

DISEÑO ACÚSTICO DE LA SALA PROMOCIÓN DEL CSI-IDEA EN ALHAURÍN DE LA TORRE (MÁLAGA)

PACS: 43.55 Fw

Atienza Jiménez, Pablo J.¹; Blázquez Martín, Juan M.²;
1 Arquitecto. Evaluador acreditado del Green Building Council España.
C/ Trinidad Grund 4, planta 7-3. 29001 Málaga
Tel: (0034) 666 474304
E-mail: pabloatienza@atiencia-arq.com
2 Arquitecto. Máster en Ingeniería Acústica.
C/ Espíritu Santo 18 Bajo. 11.500 El Puerto de Santa María (Cádiz)
Tel: (0034) 687 911490
E-mail: info@juanblazquez.es

ABSTRACT

The design of the Promotion Space of the CSI-IDEA building in Alhaurín de la Torre (Málaga) is conceived as an open space of rectangular plant 44,00m x 28,50m, covered by a dome that reaches 12,20m high and encloses a volume of 12.500m³. The intended use of the room is a multipurpose space where the oral message has a predominant use to the musical. To achieve the desired acoustic comfort and proper speech intelligibility in an initial geometry so unfavorable, absorbent materials have been used to allow the reverberation time be sufficiently low.

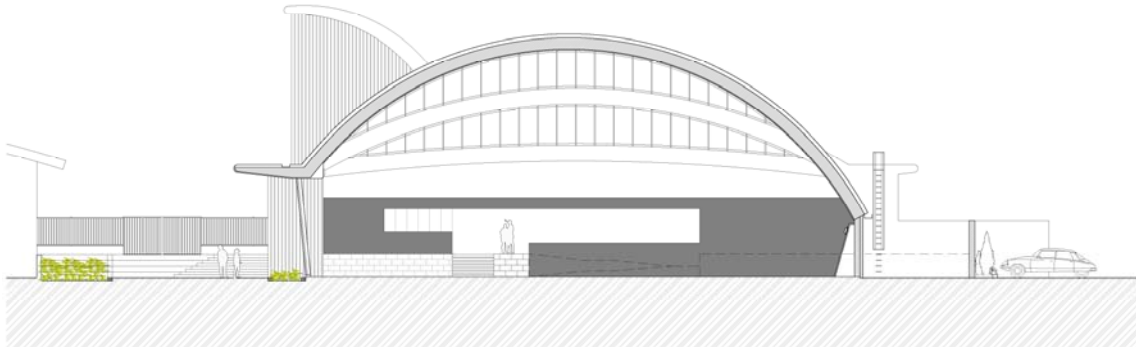
RESUMEN

El diseño de la Sala Promoción del CSI-IDEA en Alhaurín de la Torre (Málaga) se concibe como un espacio diáfano de planta rectangular de 44,50m x 28,50m, cubierto por una bóveda que alcanza los 12,20m de altura y encierra un volumen de 12.500m³. El uso previsto para la Sala es de espacio polivalente donde el mensaje oral tiene un uso predominante sobre el musical. Para conseguir el confort acústico deseado y una correcta inteligibilidad de la palabra en una geometría inicial tan desfavorable, se ha realizado un tratamiento con materiales absorbentes que han permitido que el tiempo de reverberación sea suficientemente bajo.

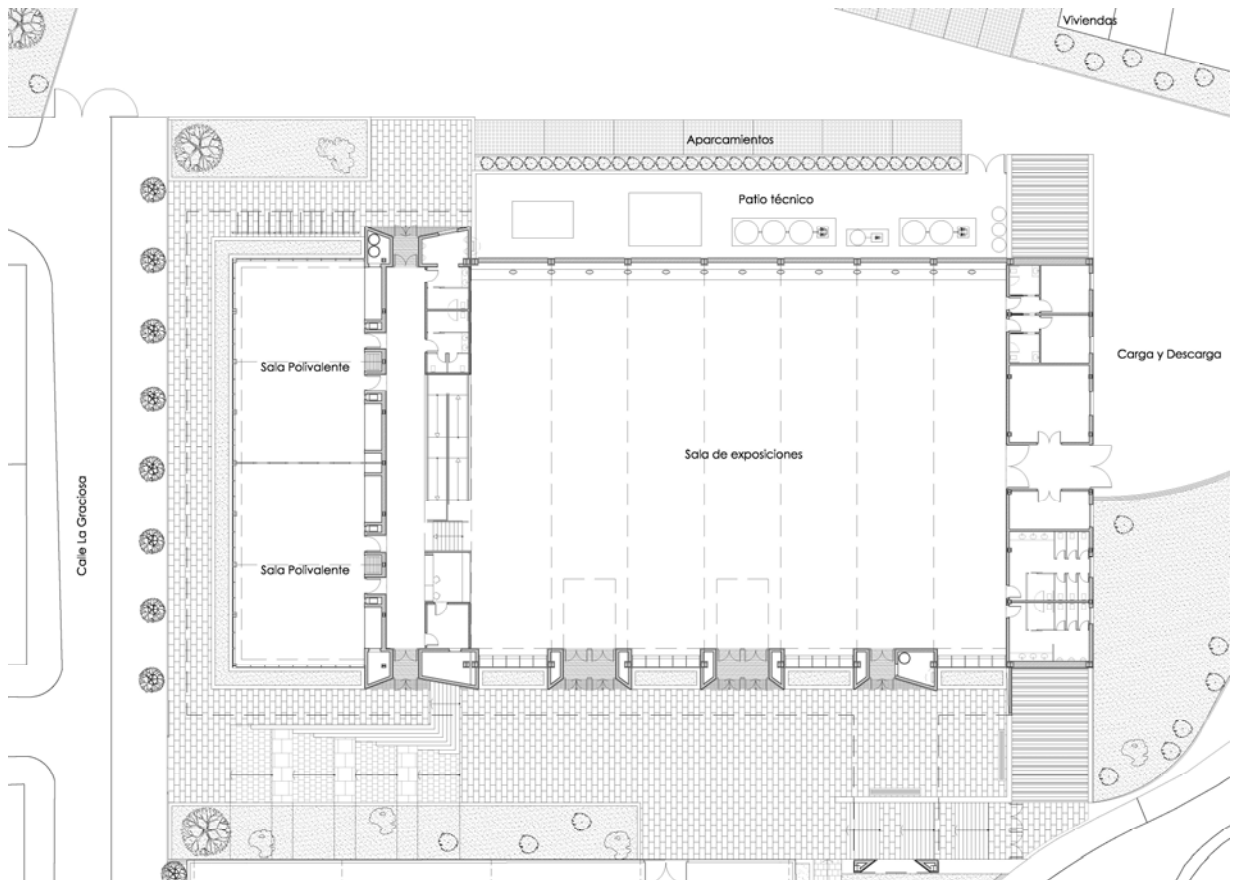


INTRODUCCIÓN

La sala principal del edificio tiene una planta rectangular de 38,50m de largo y 28,50m de ancho con un espacio acoplado que prolonga la sala en longitud 6m. La cubierta tiene forma abovedada por requisito proyectual. En el extremo Este arranca con 5,20m de altura hasta alcanzar los 12,20m en su punto más alto y bajar a 2,90m en el extremo Oeste. En el lado Este, la cubierta cuenta con dos elementos a modo de grandes ventanales que se elevan 8,00m sobre el extremo oeste con un ancho de 5,5m. El volumen de la sala es de 12.500m³. La Sala se dedicará predominantemente para la transmisión del mensaje oral y es expreso deseo del cliente obtener un espacio lo más “sordo” posible.



Sección de la Sala Principal



Planta General del Edificio

- Ecos y focalizaciones

Tanto la aparición de ecos, focalizaciones del sonido y ecos flotantes son anomalías que van en detrimento del confort acústico de la sala y contribuyen a la pérdida de inteligibilidad de la palabra. La forma convexa de la bóveda que cubre la sala principal es una decisión proyectual pese a no ser una geometría ideal para un recinto óptimo a nivel acústico. Para atenuar el posible efecto se ha revestido la bóveda con una solución absorbente consistente en un falso techo de chapa perforada con lana mineral en la cámara. Para prevenir la aparición de eco flotante se ha inclinado los paramentos este y oeste que están enfrentados y se ha dispuesto un revestimiento absorbente en el paramento oeste consistente en paneles de madera perforada de SPIGOACUSTIC con lana mineral en la cámara.

- Inteligibilidad de la palabra

El objetivo respecto a la comprensión de un mensaje oral es que la inteligibilidad de la palabra sea aceptable / buena (*fair/good*). Para evaluar este parámetro determinaremos el índice RASTI (*Rapid Speech Transmission Index*). La comprensión de un mensaje oral dentro de un recinto depende fundamentalmente de la correcta percepción de sus consonantes. Un tiempo de reverberación alto, provoca que el decaimiento energético de una vocal sea más lento y se solape con la consonante emitida inmediatamente después, enmascarándola y provocando una pérdida de inteligibilidad en la sala. Este parámetro dependerá por tanto del tiempo de reverberación de la sala, así como de la diferencia de niveles de presión sonora de campo directo y campo reverberante en un punto y del ruido de fondo.

M.2 Características acústicas de la envolvente

La envolvente de la sala está formada por las siguientes soluciones constructivas en función de ubicación;

CUBIERTA: .- Cubierta chapa sándwich.

Esta compuesta por: una chapa de acero de 0,7mm precurvado galvanizado, sándwich acústico formado por 1 capa de aislante lana mineral de 40mm de alta densidad, 1 membrana acústica de 4 mm y 1 capa de aislante lana mineral de 40mm de alta densidad y chapa de terminación de 0,7mm precurvada. El índice global de reducción acústica, ponderado A del sistema es de $R_a=46,7$ dBA.

CERRAMIENTOS: Existen varios tipos de cerramiento;

- 1.- Muro cortina y paños acristalados en la sala.

Compuesto por perfilería de aluminio o acero en función de la zona y acristalado todos ellos con doble acristalamiento de espesor total 36 mm, formado por un vidrio laminado acústico y de seguridad de 8 mm. de espesor (4+4) con butiral acústico y vidrio laminado acústico y de seguridad y de control solar 12 mm de espesor (6+6) con butiral acústico y control solar repartidos según planos de proyecto. Cámara de aire deshidratado de 12 mm con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral con silicona. El índice global de reducción acústica del sistema es $R_w = 45$ (-2, -6) dB

- 2.- Vestíbulos previos de acceso.

Todos los accesos al edificio disponen de vestíbulos acústicos formados por dobles carpinterías de aluminio acristaladas con vidrio laminar acústico y de seguridad compuesto por dos vidrios de 5 mm de espesor unidos mediante lámina de butiral de polivinilo acústico. El índice global de reducción acústica del vidrio tanto de la hoja interior como el de la hoja exterior es $R_w = 38$ (-1, -2) dB. El vestíbulo dispone de un falso techo absorbente ejecutado con chapa metálica perforada y material absorbente en la cámara. El índice global de reducción acústica del sistema es $R_w = 42$ (-1, -2) dB.

- 3.- Fachada ciega a Noroeste.

Ejecutado con fábrica de bloques huecos de hormigón gris estándar de 40x20x30 cm. recibidos con mortero de cemento CEM II/B-M 32,5 N y arena de río M-5, rellenos de hormigón de 330 kg. de cemento/m³. de dosificación y armadura según normativa y enfoscado exteriormente con mortero de cemento maestreado y fratasado M-10. El índice global de reducción acústica del sistema es $R_w = 52$ (-1, -4) dB.

M.3 Características acústicas de los revestimientos interiores

Las características acústicas de los revestimientos interiores son fundamentales para definir el acondicionamiento acústico de cada estancia. Exponemos a continuación los revestimientos utilizados en el edificio a los que se les ha exigido prestaciones acústicas.

1.- Revestimiento de madera perforado en sala principal

Sobre paramentos interiores de la sala principal se ha previsto disponer un revestimiento SPIGOGROUP realizado con paneles SPIGOACUSTIC de madera perforada con certificado FSC modelo AS (28-16-16), acabado en Melamina, sobre soporte M.D.F. Ignífugo M-1/B,s2,d0 de 16 mm. de espesor, con velo negro fonoabsorbente termoadherido al dorso de las placas, lana mineral de 65mm. La absorción acústica en bandas de octavas considerada es;

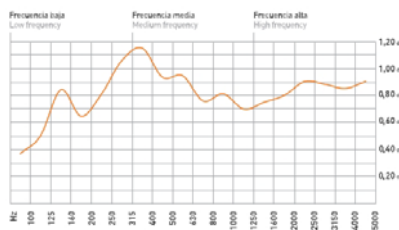
Revestimiento de madera perforada + 65mmLM	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
	0,70	0,95	0,95	0,75	0,86	0,87

La superficie de este revestimiento en la sala principal es de 720,34m².



AS [28-16-16]

ISO 354 Cod. Z51005L021-A



COEFICIENTE MEDIO DE ABSORCIÓN

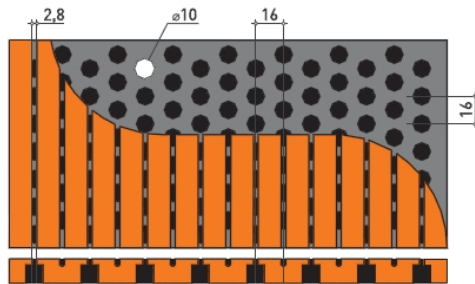
Frecuencia baja, $\alpha = 0,687$
 Frecuencia media, $\alpha = 0,860$
 Frecuencia alta, $\alpha = 0,827$

AVERAGE ABSORPTION COEFFICIENT

Low frequency, $\alpha = 0,687$
 Medium frequency, $\alpha = 0,860$
 High frequency, $\alpha = 0,827$

0,791

NRC 0,85
 [Noise Reduction Criteria]



PERFORACIÓN

Canal, 2,8 mm
 Diámetro taladro, 10 mm
 Distancia taladros, 16 mm
 Distancia canales, 16 mm

PERFORATION

Channel, 2,8 mm
 Diameter holes, 10 mm
 Distance between holes, 16 mm
 Distance between channels, 16 mm

11,25%

2.- Falso techo de sala principal.

La cubierta de la sala principal abovedada se revestirá con un falso techo de chapa metálica perforada absorbente acústico compuesta de abajo hacia arriba por; chapa de acero de 0,7mm precurvado perforado lacada, velo acústico, 2 mantas contrapeadas de aislante de lana mineral de baja densidad de espesor 120mm, cámara de aire 35cm.

La absorción acústica en bandas de octavas considerada es;

Falso techo chapa perforada + 240mm LM + Cámara 350mm	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
	0,27	0,78	0,66	0,73	0,61	0,48

La superficie de este revestimiento en la sala principal es de 1.662,18m².

3.- Superficies acristaladas.

La absorción acústica en bandas de octavas considerada en las superficies acristaladas del edificio es;

Superficies acristaladas	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02

La superficie de este revestimiento en la sala principal es de 432,53m².

4.- Pavimento de sala principal.

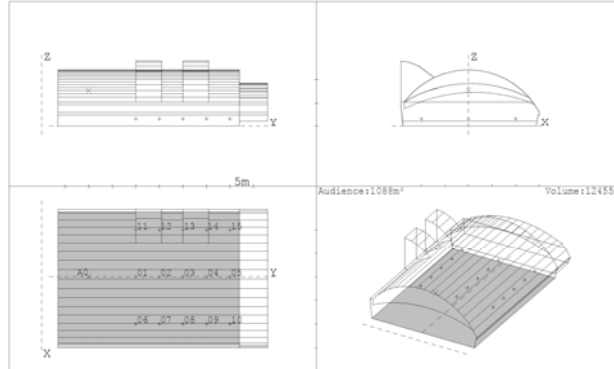
La absorción acústica en bandas de octavas considerada para el hormigón coloreado con polvo de cuarzo en la sala principal es;

Pavimento de hormigón	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03

La superficie de este revestimiento en la sala principal es de 1105,50m².

M.4 Cálculo de parámetros acústicos de la Sala Principal

Para la evaluación de los parámetros acústicos de la sala principal se ha utilizado un programa de cálculo informático de simulación y auralización del campo acústico interior de recintos. Se basa en la teoría geométrica (ray tracing) mediante el trazado de rayos. El modelo geométrico de la sala se construye mediante planos. Las propiedades acústicas de los cerramientos se caracterizan especificando los coeficientes de absorción y los de dispersión acústica.



- El tiempo de Reverberación.

El tiempo medio de reverberación obtenido en la sala para los 15 receptores evaluados y según los distintos criterios de cálculo informático son;

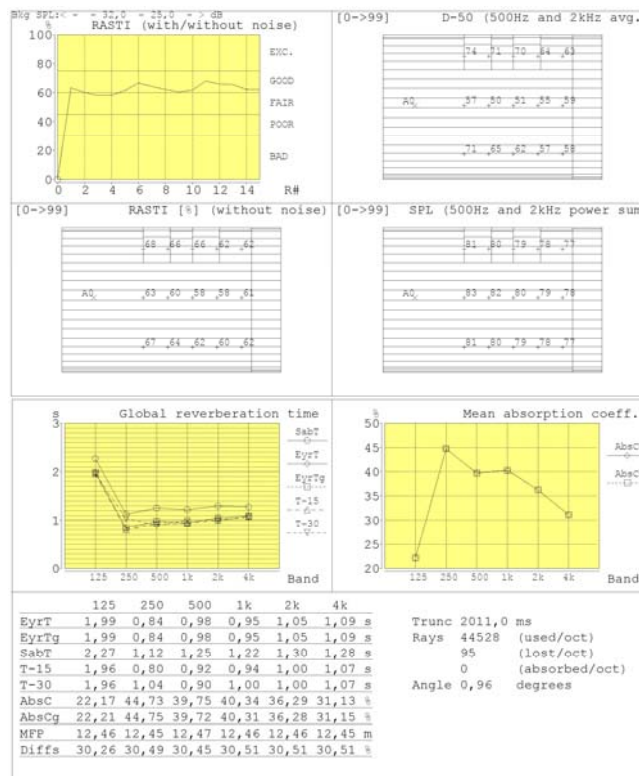
T_{mid} EyrT (basado en la fórmula de Eyring)	= 0,96s
T_{mid} EyrTg (basado en la fórmula de Eyring)	= 0,96s
T_{mid} SabT (basado en la fórmula clásica de Sabine)	= 1,23s
T_{mid} T-15 (cálculo informático)	= 0,93s
T_{mid} T-30 (cálculo informático)	= 0,95s

- Ecos y focalizaciones

Analizado los ecogramas de los distintos receptores evaluados no se observan ecos ni focalizaciones que puedan afectar al confort acústico de la sala.

- Inteligibilidad de la palabra

El índice RASTI indica que el grado de comprensión de un mensaje oral en el recinto será aceptable / bueno.

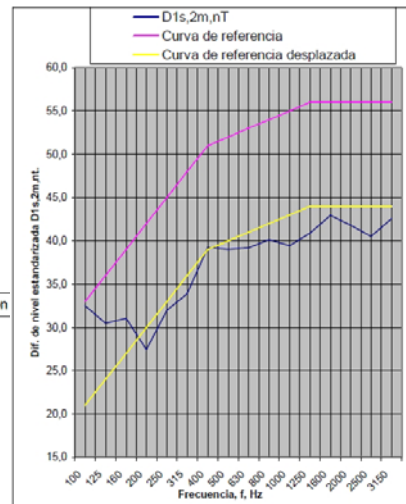
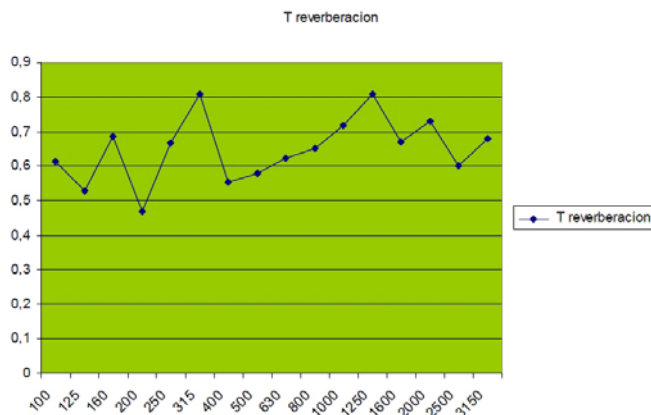


RESULTADOS

Se ha realizado dos ensayos de tiempo de reverberación en la Sala por sendos laboratorios acústicos y un ensayo de aislamiento de la fachada principal de la Sala.

- Resultados de ensayos realizado por Cemosa el 19/02/14;

Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
Medida	T20(s)	0,61	0,53	0,69	0,47	0,67	0,81	0,55	0,58	0,62	0,65	0,72	0,81	0,67	0,73	0,60	0,68
	Lb	23,6	21,9	16,7	15,4	15,9	15,3	13,3	14,1	13,4	13,1	14,8	15,0	14,2	13,5	12,0	12,5
D _{1s,2m,nT} (dB)	32,5	30,5	31,0	27,4	32,0	33,9	39,2	39,0	39,2	40,1	39,4	40,9	42,9	41,8	40,5	42,6	



T20: Tiempo de reverberación en el recinto receptor

Lb: Nivel medio de ruido de fondo en el recinto

$D_{1s,2m,nT,w} (C; C_{tr}) = 40 (-1 -3)$

- Resultados del ensayo realizado por E15 Ingeniería Acústica S.L. el 18/05/15;

Tipo de fuente acústica: Ruido interrumpido
Volumen del recinto: 12500 m³

Frecuencia f Hz	T20 (tercio de octava) s	T30 (tercio de octava) s
50	0,88	1,59
63	0,88	0,91
80	0,77	0,78
100	0,76	0,75
125	0,78	0,76
160	0,57	0,61
200	0,62	0,66
250	0,64	0,61
315	0,59	0,61
400	0,60	0,62
500	0,57	0,61
630	0,54	0,63
800	0,62	0,74
1000	0,71	0,92
1250	0,79	0,93
1600	0,84	0,97
2000	0,73	0,86
2500	0,68	0,80
3150	0,74	0,86
4000	0,68	0,77
5000	0,60	0,64



Valoración según Norma ISO 3382:	T _{20, med(400-1250)} = 0,64 ± 0,02 s	T _{30, med(400-1250)} = 0,74 ± 0,01 s
Valoración según Decreto 6/2012 y CTE:	T _{20(500,1k,2k)} = 0,67 ± 0,02 s	T _{30(500,1k,2k)} = 0,80 ± 0,01 s
Valoración tradicional:	T _{20, mid(500,1k)} = 0,64 ± 0,02 s	T _{30, mid(500,1k)} = 0,77 ± 0,01 s

Evaluación basada en resultados de medidas in situ obtenidos mediante un metodo de precisión

CONCLUSIONES

El $T_{20\text{mid}(500,1\text{k})}$ según el ensayo realizado por Cemosa es de 0,65s y según el ensayo realizado por estudio 15 Ingeniería Acústica es de 0,64s. Son resultados prácticamente coincidentes y dentro de rango de incertidumbre de la medida.

El $T_{30\text{mid}(500,1\text{k})}$ solo ha sido aportado por estudio 15 Ingeniería acústica arrojando un resultado de 0,77s inferior a los 0,95s que se estimaba por el cálculo informático.

La diferencia sustancial entre el $T_{20\text{mid}(500,1\text{k})}$ y el $T_{30\text{mid}(500,1\text{k})}$ de 0,12s indica una doble pendiente en la curva de decaimiento energía-tiempo debida al espacio acoplado con unas características acústicas sensiblemente diferentes.

El comportamiento acústico de los materiales absorbentes colocados en la sala ha sido mejor que lo esperado por la modelización llevada a cabo con el programa informático, especialmente el del falso techo acústico y el revestimiento vertical de SPIGOGROUP de madera perforada modelo AS (28-16-16).

El aislamiento in situ a ruido aéreo de la fachada más desfavorable de la sala, considerándose ésta la fachada acristalada frente a los vestíbulos previos, arroja un resultado de 37dB a ruido de tráfico, por lo que se puede garantizar que el nivel de ruido de fondo de la Sala está por debajo de la curva NC-30 en la zona residencial donde se ubica el edificio con un índice de ruido día $L_d = 60\text{dBA}$.

El Tiempo de Reverberación representativo de la Sala Promoción del CSI-IDEA de Alhaurín de la Torre (Málaga) con un volumen de 12.500m^3 es de 0,77s con la sala vacía, inferior al esperado según la modelización realizada y en consonancia con los deseos del usuario final de la Sala. El aislamiento de la envolvente garantiza un ruido de fondo por debajo de la curva NC-30. Se puede garantizar por tanto el confort acústico de la sala con un grado de inteligibilidad de la palabra suficientemente bueno para ser usado como sala de conferencias o centro de convenciones donde la transmisión del mensaje oral frente al musical es preponderante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Antoni Carrión Isbert, 1998. Diseño acústico de espacios arquitectónicos. Ediciones UPC.
- [2] Higinio Arau, 1999. ABC de la Acústica Arquitectónica. Editorial Ceac.
- [3] UNE-EN ISO 3382-2 Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 1: Sala de espectáculos. Febrero 2010
- [4] UNE-EN ISO 3382-2 Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios. Diciembre 2008
- [5] UNE-EN ISO 140-5 Medición de aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Medición in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y fachadas. Mayo 1999