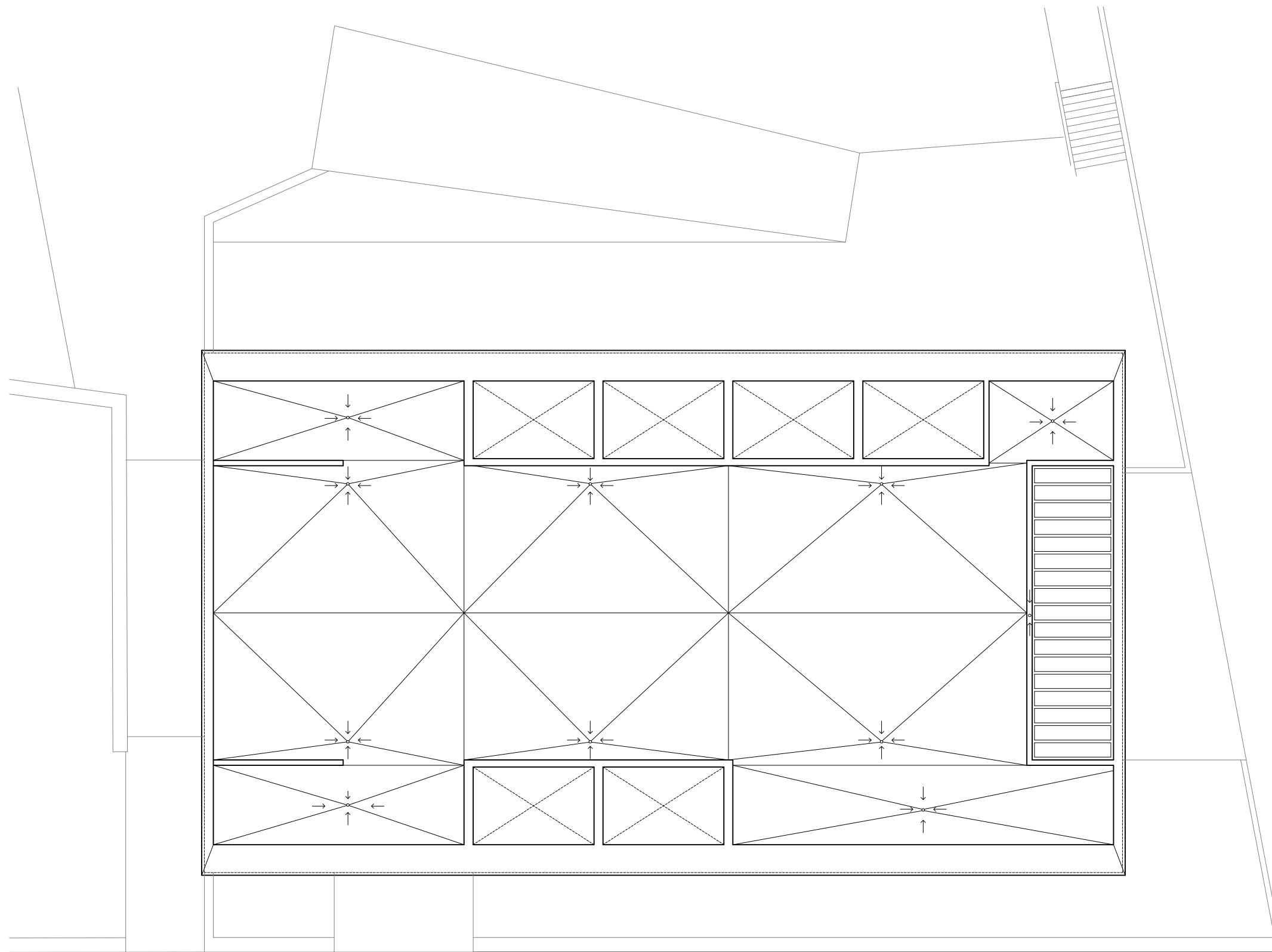
	<p><b>PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA</b></p>	
<p>Escala : 1/250</p>	<p>Alumno : BALLESTER SABATER, mercedes</p> <p>Designación: PLANTA NIVEL 5</p>	<p>Nº plano : 13/16</p>







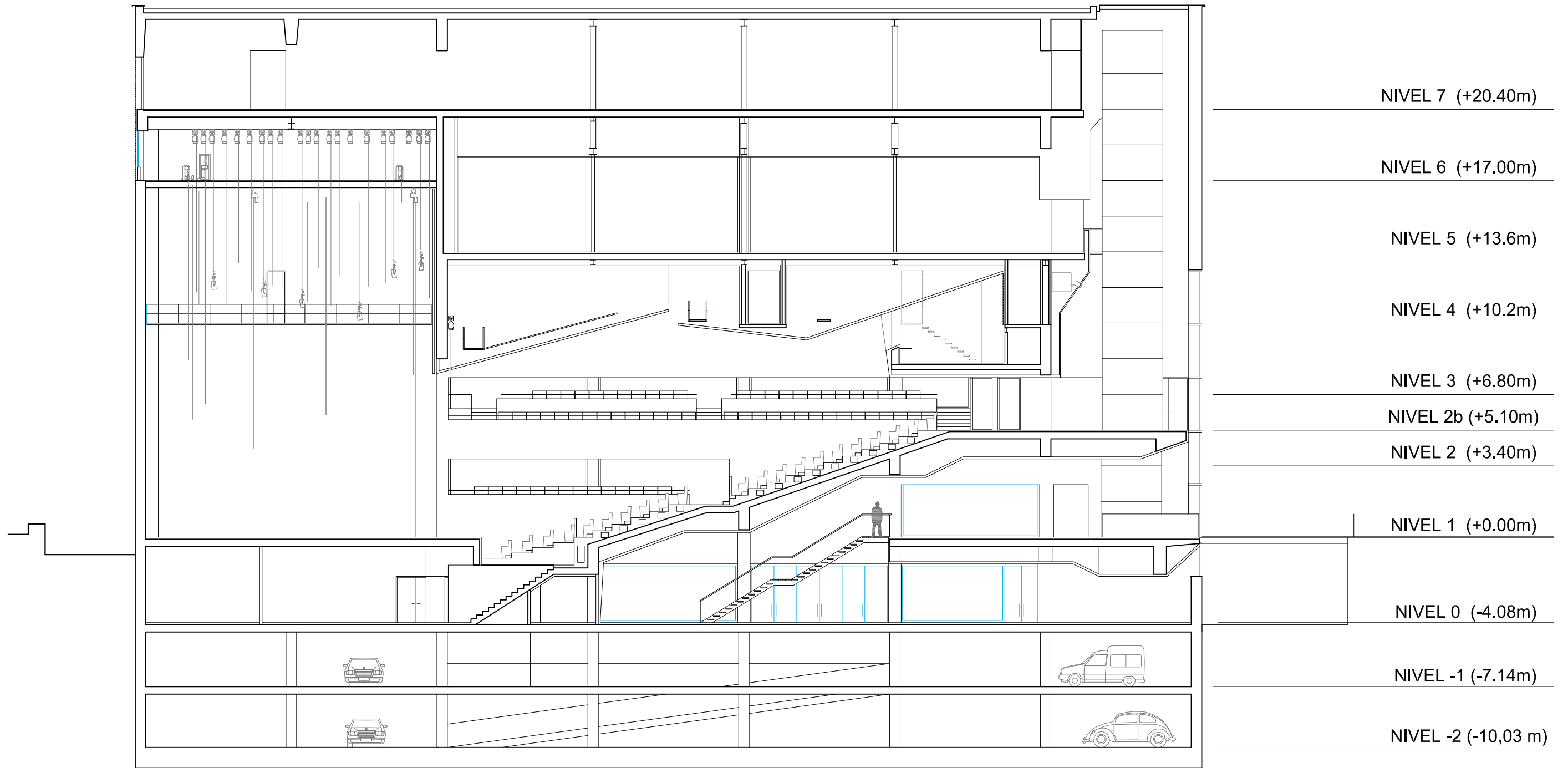
# PLANTA NIVEL 6

	<b>PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA</b>	
	Alumno : BALLESTER SABATER, mercedes	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
Escala : 1/250	Designación: PLANTA NIVEL 6	Nº plano : 14/16



# PLANTA NIVEL 5

	<b>PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA</b>	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
Escala : 1/250	Alumno : BALLESTER SABATER, mercedes  Designación: PLANTA CUBIERTA	Nº plano : <b>15/16</b>



# SECCIÓN



**PFG. ESTUDIO ACÚSTICO CENTRO CULTURAL RAMBLETA**

Alumno : BALLESTER SABATER, mercedes



Escala : Designación:  
1/200

SECCIÓN

Nº plano :  
**16/16**



## RENDERS DE LA PROPUESTA DE MEJORA





