
Estudio acústico del auditorio del Conservatorio superior de música “Joaquín Rodrigo” (Valencia)

28 jul. 15

AUTOR:

NOGUERA CUENCA, SILVIA

TUTOR ACADÉMICO:

GÓMEZ LOZANO, VICENTE [Física aplicada]



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR
ENGINYERIA
D'EDIFICACIÓ

ETS de Ingeniería de Edificación
Universitat Politècnica de València

Resumen

En el presente trabajo se expone el análisis acústico del auditorio del Conservatorio Superior de Música de Valencia “Joaquín Rodrigo”. Mediante el proceso de datos obtenidos por mediciones *in situ*, se obtienen los parámetros acústicos que definen cualquier estancia, y se comparan los resultados con las recomendaciones y exigencias existentes. En caso de cumplirlos, se podrá asegurar que la acústica de la sala es buena, haciendo una propuesta de reforma en caso contrario.

Abstract

This project analyses the acoustics of the concert hall at the Joaquín Rodrigo Music Conservatory (Valencia). In situ measurements have been taken to obtain the acoustic parameters used to define any room, and the results have been compared to current requirements and recommendations. Meeting these expectations would result in a positive review on the hall's acoustics. Otherwise, plans for renovation will be suggested.

Palabras clave: Acústica arquitectónica, aislamiento acústico, auditorio, estudio acústico, reverberación.

Agradecimientos

Gracias a mi tutor por la paciencia y comprensión que me ha demostrado.

A mi familia, por apoyarme y ayudarme a lo largo de todo el camino, sobre todo a mi hermana Ingrid. A Momo, por su pequeña gran ayuda y, especialmente a Rubén, por estar ahí en todo momento.

Acrónimos utilizados

BR: *Bass Ratio* - Calidez

Br: Brillo

C₈₀: Claridad

CSMV: Conservatorio Superior de Música de Valencia

CTE: Código Técnico de la Edificación

D₅₀: Definición

DB HR: Documento básico – Protección frente al ruido

EDT: *Early Decay Time*

FSMCV: Federación de Sociedades Musicales de la Comunidad Valenciana

NC: *Noise Criteria Curves*

RASTI: *Rapid Speech Articulation Index*

Tr: Tiempo de reverberación

Tr_{mid}: Tiempo de reverberación medio

Índice

Resumen	1
Abstract	1
Agradecimientos.....	2
Acrónimos utilizados	3
Índice	4
1. Introducción	8
1.1 Objeto del proyecto.....	8
2. Descripción del auditorio.....	10
2.1 Situación	10
2.2 Características generales.....	12
2.3 Características particulares	17
2.3.1. Cimentación.....	17
2.3.2. Estructura	17
2.3.3. Cubierta	17
2.3.4. Fachada.....	18
2.3.5. Carpintería, cerrajería y vidrio exterior	18
2.3.6. Particiones interiores.....	18
2.3.7. Carpintería, cerrajería y vidrio interior	18
2.3.8. Revestimientos de suelos	19
2.3.9. Revestimientos de techos.....	19
2.3.10. Revestimientos de paredes	19

2.3.11. Varios	19
3. Estudio previo.....	20
4. Equipos de medición utilizados	24
4.1 Software DIRAC 3.0.....	24
4.2 Fuente sonora.....	25
4.3 Micrófono	26
4.4 Sonómetro	27
5. Parámetros de calidad acústica	28
5.1 Parámetros de primer orden.....	28
5.1.1. Geométricos	29
5.1.2. Tiempo de reverberación (Tr).....	29
5.1.3. Calidez (BR).....	30
5.1.4. Brillo (Br).....	30
5.1.5. Volumen/espectador.....	31
5.1.6. Relación señal/fondo.....	31
5.2 Parámetros de segundo orden.....	31
5.2.1. Claridad (C_{80}).....	31
5.2.2. Definición (D_{50})	32
5.2.3. RASTI.....	32
6. Análisis geométrico	33
6.1 Análisis de visuales	33
6.2 Análisis de reflexiones de techo	35
6.3 Análisis de reflexiones laterales	36
7. Análisis del acondicionamiento acústico.....	37

7.1	Medición <i>in situ</i>	37
7.1.1.	Tiempo de reverberación (Tr).....	38
7.1.2.	Calidez acústica (BR) y Brillo (Br)	48
7.1.3.	Volumen/espectador	49
7.1.4.	Relación señal/fondo	49
7.1.5.	Claridad (C_{80}).....	50
7.1.6.	Definición (D_{50})	52
7.1.7.	RASTI.....	54
8.	Hipótesis de aforo.....	56
8.1	Método de cálculo	56
8.2	Caso I. Sala llena	58
8.3	Caso II. Sala al 50%	59
8.4	Caso III. Sala vacía.....	60
8.5	Análisis de resultados	61
9.	Análisis del aislamiento acústico	63
9.1	Método de cálculo	63
9.2	Caso I. Puerta cerrada – Puerta abierta.....	65
9.3	Caso II. Puerta cerrada – Puerta cerrada.....	67
10.	Propuesta de mejora del aislamiento.....	69
10.1	Presupuesto.....	70
10.1.1.	Cuadro de descompuestos	70
10.1.2.	Presupuesto y mediciones.....	71
10.1.3.	Resumen de presupuesto	72
11.	Conclusiones.....	73

12.	Referencias Bibliográficas.....	75
12.1	Libros	75
12.2	Normativa	75
12.3	Páginas web	76
13.	Índice de Figuras.....	77

Anexo I. Memoria fotográfica

Anexo II. Mediciones *In situ*

Anexo III. Fichas técnicas materiales

Anexo IV. Planos

1. Introducción

1.1 Objeto del proyecto

Es bien sabido que la Comunidad Valenciana es una tierra con una gran cultura musical. El 30 de mayo de 2015, la FSMCV publicó un censo de las formaciones artísticas, con un total de 1.686 formaciones entre bandas, orquestas, coros y grupos de cámara. Éstas se agrupan en 547 sociedades musicales con 40.000 músicos, siendo el 50% de los músicos españoles.

Estos músicos se forman en las diferentes escuelas de música o en los conservatorios profesionales existentes, lo que equivale a la educación primaria y secundaria, y después de entre 6 y 10 años pueden optar por una educación artística superior, entrando en uno de los tres conservatorios superiores existentes en la Comunidad Valenciana, en Castellón, Valencia y Alicante. Aquí nos centraremos en el CSMV.

Se podría decir que las enseñanzas superiores son el vestíbulo de la vida laboral. Se facilitan los conocimientos para poder trabajar en aquello que uno se está especializando, y también se empiezan a manejar herramientas profesionales, ya sean probetas en los laboratorios o un vibrador en el hormigonado de un forjado. Para los músicos, esto equivale al uso de su instrumento en un auditorio.

Igual que se pide a un laboratorio que su maquinaria no esté obsoleta o que funcione correctamente (ya que los resultados tienen que ser lo más profesionales posibles), para que una interpretación musical tenga la misma calidad, se deben emplear las mejores herramientas. Esto equivale a un instrumento en buenas condiciones y una sala con calidad acústica, tanto para el instrumentista como para el público.

Así, en el presente proyecto, se va a realizar un estudio de los parámetros acústicos del auditorio del CSMV mediante el análisis de mediciones *in situ*. Se estudiará su geometría, acondicionamiento y aislamiento acústico, proponiendo una mejora en caso necesario. Buscando que los futuros profesionales tengan a su disposición las instalaciones adecuadas para su formación.



Imagen 1. Auditorio del CSMV. 2015

2. Descripción del auditorio

2.1 Situación

El CSMV se encuentra en Valencia, en el Distrito de Cuatro Carreres – Barrio 6 La Punta, al lado de la *Ciutat de la Justícia* y enfrente del centro comercial El Saler, muy cerca de la Ciudad de las Artes y las Ciencias.

Recae por el Noroeste a la C/ Antonio Sacramento, por el suroeste a la C/ Rafael Ferreres, por el Sureste a la C/ Ricardo Muñoz Suay, y por el Noreste a la continuación peatonal de la C/ Luis Arcas.



Imagen 2. Situación general. 2015. Google maps

Está formado por tres bloques, siendo el de la derecha el edificio docente, en el centro encontramos la cafetería y finalmente el auditorio a la izquierda (marcado en rojo en la Imagen 3. Situación auditorio. 2015. Google maps).



Imagen 3. Situación auditorio. 2015. Google maps

La parcela donde se sitúa el edificio tiene forma rectangular de 110.92 m y 91.20 m de lado, con una calificación urbanística de edificación abierta. Su superficie total es de 10.116 m² aproximadamente, en la que se construyen 14.299 m² divididos entre la planta baja, tres alturas y un semisótano.

2.2 Características generales

El complejo se terminó de construir en el año 2009, siendo su arquitecto Ignacio Belenguer Zamit, y como promotor la Generalitat Valenciana/Consellería de Educación, con el objetivo de ofrecer unas instalaciones adecuadas para el estudio de las enseñanzas superiores de especialidades musicales.

El antiguo edificio tenía bastantes problemas de acondicionamiento y además no disponía de auditorio o sala de audiciones, siendo éste uno de los puntos primordiales del nuevo proyecto.



Imagen 4. Fachada sureste. 2015

El auditorio corresponde al edificio de menor volumen que forma el complejo, teniendo una planta rectangular y triple altura. Tiene accesos independientes desde el exterior y está comunicado interiormente con el edificio docente-administrativo por la planta semisótano.

En la planta baja nos encontramos con el hall principal, mediante al que podemos acceder a la sala del auditorio a través de dos vestíbulos en los extremos, que a su vez se comunican con el aseo y la cabina.

Retrocediendo al hall, encontramos una escalera descendente que nos lleva al semisótano, donde existen varios almacenes y las circulaciones que comunican el auditorio con el centro docente.

Una escalera ascendente, también en el hall, nos lleva al anfiteatro.

A continuación se presenta un cuadro con las superficies de cada estancia y los planos donde se indican éstas.

CUADRO DE SUPERFICIES			
Dependencias		Superficies construidas (m ²)	Total por planta (m ²)
Planta semisótano	Almacén 1	52.94	152.90
	Almacén 2	32.60	
	Almacén 3	14.24	
	Circulaciones 1	19.33	
	Circulaciones 2	33.79	
Planta baja	Hall	154.79	697.63
	Vestíbulo 1	10.83	
	Aseo	5.40	
	Cabina	19.86	
	Vestíbulo 2	10.83	
	Sala público 1	290.05	
	Escenario	205.87	
Altura 1	Circulaciones 3	73.54	169.92
	Sala público 2	96.38	
TOTAL			1020.45

Imagen 5. Cuadro de superficies. 2015

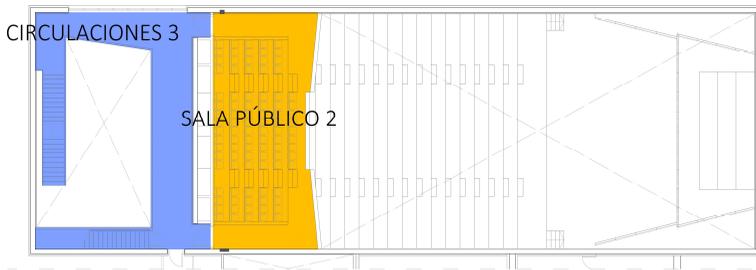


Imagen 6. Superficies primera altura. 2015



Imagen 7. Superficies plata baja. 2015

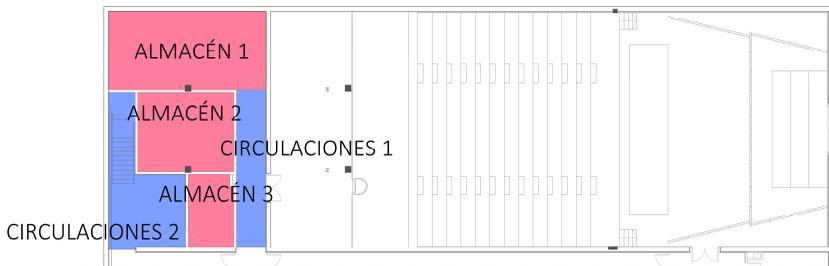


Imagen 8. Superficies planta semisótano. 2015

Finalmente se presenta una tabla de las características generales de la sala:

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SALA	
Longitud edificio	47,91 m
Longitud sala	35,45 m
Anchura edificio	16,26 m
Anchura sala	15,20 m
Altura	18,25 m
Volumen sala	4.315,60 m ³
Volumen total	9.833,83 m ³
Aforo patio de butacas	386 espect.
Aforo anfiteatro	94 espect.
Aforo máximo	480 espect.
Apoyo electroacústico	Si

Imagen 9. Características generales de la sala. 2015

A continuación se presentan la sección y las plantas del edificio del auditorio.

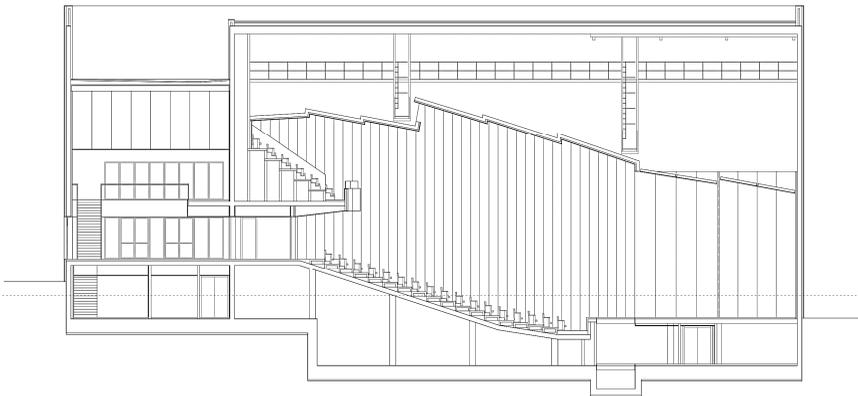


Imagen 10. Sección longitudinal. 2015

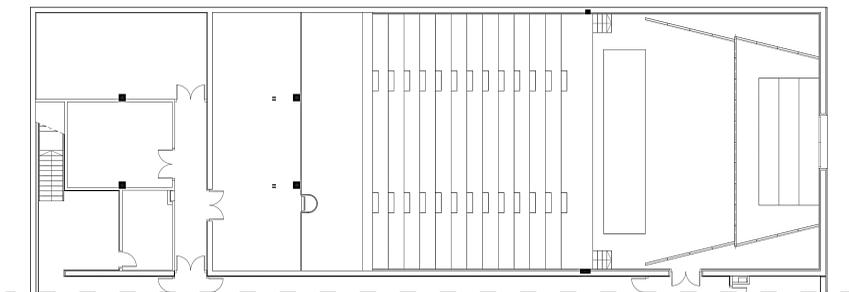


Imagen 11. Planta semisótano. 2015

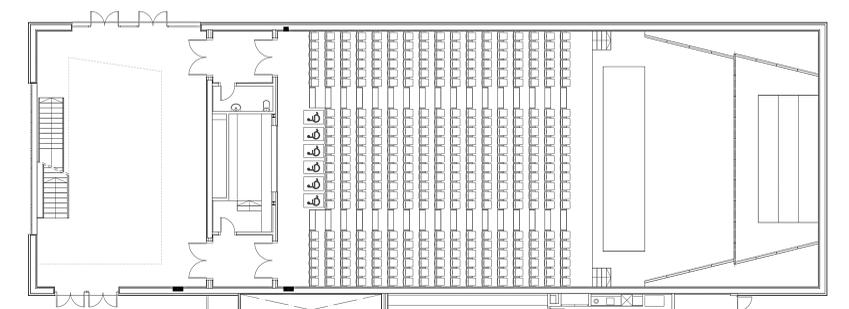


Imagen 12. Planta baja. 2015

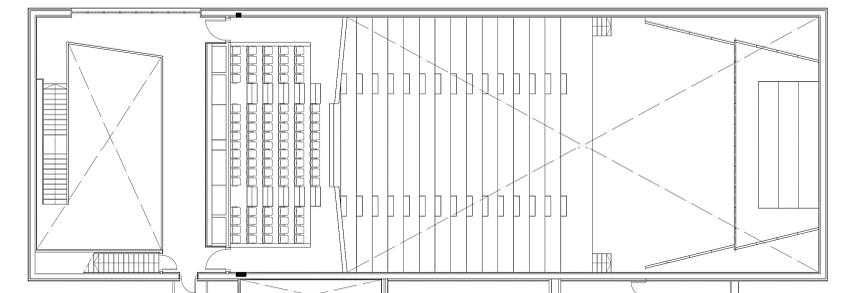


Imagen 13. Primera altura. 2015

2.3 Características particulares

A continuación se explicará los diferentes elementos constructivos que se emplean para la construcción del auditorio.

2.3.1. Cimentación

La cimentación se resuelve mediante losas de cimentación y muros de contención de hormigón armado, sobre capa de hormigón de limpieza. Sobre el terreno y previamente a la colocación del hormigón de limpieza, se coloca una lámina asfáltica en toda la superficie de la losa.

Los muros enterrados están impermeabilizados mediante lámina asfáltica soldada a la de la losa y protegida mediante membrana drenante de polietileno de alta densidad.

2.3.2. Estructura

La estructura del auditorio está formada por muros de hormigón armado en todo su perímetro, los forjados para formación de gradas y escenario se realizan con losa de hormigón armado apoyada sobre pilares y en los muros de hormigón armado perimetrales. El forjado de cubierta se realiza mediante placas alveolares de hormigón pretensado sobre vigas de hormigón armado prefabricado.

Todas las escaleras se forman mediante losas inclinadas de hormigón armado.

2.3.3. Cubierta

Se emplea una cubierta invertida no transitable con terminación en grava marmórea. Está formada por una capa de hormigón celular para aislamiento térmico y formación de pendientes, capa de regularización de mortero de cemento, capa separadora a base de fieltro sintético geotextil, impermeabilización bicapa con asfalto caliente no adherida, capa separadora de fieltro geotextil, planchas machihembradas de

poliestireno extruido, capa filtrante a base de fieltro geotextil y capa de triturado de mármol como protección pesada.

2.3.4. Fachada

Los cerramientos de las fachadas del auditorio se resuelven con poliuretano proyectado y con fachada ventilada de chapa galvanizada anclada a los muros de hormigón.

2.3.5. Carpintería, cerrajería y vidrio exterior

La carpintería exterior de ventanas es oscilo-batiente de aluminio lacado con marco perimetral de 85 cm. El acristalamiento es tipo CLIMALIT formado por vidrio de 6 mm al interior, cámara de aire deshidratado de 10 mm y vidrio de seguridad laminado 3+3 mm al exterior.

La carpintería exterior de puertas es de aluminio lacado, con cerradura de seguridad con dos puntos de cierre. El acristalamiento es tipo CLIMALIT formado por doble vidrio de seguridad, compuesto por vidrio seguridad 3+3 mm en el interior, cámara de aire deshidratado de 10 mm y vidrio de seguridad 3+3 mm en el exterior,

2.3.6. Particiones interiores

Las diferentes particiones existentes en el auditorio se solucionan con doble tabique autoportante sistema PLADUR, con un relleno interior de lana de roca. En las zonas húmedas se coloca un tabique autoportante sistema PLADUR con placa de yeso resistente al agua.

2.3.7. Carpintería, cerrajería y vidrio interior

Las puertas de acceso al auditorio son de protección contra incendios, homologadas para un RF-60, con manilla en un lado y barra antipático por el otro.

El resto de puertas del auditorio son puertas de madera de una hoja, con cerradura de entrada y manivela de acero inoxidable.

2.3.8. Revestimientos de suelos

Para la formación del escenario se ha colocado una tarima con tablas de madera maciza. El pavimento del auditorio es de parquet realizado con tablillas de madera de haya con rodapié de madera maciza de arce.

El resto de dependencias del edificio se realiza con baldosas de mármol con rodapié del mismo material, excepto en el aseo, que se usa baldosa cerámica de gres porcelánico con rodapié del mismo material.

2.3.9. Revestimientos de techos

En el auditorio se coloca un falso techo a base de paneles de tablero contrachapado ignifugo de madera de arce.

En las zonas de circulación se coloca un falso techo con paneles de acero galvanizado prelacado y en los vestíbulos de independencia se coloca un falso techo continuo de placa de yeso laminado pintado con pintura plástica.

2.3.10. Revestimientos de paredes

El auditorio está revestido con paneles de tablero contrachapado machihembrado ignifugo en madera de arce. La parte opuesta del escenario se forma por un revestimiento mediante listones de 50x30 mm colocados en vertical y separados entre ellos 30 mm, con velo negro acústicamente transparente.

En las zonas de circulación se pinta con pintura plástica la tabiquería de yeso laminado, y en el aseo se coloca un alicatado con baldosas de gres porcelánico.

2.3.11. Varios

Las butacas del auditorio son de acabado de haya en la parte posterior, y colchoneta de espuma con tapicería en la parte anterior, con especiales características acústicas.

3. Estudio previo

Para conocer la opinión de los usuarios del auditorio respecto a la acústica de éste, se ha procedido a realizar una encuesta¹ anónima a través de la página de la Asociación de alumnos del CSMV, en la que han participado hasta 56 personas.

A continuación se muestran las preguntas con las posibles respuestas y el porcentaje correspondiente a cada una:

1. ¿Cuál es tu edad?

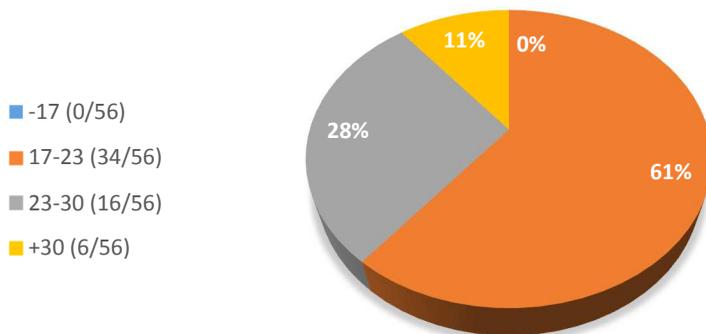


Imagen 14. Pregunta 1 encuesta. 2015

¹ Se ha utilizado la página web www.onlineencuesta.com para la realización de la encuesta.

2. Como público, ¿percibes la banda/orquesta con claridad?

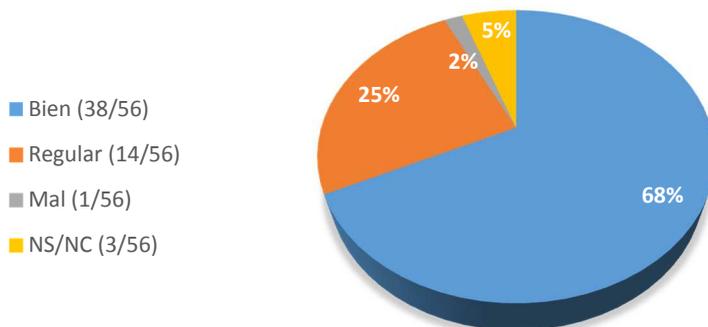


Imagen 15. Pregunta 2 encuesta. 2015

3. Como público, ¿percibes al grupo de cámara con calidad?

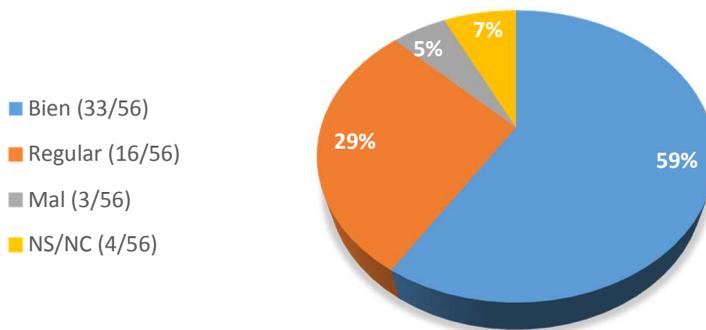


Imagen 16. Pregunta 3 encuesta. 2015

4. Como intérprete, ¿percibes a tus compañeros de banda/orquesta con claridad?

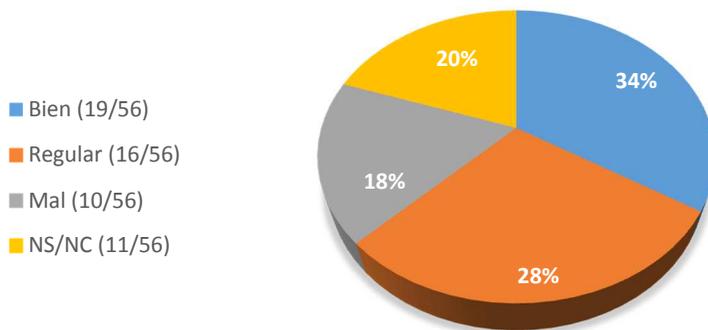


Imagen 17. Pregunta 4 encuesta. 2015

5. Como intérprete, ¿percibes a tus compañeros del grupo de cámara con calidad?

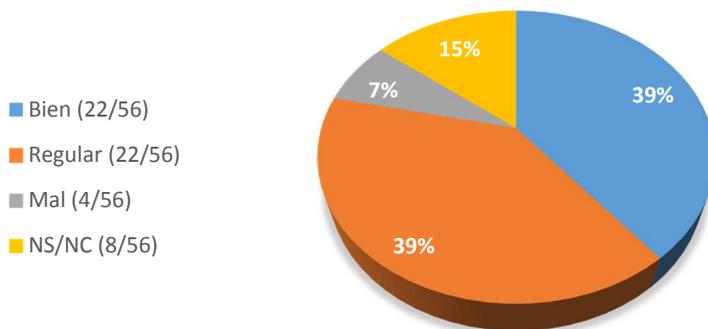


Imagen 18. Pregunta 5 encuesta. 2015

6. En general, ¿qué valoración le pones al auditorio?

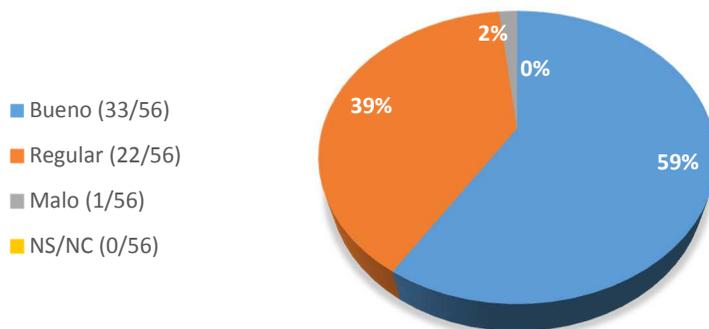


Imagen 19. Pregunta 6 encuesta. 2015

Como se ha podido observar, la mayoría de los encuestados tienen una edad de entre 17 y 23 años, la edad general para cursar estudios superiores.

Como público, se percibe bastante bien a las bandas/orquestas, disminuyendo un poco la calidad cuando se trata de grupos de cámara. No obstante, como intérprete, esta calidad disminuye considerablemente en las dos categorías.

Finalmente, casi el 60% piensa que es un buen auditorio, mientras que el 40% daría pie a algunas mejoras acústicas.

Teniendo en cuenta estas opiniones, se procede a la medición de los parámetros de calidad acústica y análisis de ésta.

4. Equipos de medición utilizados

4.1 Software DIRAC 3.0

Software perteneciente a la casa Brüel & Kjaer con el que podemos medir diversos parámetros acústicos gracias a que mide mediante un micrófono, la respuesta de la sala a impulsos sonoros que se transmiten a una fuente sonora conectada al portátil en el que está instalado el software.

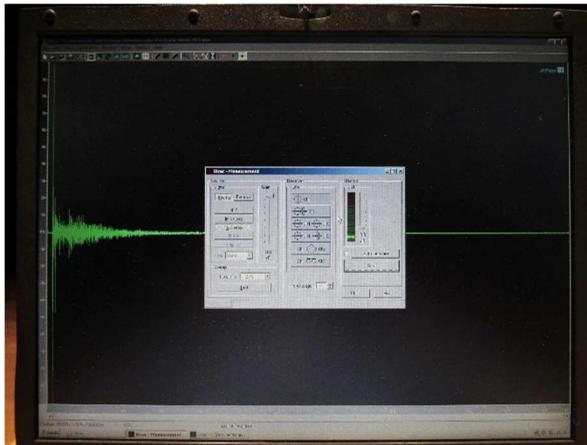


Imagen 20. Software DIRAC 3.0. 2015

Gracias al DIRAC 3.0 se han podido procesar la mayoría de los datos que se han utilizado en el presente estudio.

4.2 Fuente sonora

Para la reproducción del sonido se ha utilizado un altavoz de la casa Brüel & Kjaer, modelo "Sound Source Type AP4224". Reproduce los impulsos sonoros creados por DIRAC 3.0, para poder medir diferentes parámetros acústicos de la sala.

En el modo de banda ancha, produce el sonido conocido como ruido rosa, en el que todas las bandas de octava tienen el mismo nivel sonoro, y que se utiliza para analizar el comportamiento acústico de una sala, sobretodo en temas de aislamiento.



Imagen 21. Fuente sonora. 2015

4.3 Micrófono

La respuesta de la sala por los impulsos sonoros procedentes de la fuente sonora, se han recogido con un micrófono de la marca Bruel & Kjaer modelo 4188 H-14. El sonido se procesa en el acondicionador de señal marca *Endevo* y se traslada al portátil preparado con el programa DIRAC 3.0.



Imagen 22. Micrófono. 2015

Este micrófono tiene una gran sensibilidad al sonido, haciéndolo perfecto para este trabajo.

4.4 Sonómetro

Para la medición de los niveles y posterior proceso de los datos analizando el aislamiento de la sala se ha usado un sonómetro tipo Bruel & Kjaer, modelo "2238 Mediator".

Es un equipo que mide en dB la presión sonora existente en el aire, ya sea por ruido de fondo o por sonido producido por una fuente sonora.



Imagen 23. Sonómetro. 2015

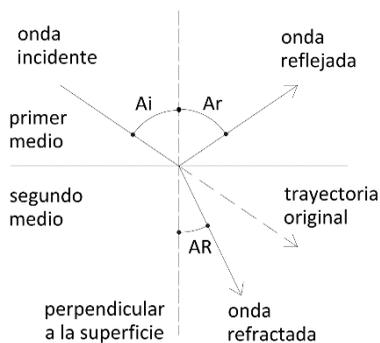
5. Parámetros de calidad acústica

Para asegurarnos que cualquier tipo de recinto destinado a actos de música o palabra tenga la acústica adecuada, se han de tener en cuenta una serie de parámetros cuyas recomendaciones variarán dependiendo del uso de dicha sala. Estos parámetros se dividen en dos, los de primer orden y los de segundo orden.

5.1 Parámetros de primer orden

Los parámetros de calidad acústica de primer orden son aquellos que están relacionados con las primeras reflexiones y el comportamiento de la sala en relación a estas.

Las primeras reflexiones, o reflexiones tempranas, son aquellas que se producen cuando una onda sonora se encuentra con un obstáculo y choca contra su superficie, generando un rayo que forma el mismo ángulo respecto a la normal que el rayo incidente. También se crea la onda refractada, que es la que consigue atravesar la superficie.



*Imagen 24. Esquema reflexiones.
2015*

Es el fenómeno acústico que más hay que tener en cuenta, junto con el sonido directo, ya que hay que controlarlo para que le dé calidad a la sala y no produzca problemas.

5.1.1. Geométricos

La geometría de la sala es el primer factor a tener en cuenta en el diseño, ya que se tiene que conseguir una correcta visibilidad del escenario en cualquier localidad y evitar ecos y focalizaciones.

Además, el diseño de las paredes y techo es imprescindible, con lo que controlamos que el sonido se distribuya uniformemente por toda la sala al jugar con las primeras reflexiones. Modificando la curvatura, inclinación o superficie de las conchas de techo y paredes, guiamos a las ondas sonoras para que incidan sobre las localidades o zonas que más nos interesen.

5.1.2. Tiempo de reverberación (Tr)

El tiempo de reverberación es el tiempo que demora el sonido en bajar 60 dB por debajo de su nivel inicial una vez la fuente deje de emitir sonido (se ha elegido 60 dB porque con esa caída se tiene la sensación de que el sonido se ha extinguido completamente).

El tiempo de reverberación depende de cuán absorbentes sean las superficies de la sala. Así, si las paredes son muy reflectoras (que reflejan la mayor parte del sonido que llega a ellas), se necesitarán muchas reflexiones para que se extinga el sonido, por lo que habrá un tiempo de reverberación elevado. En cambio, si las paredes son muy absorbentes, con cada reflexión se absorberá mayor cantidad de sonido, por lo que con pocas reflexiones el sonido se hará inaudible, disminuyendo el tiempo de reverberación.

Éste factor se puede calcular con la fórmula de Sabine:

$$T = \frac{0,16 V}{A}$$

Imagen 25. Fórmula reverberación. 2009. DB-HR

Donde V es el volumen de la habitación en m^3 , 0,16 es el valor de una constante para una temperatura de 20°C y A es la absorción acústica total del recinto, que se calculará gracias a la expresión:

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{O,m,j} + 4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$$

Imagen 26. Fórmula de la absorción. 2009. DB-HR

Donde $\alpha_{m,i}$ es el coeficiente de absorción de cada paramento, S_i es el área del paramento cuyo coeficiente de absorción es α_i , $A_{O,m,j}$ es el área de absorción acústica equivalente media de cada mueble fijo absorbente diferente, V es el volumen del recinto y m_m el coeficiente absorción acústica medio en el aire.

5.1.3. Calidez (BR)

La calidez acústica, o *Bass Ratio*, viene definida por la fórmula:

$$BR = (Tr_{125} + Tr_{250}) / (Tr_{500} + Tr_{1000})$$

Se refiere a la respuesta de la sala en frecuencias graves. Una sala cálida es aquella que es rica en contenido de frecuencias graves, lo que determina la sensación de suavidad de la música escuchada en ella.

5.1.4. Brillo (Br)

El brillo acústico viene definido por la fórmula:

$$Br = (Tr_{2000} + Tr_{4000}) / (Tr_{500} + Tr_{1000})$$

Se refiere a la riqueza de armónicos (frecuencias agudas) que puede albergar una sala. Las salas no deben ser demasiado brillantes, ya que puede dar la sensación de sonido artificial, llegando incluso a molestar a los oyentes.

5.1.5. Volumen/espectador

La relación volumen/espectador debe ser tenida en cuenta a la hora de adecuar la reverberación. Una sala que tenga demasiado volumen en comparación con los espectadores, sonará muy reverberante, y al contrario sonará muy seca.

5.1.6. Relación señal/fondo

El ruido de fondo corresponde al sonido que existe en un recinto cuando no se está realizando ninguna actividad en él. Puede provenir de las diferentes instalaciones existentes (sistema de climatización, eléctrico, hidráulico e incluso del exterior).

Dependiendo del uso de la estancia, existe un nivel máximo recomendado, que se calcula gracias a las NC, *Noise Criteria Curves*, que forman una gráfica creada por Leo Beranek.

5.2 Parámetros de segundo orden

5.2.1. Claridad (C_{80})

La claridad C_{80} nos indica el grado de separación entre los diferentes sonidos individuales integrantes de una composición musical. Se define como el cociente entre la energía sonora recibida durante los 80 ms después de recibir el sonido directo y la energía que llega después.

El valor que la representa se conoce como *music average*, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$C_{80} = (C_{80(500)} + C_{80(1000)} + C_{80(2000)})/3$$

5.2.2. Definición (D₅₀)

La definición es un parámetro que está relacionado con la palabra y no con la música. Se refiere a la diferencia entre la energía que llega en los primeros 50 ms respecto a la que llega después de los 50 ms.

Para calcular el valor que lo define se usa la fórmula:

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

5.2.3. RASTI

El RASTI (*Rapid Speech Articulation Index*) es otro parámetro que está relacionado con la palabra y no con la música. Mide la inteligibilidad de la palabra en base a los índices de modulación de transferencia en varias frecuencias.

Se califica mediante la siguiente tabla:

STI (RASTI)	Inteligibilidad palabra
0 – 0,30	Mala
0,30 – 0,45	Pobre
0,45 – 0,60	Aceptable
0,60 – 0,75	Buena
0,75 - 1	Excelente

Imagen 27. Calificación de RASTI

6. Análisis geométrico

6.1 Análisis de visuales

A continuación se procederá al análisis de las visuales de cada fila de butacas existente tanto en el anfiteatro como en el patio de butacas. Para ello se grafía un esquema de una persona en perfil en cada butaca de forma que tenga una altura de 120 cm con respecto al borde superior del asiento y una cabeza formada por una circunferencia de 20 cm de diámetro. Finalmente, se traza una línea desde el centro de cada circunferencia y que sea tangente con la circunferencia correspondiente a la cabeza de la siguiente fila de butacas (inferior).

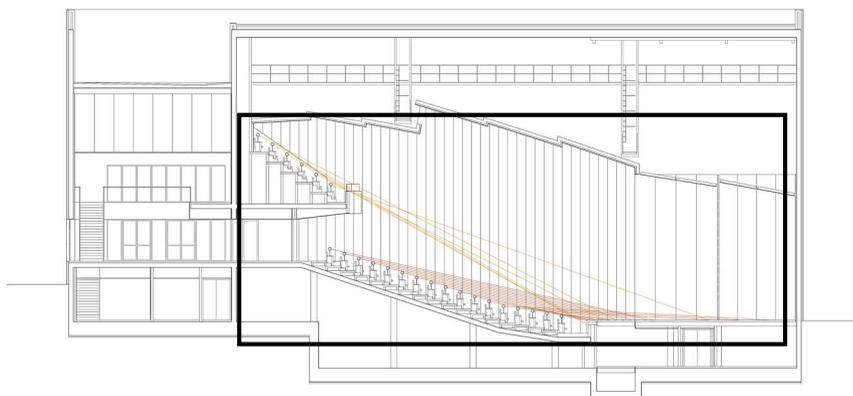


Imagen 28. Visuales. 2015

Se realiza el zoom indicado con un rectángulo negro para poder apreciar mejor las visuales, siendo las naranjas claras para el anfiteatro y naranjas oscuras para las del patio de butacas.

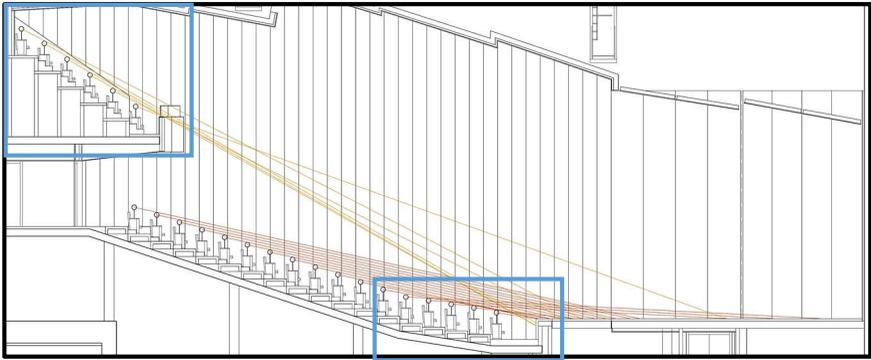


Imagen 29. Zoom1 de visuales. 2015

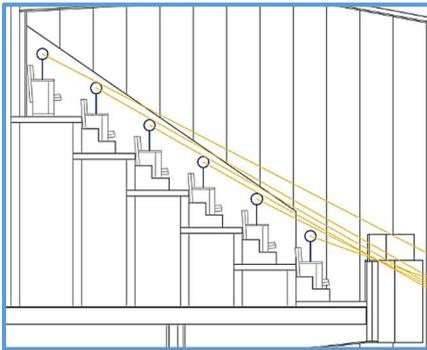


Imagen 30. Zoom2 de visuales. 2015

Haciendo zoom en la zona del anfiteatro, observamos que las tres filas traseras ven sin ningún problema el escenario. Las dos filas siguientes tienen la limitación de la barandilla, aunque siguen viendo correctamente el escenario. La única con problemas, es la primera fila, que solo ve la parte trasera.

En el patio de butacas, ninguna fila tiene problemas de visibilidad. Solo comentar que al realizar las líneas de visuales de las primeras seis filas, no se referencian con la circunferencia siguiente, sino con otras más adelante.

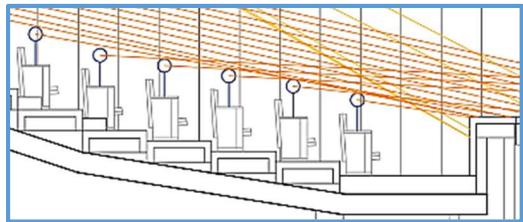


Imagen 31. Zoom3 de visuales. 2015

6.2 Análisis de reflexiones de techo

Analizando las reflexiones del techo, observamos que este se ha diseñado de forma que se reparten las primeras reflexiones uniformemente en casi todo el patio de butacas y anfiteatro.

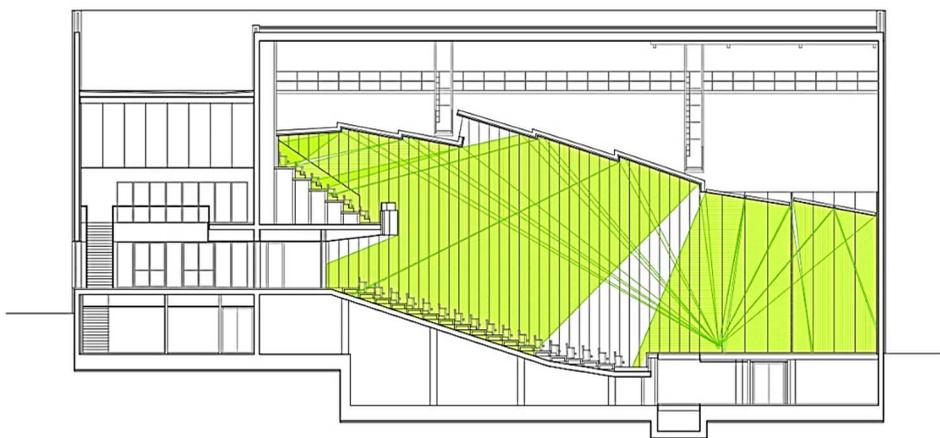


Imagen 32. Reflexiones techo. 2015

En las cinco primeras filas no existen reflexiones del techo y esto se puede explicar ya que, a las primeras filas les llega el sonido directo muy intensamente, y al evitar las primeras reflexiones conseguimos que el sonido no sea demasiado fuerte, llegando a provocar malestar.

Se puede observar también que, en las últimas filas del anfiteatro, las primeras reflexiones de los dos últimos tramos del techo coinciden. De esta forma se aumenta la intensidad del sonido, ya que el sonido directo llega descompensado y así se soluciona.

6.3 Análisis de reflexiones laterales

Como se puede observar en la siguiente imagen, las reflexiones laterales en el patio de butacas se distribuyen uniformemente por toda la superficie.

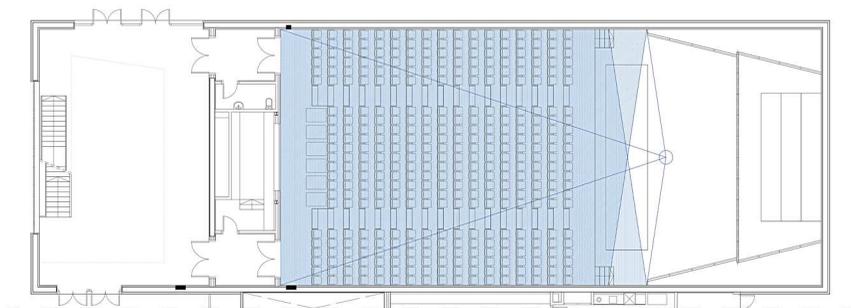


Imagen 33. Reflexiones laterales patio de butacas. 2015

Finalmente, en las reflexiones laterales del escenario observamos que se refuerza el sonido en este, distribuyéndose uniformemente también. Esta configuración geométrica está estudiada para la sonoridad de los músicos, para que puedan escucharse y escuchar al grupo.



Imagen 34. Reflexiones laterales escenario. 2015

7. Análisis del acondicionamiento acústico

7.1 Medición *in situ*

Para poder llevar a cabo el siguiente apartado, se han realizado unas medidas en el auditorio empleando el software DIRAC 3.0, la fuente y el micrófono nombrados anteriormente. La zona de trabajo se situó en el escenario, colocando la fuente en el centro de este:



Imagen 35. Zona de trabajo, frente. 2015



Imagen 36. Zona de trabajo, parte trasera. 2015

Mientras la fuente emitía los impulsos sonoros, se iba desplazando el micrófono por los 23 puntos que se han distribuido uniformemente en la zona de butacas y el escenario:

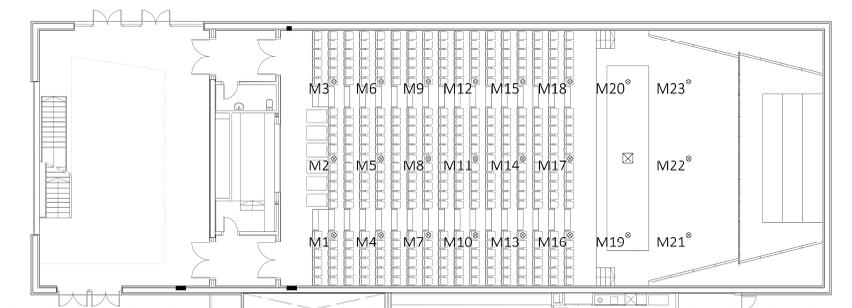


Imagen 37. Puntos de medida en planta baja. 2015

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos con respecto al acondicionamiento acústico y se analizarán.

7.1.1. Tiempo de reverberación (T_r)

Como se ha explicado anteriormente, el tiempo de reverberación es el tiempo que demora el sonido en bajar 60 dB por debajo de su nivel inicial una vez la fuente deje de emitir sonido. No obstante, realizaremos un estudio más exhaustivo calculando los siguientes tiempos de reverberación.

- T_{10}

El T_{10} es el tiempo que demora el sonido en bajar 10 dB por debajo de su nivel inicial una vez la fuente deje de emitir sonido, extrapolado al tiempo que demoraría una caída de 60 dB.

A continuación se presenta una gráfica con todas las medidas realizadas, y una segunda con el mínimo, máximo y promedio del T_{10} , con los datos extraídos del DIRAC 3.0.

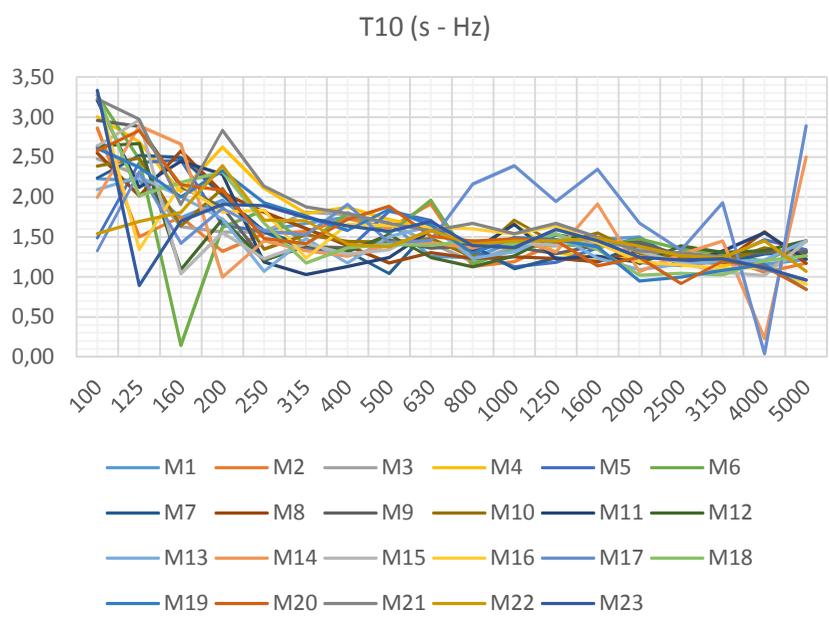


Imagen 39. Datos T10 de todas las medidas. 2015

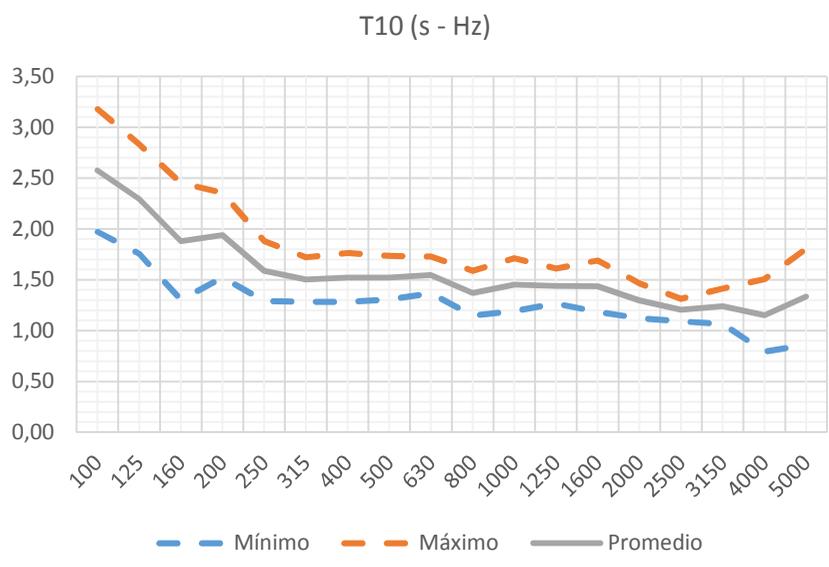


Imagen 38. Mínimo, máximo y promedio de T10. 2015

Finalmente, para cada medida, hallamos el tiempo de reverberación medio de T10 usando la siguiente fórmula:

$$Tr_{mid} = (Tr_{500} + Tr_{1000}) / 2$$

Con los valores calculados, se realiza un plano de niveles empleando la siguiente escala de colores:

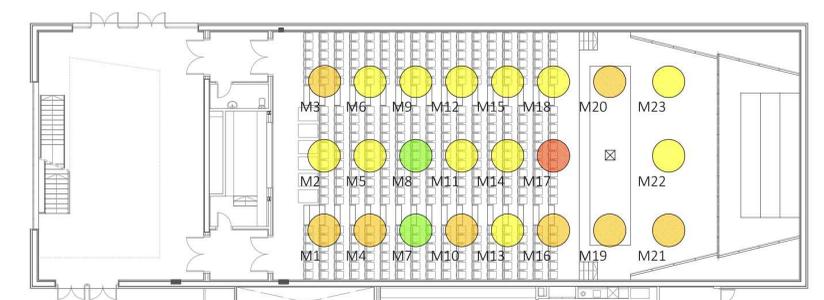
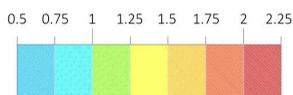


Imagen 40. Plano de nivel $Tr_{mid} - T10$. 2015

- T20

El T20 es el tiempo que demora el sonido en bajar 20 dB por debajo de su nivel inicial una vez la fuente deje de emitir sonido, extrapolado al tiempo que demoraría una caída de 60 dB.

A continuación se presenta una gráfica con todas las medidas realizadas, y una segunda con el mínimo, máximo y promedio del T20, con los datos extraídos del DIRAC 3.0.

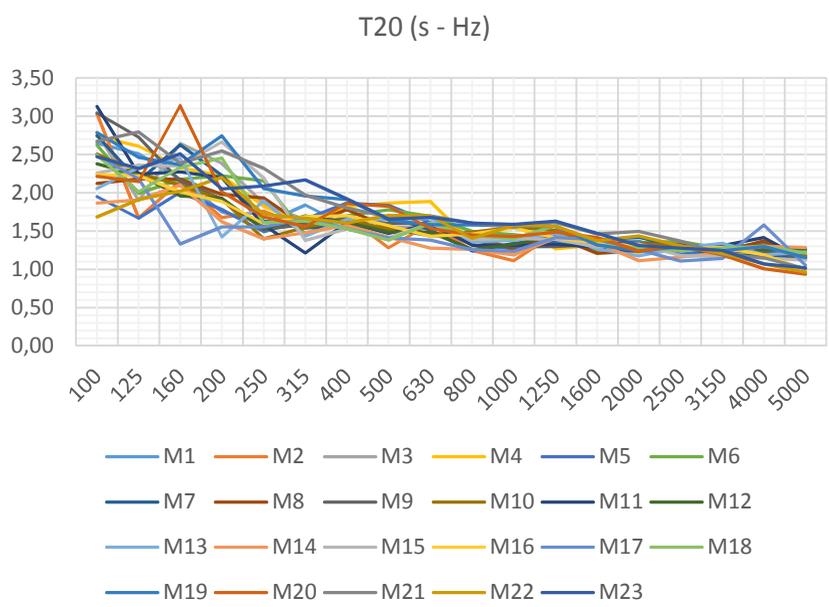


Imagen 41. Datos T20 de todas las medidas. 2015

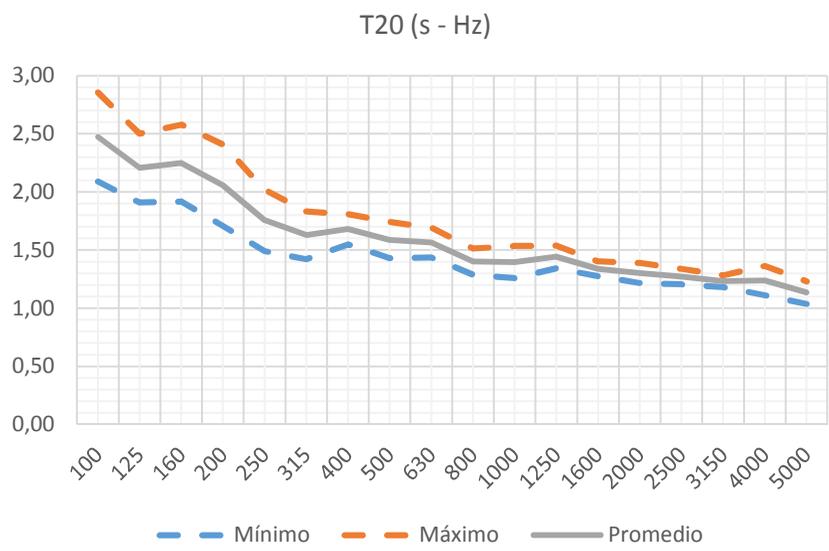


Imagen 42. Mínimo, máximo y promedio de T20. 2015

Finalmente, para cada medida, hallamos el tiempo de reverberación medio de T20 usando la siguiente fórmula:

$$Tr_{mid} = (Tr_{500} + Tr_{1000}) / 2$$

Con los valores calculados, se realiza un plano de niveles empleando la siguiente escala de colores:

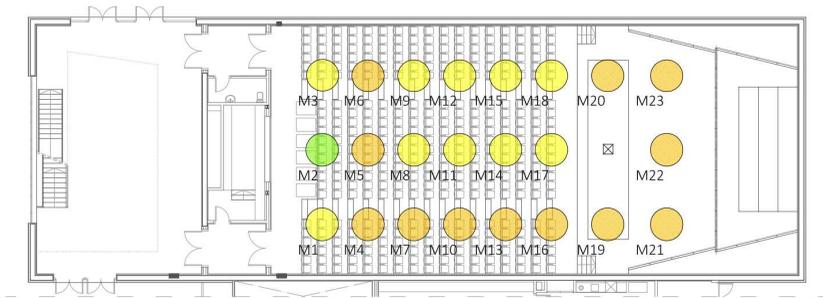
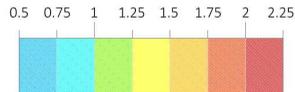


Imagen 43. Plano de nivel $Tr_{mid} - T20$. 2015

- T30

El T30 es el tiempo que demora el sonido en bajar 30 dB por debajo de su nivel inicial una vez la fuente deje de emitir sonido, extrapolado al tiempo que demoraría una caída de 60 dB.

A continuación se presenta una gráfica con todas las medidas realizadas, y una segunda con el mínimo, máximo y promedio del T30, con los datos extraídos del DIRAC 3.0.

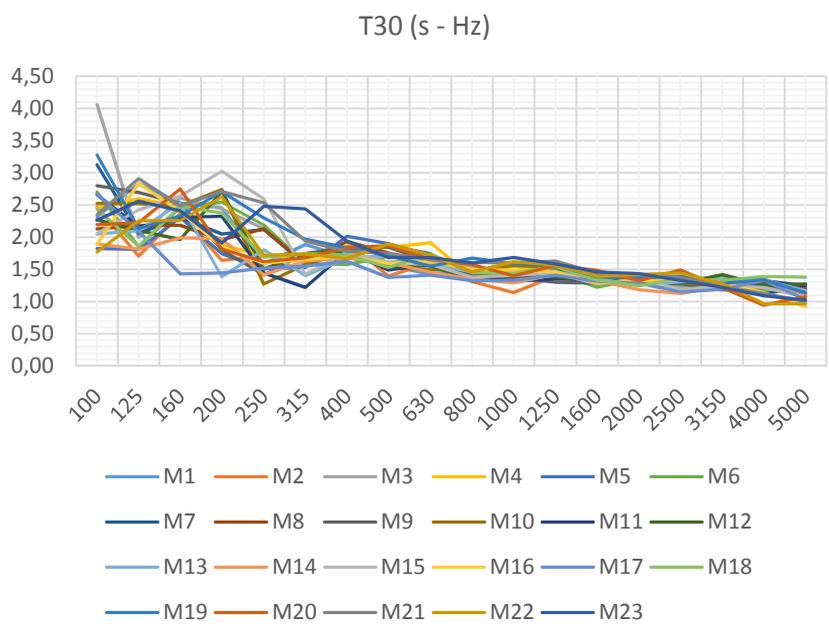


Imagen 44. Datos T30 de todas las medidas. 2015

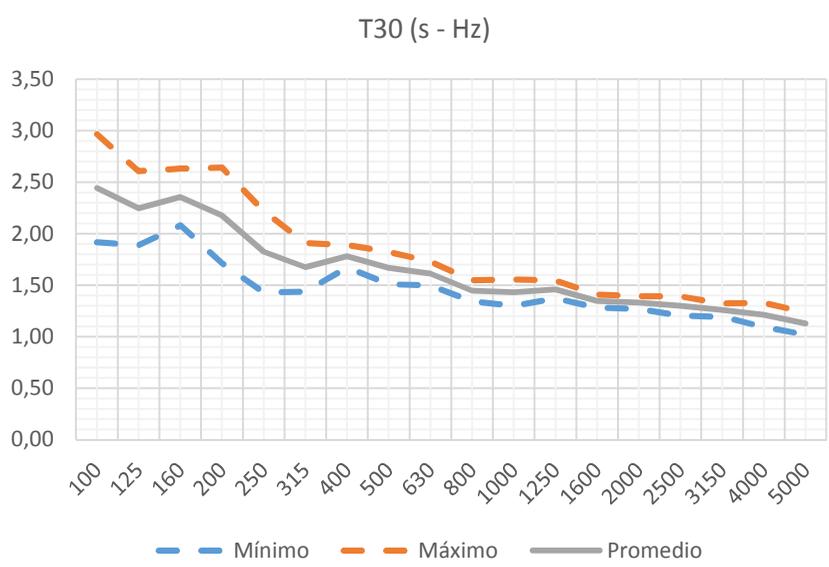


Imagen 45. Mínimo, máximo y promedio de T30. 2015

Finalmente, para cada medida, hallamos el tiempo de reverberación medio de T30 usando la siguiente fórmula:

$$Tr_{mid} = (Tr_{500} + Tr_{1000}) / 2$$

Con los valores calculados, se realiza un plano de niveles empleando la siguiente escala de colores:

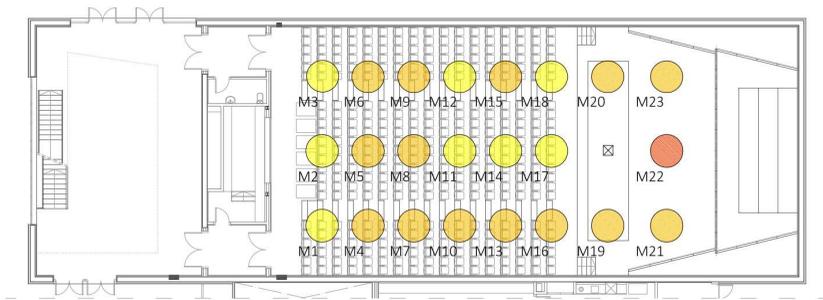


Imagen 46. Plano de nivel $Tr_{mid} - T30$. 2015

- EDT

El EDT, o *Early Decay Time*, es el tiempo que demora el sonido en bajar 10 dB por debajo de su nivel inicial una vez la fuente deje de emitir sonido, multiplicado por seis. El EDT mide la reverberación percibida (subjetiva) mientras que el Tr mide la reverberación real (objetiva).

A continuación se presenta una gráfica con todas las medidas realizadas, y una segunda con el mínimo, máximo y promedio del EDT, con los datos extraídos del DIRAC 3.0.

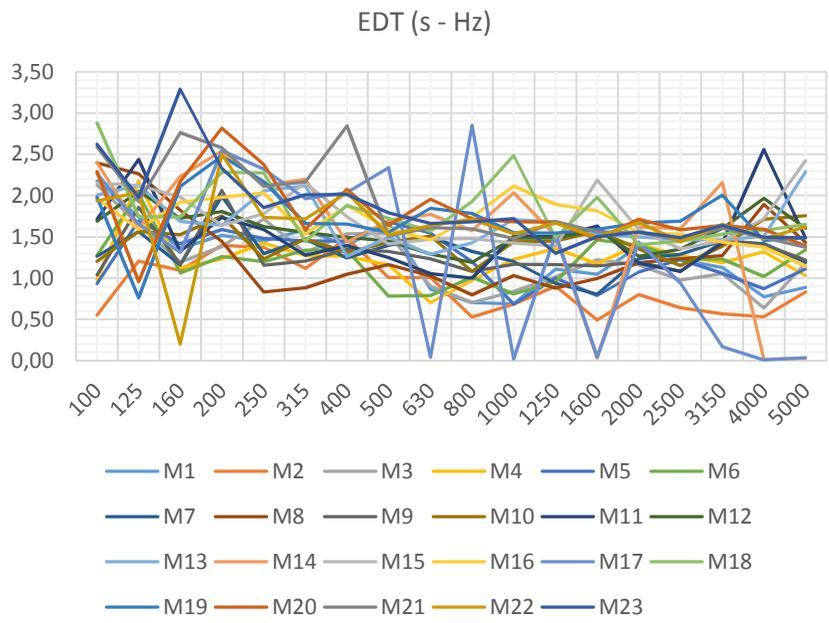


Imagen 47. Datos EDT de todas las medidas. 2015

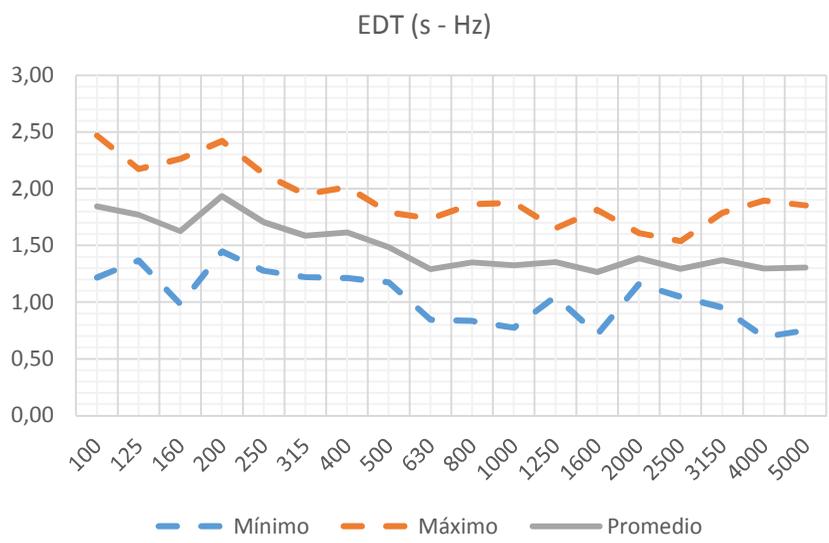


Imagen 48. Mínimo, máximo y promedio de EDT. 2015

Finalmente, para cada medida, hallamos el tiempo de reverberación medio de EDT usando la siguiente fórmula:

$$EDT_{mid} = (EDT_{500} + EDT_{1000}) / 2$$

Con los valores calculados, se realiza un plano de niveles empleando la siguiente escala de colores:

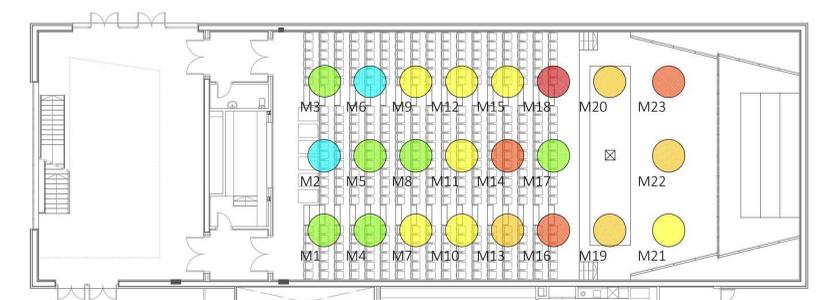
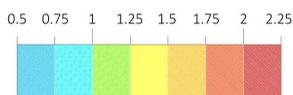


Imagen 49. Plano de nivel EDT_{mid} . 2015

- Análisis de resultados

Una vez expuestos todos los datos conseguidos, se procede a unificar el T10, T20, T30 y EDT para poder analizar los diferentes tiempos promedios y compararlos entre sí.

Para ello, se realiza una gráfica en la que se expresa los tiempos promedios de T10, T20, T30 y EDT conjuntamente.

Finalmente se explicará cómo hallar el T_r y se analizará si el resultado es el correcto para las características de la sala objeto de estudio.

Curvas tonales - Reverberación

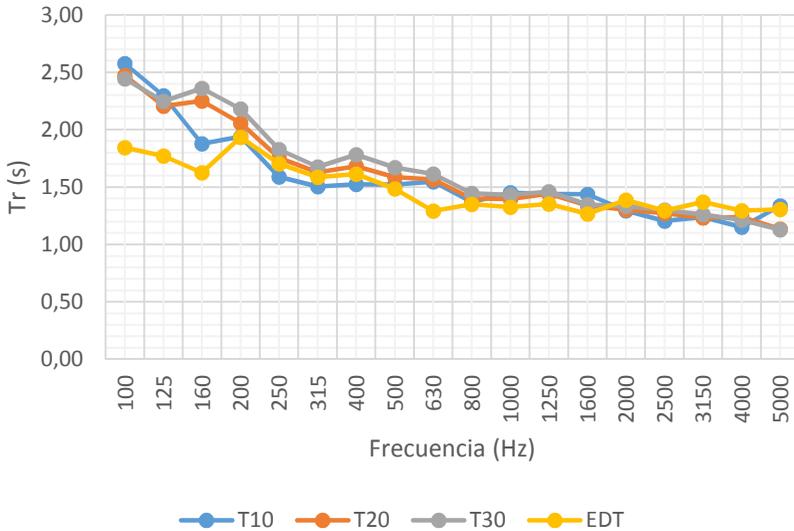


Imagen 50. Curvas tonales – Reverberación. 2015

Se observa que las cuatro curvas tonales se parecen bastante, desplazándose un poco la de EDT en las frecuencias bajas (sonidos graves). Esto indica que existe uniformidad global en la reverberación de la sala.

Para salas de conciertos se ha llegado a la conclusión que la Tr_{mid} tiene que estar entre 1,3 s y 2 s. Para calcular éste valor se usará la fórmula que se ha indicado anteriormente, aplicada al promedio de la T20, siendo el parámetro que más se ajusta a la realidad. De esta forma:

$$Tr_{mid} = (Tr_{500} + Tr_{1000}) / 2$$

$$Tr_{mid} = (1,59 + 1,4) / 2 = 1,49 \text{ s}$$

Finalmente, se obtiene el resultado de $Tr_{mid} = 1,49 \text{ s}$, valor que se encuentra entre lo establecido, por lo que la sala tiene una reverberación adecuada.

7.1.2. Calidez acústica (BR) y Brillo (Br)

Como se ha comentado anteriormente, una sala debe tener la calidez acústica necesaria para crear un sonido suave y no debe ser demasiado brillante, para no crear la sensación de sonido artificial.

Empleando las fórmulas ya expuestas y aplicándolas a los resultados de las mediciones in situ, se procede a calcular estos dos parámetros acústicos correspondientes a la sala objeto de estudio. Comentar que los datos se extraen de la T20, igual que en el apartado anterior.

- **Calidez acústica (BR)**

$$BR = (Tr_{125} + Tr_{250}) / (Tr_{500} + Tr_{1000})$$

$$BR = (2,21 + 1,76) / (1,59 + 1,40)$$

$$BR = 1,33$$

Para salas de concierto, la calidez acústica debe estar entre $1,1 \leq BR \leq 1,45$, según varios autores. Comparándolo con el resultado se observa que el parámetro es correcto en la sala del CSMV.

- **Brillo (Br)**

$$Br = (Tr_{2000} + Tr_{4000}) / (Tr_{500} + Tr_{1000})$$

$$Br = (1,30 + 1,24) / (1,59 + 1,40)$$

$$Br = 0,85$$

Para salas de concierto, el brillo debe ser $Br \geq 0,87$, según varios autores. Comparándolo con el resultado se observa que el parámetro está apenas por debajo del valor recomendado, por lo que se va a dar como válido en la sala del CSMV.

7.1.3. Volumen/espectador

Como se ha dicho anteriormente, a la hora de adecuar la reverberación se ha de tener en cuenta la relación entre el volumen de la sala y los espectadores. Se han hecho estudios al respecto, llegando a la conclusión que para una sala de conciertos, la relación debe estar entre 6 m³/esp. y 10 m³/esp.

De esta forma, conocido que el auditorio del CSMV tiene un volumen en la sala de 4.315,60 m³ y un aforo de 480 personas,

$$4315,60 / 480 = 9 \text{ m}^3/\text{esp.}$$

Se cumple con lo recomendado en relación a volumen/espectador.

7.1.4. Relación señal/fondo

Como se ha explicado anteriormente, se empleará la gráfica creada por Leo Beranek para analizar el ruido de fondo. A esta gráfica se le adjuntará la curva de nivel correspondiente al ruido de fondo medido en la sala, y la curva NC inmediatamente superior de la resultante será a la que corresponda la sala. Se ha de tener en cuenta que para salas de conciertos se recomienda unas NC máximas de 15-25.

A continuación se presenta una tabla con el ruido promedio calculado a través de las medidas realizadas, pudiéndose ver en su totalidad en el Anexo II. Mediciones *In situ* del presente estudio.

Ruido de fondo (dB)						
Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000
Promedio	23,8	12,1	7,5	6,3	6,4	7,8

Imagen 51. Ruido de fondo promedio. 2015

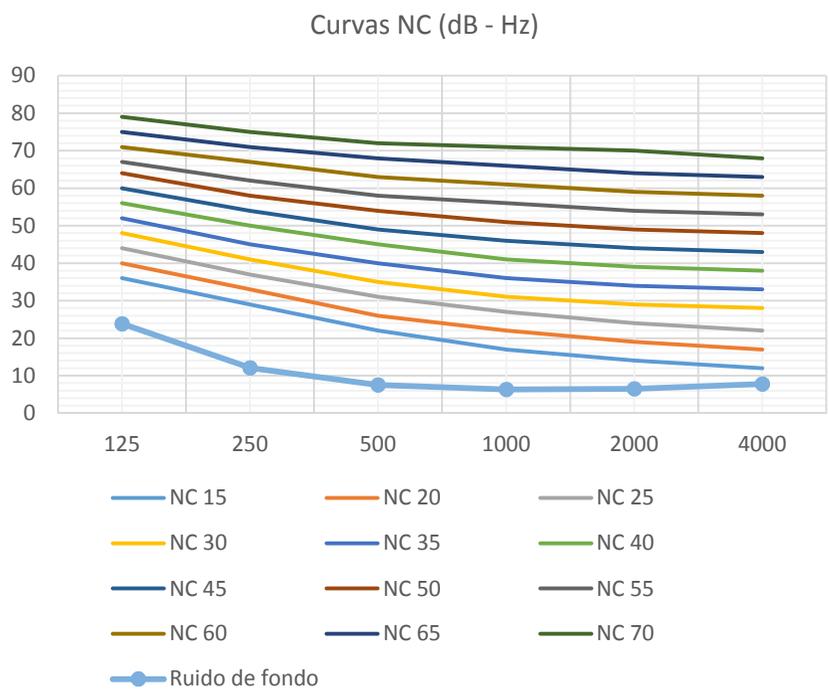


Imagen 52. Curvas NC. 2015

Se puede observar que la curva NC inmediatamente superior a la del promedio del ruido de fondo de la sala es la NC 15, lo que cumple con las recomendaciones.

7.1.5. Claridad (C_{80})

Como se ha comentado anteriormente, la claridad es indispensable para poder realizar la escucha de cualquier composición musical, ya que hace referencia a la separación entre los diferentes sonidos.

A continuación se presenta una gráfica con el mínimo, máximo y promedio del C_{80} , con los datos extraídos del DIRAC 3.0.

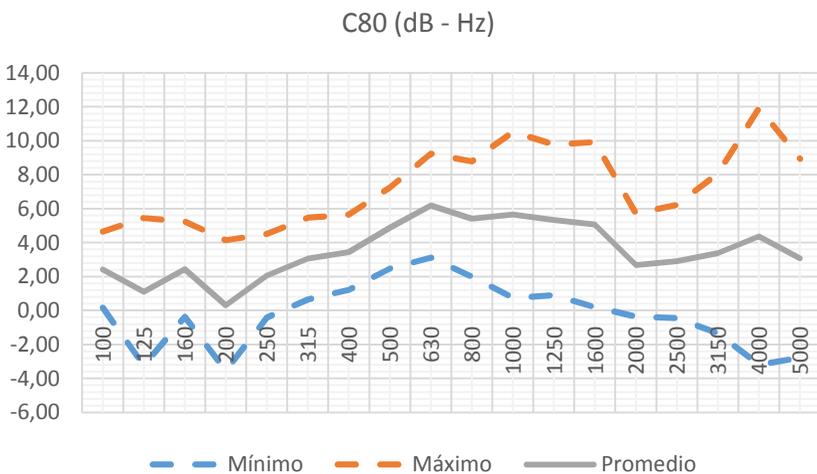


Imagen 53. Mínimo, máximo y promedio de C80. 2015

Finalmente, para cada medida, hallamos el *music average* usando la siguiente fórmula, y se realiza un plano de niveles:

$$C_{80} = (C_{80(500)} + C_{80(1000)} + C_{80(2000)})/3$$

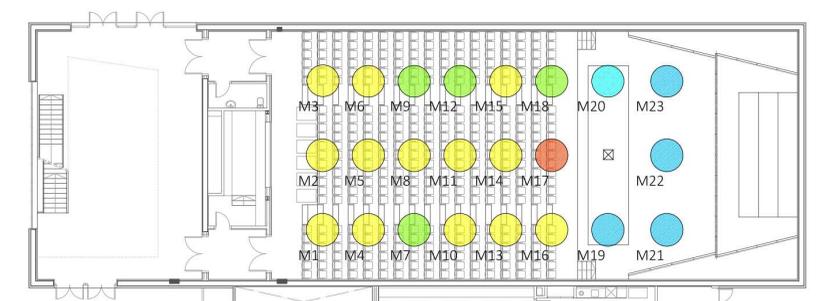


Imagen 54. Plano de nivel Music Average. 2015

Finalmente, comentar que para salas vacías, la recomendación para C_{80} debe estar entre -4 y 0. Aplicando la fórmula anterior al promedio calculado, hallamos:

$$C_{80} = (C_{80(500)} + C_{80(1000)} + C_{80(2000)})/3$$

$$C_{80} = (4.88 + 5.65 + 2.69)/3 = 4.41 \text{ dB}$$

Se observa que el valor final es superior al recomendado, por lo que en este parámetro de calidad acústica, la sala es mejorable.

7.1.6. Definición (D_{50})

Teniendo en cuenta que la sala objeto de estudio es un auditorio, la mayoría de las actuaciones son musicales, no de palabra. No obstante, se va a analizar éste parámetro acústico.

A continuación se presenta una gráfica con el mínimo, máximo y promedio del D_{50} , con los datos extraídos del DIRAC 3.0.

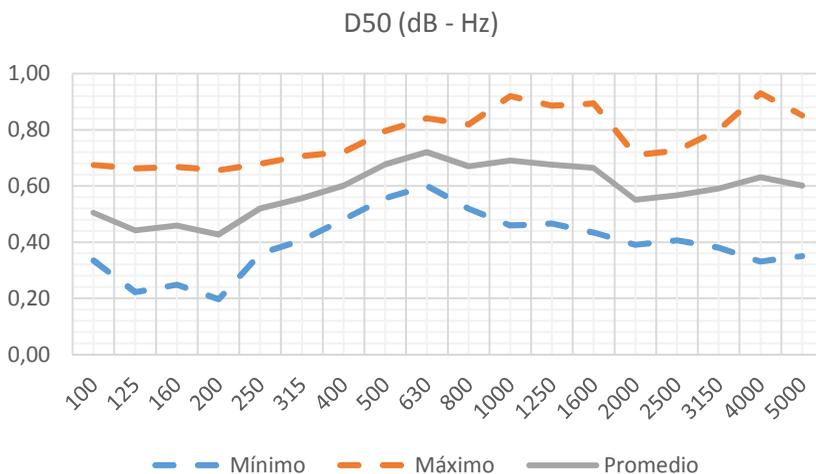


Imagen 55. Mínimo, máximo y promedio de D_{50} . 2015

Finalmente, para cada medida, hallamos el valor medio usando la siguiente fórmula, y se realiza un plano de niveles:

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

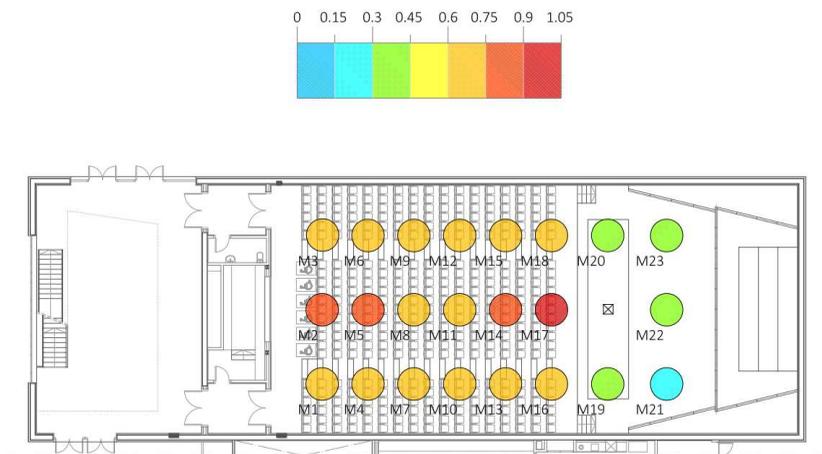


Imagen 56. Plano de nivel D_{50mid} . 2015

Finalmente, comentar que la recomendación para D_{50} debe ser mayor que 0,5. Aplicando la fórmula anterior al promedio calculado, hallamos:

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

$$D_{50} = 0,15 * 0,68 + 0,25 * 0,69 + 0,35 * 0,55 + 0,25 * 0,63$$

$$D_{50} = 0,62 \text{ dB}$$

Se observa que el valor final cumple con lo recomendado, ya que el resultado es $0,62 > 0,5$.

7.1.7. RASTI

Igual que en el parámetro anterior, a pesar de que la mayoría de las actuaciones son musicales, no de palabra, se va a analizar.

A continuación se presenta una gráfica con todas las mediciones realizadas y su valor del RASTI, que ha sido extraído del DIRAC 3.0.

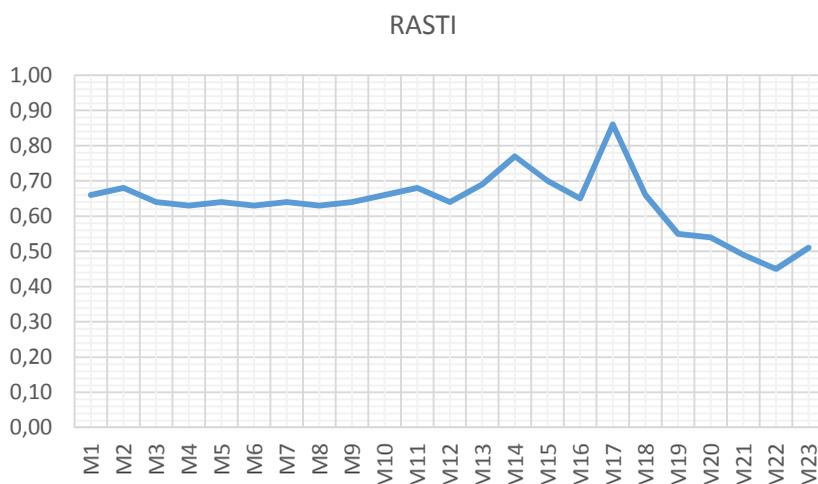


Imagen 57. Mediciones RASTI. 2015

Finalmente hallamos el valor medio usando la media aritmética, y se realiza un plano de niveles:

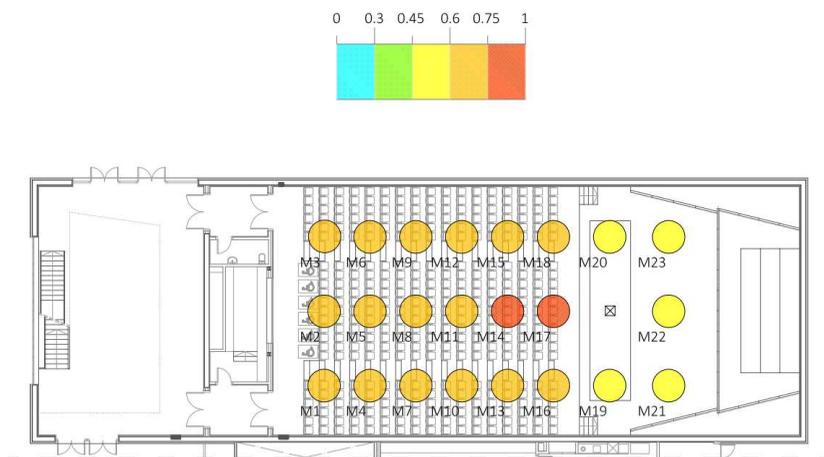


Imagen 58. Plano de nivel RASTI. 2015

Tras calcular la media de los 23 valores², conseguimos el resultado de 0,64, que dentro de la tabla expuesta anteriormente se califica como Buena.

² Ver Anexo II. Mediciones *In Situ*

8. Hipótesis de aforo

Anteriormente se ha calculado la Tr_{mid} de la sala, puntualizar que es la correspondiente a la sala vacía. Es interesante que se calcule el Tr_{mid} en varios casos de aforos, ya que siempre que se utilice la sala, habrá público en ella. Se elige los casos de sala llena y al 50% de su ocupación.

Se empleará el método del cálculo teórico, ajustando los datos para que se parezcan lo más posible a la realidad, así se conseguirán resultados fiables.

Para ello se analizarán los materiales de revestimiento de la sala y sus coeficientes de absorción, así como el volumen del recinto, ya que el Tr_{mid} está relacionado con éstos dos parámetros. Será menor cuanto más absorbentes sean dichos materiales.

8.1 Método de cálculo

Primero hay que saber qué fórmula teórica para calcular el tiempo de reverberación se ha de usar. Existen dos posibilidades, la fórmula indicada por Sabine y la de Eyring. Para esto, se debe calcular el coeficiente de absorción medio α mediante la fórmula:

$$\alpha = A/S$$

- A = Superficie de absorción equivalente
- S = Superficie total

Si el resultado de $\alpha > 0,2$, usaremos la fórmula de Eyring y en caso contrario la de Sabine.

Conocidas A y S, calculamos:

$$\alpha = 1088,37/1293,99 = 0,841 > 0,2$$

En este caso, usaremos la fórmula de Eyring:

$$Tr = (0,162 * V) / (-S * \ln(1 - ((\sum \alpha_i * S_i) / (\sum S_i))))$$

A continuación se debe calcular la absorción del aire a partir de la siguiente fórmula:

$$\alpha = 4 * m * V$$

- V = Volumen de la sala (m³)
- m = Coeficiente de atenuación del aire, que se halla con la fórmula:

$$m = (0.017 / H) * f^2$$

- H = Humedad relativa del ambiente (67% según el CTE para Valencia en el mes de Julio)
- f = Frecuencia (KHz)

Así, para un V de 4315,60 m³, calculamos:

Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000
m	0,0000040	0,0000159	0,0000634	0,0002537	0,0010149	0,0040597
α	0,07	0,27	1,10	4,38	17,52	70,08

Imagen 59. Cálculo absorción del aire. 2015

Una vez calculados los datos básicos, pasamos al cálculo de las Tr_{mid} de las diferentes hipótesis a estudiar.

8.2 Caso I. Sala Llena

VOLUMEN		4315,60 m3		480 espectadores		8,99 m3/espectador	
Superficies		125	250	500	1000	2000	4000
Aforo	480 personas	134,40	129,60	216,00	283,20	292,80	264,00
Butacas vacías	0 u	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suelo sala	286,82 m2	28,68	28,68	34,42	31,55	28,68	20,08
Suelo anfiteatro	96,05 m2	9,61	9,61	11,53	10,57	9,61	6,72
Suelo escenario	118,59 m2	35,58	35,58	23,72	20,16	17,79	11,86
Laterales espectadores	484,03 m2	48,40	96,81	48,40	24,20	14,52	9,68
Lateral escenario	96,94 m2	9,69	4,85	4,85	3,88	3,88	3,88
Fondo sala	65,26 m2	6,53	13,05	6,53	3,26	1,96	1,31
Fondo escenario	102,87 m2	15,43	30,86	51,44	72,01	92,58	123,44
Ventana cabina	5,20 m2	0,52	0,21	0,16	0,16	0,10	0,10
Techo sala	33,27 m2	3,33	1,66	1,66	1,33	1,33	1,33
Techo escenario	4,96 m2	3,33	1,66	1,66	1,33	1,33	1,33
Volumen de aire		0,07	0,27	1,10	4,38	17,52	70,08
TOTAL	1293,99 m2	295,56	352,84	401,46	456,03	482,10	513,81
		125	250	500	1000	2000	4000
Tr	EYRING	2,08	1,70	1,45	1,24	1,16	1,07

Imagen 60. Cálculo teórico Tr - Sala Llena. 2015

Tr - Sala Llena (s - Hz)

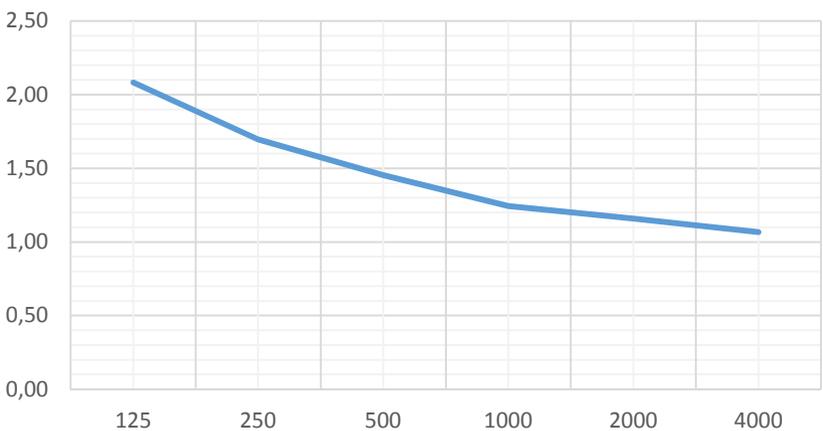


Imagen 61. Promedio Tr - Sala Llena. 2015

8.3 Caso II. Sala al 50%

VOLUMEN		4315,60 m ³		240 espectadores		17,98 m ³ /espectador	
Superficies		125	250	500	1000	2000	4000
Aforo	240 personas	67,20	64,80	108,00	141,60	146,40	132,00
Butacas vacías	240 u	60,00	60,00	96,00	120,00	120,00	96,00
Suelo sala	286,82 m ²	28,68	28,68	34,42	31,55	28,68	20,08
Suelo anfiteatro	96,05 m ²	9,61	9,61	11,53	10,57	9,61	6,72
Suelo escenario	118,59 m ²	35,58	35,58	23,72	20,16	17,79	11,86
Laterales espectadores	484,03 m ²	48,40	96,81	48,40	24,20	14,52	9,68
Lateral escenario	96,94 m ²	9,69	4,85	4,85	3,88	3,88	3,88
Fondo sala	65,26 m ²	6,53	13,05	6,53	3,26	1,96	1,31
Fondo escenario	102,87 m ²	15,43	30,86	51,44	72,01	92,58	123,44
Ventana cabina	5,20 m ²	0,52	0,21	0,16	0,16	0,10	0,10
Techo sala	33,27 m ²	3,33	1,66	1,66	1,33	1,33	1,33
Techo escenario	4,96 m ²	3,33	1,66	1,66	1,33	1,33	1,33
Volumen de aire		0,07	0,27	1,10	4,38	17,52	70,08
TOTAL	1293,99 m²	288,36	348,04	389,46	434,43	455,70	477,81
		125	250	500	1000	2000	4000
Tr	EYRING	2,14	1,72	1,51	1,32	1,24	1,17

Imagen 62. Cálculo teórico Tr – Sala al 50%. 2015

Tr - Sala al 50% (s - Hz)

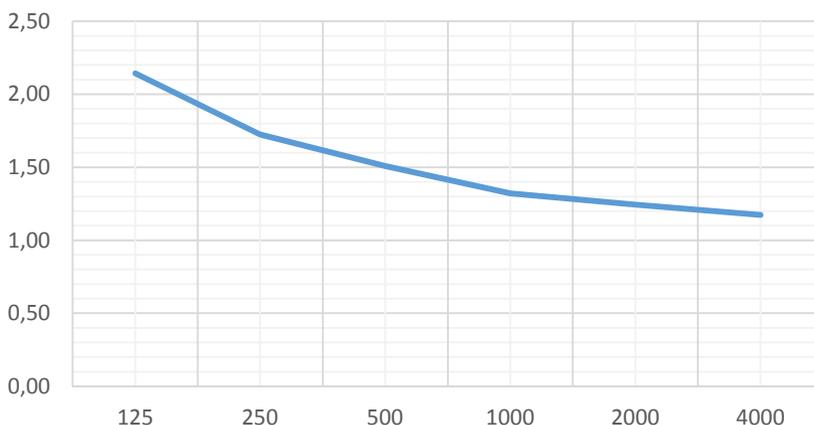


Imagen 63. Promedio Tr – Sala al 50%. 2015

8.4 Caso III. Sala vacía

VOLUMEN		4315,60 m³		0 espectadores			
Superficies		125	250	500	1000	2000	4000
Aforo	0 personas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Butacas vacías	480 u	120,00	120,00	192,00	240,00	240,00	192,00
Suelo sala	286,82 m ²	28,68	28,68	34,42	31,55	28,68	20,08
Suelo anfiteatro	96,05 m ²	9,61	9,61	11,53	10,57	9,61	6,72
Suelo escenario	118,59 m ²	35,58	35,58	23,72	20,16	17,79	11,86
Laterales espectadores	484,03 m ²	48,40	96,81	48,40	24,20	14,52	9,68
Lateral escenario	96,94 m ²	9,69	4,85	4,85	3,88	3,88	3,88
Fondo sala	65,26 m ²	6,53	13,05	6,53	3,26	1,96	1,31
Fondo escenario	102,87 m ²	15,43	30,86	51,44	72,01	92,58	123,44
Ventana cabina	5,20 m ²	0,52	0,21	0,16	0,16	0,10	0,10
Techo sala	33,27 m ²	3,33	1,66	1,66	1,33	1,33	1,33
Techo escenario	4,96 m ²	3,33	1,66	1,66	1,33	1,33	1,33
Volumen de aire		0,07	0,27	1,10	4,38	17,52	70,08
TOTAL		1293,99 m²	281,16	343,24	377,46	412,83	429,30
			125	250	500	1000	2000
Tr	EYRING	2,21	1,75	1,57	1,41	1,34	1,29

Imagen 64. Cálculo teórico Tr – Sala vacía. 2015

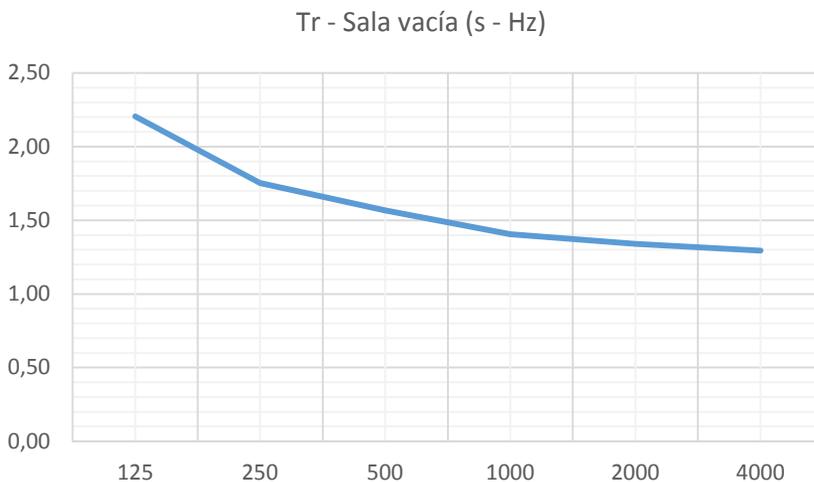


Imagen 65. Promedio Tr – Sala vacía. 2015

8.5 Análisis de resultados

A continuación se unifican las tres hipótesis en una misma gráfica para su mejor observación y calcularemos el Tr_{mid} , BR y Br de cada una de ellas, recordando las fórmulas expuestas en el apartado anterior.

PROMEDIOS						
Frecuencias	125	250	500	1000	2000	4000
Sala llena	2,08	1,70	1,45	1,24	1,16	1,07
Sala 50%	2,14	1,72	1,51	1,32	1,24	1,17
Sala vacía	2,21	1,75	1,57	1,41	1,34	1,29

Imagen 66. Tabla resumen promedios de Tr. 2015

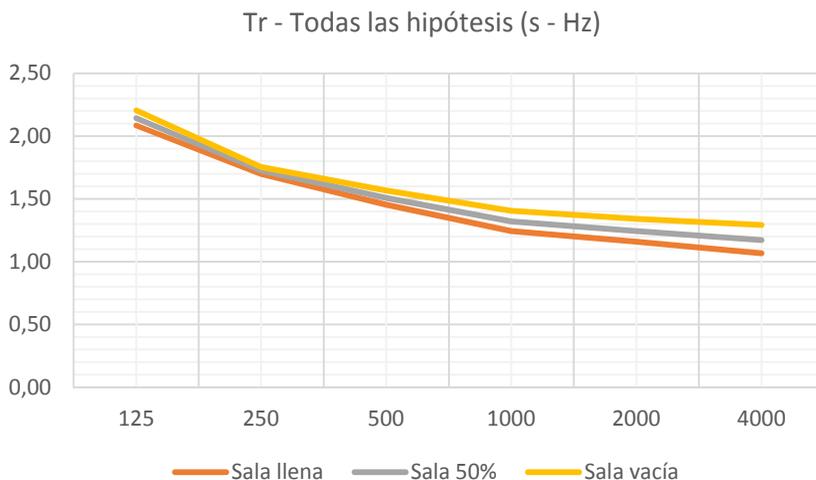


Imagen 67. Promedio Tr – Todas las hipótesis. 2015

Frecuencias	Tr_{mid}	BR	Br
Sala llena	1,35	1,40	0,83
Sala 50%	1,41	1,37	0,85
Sala vacía	1,49	1,33	0,89
Recomendaciones	$1,3 \leq Tr \leq 2$	$1,1 \leq BR \leq 1,45$	$Br \geq 0,87$

Imagen 68. Tr, BR y Br. 2015

Se observa que tanto la curva tonal como los valores de Tr_{mid} , BR y Br son muy parecidos entre sí. Esto se debe a que los coeficientes de absorción de las butacas son muy similares a los establecidos para las personas, por lo que el aforo no influye fuertemente en estos parámetros.

Además, comparando los resultados con las recomendaciones, observamos que excepto el brillo en la hipótesis de sala vacía (que se desvía muy poco), todos los otros parámetros cumplen con las recomendaciones.

9. Análisis del aislamiento acústico

Dado que el edificio es de reciente construcción y su proyecto cuenta con un estudio de las exigencias de aislamiento, éste trabajo se centrará en el aislamiento para la sala, es decir, que cualquier ruido exterior no pueda molestar a las actuaciones que se llevan a cabo en el interior.

9.1 Método de cálculo

Para conocer las características aislantes de la sala se calcula D_{nt} , que es el aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos. Indica la diferencia existente entre los niveles medios de presión sonora de esos recintos.

Para ello se realizan un mínimo de cinco medidas, las cuales estarán separadas entre sí por al menos 0,7 m. A su vez se separarán del paramento un mínimo de 2 m, y 1 m de la fuente.

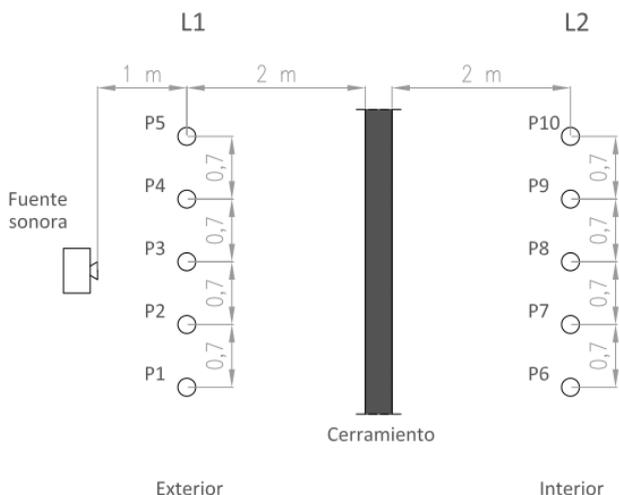


Imagen 69. Esquema posición elementos. 2015

En total se realizan 15 medidas, cinco de ruido de fondo en la parte interior (B2), cinco con la fuente encendida en la parte exterior (L1) y otras cinco con la fuente encendida en la parte interior (L2).

El estudio se centrará en las zonas más desfavorables: las puertas de acceso a la sala. Por ello, solo se podrán realizar dos medidas debido a la falta de espacio. Además, al ser dos puertas separadas por un vestíbulo de independencia, se analizarán dos casos diferentes: cerrando la puerta exterior sólo y cerrando las dos puertas.

Primero se realizará una corrección del nivel L2 (según la norma ISO 140-5), de forma que B2 deberá ser como mínimo 6 dB más bajo que L2 en todos los 1/3 de octava. En caso de no ser así:

- Cuando la diferencia entre L2 y B2 esté entre 6 dB y 10 dB se aplicará:

$$L = 10 * \log (10^{L_{sb}/10} - 10^{L_b/10})$$

- Cuando la diferencia sea ≤ 6 dB, se hará una corrección de 1,3 dB.

Obtenida L2C, realizamos una resta entre ésta y L1, con lo que hallamos el valor de D, que es la diferencia de nivel corregida. Finalmente se calcula la diferencia de niveles estandarizada con la fórmula:

$$D_{nt} = D + 10 * \log (T2/0,5)$$

Donde T2 es el tiempo de reverberación de la sala calculado en apartados anteriores.

Con los valores de D_{nt} calculados para cada frecuencia, se adjuntan a una gráfica con la curva de referencia de la ISO 717-1 y otra tercera curva correspondiente a la curva de referencia modificada de forma que se ajuste el valor de D a 500 Hz.

Gracias a una hoja de cálculo preparada, podremos calcular el parámetro $D_{nt,w}(C;Ctr)$

9.2 Caso I. Puerta cerrada – Puerta abierta

En este primer caso mantenemos cerrada la puerta de acceso al hall y dejamos abierta la puerta de acceso a la sala.

Primero se calcula el ruido de fondo B_{21} en los puntos P4 y P3. Después encendemos la fuente, generando ruido rosa a la mayor intensidad posible, y con el sonómetro regulado para evitar la saturación, medimos en los puntos P1-P2 (L_{11}), P3-P4 (L_{21}).

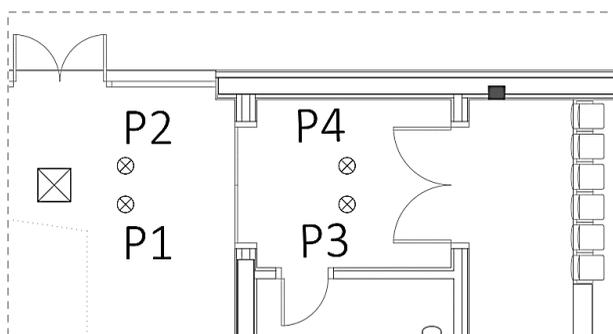


Imagen 70. Distribución medidas Caso I. 2015

A continuación se procesan los cálculos y, siguiendo el método de cálculo anterior, hallamos el parámetro $D_{nt,w}(C;Ctr)$.

CASO I. Puerta cerrada - Puerta abierta																
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
Dnt	22,9	20,7	21,6	25,4	20,6	23,7	21,3	22,0	25,1	24,7	25,8	26,0	18,5	20,5	14,7	13,6
Ref. desplazada	1	4	7	10	13	16	19	20	21	22	23	24	24	24	24	24
Desfavorable	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	3,5	9,3	10,4

N 32

Σ Desf. 28,7 ≤ 32

Dw 20

C -2

Ctr 1

Imagen 71. Tabla cálculo $D_{nt,w}(C;Ctr)$ Caso I. 2015

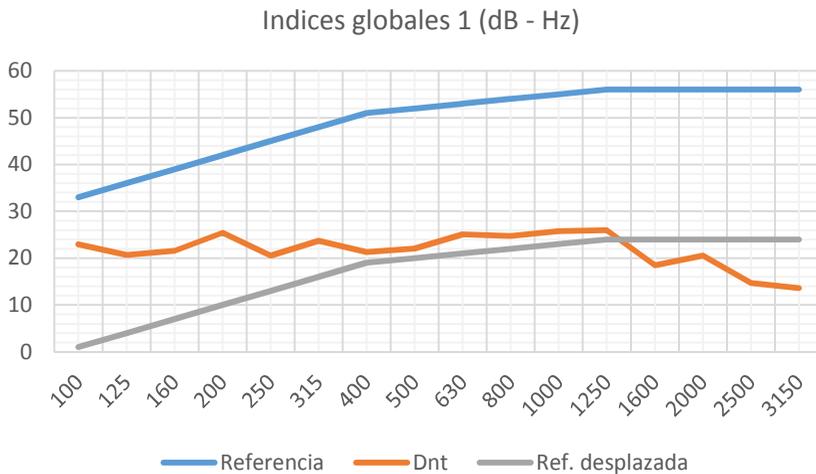


Imagen 72. Índices globales Caso I. 2015

Así, se obtiene que:

$$D_{nt,w}(C;Ctr) = 20 (-2,1)$$

Se trata de un valor bastante bajo pero normal, ya que la puerta no tiene propiedades acústicas al ser de protección contra el fuego.

9.3 Caso II. Puerta cerrada – Puerta cerrada

En el segundo caso mantenemos cerradas tanto la puerta de acceso al hall como la puerta de acceso a la sala.

Primero se calcula el ruido de fondo B_{2_2} en los puntos P5 y P6. Después encendemos la fuente, generando ruido rosa a la mayor intensidad posible, y con el sonómetro regulado para evitar la saturación, medimos en los puntos P1-P2 (L_{1_2}), P5-P6 (L_{2_2}).

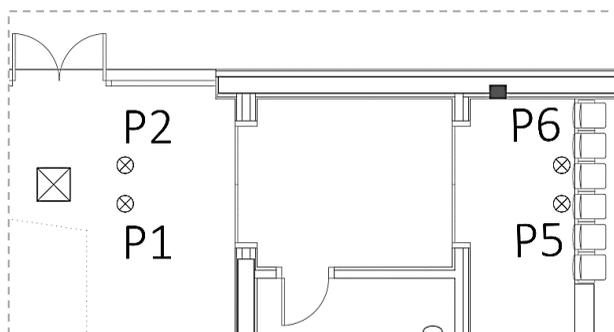


Imagen 73. Distribución medidas Caso II. 2015

A continuación se procesan los cálculos y, siguiendo el método de cálculo anterior, hallamos el parámetro $D_{nt,w}(C;Ctr)$.

CASO II. Puerta cerrada - Puerta cerrada																
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
Dnt	47,6	48,0	47,0	48,5	45,9	47,8	47,2	46,9	48,3	50,0	50,5	47,9	44,2	45,9	37,3	35,9
Ref. desplazada	25	28	31	34	37	40	43	44	45	46	47	48	48	48	48	48
Desfavorable	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	3,8	2,1	10,7	12,1

N 8

Σ Desf. 28,9 ≤ 32

Dw 44

C -3

Ctr 1

Imagen 74. Tabla cálculo $D_{nt,w}(C;Ctr)$ Caso II. 2015

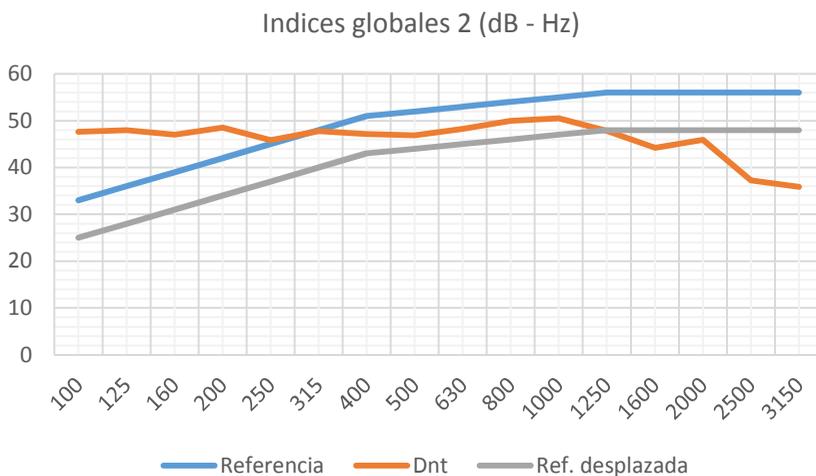


Imagen 75. Índices globales Caso II. 2015

Así, se obtiene que:

$$D_{nt,w}(C;Ctr) = 44 (-3,1)$$

Continúa siendo un resultado bastante bajo. Para evitar que el sonido penetrara a la sala a través de las puertas y el vestíbulo de independencia, entre los tres elementos se debería conseguir al menos un $D_{nt,w}$ de entre 50 dB y 60 dB. Por esta razón se va a proceder a una intervención en los vestíbulos.

10. Propuesta de mejora del aislamiento

Como se ha podido ver en el apartado anterior, la zona del acceso a la sala a través del hall, formado por dos puertas y un vestíbulo de independencia, no es suficiente para asegurar el aislamiento de la sala, pudiendo permitir la entrada de sonido desde el exterior en momentos de uso de la sala.

Primero debemos saber las características y elementos que conforman la zona a tratar, para poder analizar las posibles soluciones y actuaciones.

Las puertas de acceso al auditorio son de protección contra incendios, homologadas para un RF-60, con manilla en un lado y barra antipático por el otro, y sin características acústicas. El vestíbulo de independencia está formado por particiones de placas de yeso laminado y falso techo continuo también de placas de yeso laminado. Los dos elementos tampoco tienen características acústicas relevantes.

Conocidos estos datos, se observa que una posible solución sería cambiar una de las puertas por puertas acústicas, pero se descartará ya que la seguridad es el principal factor a tener en cuenta y se puede actuar de otra forma. Ésta es, la colocación de revestimientos absorbentes en el vestíbulo de independencia, en tanto en los paramentos verticales como horizontales.

Después de analizar los precios y prestaciones de los diferentes productos existentes en el mercado, se ha decidido que se colocará:

- Falso techo registrable ECLA dB 40 de la casa Rockfon.
- Panel de lana de roca VertiQ de la casa Rockfon.

10.1 Presupuesto

10.1.1. Cuadro de descompuestos

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 01 Demoliciones					
E01	m ²	Demolición de falso techo continuo de placas. Demolición de falso techo continuo de placas de escayola, y eso laminado o cartón y eso, con medios manuales, y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.			
P13	0,300 h	Peón ordinario construcción.	15,92	4,78	
%AUX	2,000	Medios auxiliares	4,80	0,10	
%CI	3,000	Costes indirectos	4,90	0,15	
		Mano de obra.....			4,78
		Otros.....			0,25
		TOTAL PARTIDA			5,03

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO EUROS con TRES CÉNTIMOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
CAPÍTULO 02 Revestimientos					
E02	m ²	Falso techo registrable de placas de lana de roca Falso techo registrable, situado a una altura menor de 4 m, de panel acústico de lana de roca, modelo Ekla dB 40 "ROCKFON", compuesto por módulos de 600x600x30 mm, acabado liso en color blanco para periferia vista T 24.			
P01	1,050 m ²	Panel acústico autoportante de lana de roca volcánica	38,98	40,93	
P02	0,700 m	Perfil primario en T de 24x38x3600 mm, de acero galvanizado lami	0,87	0,61	
P03	1,500 m	Perfil secundario en T de 24x38x600 mm, de acero galvanizado lam	0,87	1,31	
P04	0,400 m	Perfil angular en L de 24x24x3000 mm, de acero galvanizado lamin	0,71	0,28	
P05	2,000 u	Varilla metálica de acero galvanizado de 6 mm de diámetro.	0,32	0,64	
P06	1,000 u	Accesorios para la instalación de falsos techos registrables.	1,61	1,61	
P07	0,222 h	Oficial 1º montador de falsos techos.	17,82	3,96	
P08	0,222 h	Ayudante montador de falsos techos.	16,13	3,58	
%AUX	2,000	Medios auxiliares	52,90	1,06	
%CI	3,000	Costes indirectos	54,00	1,62	
		Mano de obra.....			7,54
		Materiales.....			45,38
		Otros.....			2,68
		TOTAL PARTIDA			55,60

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCUENTA Y CINCO EUROS con SESENTA CÉNTIMOS

E03	m ²	Sistema "ROCKFON" de trasdosado autoportante, de paneles de lana Trasdosado de panel acústico autoportante de lana de roca volcánica, modelo VertIQ "ROCKFON", compuesto por módulos de 1200x1200x40 mm, en color blanco con canto recto para perlería vista T 24.						
P09	1,050 m ²	Panel acústico autoportante de lana de roca volcánica			108,53		113,96	
P10	1,000 u	Accesorios para la instalación de trasdosados			3,50		3,50	
P11	0,329 h	Oficial 1º montador de aislamientos.			17,82		5,86	
P12	0,126 h	Ayudante montador de aislamientos.			16,13		2,03	
%AUX	2,000	Medios auxiliares			125,40		2,51	
%CI	3,000	Costes indirectos			127,90		3,84	
							Mano de obra.....	7,89
							Materiales.....	117,46
							Otros.....	6,35
							TOTAL PARTIDA.....	131,70

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO TREINTA Y UN EUROS con SETENTA CÉNTIMOS

10.1.2. Presupuesto y mediciones

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 01 Demoliciones									
E01	m ² Demolición de falso techo continuo de placas. Demolición de falso techo continuo de placas de escayola, yeso laminado o cartón yeso, con medios manuales, y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.								
	Area	2			11,36	22,72			
							22,72	5,03	114,28
TOTAL CAPÍTULO 01 Demoliciones.....									114,28

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPÍTULO 02 Revestimientos									
E02	m ² Falso techo registrable de placas de lana de roca Falso techo registrable, situado a una altura menor de 4 m, de panel acústico de lana de roca, modelo Ekla dB 40 "ROCKFON", compuesto por módulos de 600x600x30 mm, acabado liso en color blanco para perlería vista T 24.								
	Area	2			11,36	22,72			
							22,72	55,60	1.263,23
E03	m ² Sistema "ROCKFON" de trasdosado autoportante, de paneles de lana Trasdosado de panel acústico autoportante de lana de roca volcánica, modelo VertIQ "ROCKFON", compuesto por módulos de 1200x1200x40 mm, en color blanco con canto recto para perlería vista T 24.								
	Trasdosado fachada	2	3,50		2,70	18,90			
							18,90	131,70	2.489,13
TOTAL CAPÍTULO 02 Revestimientos.....									3.752,36
TOTAL.....									3.866,64

10.1.3. Resumen de presupuesto

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	Demoliciones.....	114,28	2,96
02	Revestimientos.....	3.752,36	97,04
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	3.866,64	
	13,00% Gastos generales.....	502,66	
	6,00% Beneficio Industrial.....	232,00	
	SUMA DE G.G. y B.I.	734,66	
	21,00% I.V.A.....	966,27	
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	5.567,57	
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	5.567,57	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CINCO MIL QUINIENTOS SESENTA Y SIETE EUROS con CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS

, a 28 de julio de 2015.

El promotor

La dirección facultativa

11. Conclusiones

Después de todos los parámetros analizados, se procederá a una recopilación de los resultados obtenidos, para poder comentar el estado de la sala objeto de estudio.

Parámetro	Recomendación	Resultado
Visuales	Sin obstáculos	Correctas
Primeras reflexiones	Uniformidad	Correctas
$T_{r_{mid}}$	$1,3 \text{ s} \leq T_{r_{mid}} \leq 2 \text{ s}$	1,49 s
Calidez (BR)	$1,1 \leq BR \leq 1,45$	1,33
Brillo (Br)	$Br \geq 0,87$	0,85
Volumen /espectador	$6 \text{ m}^3/\text{esp.} - 10 \text{ m}^3/\text{esp}$	$9 \text{ m}^3/\text{esp}$
Señal/fondo	NC 15 – NC 25	NC 15
Claridad (C_{80})	$-4 \leq C_{80} \leq 0$	4,41
Definición (D_{50})	$D_{50} > 0,5$	0,62 dB
RASTI	0,60 – 0,75 -> Buena	0,64

Imagen 76. Resumen parámetros acústicos. 2015

Como se ha dicho anteriormente, todos los parámetros de calidad acústica cumplen con las recomendaciones realizadas por los grandes teóricos de la Acústica. Además, cuando se han estudiado diferentes hipótesis de aforo:

Frecuencias	$T_{r_{mid}}$	BR	Br
Sala llena	1,35	1,40	0,83
Sala 50%	1,41	1,37	0,85
Sala vacía	1,49	1,33	0,89
Recomendaciones	$1,3 \leq Tr \leq 2$	$1,1 \leq BR \leq 1,45$	$Br \geq 0,87$

Imagen 77. Resumen parámetros diferentes aforos. 2015

Se puede observar que los resultados son prácticamente iguales entre las diferentes hipótesis, algo muy bueno ya que significa que el aforo no influye en las características acústicas de la sala.

Con respecto al aislamiento, se han obtenido los resultados para las puertas de acceso a la sala:

	Recomendación	$D_{nt,w} (C;Ctr)$
CASO I	50 dB – 60 dB	20 (-2,1) dB
CASO II		44 (-3,1) dB

Imagen 78. Resumen resultados aislamiento. 2015

Resultados algo pobres, lo que nos ha llevado a una propuesta de mejora del aislamiento en los vestíbulos de independencia. Mediante el cambio del falso techo continuo de yeso laminado por uno con propiedades acústicas de la casa Rockfon y la adición de paneles acústicos (también de la casa Rockfon) en el trasdosado de la fachada, se pretende mejorar este aislamiento.

En resumen, el auditorio objeto de estudio tiene unas muy buenas características acústicas, con un aislamiento en las puertas de acceso a la sala mejorables, pudiéndose subsanar con la propuesta de mejora realizada.

12. Referencias Bibliográficas

12.1 Libros

- (1) Apuntes del Área de intensificación de Acústica arquitectónica. 2013-2014
- (2) García Gilabert, Salvador. *Estudio acústico de la sala multifuncional Rockódromo (Pedreguer)*. 2013
- (3) Anddrés Anglés, Marina. *Estudio del estado actual y propuesta de intervención acústica del edificio de la Sociedad Musical de San Antonio de Benageber*. 2014
- (4) Ballester Sabater, Mercedes. *Estudio acústico centro cultural Rambleta*. 2013
- (5) Quintana Gallardo, Alberto. *Proyecto acondicionamiento acústico Green Espai*. 2014

12.2 Normativa

- (6) RD 37/2003, de 17 de Noviembre
- (7) Ley 7/2002, de 3 de Diciembre
- (8) Decreto 266/2004, de 3 de Diciembre
- (9) Decreto 104/2006, de 14 de Julio

(10) CTE DB-HR. Protección frente al ruido.

(11) UNE-EN ISO 140-5. 1999

(12) UNE-EN ISO 717-1. 1997

12.3 Páginas web

(13) Iseacv. http://www.iseacv.es/web_cst/isea2_2_5.php (Julio 2015)

(14) Ibza. <http://www.ibza.es/proyecto/9/joaquin-rodrigo-conservatorio-superior-de-musica-de-valencia> (Julio 2015)

(15) Catastro. <http://www.catastro.meh.es/> (Julio 2015)

(16) CSMV. <http://www.csmvalencia.es/> (Julio 2015)

(17) Ayuntamiento de Valencia. <http://www.valencia.es/ayuntamiento/urbanismo.nsf/vDocumentosTituloAux/Portada%20CON%20columna%20de%20apoyo?opendocument&lang=1&nivel=1> (Julio 2015)

(18) Google. <https://www.google.es/maps> (Julio 2015)

(19) FSMCV. <http://www.fsmcv.org/> (Julio 2015)

(20) Rockfon. <http://www.rockfon.es/> (Julio 2015)

13. Índice de Figuras

Imagen 1. Auditorio del CSMV. 2015.....	9
Imagen 2. Situación general. 2015. Google maps	10
Imagen 3. Situación auditorio. 2015. Google maps.....	11
Imagen 4. Fachada sureste. 2015.....	12
Imagen 5. Cuadro de superficies. 2015	13
Imagen 6. Superficies primera altura. 2015	14
Imagen 7. Superficies plata baja. 2015.....	14
Imagen 8. Superficies planta semisótano. 2015.....	14
Imagen 9. Características generales de la sala. 2015	15
Imagen 10. Sección longitudinal. 2015.....	15
Imagen 11. Planta semisótano. 2015	16
Imagen 12. Planta baja. 2015	16
Imagen 13. Primera altura. 2015.....	16
Imagen 14. Pregunta 1 encuesta. 2015	20
Imagen 15. Pregunta 2 encuesta. 2015	21
Imagen 16. Pregunta 3 encuesta. 2015	21
Imagen 17. Pregunta 4 encuesta. 2015	22
Imagen 18. Pregunta 5 encuesta. 2015	22
Imagen 19. Pregunta 6 encuesta. 2015.....	23
Imagen 20. Software DIRAC 3.0. 2015.....	24
Imagen 21. Fuente sonora. 2015.....	25
Imagen 22. Micrófono. 2015	26
Imagen 23. Sonómetro. 2015	27
Imagen 24. Esquema reflexiones. 2015.....	28
Imagen 25. Fórmula reverberación. 2009. DB-HR.....	29
Imagen 26. Fórmula de la absorción. 2009. DB-HR.....	30
Imagen 27. Calificación de RASTI.....	32
Imagen 28. Visuales. 2015.....	33

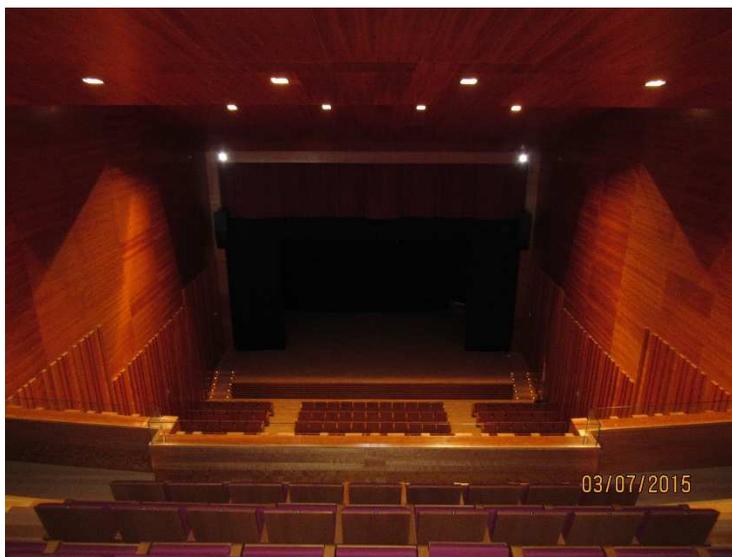
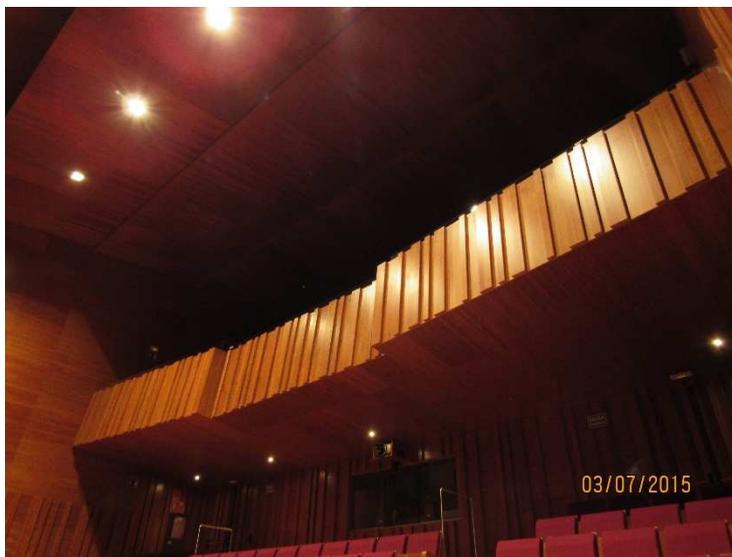
Imagen 29. Zoom1 de visuales. 2015	34
Imagen 30. Zoom2 de visuales. 2015	34
Imagen 31. Zoom3 de visuales. 2015	34
Imagen 32. Reflexiones techo. 2015	35
Imagen 33. Reflexiones laterales patio de butacas. 2015	36
Imagen 34. Reflexiones laterales escenario. 2015	36
Imagen 35. Zona de trabajo, frente. 2015.....	37
Imagen 36. Zona de trabajo, parte trasera. 2015.....	37
Imagen 37. Puntos de medida en planta baja. 2015.....	38
Imagen 39. Datos T10 de todas las medidas. 2015	39
Imagen 38. Mínimo, máximo y promedio de T10. 2015	39
Imagen 40. Plano de nivel Tr_{mid} – T10. 2015.....	40
Imagen 41. Datos T20 de todas las medidas. 2015	41
Imagen 42. Mínimo, máximo y promedio de T20. 2015	41
Imagen 43. Plano de nivel Tr_{mid} – T20. 2015.....	42
Imagen 44. Datos T30 de todas las medidas. 2015	43
Imagen 45. Mínimo, máximo y promedio de T30. 2015	43
Imagen 46. Plano de nivel Tr_{mid} – T30. 2015.....	44
Imagen 47. Datos EDT de todas las medidas. 2015.....	45
Imagen 48. Mínimo, máximo y promedio de EDT. 2015.....	45
Imagen 49. Plano de nivel EDT_{mid} . 2015	46
Imagen 50. Curvas tonales – Reverberación. 2015	47
Imagen 51. Ruido de fondo promedio. 2015.....	49
Imagen 52. Curvas NC. 2015.....	50
Imagen 53. Mínimo, máximo y promedio de C_{80} . 2015	51
Imagen 54. Plano de nivel Music Average. 2015.....	51
Imagen 55. Mínimo, máximo y promedio de D_{50} . 2015	52
Imagen 56. Plano de nivel D_{50mid} . 2015.....	53
Imagen 57. Mediciones RASTI. 2015	54
Imagen 58. Plano de nivel RASTI. 2015	55
Imagen 59. Cálculo absorción del aire. 2015.....	57
Imagen 60. Cálculo teórico Tr - Sala llena. 2015	58

Imagen 61. Promedio Tr – Sala llena. 2015	58
Imagen 62. Cálculo teórico Tr – Sala al 50%. 2015	59
Imagen 63. Promedio Tr – Sala al 50%. 2015	59
Imagen 64. Cálculo teórico Tr – Sala vacía. 2015	60
Imagen 65. Promedio Tr – Sala vacía. 2015.....	60
Imagen 66. Tabla resumen promedios de Tr. 2015.....	61
Imagen 67. Promedio Tr – Todas las hipótesis. 2015	61
Imagen 68. Tr, BR y Br. 2015	62
Imagen 69. Esquema posición elementos. 2015	63
Imagen 70. Distribución medidas Caso I. 2015	65
Imagen 71. Tabla cálculo $D_{nt,w}$ (C;Ctr) Caso I. 2015.....	65
Imagen 72. Índices globales Caso I. 2015	66
Imagen 73. Distribución medidas Caso II. 2015	67
Imagen 74. Tabla cálculo $D_{nt,w}$ (C;Ctr) Caso II. 2015.....	67
Imagen 75. Índices globales Caso II. 2015	68
Imagen 76. Resumen parámetros acústicos. 2015.....	73
Imagen 77. Resumen parámetros diferentes aforos. 2015.....	73
Imagen 78. Resumen resultados aislamiento. 2015.....	74

Anexo I. Memoria Fotográfica











Anexo II. Mediciones *In Situ*

T10 (s)																			
Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Tr mid
M1	2,23	2,20	1,74	1,96	1,58	1,67	1,75	1,68	1,26	1,24	1,44	1,43	1,47	1,50	1,18	1,24	1,16	1,22	1,56
M2	2,86	1,50	1,75	1,32	1,54	1,57	1,73	1,61	1,91	1,13	1,19	1,43	1,42	1,39	1,16	1,25	1,06	1,17	1,40
M3	2,48	2,27	1,63	1,56	1,56	1,81	1,78	1,67	1,42	1,19	1,38	1,39	1,43	1,37	1,22	1,18	1,09	1,33	1,53
M4	3,00	2,69	2,07	2,63	2,11	1,80	1,87	1,72	1,61	1,30	1,66	1,30	1,25	1,25	1,28	1,13	1,32	1,33	1,69
M5	1,49	2,43	2,46	1,65	1,57	1,34	1,34	1,82	1,71	1,32	1,13	1,18	1,37	1,49	1,21	1,22	1,47	1,34	1,47
M6	3,27	2,47	0,15	1,62	1,84	1,40	1,80	1,54	1,96	1,17	1,35	1,42	1,37	1,48	1,35	1,29	1,20	1,44	1,45
M7	2,24	2,52	2,49	2,03	1,57	1,39	1,32	1,04	1,61	1,39	1,10	1,24	1,19	1,41	1,24	1,18	1,29	1,31	1,07
M8	2,55	2,01	2,58	2,05	1,81	1,61	1,39	1,18	1,31	1,23	1,25	1,23	1,20	1,32	1,17	1,19	1,57	1,17	1,21
M9	2,96	2,88	2,12	1,87	1,21	1,38	1,37	1,46	1,36	1,38	1,37	1,29	1,40	1,44	1,26	1,26	1,30	1,31	1,42
M10	2,39	2,49	1,64	2,11	1,35	1,53	1,45	1,44	1,48	1,25	1,71	1,42	1,55	1,30	1,24	1,18	1,37	1,26	1,57
M11	3,21	2,12	2,45	2,29	1,19	1,03	1,13	1,24	1,58	1,33	1,66	1,23	1,26	1,18	1,14	1,33	1,56	1,22	1,45
M12	2,64	2,67	1,09	1,72	1,21	1,40	1,32	1,53	1,24	1,13	1,26	1,53	1,47	1,17	1,39	1,31	1,33	1,45	1,40
M13	2,09	2,25	2,01	1,73	1,07	1,48	1,18	1,51	1,63	1,23	1,32	1,54	1,24	1,09	1,16	1,19	1,21	1,45	1,41
M14	2,00	2,89	2,66	1,00	1,45	1,33	1,26	1,40	1,43	1,36	1,49	1,31	1,91	1,07	1,28	1,45	0,23	2,50	1,44
M15	2,64	2,96	1,04	1,55	1,23	1,42	1,29	1,34	1,60	1,42	1,43	1,40	1,49	1,32	1,18	1,06	1,02	1,44	1,39
M16	3,31	1,35	2,16	1,81	1,84	1,23	1,66	1,64	1,63	1,60	1,54	1,64	1,43	1,19	1,15	1,11	1,12	0,91	1,59
M17	1,33	2,32	1,42	1,86	1,58	1,53	1,91	1,43	1,46	2,16	2,39	1,94	2,35	1,68	1,34	1,93	0,04	2,89	1,91
M18	3,27	2,02	2,18	2,31	1,67	1,18	1,58	1,40	1,40	1,45	1,41	1,54	1,34	1,02	1,05	1,03	1,20	1,26	1,40
M19	2,61	2,37	2,00	2,33	1,93	1,76	1,58	1,85	1,65	1,30	1,49	1,47	1,38	0,95	1,00	1,08	1,15	0,85	1,67
M20	2,58	2,83	2,15	2,09	1,48	1,42	1,72	1,89	1,51	1,45	1,48	1,45	1,14	1,24	0,92	1,20	1,13	0,85	1,68
M21	3,22	2,97	1,91	2,84	2,14	1,88	1,80	1,67	1,58	1,67	1,54	1,67	1,50	1,32	1,30	1,25	1,10	0,96	1,61
M22	1,54	1,69	1,81	2,39	1,71	1,70	1,41	1,38	1,58	1,41	1,45	1,45	1,48	1,39	1,27	1,24	1,45	1,07	1,41
M23	3,33	0,90	1,70	1,91	1,89	1,74	1,64	1,57	1,70	1,39	1,37	1,59	1,45	1,25	1,21	1,23	1,11	0,96	1,47
Desv. estándar	0,60	0,54	0,57	0,42	0,29	0,22	0,24	0,21	0,18	0,22	0,26	0,17	0,25	0,17	0,11	0,18	0,36	0,47	
Mínimo	1,97	1,76	1,30	1,52	1,29	1,29	1,28	1,31	1,37	1,15	1,19	1,27	1,18	1,12	1,09	1,06	0,79	0,86	
Máximo	3,18	2,83	2,45	2,36	1,88	1,72	1,76	1,73	1,73	1,59	1,71	1,61	1,69	1,47	1,31	1,42	1,51	1,81	
Promedio	2,58	2,29	1,88	1,94	1,59	1,50	1,52	1,52	1,55	1,37	1,45	1,44	1,44	1,30	1,20	1,24	1,15	1,34	1,49

T20 (s)																			
Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Tr mid
M1	2,65	2,51	2,18	1,75	1,59	1,84	1,56	1,53	1,43	1,42	1,39	1,46	1,37	1,37	1,20	1,20	1,23	1,17	1,46
M2	3,03	1,67	2,15	1,68	1,76	1,54	1,69	1,28	1,60	1,25	1,11	1,47	1,39	1,33	1,30	1,20	1,19	1,19	1,20
M3	2,78	1,90	2,64	2,38	1,86	1,64	1,53	1,56	1,54	1,46	1,39	1,34	1,34	1,34	1,27	1,20	1,15	1,18	1,47
M4	2,73	2,61	2,33	2,22	1,82	1,59	1,82	1,86	1,88	1,35	1,59	1,27	1,32	1,22	1,35	1,21	1,33	1,19	1,73
M5	1,95	1,67	2,01	1,78	1,49	1,65	1,86	1,83	1,61	1,32	1,27	1,34	1,31	1,36	1,19	1,27	1,35	1,17	1,55
M6	2,62	1,99	2,18	2,22	2,15	1,46	1,70	1,77	1,69	1,50	1,45	1,40	1,25	1,35	1,37	1,27	1,17	1,25	1,61
M7	2,75	2,15	2,63	2,23	1,63	1,54	1,56	1,69	1,52	1,24	1,34	1,38	1,39	1,42	1,29	1,17	1,19	1,15	1,52
M8	2,12	2,18	2,17	1,98	1,93	1,56	1,78	1,54	1,47	1,45	1,26	1,43	1,21	1,25	1,28	1,22	1,37	1,14	1,40
M9	3,04	2,73	2,15	1,92	1,52	1,59	1,66	1,60	1,60	1,38	1,29	1,30	1,33	1,34	1,32	1,24	1,23	1,15	1,44
M10	2,50	2,25	2,09	1,92	1,40	1,55	1,65	1,52	1,45	1,48	1,55	1,51	1,30	1,33	1,31	1,23	1,32	1,18	1,54
M11	3,12	2,24	2,27	2,20	1,58	1,22	1,61	1,47	1,59	1,31	1,31	1,33	1,29	1,24	1,31	1,31	1,41	1,12	1,39
M12	2,38	2,23	1,96	1,93	1,53	1,70	1,61	1,48	1,49	1,26	1,33	1,44	1,32	1,25	1,25	1,33	1,25	1,26	1,41
M13	2,05	2,33	2,45	1,43	1,89	1,44	1,65	1,65	1,66	1,36	1,38	1,47	1,27	1,18	1,28	1,34	1,19	1,23	1,52
M14	1,87	1,91	2,10	1,62	1,40	1,48	1,57	1,42	1,28	1,26	1,19	1,41	1,35	1,11	1,16	1,22	1,30	1,29	1,30
M15	2,25	2,36	2,35	2,66	2,19	1,38	1,53	1,41	1,60	1,39	1,40	1,39	1,29	1,33	1,18	1,16	1,15	1,12	1,41
M16	2,24	2,22	2,01	1,88	1,60	1,69	1,70	1,57	1,43	1,46	1,54	1,41	1,35	1,30	1,28	1,29	1,19	0,99	1,56
M17	2,48	2,18	1,33	1,55	1,55	1,66	1,53	1,41	1,38	1,25	1,24	1,41	1,39	1,26	1,11	1,14	1,58	1,06	1,32
M18	2,49	2,01	2,33	2,45	1,61	1,63	1,53	1,38	1,61	1,44	1,40	1,57	1,32	1,28	1,24	1,28	1,30	1,21	1,39
M19	2,78	2,46	2,36	2,74	2,06	1,96	1,91	1,64	1,58	1,58	1,56	1,56	1,32	1,24	1,30	1,24	1,30	1,15	1,60
M20	2,21	2,15	3,14	2,01	1,68	1,56	1,86	1,82	1,53	1,45	1,43	1,49	1,41	1,24	1,31	1,19	1,01	0,94	1,62
M21	2,67	2,79	2,39	2,55	2,32	1,97	1,80	1,68	1,70	1,60	1,55	1,61	1,46	1,49	1,37	1,20	1,15	1,01	1,62
M22	1,68	1,91	2,02	2,20	1,72	1,67	1,60	1,71	1,70	1,40	1,58	1,56	1,37	1,44	1,31	1,21	1,07	0,96	1,64
M23	2,47	2,31	2,51	2,05	2,09	2,17	1,92	1,66	1,68	1,60	1,59	1,63	1,47	1,31	1,28	1,25	1,07	1,02	1,62
Desv. estándar	0,38	0,30	0,33	0,35	0,26	0,21	0,13	0,16	0,13	0,11	0,14	0,10	0,06	0,09	0,07	0,05	0,13	0,10	
Mínimo	2,09	1,91	1,92	1,71	1,49	1,42	1,55	1,43	1,44	1,29	1,26	1,34	1,28	1,22	1,21	1,18	1,11	1,04	
Máximo	2,86	2,50	2,58	2,41	2,02	1,83	1,81	1,74	1,69	1,51	1,53	1,54	1,40	1,39	1,34	1,28	1,37	1,23	
Promedio	2,47	2,21	2,25	2,06	1,76	1,63	1,68	1,59	1,57	1,40	1,40	1,44	1,34	1,30	1,27	1,23	1,24	1,14	1,49

T30 (s)																			
Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Tr mid
M1	2,32	2,83	2,53	2,46	1,58	1,88	1,69	1,56	1,43	1,50	1,39	1,49	1,42	1,35	1,16	1,19	1,23	1,09	1,47
M2	2,48	1,71	2,37	1,64	1,71	1,68	1,93	1,39	1,61	1,31	1,14	1,40	1,34	1,36	1,31	1,23	1,17	1,14	1,27
M3	4,06	1,99	2,61	2,44	2,13	1,63	1,76	1,62	1,65	1,53	1,35	1,36	1,33	1,37	1,22	1,18	1,19	1,18	1,48
M4	2,45	2,60	2,48	1,88	1,71	1,63	1,86	1,84	1,92	1,38	1,55	1,43	1,29	1,28	1,32	1,22	1,24	1,11	1,70
M5	1,82	1,81	2,31	1,75	1,51	1,53	2,02	1,90	1,71	1,35	1,32	1,39	1,34	1,35	1,18	1,25	1,27	1,14	1,61
M6	2,70	1,85	2,46	2,55	2,19	1,59	1,58	1,71	1,59	1,47	1,47	1,44	1,22	1,35	1,32	1,40	1,15	1,23	1,59
M7	3,12	2,06	2,31	2,05	2,12	1,58	1,77	1,87	1,75	1,32	1,34	1,42	1,41	1,41	1,28	1,19	1,11	1,26	1,60
M8	2,13	2,18	2,18	1,96	2,13	1,58	1,94	1,76	1,55	1,44	1,35	1,42	1,31	1,28	1,33	1,25	1,31	1,20	1,55
M9	2,80	2,69	2,53	1,80	1,42	1,75	1,84	1,85	1,62	1,39	1,37	1,30	1,29	1,38	1,38	1,26	1,24	1,12	1,61
M10	2,53	2,52	2,49	2,74	1,27	1,58	1,82	1,53	1,50	1,49	1,56	1,53	1,34	1,33	1,28	1,24	1,22	1,11	1,55
M11	2,66	2,16	2,31	2,33	1,45	1,22	1,79	1,49	1,58	1,38	1,32	1,35	1,34	1,30	1,34	1,31	1,33	1,25	1,40
M12	2,27	2,11	1,96	2,71	1,51	1,74	1,79	1,55	1,56	1,34	1,43	1,39	1,31	1,29	1,28	1,42	1,25	1,27	1,49
M13	2,05	2,10	2,53	1,39	1,80	1,41	1,68	1,71	1,59	1,46	1,48	1,46	1,36	1,25	1,30	1,34	1,33	1,17	1,59
M14	1,90	1,81	1,99	1,97	1,42	1,63	1,67	1,60	1,46	1,35	1,29	1,43	1,33	1,19	1,12	1,23	1,35	1,10	1,45
M15	2,06	2,43	2,64	3,03	2,60	1,43	1,77	1,61	1,58	1,38	1,41	1,44	1,27	1,35	1,19	1,24	1,22	1,07	1,51
M16	1,89	2,84	2,40	1,85	1,60	1,66	1,71	1,59	1,63	1,50	1,48	1,46	1,29	1,33	1,33	1,30	1,14	0,92	1,54
M17	2,67	2,09	1,43	1,45	1,52	1,55	1,62	1,37	1,41	1,32	1,33	1,41	1,32	1,29	1,15	1,19	1,33	1,02	1,35
M18	2,44	1,86	2,48	2,38	1,69	1,74	1,72	1,53	1,74	1,45	1,44	1,55	1,34	1,25	1,36	1,32	1,39	1,38	1,49
M19	3,27	2,14	2,33	2,70	2,30	1,97	1,83	1,72	1,55	1,67	1,59	1,56	1,39	1,37	1,40	1,28	1,34	1,14	1,65
M20	2,20	2,23	2,75	1,81	1,62	1,68	1,83	1,87	1,65	1,58	1,40	1,56	1,48	1,32	1,49	1,21	0,95	1,07	1,64
M21	2,35	2,91	2,49	2,71	2,54	1,94	1,78	1,75	1,65	1,61	1,61	1,63	1,44	1,42	1,38	1,23	1,12	1,00	1,68
M22	1,77	2,26	2,26	2,63	1,72	1,74	1,67	1,90	1,73	1,46	1,62	1,56	1,39	1,42	1,44	1,27	0,97	0,96	1,76
M23	2,27	2,56	2,41	1,91	2,48	2,44	1,94	1,69	1,69	1,60	1,69	1,58	1,46	1,43	1,33	1,22	1,09	1,03	1,69
Desv. estándar	0,53	0,36	0,28	0,46	0,40	0,24	0,11	0,16	0,12	0,10	0,13	0,09	0,06	0,06	0,09	0,06	0,12	0,11	
Mínimo	1,92	1,89	2,08	1,72	1,43	1,44	1,67	1,51	1,50	1,35	1,30	1,37	1,28	1,27	1,21	1,20	1,10	1,02	
Máximo	2,97	2,61	2,63	2,64	2,22	1,91	1,89	1,83	1,73	1,55	1,56	1,54	1,41	1,39	1,39	1,32	1,33	1,24	
Promedio	2,44	2,25	2,36	2,18	1,83	1,68	1,78	1,67	1,61	1,45	1,43	1,46	1,35	1,33	1,30	1,26	1,21	1,13	1,55

EDT (s)																			
Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Tr mid
M1	2,18	1,74	1,36	1,52	1,45	1,59	1,39	1,67	0,86	0,70	0,69	1,11	1,05	1,39	1,22	1,13	0,77	0,89	1,18
M2	0,55	1,21	1,09	1,40	1,37	1,12	1,48	1,01	1,01	0,53	0,68	0,90	0,49	0,80	0,64	0,56	0,53	0,83	0,84
M3	2,13	1,65	1,19	1,38	1,72	1,31	1,54	1,54	0,90	0,70	0,84	1,01	1,22	1,16	0,98	1,06	0,64	1,18	1,19
M4	0,98	2,18	1,12	1,23	1,42	1,27	1,26	1,16	0,70	0,97	1,22	1,36	1,17	1,41	1,27	1,19	1,32	1,03	1,19
M5	0,93	1,69	1,42	1,59	1,48	1,45	1,45	1,68	1,54	1,20	0,68	1,00	0,79	1,07	1,23	1,06	0,87	1,11	1,18
M6	1,28	2,03	1,06	1,26	1,20	1,34	1,34	0,78	0,79	1,01	0,81	0,95	1,46	1,40	1,23	1,23	1,02	1,34	0,79
M7	1,27	1,56	1,16	1,99	1,30	1,47	1,24	1,40	1,49	1,32	1,20	0,93	0,80	1,24	1,29	1,45	1,42	1,19	1,30
M8	2,40	2,26	1,82	1,44	0,83	0,88	1,04	1,16	1,02	0,80	1,03	0,88	1,00	1,19	1,23	1,27	1,89	1,43	1,10
M9	1,04	1,86	1,17	2,07	1,16	1,20	1,35	1,32	1,23	1,08	1,17	1,16	1,15	1,19	1,08	1,44	1,40	1,22	1,25
M10	1,20	1,57	1,53	1,75	1,23	1,47	1,31	1,43	1,51	1,08	1,44	1,45	1,57	1,36	1,15	1,38	1,71	1,76	1,44
M11	1,71	2,44	1,32	1,74	1,59	1,28	1,39	1,25	1,05	1,00	1,51	1,50	1,63	1,18	1,08	1,42	2,56	1,49	1,38
M12	1,69	2,05	1,73	1,81	1,62	1,55	1,49	1,45	1,29	1,19	1,48	1,49	1,58	1,26	1,35	1,60	1,97	1,61	1,47
M13	2,01	2,13	1,69	1,64	2,06	2,12	1,26	1,49	1,29	1,43	1,71	1,68	1,53	1,50	1,46	1,46	1,50	2,29	1,60
M14	2,40	1,60	2,23	2,54	2,12	2,20	1,44	1,70	1,77	1,58	2,03	1,51	0,03	1,62	1,60	2,16	0,01	0,03	1,87
M15	2,15	2,12	1,98	1,64	1,78	2,15	1,74	1,41	1,47	1,48	1,42	1,39	2,19	1,59	1,35	1,45	1,72	2,42	1,42
M16	1,96	1,59	1,92	1,98	2,03	1,53	1,88	1,60	1,46	1,74	2,11	1,89	1,81	1,55	1,53	1,44	1,37	1,14	1,86
M17	2,27	1,66	1,31	2,55	2,32	1,96	2,04	2,34	0,04	2,85	0,02	1,53	0,04	1,44	0,94	0,17	0,01	0,03	1,18
M18	2,88	1,74	1,74	2,28	2,27	1,45	1,88	1,73	1,57	1,93	2,49	1,49	1,98	1,40	1,45	1,53	1,58	1,65	2,11
M19	1,98	0,76	2,11	2,48	2,17	1,66	1,65	1,55	1,85	1,78	1,55	1,54	1,59	1,67	1,69	2,00	1,46	1,49	1,55
M20	2,29	0,95	2,17	2,82	2,38	1,59	2,08	1,64	1,95	1,72	1,68	1,68	1,47	1,71	1,59	1,64	1,59	1,39	1,66
M21	2,59	1,93	2,76	2,58	2,11	2,16	2,85	1,51	1,61	1,60	1,48	1,69	1,56	1,55	1,46	1,61	1,49	1,38	1,49
M22	1,93	2,04	0,20	2,50	1,74	1,72	2,04	1,52	1,64	1,71	1,54	1,67	1,50	1,68	1,44	1,65	1,48	1,62	1,53
M23	2,62	1,98	3,29	2,33	1,85	2,01	2,01	1,79	1,66	1,68	1,72	1,30	1,50	1,56	1,49	1,64	1,49	1,49	1,76
Desv. estándar	0,63	0,40	0,64	0,49	0,43	0,37	0,40	0,31	0,45	0,52	0,55	0,30	0,55	0,23	0,25	0,42	0,60	0,55	
Mínimo	1,22	1,37	0,98	1,45	1,28	1,22	1,21	1,18	0,85	0,83	0,77	1,05	0,72	1,16	1,05	0,95	0,69	0,75	
Máximo	2,47	2,17	2,27	2,42	2,13	1,95	2,02	1,79	1,74	1,87	1,88	1,65	1,82	1,61	1,54	1,79	1,90	1,86	
Promedio	1,84	1,77	1,63	1,93	1,70	1,59	1,62	1,48	1,29	1,35	1,33	1,35	1,27	1,39	1,29	1,37	1,30	1,30	1,40

Ruido de fondo (dB)						
Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000
M1	25,0	11,9	7,2	5,7	6,3	8,4
M2	23,5	11,5	6,8	5,0	6,0	7,9
M3	24,0	11,9	7,5	5,9	6,2	7,1
M4	26,1	11,0	8,0	6,0	7,0	7,5
M5	24,3	13,5	7,0	6,5	5,1	8,0
M6	25,3	10,8	9,1	7,4	6,8	8,2
M7	22,5	9,8	7,0	6,5	5,2	6,8
M8	22,4	12,4	5,8	4,8	7,2	6,2
M9	21,9	10,0	6,4	5,8	7,6	5,1
M10	23,6	10,4	6,3	5,1	7,1	8,0
M11	21,9	12,8	6,0	6,4	6,3	9,1
M12	19,1	11,4	8,6	6,9	6,0	7,6
M13	21,8	9,5	8,1	7,0	6,5	7,0
M14	23,7	14,1	5,1	5,0	5,4	6,4
M15	19,4	12,5	5,9	8,1	5,9	5,2
M16	20,4	12,0	7,6	4,2	5,8	6,0
M17	19,6	9,5	7,2	5,2	5,0	7,5
M18	21,7	9,0	6,8	6,0	4,5	7,0
M19	25,2	12,5	8,1	7,2	6,5	9,0
M20	25,8	12,3	9,4	7,9	7,0	8,5
M21	26,0	13,8	8,0	7,1	7,5	8,1
M22	25,5	14,5	8,4	5,5	7,2	10,2
M23	26,8	14,1	9,0	6,8	8,1	9,6
Promedio	23,8	12,1	7,5	6,3	6,4	7,8

C80 (dB)																			
Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Music av.
M1	2,01	-6,32	-0,26	-3,19	2,37	4,18	3,70	5,75	7,59	8,70	8,45	5,27	6,78	4,68	4,13	5,05	8,34	5,74	6,29
M2	3,13	-0,34	-0,57	-0,05	2,05	4,95	5,63	6,06	7,62	9,58	7,92	7,10	9,82	7,35	7,89	8,72	10,09	6,55	7,11
M3	2,82	-9,20	-1,36	-1,76	-0,25	4,36	3,39	5,75	7,19	8,39	8,22	6,61	5,71	5,26	6,28	6,67	9,00	3,42	6,41
M4	2,19	-1,81	3,86	-4,21	1,60	2,48	3,89	7,28	7,32	6,43	7,95	5,42	5,17	2,31	3,02	6,03	7,62	5,86	5,85
M5	3,88	-1,75	2,83	-0,63	1,32	1,58	2,84	4,87	6,20	6,59	9,71	5,50	8,00	5,42	5,54	8,68	11,72	6,04	6,67
M6	2,90	-3,02	2,46	-5,21	3,04	3,04	4,31	6,84	7,74	7,47	7,08	7,20	5,07	3,30	3,69	6,49	8,34	3,02	5,74
M7	1,85	0,26	5,92	-0,62	2,13	3,35	3,28	4,15	8,15	5,10	5,13	7,89	7,36	2,44	2,75	4,25	7,48	6,30	3,91
M8	-0,49	0,96	3,09	-4,52	4,15	5,21	3,29	5,46	6,48	6,68	7,65	6,97	5,54	2,25	5,30	6,88	8,82	2,98	5,12
M9	0,11	2,61	4,44	-1,05	1,83	3,18	3,32	5,37	6,37	5,53	6,22	5,82	6,43	0,86	2,35	5,52	8,52	5,63	4,15
M10	0,16	-0,90	1,45	-0,38	-1,19	4,44	1,84	4,29	7,17	7,35	8,02	7,21	6,09	3,31	2,90	2,90	5,89	6,17	5,21
M11	3,03	-0,88	-2,58	-3,67	-0,37	-0,09	2,60	5,30	6,82	6,45	9,25	7,55	8,54	1,16	3,14	6,47	9,27	2,36	5,24
M12	1,96	0,18	1,86	-2,33	-1,84	3,79	2,36	3,45	6,06	5,01	6,84	7,68	7,19	2,47	1,95	4,31	5,92	7,06	4,25
M13	-1,54	2,26	-0,12	-2,59	2,95	4,58	4,95	5,83	4,33	4,92	7,47	7,28	7,16	4,27	2,10	-0,72	-0,43	6,03	5,86
M14	-0,10	0,59	-0,66	1,75	3,12	2,93	2,52	5,96	8,46	7,44	10,28	10,39	12,24	5,53	6,88	8,24	15,62	13,28	7,26
M15	-2,27	5,17	-0,35	-2,35	3,01	4,87	4,07	4,94	4,40	5,77	6,06	8,12	7,76	4,65	2,86	-0,33	2,61	6,19	5,22
M16	3,99	3,63	2,34	5,82	5,31	4,56	6,59	7,41	8,47	6,94	8,21	6,30	3,71	0,83	1,08	-2,20	-2,49	-1,48	5,48
M17	4,70	6,66	8,59	8,12	7,55	6,87	9,90	10,15	14,17	10,75	13,29	11,99	13,61	10,02	10,34	11,19	17,91	12,79	11,15
M18	2,06	3,23	3,02	4,88	4,92	5,97	4,90	6,11	8,11	6,81	6,37	9,65	5,25	1,06	2,19	0,96	-1,04	2,83	4,51
M19	5,61	9,84	5,35	5,78	4,42	2,91	3,08	2,39	3,44	-1,07	-3,43	-2,94	-2,69	0,40	1,49	3,16	-3,81	-3,84	-0,21
M20	5,97	9,16	7,34	5,75	4,18	2,31	2,74	3,02	3,94	-0,22	-2,99	0,19	-3,32	0,67	0,01	-0,96	-3,91	-4,50	0,23
M21	4,61	2,76	2,21	2,31	-1,05	-0,38	1,06	0,78	-0,87	-0,89	-4,76	-3,47	-3,16	-3,37	-3,38	-4,50	-8,94	-8,97	-2,45
M22	4,14	0,67	3,70	3,02	-0,32	-1,55	-1,75	-1,39	0,28	-0,06	-0,40	-0,70	-2,23	-1,55	-3,33	-7,31	-9,54	-8,92	-1,11
M23	4,84	1,84	3,56	2,27	-1,56	-3,04	0,79	2,37	2,95	0,56	-2,48	-4,22	-3,37	-1,51	-2,44	-1,67	-6,35	-3,59	-0,54
Desv. estándar	2,25	4,34	2,81	3,83	2,46	2,41	2,22	2,39	3,06	3,40	4,89	4,44	4,86	3,03	3,34	4,71	7,56	5,86	
Mínimo	0,17	-3,23	-0,37	-3,52	-0,40	0,66	1,23	2,49	3,13	2,00	0,76	0,90	0,21	-0,34	-0,44	-1,33	-3,18	-2,78	
Máximo	4,67	5,45	5,25	4,14	4,52	5,48	5,67	7,27	9,25	8,80	10,54	9,78	9,93	5,72	6,24	8,09	11,94	8,94	
Promedio	2,42	1,11	2,44	0,31	2,06	3,07	3,45	4,88	6,19	5,40	5,65	5,34	5,07	2,69	2,90	3,38	4,38	3,08	4,41

D50 (dB)																			
Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	D50 mid
M1	0,44	0,16	0,40	0,25	0,53	0,62	0,66	0,74	0,77	0,74	0,78	0,65	0,78	0,62	0,58	0,64	0,81	0,67	0,73
M2	0,38	0,29	0,14	0,28	0,54	0,72	0,59	0,52	0,62	0,80	0,79	0,72	0,85	0,74	0,76	0,76	0,86	0,75	0,75
M3	0,47	0,12	0,38	0,25	0,39	0,67	0,51	0,73	0,69	0,74	0,70	0,68	0,69	0,65	0,71	0,71	0,82	0,58	0,72
M4	0,30	0,27	0,42	0,21	0,42	0,35	0,59	0,77	0,73	0,70	0,83	0,71	0,62	0,50	0,58	0,72	0,83	0,73	0,71
M5	0,47	0,09	0,26	0,10	0,28	0,41	0,45	0,69	0,72	0,72	0,83	0,69	0,74	0,62	0,70	0,83	0,92	0,74	0,76
M6	0,24	0,18	0,38	0,18	0,44	0,34	0,59	0,75	0,72	0,72	0,71	0,70	0,71	0,58	0,57	0,73	0,84	0,56	0,70
M7	0,27	0,40	0,37	0,37	0,42	0,55	0,56	0,62	0,82	0,65	0,70	0,76	0,71	0,56	0,51	0,63	0,80	0,77	0,66
M8	0,37	0,40	0,49	0,21	0,45	0,37	0,41	0,63	0,71	0,61	0,78	0,73	0,69	0,45	0,69	0,78	0,86	0,63	0,66
M9	0,28	0,53	0,34	0,33	0,42	0,55	0,57	0,65	0,70	0,65	0,75	0,72	0,77	0,39	0,54	0,70	0,82	0,73	0,63
M10	0,43	0,36	0,20	0,33	0,35	0,67	0,56	0,62	0,79	0,71	0,81	0,82	0,78	0,63	0,54	0,53	0,74	0,78	0,70
M11	0,60	0,22	0,17	0,27	0,43	0,32	0,55	0,73	0,74	0,71	0,87	0,82	0,85	0,40	0,50	0,76	0,88	0,58	0,69
M12	0,52	0,43	0,27	0,30	0,32	0,63	0,58	0,53	0,72	0,61	0,76	0,80	0,82	0,54	0,52	0,65	0,76	0,80	0,65
M13	0,34	0,41	0,39	0,27	0,63	0,66	0,72	0,77	0,71	0,74	0,84	0,82	0,82	0,70	0,58	0,36	0,44	0,79	0,68
M14	0,48	0,28	0,36	0,55	0,65	0,63	0,61	0,79	0,87	0,83	0,91	0,90	0,94	0,74	0,81	0,85	0,97	0,95	0,85
M15	0,36	0,56	0,38	0,26	0,64	0,65	0,71	0,72	0,72	0,78	0,79	0,84	0,84	0,72	0,62	0,42	0,62	0,79	0,71
M16	0,74	0,65	0,59	0,70	0,76	0,70	0,82	0,83	0,87	0,80	0,86	0,79	0,67	0,52	0,51	0,32	0,34	0,40	0,61
M17	0,74	0,80	0,85	0,84	0,85	0,82	0,90	0,91	0,96	0,92	0,95	0,94	0,96	0,90	0,91	0,93	0,98	0,95	0,93
M18	0,64	0,63	0,59	0,69	0,75	0,76	0,74	0,78	0,84	0,81	0,80	0,89	0,74	0,53	0,55	0,51	0,40	0,65	0,60
M19	0,69	0,80	0,75	0,79	0,73	0,65	0,65	0,62	0,67	0,39	0,26	0,29	0,27	0,47	0,54	0,65	0,25	0,25	0,39
M20	0,71	0,83	0,84	0,77	0,71	0,59	0,62	0,64	0,69	0,44	0,28	0,45	0,29	0,49	0,46	0,39	0,24	0,24	0,40
M21	0,71	0,64	0,61	0,60	0,38	0,42	0,53	0,54	0,41	0,39	0,18	0,23	0,25	0,25	0,28	0,23	0,08	0,08	0,23
M22	0,70	0,53	0,69	0,66	0,46	0,41	0,38	0,39	0,47	0,45	0,40	0,38	0,25	0,35	0,26	0,12	0,09	0,13	0,30
M23	0,74	0,59	0,68	0,61	0,41	0,32	0,53	0,60	0,64	0,49	0,29	0,22	0,24	0,32	0,31	0,37	0,16	0,28	0,31
Desv. estándar	0,17	0,22	0,21	0,23	0,16	0,15	0,12	0,12	0,12	0,15	0,23	0,21	0,23	0,16	0,16	0,21	0,30	0,25	
Mínimo	0,34	0,22	0,25	0,20	0,36	0,41	0,48	0,56	0,60	0,52	0,46	0,47	0,43	0,39	0,41	0,38	0,33	0,35	
Máximo	0,68	0,66	0,67	0,66	0,68	0,71	0,72	0,80	0,84	0,82	0,92	0,89	0,89	0,71	0,73	0,80	0,93	0,85	
Promedio	0,51	0,44	0,46	0,43	0,52	0,56	0,60	0,68	0,72	0,67	0,69	0,68	0,66	0,55	0,57	0,59	0,63	0,60	0,62

RASTI		
M1	0,66	Buena
M2	0,68	Buena
M3	0,64	Buena
M4	0,63	Buena
M5	0,64	Buena
M6	0,63	Buena
M7	0,64	Buena
M8	0,63	Buena
M9	0,64	Buena
M10	0,66	Buena
M11	0,68	Buena
M12	0,64	Buena
M13	0,69	Buena
M14	0,77	Excelente
M15	0,70	Buena
M16	0,65	Buena
M17	0,86	Excelente
M18	0,66	Buena
M19	0,55	Aceptable
M20	0,54	Aceptable
M21	0,49	Aceptable
M22	0,45	Aceptable
M23	0,51	Aceptable
Promedio	0,64	Buena

EMISOR																	
L1	Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	P1	87,7	92,8	96,6	96,0	94,5	95,0	90,8	92,4	92,3	93,6	92,8	88,4	85,0	85,9	80,3	76,6
	P2	86,9	96,5	98,4	98,7	92,0	93,6	90,2	91,2	93,2	95,1	92,9	87,8	86,4	85,6	79,6	77,1
	Promedio	87,3	95,0	97,6	97,6	93,4	94,4	90,5	91,8	92,8	94,4	92,9	88,1	85,8	85,8	80,0	76,9

RECEPTOR																	
L2	Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	P3	70,2	78,3	82,3	78,7	76,0	75,3	74,3	73,4	73,5	74,2	71,8	66,9	71,5	68,5	68,7	67,3
	P4	72,2	82,4	82,8	77,8	79,8	76,2	74,7	75,9	71,5	74,1	71,2	66,5	71,6	70,1	69,9	67,1
	Promedio	71,3	80,8	82,6	78,3	78,3	75,8	74,5	74,8	72,6	74,2	71,5	66,7	71,6	69,4	69,3	67,2

RECEPTOR																	
B2	Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	P3	25,9	18,7	20,9	19,7	21,9	13,3	11,8	7,9	6,3	10,2	10,8	9,7	8,3	7,8	6,9	8,3
	P4	28,1	25,5	21,6	19,9	17,7	11,4	9,7	7,8	9,0	14,6	9,4	7,6	8,8	10,5	12,3	7,7
	Promedio	27,1	23,3	21,3	19,8	20,3	12,5	10,9	7,9	7,9	12,9	10,2	8,8	8,6	9,4	10,4	8,0

Corrección	No procede a ninguna corrección, puesto que la diferencia entre L2 y B2 es superior a 10 dB																
------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tr	2,47	2,21	2,25	2,06	1,76	1,63	1,68	1,59	1,57	1,40	1,40	1,44	1,34	1,30	1,27	1,23
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

D (L1-L2)	16,0	14,2	15,0	19,3	15,1	18,6	16,0	17,0	20,2	20,3	21,3	21,4	14,2	16,4	10,6	9,7
-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----

Dnt	22,9	20,7	21,6	25,4	20,6	23,7	21,3	22,0	25,1	24,7	25,8	26,0	18,5	20,5	14,7	13,6
-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

EMISOR																	
L1	Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	P1	87,7	92,8	96,6	96,0	94,5	95,0	90,8	92,4	92,3	93,6	92,8	88,4	85,0	85,9	80,3	76,6
	P2	86,9	96,5	98,4	98,7	92,0	93,6	90,2	91,2	93,2	95,1	92,9	87,8	86,4	85,6	79,6	77,1
	Promedio	87,3	95,0	97,6	97,6	93,4	94,4	90,5	91,8	92,8	94,4	92,9	88,1	85,8	85,8	80,0	76,9

RECEPTOR																	
L2	Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	P5	47,4	53,9	57,6	55,2	49,9	51,7	49,0	50,6	50,2	49,9	47,2	44,8	46,9	44,4	47,6	45,2
	P6	45,7	53,0	56,5	55,2	54,8	51,7	48,2	49,3	48,6	47,6	46,4	44,9	44,5	43,5	45,7	44,5
	Promedio	46,6	53,5	57,1	55,2	53,0	51,7	48,6	50,0	49,5	48,9	46,8	44,9	45,9	44,0	46,8	44,9

RECEPTOR																	
B2	Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	P5	29,7	25,0	20,9	15,5	11,9	11,9	12,6	13,2	8,1	6,3	5,7	8,9	7,1	6,3	7,4	8,4
	P6	31,3	24,0	20,2	17,9	11,9	10,7	16,3	7,2	6,5	5,2	5,9	6,7	6,7	6,2	6,7	7,1
	Promedio	30,6	24,5	20,6	16,9	11,9	11,3	14,8	11,2	7,4	5,8	5,8	7,9	6,9	6,3	7,1	7,8

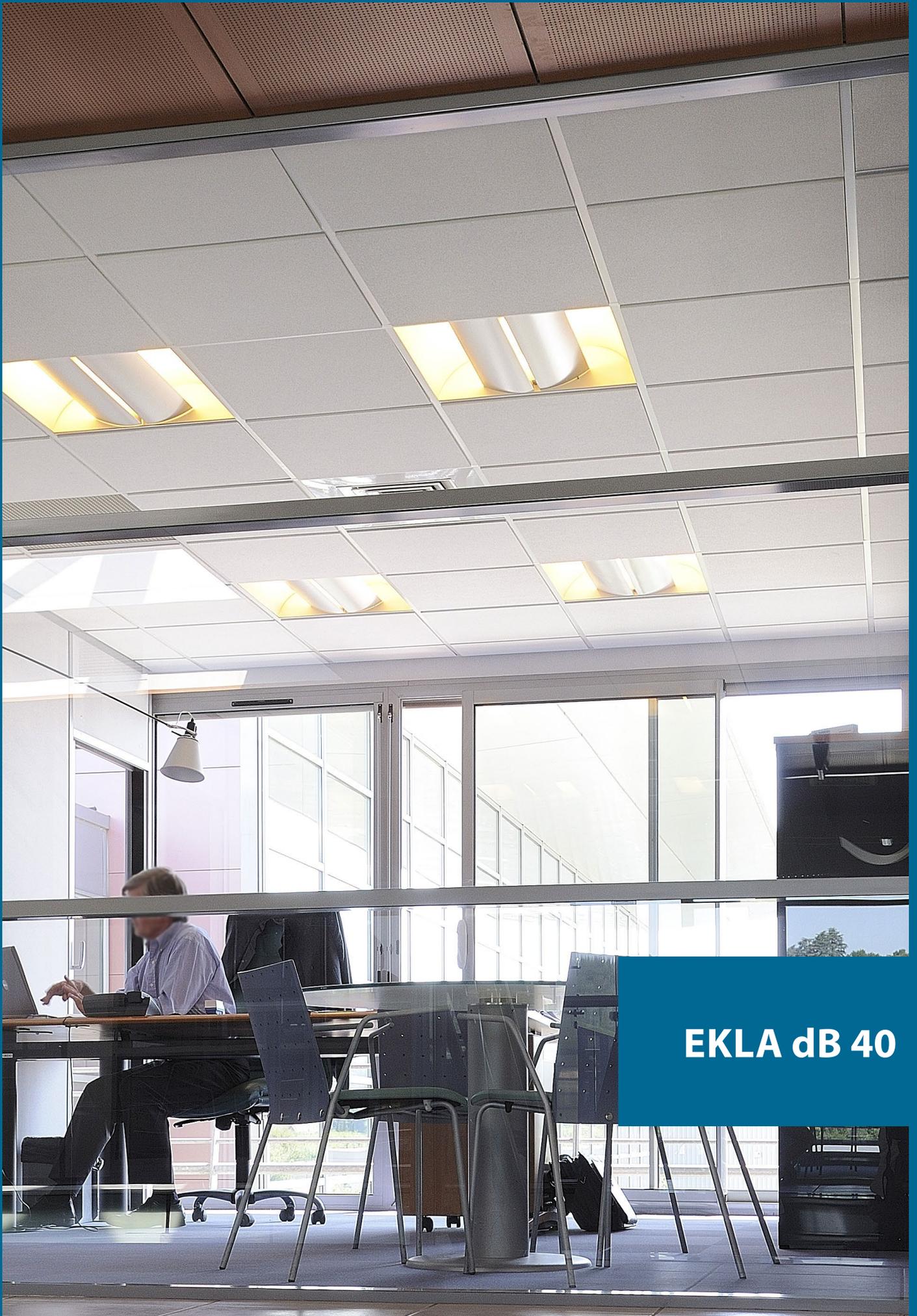
Corrección	No procede a ninguna corrección, puesto que la diferencia entre L2 y B2 es superior a 10 dB																
------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tr	2,47	2,21	2,25	2,06	1,76	1,63	1,68	1,59	1,57	1,40	1,40	1,44	1,34	1,30	1,27	1,23
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

D (L1-L2)	40,7	41,6	40,5	42,4	40,4	42,7	41,9	41,8	43,3	45,5	46,0	43,3	39,9	41,8	33,2	32,0
-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Dnt	47,6	48,0	47,0	48,5	45,9	47,8	47,2	46,9	48,3	50,0	50,5	47,9	44,2	45,9	37,3	35,9
-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Anexo III. Fichas técnicas materiales



EKLA dB 40

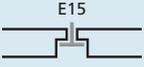
EKLA dB 40

- Mayor aislamiento entre habitaciones además de una absorción acústica de alto nivel
- Superficie lisa y mate con una óptima reflexión de la luz
- Ligera, fácil de instalar, con reacción al fuego de clase A1 y estabilidad dimensional incluso en condiciones de humedad del 100 %

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

- Panel de lana de roca
- Cara visible: velo de superficie lisa pintado de blanco
- Cara posterior: membrana de alto rendimiento
- Cantos pintados

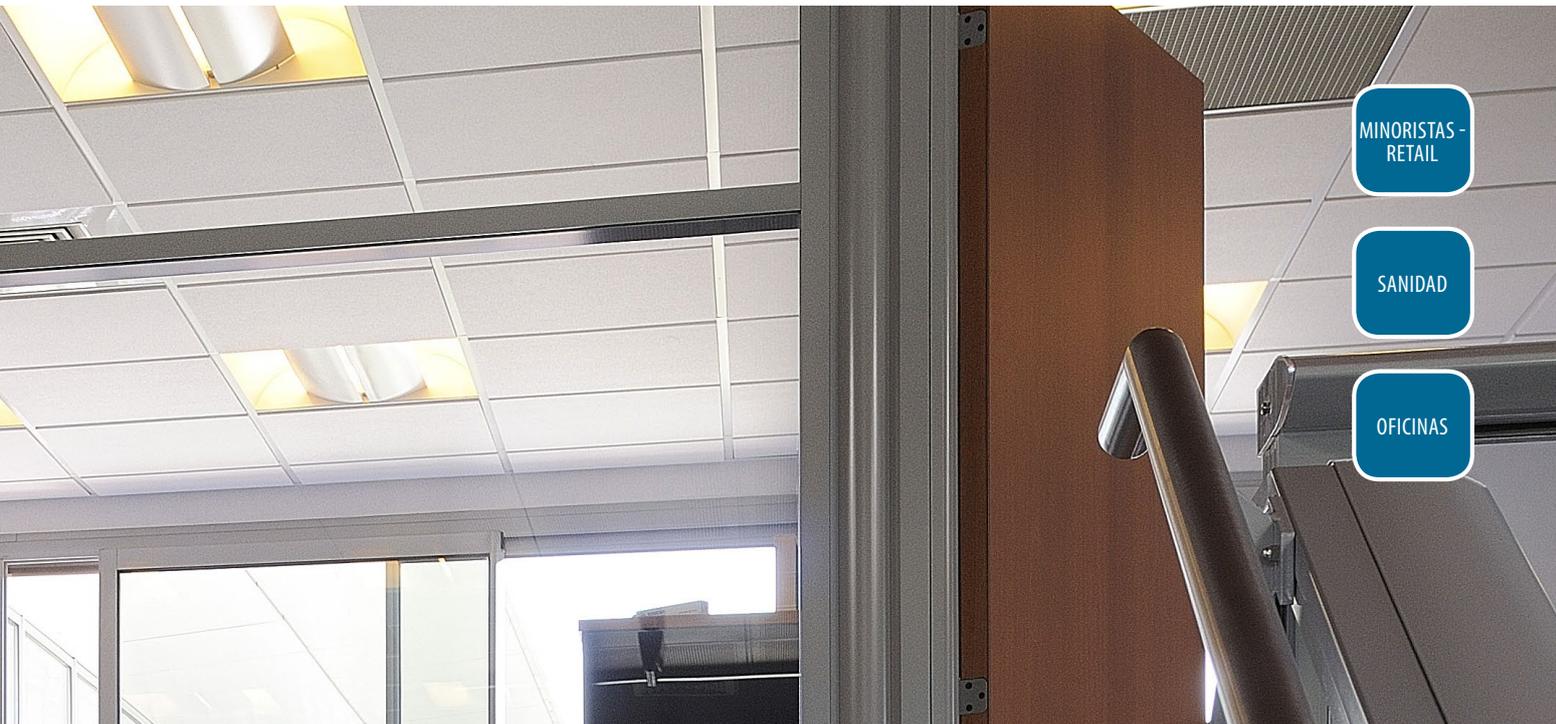
GAMA

Canto	Dimensiones (mm)	Peso por m ²	Sistema de instalación
 A15	600 x 600 x 30	5,0	T15
	675 x 675 x 30	5,0	T15
	1200 x 600 x 30	5,0	T15
 A24	600 x 600 x 30	5,0	T24
	675 x 675 x 30	5,0	T24
	1200 x 600 x 30	5,0	T24
 D/AEX	1350 x 300 x 30*	5,0	T24 + Bandraster
	1350 x 600 x 30*	5,0	T24 + Bandraster
	1500 x 300 x 30*	5,0	T24 + Bandraster
	1500 x 600 x 30*	5,0	T24 + Bandraster
 E15	600 x 600 x 30	5,0	T15 / Juntas abiertas
	675 x 675 x 30	5,0	T15 / Juntas abiertas
	1350 x 300 x 30*	5,0	T15 / Juntas abiertas
	1350 x 600 x 30*	5,0	T15 / Juntas abiertas

Consúltenos para conocer el resto de dimensiones y acabados para cantos disponibles, las cantidades mínimas y los plazos de entrega.

Las dimensiones son modulares con la excepción del canto D/AEX: la primera dimensión corresponde a la longitud exacta en mm elaborada en canto D. La segunda corresponde al ancho exacto de la cara visible elaborada en canto A.

* Consúltenos para conocer cantidades mínimas.



PRESTACIONES



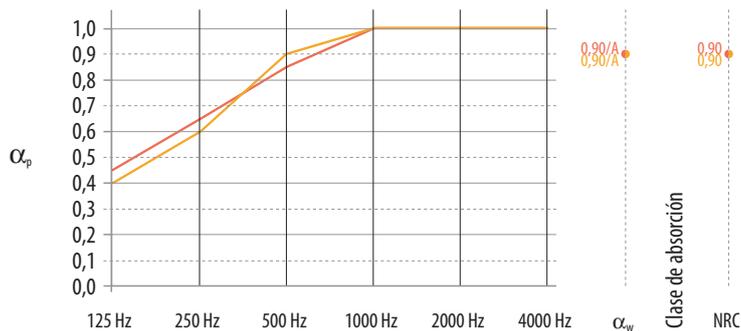
Absorción acústica

$\alpha_w = 0,90$ (Clase A)



Aislamiento acústico entre estancias

$D_{n,f,w} (C;C_{tr}) = 40 (-2;-6)$ dB



Espesor (mm) / Plenum (mm)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	α_w	Clase de absorción	NRC
		0,45	0,65	0,85	1,00	1,00	1,00		
	0,40	0,60	0,90	1,00	1,00	1,00	0,90	A	0,90



Reacción al fuego

A2-s1,d0



Reflexión de la luz

86%



Resistencia a la humedad y estabilidad dimensional

Hasta 100% HR
1/C/0N
2/C/0N : panel de 700 mm de ancho



Mantenimiento

Aspirador



Higiene

La lana de roca no contiene ningún elemento que favorezca el desarrollo de microorganismos.



Medio ambiente

100 % reciclable



Conductividad térmica

$\lambda_D = 37$ mW/mK
Resistencia térmica :
 $R = 0,80$ m²-K/W



Ambiente interior

Una selección de productos
ROCKFON ha obtenido:



Descripción de las prestaciones de los productos ROCKFON



Absorción acústica

La absorción acústica se ha medido conforme la norma ISO 354. Los diversos datos relativos a absorción acústica (α_p , α_w y clase de absorción) cumplen con ISO 11654. La absorción acústica de productos como las islas o los baffles se ha medido de acuerdo con la absorción acústica equivalente expresada en m² por módulos.



Aislamiento acústico entre estancias

El aislamiento acústico entre habitaciones $D_{n,f,w}$ (C;C_{tr}) se ha medido conforme la norma ISO 10848-2.



Aislamiento acústico directo

El índice de reducción acústica R_w (C;C_{tr}) se ha medido conforme la norma ISO 140-3.



Reacción al fuego

La clasificación de reacción al fuego cumple con la norma EN 13501-1.



Protección contra incendios

La lana de roca es un material incombustible, cuyo punto de fusión sobrepasa los 1000 °C. Los productos ROCKFON se componen básicamente de lana de roca. Algunos productos ROCKFON han sido ensayados y clasificados conforme la norma europea EN 13501-2 y/u otras normas nacionales.



Reflexión de la luz

La reflexión de la luz se ha medido según la norma ISO 7724-2.



Resistencia a la humedad y estabilidad dimensional

Los productos ROCKFON son dimensionalmente estables, incluso en condiciones de humedad de hasta un 100%, y pueden instalarse a temperaturas de 0 °C a 40 °C. Se pueden colocar durante las primeras fases de la construcción (antes de que las ventanas sean totalmente herméticas). Su poco peso y su naturaleza no higroscópica y estable minimizan la carga final del techo una vez instalado. Los productos ROCKFON obtienen globalmente la clasificación 1/C/0N conforme la norma EN 13964. Sin embargo, algunas dimensiones modulares (ancho superior a 700 mm) obtienen la clasificación 2/C/0N.



Durabilidad de la superficie

La superficie de algunos productos ROCKFON está tratada de forma especial para promocionar mayor durabilidad y resistencia.



Mantenimiento

Aspirador:

La superficie puede limpiarse con aspirador, utilizando un accesorio de cepillo blando.

Trapo húmedo:

La superficie puede limpiarse con un trapo o una esponja humedecidos en un detergente ligeramente alcalino (pH entre 7 y 9), sin alcohol, amoníaco ni cloro. Esta operación podría dejar la superficie algo más brillante, por lo que recomendamos limpiarla en toda su extensión para un resultado más uniforme.



Higiene

La lana de roca no contiene ningún elemento que favorezca el desarrollo de microorganismos según se ha comprobado conforme a la norma JIS Z 2801:2000 y ASTM C 1338-96:

- Escheria coli
- Staphylocoque
- Staphylocoque resistente a la meticilina (SARM)
- Stachybotrys chartarum
- Penicillium brevicumpactum
- Alternaria tenuissima
- Aspergillus niger
- Sporobolomyces roseus
- Rhodotorula rubra



Salas blancas

La clasificación de emisión de partículas se ha medido conforme la norma ISO 14644-1.



Conductividad térmica

La conductividad térmica de los productos con un espesor \geq 30 mm se mide conforme la norma EN 12667 y se expresa en mW/mK. La resistencia térmica se expresa en m²K/W.



VERTIQ

VERTIQ

- Paneles murales estéticos, duraderos y de elevada absorción acústica
- La variedad de colores, opciones de instalación y tipos de canto disponibles proporcionan una amplia variedad de posibilidades de diseño
- Excelente rendimiento en términos de reacción al fuego y resistencia a la humedad

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

- Panel de lana de roca
- Cara visible: revestimiento tejido duradero
- Cara posterior: contravelo

GAMA

Canto	Dimensiones (mm)	Peso por m ²	Sistema de instalación
 A24	1200 x 1200 x 40 (blanco)	4,8	Sistema T
	2700 x 1200 x 40 (blanco)	4,8	
	1200 x 1200 x 40 (gris oscuro)	4,8	
	2700 x 1200 x 40 (gris oscuro)	4,8	
	1200 x 1200 x 40 (Negro)	4,8	
	2700 x 1200 x 40 (Negro)	4,8	
 A HAT	1200 x 1200 x 40 (blanco)	4,8	Sistema HAT
	2700 x 1200 x 40 (blanco)	4,8	
	1200 x 1200 x 40 (gris oscuro)	4,8	
	2700 x 1200 x 40 (gris oscuro)	4,8	
	1200 x 1200 x 40 (Negro)	4,8	
	2700 x 1200 x 40 (Negro)	4,8	
 C	2400 x 600 x 40 (blanco)	4,8	Sistema Q
	2400 x 600 x 40 (gris oscuro)	4,8	
	2400 x 600 x 40 (Negro)	4,8	

Para otras dimensiones, consúltenos.

Para conocer las cantidades mínimas y los plazos de entrega, consulte la tarifa de precios ROCKFON en www.rockfon.es

Blanco



Gris oscuro



Negro



PRESTACIONES



Resistencia a los impactos

Las prestaciones de resistencia a los impactos de VertiQ, instalado mediante el sistema HAT, han sido probadas por los laboratorios homologados conforme a la norma DIN 18032 Parte 3. Esta clasificación de resistencia a los impactos confirma que el sistema es sostenible.

Los paneles VertiQ C que se instalan mediante el sistema Q son resistentes a impactos de pelotas de balonmano conforme a la norma DIN 18032 Parte 3.

Los paneles VertiQ también resisten a la perforación y a los impactos, según la norma NFP 08-301. Los resultados confirman que los objetos pequeños de un diámetro mayor a 12 mm y los diferentes tipos de balones no causan ningún tipo de degradación evidente y mantiene el aspecto visual intacto.

La resistencia a los impactos de VertiQ A y C es alta, no obstante, se recomienda no utilizarlos en áreas donde hay un nivel de impacto elevado y continuo.



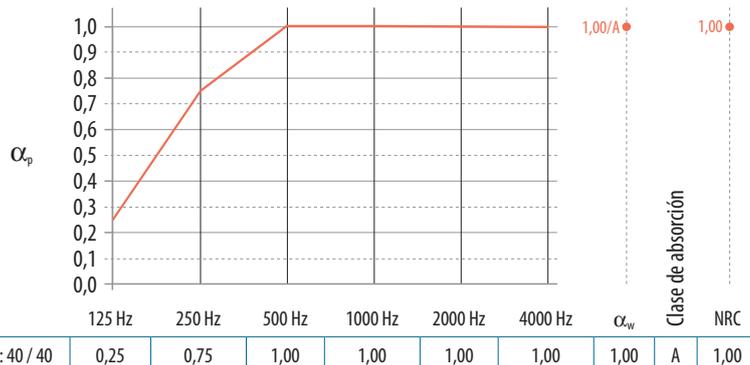
- EDUCACIÓN
- INDUSTRIA
- OFICINAS
- OCIO Y DEPORTE

PRESTACIONES



Absorción acústica

α_w : 1,00 (Clase A)



Reacción al fuego

A2-s1,d0



Reflexión de la luz

Blanco 72 %
Gris 33 %
Negro 5 %



Resistencia a la humedad y estabilidad dimensional

Hasta 100% HR
Resistencia a la corrosión: Los paneles VertiQ instalados según el sistema T o el sistema HAT no deben usarse en piscinas ni exteriores.



Mantenimiento

Aspirador



Higiene

La lana de roca no contiene ningún elemento que favorezca el desarrollo de microorganismos.



Medio ambiente

100 % reciclable



Ambiente interior

Una selección de productos ROCKFON ha obtenido:



Descripción de las prestaciones de los productos ROCKFON



Absorción acústica

La absorción acústica se ha medido conforme la norma ISO 354. Los diversos datos relativos a absorción acústica (α_p , α_w y clase de absorción) cumplen con ISO 11654. La absorción acústica de productos como las islas o los baffles se ha medido de acuerdo con la absorción acústica equivalente expresada en m² por módulos.



Aislamiento acústico entre estancias

El aislamiento acústico entre habitaciones $D_{n,f,w}$ (C;C_{tr}) se ha medido conforme la norma ISO 10848-2.



Aislamiento acústico directo

El índice de reducción acústica R_w (C;C_{tr}) se ha medido conforme la norma ISO 140-3.



Reacción al fuego

La clasificación de reacción al fuego cumple con la norma EN 13501-1.



Protección contra incendios

La lana de roca es un material incombustible, cuyo punto de fusión sobrepasa los 1000 °C. Los productos ROCKFON se componen básicamente de lana de roca. Algunos productos ROCKFON han sido ensayados y clasificados conforme la norma europea EN 13501-2 y/u otras normas nacionales.



Reflexión de la luz

La reflexión de la luz se ha medido según la norma ISO 7724-2.



Resistencia a la humedad y estabilidad dimensional

Los productos ROCKFON son dimensionalmente estables, incluso en condiciones de humedad de hasta un 100%, y pueden instalarse a temperaturas de 0 °C a 40 °C. Se pueden colocar durante las primeras fases de la construcción (antes de que las ventanas sean totalmente herméticas). Su poco peso y su naturaleza no higroscópica y estable minimizan la carga final del techo una vez instalado. Los productos ROCKFON obtienen globalmente la clasificación 1/C/0N conforme la norma EN 13964. Sin embargo, algunas dimensiones modulares (ancho superior a 700 mm) obtienen la clasificación 2/C/0N.



Durabilidad de la superficie

La superficie de algunos productos ROCKFON está tratada de forma especial para promocionar mayor durabilidad y resistencia.



Mantenimiento

Aspirador:

La superficie puede limpiarse con aspirador, utilizando un accesorio de cepillo blando.

Trapo húmedo:

La superficie puede limpiarse con un trapo o una esponja humedecidos en un detergente ligeramente alcalino (pH entre 7 y 9), sin alcohol, amoníaco ni cloro. Esta operación podría dejar la superficie algo más brillante, por lo que recomendamos limpiarla en toda su extensión para un resultado más uniforme.



Higiene

La lana de roca no contiene ningún elemento que favorezca el desarrollo de microorganismos según se ha comprobado conforme a la norma JIS Z 2801:2000 y ASTM C 1338-96:

- Escheria coli
- Staphylocoque
- Staphylocoque resistente a la meticilina (SARM)
- Stachybotrys chartarum
- Penicillium brevicumpactum
- Alternaria tenuissima
- Aspergillus niger
- Sporobolomyces roseus
- Rhodotorula rubra



Salas blancas

La clasificación de emisión de partículas se ha medido conforme la norma ISO 14644-1.



Conductividad térmica

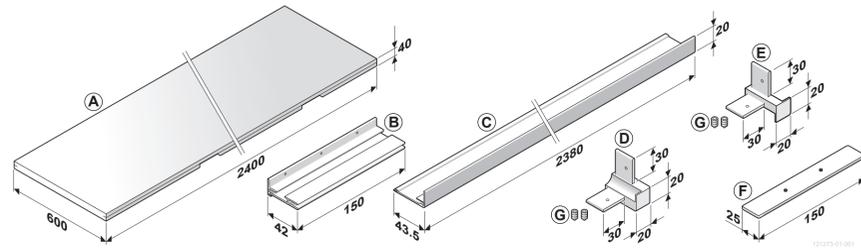
La conductividad térmica de los productos con un espesor \geq 30 mm se mide conforme la norma EN 12667 y se expresa en mW/mK. La resistencia térmica se expresa en m²K/W.

Guía de instalación – VertiQ C en Sistema Q

¡Atención! Lea atentamente esta guía antes de empezar la instalación.

¡Atención! Compruebe que los soportes sean lisos y planos. Para instalación directa sobre el suelo, asegúrese de que sea horizontal y plano. Realice los trabajos de alisado y pulido antes de instalar el sistema. En caso necesario, coloque cuñas para compensar las diferencias de nivel.

¡Atención! Los soportes sobre los que instale los paneles murales deben estar limpios y secos.



Componentes del sistema

A. Panel mural VertiQ C, 2400 x 600 x 40 mm

B. Arandela de fijación, 150 x 42 x 19 mm (aluminio)

C. Perfil perimétrico, 2380 x 43,5 x 20 mm (aluminio anodizado)

D. Ángulo de entrada, 43,5 x 20 x 20 mm (aluminio anodizado)

E. Ángulo de salida, 43,5 x 20 x 20 mm (aluminio anodizado)

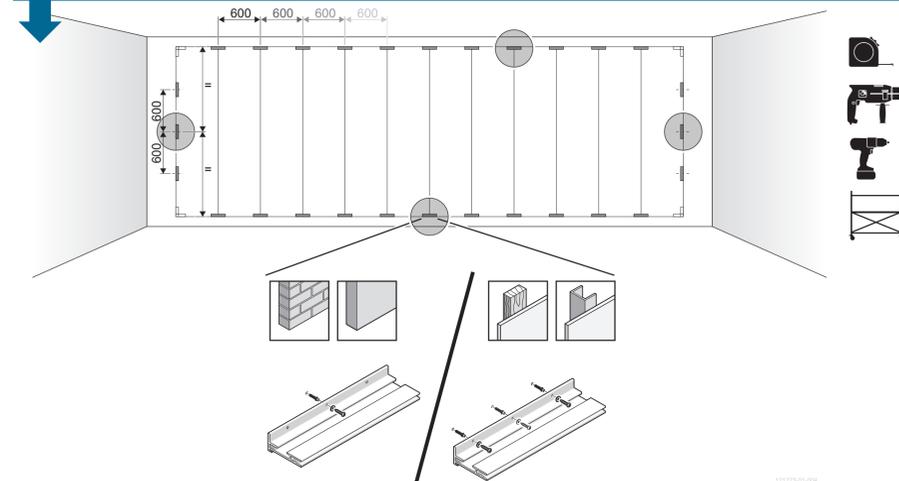
F. Conexión Sistema Q, 150 x 25 x 2 mm (aluminio)

G. Tornillo de sujeción, M4 x 5 mm

Rockfon®

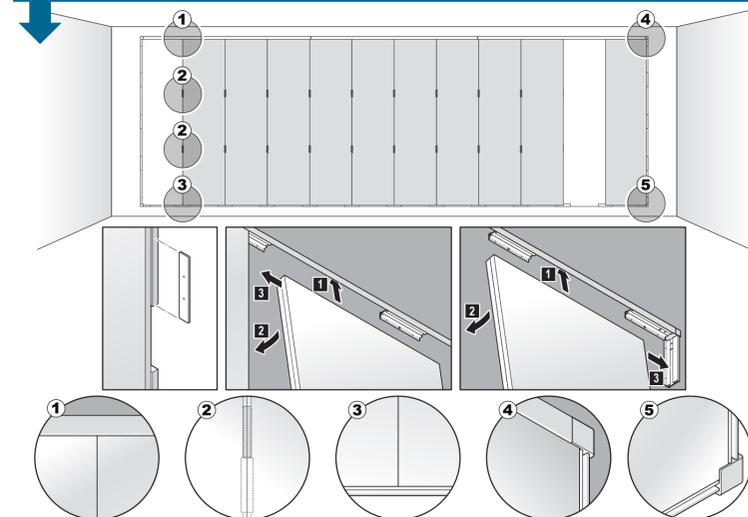
CREATE AND PROTECT®

3. Instalación de las arandelas de fijación restantes



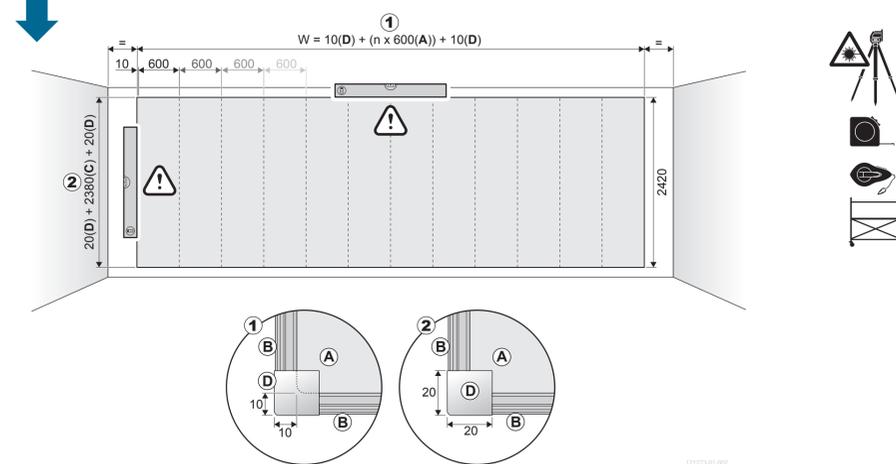
¡Atención! Para fijar los distintos elementos, utilice tornillos adecuados para el tipo de soporte.

6. Colocación de los paneles de la sección principal



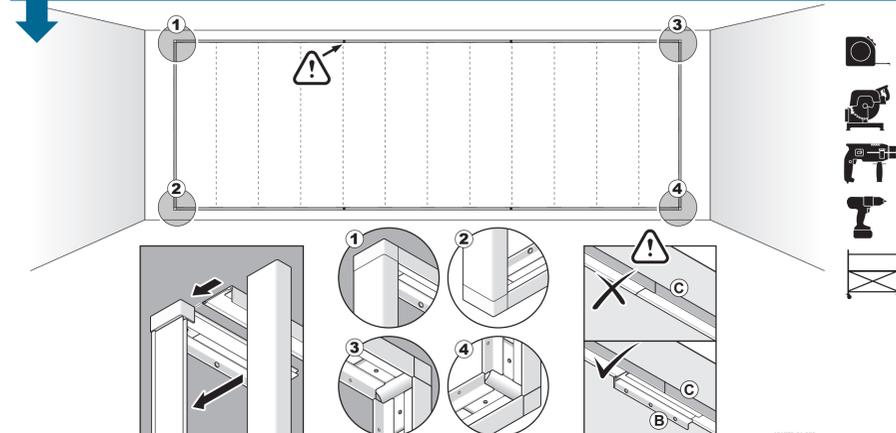
¡Atención! Para asegurar una colocación sólida y sin resalto sobre toda la superficie del soporte, deben utilizarse las conexiones del Sistema Q, que bloquean los paneles entre sí. Introduzca una conexión del Sistema Q en la hendidura situada detrás del canto del panel. Utilice dos conexiones del Sistema Q en cada panel; esto facilitará el desmontaje panel por panel, en caso necesario.

1. Preparación del soporte



Para instalaciones sin apoyo de los paneles sobre el suelo, es aconsejable colocar, entre el perfil perimétrico inferior y el suelo, un zócalo o cualquier otro elemento resistente al desgaste y los arañazos. De esta forma se reducen los daños causados por marcas de zapatos, maletas, aspiradoras, etc.

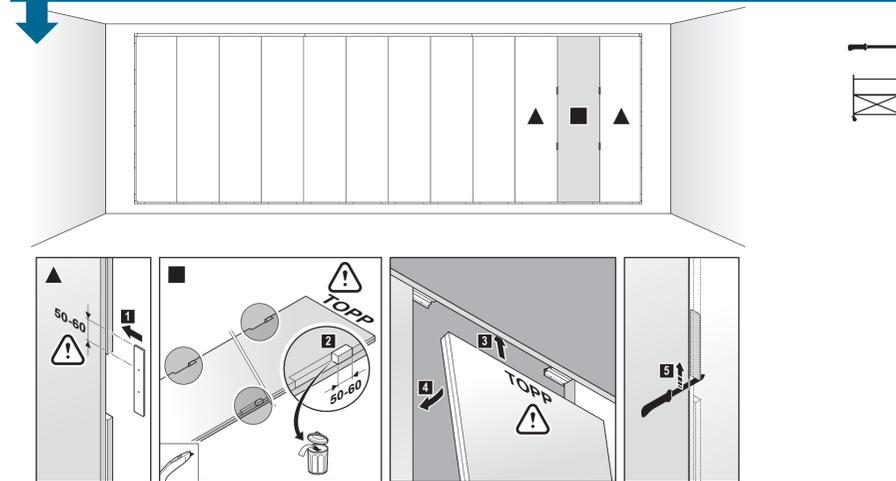
4. Instalación de perfiles perimétricos – Comprobación del alineamiento



¡Atención! Para garantizar un alineamiento correcto del conjunto de la estructura, instale cada perfil perimétrico (C) con una arandela de fijación (B). Si es necesario, corrija el alineamiento de la estructura. Cuando todos los elementos estén en su lugar, retire los perfiles perimétricos instalados sobre los laterales y la parte inferior (C), pero deje los perfiles de la parte superior donde están, con sus correspondientes arandelas de fijación. La estructura estará lista para la colocación de los paneles murales.

⚠ Es importante asegurarse de que cada pata de fijación coincida exactamente con cada junta de los perfiles perimétricos.

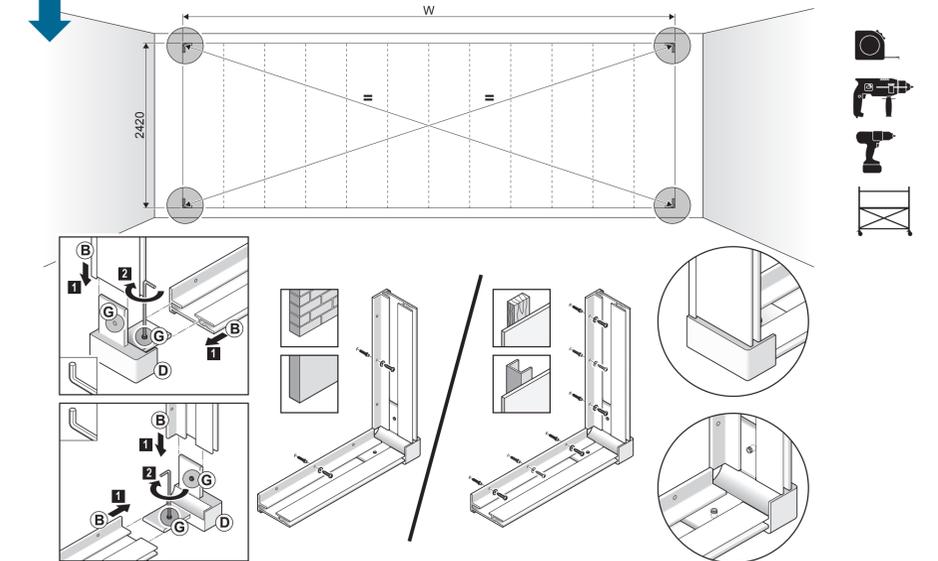
7. Instalación del último panel



¡Atención! Utilice un cúter para agrandar la hendidura unos 50-60 mm, hacia la parte superior del panel, en cada una de las hendiduras (hay 4).

¡Atención! Para finalizar, asegure la fijación de todo el conjunto del sistema. Para ello, deslice cada una de las 4 conexiones del Sistema Q hacia la parte superior del panel, con la ayuda de un cuchillo.

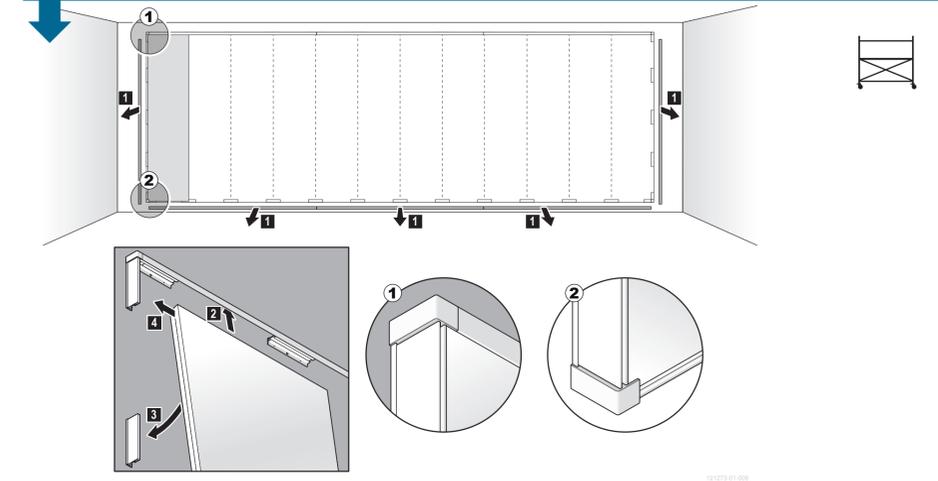
2. Montaje e instalación de los ángulos entrantes y las arandelas de fijación (2 para cada ángulo)



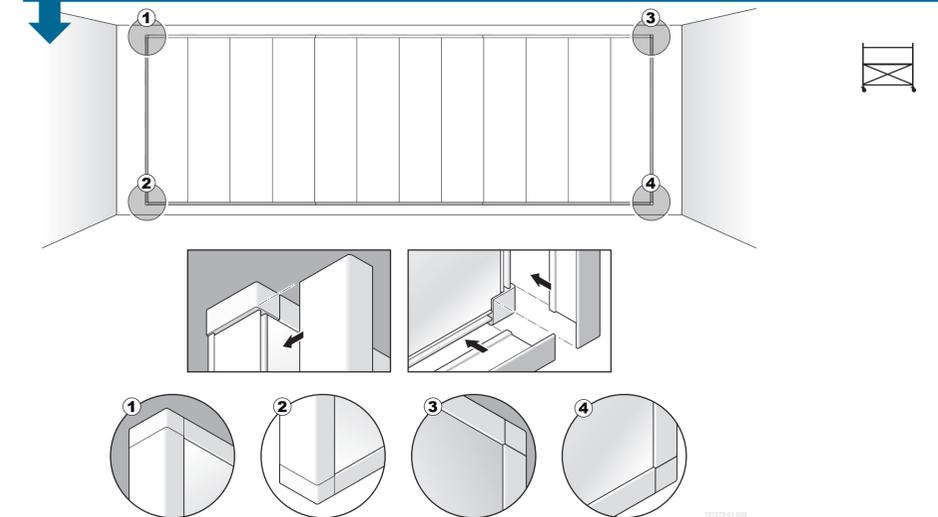
¡Atención! Asegúrese de que el soporte de montaje sea perfectamente rectangular: las diagonales deben tener la misma longitud.

¡Atención! Utilice tornillos adecuados al tipo de soporte para fijar los distintos elementos. Compruebe a continuación que todo esté correctamente fijado.

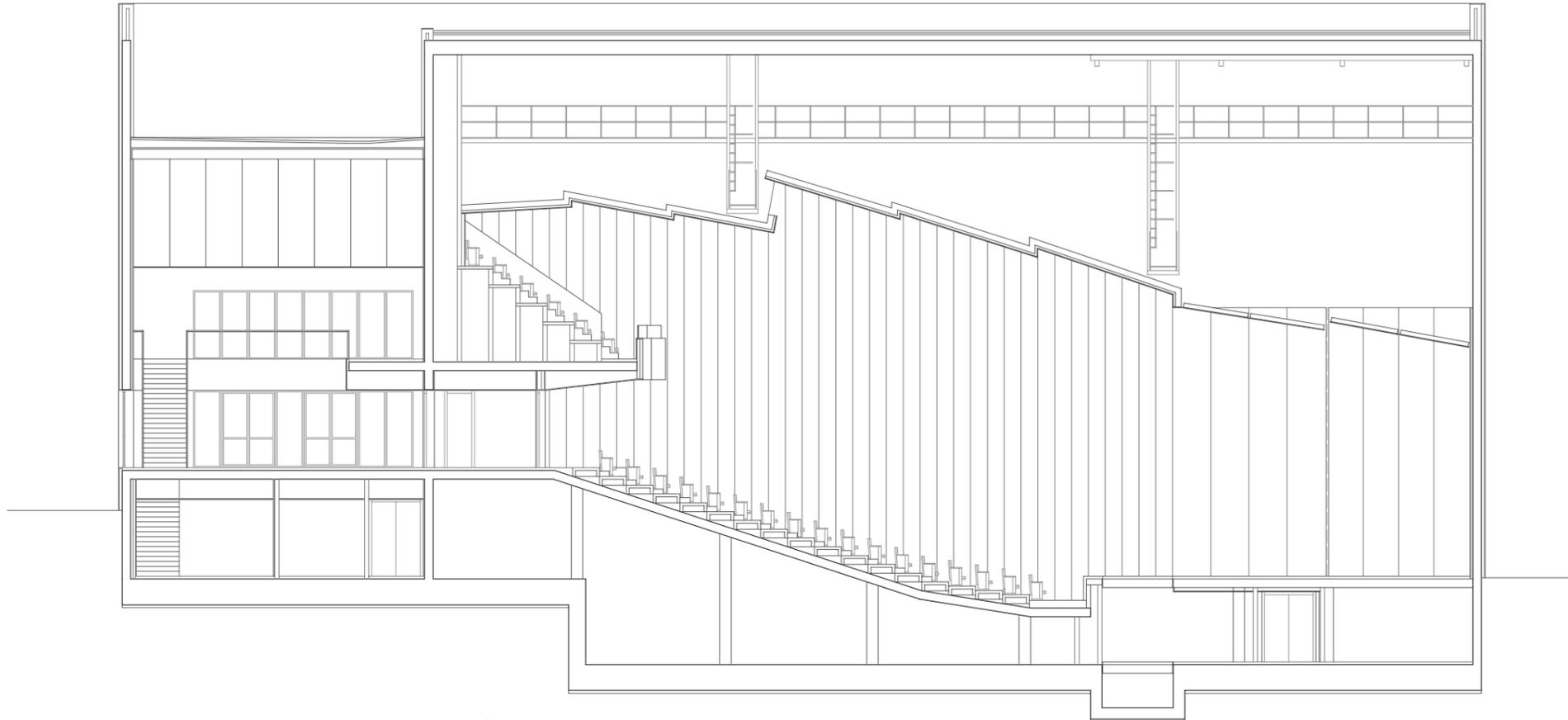
5. Instalación del primer panel mural (por la izquierda)



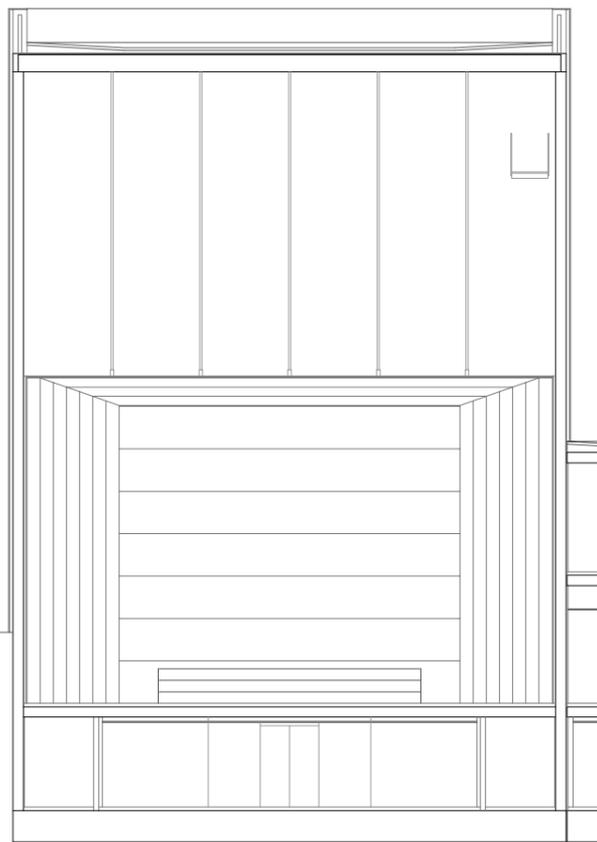
8. Instalación de todos los perfiles perimétricos a izquierda, derecha y en la parte inferior



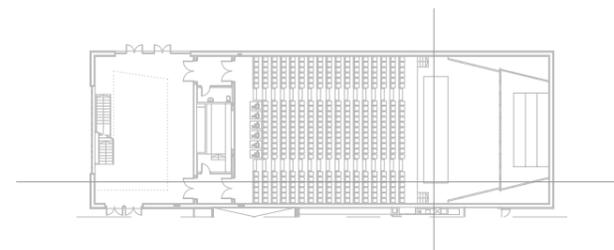
Anexo IV. Planos



SECCIÓN LONGITUDINAL



SECCIÓN TRANSVERSAL



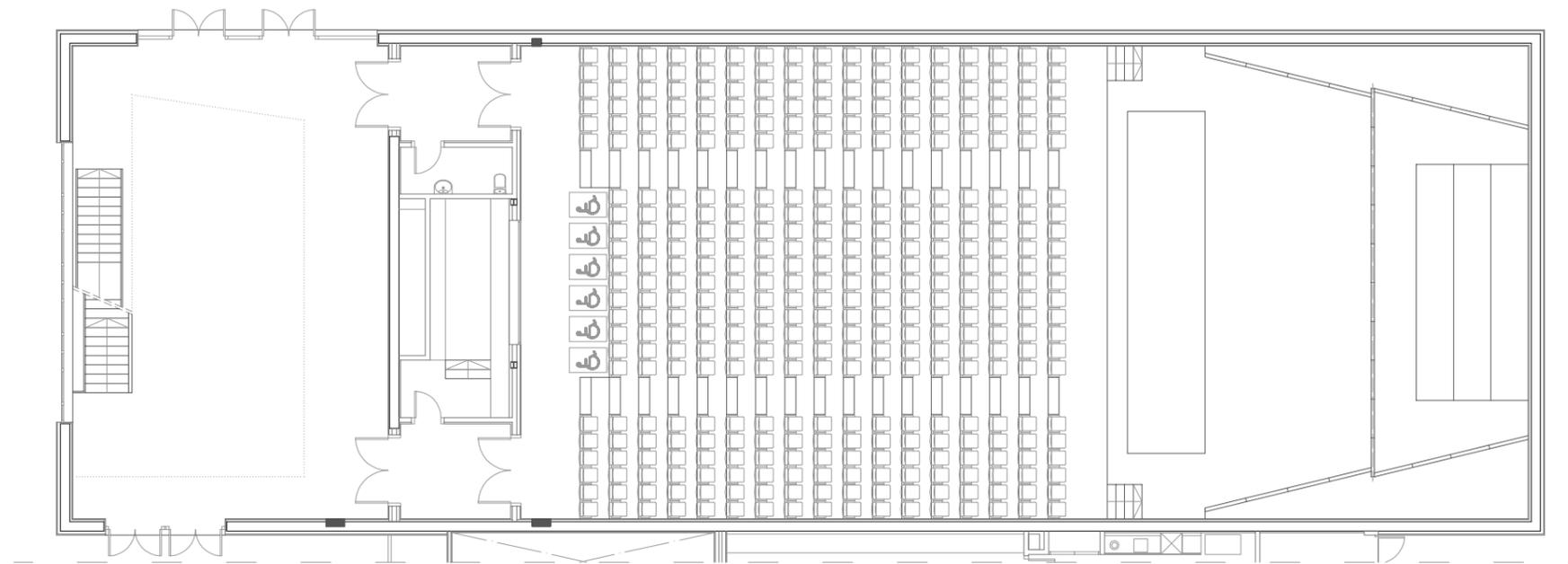
plano nº (↓ = v/8)

E 1:200

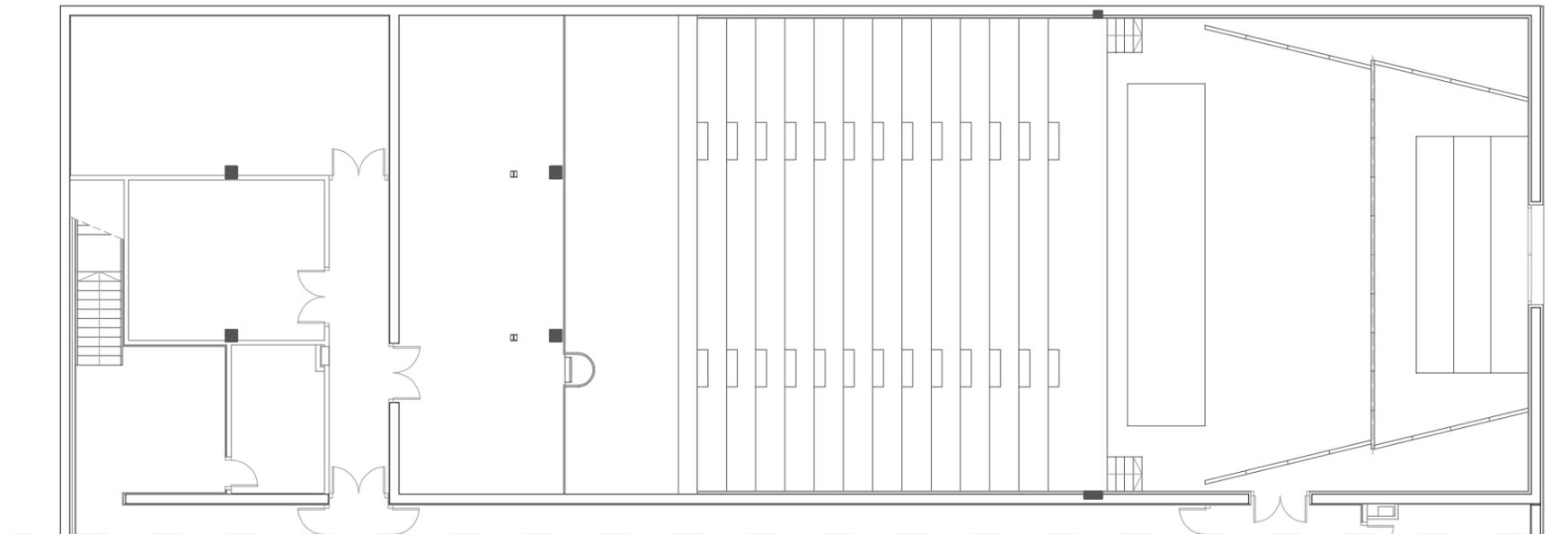
ESTUDIO ACUSTICO
CONSERVATORIO SUPERIOR
DE MUSICA DE VALENCIA
JOAQUIN RODRIGO

autor • NOGUERA CUENCA SILVIA
tutor • GOMEZ LOZANO VICENTE
TRABAJO FINAL DE GRADO
2014-2015





PLANTA BAJA

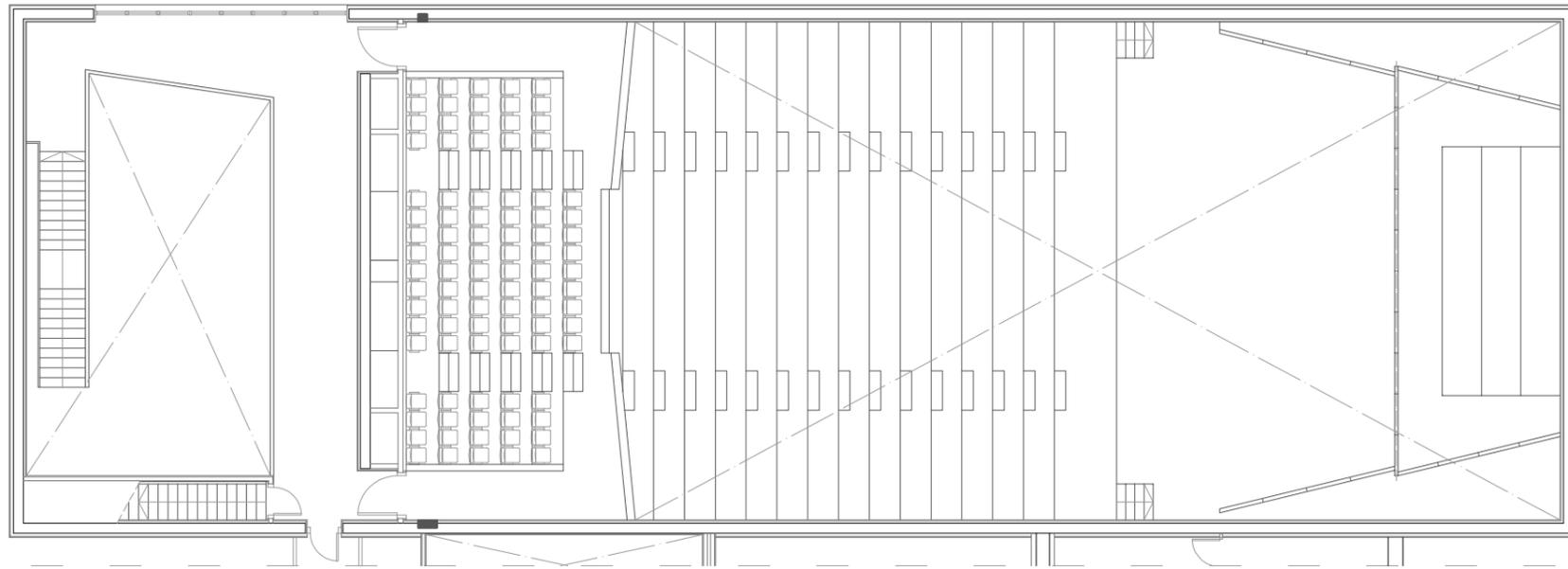


PLANTA SEMISÓTANO

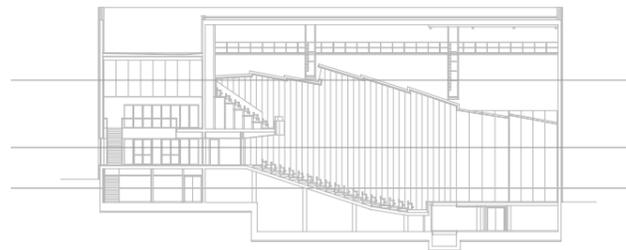
plano nº (↓ = 2/8)

E 1:200

	2	ESTUDIO ACUSTICO CONSERVATORIO SUPERIOR DE MUSICA DE VALENCIA JOAQUIN RODRIGO
	4	
	autor • NOGUERA CUENCA SILVIA tutor • GOMEZ LOZANO VICENTE TRABAJO FINAL DE GRADO 2014-2015	



PRIMERA ALTURA



plano nº (J = 3/8)

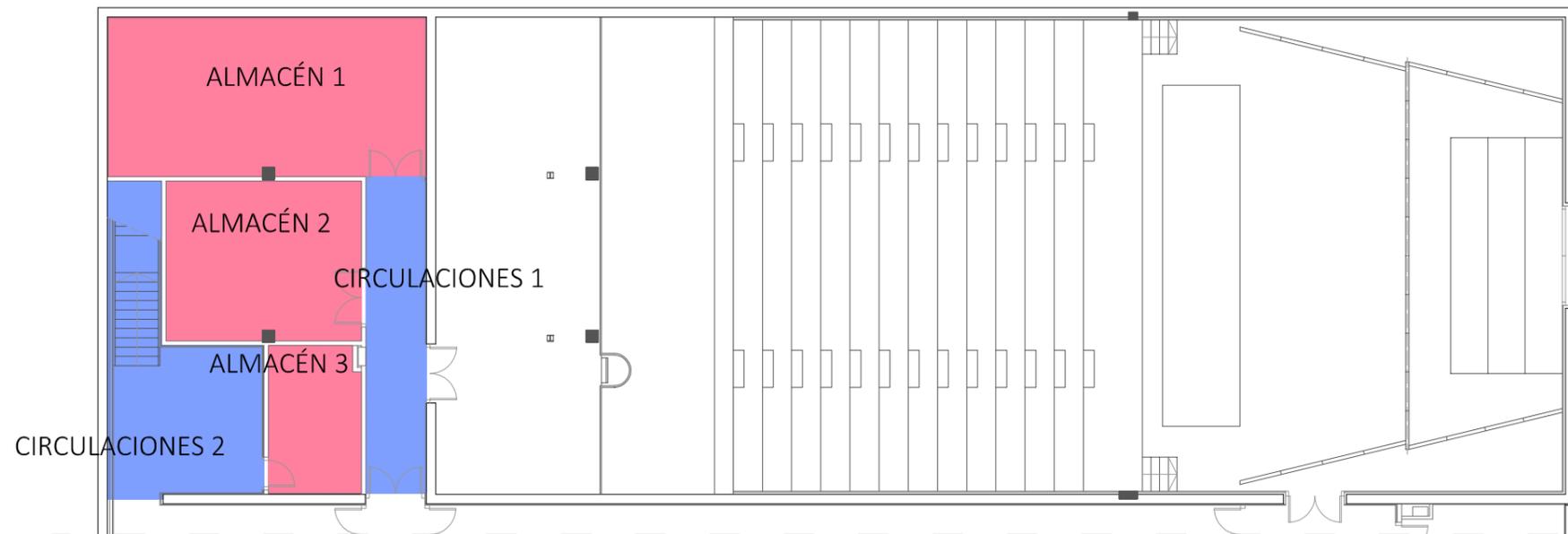
E 1:200

ESTUDIO ACUSTICO
CONSERVATORIO SUPERIOR
DE MUSICA DE VALENCIA
JOAQUIN RODRIGO

autor • NOGUERA CUENCA SILVIA
tutor • GOMEZ LOZANO VICENTE
TRABAJO FINAL DE GRADO
2014-2015



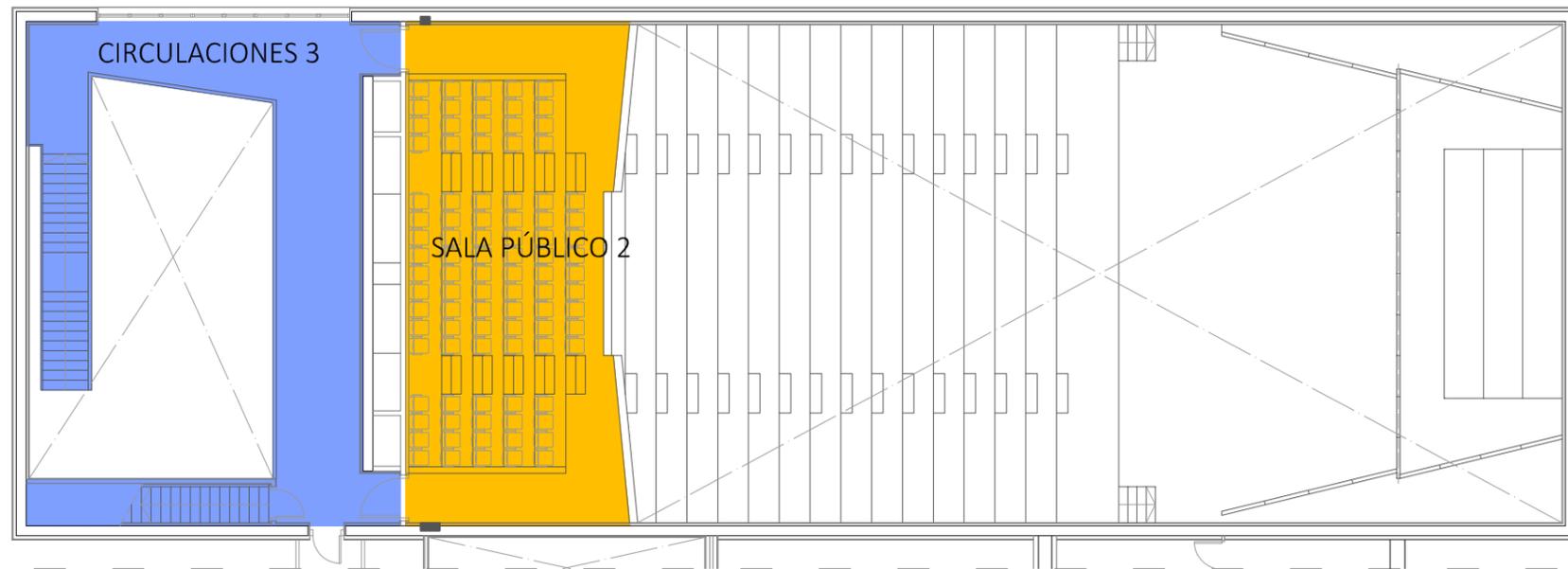
PLANTA BAJA



PLANTA SEMISÓTANO

plano nº (↓ = 4/8) E 1:200

}	2	4	ESTUDIO ACUSTICO
	4		CONSERVATORIO SUPERIOR DE MÚSICA DE VALENCIA JOAQUIN RODRIGO
:	autor	• NOGUERA CUENCA SILVIA	
:	tutor	• GOMEZ LOZANO VICENTE	
			TRABAJO FINAL DE GRADO
			2014-2015



PRIMERA ALTURA

plano nº (J = 5/8)

E 1:200

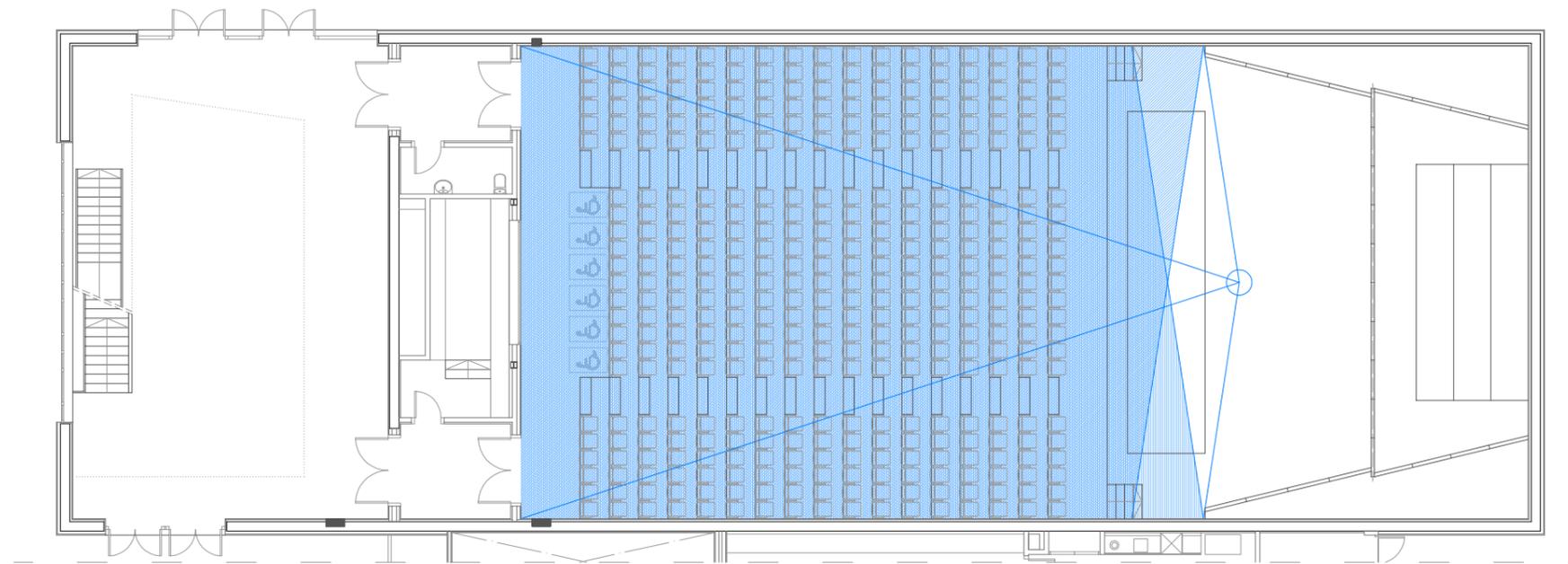
		ESTUDIO ACUSTICO CONSERVATORIO SUPERIOR DE MUSICA DE VALENCIA JOAQUIN RODRIGO
	autor • NOGUERA CUENCA SILVIA tutor • GOMEZ LOZANO VICENTE TRABAJO FINAL DE GRADO 2014-2015	



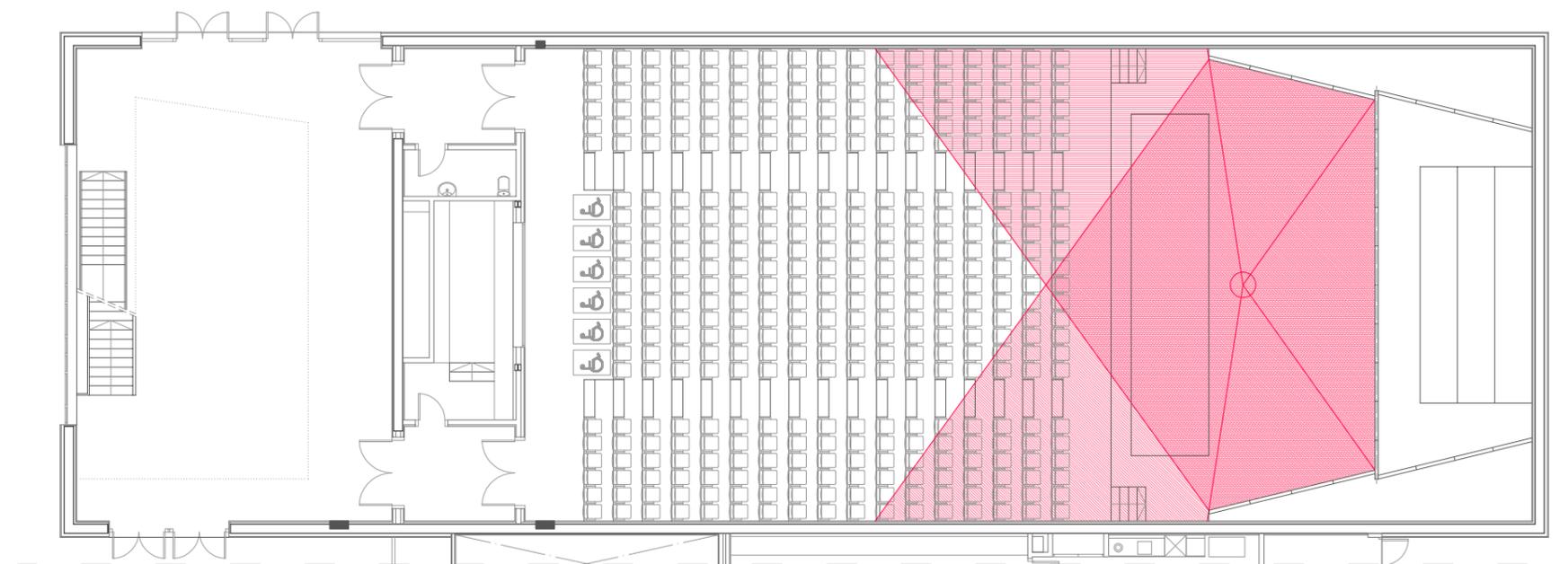
SECCIÓN LONGITUDINAL

plano nº (↓ = 6/8) E 1:200

ESTUDIO ACUSTICO CONSERVATORIO SUPERIOR DE MUSICA DE VALENCIA JOAQUIN RODRIGO	autor • NOGUERA CUENCA SILVIA
	tutor • GOMEZ LOZANO VICENTE
TRABAJO FINAL DE GRADO 2014-2015	



PLANTA BAJA - REFLEXIONES SALA

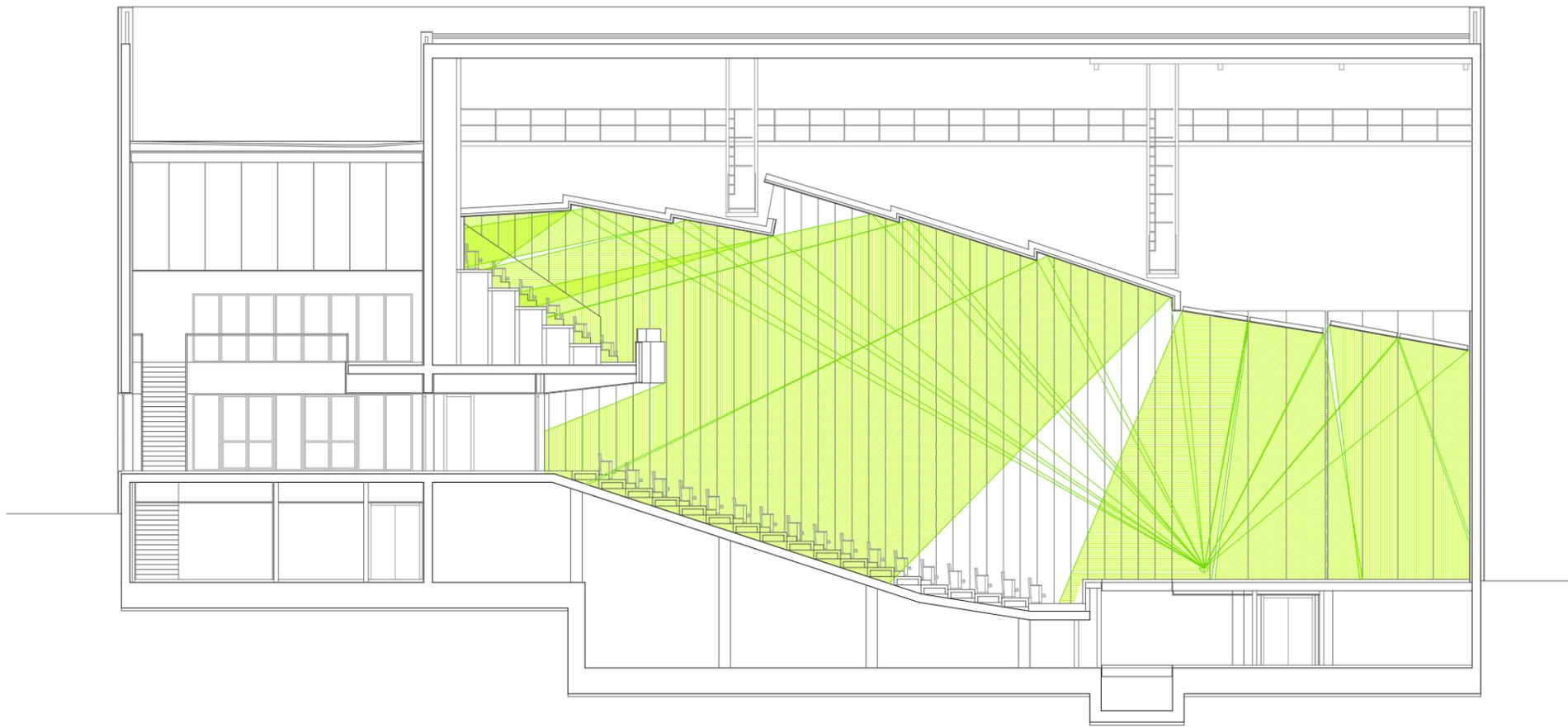


PLANTA BAJA - REFLEXIONES ESCENARIO

plano nº (J = 7/8)

E 1:200

		ESTUDIO ACUSTICO CONSERVATORIO SUPERIOR DE MUSICA DE VALENCIA JOAQUIN RODRIGO
		autor • NOGUERA CUENCA SILVIA tutor • GOMEZ LOZANO VICENTE TRABAJO FINAL DE GRADO 2014-2015



SECCIÓN LONGITUDINAL

plano nº (↓ = 8/8)

E 1:200

ESTUDIO ACUSTICO CONSERVATORIO SUPERIOR DE MUSICA DE VALENCIA JOAQUIN RODRIGO	2
	4
autor • NOGUERA CUENCA SILVIA tutor • GOMEZ LOZANO VICENTE TRABAJO FINAL DE GRADO 2014-2015	