



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN

# “ESTUDIO DEL AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DEL AULA MAGNA DE LA E.T.S.I.E.”

---

## PROYECTO FINAL DE GRADO

### GRADO EN INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

MODALIDAD: CIENTIFICO-TÉCNICO

ALUMNO:

*LUJÁN GARCÍA, VICENCIO*

TUTORES:

*GÓMEZ LOZANO, D. VICENTE*

*REIG GARCÍA-SAN PEDRO, Dña. SALVADORA*

JUNIO 2012

## Índice general

Índice de figuras .....	4
Introducción .....	6
Instrumentación .....	9
ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO .....	12
Tiempo de reverberación .....	13
-Cálculo in situ .....	13
-Cálculo matemático .....	15
Evaluación del ruido de fondo. Curvas NC (Noise Criteria) .....	20
Primeras reflexiones.....	25
-Ecograma en el centro de la sala .....	28
Visuales.....	31
Inteligibilidad de la palabra: STI .....	33
Claridad de la voz (C50).....	35
Definición (D50).....	37
EDT (early decay time) .....	39
Simulación Acústica.....	42
-Mapa de niveles .....	44
-Mapas EDT .....	47
Conclusiones de acondicionamiento acústico .....	51
AISLAMIENTO ACÚSTICO.....	52
Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos. ....	53
-Exigencias de la normativa.....	53
-Procedimiento de medición.....	56
-Cálculos de aislamiento.....	61
-Paramento 1 (salón de actos II) .....	63
-Paramento 2 (cuarto B).....	70
-Paramento 3 (Cuarto A) .....	75
-Paramento 4 (Pasillo) .....	80
Aislamiento a ruido aéreo de fachadas al exterior .....	85
-Exigencias de la normativa.....	85



-Procedimiento de medición .....	87
-Cálculos de aislamiento.....	90
-Fachada 1 .....	92
-Fachada 2 .....	98
Conclusiones Aislamiento acústico .....	104
Conclusiones generales.....	105
Bibliografía .....	106

## Índice de figuras

Fig. 1 Plano de situación del Aula Magna dentro de la E.T.S.I.E. ....	7
Fig. 2 Aula Magna .....	7
Fig. 3 Sección Aula Magna.....	8
Fig. 4 Planta Aula Magna.....	8
Fig. 5 Sonómetro integrador .....	9
Fig. 6 Micrófono .....	10
Fig. 7 Generador de ruido .....	10
Fig. 8 Preamplificador .....	11
Fig. 9 Resultados de medidas in situ de TR .....	13
Fig. 10 Curva tonal TR in situ.....	14
Fig. 11 Tabla de recomendaciones de valores de TR .....	15
Fig. 12 Coeficientes de absorción de materiales para sala vacía .....	17
Fig. 13 Tabla de cálculo de TR para sala vacía.....	17
Fig. 14 Curva tonal de TR matemático para sala vacía.....	18
Fig. 15 Coeficientes de absorción de materiales para sala llena.....	18
Fig. 16 Tabla de cálculo de TR para sala llena .....	19
Fig. 17 Curva tonal de TR matemático para sala llena .....	19
Fig. 18 Valores en dBA de las curvas NC .....	20
Fig. 19 Tabla de curvas NC en 1/3 de octava .....	21
Fig. 20 Recomendaciones curvas NC 1.....	22
Fig. 21 Plano de medidas in situ de ruido de fondo.....	22
Fig. 22 Medidas sin aire acondicionado .....	23
Fig. 23 Medidas con aire acondicionado.....	23
Fig. 24 Curvas NC de la sala.....	23
Fig. 25 Ejemplo de ecograma .....	25
Fig. 26 Reflexión de la concha de escena.....	26
Fig. 27 Concha de escena .....	26
Fig. 28 Reflexión lateral.....	27
Fig. 29 Pared lateral con resonadores de madera .....	27
Fig. 30 1ª reflexión de concha de escena.....	28
Fig. 31 1ªreflexión lateral.....	28
Fig. 32 Ecograma de primeras reflexiones .....	29
Fig. 33 Visuales del Aula Magna .....	31
Fig. 34 Visuales del Aula Magna con modificación de butacas .....	32
Fig. 35 Recomendaciones de valores de STI .....	33
Fig. 36 Valores de STI del Aula Magna .....	34
Fig. 37 Valores de C50 en el Aula Magna .....	36
Fig. 38 Curva de valores de D50.....	38
Fig. 39 Ejemplo de curva EDT.....	39
Fig. 40 Valores de EDT del Aula Magna.....	40
Fig. 41 Curvas de EDT y TR del Aula Magna .....	41
Fig. 42 Planta de posición de fuente y receptor virtual .....	42

Fig. 43 Sección de posición de fuente y receptor virtual .....	43
Fig. 44 Ecograma de la simulación virtual .....	43
Fig. 45 Mapa de niveles 125 Hz.....	44
Fig. 46 Mapa de niveles 250 Hz.....	44
Fig. 47 Mapa de niveles 500 Hz.....	45
Fig. 48 Mapa de niveles 1000 Hz.....	45
Fig. 49 Mapa de niveles 2000 Hz.....	46
Fig. 50 Mapa de niveles 4000 Hz.....	46
Fig. 51 Mapa de EDT 125 Hz.....	47
Fig. 52 Mapa de EDT 250 Hz.....	48
Fig. 53 Mapa de EDT 500 Hz.....	48
Fig. 54 Mapa de EDT 1000 Hz.....	49
Fig. 55 Mapa de EDT 2000 Hz.....	49
Fig. 56 Mapa de EDT 4000 Hz.....	50
Fig. 57 Tabla de conclusiones Acondicionamiento acústico .....	51
Fig. 58 Tabla de sectorización acústica de recintos. DB-HR .....	53
Fig. 59 Tabla de resumen de exigencias de aislamiento a ruido aéreo. DB-HR .....	55
Fig. 60 Plano de sectores acústicos .....	61
Fig. 61 Plano de paramentos.....	61
Fig. 62 Plano de posición de mediciones in situ para ruido aéreo entre recintos .....	62
Fig. 63 Posición 1 de la fuente.....	62
Fig. 64 Posición 2 de la fuente.....	63
Fig. 65 Toma de medidas en el salón de actos II.....	63
Fig. 66 Toma de medida en el aula magna.....	63
Fig. 67 Toma de medidas en el cuarto B .....	70
Fig. 68 Toma de medidas en el cuarto A.....	75
Fig. 69 Toma de medidas en el pasillo .....	80
Fig. 70 Tabla de exigencias de aislamiento a ruido aéreo de fachadas. DB-HR .....	85
Fig. 71 Esquema de posiciones para medición de ruido aéreo de fachadas.....	87
Fig. 72 Esquema de posición de la fuente.....	88
Fig. 73 Mapa de ruido total correspondiente al L <sub>d</sub> .....	90
Fig. 74 Tabla de exigencias de aislamiento a ruido aéreo de fachadas. DB-HR .....	90
Fig. 75 Plano de posición de medidas para cálculo de aislamiento a ruido aéreo de fachadas. 91	
Fig. 76 Fachada 1.....	91
Fig. 77 Fachada 2.....	91
Fig. 79 Toma de medidas del L <sub>1</sub> en la fachada 1.....	92
Fig. 78 Toma de medidas del L <sub>2</sub> .....	92
Fig. 80 Medidas de L <sub>1</sub> para la fachada 2 .....	98
Fig. 81 Tabla de conclusiones de aislamiento acústico .....	104

## Introducción

---

En este Proyecto de Fin de Grado “Estudio del aislamiento y acondicionamiento acústico del Aula Magna de la E.T.S.I.E.” vamos a estudiar mediante mediciones in situ con la instrumentación adecuada las condiciones existentes en la sala de aislamiento, tanto al exterior como a estancias colindantes, teniendo en cuenta la normativa vigente, el CTE DB-HR. También analizaremos los parámetros de acondicionamiento acústico más relevantes que afectan a las salas de conferencias.

Cabe destacar que esta sala sufrió una reforma de mejora en el año 1998 para adecuarla a las necesidades acústicas que se han ido instaurando con el tiempo sobre el confort acústico. Hoy en día el diseño de las cualidades acústicas de este tipo de salas es de suma importancia en la fase de proyecto. Es por eso que hemos decidido realizar el estudio sobre esta sala.

El acondicionamiento acústico consiste en la definición de las formas y revestimientos de las superficies interiores de un recinto con objeto de conseguir las condiciones acústicas más adecuadas para el tipo de actividad a la que se haya previsto destinarlo. A menudo, el acondicionamiento acústico se confunde con el aislamiento acústico. Esta temática, si bien complementaria a la anterior, es conceptualmente distinta, ya que se refiere al conjunto de acciones encaminadas a la obtención de una correcta atenuación en la transmisión de ruido y vibraciones entre los diferentes espacios que integran un recinto.

El hecho de que exista confort acústico significa que el campo sonoro existente no generará ninguna molestia significativa a las personas o espectadores presentes en el recinto considerado. Además, la existencia de confort acústico es indicativa de que el grado de inteligibilidad será más bien alto, aunque no supone una garantía absoluta de que sea óptimo. La obtención de una correcta inteligibilidad de la palabra es

imprescindible en todos aquellos recintos donde la comprensión del mensaje oral sea de capital importancia

La sala se encuentra en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Edificación, dentro de la Universidad Politécnica de Valencia.

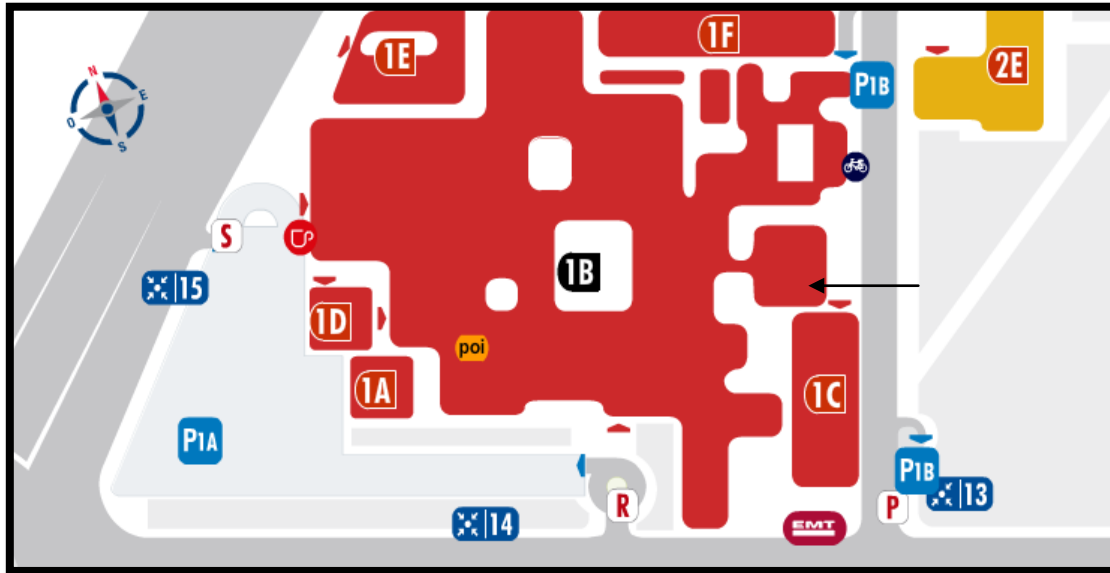
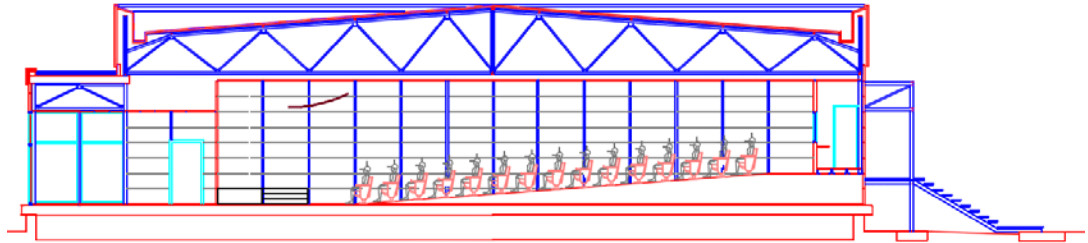


Fig. 1 Plano de situación del Aula Magna dentro de la E.T.S.I.E.

El Aula Magna tiene un uso exclusivo de “sala de conferencia”, y es el lugar donde se realizan todo tipo de reuniones, conferencias y demás eventos similares de importancia. Tiene un volumen de 837,6 m<sup>3</sup> y un aforo de 180 personas.



Fig. 2 Aula Magna



SECC. S-2

Fig. 3 Sección Aula Magna

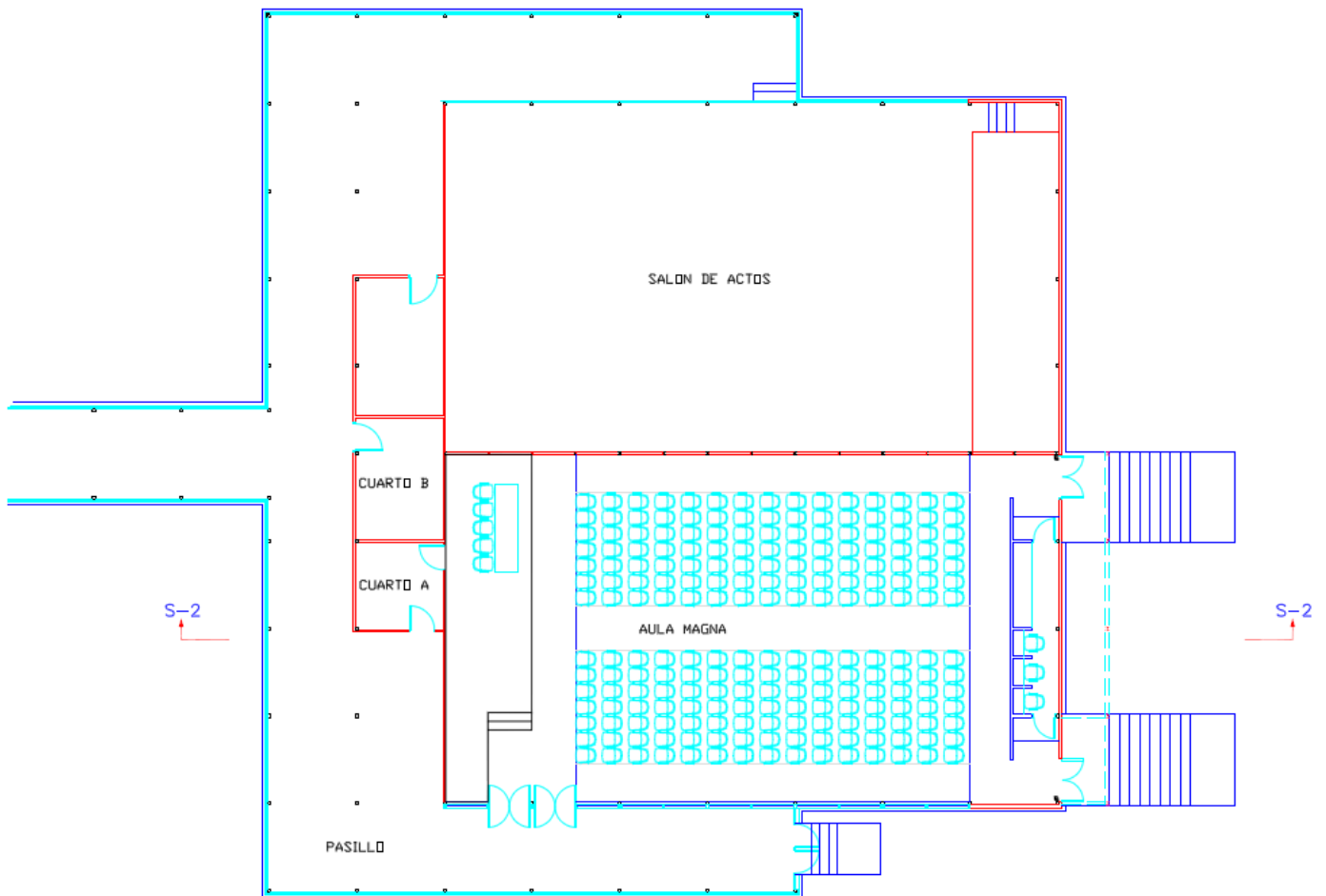


Fig. 4 Planta Aula Magna



## Instrumentación

Para realizar las mediciones in situ utilizaremos el siguiente sonómetro facilitado por la escuela:

**-Sonómetro integrador** Tipo 1, de la marca Brüel & Kjaer, modelo 2238 Mediator. Mediator 2238 es un sonómetro integrador de alta calidad de Clase 1 que logra un equilibrio ideal entre simplicidad y potencia. Dispone de una cómoda interfaz de usuario y diversas funciones especializadas. Tiene capacidad para almacenar hasta 500 archivos de mediciones que pueden transferirse luego a un ordenador. Mediator 2238 es idóneo para



Fig. 5 Sonómetro integrador

realizar mediciones globales del ruido ambiental y laboral. Con dos detectores independientes que funcionan en paralelo, puede medir un número elevado de parámetros simultáneamente. Asimismo, dispone de filtros incorporados para corregir el efecto de la pantalla antiviento y de incidencia sonora, lo que garantiza una precisión de Clase 1 en cualquier circunstancia. Es capaz de medir con un amplio margen de frecuencias desde 20 Hz a 12.5 kHz para las bandas de 1/3 de octava, que es más que

suficiente para tomar las mediciones necesarias. Al ser de tipo 1 quiere decir que puede

tener un error de  $\pm 0.7$  dBA. Al ser un sonómetro integrador, nos permite seleccionar la curva de ponderación que va a ser usada. Por ejemplo, puede usarse la curva A (dBA), que mide la respuesta del oído ante un sonido de intensidad baja, siendo la más semejante a la percepción logarítmica del oído humano. Al no medir las frecuencias que el oído humano no percibe, es utilizado para establecer el nivel de contaminación acústica y el riesgo que sufre el hombre al ser expuesto a esta contaminación.

El **micrófono** que utilizamos con el sonómetro es de condensador prepolarizado de campo libre modelo 4188, de ½ pulgada, de la marca Brüel & Kjaer, con número de serie 2735450. Este micrófono tiene un rango de frecuencia de 8Hz a 16kHz 2dB. El micrófono se guarda en un envase rígido cilíndrico, y en su interior se encuentra una hoja que aporta sus especificaciones y datos de interés



Fig. 6 Micrófono



Fig. 7 Generador de ruido

Para generar el ruido rosa para la toma de medidas “in situ” a ruido aéreo utilizamos como fuente el **generador de ruido** de la marca Brüel & Kjaer, modelo Sound Source Type 4224, el cual según el catálogo del producto, tiene un nivel de potencia sonora de 0 a 118dB.

Para la toma de datos del tiempo de reverberación utilizamos un mini ordenador portátil con el **software dedicado al campo de laboratorio de acústica Dirac 3.0 Type 7841** de Brüel & Kjaer, conectado a un **amplificador** modelo GA-610D de 10W y a un  **acondicionador de señal externo** de la marca Endevco conectado a un preamplificador de la marca Endevco, con un **micrófono** de condensador prepolarizado de precisión.



Fig. 8 Preamplificador



# ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

---

## Tiempo de reverberación

Con el fin de poder cuantificar la reverberación de un recinto, se define el tiempo de reverberación (de forma abreviada RT) a una frecuencia determinada como el tiempo (en segundos) que transcurre desde que el foco emisor se detiene hasta el momento en que el nivel de presión sonora SPL cae 60 dB con respecto a su valor inicial. Un recinto con un RT grande se denomina “vivo” (nave industrial, iglesia, etc.), mientras que si el RT es pequeño recibe el nombre de recinto “apagado” o “sordo” (locutorio, estudio de grabación, etc.).

### -CÁLCULO IN SITU

La manera práctica de obtener el valor del RT representativo de una sala, a cada de frecuencia de trabajo, consiste en promediar los valores medidos en diferentes puntos de la misma (habitualmente entre 10 y 15 puntos, según su volumen). Para nuestra sala realizamos 12 medidas distribuidas alrededor del recinto con la fuente sonora en la posición y orientación del orador. Estos son los valores obtenidos:

Frec. (Hz)	med1	med2	med3	med4	med5	med6	med7	med8	med9	med10	med11	med12	RT
100	0,31	0,30	0,08	0,13	0,45	0,35	0,97	0,45	0,49	0,21	0,34	0,24	0,36
125	0,74	0,62	0,62	0,69	0,76	0,74	0,50	0,49	0,45	0,70	0,81	0,27	0,62
160	0,87	0,38	0,79	0,74	0,57	0,73	0,70	0,51	0,42	0,31	0,32	0,68	0,59
200	0,64	0,17	0,24	0,42	0,60	0,53	0,35	0,52	0,52	0,51	0,59	0,50	0,47
250	0,67	0,55	0,52	0,62	0,55	0,63	0,60	0,57	0,44	0,54	0,58	0,58	0,57
315	0,64	0,69	0,53	0,62	0,52	0,73	0,65	0,65	0,67	0,52	0,47	0,62	0,61
400	0,59	0,59	0,52	0,59	0,60	0,65	0,56	0,56	0,63	0,62	0,59	0,63	0,59
500	0,81	0,68	0,67	0,67	0,53	0,66	0,62	0,61	0,70	0,66	0,62	0,60	0,65
630	0,85	0,67	0,80	0,82	0,81	0,66	0,81	0,72	0,70	0,79	0,69	0,75	0,76
800	0,74	0,77	0,79	0,71	0,71	0,74	0,76	0,73	0,81	0,83	0,68	0,72	0,75
1k	0,84	0,83	0,76	0,78	0,81	0,74	0,73	0,76	0,71	0,80	0,73	0,77	0,77
1,25k	0,87	0,73	0,77	0,75	0,81	0,76	0,76	0,76	0,77	0,79	0,84	0,74	0,78
1,6k	0,76	0,82	0,70	0,77	0,79	0,77	0,79	0,69	0,77	0,75	0,65	0,83	0,76
2k	0,83	0,76	0,79	0,75	0,72	0,77	0,64	0,83	0,72	0,82	0,78	0,82	0,77
2,5k	0,82	0,73	0,72	0,69	0,83	0,81	0,74	0,79	0,73	0,76	0,75	0,84	0,77
3,15k	0,91	0,71	0,80	0,74	0,79	0,83	0,79	0,76	0,74	0,79	0,76	0,77	0,78

Fig. 9 Resultados de medidas in situ de TR

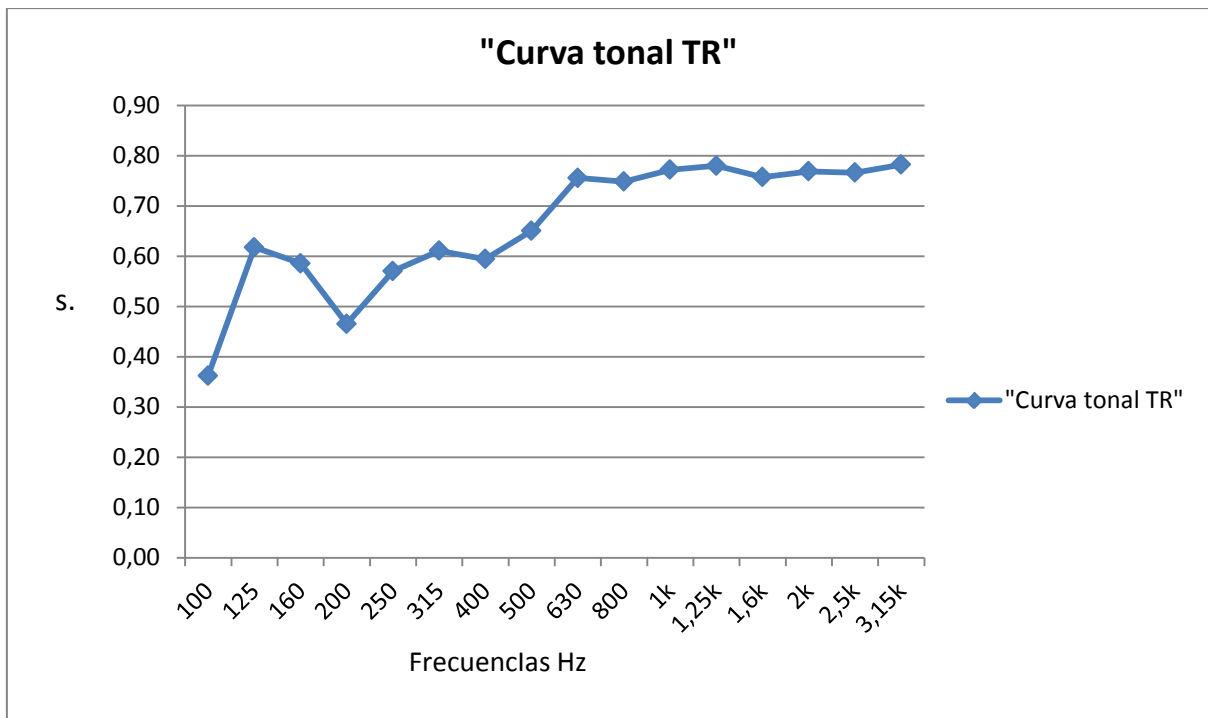


Fig. 10 Curva tonal TR in situ

Habitualmente, cuando se establece un único valor recomendado de RT para un recinto dado, se suele hacer referencia al obtenido como media aritmética de los valores correspondientes a las bandas de 500 Hz y 1kHz. Se representa por TRmid .

**TR mid = 0.71 s.**

En general, el valor más adecuado de RTmid depende tanto del volumen del recinto como de la actividad a la que se haya previsto destinarlo. cuando se trata de salas destinadas a la palabra, es conveniente que los valores de RT sean bajos, con objeto de conseguir una buena inteligibilidad. En la siguiente tabla se dan los márgenes de valores recomendados de RTmid para diferentes tipos de salas:

TIPO DE SALA	RT <sub>mid</sub> , SALA OCUPADA (EN s)
Sala de conferencias	0,7 – 1,0
Cine	1,0 – 1,2
Sala polivalente	1,2 – 1,5
Teatro de ópera	1,2 – 1,5
Sala de conciertos (música de cámara)	1,3 – 1,7
Sala de conciertos (música sinfónica)	1,8 – 2,0
Iglesia/catedral (órgano y canto coral)	2,0 – 3,0
Locutorio de radio	0,2 – 0,4

Fig. 11 Tabla de recomendaciones de valores de TR

Podemos observar que el TR<sub>mid</sub> de la sala está dentro de los márgenes recomendados. Dentro de esos márgenes está situado en un valor bajo debido a que no es una sala con un volumen elevado.

### -CÁLCULO MATEMÁTICO

Si bien existe un gran número de fórmulas para el cálculo teórico del RT la fórmula clásica por excelencia, y aceptada como de referencia a nivel internacional por su sencillez de cálculo, es la denominada fórmula de Sabine. La correspondiente expresión matemática, obtenida aplicando la teoría acústica estadística y despreciando el efecto de la absorción producida por el aire, es la siguiente:

$$RT = 0,161 \frac{V}{A_{tot}} \quad (\text{en segundos})$$

donde:

V = volumen del recinto (en m<sup>3</sup>)

A<sub>tot</sub> = absorción total del recinto

El grado de absorción del sonido de un material cualquiera se representa mediante el llamado coeficiente de absorción  $\alpha$ . Se define como la relación entre la energía absorbida por dicho material y la energía incidente sobre el mismo:

$$\alpha = \frac{\text{Energía absorbida}}{\text{Energía incidente}}$$

Sus valores están comprendidos entre 0 (correspondiente a un material totalmente reflectante) y 1 (caso de absorción total). El valor de  $\alpha$  está directamente relacionado con las propiedades físicas del material y varía con la frecuencia.

En cuanto a la denominada absorción A de un material cualquiera, ésta se obtiene como resultado de multiplicar su coeficiente de absorción  $\alpha$  por su superficie S. La unidad de absorción es el sabin (1 sabin corresponde a la absorción de 1m<sup>2</sup> de ventana abierta).

Finalmente, y debido a que un recinto está constituido por distintas superficies recubiertas de materiales diversos, se define la absorción total A<sub>tot</sub> como la suma de todas y cada una de las absorciones individuales, es decir:

$$A_{tot} = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n$$

donde:

$$S_t = S_1 + S_2 + \dots + S_n = \text{superficie total del recinto} \\ (\text{paredes} + \text{techo} + \text{suelo})$$

Con todo lo anterior, el tiempo de reverberación se puede expresar como sigue:

$$RT = \frac{0,161 V}{\bar{\alpha} S_t}$$

Otra de las fórmulas aceptadas para el cálculo del TR es la conocida como fórmula de Eyring:



$$T_R = \frac{0.162 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \bar{\alpha})}$$

Debido a que no poseemos información exacta de los materiales de los que está compuesto la sala, hemos establecido unas aproximaciones de lo que podrían ser los coeficientes de absorción de los diferentes materiales que hay, sacados de diferentes tablas que podemos encontrar en internet sobre coeficientes de absorción tipo. Así, estos son los coeficientes establecidos para la situación de sala vacía y sala llena:

#### -SALA VACIA

		125	250	500	1000	2000	4000
Butacas	Butacas bien tapizadas	0,49	0,66	0,8	0,88	0,82	0,7
Techo	Panel metálico perforado	0,3	0,25	0,2	0,17	0,15	0,1
Tarima	Entarimado de madera	0,09	0,09	0,08	0,09	0,1	0,07
Suelo	Linóleo	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Pared delantera	Madera fijada sólidamente con acristalamiento	0,02	0,03	0,07	0,1	0,14	0,16
Pared trasera	Alfombra sobre pared	0,09	0,08	0,21	0,27	0,27	0,37
Paredes laterales	Madera fijada sólidamente a una pared	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
Resonador de pared lateral	Resonador de madera	0,3	0,65	0,84	0,8	0,58	0,37

Fig. 12 Coeficientes de absorción de materiales para sala vacía

Esta es la curva tonal obtenida:

**AULA MAGNA (sala vacía)** Volumen = 837,6

	Superficies	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Butacas	105,34	51,62	69,52	84,27	92,70	86,38	73,74
Techo	238,47	71,54	59,62	47,69	40,54	35,77	23,85
Tarima	32,48	0,65	0,97	2,27	3,25	4,55	5,20
Suelo	100,65	9,06	9,06	8,05	9,06	10,07	7,05
Pared delantera	27,17	0,54	0,82	0,82	1,09	1,09	1,09
Pared trasera	41,68	3,75	3,33	8,75	11,25	11,25	15,42
Paredes laterales	136,17	5,45	5,45	4,09	4,09	4,09	2,72
Resonador de pared lateral	12,01	3,60	7,81	10,09	9,61	6,97	4,44
Total	693,97	146,21	156,58	166,03	171,58	160,15	133,50
	Sabine	0,93	0,87	0,82	0,79	0,85	1,02
	Eyring	0,83	0,76	0,72	0,69	0,75	0,92

Fig. 13 Tabla de cálculo de TR para sala vacía

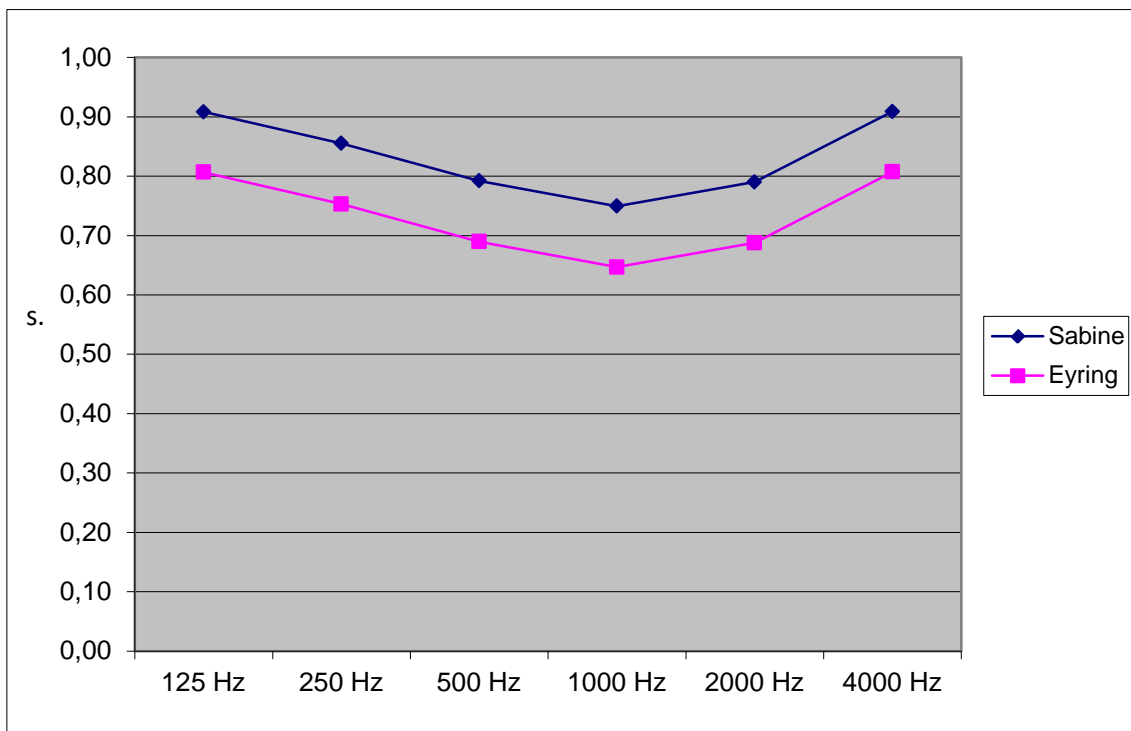


Fig. 14 Curva tonal de TR matemático para sala vacía

TRmid Sabine: 0.805 s.

TRmid Eyring: 0.705 s.

### -SALA LLENA

		125	250	500	1000	2000	4000
Butacas	Audiencia ocupando butacas bien tapizadas	0,52	0,68	0,85	0,97	0,93	0,85
Techo	Panel metálico perforado	0,3	0,25	0,2	0,17	0,15	0,1
Tarima	Entarimado de madera	0,09	0,09	0,08	0,09	0,1	0,07
Suelo	Linóleo	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Pared delantera	Madera fijada sólidamente con acristalamiento	0,02	0,03	0,07	0,1	0,14	0,16
Pared trasera	Alfombra sobre pared	0,09	0,08	0,21	0,27	0,27	0,37
Paredes laterales	Madera fijada sólidamente a una pared	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
Resonador de pared lateral	Resonador de madera	0,3	0,65	0,84	0,8	0,58	0,37

Fig. 15 Coeficientes de absorción de materiales para sala llena

Esta es la curva tonal obtenida:

**AULA MAGNA (sala llena)** Volumen = 837,6

	Superficies	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Butacas	105,34	54,78	71,63	89,54	102,18	97,97	89,54
Techo	238,47	71,54	59,62	47,69	40,54	35,77	23,85
Tarima	32,48	0,65	0,97	2,27	3,25	4,55	5,20
Suelo	100,65	9,06	9,06	8,05	9,06	10,07	7,05
Pared delantera	27,17	0,54	0,82	0,82	1,09	1,09	1,09
Pared trasera	41,68	3,75	3,33	8,75	11,25	11,25	15,42
Paredes laterales	136,17	5,45	5,45	4,09	4,09	4,09	2,72
Resonador de pared lateral	12,01	3,60	7,81	10,09	9,61	6,97	4,44
Total	693,97	149,37	158,68	171,30	181,06	171,74	149,30
	Sabine	0,91	0,86	0,79	0,75	0,79	0,91
	Eyring	0,81	0,75	0,69	0,65	0,69	0,81

Fig. 16 Tabla de cálculo de TR para sala llena

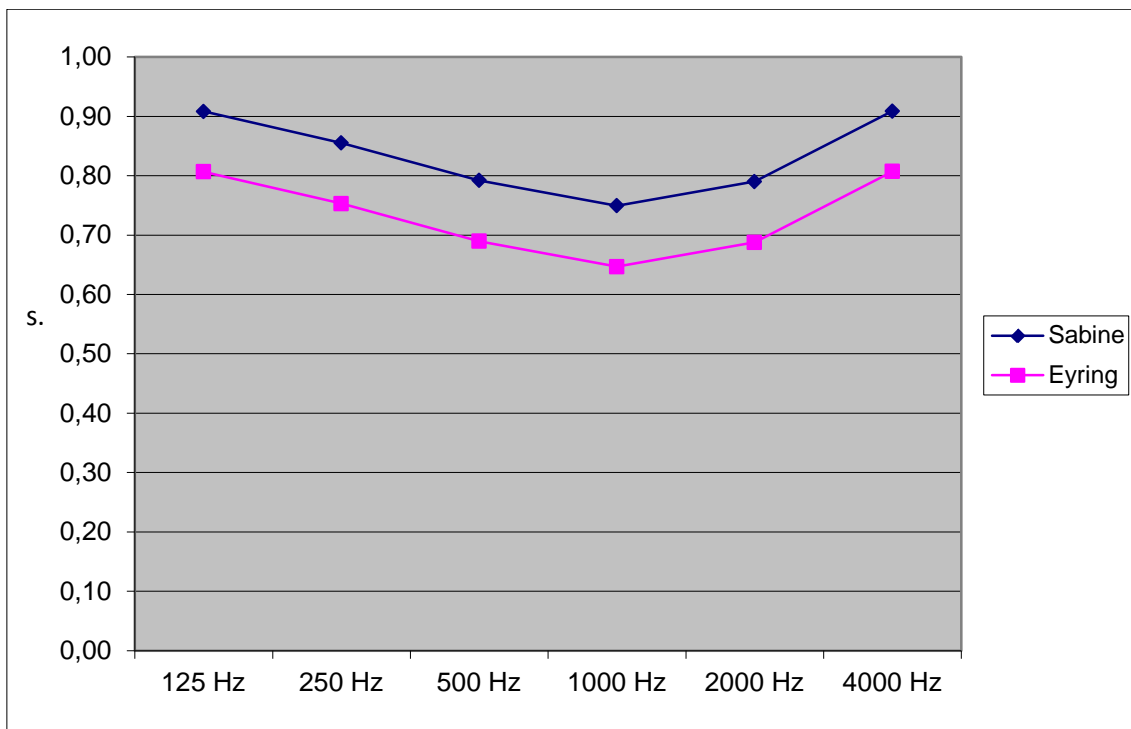


Fig. 17 Curva tonal de TR matemático para sala llena

TRmid Sabine = 0.77 s.

TRmid Eyring = 0.67 s.

Podemos observar que mediante este ensayo matemático también se consiguen resultados aceptables, aunque con valores bajos debido al reducido volumen de la sala.

## Evaluación del ruido de fondo. Curvas NC (Noise Criteria)

La evaluación objetiva del grado de molestia que un determinado ruido ambiental provoca en un oyente se realiza por comparación de los niveles de ruido existentes en un recinto, en cada banda de octava comprendida entre 63 Hz y 8 kHz, con un conjunto de curvas de referencia denominadas NC (“Noise Criteria”).

Creadas por Leo Beranek, estas curvas son las más populares para evaluar el ruido de fondo de un recinto. Pese a que fueron publicadas hace más de 50 años (datan de 1958) aún son un gran referente en la mayoría de los proyectos arquitectónicos que consideran la acústica.

Las Noise Criterion Curves (Curvas NC) nacen a partir de la necesidad de tener una medición objetiva con respecto al ruido de fondo presente en cualquier recinto. Para esto se utilizaron encuestas, en las cuales se les pedía a los encuestados valorar el ruido de fondo de forma general y en el instante mismo en el que se les preguntaba. Se les entregó una escala con seis niveles, desde “muy silencioso” hasta “insoportablemente ruidoso”.

Las curvas NC son, además, utilizadas de forma generalizada para establecer los niveles de ruido máximos recomendables para diferentes tipos de recintos en función de su aplicación (oficinas, salas de conferencias, teatros, salas de conciertos, etc.).

Se dice que un recinto cumple una determinada especificación NC (por ejemplo: NC- 20) cuando los niveles de ruido de fondo, medidos en cada una de dichas bandas de octava, están por debajo de la curva NC correspondiente.

f (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000
NC-65	76,7	75,0	73,7	72,3	71,0	70,0	69,0	68,0	67,3	66,7	66,0	65,3	64,7	64,0	63,7	63,3	63,0	62,7	62,3	62,0
NC-60	73,0	71,0	69,7	68,3	67,0	65,7	64,3	63,0	62,3	61,7	61,0	60,3	59,7	59,0	58,7	58,3	58,0	57,7	57,3	57,0
NC-55	69,3	67,0	65,3	63,7	62,0	60,7	59,3	58,0	57,3	56,7	56,0	55,3	54,7	54,0	53,7	53,3	53,0	52,7	52,3	52,0
NC-50	66,3	64,0	62,0	60,0	58,0	56,7	55,3	54,0	53,0	52,0	51,0	50,3	49,7	49,0	48,7	48,3	48,0	47,7	47,3	47,0
NC-45	62,3	60,0	58,0	56,0	54,0	52,3	50,7	49,0	48,0	47,0	46,0	45,3	44,7	44,0	43,7	43,3	43,0	42,7	42,3	42,0
NC-40	59,3	57,0	54,7	52,3	50,0	48,3	46,7	45,0	43,7	42,3	41,0	40,3	39,7	39,0	38,7	38,3	38,0	37,7	37,3	37,0
NC-35	54,7	52,0	49,7	47,3	45,0	43,3	41,7	40,0	38,7	37,3	36,0	35,3	34,7	34,0	33,7	33,3	33,0	32,7	32,3	32,0
NC-30	51,0	48,0	45,7	43,3	41,0	39,0	37,0	35,0	33,7	32,3	31,0	30,3	29,7	29,0	28,7	28,3	28,0	27,7	27,3	27,0
NC-25	47,3	44,0	41,7	39,3	37,0	35,0	33,0	31,0	29,7	28,3	27,0	26,0	25,0	24,0	23,3	22,7	22,0	21,7	21,3	21,0
NC-20	43,7	40,0	37,7	35,3	33,0	30,7	28,3	26,0	24,7	23,3	22,0	21,0	20,0	19,0	18,3	17,7	17,0	16,7	16,3	16,0
NC-15	39,7	36,0	33,7	31,3	29,0	26,7	24,3	22,0	20,3	18,7	17,0	16,0	15,0	14,0	13,3	12,7	12,0	11,7	11,3	11,0

Fig. 18 Valores en dBA de las curvas NC

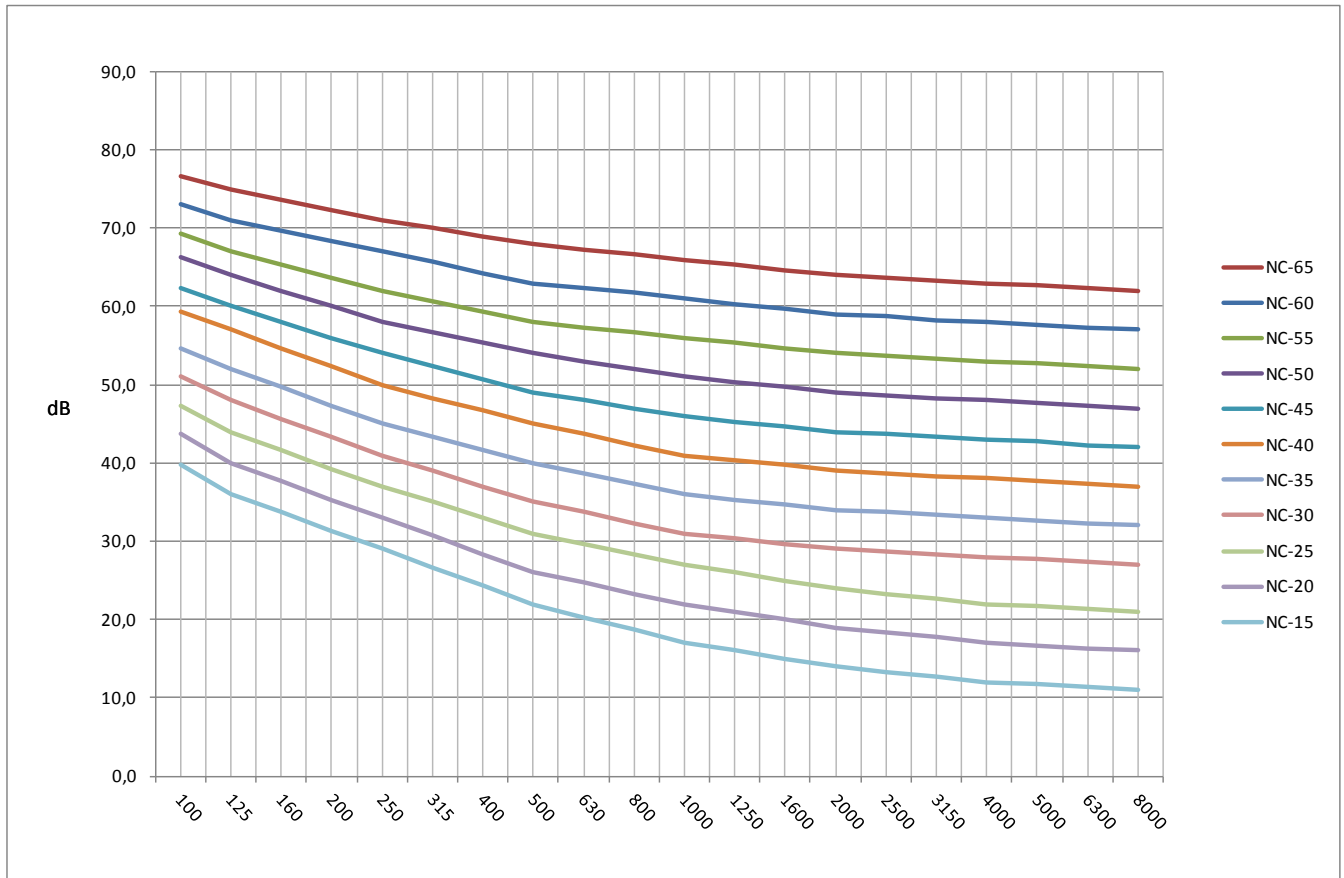


Fig. 19 Tabla de curvas NC en 1/3 de octava

Según se puede observar, las curvas NC siguen de forma aproximada la evolución de la sensibilidad del oído en función de la frecuencia. Ello significa que, para una determinada curva NC, los niveles SPL máximos permitidos a bajas frecuencias (sonidos graves) son siempre más elevados que los correspondientes a frecuencias altas (sonidos agudos), ya que el oído es menos sensible a medida que la frecuencia considerada es menor. Lógicamente, para verificar el cumplimiento de una determinada especificación NC, es necesario analizar el ruido de fondo presente en el recinto por bandas de octava.

En esta tabla se muestran las curvas NC recomendadas para diferentes tipos de recintos, junto con su equivalencia en dBA.

Tipo de recinto	Curva NC recomendada
Estudios de grabación	15
Salas de conciertos y teatros	15-25
Hoteles (habitaciones individuales)	20-30
Salas de conferencias / Aulas	20-30
Despachos de oficinas / Bibliotecas	30-35
Hoteles (vestíbulos y pasillos)	35-40
Restaurantes	35-40
Salas de ordenadores	35-45
Cafeterías	40-45
Polideportivos	40-50
Talleres (maquinaria ligera)	45-55
Talleres (maquinaria pesada)	50-65

Fig. 20 Recomendaciones curvas NC 1

Para el análisis del ruido de fondo en la sala vamos a analizar dos situaciones, una con el sistema de aire acondicionado apagado y otra con el sistema encendido. Para ello realizamos 5 medidas con el sonómetro en distintas posiciones de la sala cumpliendo las distancias entre medidas siguientes:

- 0.7 metros entre posiciones de micrófono
- 0.5 metros entre cualquier posición de micrófono y cualquier paramento vertical

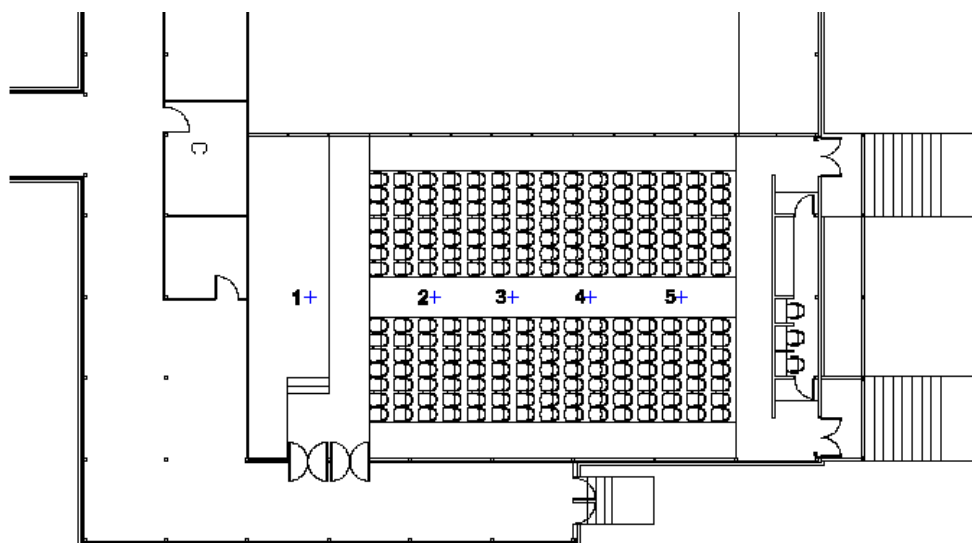


Fig. 21 Plano de medidas in situ de ruido de fondo

Realizamos las medidas con el sonómetro en modo análisis de frecuencia y analizaremos las frecuencias comprendidas entre 63Hz y 8000 Hz. Obtenemos la medida promedio realizando una media logarítmica realizada por frecuencias.

Estos son los resultados obtenidos en dBA tanto con aire acondicionado como sin el, y la superposición de las medidas espectrales en la tabla de las curvas NC:

Frecuencias (Hz)	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	6,3k	8k
medida 1	39,2	30,5	29,7	23,8	24,2	12,8	7,7	12,4	6,6	8,1	6,4	7,9	9,2	4,5	4,9	6,5	6,1	6,6	7,6	8,5	9,8	10,5
medida 2	32,7	31,8	29,3	25,3	22,9	16,5	9,3	15,4	6,3	6,9	3,6	4,7	4,6	5,4	5,4	9,1	6	7,4	7,7	9,8	10,1	11,5
medida 3	40,6	32	26,4	23,9	24	15,4	12,8	5,7	19,1	10,7	9,8	9,3	5,5	6,4	5,4	5,2	5,9	7,1	8,6	8,6	9,8	11,5
medida 4	36,2	35	35,3	28,2	21	16,7	17	19,4	17,5	9,7	8,5	9,9	9,1	7,6	5,6	6	5,8	7,2	7,9	9,7	10,5	11,2
medida 5	40,8	39,5	45,6	32,4	29,8	17,5	17,1	12,3	15,9	7,8	8,3	7,4	9,8	6,6	19,7	5,7	5,9	7	8,1	9,4	10	12
<b>promedio</b>	<b>38,8</b>	<b>35,1</b>	<b>38,2</b>	<b>28,1</b>	<b>25,5</b>	<b>16,1</b>	<b>14,3</b>	<b>15,0</b>	<b>15,7</b>	<b>8,9</b>	<b>7,8</b>	<b>8,2</b>	<b>8,1</b>	<b>6,2</b>	<b>13,3</b>	<b>6,7</b>	<b>5,9</b>	<b>7,1</b>	<b>8,0</b>	<b>9,2</b>	<b>10,0</b>	<b>10,4</b>

Fig. 22 Medidas sin aire acondicionado

Frecuencias (Hz)	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	6,3k	8k
medida 1	44,5	43,6	40,4	40,7	43,7	40,6	35,5	33,2	31,5	27,5	27,2	28,9	25,1	24,6	21,6	18,5	15,9	12,5	13,6	14,7	15,8	16,9
medida 2	45,4	44,5	41,3	40,5	45,5	41,2	35	34,5	30,3	27,1	25,5	30,4	25,1	21,6	25	18,7	23,4	16,5	17,6	18,7	19,8	20,9
medida 3	43,4	42,5	39,3	40,7	44,3	40,9	34,3	33,1	31,7	27,4	25,4	27,7	24,7	22	22,5	18,5	17,4	10,6	11,7	12,8	13,9	15
medida 4	43,1	42,2	39	38,9	42,5	39,2	32,6	31,9	29,6	27,2	25,5	28,9	23,3	21,5	21,6	17,7	14,2	18,1	19,2	20,3	21,4	22,5
medida 5	43	42,1	38,9	39,6	39,8	39,2	32,7	30,5	28,5	28,1	24	27	23,7	20,9	19,4	16,4	21	10,6	11,7	12,8	13,9	15
<b>promedio</b>	<b>44,0</b>	<b>43,1</b>	<b>42,3</b>	<b>40,1</b>	<b>43,5</b>	<b>40,3</b>	<b>34,2</b>	<b>32,8</b>	<b>30,5</b>	<b>27,5</b>	<b>25,6</b>	<b>28,7</b>	<b>24,4</b>	<b>22,3</b>	<b>22,4</b>	<b>18,0</b>	<b>19,7</b>	<b>14,8</b>	<b>15,9</b>	<b>17,0</b>	<b>18,1</b>	<b>19,2</b>

Fig. 23 Medidas con aire acondicionado

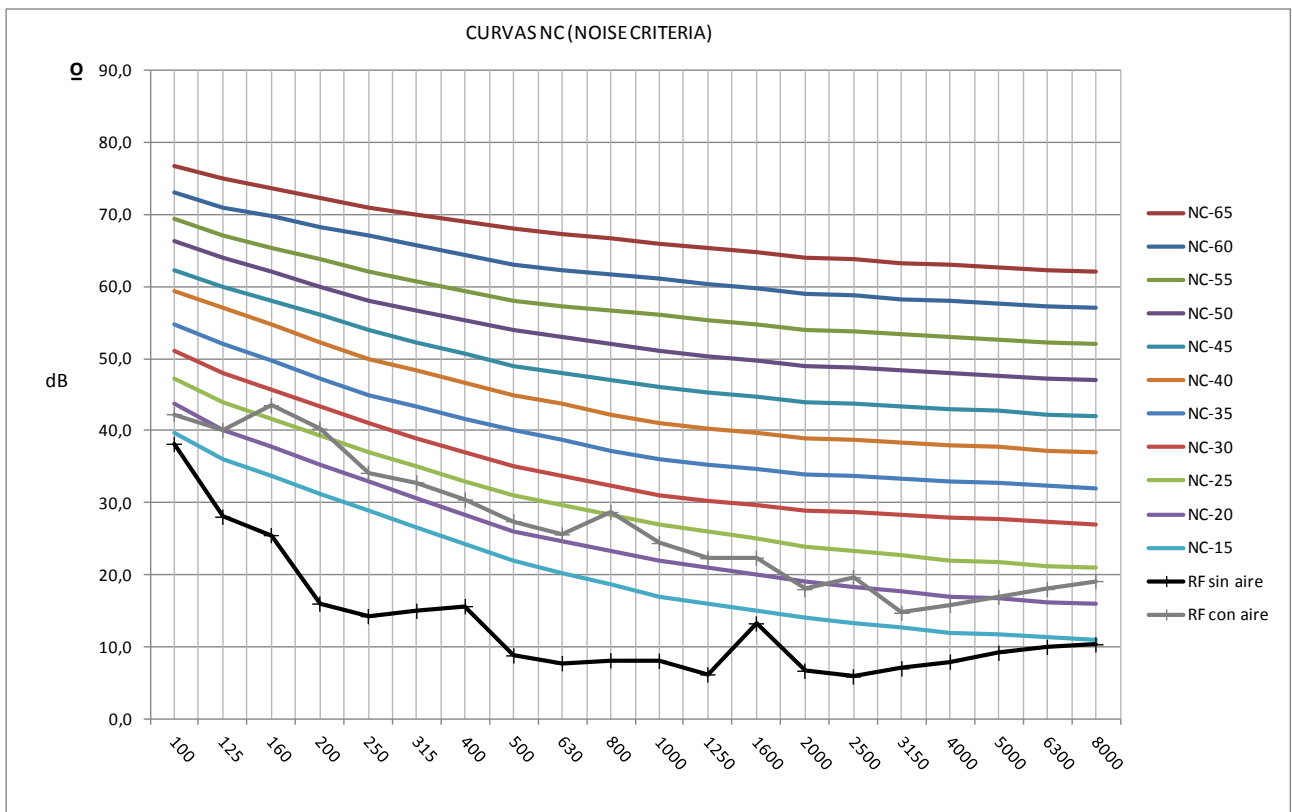


Fig. 24 Curvas NC de la sala

Para la sala sin aire acondicionado se cumple la curva **NC-15** y con aire acondicionado se cumple la curva **NC-30**. Teniendo en cuenta que se recomienda cumplir con la curva NC-20-30 para el uso de salas de conferencia, podemos afirmar que el nivel de ruido de fondo en la sala es **muy bueno**, siendo **excelente** en la situación de aire acondicionado sin funcionar.



## Primeras reflexiones

Al analizar la evolución temporal del sonido reflejado en un punto cualquiera del recinto objeto de estudio, se observan básicamente dos zonas de características notablemente diferenciadas: una primera zona que engloba todas aquellas reflexiones que llegan inmediatamente después del sonido directo, y que reciben el nombre de primeras reflexiones o reflexiones tempranas (“early reflections”), y una segunda formada por reflexiones tardías que constituyen la denominada cola reverberante.

Desde un punto de vista práctico, se suele establecer un límite temporal para la zona de primeras reflexiones de aproximadamente 100 ms desde la llegada del sonido directo, aunque dicho valor varía en cada caso concreto en función de la forma y del volumen del recinto.

La representación gráfica temporal de la llegada de las diversas reflexiones, acompañadas de su nivel energético correspondiente, se denomina ecograma o reflectograma. En la figura 1.28 se representa de forma esquemática la llegada de los diferentes rayos sonoros a un receptor junto con el ecograma asociado, con indicación del sonido directo, la zona de primeras reflexiones y la zona de reflexiones tardías (cola reverberante).

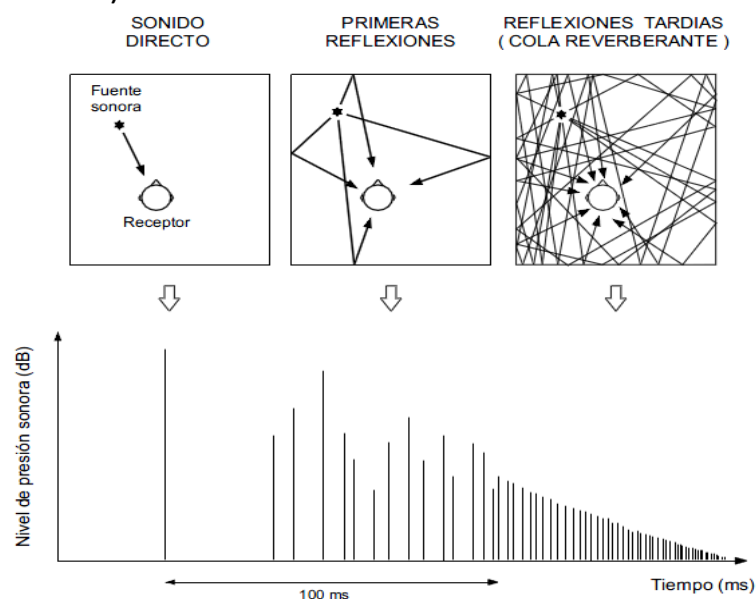


Fig. 25 Ejemplo de ecograma

En nuestra sala, estas primeras reflexiones las proporcionan las distintas superficies reflectantes que encontramos. Estas son las paredes laterales de placas de madera y la concha de escena, también compuesta por placas de madera reflectante.

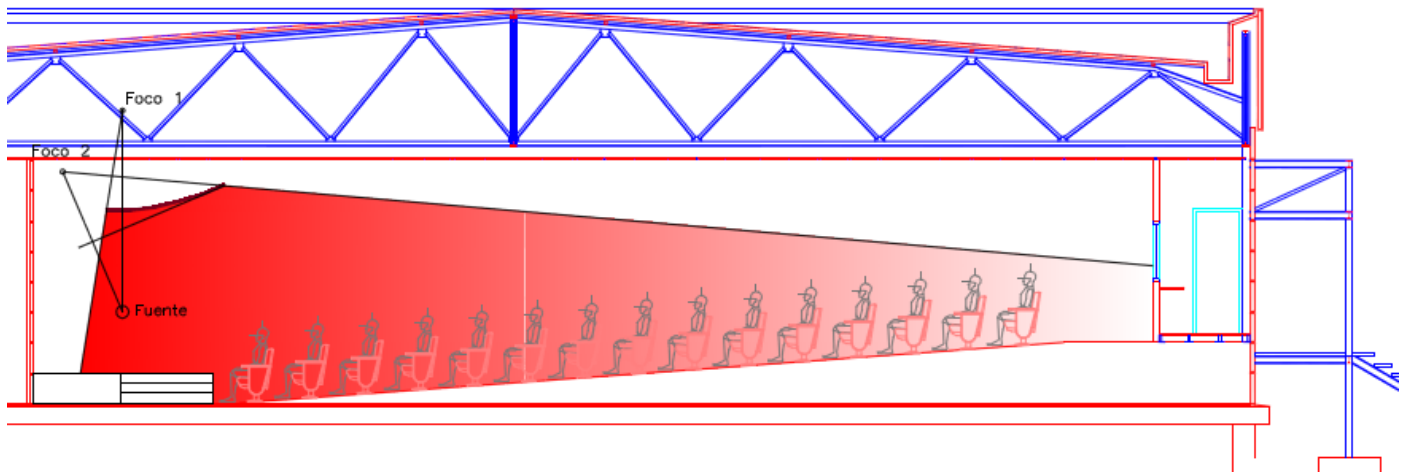


Fig. 26 Reflexión de la concha de escena

Poniendo la fuente en la posición óptima del orador, vemos que la concha de escena, gracias a su curvatura convexa ofrece una primera reflexión que abarca a toda la zona de espectadores



Fig. 27 Concha de escena

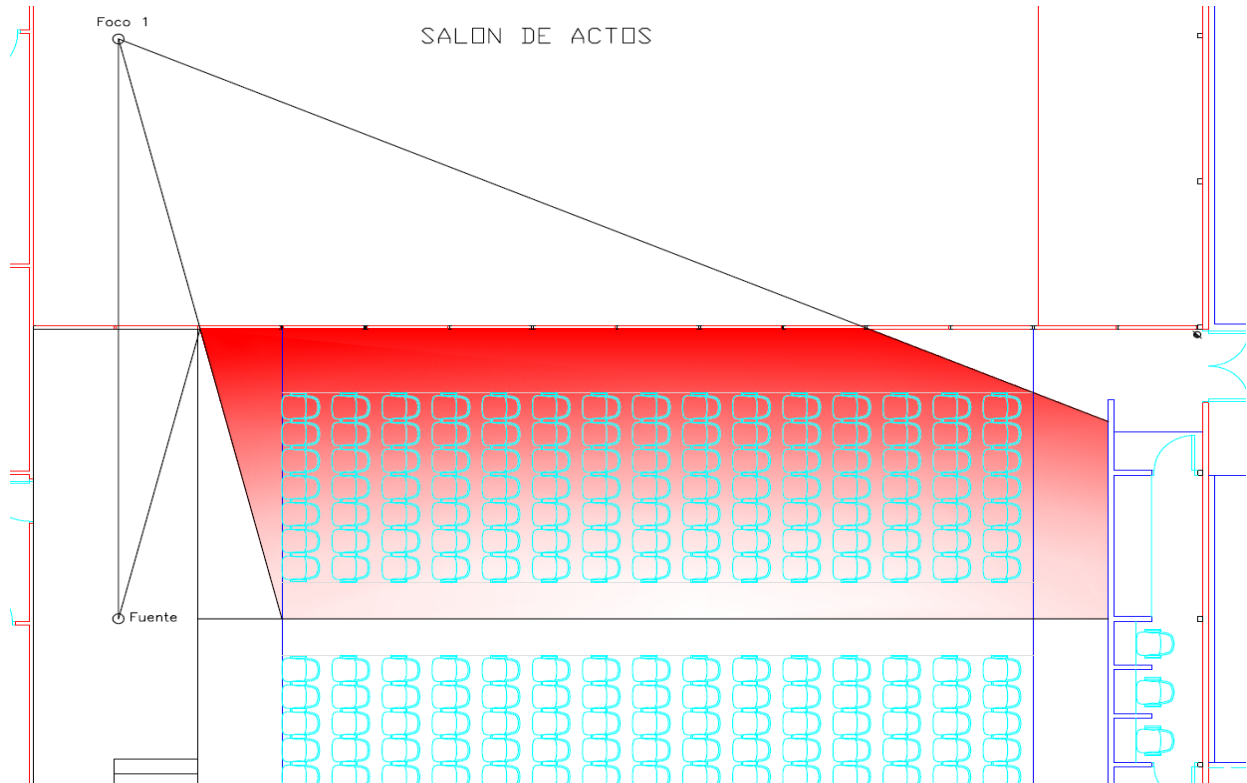


Fig. 28 Reflexión lateral

Las paredes laterales están formadas por paneles de madera sólida fijados entre rastreles metálicos y son totalmente reflectantes. Además en uno de los laterales hay una zona de resonadores de madera, que mejoran aun más la calidad de las reflexiones que llegan al público. Al formar una plataforma totalmente uniforme y horizontal las reflexiones cubren totalmente el área de los espectadores.



Fig. 29 Pared lateral con resonadores de madera

## -ECOGRAMA EN EL CENTRO DE LA SALA

Calculamos el ecograma supuesto en una butaca en el centro de la sala, con una fuente de 50 dB de potencia situada en la posición del orador. En el situaremos el rayo directo que recibe en esa butaca y las primeras reflexiones más importantes. Estas primeras reflexiones serán las de la concha de escena y las de la pared lateral, al ser las superficies mas reflectantes que hay en la sala, que consideraremos con un coeficiente de absorción de 0.05.

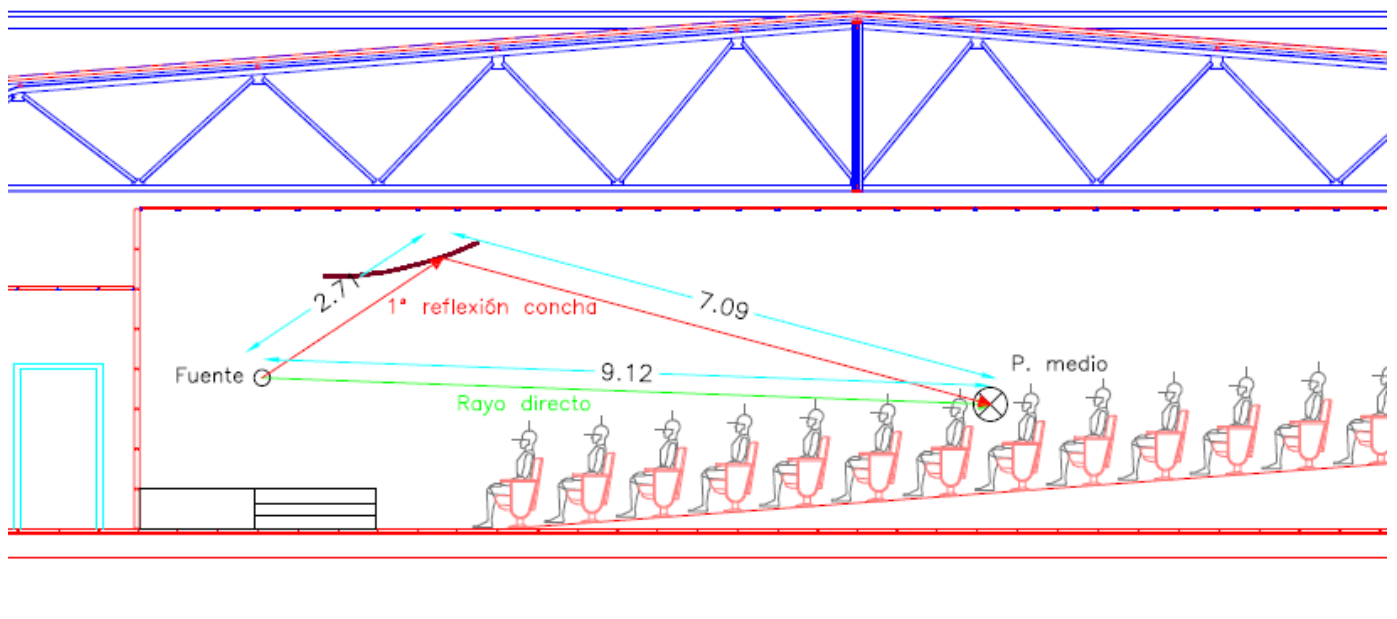


Fig. 30 1ª reflexión de concha de escena

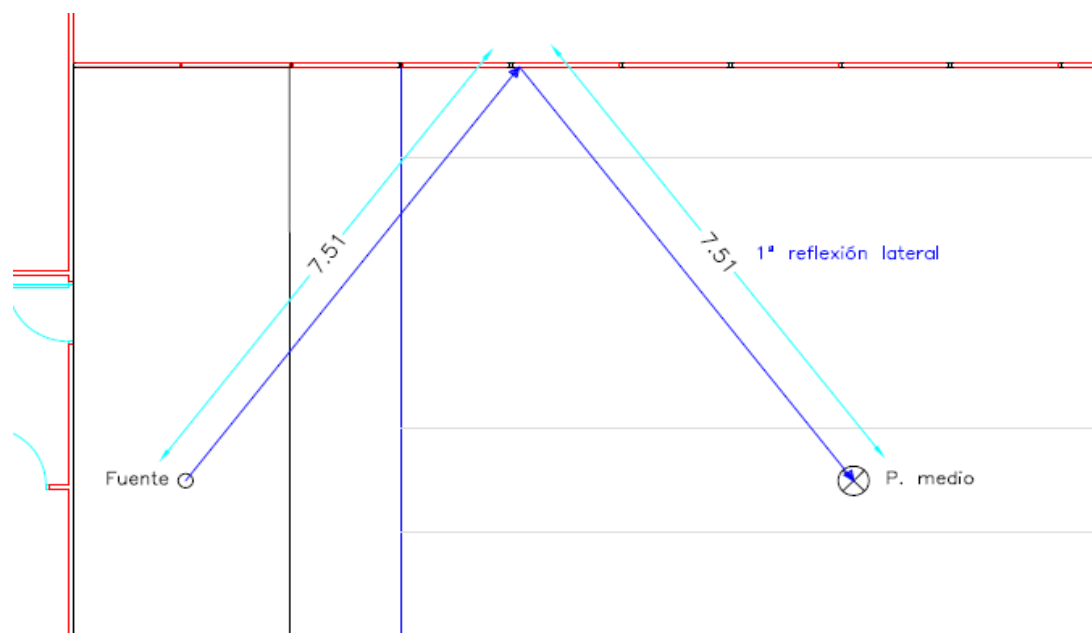


Fig. 31 1ª reflexión lateral

**-Nivel directo**

$$L_d = LW - 11 - 20 \log r = 50 - 11 - 20 \log (9.12) = 19.8 \text{ dB}$$

$$\text{Tiempo de desfase} = 9.12 \text{ m} = 26 \text{ ms}$$

**-Nivel 1ª reflexión concha de escena**

$$L_d = LW - 11 - 20 \log (r_1 + r_2) + 10 \log (1 - \alpha) =$$

$$50 - 11 - 20 \log (2.71 + 7.09) + 10 \log (1 - 0.05) = 18.95 \text{ dB}$$

$$\text{Tiempo de desfase} = (2.71 + 7.09) \text{ m} = 28 \text{ ms}$$

**-Nivel 1ª reflexión lateral**

$$L_d = LW - 11 - 20 \log (r_1 + r_2) + 10 \log (1 - \alpha) =$$

$$50 - 11 - 20 \log (7.51 + 7.51) + 10 \log (1 - 0.05) = 15.24 \text{ dB}$$

$$\text{Tiempo de desfase} = (7.51 + 7.51) \text{ m} = 44 \text{ ms}$$

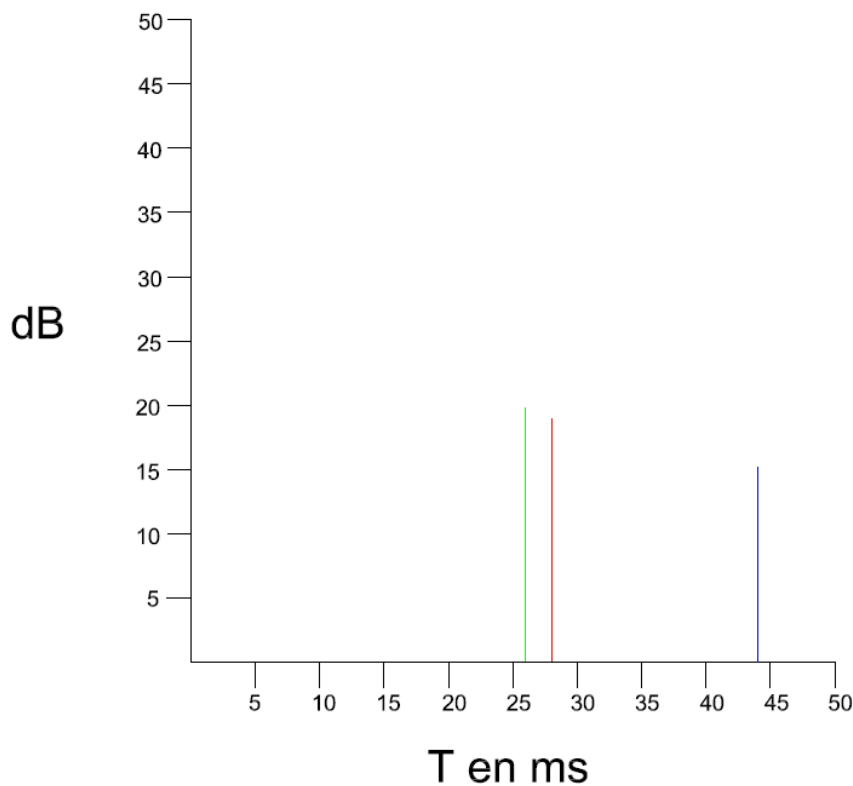


Fig. 32 Ecograma de primeras reflexiones

Todas aquellas reflexiones que llegan a un oyente dentro de los primeros 50 ms desde la llegada del sonido directo son integradas por el oído humano y, en consecuencia, su percepción no es diferenciada respecto al sonido directo. Cuando el sonido emitido es un mensaje oral, tales reflexiones contribuyen a mejorar la inteligibilidad o comprensión del mensaje y, al mismo tiempo, producen un aumento de sonoridad (o sensación de amplitud del sonido).

Por el contrario, la aparición en un punto de escucha de una reflexión de nivel elevado con un retardo superior a los 50 ms es totalmente contraproducente para la obtención de una buena inteligibilidad de la palabra, ya que es percibida como una repetición del sonido directo (suceso discreto). En tal caso, dicha reflexión se denomina eco. El retardo de 50 ms equivale a una diferencia de caminos entre el sonido directo y la reflexión de, aproximadamente, 17 m.

Teniendo esto en cuenta y analizando el ecograma podemos ver como la diferencia entre el sonido directo y las primeras reflexiones de mayor importancia es menor a 50 milisegundos, por lo que no hay riesgo de aparición de ecos.

## Visuales

Uno de los objetivos prioritarios en una sala de conferencias es que el sonido directo que llega a cada espectador no sea obstruido por los espectadores situados delante suyo. Este requerimiento generalmente se cumple si existe una buena visibilidad del escenario. El diseño de las visuales en una sala se basa en la siguiente consideración: los ojos se hallan, como promedio, 100 mm por debajo de la parte más elevada de la cabeza. Por lo tanto, la inclinación del suelo debe ser tal que permita el paso de la visual por encima de la cabeza del espectador situado en la fila inmediatamente anterior.

Realizando las visuales en el perfil de nuestra sala observamos que en las 6 últimas filas de espectadores las visuales no permiten ver de forma directa una distancia de 1.80 m en vertical en la posición de orador:

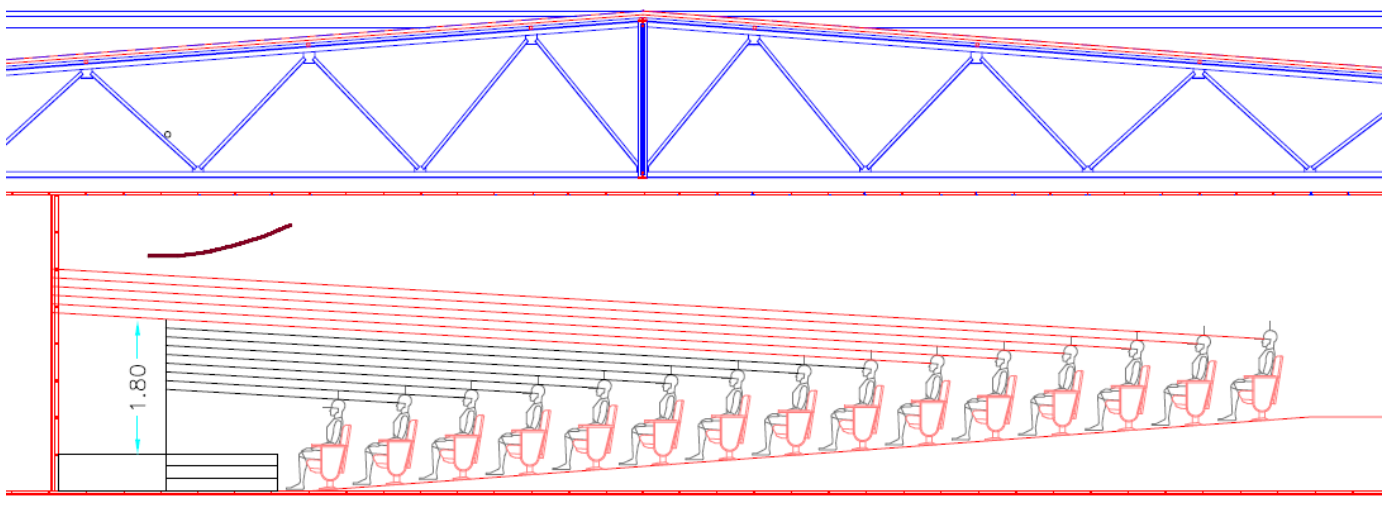


Fig. 33 Visuales del Aula Magna

Esta situación impediría observar de forma adecuada al orador o a una posible pantalla de proyección.

Esta situación se podría corregir colocando las butacas a tresbolillo entre las filas, con lo que la visual que afectaría a cada asiento estaría afectada por el asiento situado dos filas antes, en vez de la colindante:

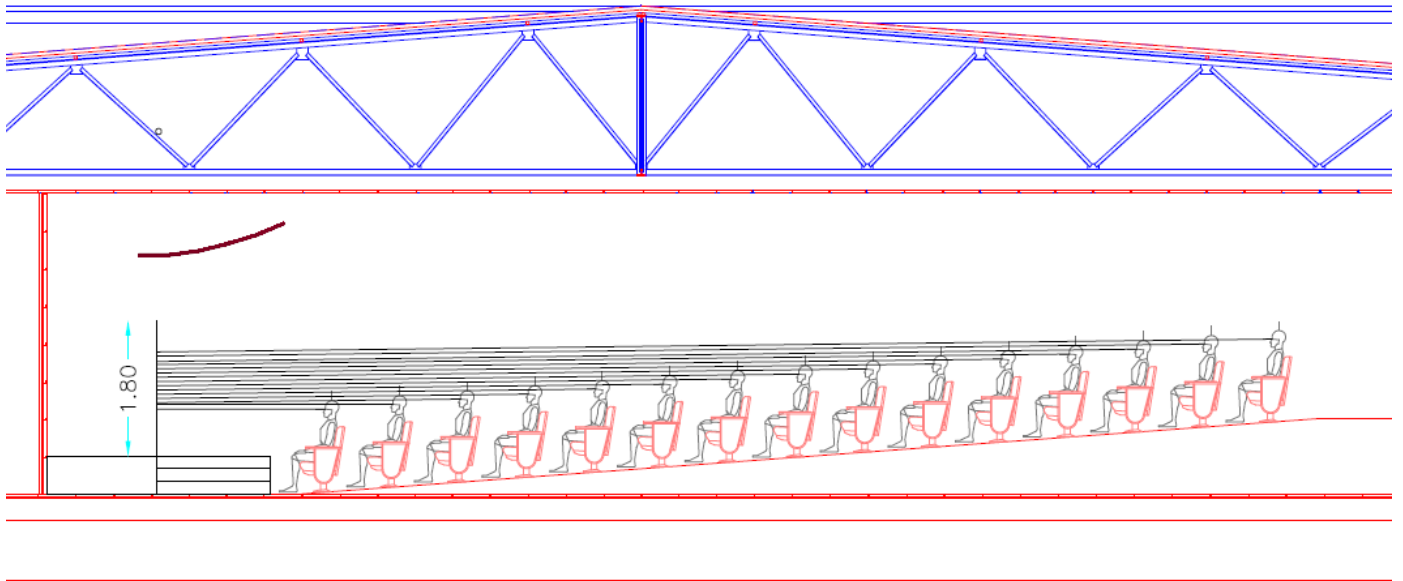


Fig. 34 Visuales del Aula Magna con modificación de butacas



## Inteligibilidad de la palabra: STI

---

Existe un parámetro capaz permite cuantificar el grado de inteligibilidad de la palabra. La comprensión de la palabra, o sea la inteligibilidad es directamente dependiente del nivel y características del ruido de fondo, del tiempo de reverberación y de otras características del recinto. Dicho parámetro se denomina STI (“Speech Transmission Index”) y su valor oscila entre 0 (inteligibilidad nula) y 1 (inteligibilidad total). Este es uno de los parámetros que nos proporciona el programa informático DIRAC con las mediciones realizadas in situ en la sala. El programa nos ofrece el STI tanto para la voz masculina como la femenina. En la siguiente tabla se muestra la valoración subjetiva de la inteligibilidad de la palabra:

STI / RASTI	VALORACIÓN SUBJETIVA
0,88 - 1	Excelente
0,66 – 0,86	Buena
0,50 – 0,64	Aceptable
0,36 – 0,49	Pobre
0,24 – 0,34	Mala

Fig. 35 Recomendaciones de valores de STI

Estos son los valores de STI extraídos de las mediciones realizadas:

	STI masculino	STI femenino
medida 1	0,83	0,85
medida 2	0,70	0,71
medida 3	0,73	0,74
medida 4	0,73	0,73
medida 5	0,65	0,65
medida 6	0,77	0,78
medida 7	0,65	0,65
medida 8	0,73	0,74
medida 9	0,67	0,67
medida 10	0,78	0,72
medida 11	0,80	0,74
medida 12	0,87	0,80
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,74</b>	<b>0,73</b>

Fig. 36 Valores de STI del Aula Magna

Podemos ver que en nuestra sala hay una inteligibilidad de palabra **“Buena”** tanto para voz masculina como para femenina, ya que prácticamente en todas las zonas del público, y en la media de todas ellas nos da un valor  $> 0.66$ .

## Claridad de la voz (C50)

---

La claridad de la voz C50 se define como la relación entre la energía sonora que llega al oyente durante los primeros 50 ms desde la llegada del sonido directo (incluye el sonido directo y las primeras reflexiones) y la que le llega después de los primeros 50 ms. Se calcula en cada banda de frecuencias entre 125 Hz y 4 kHz. El C50 se expresa en escala logarítmica:

$$C_{50} = \frac{\text{Energía hasta 50 ms}}{\text{Energía a partir de 50 ms}} \text{ (en dB)}$$

Según L.G. Marshall, el valor representativo de C50 se calcula como media aritmética ponderada de los valores correspondientes a las bandas de 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz y 4 kHz, y recibe el nombre de “speech average”. Los factores de ponderación son: 15%, 25%, 35% y 25%, respectivamente, de acuerdo con la contribución estadística aproximada de cada banda a la inteligibilidad de la palabra:

$$C50 \text{ (“speech average”)} = 0,15 \cdot C50 (500 \text{ Hz}) + 0,25 \cdot C50 (1 \text{ kHz}) + 0,35 \cdot C50 (2 \text{ kHz}) + 0,25 \cdot C50 (4 \text{ kHz})$$

El valor recomendado de C50 (“speech average”) correspondiente a cada punto de una sala ocupada debe verificar:

$$-C50 \text{ (“speech average”)} > 2 \text{ dB}$$

Cuanto más elevado sea dicho valor, mejor será la inteligibilidad de la palabra y la sonoridad en el punto considerado.

Estos son los valores de claridad de la palabra C5 obtenidos con las mediciones in situ y el “speech average” que extrae de ellos.

Frec. (Hz)	med1	med2	med3	med4	med5	med6	med7	med8	med9	med10	med11	med12	C50
100	3,89	0,00	2,13	2,13	-1,40	2,50	-7,53	-2,50	-3,27	-2,31	-0,87	4,32	-0,17
125	4,10	1,40	7,53	4,32	2,50	1,94	-4,10	-0,70	0,17	0,87	1,22	8,26	1,94
160	4,10	-1,40	6,59	5,01	2,69	8,26	2,50	-4,32	1,40	0,00	-2,13	2,88	1,94
200	11,23	0,70	5,01	4,54	4,54	4,54	2,69	1,76	8,26	2,31	5,01	0,87	3,89
250	8,65	3,68	1,94	5,75	5,50	6,02	2,69	0,00	-0,52	2,88	6,59	6,30	3,89
315	8,65	4,32	-0,70	4,10	5,25	3,08	3,89	1,40	4,54	-1,58	0,17	2,88	2,88
400	6,59	4,54	3,08	2,13	6,89	2,69	4,32	3,47	4,10	-0,87	1,94	2,13	3,27
500	7,53	4,54	5,25	3,47	5,25	2,88	2,31	4,77	5,50	5,01	4,10	0,52	4,10
630	9,08	-2,31	4,32	3,08	5,75	6,59	3,47	5,75	4,32	1,94	4,54	0,00	3,47
800	7,88	4,54	5,50	2,88	3,27	3,47	5,75	7,20	5,25	3,08	5,25	5,01	4,77
1k	7,53	5,50	3,08	6,59	5,25	1,22	2,13	4,10	2,31	4,32	3,08	2,88	3,89
1,25k	9,54	5,01	5,01	5,25	3,47	4,32	-0,35	4,10	3,27	3,89	5,50	3,27	4,10
1,6k	7,20	4,10	5,25	6,02	2,69	5,25	1,40	3,89	3,08	3,47	2,69	6,02	4,10
2k	8,65	4,54	4,77	4,10	1,22	7,20	2,13	5,25	1,94	1,94	3,89	7,88	4,32
2,5k	7,20	4,54	5,25	7,20	0,00	7,53	4,32	5,75	4,32	5,50	5,50	6,89	5,25
3,15k	11,23	5,75	8,65	6,59	-3,08	9,08	1,05	9,08	3,89	9,54	5,01	8,65	5,50
4k	16,90	4,77	9,54	6,59	1,22	11,23	2,50	8,65	4,32	8,65	6,02	11,23	6,59

Fig. 37 Valores de C50 en el Aula Magna

C50 (speech average) =  $0.15 \cdot 4.1 + 0.25 \cdot 3.89 + 0.35 \cdot 4.32 + 0.25 \cdot 6.59 = 4.74$

Obtenemos un valor superior a 2, con lo que la sonoridad y la inteligibilidad de la palabra **acceptable**.

## Definición (D50)

Según Thiele, la definición D (del alemán “Deutlichkeit”) es la relación entre la energía que llega al oyente dentro de los primeros 50 ms desde la llegada del sonido directo (incluye el sonido directo y las primeras reflexiones) y la energía total recibida por el mismo. Se calcula en cada banda de frecuencias entre 125 Hz y 4 kHz:

$$D = \frac{\text{Energía hasta 50 ms}}{\text{Energía total}}$$

El valor de dicho parámetro para cada punto de una sala ocupada, y en cada banda de frecuencias, debe cumplir:

$$D > 0,50$$

Cuanto más elevado sea dicho valor, mejor será la inteligibilidad de la palabra y la sonoridad en el punto considerado de la sala. El valor de D varía en función de la posición del actor respecto a la sala. La situación óptima se da cuando se sitúa frontalmente, y va empeorando a medida que realiza una rotación. El diseño de un recinto destinado a la palabra ha de encaminarse hacia la obtención de la máxima invariabilidad de este parámetro con independencia de la posición del actor en el escenario.

Estos son los valores obtenidos para la definición en cada banda de frecuencia

Frec. (Hz)	med1	med2	med3	med4	med5	med6	med7	med8	med9	med10	med11	med12	D50
100	0,71	0,5	0,62	0,62	0,42	0,64	0,15	0,36	0,32	0,37	0,45	0,73	0,49
125	0,72	0,58	0,85	0,73	0,64	0,61	0,28	0,46	0,51	0,55	0,57	0,87	0,61
160	0,72	0,42	0,82	0,76	0,65	0,87	0,64	0,27	0,58	0,5	0,38	0,66	0,61
200	0,93	0,54	0,76	0,74	0,74	0,74	0,65	0,6	0,87	0,63	0,76	0,55	0,71
250	0,88	0,7	0,61	0,79	0,78	0,8	0,65	0,5	0,47	0,66	0,82	0,81	0,71
315	0,88	0,73	0,46	0,72	0,77	0,67	0,71	0,58	0,74	0,41	0,51	0,66	0,66
400	0,82	0,74	0,67	0,62	0,83	0,65	0,73	0,69	0,72	0,45	0,61	0,62	0,68
500	0,85	0,74	0,77	0,69	0,77	0,66	0,63	0,75	0,78	0,76	0,72	0,53	0,72
630	0,89	0,37	0,73	0,67	0,79	0,82	0,69	0,79	0,73	0,61	0,74	0,5	0,69
800	0,86	0,74	0,78	0,66	0,68	0,69	0,79	0,84	0,77	0,67	0,77	0,76	0,75
1k	0,85	0,78	0,67	0,82	0,77	0,57	0,62	0,72	0,63	0,73	0,67	0,66	0,71
1,25k	0,9	0,76	0,76	0,77	0,69	0,73	0,48	0,72	0,68	0,71	0,78	0,68	0,72
1,6k	0,84	0,72	0,77	0,8	0,65	0,77	0,58	0,71	0,67	0,69	0,65	0,8	0,72
2k	0,88	0,74	0,75	0,72	0,57	0,84	0,62	0,77	0,61	0,61	0,71	0,86	0,73
2,5k	0,84	0,74	0,77	0,84	0,5	0,85	0,73	0,79	0,73	0,78	0,78	0,83	0,77
3,15k	0,93	0,79	0,88	0,82	0,33	0,89	0,56	0,89	0,71	0,9	0,76	0,88	0,78
4k	0,98	0,75	0,9	0,82	0,57	0,93	0,64	0,88	0,73	0,88	0,8	0,93	0,82

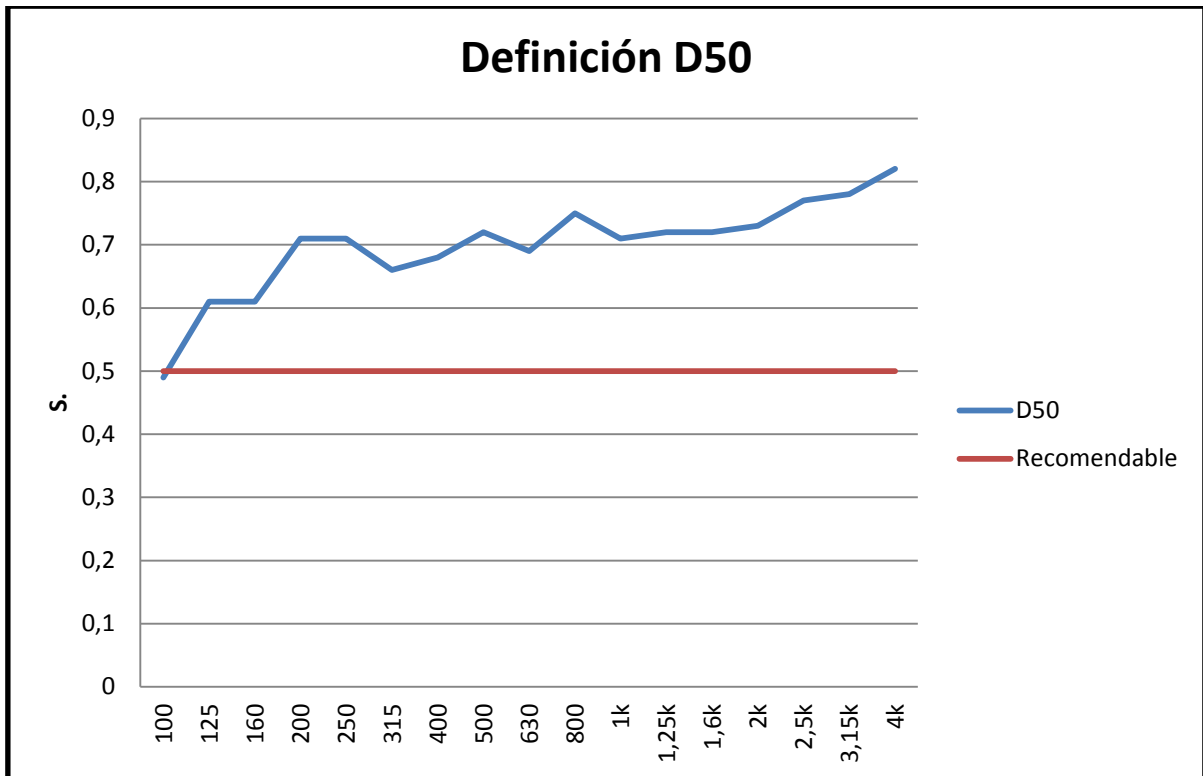


Fig. 38 Curva de valores de D50

Podemos observar que en todas las frecuencias obtenemos un valor **aceptable** de definición de la palabra.

## EDT (early decay time)

**Early decay time** es una de las formas de medida existentes para determinar el descenso en dB SPL que hace una señal sonora en una sala desde el momento en que la fuente sonora que la produce deja de emitir sonido. El EDT es el RT60 (o tiempo de reverberación) resultante de interpolar una recta entre los puntos a 0 dB y -10 dB del decay de la respuesta del recinto. Se calcula multiplicando por seis, el tiempo que transcurre en caer 10 dB el nivel de presión sonora, desde que la fuente deja de emitir.

El EDT es un parámetro muy relacionado con TR (tiempo de reverberación), con la salvedad de que EDT mide la reverberación

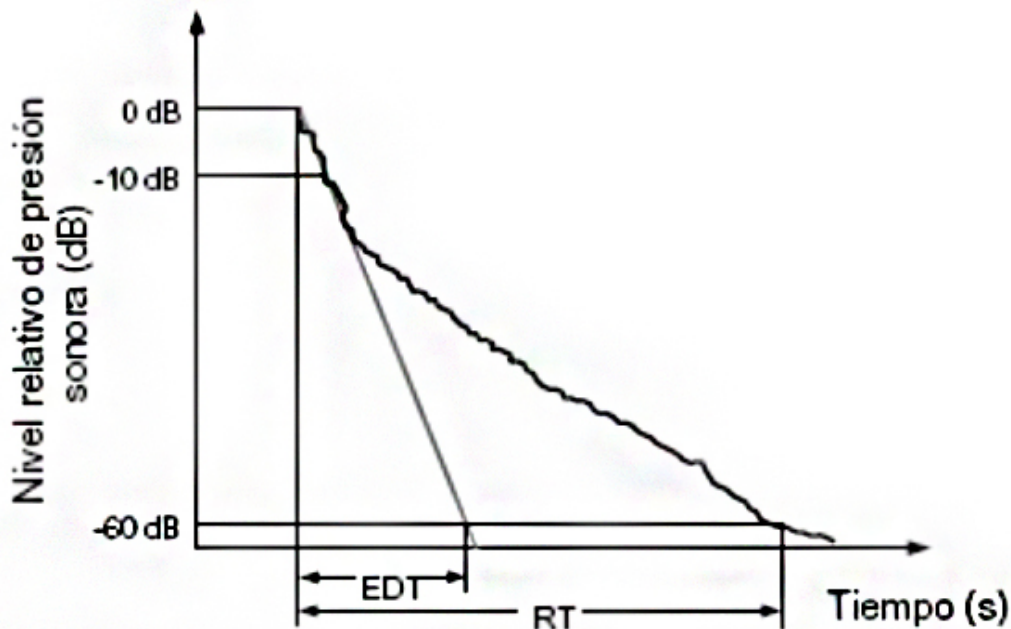


Fig. 39 Ejemplo de curva EDT

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

Al igual que para el tiempo de reverberación, existen valores recomendados para EDT. Así, para asegurar una correcta difusión del

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

$$EDT_{mid} \approx RT_{mid}$$

Dicha situación se producirá solamente en el caso hipotético de que existiese una perfecta difusión del sonido en el recinto producida por una distribución homogénea y uniforme de los materiales.

Un menor valor de EDT respecto al TR, indicará que la sala resultará, a nivel subjetivo, más apagada de lo que se deduciría del valor de TR.

Estos son los valores de EDT obtenidos in situ con la sala vacía:

Frec. (Hz)	med1	med2	med3	med4	med5	med6	med7	med8	med9	med10	med11	med12	EDT
100	0,25	0,48	0,38	0,22	0,91	0,31	0,97	0,23	0,69	0,39	0,52	0,46	0,48
125	0,71	1,18	0,23	0,77	0,97	0,87	0,98	0,68	0,86	0,72	1,09	0,35	0,78
160	1,37	0,52	0,35	0,65	0,99	0,37	0,64	0,66	0,76	0,43	0,40	0,43	0,63
200	0,14	0,64	0,28	0,38	0,70	0,38	0,45	0,48	0,35	0,42	0,49	0,38	0,42
250	0,34	0,46	0,60	0,56	0,58	0,44	0,49	0,60	0,52	0,65	0,48	0,39	0,51
315	0,34	0,65	1,12	0,79	0,65	0,55	0,50	0,61	0,58	0,71	0,84	0,75	0,67
400	0,66	0,33	0,56	0,82	0,55	0,73	0,80	0,57	0,50	0,66	0,78	0,89	0,65
500	0,77	0,67	0,47	0,78	0,48	0,68	0,70	0,72	0,64	0,46	0,77	0,84	0,67
630	0,53	0,77	0,58	0,70	0,75	0,89	0,62	0,47	0,61	0,58	0,64	0,80	0,66
800	0,45	0,61	0,54	0,82	0,86	0,86	0,77	0,61	0,67	0,78	0,50	0,47	0,66
1k	0,55	0,54	0,59	0,60	0,74	0,78	0,83	0,93	0,91	0,67	0,92	0,95	0,75
1,25k	0,57	0,69	0,79	0,79	0,80	0,91	0,72	0,87	0,73	0,74	0,60	0,82	0,75
1,6k	0,63	0,60	0,69	0,66	0,79	0,79	0,75	0,87	0,80	0,69	0,81	0,67	0,73
2k	0,54	0,76	0,68	0,80	0,90	0,71	0,98	0,88	0,85	0,74	0,77	0,38	0,75
2,5k	0,96	0,70	0,81	0,43	0,81	0,75	0,81	0,93	0,84	0,59	0,63	0,72	0,75
3,15k	0,70	0,68	0,44	0,72	0,77	0,70	0,91	0,59	0,96	0,43	0,73	0,59	0,68

Fig. 40 Valores de EDT del Aula Magna



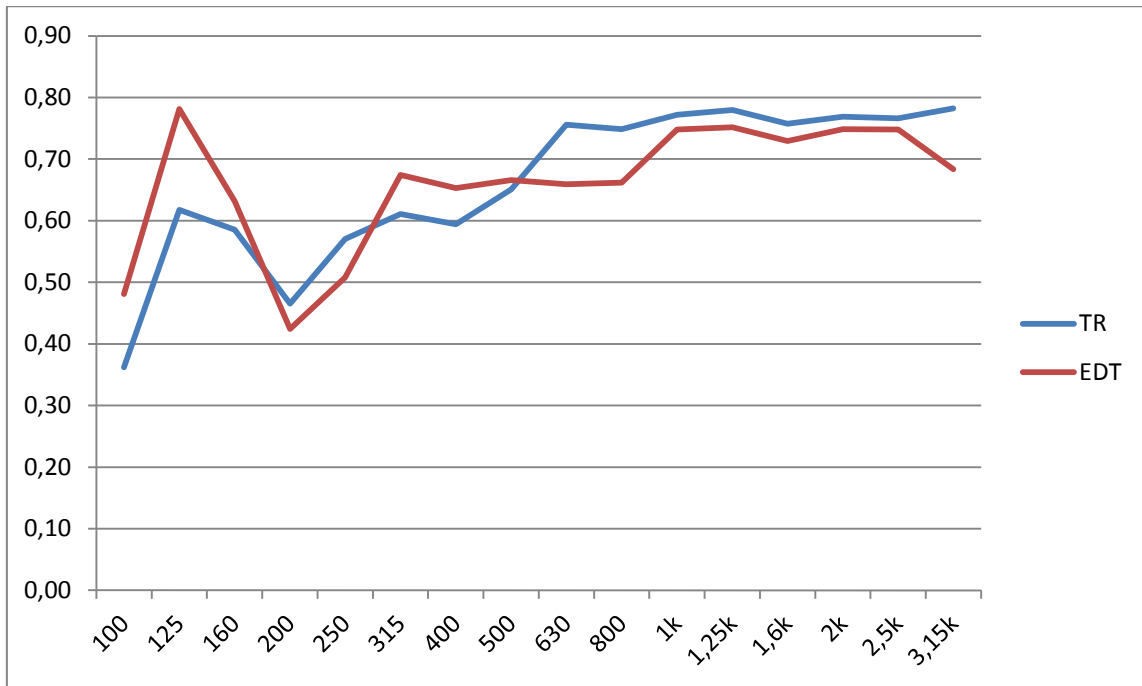


Fig. 41 Curvas de EDT y TR del Aula Magna

La media aritmética de los valores de EDT para las frecuencias de 500 y 1000 Hz es igual a **0,71s**. Comparándolo con el valor de tiempo de reverberación obtenido in situ anteriormente, que era igual a **0.72 s.**, y con las curvas tonales de los dos parámetros, podemos observar como el EDT es bastante similar al tiempo de reverberación, lo que nos indica que existe una **buena difusión** del sonido y que hay una distribución de los materiales **homogénea y uniforme**.

## Simulación Acústica

Los primeros programas de simulación acústica, aparecidos a principios de los 80, eran muy limitados por lo que a prestaciones se refiere. Los resultados numéricos obtenidos eran únicamente útiles a título orientativo y, además, los cálculos realizados eran muy lentos. El continuo perfeccionamiento de los mismos, así como la mayor capacidad y velocidad de cálculo de los ordenadores, ha permitido disponer en la actualidad de unas herramientas que facilitan enormemente el diseño de cualquier tipo de recintos. Mediante su utilización es posible calcular, con un grado de aproximación elevado y de forma mucho más rápida, todos aquellos parámetros considerados más representativos de la calidad acústica de un recinto cualquiera. En nuestro caso hemos utilizado el programa de simulación acústica que se utiliza en el departamento de acústica de la escuela. En el analizaremos mediante el apoyo gráfico que nos proporciona el programa diferentes parámetros de la sala.

Realizando el modelo de la sala en 3D, colocamos una fuente sonora virtual en la posición del orador en el escenario con una potencia de 90 dB. Los materiales, al igual que en el cálculo matemático del tiempo de reverberación, son aproximaciones de la situación real.

Para la posición central de la sala obtenemos el siguiente ecograma:

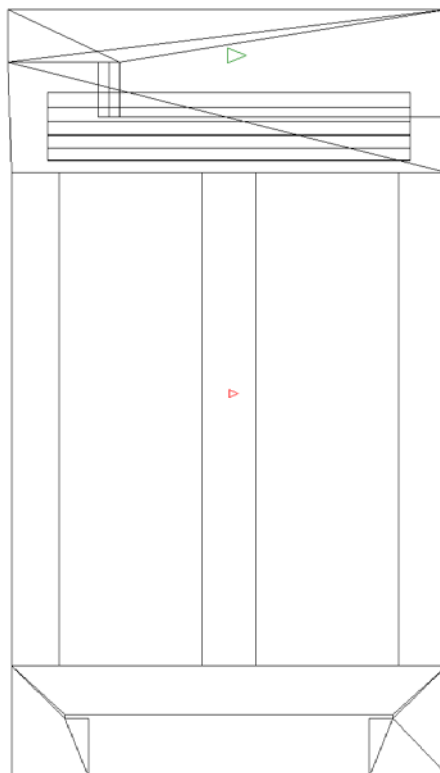


Fig. 42 Planta de posición de fuente y receptor virtual

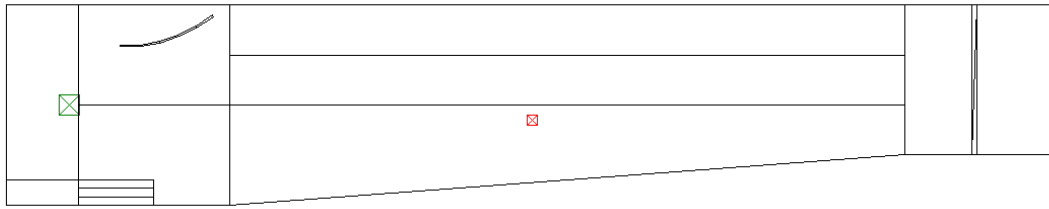


Fig. 43 Sección de posición de fuente y receptor virtual

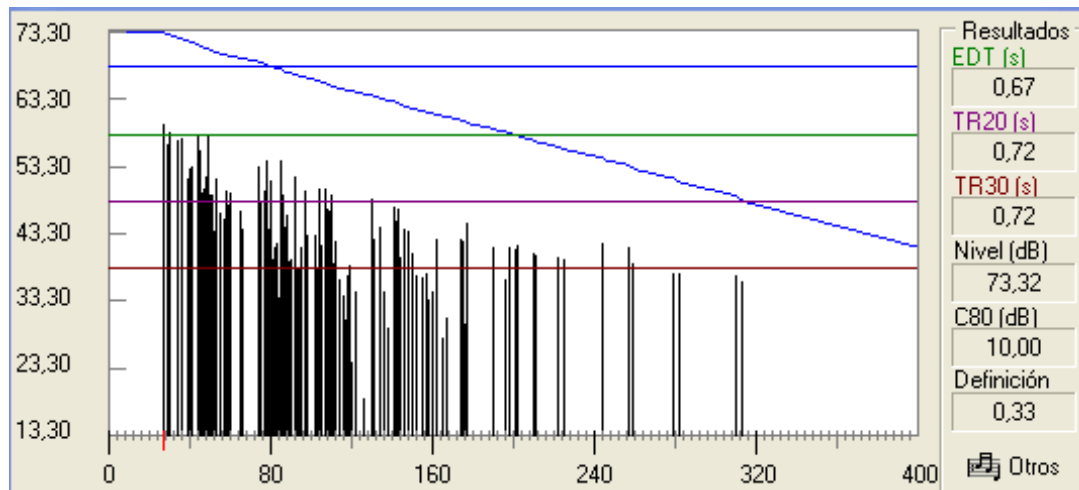


Fig. 44 Ecograma de la simulación virtual

Podemos observar que los grupos de reflexiones de mayor importancia no difieren entre sí mas de 50 ms, por lo que no se apreciaría eco.

## -MAPA DE NIVELES

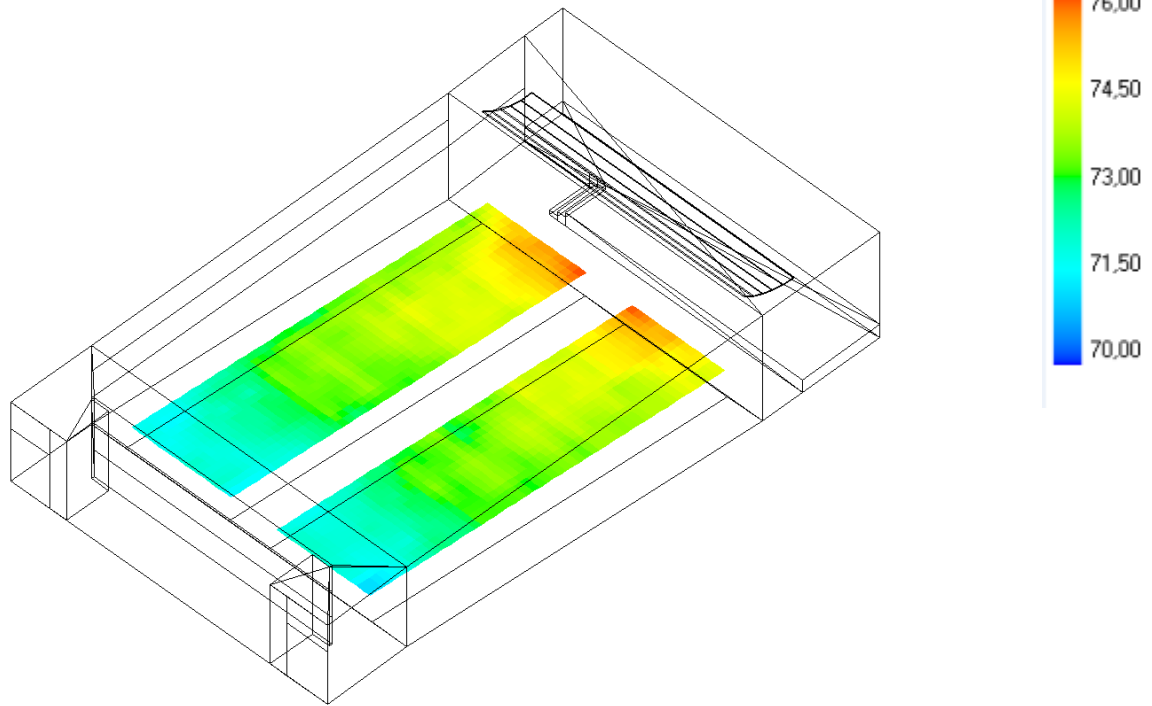


Fig. 45 Mapa de niveles 125 Hz

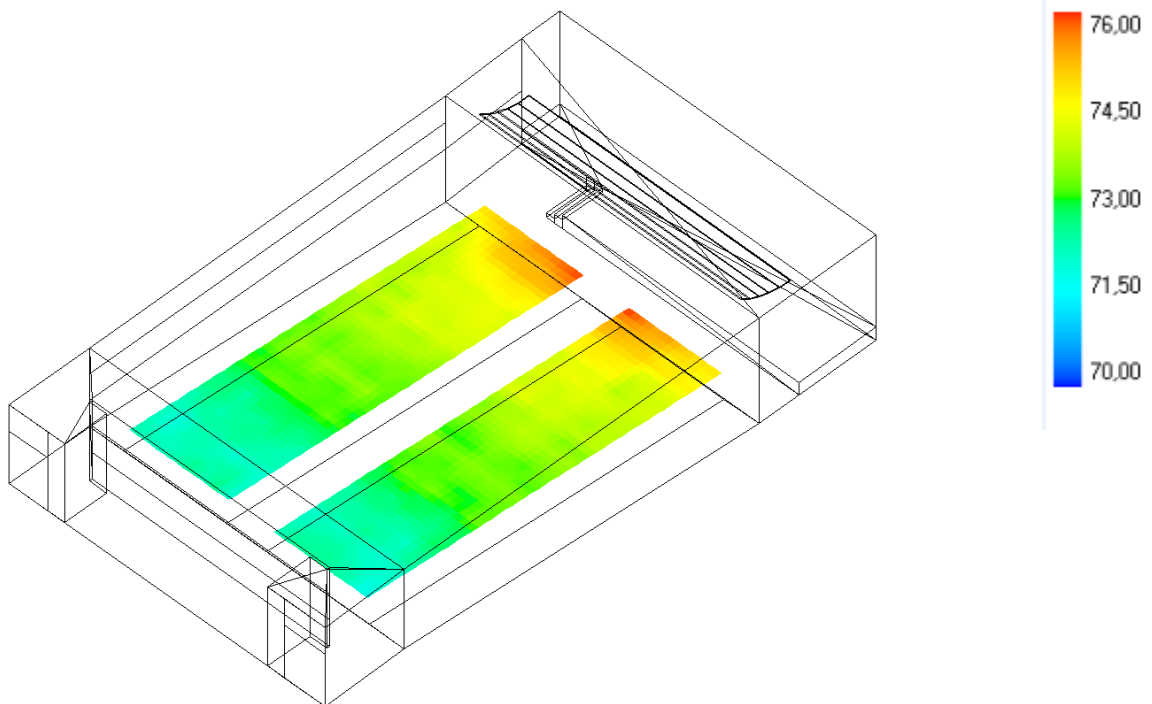


Fig. 46 Mapa de niveles 250 Hz

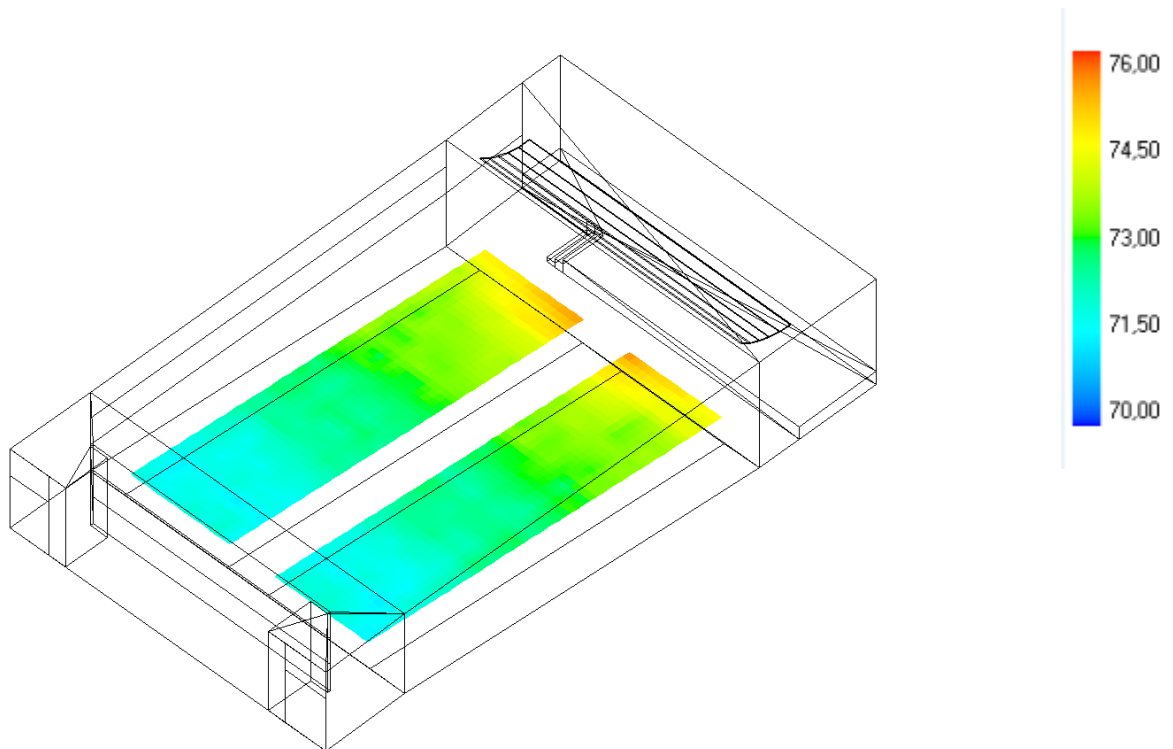


Fig. 47 Mapa de niveles 500 Hz

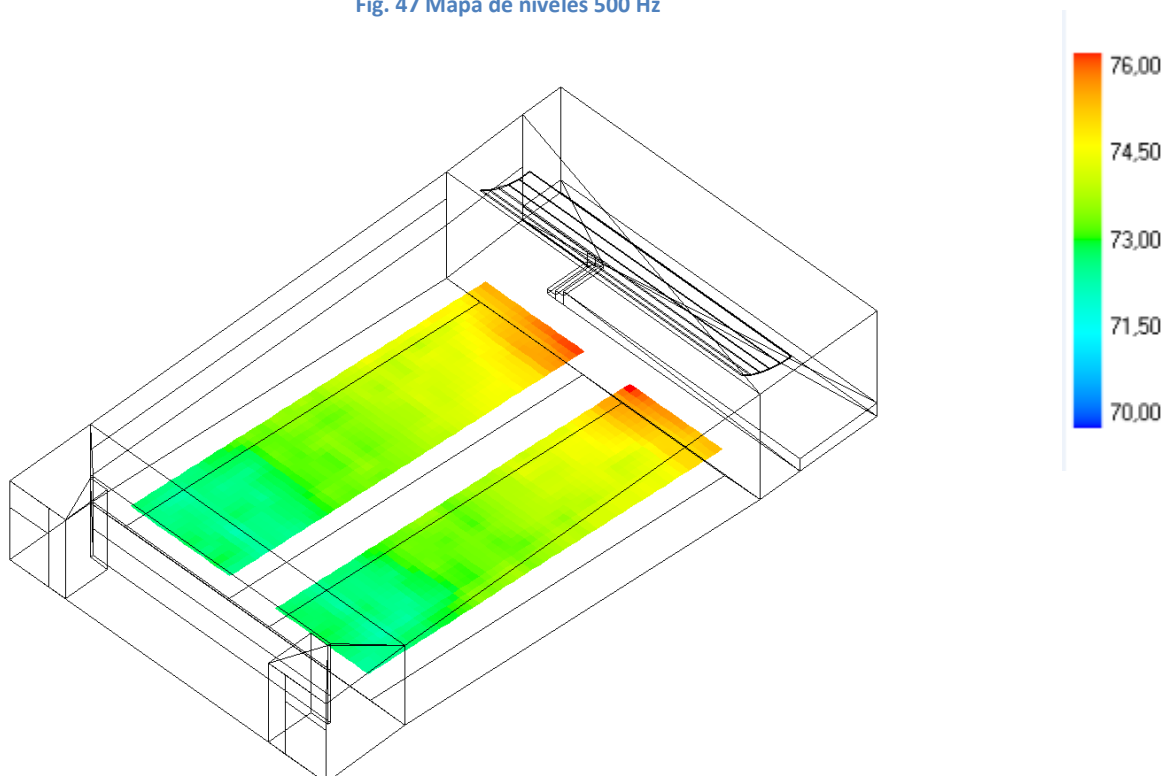


Fig. 48 Mapa de niveles 1000 Hz

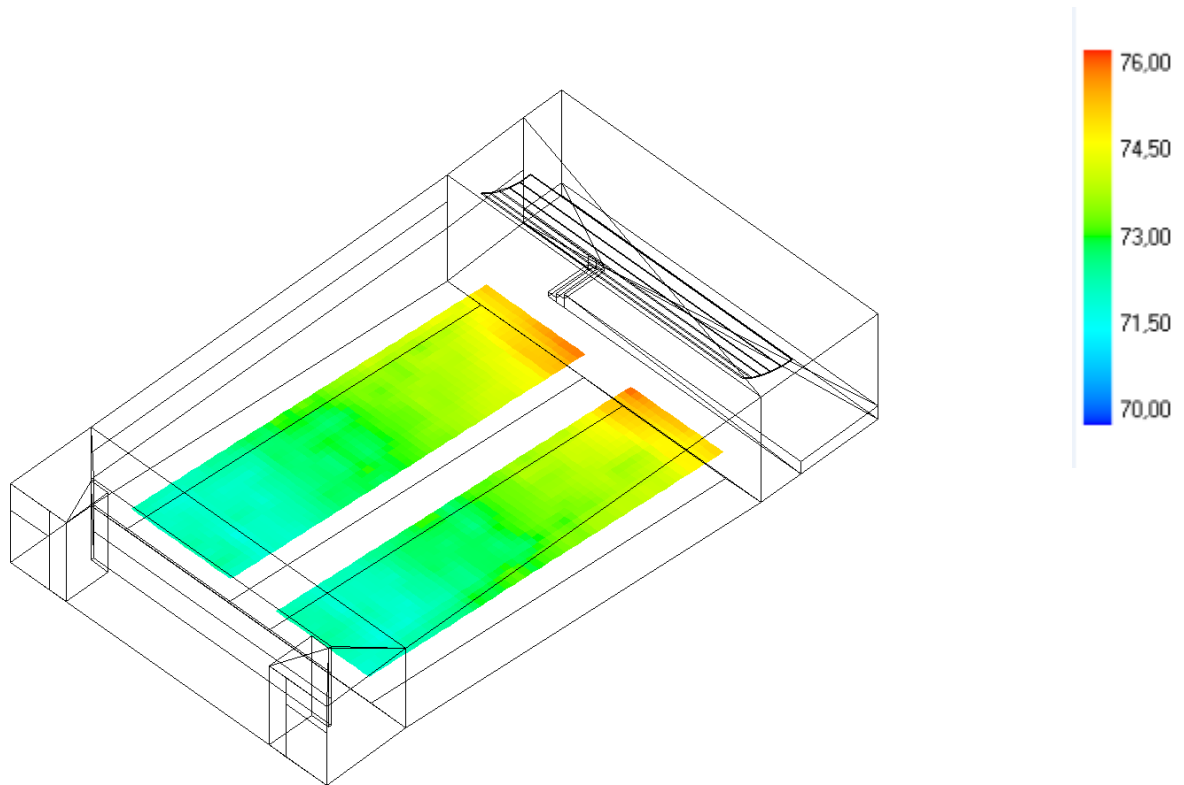


Fig. 49 Mapa de niveles 2000 Hz

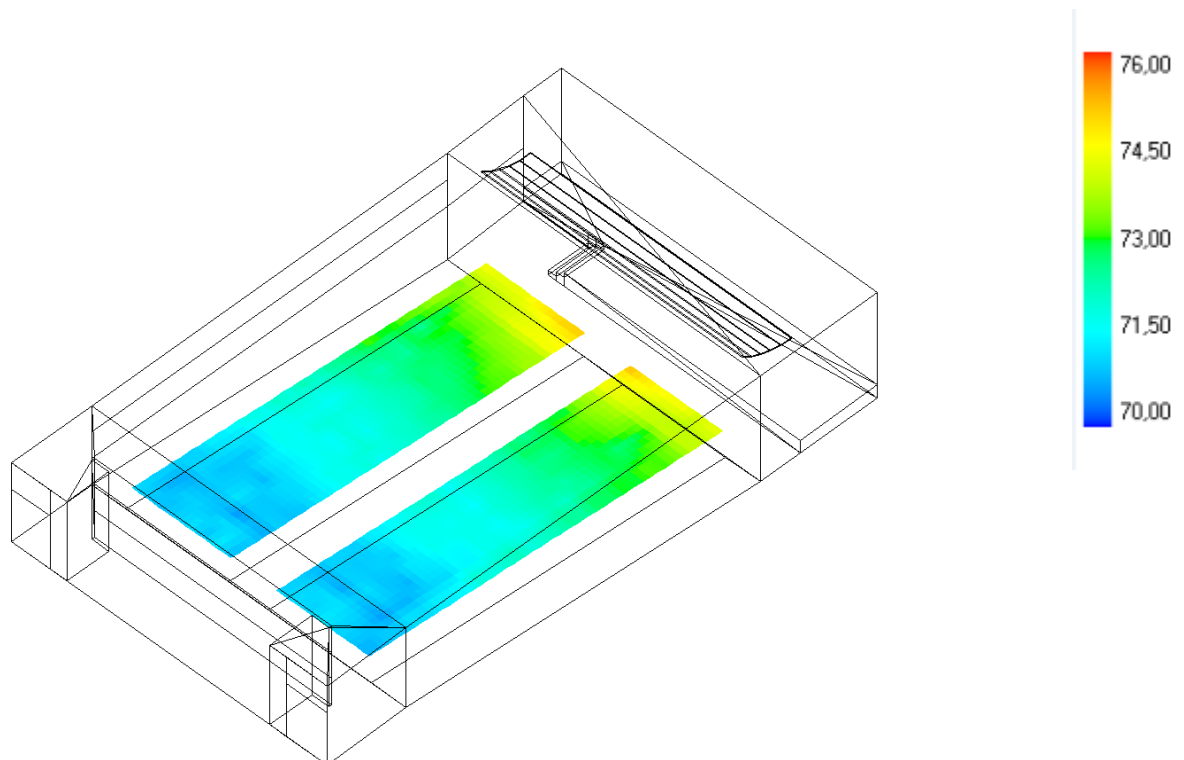


Fig. 50 Mapa de niveles 4000 Hz

Vemos que para las frecuencias en las que se sitúa la voz humana (1000 y 2000 Hz) hay una distribución de niveles más o menos homogénea, situando la diferencia en un baremo de 3 dB. En las zonas de las últimas filas la diferencia llega a situarse a no más de 5 dB, lo que tampoco supone una diferencia relevante.

### -MAPAS EDT

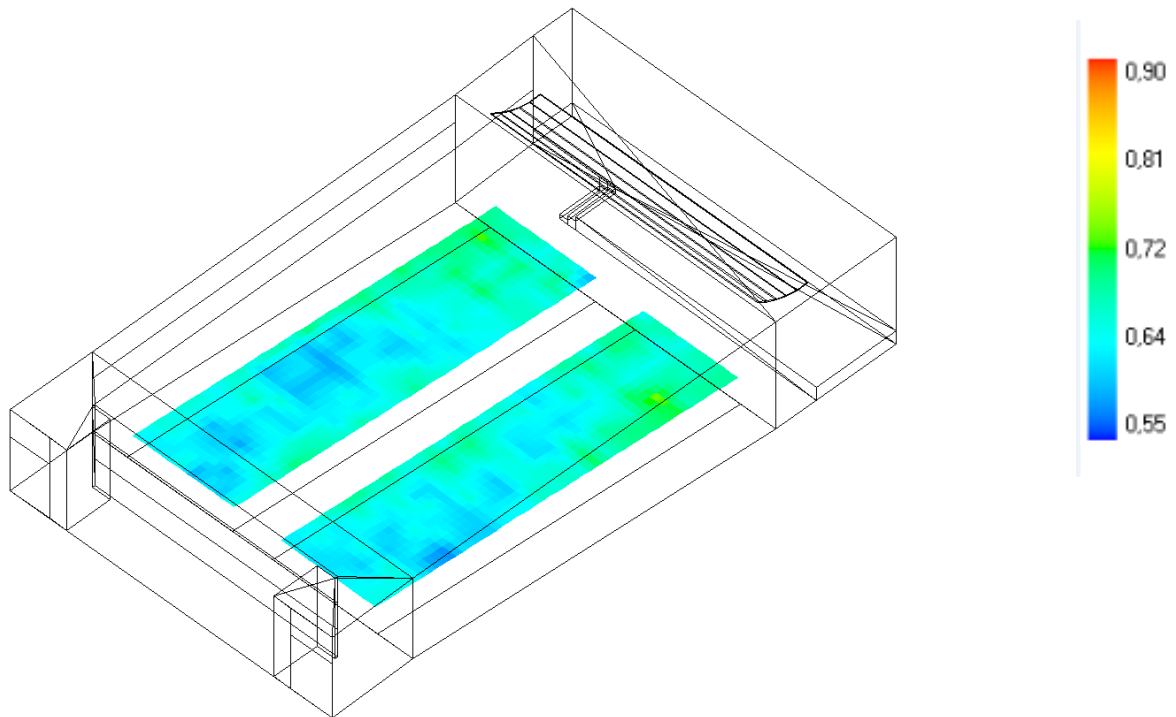


Fig. 51 Mapa de EDT 125 Hz

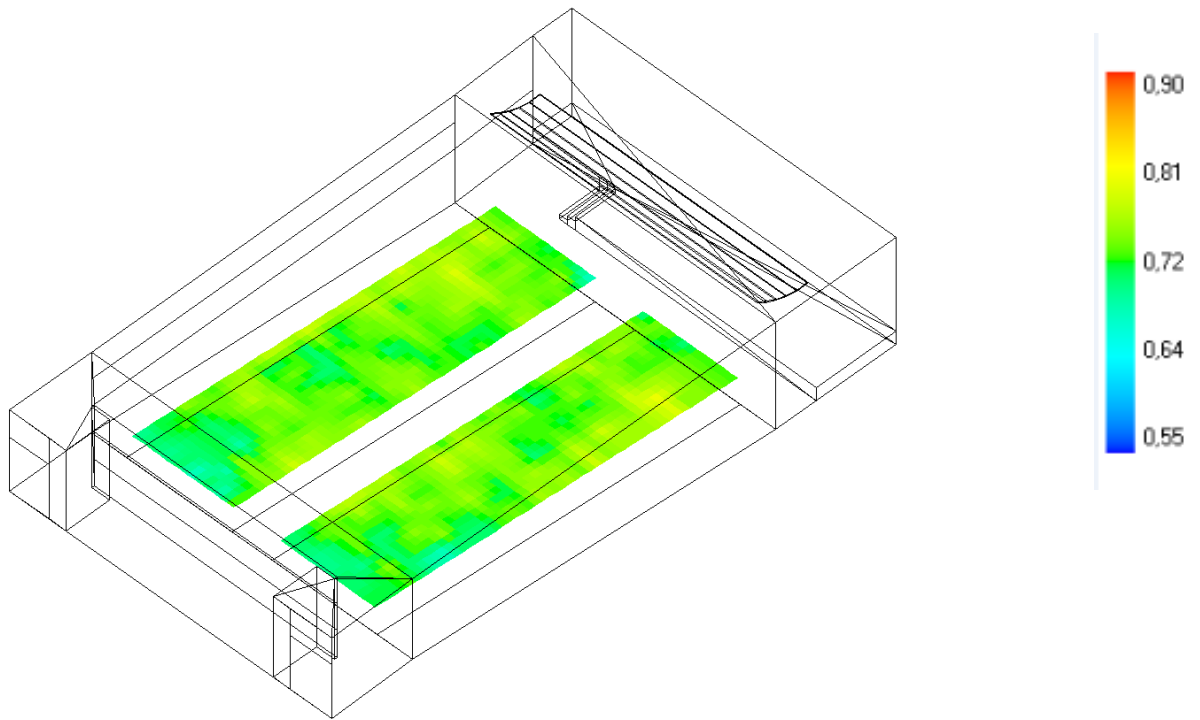


Fig. 52 Mapa de EDT 250 Hz

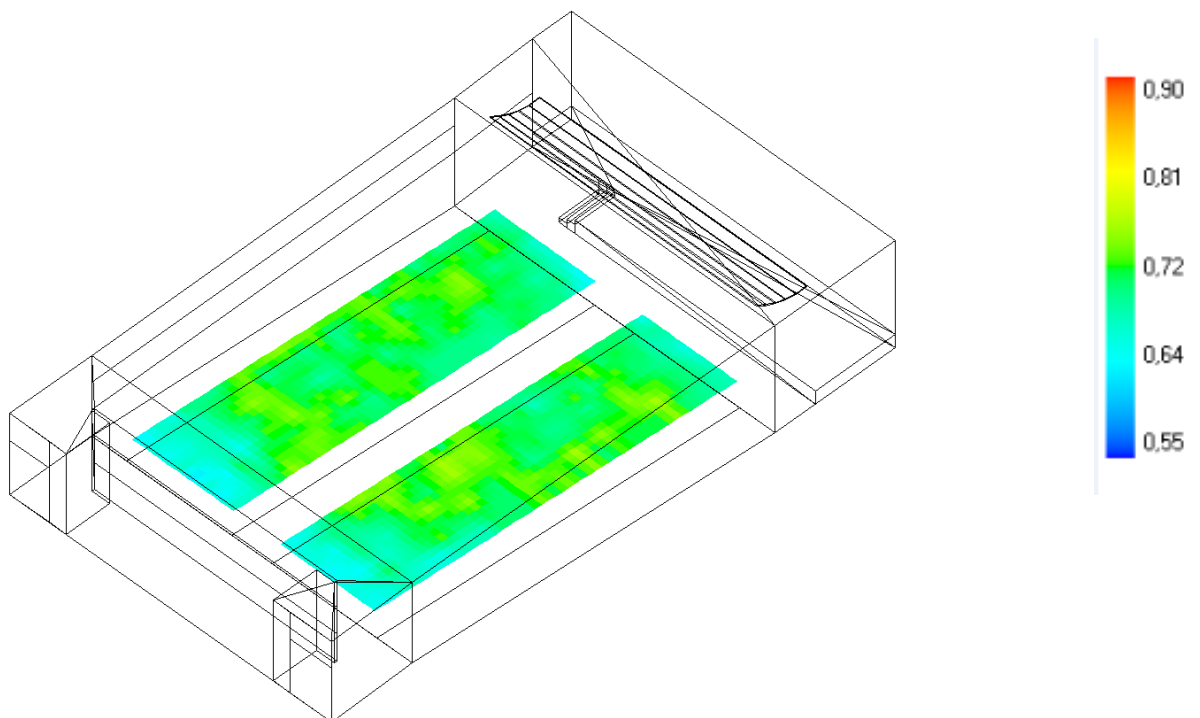


Fig. 53 Mapa de EDT 500 Hz



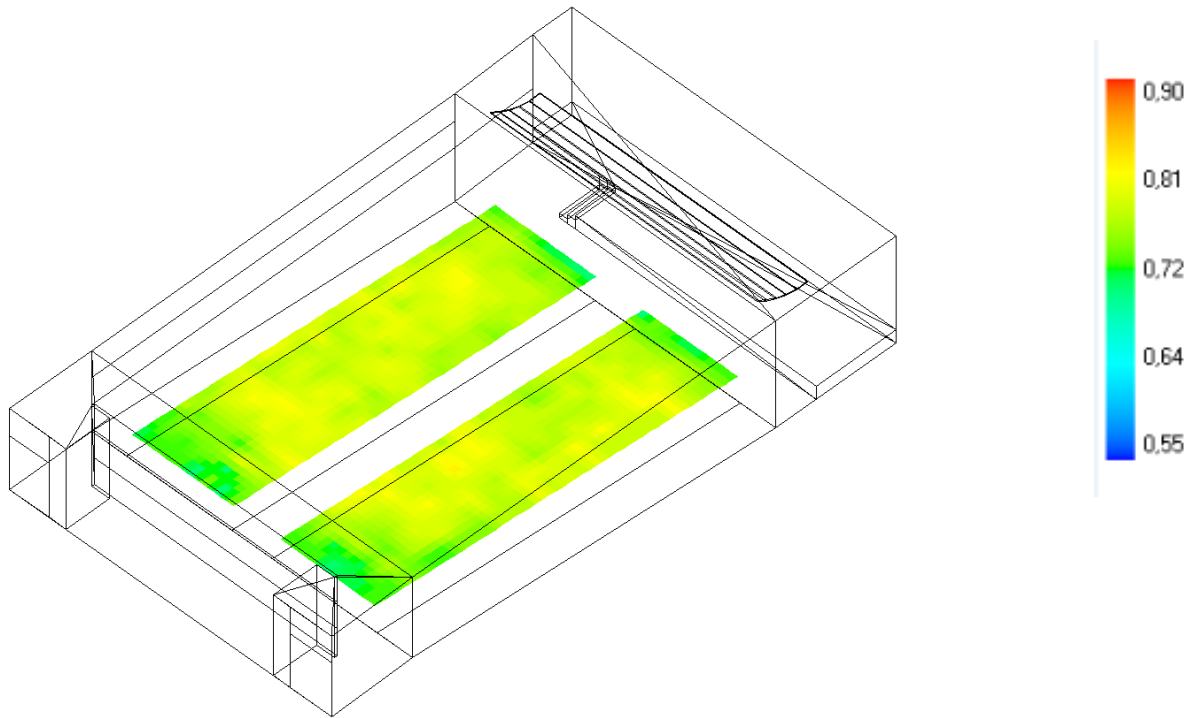


Fig. 54 Mapa de EDT 1000 Hz

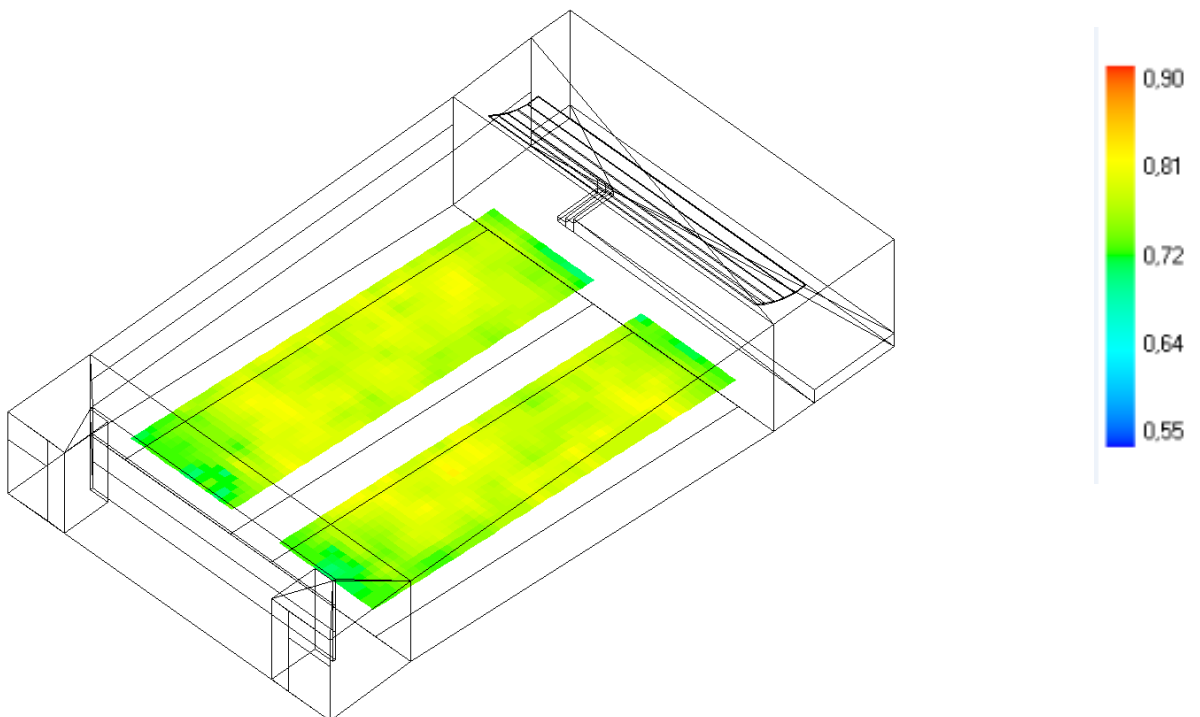


Fig. 55 Mapa de EDT 2000 Hz

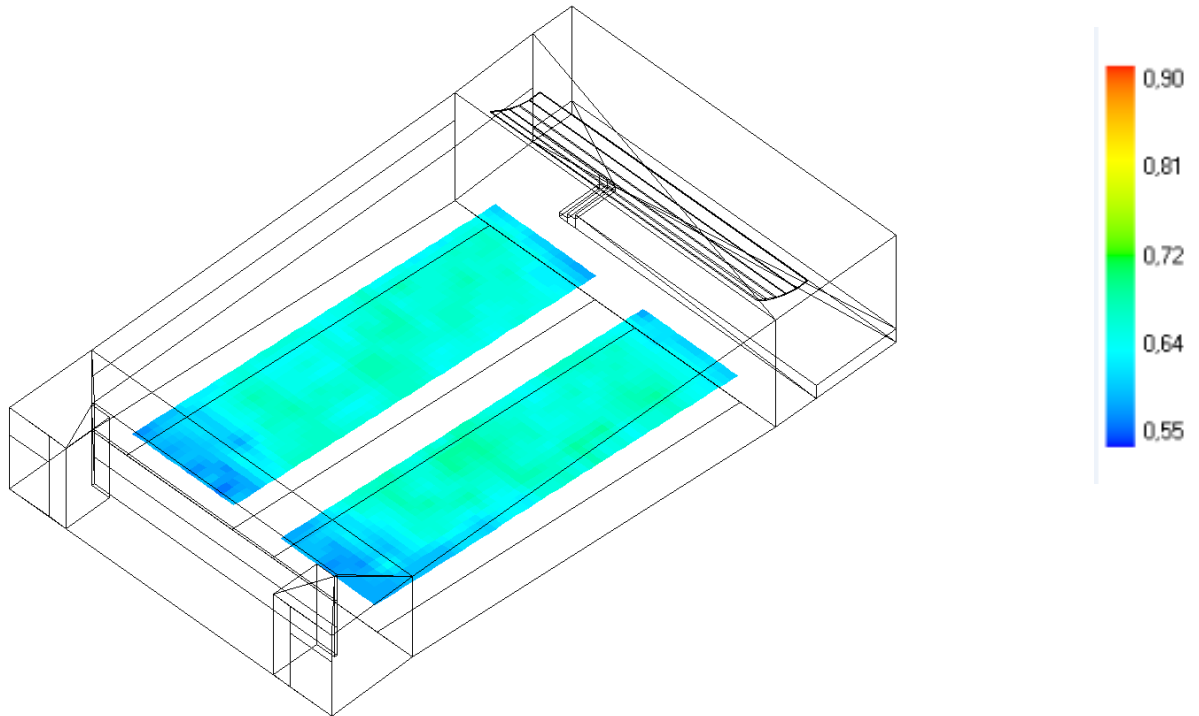


Fig. 56 Mapa de EDT 4000 Hz

Podemos observar que la distribución de la reverberación es homogénea en toda la zona de espectadores en todas las frecuencias. El baremo en el que se mueven los valores es entre 0.6 segundos y 0.8. En las frecuencias de la voz humana el valor tiene una **dispersión homogénea** de un valor de 0.75 segundos.

## Conclusiones de acondicionamiento acústico

Parámetro	Recomendación	Aula Magna
Tiempo de reverberación	Salas de conferencia 0,7 – 1,0 s.	0,72 s.
Ruido de fondo	Salas de conferencia/Aulas NC 20-30	Sin AA = NC-15 Con AA = NC-30
Eco	No existencia	No existe
Visuales	Visual directa en todos los asientos	6 últimas filas sin visual directa
STI	STI > 0,5 (aceptable)	STI = 0,74 (bueno)
Claridad (C50)	C50 > 2	C50 = 4,74
Definición (D50)	D50 > 0,5	D50 ≈ 0,7
EDT	EDTmid ≈ TRmid	EDT = 0,71 s. ≈ TR = 0,72 s.

Fig. 57 Tabla de conclusiones Acondicionamiento acústico



# AISLAMIENTO ACÚSTICO

---

## Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos.

### -EXIGENCIAS DE LA NORMATIVA

Es necesario zonificar el edificio para saber qué exigencias deben aplicarse y a qué recintos. Las exigencias de aislamiento **frente a ruido interior** se establecen:

- Entre una unidad de uso y cualquier recinto del edificio que no pertenezca a dicha unidad de uso.
- Entre recintos protegidos o habitables y:
  - o Recintos de instalaciones
  - o Recintos de actividad o ruidosos

Según el DB HR, una **unidad de uso** es una parte de un edificio que se destina a un uso específico, y cuyos usuarios están vinculados entre sí, bien por pertenecer a una misma unidad familiar, empresa, corporación, bien por formar parte de un grupo o colectivo que realiza la misma actividad. La tabla siguiente muestra los recintos que se consideran unidades de uso. También muestra los recintos protegidos de los edificios, que pueden pertenecer o no a las unidades de uso.

Uso		Unidades de uso del edificio	Recintos protegidos <sup>2</sup> del edificio
Residencial	Privado	Vivienda	Habitaciones y estancias
	Público	Habitación (incluyendo sus anexos)	Habitaciones Estancias (comedores, salones, bibliotecas, etc.)
Sanitario	Hospitalario	Habitación (incluyendo sus anexos)	Habitaciones Estancias (Salas de espera, despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.) Quirófanos
	Resto <sup>3</sup> (centros de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio)	-	Estancias (Salas de espera, despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento etc.)
Docente		Aulas y salas de conferencias <sup>4</sup> (incluyendo sus anexos)	Aulas Estancias (salas de conferencia, bibliotecas, despachos, etc.)
Administrativo		Establecimiento <sup>5</sup>	Estancias (despachos, oficinas, salas de reunión, etc.)

Fig. 58 Tabla de sectorización acústica de recintos. DB-HR

Los recintos de los edificios se clasifican en recintos habitables, protegidos y no habitables.

Son **recintos no habitables** aquellos no destinados al uso permanente de personas o cuya ocupación, por ser ocasional o excepcional y por ser bajo

el tiempo de estancia, sólo exige unas condiciones de salubridad adecuadas. No se establecen condiciones acústicas específicas en los recintos no habitables.

Son no habitables los trasteros, las cámaras técnicas y desvanes no acondicionados, y sus zonas comunes.

El resto de recintos de un edificio, son **recintos habitables** y dentro de los mismos, reciben la consideración de recintos **protegidos** aquellos que desde el punto de vista del aislamiento acústico deben tener mejores condiciones y son:

- a) habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales;
- b) aulas, salas de conferencias, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente;
- c) quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario;
- d) oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo.

Por exclusión, el resto de recintos habitables de un edificio, como por ejemplo, cocinas, baños, pasillos, escaleras, etc., son recintos habitables. Dentro de una unidad de uso, por ejemplo: los pasillos y vestíbulos de las viviendas son recintos habitables de la vivienda o unidad de uso.

El aislamiento acústico a ruido aéreo  $D_{nT,A}$  exigido a los elementos constructivos de la edificación, de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación y el DB-HR, será el siguiente:

a) En los *recintos protegidos*:

i) Protección frente al ruido generado en recintos pertenecientes a la misma *unidad de uso* en edificios de uso residencial privado:

– El índice global de reducción acústica, ponderado A,  $R_A$ , de la *tabiquería* no será menor que 33 dBA.

ii) Protección frente al ruido generado en recintos no pertenecientes a la misma *unidad de uso*:

– El *aislamiento acústico a ruido aéreo*,  $D_{nT,A}$ , entre un *recinto protegido* y cualquier otro recinto habitable o protegido del edificio no perteneciente a la misma *unidad de uso* y que no sea

*recinto de instalaciones* o de *actividad*, colindante vertical u horizontalmente con él, no será menor que **50 dBA**, siempre que no compartan puertas o ventanas. Cuando sí las compartan, el índice global de reducción acústica, ponderado A,  $R_A$ , de éstas no será menor que 30 dBA y el índice global de reducción acústica, ponderado A,  $R_A$ , del cerramiento no será menor que **50 dBA**.

iii) Protección frente al ruido generado en *recintos de instalaciones* y en *recintos de actividad*:

– El *aislamiento acústico a ruido aéreo*,  $D_{nT,A}$ , entre un *recinto protegido* y un *recinto de instalaciones* o un *recinto de actividad*, colindante vertical u horizontalmente con él, no será menor que 55 dBA.

Ruido generado en la misma unidad de uso		$R_A \geq 33 \text{ dBA}$
Ruido generado en otras unidades de uso y zonas comunes	Recintos protegidos	$D_{nT,A} \geq 50 \text{ dBA}$
	Recintos habitables	$D_{nT,A} \geq 45 \text{ dBA}$
Ruido de recintos de instalaciones y actividad	Recintos protegidos	$D_{nT,A} \geq 55 \text{ dBA}$
	Recintos habitables	$D_{nT,A} \geq 45 \text{ dBA}$

Fig. 59 Tabla de resumen de exigencias de aislamiento a ruido aéreo. DB-HR

## -PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Para realizar las mediciones necesarias que nos permitan calcular el Dnt w de los paramentos de la sala seguiremos las indicaciones de la norma UNE-EN ISO 140-4 “Medición "in situ" del aislamiento al ruido aéreo entre locales”. Estos métodos proporcionan los valores del aislamiento acústico al ruido aéreo en función de la frecuencia. Estos valores pueden transformarse en un número único, que caracteriza sus cualidades acústicas, al aplicar la Norma ISO 717-1.

Estas son las definiciones de los parámetros utilizados en los cálculos:

**-nivel medio de presión sonora en un recinto, L:** Es diez veces el logaritmo decimal del cociente entre el promedio espacio-temporal de los cuadrados de las presiones sonoras y el cuadrado de la presión sonora de referencia, tomándose el promedio espacial en todo el recinto, con excepción de las zonas en las que la radiación directa de la fuente o el campo próximo de las paredes, el techo, etc., tienen una influencia significativa; se expresa en decibelios. En este caso  $L$  viene dado por:

$$L = 10 \lg \left( \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n 10^{L_j/10} \right) \text{ dB}$$

donde  $L_j$  son los niveles de presión sonora  $L_1$  a  $L_n$  en  $n$  posiciones diferentes dentro del recinto.

**-diferencia de niveles, D:** Es la diferencia, en decibelios, del promedio espacio-temporal de los niveles de presión sonora producidos en los dos recintos por una o varias fuentes de ruido situadas en uno de ellos:

$$D = L_1 - L_2$$

donde

$L_1$  es el nivel de presión acústica medio en el recinto emisor.

$L_2$  es el nivel de presión acústica medio en el recinto receptor.



**-diferencia de niveles normalizada,  $D_n$ :** Es la diferencia de niveles, en decibelios, correspondiente a un área de absorción de referencia en el recinto receptor:

$$D_n = D - 10 \lg \frac{A}{A_0} \text{ dB}$$

donde

$D$  es la diferencia de niveles, en decibelios;

$A$  es el área de absorción acústica equivalente del recinto receptor, en metros cuadrados;

$A_0$  es el área de absorción de referencia, en metros cuadrados (para recintos en viviendas o recintos de tamaño comparable:  $A_0=10 \text{ m}^2$ ).

**-diferencia de niveles estandarizada,  $D_{nT}$ :** Es la diferencia de niveles, en decibelios, correspondiente a un valor de referencia del tiempo de reverberación en el recinto receptor:

$$D_{nT} = D + 10 \lg \frac{T}{T_0} \text{ dB}$$

donde

$D$  es la diferencia de niveles;

$T$  es el tiempo de reverberación en el recinto receptor;

$T_0$  es el tiempo de reverberación de referencia; para viviendas,  $T_0 = 0,5 \text{ s}$ .

**índice de reducción sonora aparente  $R'$ :** la potencia sonora transmitida al recinto receptor consta de la suma de varios componentes. También en este caso, supuestos los campos sonoros suficientemente difusos en ambos recintos, el índice de reducción sonora aparente, en esta parte de la Norma ISO 140, se evalúa como:

$$R' = D + 10 \lg \frac{S}{A} \text{ dB}$$

donde

$D$  es la diferencia de niveles;

$S$  es el área del elemento separador;

$A$  es el área de absorción acústica equivalente en el recinto receptor.

Las mediciones *in situ* de aislamiento acústico al ruido aéreo deben realizarse en bandas de tercio de octava, a menos que antes se haya convenido realizar las medidas en bandas de octava. Las mediciones entre recintos vacíos de idéntico tamaño y de las mismas dimensiones deberían efectuarse preferentemente con difusores en cada uno de los recintos (por ejemplo, mobiliario, tableros prefabricados). El área de cada difusor debería ser de al menos 1,0 m<sup>2</sup>; tres o cuatro objetos será normalmente suficiente. El sonido generado en el recinto emisor debe ser estacionario y debe tener un espectro continuo en el rango de frecuencia considerado. En cualquier caso, el espectro sonoro en el recinto emisor no debe tener diferencias de nivel mayores de 6 dB entre bandas de tercio de octava adyacentes. La potencia sonora debería ser lo suficientemente alta como para que el nivel de presión sonora en el recinto receptor sea, al menos, 10 dB más alto que el nivel de ruido de fondo en cualquier banda de frecuencia. Cuando se utilice una sola fuente, debería utilizarse en, al menos, dos posiciones. Si los recintos tienen diferentes volúmenes, el de mayor tamaño debería elegirse como recinto emisor, cuando se evalúe la diferencia de nivel estandarizada, siempre que no se acuerde lo contrario. Para evaluar la medida del índice de reducción sonora aparente, pueden emplearse los resultados obtenidos de medidas en una dirección o en ambas direcciones.

**Posiciones de micrófono.** Las siguientes distancias separadoras son valores mínimos:

- 0,7 m entre posiciones de micrófono;
- 0,5 m entre cualquier posición de micrófono y los bordes del recinto o difusores;
- 1,0 m entre cualquier posición de micrófono y la fuente sonora;

### Posiciones óptimas de la fuente

La conveniencia de las posiciones de la fuente dependen tanto de las características de radiación del altavoz como de las posiciones de micrófono (o del recorrido del micrófono en caso de emplear un micrófono móvil).

- La distancia entre las distintas posiciones del altavoz no debe ser inferior a 0,7 m.
- Al menos dos posiciones deben encontrarse a no menos de 1,4 m.
- La distancia entre los bordes del recinto y el centro de la fuente no debe ser menor que 0,5 m. Pequeñas irregularidades de los límites del recinto pueden despreciarse.
- Las diferentes posiciones del altavoz no deben situarse en un mismo plano paralelo a las paredes del recinto.

### Corrección por ruido de fondo

Se miden los niveles de ruido de fondo para asegurar que las observaciones en el recinto receptor no estén afectadas por sonidos ajenos tales como ruidos del exterior del recinto de medida, ruido eléctrico en el sistema de captación, o diafonías eléctricas entre el sistema de emisión y recepción.

El nivel de ruido de fondo debe ser, al menos, 6 dB (y preferiblemente más de 10 dB) menor que el nivel combinado de señal y ruido de fondo. Si la diferencia de niveles es menor que 10 dB pero mayor que 6 dB, se calculan las correcciones de acuerdo con la ecuación:

$$L = 10 \lg \left( 10^{L_{sb}/10} - 10^{L_b/10} \right) \text{ dB}$$

donde

$L$  es el nivel de la señal corregido, en decibelios;

$L_{sb}$  es el nivel combinado de señal y ruido de fondo, en decibelios;

$L_b$  es el nivel de ruido de fondo, en decibelios.

## Medición del tiempo de reverberación y evaluación del área de absorción acústica equivalente

El término de corrección de la ecuación, que contiene el área de absorción acústica equivalente, se evalúa a partir del tiempo de reverberación medido de acuerdo con la Norma ISO 354 y se determina utilizando la fórmula de Sabine:

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

donde

A es el área de absorción acústica equivalente, en metros cuadrados;

V es el volumen de recinto receptor, en metros cúbicos;

T es el tiempo de reverberación del recinto receptor, en segundos.

Según la Norma ISO 354, la evaluación del tiempo de reverberación a partir de la curva de caída, empezará alrededor de 0,1 s después de que la fuente sonora haya sido desconectada, o a partir de un nivel de presión sonora algunos decibelios por debajo del que había al principio de la caída. El rango utilizado no deberá ser menor que 20 dB, y no debe ser tan grande que la caída observada no se pueda aproximar a una línea recta. El extremo inferior de este rango debe estar, al menos, 10 dB sobre el nivel de fondo.

El número mínimo de mediciones requerido para cada banda de frecuencias es de seis caídas. Se deberá utilizar, al menos, una posición de altavoz y tres posiciones de micrófono con dos lecturas en cada caso.

## CÁLCULOS DE AISLAMIENTO

Teniendo en cuenta las especificaciones sobre la zonificación del edificio, así nos queda sectorizada nuestra sala y las estancias colindantes :

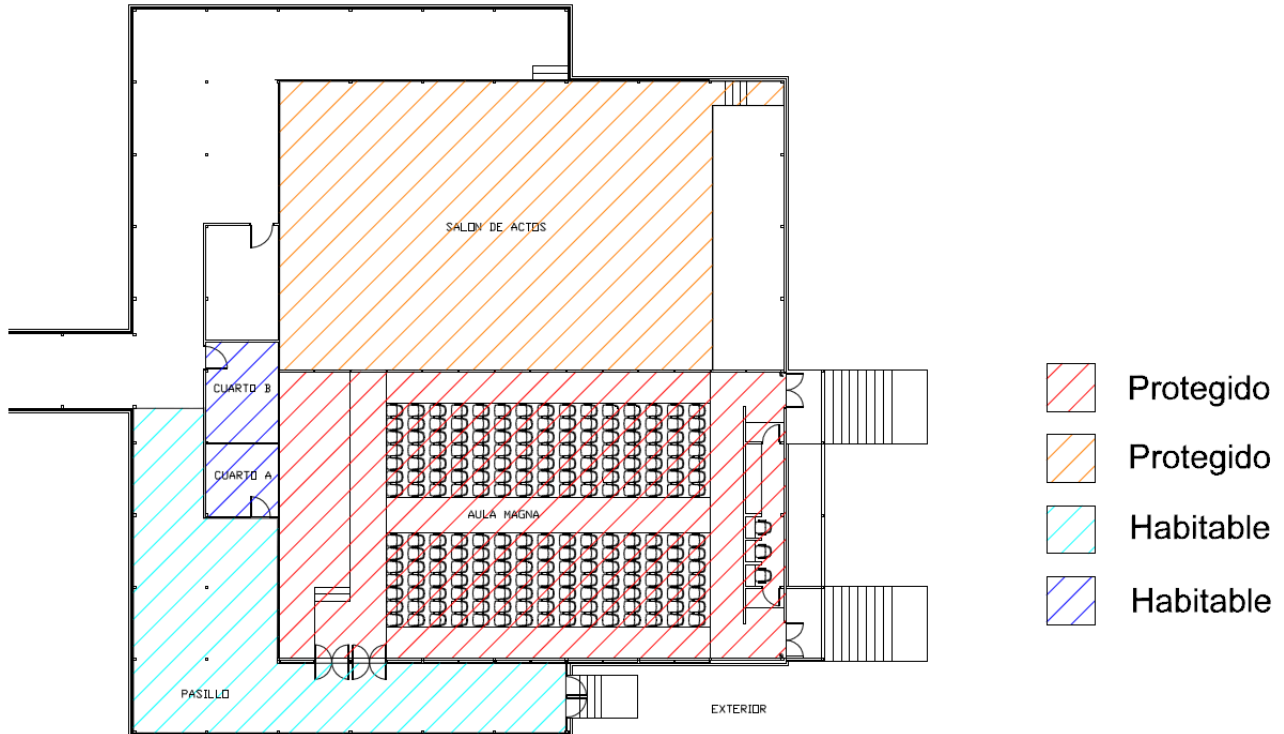


Fig. 60 Plano de sectores acústicos

Vamos a calcular el  $D_{nt\ w}$  de los diferentes paramentos mediante mediciones in situ de aislamiento acústico a ruido aéreo conforme indica la norma UNE-EN ISO 140-4. Para ello dividiremos primero los paramentos como se indica en este plano:

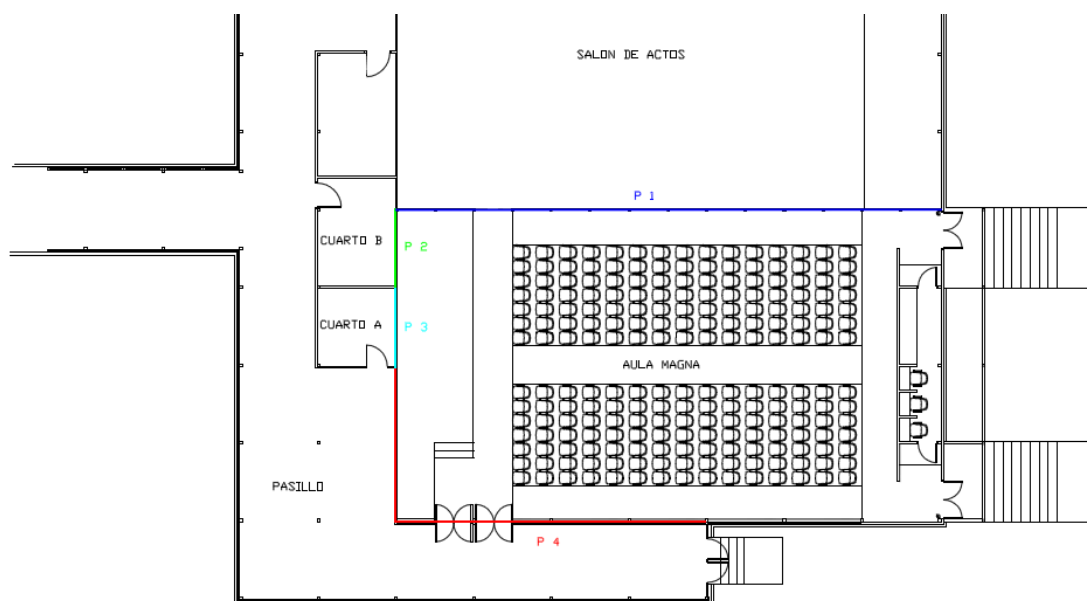


Fig. 61 Plano de paramentos

Para realizar las mediciones utilizaremos el aula magna para colocar la fuente sonora para facilitarnos el resto de mediciones. Utilizaremos la fuente en dos posiciones y sacaremos los valores de L1 y L2 de las distintas estancias realizando cinco mediciones para cada posición de la fuente y cada estancia.

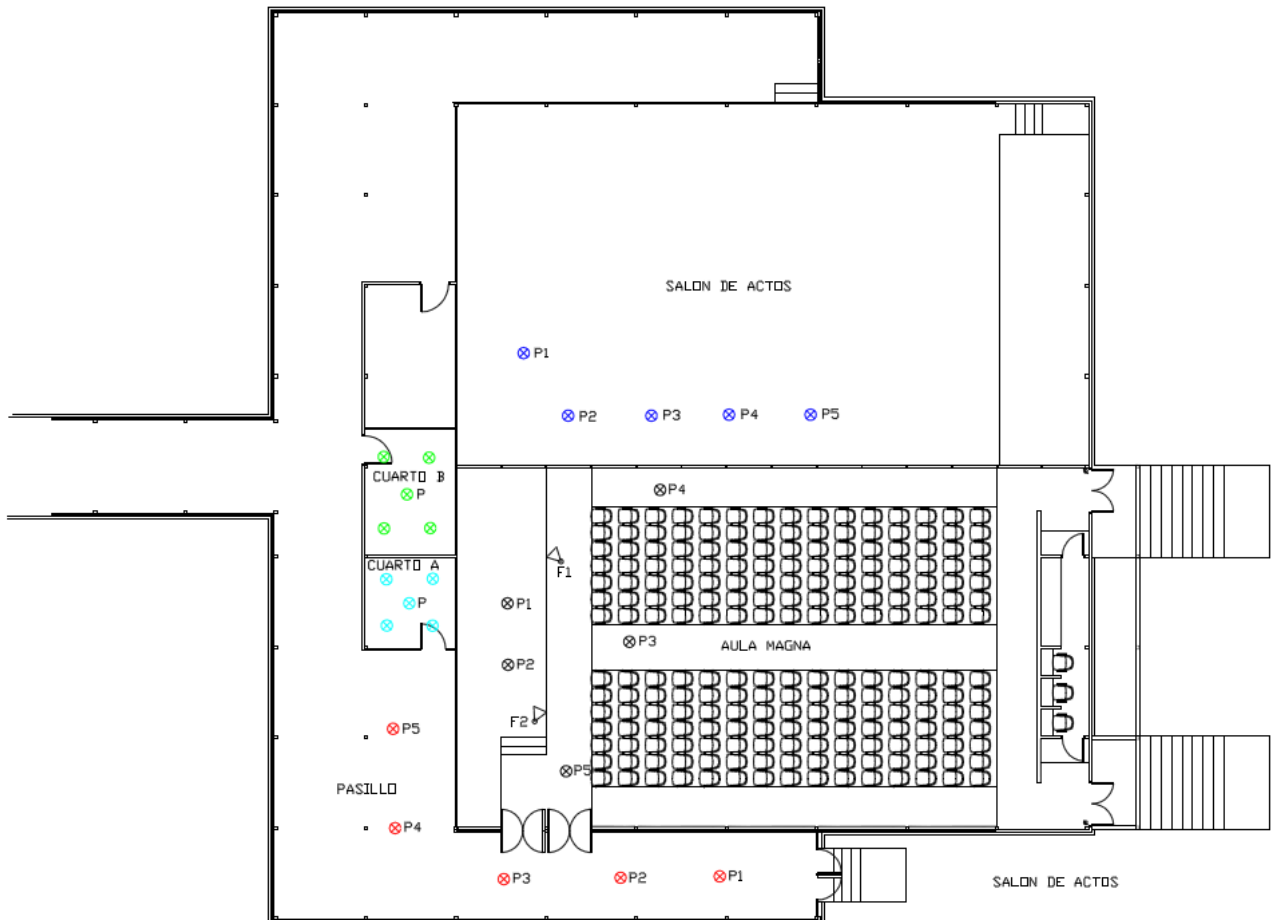


Fig. 62 Plano de posición de mediciones in situ para ruido aéreo entre recintos

\*En el cuarto A y B, debido a sus reducidas dimensiones nos es imposible cumplir estrictamente las longitudes mínimas entre posiciones de medidas con el sonómetro.

## -Paramento 1 (salón de actos II)



Fig. 63 Posición 1 de la fuente



Fig. 64 Posición 2 de la fuente



Fig. 66 Toma de medida en el aula magna



Fig. 65 Toma de medidas en el salón de actos II

### L1 Posición 1

Frec.(Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	82,6	83,7	78,3	82,4	78,7	81,7	dBA
125	91,5	84,9	83,9	85,1	87,8	87,6	dBA
160	86,3	87,2	84,2	81,5	87,1	85,7	dBA
200	89,4	87,4	86,6	81,3	90	87,8	dBA
250	85,5	85	86,5	86	87,5	86,2	dBA
315	85,4	85,8	84,1	83,9	86	85,1	dBA
400	91,6	88,6	89,1	90,1	88,9	89,8	dBA
500	90,6	89,9	87,8	87,5	89,5	89,2	dBA
630	90,9	90,4	87,9	87,6	91,4	89,9	dBA
800	90,7	92,2	89,8	88,6	92,3	90,9	dBA
1k	89,7	88,8	86,7	87,6	89,7	88,7	dBA
1,25k	85,8	85,8	83,3	82,5	85,7	84,8	dBA
1,6k	87,4	86	81,8	83,8	89,1	86,3	dBA
2k	88,6	88,5	85,6	86,6	90,5	88,3	dBA
2,5k	85,8	87,2	85,8	85,8	89,1	87,0	dBA
3,15k	85,9	86,1	82,5	83,9	86,6	85,3	dBA

### L1 Posición 2

Frec.(Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	86,5	84,1	83,7	83,2	84,1	84,5	dBA
125	86,2	86,1	83,7	84,1	86,8	85,5	dBA
160	86,3	87,2	88,3	89,7	91,5	89,0	dBA
200	83,3	84,5	86,4	86,3	86,4	85,6	dBA
250	84,1	83,4	85,3	82,4	89,1	85,6	dBA
315	88,3	82	85,8	85,4	88	86,4	dBA
400	90,8	83,7	89,8	87,4	89,7	88,9	dBA
500	91,1	88,3	89,3	86,4	88	88,9	dBA
630	88	87,3	91,1	90,9	91,6	90,1	dBA
800	90,6	89,1	89,3	89,4	91	89,9	dBA
1k	87,9	86,7	88,3	87,5	90,1	88,3	dBA
1,25k	85	82,2	84,4	82,7	85,3	84,1	dBA
1,6k	83,7	84,4	84,7	85	87,6	85,3	dBA
2k	88,9	86,5	86,8	88,1	92	89,0	dBA
2,5k	85,6	85,5	86	86,9	87,6	86,4	dBA
3,15k	83	82	83,4	84,3	88,4	84,9	dBA



### Ruido de fondo

Frec.(Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	30,4	30,8	35,3	34,4	38,7	35,0	dBa
125	37,8	38,2	46,3	46,8	43,7	44,0	dBa
160	24,2	24,8	27	28	27,6	26,6	dBa
200	25,4	24	26,7	27,4	30,2	27,3	dBa
250	23,2	19,7	21,5	21,8	21,8	21,7	dBa
315	25,9	24,5	24,9	24,5	26,1	25,2	dBa
400	29,2	23,9	21,1	23,1	20,2	24,8	dBa
500	22,4	23,3	22,1	24,9	18,8	22,7	dBa
630	21,5	22,1	21,4	23,4	20,1	21,8	dBa
800	21,4	19,4	20,4	22,4	18,6	20,7	dBa
1k	20	18	19	21,4	17,1	19,4	dBa
1,25k	18,6	16,4	20	18,6	15,7	18,1	dBa
1,6k	17,6	16,7	15,4	17,6	15,7	16,7	dBa
2k	25,9	13,5	14,5	16,1	13	20,0	dBa
2,5k	14,6	15,4	11,4	13,3	10,9	13,5	dBa
3,15k	13,3	12,4	11,4	14	10,1	12,5	dBa

### L2 Posición 1

Frec.(Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	52,3	51,7	51,3	51,4	52,6	51,9	dBa
125	56,7	47,6	48,5	47,9	48,7	51,7	dBa
160	52,5	46,7	45,8	46,1	46,5	48,4	dBa
200	43,5	45	44,7	44,9	45,5	44,8	dBa
250	44,7	43,3	43,6	43,3	44,1	43,8	dBa
315	42,7	42	41,7	41,4	40,9	41,8	dBa
400	46,1	43	40,7	42,8	41,3	43,2	dBa
500	38,7	44,4	45	44,1	44,4	43,8	dBa
630	41,1	41,7	40,2	41,5	41,8	41,3	dBa
800	36,6	36	36,3	36,3	34,7	36,0	dBa
1k	32,9	30,1	28,7	28,8	29	30,2	dBa
1,25k	24,4	26,4	24,9	24,5	23,9	24,9	dBa
1,6k	22,9	23,4	30,6	23,3	23,4	26,0	dBa
2k	22,6	23,5	24,1	24	23	23,5	dBa
2,5k	19,9	22,9	23,1	23,2	23,1	22,6	dBa
3,15k	25,6	18,2	16,4	19,7	16,2	20,8	dBa

## L2 Posición 2

Frec.(Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	53,6	50,4	53,9	51,4	54	52,9	dBA
125	52,3	46,2	53,2	50,9	53,5	51,9	dBA
160	53	49,4	46,3	48,5	49,3	49,9	dBA
200	47,6	43,9	46,2	44,1	45,2	45,6	dBA
250	44,4	44	43,7	43,7	46,2	44,5	dBA
315	45,5	42,7	40,9	42,4	43,6	43,3	dBA
400	39,8	43,1	44,3	41	40,6	42,1	dBA
500	39,6	38,2	39,6	39,6	38,4	39,1	dBA
630	36,6	35,2	36,2	36,3	36,7	36,2	dBA
800	34,4	32,8	34	31,4	31,9	33,1	dBA
1k	27,1	26,8	26	25	25	26,1	dBA
1,25k	24,7	22,6	21,2	21,3	21,1	22,4	dBA
1,6k	32,4	21,2	21	19,9	19,1	26,4	dBA
2k	28	21,1	20,1	19,9	18,1	23,1	dBA
2,5k	22,7	19	15,9	16,8	15,4	18,9	dBA
3,15k	16,2	15,2	12	12,8	12,1	14,0	dBA

## Tiempo de reverberación

Frec.(Hz)	med 1	med 2	med 3	med 4	med 5	med 6	med 7	med 8	med 9	med 10	TR
100	0,33	0,10	0,39	0,48	0,83	0,33	0,33	0,46	0,05	0,19	0,35
125	0,42	0,49	0,54	0,69	0,09	0,37	0,34	0,63	0,20	0,48	0,42
160	0,34	0,45	0,38	0,44	0,33	0,33	0,45	0,49	0,37	0,48	0,41
200	0,41	0,68	0,65	0,43	0,45	0,39	0,54	0,49	0,42	0,35	0,48
250	0,48	0,49	0,54	0,45	0,43	0,40	0,42	0,47	0,35	0,41	0,44
315	0,46	0,36	0,48	0,45	0,48	0,44	0,46	0,47	0,59	0,44	0,46
400	0,37	0,42	0,35	0,47	0,44	0,27	0,42	0,53	0,53	0,49	0,43
500	0,39	0,44	0,50	0,46	0,50	0,46	0,39	0,47	0,40	0,43	0,44
630	0,39	0,37	0,34	0,42	0,41	0,38	0,42	0,49	0,45	0,44	0,41
800	0,47	0,49	0,37	0,51	0,42	0,49	0,49	0,49	0,44	0,51	0,47
1k	0,47	0,50	0,40	0,44	0,48	0,55	0,57	0,59	0,49	0,52	0,50
1,25k	0,43	0,50	0,46	0,53	0,59	0,51	0,56	0,65	0,60	0,50	0,53
1,6k	0,35	0,58	0,46	0,56	0,61	0,66	0,66	0,76	0,59	0,65	0,59
2k	0,43	0,44	0,46	0,59	0,55	0,57	0,61	0,64	0,63	0,80	0,57
2,5k	0,43	0,37	0,34	0,48	0,41	0,50	0,61	0,66	0,48	0,73	0,50
3,15k	0,47	0,50	0,43	0,57	0,66	0,62	0,60	0,73	0,68	0,75	0,60
	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.

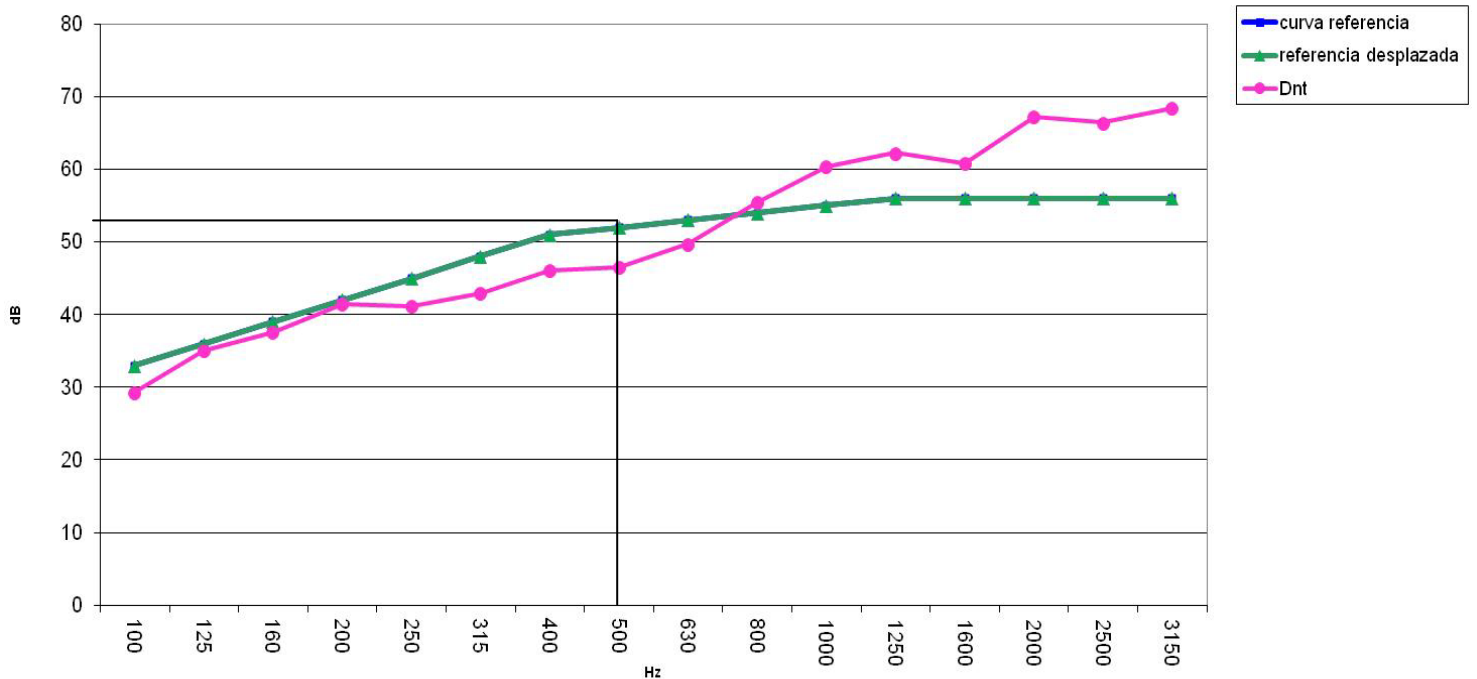
Frec.(Hz)	L1	B2	L2	TR	L2 - B2	L2'	D = L1-L2'	A (Sabine)	R'	Dn	Dnt
100	83,3	35,0	52,4	0,35	17,4	52,4	30,9	403,08	23,4	14,8	29,3
125	86,7	44,0	51,8	0,42	7,7	51,0	35,8	331,01	29,1	20,6	35,0
160	87,7	26,6	49,2	0,41	22,6	49,2	38,5	345,37	31,7	23,1	37,6
200	86,8	27,3	45,2	0,48	18,0	45,2	41,6	292,34	35,5	26,9	41,4
250	85,9	21,7	44,2	0,44	22,4	44,2	41,7	316,87	35,3	26,7	41,2
315	85,8	25,2	42,6	0,46	17,4	42,6	43,2	303,16	37,0	28,4	42,9
400	89,4	24,8	42,7	0,43	17,9	42,7	46,7	326,00	40,1	31,5	46,0
500	89,1	22,7	42,1	0,44	19,3	42,1	47,0	316,22	40,6	32,0	46,5
630	90,0	21,8	39,5	0,41	17,6	39,5	50,5	340,58	43,8	35,2	49,7
800	90,5	20,7	34,8	0,47	14,1	34,8	55,7	300,69	49,5	40,9	55,4
1k	88,5	19,4	28,6	0,50	9,3	28,1	60,4	279,57	54,5	45,9	60,4
1,25k	84,5	18,1	23,8	0,53	5,7	22,5	61,9	263,29	56,3	47,7	62,2
1,6k	85,9	16,7	26,2	0,59	9,5	25,7	60,2	238,80	55,0	46,4	60,9
2k	88,6	20,0	23,3	0,57	3,3	22,0	66,6	245,36	61,3	52,7	67,2
2,5k	86,7	13,5	21,1	0,50	7,7	20,3	66,4	279,57	60,5	51,9	66,4
3,15k	85,1	12,5	18,7	0,60	6,2	17,5	67,6	232,85	62,5	53,9	68,4
	dBa	dBa	dBa	Seg.	dBa	dBa	dBa	Sabines	dBa	dBa	dBa

Volumen receptor                    i,12        m3  
Superficie paramento                72,2        m2

### Cálculo de Dnt w (paramento 1)

frecuencias	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
DnT	29,3	35,0	37,6	41,4	41,2	42,9	46,0	46,5	49,7	55,4	60,4	62,2	60,9	67,2	66,4	68,4
ref. desplazada	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
Desfavorable	3,7	1,0	1,4	0,6	3,8	5,1	5,0	5,5	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Indices globales en tercios de octava



**N = 0**

**Sumas = 29,4434 <=32**

**Dntw = 52 dBA**

## Términos de adaptación espectral

C

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Espectro 1	-29	-26	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-12	-11	-10	-9	-9	-9	-9	-9
DnT	29,3	35,0	37,6	41,4	41,2	42,9	46,0	46,5	49,7	55,4	60,4	62,2	60,9	67,2	66,4	68,4

C = -1

Ctr

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Espectro 2	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15
DnT	29,3	35,0	37,6	41,4	41,2	42,9	46,0	46,5	49,7	55,4	60,4	62,2	60,9	67,2	66,4	68,4

Ctr = -6

**DnT, w (C, Ctr) = 52 (-1,-6) dBA**

## CÓDIGO TÉCNICO

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
LAr	-30,1	-27,1	-24,4	-21,9	-19,6	-17,6	-15,8	-14,2	-12,9	-11,8	-11	-10,4	-10	-9,8	-9,7	-9,8

$10^{((Lar-Dn,T)/10)}$

LAr	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15

$10^{((Lar-Dn,T)/10)}$

**DnT,A = 51,5 dBA**

### -Conclusión

Paramento 1(Salon de actos II) Dnt, a = 51,5 dBA

**Cumple** la restricción de Dnt, A > 50 dBA

## Paramento 2 (cuarto B)

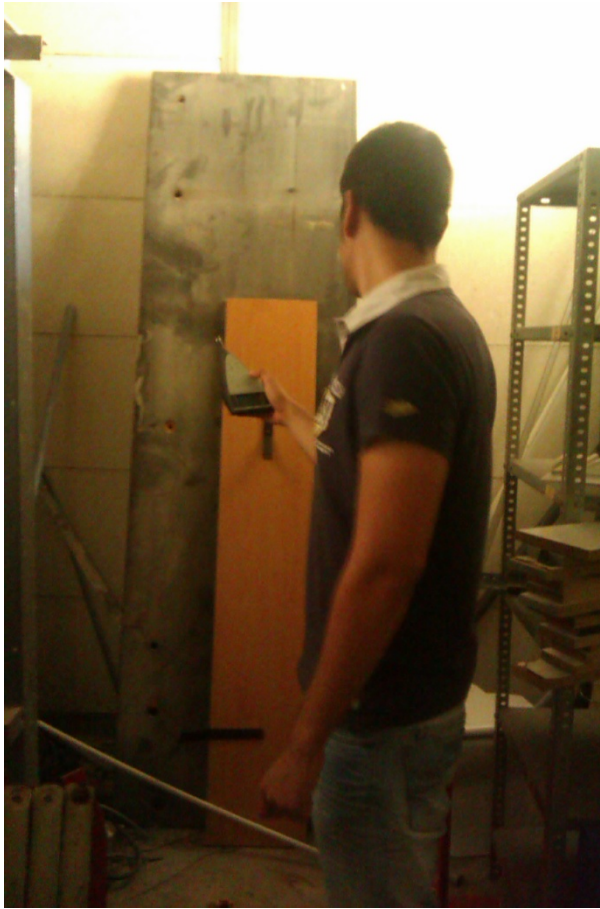


Fig. 67 Toma de medidas en el cuarto B

### Ruido de fondo

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	26,9	28,3	28,4	29,3	30,2	28,8	dBA
125	28,2	28,6	28,4	28	31	29,0	dBA
160	23,6	25,9	19,8	24,1	22,3	23,6	dBA
200	18,5	18,7	27,5	21,9	20,4	22,9	dBA
250	18,4	18,4	17,8	17,7	20,8	18,8	dBA
315	16,6	16,6	19	16,9	18,9	17,7	dBA
400	15,4	14,3	15,9	15,3	15,3	15,3	dBA
500	14,7	19,6	15,3	16,2	16,5	16,8	dBA
630	13,1	14,9	13,1	15	13,4	14,0	dBA
800	8,9	9,9	11,8	11,5	12,2	11,0	dBA
1k	8,9	8	11,2	10,6	8,1	9,6	dBA
1,25k	8,2	6,2	14,7	10,3	7,8	10,6	dBA
1,6k	7	5,8	8,6	8,1	6,1	7,3	dBA
2k	9,5	6,4	12,1	7,2	8,1	9,2	dBA
2,5k	6,3	16,1	23,5	7,7	6,9	17,5	dBA
3,15k	7	9	11,8	9,4	9,2	9,6	dBA

### L2 Posición 1

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	53,1	52,2	51,1	50,6	50,3	51,6	dBA
125	49	50,3	51,4	50,5	54,2	51,5	dBA
160	54	53,9	54,3	53,9	52,4	53,7	dBA
200	56,5	57,2	55,1	54,6	55	55,8	dBA
250	48,3	48,1	49,4	50,3	49,9	49,3	dBA
315	46,6	47,9	46,3	45,7	46	46,6	dBA
400	45,9	44,3	45,3	47,6	47,6	46,3	dBA
500	47,1	46,9	48,8	50,3	50,2	48,9	dBA
630	46,3	48	46,3	47,8	45,9	46,9	dBA
800	44,1	44,3	44,8	44,9	44,5	44,5	dBA
1k	40,8	41,4	40,9	39,2	40	40,5	dBA
1,25k	34,7	36,3	35	35,5	33,9	35,2	dBA
1,6k	38	36,6	36,5	37,4	36,8	37,1	dBA
2k	38,7	39	38,9	39,1	39,2	39,0	dBA
2,5k	37	36,4	37,1	37,5	36,5	36,9	dBA
3,15k	32,6	32,1	30,1	31,3	31,1	31,5	dBA

### L2 Posición 2

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	51,1	50,4	48,3	49,5	48,2	49,6	dBA
125	49,3	49	49,5	49,9	51	49,8	dBA
160	53,7	54,1	54,3	54,8	54,6	54,3	dBA
200	52,5	51,7	53,6	52,9	50,4	52,4	dBA
250	48,9	47,6	50,9	47,9	52,5	50,0	dBA
315	44,7	44,5	46,8	45,4	46,8	45,8	dBA
400	45,4	45,9	46,2	45,5	46,3	45,9	dBA
500	45,5	44,7	44,9	43,5	46,7	45,2	dBA
630	47,1	45,9	44,1	44,6	44,9	45,5	dBA
800	44,1	44	43,8	43,1	40,8	43,3	dBA
1k	39,1	41,3	39,3	39,2	36,1	39,3	dBA
1,25k	33,4	38	37,2	33,1	34,3	35,7	dBA
1,6k	35,1	36,2	37,1	35,2	40,1	37,2	dBA
2k	36,6	37,9	36,1	37,2	36,7	36,9	dBA
2,5k	36,2	50,8	36,4	36,4	35,5	44,4	dBA
3,15k	31,9	30,6	31,7	30,2	31,1	31,1	dBA

## Tiempo de reverberación

Frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k
medida 1	0,37	0,22	0,28	0,24	0,26	0,36	0,29	0,30	0,24	0,24	0,24	0,29	0,28	0,25	0,23	0,29
medida 2	0,22	0,42	0,35	0,28	0,24	0,27	0,30	0,25	0,35	0,28	0,31	0,29	0,28	0,26	0,26	0,28
TR	0,30	0,32	0,31	0,26	0,25	0,32	0,29	0,27	0,30	0,26	0,27	0,29	0,28	0,26	0,24	0,29
	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.

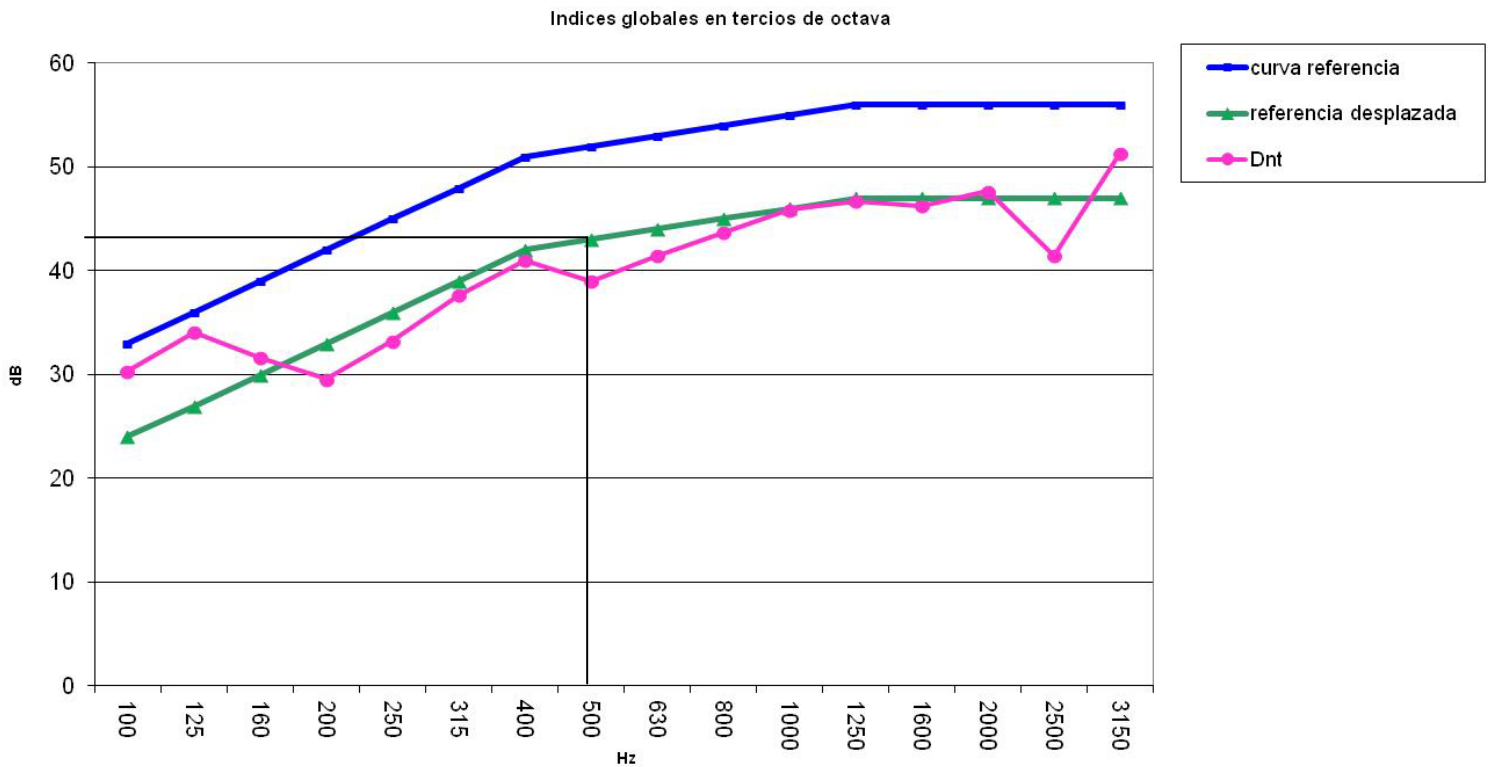
Volumen receptor } m3  
Superficie paramento 11,72 m2

Frec. (Hz)	L1	B2	L2	TR	L2 - B2	L2'	D = L1-L2'	A (Sabine)	R'	Dn	Dnt
100	83,3	28,8	50,7	0,30	22,0	50,7	32,6	27,44	28,9	28,2	30,3
125	86,7	29,0	50,7	0,32	21,7	50,7	36,0	25,60	32,6	31,9	34,1
160	87,7	23,6	54,0	0,31	30,5	54,0	33,6	26,00	30,2	29,5	31,6
200	86,8	22,9	54,4	0,26	31,5	54,4	32,4	31,70	28,1	27,4	29,5
250	85,9	18,8	49,6	0,25	30,9	49,6	36,2	32,58	31,8	31,1	33,2
315	85,8	17,7	46,2	0,32	28,4	46,2	39,6	25,84	36,2	35,5	37,7
400	89,4	15,3	46,1	0,29	30,8	46,1	43,3	27,77	39,5	38,8	41,0
500	89,1	16,8	47,4	0,27	30,6	47,4	41,6	29,96	37,6	36,9	39,0
630	90,0	14,0	46,3	0,30	32,3	46,3	43,7	27,72	40,0	39,3	41,5
800	90,5	11,0	44,0	0,26	32,9	44,0	46,5	31,45	42,2	41,5	43,7
1k	88,5	9,6	40,0	0,27	30,4	40,0	48,5	30,01	44,4	43,7	45,9
1,25k	84,5	10,6	35,4	0,29	24,9	35,4	49,1	28,15	45,3	44,6	46,7
1,6k	85,9	7,3	37,1	0,28	29,9	37,1	48,7	29,05	44,8	44,1	46,2
2k	88,6	9,2	38,1	0,26	28,9	38,1	50,6	31,94	46,2	45,5	47,6
2,5k	86,7	17,5	42,1	0,24	24,6	42,1	44,6	33,93	40,0	39,3	41,4
3,15k	85,1	9,6	31,3	0,29	21,8	31,3	53,7	28,35	49,9	49,2	51,3
	dBa	dBa	dBa	Seg.	dBa	dBa	dBa	Sabines	dBa	dBa	dBa



### Cálculo de Dnt w (paramento 2)

frecuencias	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
Dnt	30,3	34,1	31,6	29,5	33,2	37,7	41,0	39,0	41,5	43,7	45,9	46,7	46,2	47,6	41,4	51,3
ref. desplazada	24	27	30	33	36	39	42	43	44	45	46	47	47	47	47	47
Desfavorable	0,0	0,0	0,0	3,5	2,8	1,3	1,0	4,0	2,5	1,3	0,1	0,3	0,8	0,0	5,6	0,0



**N = 9**

**Sumas = 23,229 ≤ 32**

**Dntw = 43 dBA**

## Términos de adaptación espectral

C

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Espectro 1	-29	-26	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-12	-11	-10	-9	-9	-9	-9	-9
DnT	30,3	34,1	31,6	29,5	33,2	37,7	41,0	39,0	41,5	43,7	45,9	46,7	46,2	47,6	41,4	51,3

C= -1

Ctr

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Espectro 2	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15
DnT	30,3	34,1	31,6	29,5	33,2	37,7	41,0	39,0	41,5	43,7	45,9	46,7	46,2	47,6	41,4	51,3

Ctr= -3

DnT, w (C, Ctr) = 43 (-1,-3) dBA

## CÓDIGO TÉCNICO

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
LAr	-30,1	-27,1	-24,4	-21,9	-19,6	-17,6	-15,8	-14,2	-12,9	-11,8	-11	-10,4	-10	-9,8	-9,7	-9,8

$10^{((L_{Ar}-D_{n,T})/10)}$

LAr	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15

$10^{((L_{Ar}-D_{n,T})/10)}$

**DnT,A = 43,0 dBA**

-Conclusión

Paramento 2 ( Cuarto B) Dnt A= 43 dBA

**No cumple** la restricción de Dnt, A >50

Esto puede ser debido a que este cuarto no contaba con falso techo de escayola

## Paramento 3 (Cuarto A)



Fig. 68 Toma de medidas en el cuarto A

### Ruido de fondo

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	25,1	24,5	24,9	26	26,4	25,4	dBa
125	24,1	23	24,8	26,9	23,4	24,7	dBa
160	18,7	18,9	18,9	20,3	20,4	19,5	dBa
200	16,5	21,3	16,6	15,1	19,7	18,5	dBa
250	17,7	19,6	18,5	19	21,1	19,3	dBa
315	12,8	18,9	14,5	13,5	16,3	15,8	dBa
400	10,2	10,7	12,9	13,7	13,1	12,3	dBa
500	9,9	14,7	14,1	9,8	14,1	13,0	dBa
630	7	12,2	14,2	6,7	6,9	10,6	dBa
800	7,7	19,6	7,5	8,5	5,7	13,6	dBa
1k	8	31,1	6,6	5,9	5,4	24,2	dBa
1,25k	4,1	15,1	6,3	6,6	6,9	9,9	dBa
1,6k	9,5	12,5	7,3	9	18,6	13,5	dBa
2k	9,4	14,5	7,8	12,2	9,1	11,3	dBa
2,5k	7,3	18,2	10	21	6,5	16,3	dBa
3,15k	7,8	10,3	14,4	6,4	6,7	10,3	dBa

### L2 Posición 1

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	45,7	49,5	47	48,8	48,4	48,1	dBA
125	46,4	44,8	45,8	46,3	44,1	45,6	dBA
160	46,5	46,2	46,9	46,1	45,4	46,2	dBA
200	46,9	45,4	46,3	45	45,1	45,8	dBA
250	48,3	48,5	47,5	48,2	48,3	48,2	dBA
315	42,5	44,6	43,1	43,5	43,8	43,6	dBA
400	40,6	42,3	42,4	41,8	41,7	41,8	dBA
500	43,4	41,8	41,5	41,1	42,4	42,1	dBA
630	40,6	41,8	41,6	42,3	42,7	41,9	dBA
800	37,6	39,6	37,8	37,1	38,3	38,2	dBA
1k	31,6	34,3	31,1	32,8	33,2	32,8	dBA
1,25k	25,8	26,2	26,2	27,6	27,5	26,7	dBA
1,6k	25,7	26,2	27,2	26,6	27,3	26,6	dBA
2k	28,1	28,1	28,5	28,8	28,9	28,5	dBA
2,5k	26,2	27,8	27	27,5	29,3	27,7	dBA
3,15k	21,6	21,5	21,5	21	24,8	22,3	dBA

### L2 Posición 2

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	47,3	47,3	46	47,8	48,4	47,4	dBA
125	49,9	50,7	49,7	50,7	50,6	50,3	dBA
160	44,4	44,6	44,5	45	44,6	44,6	dBA
200	45,3	45,5	46,1	44,9	46,5	45,7	dBA
250	46,9	47,7	47,5	46,3	46,4	47,0	dBA
315	44,5	45,3	44,8	44,9	45,2	44,9	dBA
400	43	42	43,3	42,7	42,2	42,7	dBA
500	42,7	42,6	42,9	42,5	43	42,7	dBA
630	42,4	42,7	42,4	42,6	45,3	43,2	dBA
800	38,5	37,9	38,2	37,5	38,6	38,2	dBA
1k	33,2	33,6	33,4	32,8	34,6	33,6	dBA
1,25k	29	26,1	26,4	26,1	25,8	26,9	dBA
1,6k	35,3	26,5	26,5	28,6	33,6	31,6	dBA
2k	30,4	29,3	30,2	29,3	30,2	29,9	dBA
2,5k	29,2	29,4	29,7	30,2	29,6	29,6	dBA
3,15k	22,5	25	23,3	22,7	24,7	23,8	dBA

## Tiempo de reverberación

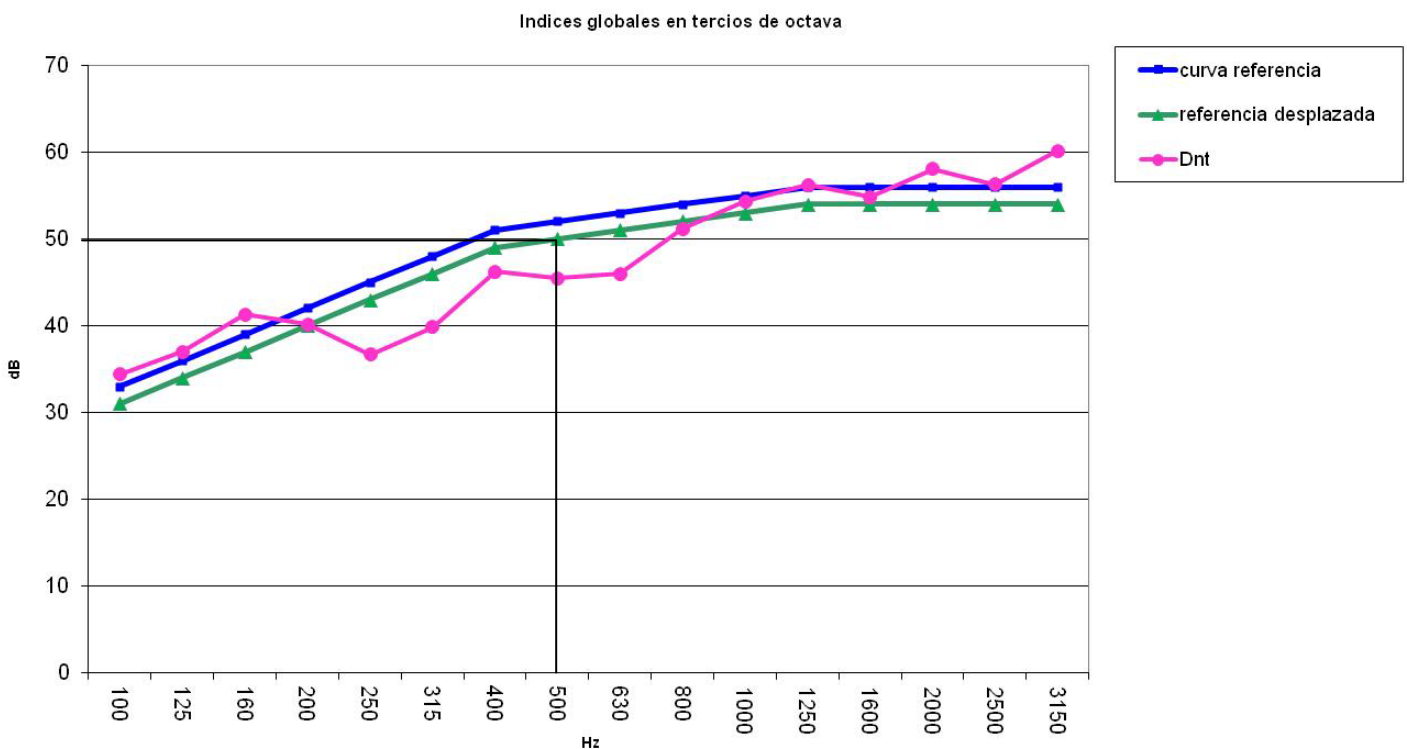
Frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k
medida 1	0,46	0,46	0,31	0,37	0,33	0,35	0,45	0,38	0,39	0,33	0,33	0,33	0,38	0,37	0,34	0,32
medida 2	0,31	0,31	0,51	0,44	0,37	0,33	0,36	0,39	0,34	0,44	0,37	0,40	0,38	0,37	0,35	0,35
TR	0,39	0,39	0,41	0,40	0,35	0,34	0,41	0,38	0,36	0,39	0,35	0,36	0,38	0,37	0,35	0,33
	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.

Volumen receptor            27,27            m<sup>3</sup>  
Superficie paramento        9,06             m<sup>2</sup>

Frec. (Hz)	L1	B2	L2	TR	L2 - B2	L2'	D = L1-L2'	A (Sabine)	R'	Dn	Dnt
100	83,3	25,4	47,8	0,39	22,3	47,8	35,5	11,39	34,5	35,0	34,4
125	86,7	24,7	48,6	0,39	23,9	48,6	38,1	11,39	37,1	37,6	37,0
160	87,7	19,5	45,5	0,41	26,0	45,5	42,2	10,79	41,4	41,8	41,3
200	86,8	18,5	45,8	0,40	27,3	45,8	41,1	10,92	40,3	40,7	40,1
250	85,9	19,3	47,6	0,35	28,3	47,6	38,3	12,69	36,8	37,2	36,7
315	85,8	15,8	44,3	0,34	28,5	44,3	41,5	12,96	40,0	40,4	39,8
400	89,4	12,3	42,3	0,41	29,9	42,3	47,1	10,87	46,3	46,8	46,2
500	89,1	13,0	42,4	0,38	29,4	42,4	46,6	11,49	45,6	46,0	45,5
630	90,0	10,6	42,6	0,36	32,0	42,6	47,4	12,17	46,1	46,6	46,0
800	90,5	13,6	38,2	0,39	24,6	38,2	52,3	11,47	51,3	51,7	51,2
1k	88,5	24,2	33,2	0,35	9,0	32,6	55,9	12,62	54,4	54,9	54,3
1,25k	84,5	9,9	26,8	0,36	16,9	26,8	57,7	12,19	56,4	56,8	56,3
1,6k	85,9	13,5	29,8	0,38	16,3	29,8	56,0	11,61	55,0	55,4	54,8
2k	88,6	11,3	29,3	0,37	17,9	29,3	59,4	11,89	58,2	58,6	58,1
2,5k	86,7	16,3	28,8	0,35	12,5	28,8	57,9	12,77	56,4	56,9	56,3
3,15k	85,1	10,3	23,1	0,33	12,8	23,1	62,0	13,35	60,3	60,7	60,2
	dBA	dBA	dBA	Seg.	dBA	dBA	dBA	Sabines	dBA	dBA	dBA

### Cálculo de Dnt w (paramento 3)

frecuencias	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
Dnt	34,4	37,0	41,3	40,1	36,7	39,8	46,2	45,5	46,0	51,2	54,3	56,3	54,8	58,1	56,3	60,2
ref. desplazada	31	34	37	40	43	46	49	50	51	52	53	54	54	54	54	54
Desfavorable	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	6,2	2,8	4,5	5,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



**N = 2**

**Sumas = 25,566 <=32**

**Dntw = 50 dBA**

## Términos de adaptación espectral

**C**

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Espectro 1	-29	-26	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-12	-11	-10	-9	-9	-9	-9	-9
DnT	34,4	37,0	41,3	40,1	36,7	39,8	46,2	45,5	46,0	51,2	54,3	56,3	54,8	58,1	56,3	60,2

**C= 0**

**Ctr**

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Espectro 2	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15
DnT	34,4	37,0	41,3	40,1	36,7	39,8	46,2	45,5	46,0	51,2	54,3	56,3	54,8	58,1	56,3	60,2

**Ctr= -4**

**DnT, w (C, Ctr) = 50 (0,-4) dBA**

## CÓDIGO TÉCNICO

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
LAr	-30,1	-27,1	-24,4	-21,9	-19,6	-17,6	-15,8	-14,2	-12,9	-11,8	-11	-10,4	-10	-9,8	-9,7	-9,8

$10^{((Lar-Dn,T)/10)}$

LAr	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----	-----	-----	-----	-----

$10^{((Lar-Dn,T)/10)}$

**DnT,A = 50,7 dBA**

### -Conclusión

Paramento 3 (Cuarto A) **Dnt A= 50,7 dBA**

**Cumple** con la restricción de Dnt > 50 dBA

## -Paramento 4 (Pasillo)



Fig. 69 Toma de medidas en el pasillo

### Ruido de fondo

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	43,2	40,4	35,3	38,3	39,3	40,0	dBA
125	35,1	35,2	35,5	40,6	37,7	37,4	dBA
160	31,3	30,1	32,6	34	34,9	32,9	dBA
200	28,5	26,9	26,5	30	28,3	28,2	dBA
250	26,1	24,6	24,6	28,6	28,5	26,8	dBA
315	23,1	22,9	23,8	24,3	23,9	23,6	dBA
400	19,9	20,2	20,7	22,4	20,9	20,9	dBA
500	17,7	18,1	22,7	21,7	24,9	21,9	dBA
630	16,7	16,8	19,2	20,8	19,5	18,9	dBA
800	17,3	16,1	29,9	21,1	20,1	24,2	dBA
1k	19,2	20,7	29,4	22,4	21,9	24,5	dBA
1,25k	18,5	19,5	27	20,8	20,3	22,5	dBA
1,6k	15,8	21,6	24	18	15,8	20,3	dBA
2k	16,1	18,5	20,6	14,2	13,4	17,4	dBA
2,5k	12,1	16,6	17,6	12,2	11,8	14,8	dBA
3,15k	10,2	14,2	12,9	9,7	11	11,9	dBA



### L2 Posición 1

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	49,2	54,4	50,2	57,8	48,7	53,6	dBA
125	53,5	58	58,6	61,8	61	59,4	dBA
160	50,4	54	54,3	54,2	52,9	53,4	dBA
200	48,8	48,1	53,4	56,2	52,9	52,9	dBA
250	49,4	52,1	52,8	58,5	51,2	54,1	dBA
315	45,4	48,4	49,4	56,6	51,5	52,0	dBA
400	47	46,9	52,6	55,5	54,1	52,5	dBA
500	47,2	51,2	55,5	58,1	53,7	54,5	dBA
630	47	51,3	56,2	58,6	54,5	55,1	dBA
800	45,6	50,6	54,8	60	56,2	55,7	dBA
1k	45,9	48,5	53	56,4	52,9	52,7	dBA
1,25k	40,8	42,7	48,3	49,6	47,2	46,8	dBA
1,6k	43,9	46,2	51,1	53,7	49,2	50,1	dBA
2k	47,7	51,7	55,4	57,7	55,4	54,7	dBA
2,5k	45,8	47,6	54,2	55,9	51,8	52,5	dBA
3,15k	40,2	43,4	48,5	51,4	48	47,8	dBA

### L2 Posición 2

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	52,8	55,4	55,7	57,7	49,8	55,0	dBA
125	56,1	58,7	58,9	59,5	58,7	58,5	dBA
160	53,7	52,3	56,1	57,9	60,6	57,1	dBA
200	48,1	48,9	58,3	62,2	54,2	57,4	dBA
250	48,6	49,8	55,3	60,4	55,3	55,9	dBA
315	51,4	48,1	54,5	55,2	56,5	54,0	dBA
400	50,4	50,3	57,1	56,6	55,9	55,0	dBA
500	50,9	49	54,7	58,1	56	54,9	dBA
630	48,1	49,4	54,9	58,8	54,9	54,9	dBA
800	48,5	52,3	55,7	60,3	55,5	56,1	dBA
1k	46,7	47	51,5	55,3	54,2	52,3	dBA
1,25k	39,7	43,2	49	52,5	48	48,5	dBA
1,6k	44,1	44,8	52,1	53,2	49,4	50,1	dBA
2k	48,9	51,7	57,5	58,4	55,3	55,6	dBA
2,5k	47,8	49,9	55,4	56,3	55,6	54,1	dBA
3,15k	41,1	43,3	50,1	51,1	49,9	48,6	dBA

## Tiempo de reverberación

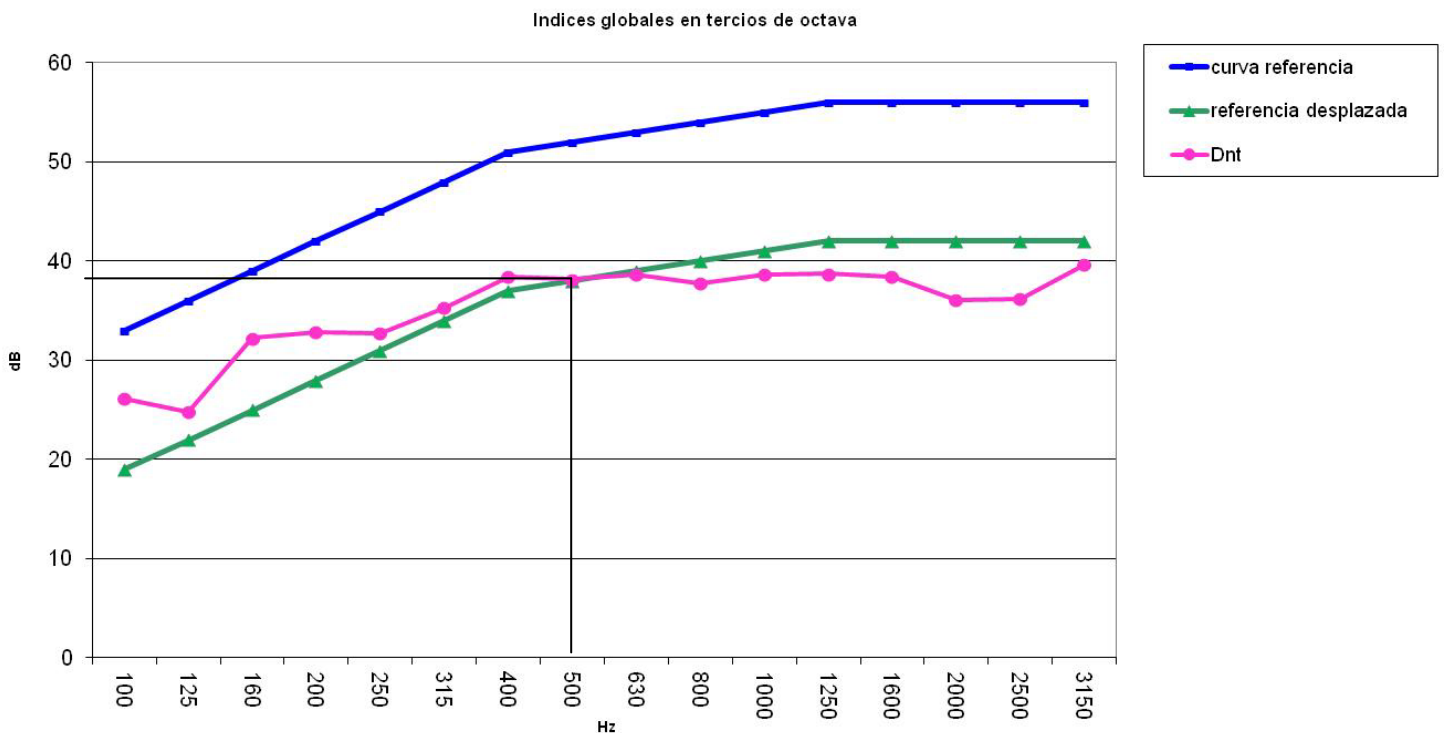
Frec. (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k
medida 1	0,09	0,20	0,79	0,53	0,80	0,84	1,11	1,14	1,08	1,06	1,00	0,86	0,95	0,84	0,96	1,02
medida 2	0,43	0,33	0,58	0,70	0,72	0,92	0,94	1,08	1,11	0,97	0,84	0,66	0,87	0,99	1,03	0,98
medida 3	0,31	0,27	0,61	0,93	0,92	0,84	0,92	1,08	1,07	1,09	0,91	0,67	0,84	0,94	1,02	1,03
medida 4	0,19	0,16	0,46	0,85	0,72	0,94	1,04	1,23	1,17	1,02	0,96	0,74	0,95	0,97	1,01	0,90
medida 5	0,25	0,42	0,51	0,74	0,77	0,92	0,95	1,39	1,20	0,99	0,86	0,87	1,00	0,96	0,92	0,88
medida 6	0,33	0,16	0,21	0,75	0,78	1,02	1,02	1,26	1,21	1,14	1,06	0,92	1,00	0,88	0,91	0,97
TR	0,27	0,26	0,53	0,75	0,78	0,91	1,00	1,20	1,14	1,05	0,94	0,79	0,94	0,93	0,97	0,96
	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.

Volumen receptor            305,55            m<sup>3</sup>  
Superficie paramento        54,15              m<sup>2</sup>

Frec. (Hz)	L1	B2	L2	TR	L2 - B2	L2'	D = L1-L2'	A (Sabine)	R'	Dn	Dnt
100	83,3	40,0	54,4	0,27	14,3	54,4	28,9	186,09	23,6	16,2	26,2
125	86,7	37,4	59,0	0,26	21,6	59,0	27,7	192,48	22,2	14,9	24,8
160	87,7	32,9	55,6	0,53	22,7	55,6	32,0	94,16	29,6	22,3	32,2
200	86,8	28,2	55,7	0,75	27,5	55,7	31,1	66,01	30,3	22,9	32,9
250	85,9	26,8	55,1	0,78	28,2	55,1	30,8	63,19	30,1	22,8	32,8
315	85,8	23,6	53,1	0,91	29,5	53,1	32,7	54,11	32,7	25,4	35,3
400	89,4	20,9	53,9	1,00	33,0	53,9	35,4	49,75	35,8	28,5	38,4
500	89,1	21,9	54,7	1,20	32,9	54,7	34,4	41,32	35,5	28,2	38,1
630	90,0	18,9	55,0	1,14	36,1	55,0	35,0	43,41	36,0	28,7	38,6
800	90,5	24,2	55,9	1,05	31,8	55,9	34,6	47,36	35,1	27,8	37,8
1k	88,5	24,5	52,5	0,94	28,0	52,5	36,0	52,75	36,1	28,7	38,7
1,25k	84,5	22,5	47,7	0,79	25,2	47,7	36,8	62,95	36,1	28,8	38,7
1,6k	85,9	20,3	50,1	0,94	29,8	50,1	35,7	52,93	35,8	28,5	38,5
2k	88,6	17,4	55,2	0,93	37,8	55,2	33,4	53,32	33,5	26,2	36,1
2,5k	86,7	14,8	53,4	0,97	38,6	53,4	33,3	50,82	33,5	26,2	36,2
3,15k	85,1	11,9	48,2	0,96	36,3	48,2	36,8	51,39	37,1	29,7	39,7
	dBa	dBa	dBa	Seg.	dBa	dBa	dBa	Sabines	dBa	dBa	dBa

### Cálculo de Dnt w (paramento 4)

frecuencias	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
DnT	26,2	24,8	32,2	32,9	32,8	35,3	38,4	38,1	38,6	37,8	38,7	38,7	38,5	36,1	36,2	39,7
ref. desplazada	19	22	25	28	31	34	37	38	39	40	41	42	42	42	42	42
Desfavorable	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	2,2	2,3	3,3	3,5	5,9	5,8	2,3



**N = 14**

**Sumas = 25,777 ≤ 32**

**Dntw = 38 dBA**

## Términos de adaptación espectral

C

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Espectro 1	-29	-26	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-12	-11	-10	-9	-9	-9	-9	-9
DnT	26,2	24,8	32,2	32,9	32,8	35,3	38,4	38,1	38,6	37,8	38,7	38,7	38,5	36,1	36,2	39,7

C= -1

Ctr

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Espectro 2	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15
DnT	26,2	24,8	32,2	32,9	32,8	35,3	38,4	38,1	38,6	37,8	38,7	38,7	38,5	36,1	36,2	39,7

Ctr= -2

DnT, w (C, Ctr) = 38 (-1,-2) dBA

## CÓDIGO TÉCNICO

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
LAr	-30,1	-27,1	-24,4	-21,9	-19,6	-17,6	-15,8	-14,2	-12,9	-11,8	-11	-10,4	-10	-9,8	-9,7	-9,8

$10^{((L_{Ar}-D_{n,T})/10)}$

LAr	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15

$10^{((L_{Ar}-D_{n,T})/10)}$

**DnT,A = 38,2**

### -Conclusión

Paramento 4 (pasillo) Dnt A= 38,2 dBA

Al tratarse de un paramento con puerta, se debe cumplir que la puerta tenga un RA > 30 y que el paramento tenga un Dnt, A > 50, cosa que no podemos comprobar con mediciones in situ.

## Aislamiento a ruido aéreo de fachadas al exterior

### -EXIGENCIAS DE LA NORMATIVA

Para el análisis del aislamiento de la fachada con el exterior seguiremos las exigencias del CTE en su DB-HR. Los elementos constructivos interiores de separación, así como las *fachadas*, las *cubiertas*, las *medianerías* y los suelos en contacto con el aire exterior que conforman cada *recinto* de un edificio deben tener, en conjunción con los elementos constructivos adyacentes, unas características tales que se cumpla:

a) *En los recintos protegidos:*

iv) *Protección frente al ruido procedente del exterior:*

– *El aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m,nT,Atr}$ , entre un recinto protegido y el exterior no será menor que los valores indicados en la tabla 2.1, en función del uso del edificio y de los valores del índice de ruido día,  $L_d$ , definido en el Anexo I del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, de la zona donde se ubica el edificio.*

Tabla 2.1 Valores de *aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m,nT,Atr}$ , en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día,  $L_d$ .*

$L_d$ dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario <sup>(1)</sup> , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

Fig. 70 Tabla de exigencias de aislamiento a ruido aéreo de fachadas. DB-HR

- El valor del índice de ruido día,  $L_d$ , puede obtenerse en las administraciones competentes o mediante consulta de los mapas estratégicos de ruido. En el caso de que un recinto pueda estar expuesto a varios valores de  $L_d$ , como por ejemplo un recinto en esquina, se adoptará el mayor valor.
- Cuando no se disponga de datos oficiales del valor del índice de ruido día,  $L_d$ , se aplicará el valor de 60 dBA para el tipo de área acústica relativo a sectores de territorio con predominio de suelo de uso residencial. Para el resto de áreas acústicas, se aplicará lo dispuesto en las normas reglamentarias de desarrollo de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

## -PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Para la medición "in situ" a ruido aéreo de la fachada, tomamos las medidas basándonos en la norma UNE-EN ISO 140-5 "Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas".

Estas son las definiciones de los parámetros utilizados en los cálculos:

**-diferencia de niveles estandarizada,  $D_{2m,nT}$ :** Es la diferencia de niveles, en decibelios, correspondiente a un valor de referencia del tiempo de reverberación en el local de recepción:

$$D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \lg \left( \frac{T}{T_0} \right) \text{ dB}$$

donde  $T_0 = 0,5 \text{ s}$ .

### Posición óptima de la fuente

El altavoz se instala en una o más posiciones fuera del edificio a una distancia  $d$  de la fachada, con el ángulo de incidencia sonora igual a  $(45 \pm 5)^\circ$ . El nivel de presión sonora medio se determina a 2 m frente a la fachada (método global), así como en el local de recepción. Se calculan bien el índice de reducción sonora aparente  $R_{45^\circ}$  o la diferencia de nivel  $D_{nt,2m}$ .

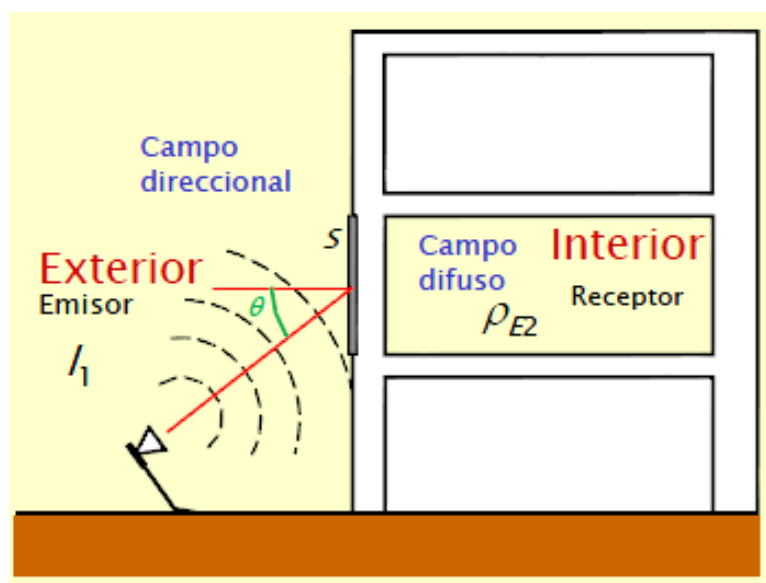
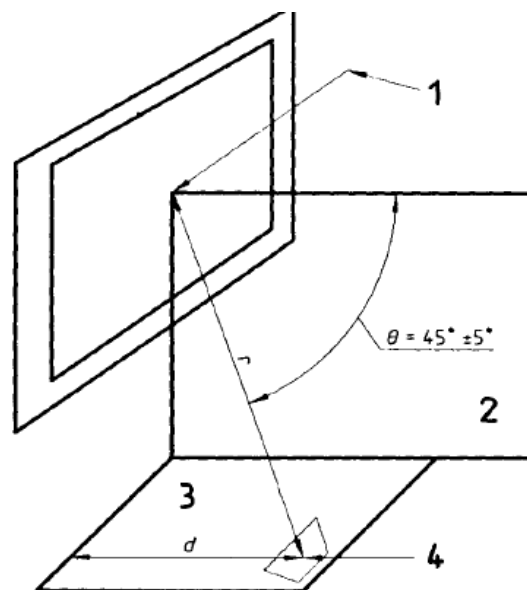


Fig. 71 Esquema de posiciones para medición de ruido aéreo de fachadas

Se debe generar un campo sonoro estacionario con un espectro continuo en el rango de frecuencia considerado. Si las mediciones se hacen en bandas de tercio de octava, se deben usar como mínimo las bandas de frecuencias centrales desde 100 Hz hasta 3 150 Hz. En todas las bandas de frecuencia relevantes, el nivel de potencia sonora de la fuente de ruido debe ser lo suficientemente alto como para que el nivel de presión sonora en el local receptor exceda al ruido de fondo en 6 dB como mínimo.

Debe elegirse una posición del altavoz y una distancia  $d$  a la fachada de manera que minimice la variación del nivel de presión sonora sobre la muestra en ensayo. Esto implica que la fuente sonora se coloque preferentemente en el suelo. Como alternativa, se puede colocar la fuente tan alto del suelo como sea posible. La distancia  $r$  desde la fuente sonora al centro de la muestra debe ser como mínimo de 7 m ( $d > 5$  m).



- Clave
- 1 Normal a la fachada
  - 2 Plano vertical
  - 3 Plano horizontal
  - 4 Altavoz

Fig. 72 Esquema de posición de la fuente



### Posición óptima del sonómetro

El nivel de presión sonora medio se puede obtener mediante un único micrófono que se va situando de posición en posición, mediante una red de micrófonos fijos, o mediante un micrófono móvil bien continuamente u oscilante. Los niveles de presión sonora en las diferentes posiciones de micrófono deben promediarse energéticamente para todas las posiciones de la fuente. Además hay que determinar el nivel del ruido de fondo *B2*.

En cada local deben usarse cinco posiciones de micrófono como mínimo para obtener el nivel de presión sonora medio de cada campo sonoro. Estas posiciones deben distribuirse uniformemente en el máximo espacio permitido dentro de cada local. Los valores de distancias de separación que siguen son valores mínimos que deberían superarse cuando sea posible.

- 0,7 m entre posiciones de micrófonos;
- 0,5 m entre cualquier posición de micrófono y las superficies límites de la habitación o de objetos;
- 1,0 m entre cualquier posición de micrófono y la fuente sonora.

El resto de parámetros y cálculos necesarios serán los mismos que los utilizados para la medición del aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos.

## CÁLCULOS DEL AISLAMIENTO

Lo primero de todo es localizar en el mapa de ruidos facilitado por el ayuntamiento de Valencia el valor  $L_d$  correspondiente a la zona de las fachadas de la sala:

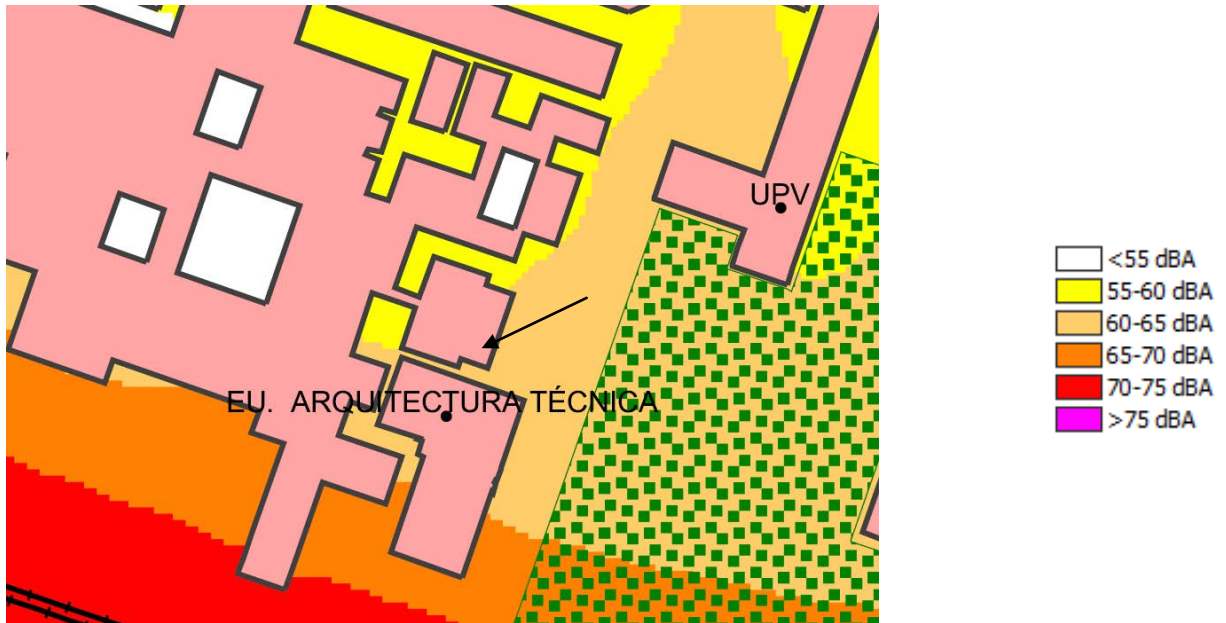


Fig. 73 Mapa de ruido total correspondiente al  $L_{dia}$

Vemos que a la zona de las fachadas de la sala les corresponde un valor de  $L_d$  de 60-65 dBA. Para ese valor, según el CTE en su DB-HR es necesario cumplir un valor mínimo de  $D_{2m, nt, Atr}$  de 30 dBA:

Tabla 2.1 Valores de *aislamiento acústico a ruido aéreo*,  $D_{2m, nt, Atr}$ , en dBA, entre un *recinto protegido* y el exterior, en función del índice de ruido día,  $L_d$ .

$L_d$ dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario <sup>(1)</sup> , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

Fig. 74 Tabla de exigencias de aislamiento a ruido aéreo de fachadas. DB-HR

Estas son las posiciones de la fuente y de la toma de medidas del sonómetro elegidas para el cálculo de los parámetros necesarios:

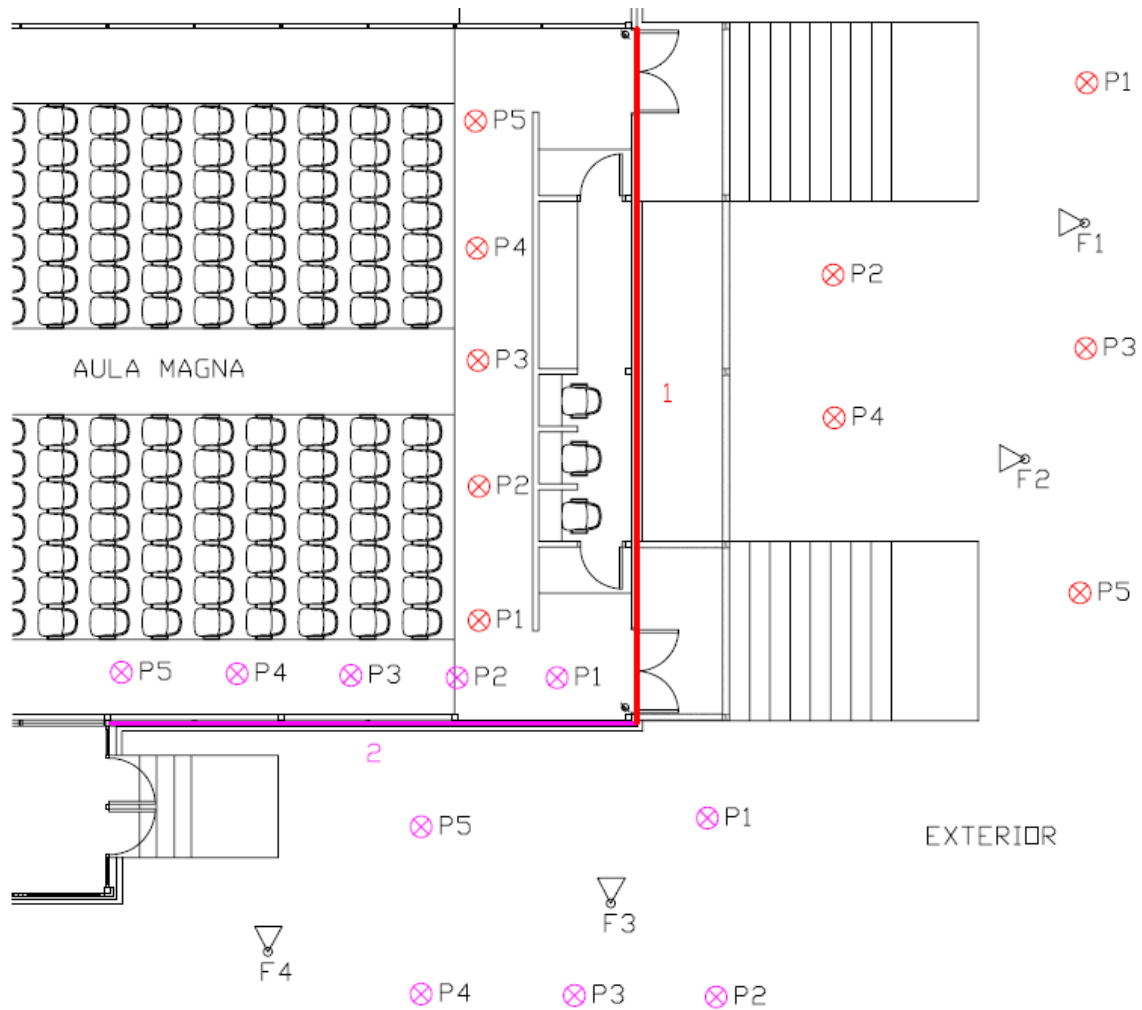


Fig. 75 Plano de posición de medidas para cálculo de aislamiento a ruido aéreo de fachadas.



Fig. 76 Fachada 1



Fig. 77 Fachada 2

## -Fachada 1

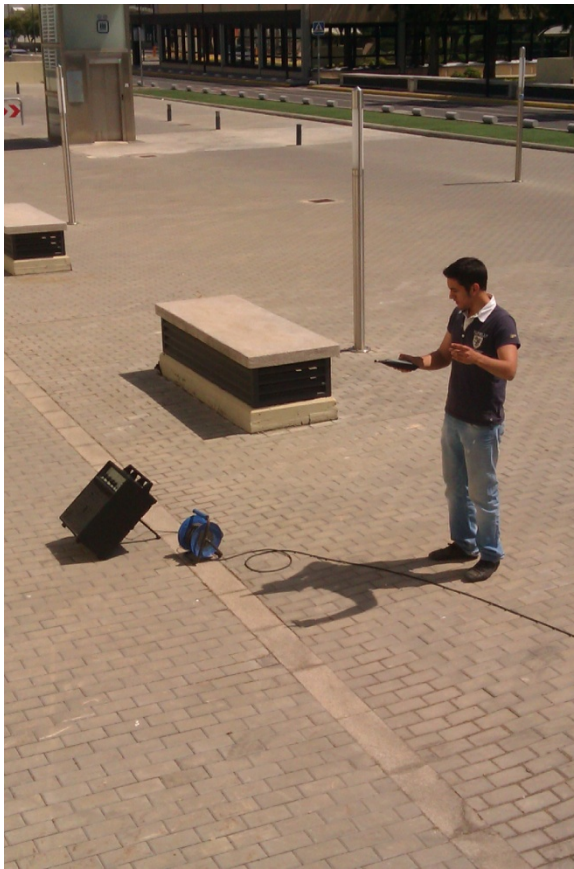


Fig. 79 Toma de medidas del L1 en la fachada 1

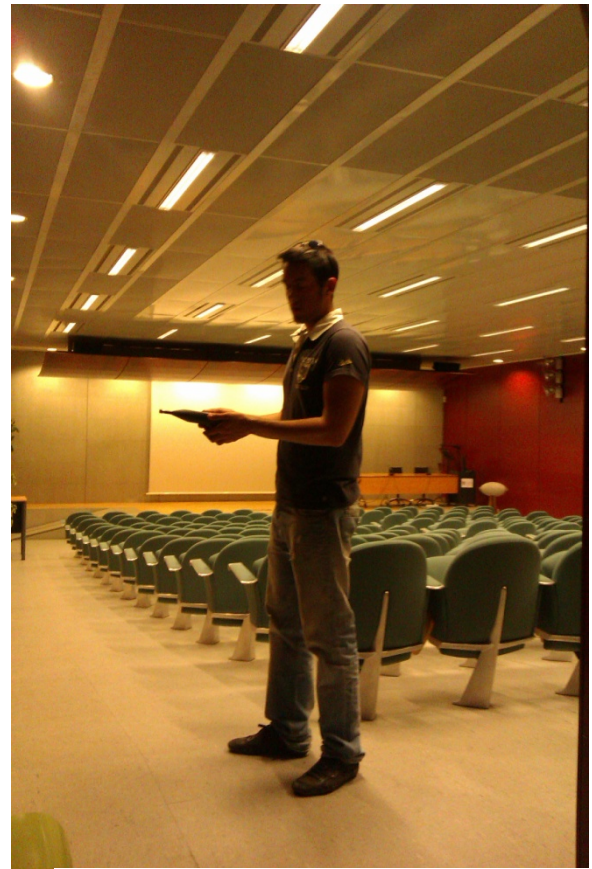


Fig. 78 Toma de medidas del L2

### Ruido de fondo

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	29,7	29,3	26,4	35,3	45,6	39,2	dBA
125	23,8	25,3	23,9	28,2	32,4	28,1	dBA
160	24,2	22,9	24	21	29,8	25,5	dBA
200	12,8	16,5	15,4	16,7	17,5	16,1	dBA
250	7,7	9,3	12,8	17	17,1	14,3	dBA
315	12,4	15,4	5,7	19,4	12,3	15,0	dBA
400	6,6	6,3	19,1	17,5	15,9	15,7	dBA
500	8,1	6,9	10,7	9,7	7,8	8,9	dBA
630	6,4	3,6	9,8	8,5	8,3	7,8	dBA
800	7,9	4,7	9,3	9,9	7,4	8,2	dBA
1k	9,2	4,6	5,5	9,1	9,8	8,1	dBA
1,25k	4,5	5,4	6,4	7,6	6,6	6,2	dBA
1,6k	4,9	5,4	5,4	5,6	19,7	13,3	dBA
2k	6,5	9,1	5,2	6	5,7	6,7	dBA
2,5k	6,1	6	5,9	5,8	5,9	5,9	dBA
3,15k	6,6	7,4	7,1	7,2	7	7,1	dBA

### L1 Posición 1

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	81,3	82	85	87,8	82,8	84,5	dBa
125	86,6	87,1	86,9	86,4	88,5	87,2	dBa
160	86,3	86,1	84,3	85,5	89	86,5	dBa
200	87	86,9	90,1	91,5	84,2	88,7	dBa
250	79,3	83,2	83,7	83,8	87,3	84,2	dBa
315	81,2	80,6	86,1	85,9	86,2	84,7	dBa
400	85,1	81,2	86,7	88,3	90,4	87,3	dBa
500	86,7	85,6	86,8	88,6	89,3	87,6	dBa
630	84,8	86,7	87,5	84	85,9	86,0	dBa
800	89,9	78,8	87,4	84,5	88,7	87,2	dBa
1k	87,6	85,5	86,9	83,9	86,9	86,3	dBa
1,25k	76,3	78,9	83,7	80,9	83	81,3	dBa
1,6k	78,5	80,3	75	76	75,9	77,6	dBa
2k	82,4	81,9	77,2	78,2	81	80,6	dBa
2,5k	82,1	82,8	80,1	82,9	81,2	81,9	dBa
3,15k	81,4	79,3	79,1	81	81,6	80,6	dBa

### L1 Posición 2

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	84,1	84,8	83,3	84,6	85,5	84,5	dBa
125	82,3	82,2	89	84,5	85,3	85,4	dBa
160	83,9	87,2	85,5	87,7	83,9	85,9	dBa
200	87	85,2	91,8	88,3	89,4	88,9	dBa
250	85,3	87,9	88,7	86,2	86	87,0	dBa
315	87,5	87,9	87,9	84,6	89,6	87,8	dBa
400	88,5	89,8	87,5	83,4	89,3	88,2	dBa
500	84,8	87,5	86,8	83,5	87,2	86,2	dBa
630	84,1	87,4	89	87	83,3	86,7	dBa
800	88,8	92,2	92,2	90,8	90	91,0	dBa
1k	83	89,8	88,6	86	86,4	87,3	dBa
1,25k	81	86	86,4	82	83,3	84,3	dBa
1,6k	75,1	82,4	80,6	76,4	78,1	79,3	dBa
2k	79,6	83,5	83,4	82,5	79,1	82,0	dBa
2,5k	82	83,6	84,5	82,2	81	82,8	dBa
3,15k	78,7	82	81,1	80,4	81,3	80,8	dBa

### L2 Posición 1

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	51,1	44,3	43,1	41	49,8	47,5	dBA
125	54,5	51,2	44,4	46,2	49,1	50,5	dBA
160	54,8	48,2	48,3	49,5	46,7	50,6	dBA
200	58,4	48,1	50,9	47,8	53,5	53,7	dBA
250	56,2	51,3	51,9	50,3	50,7	52,7	dBA
315	56,1	53,9	51,1	52,4	50,7	53,3	dBA
400	56	51,9	44,7	48,9	46,3	51,5	dBA
500	54,8	49,2	44,9	46,2	50,4	50,5	dBA
630	58,5	50,4	47,7	45,7	51,7	53,3	dBA
800	56,7	52,6	47,1	46,9	48,7	52,2	dBA
1k	53,5	46,7	43,8	43,3	43,7	48,3	dBA
1,25k	47,4	37,6	38,1	36,2	40,5	42,2	dBA
1,6k	46,6	38,5	38	36,2	37,4	41,4	dBA
2k	44,7	38,5	38	36,6	39,6	40,5	dBA
2,5k	43,2	38,8	36,5	35,4	36,4	39,1	dBA
3,15k	40,3	32,1	30,9	32,7	37	36,1	dBA

### L2 Posición 2

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	47,7	42,3	45,5	46,8	59,5	53,2	dBA
125	45,4	43,7	49,6	49,2	52	48,9	dBA
160	44,6	48,5	44,3	46,3	56,2	50,7	dBA
200	51,6	48,2	46,3	51,1	58,3	53,3	dBA
250	52	48,6	48,4	50,9	52,8	50,9	dBA
315	53,7	48,3	47,6	50,3	52,5	51,1	dBA
400	54,7	50,4	46,8	50,1	53,3	51,9	dBA
500	53,5	47,4	47,1	47,8	57,3	52,7	dBA
630	50,6	44,8	49,5	49,7	54,3	50,8	dBA
800	47,5	44,6	46,3	47,3	55,4	50,2	dBA
1k	45,3	41,3	42,1	42,4	50,4	45,8	dBA
1,25k	39,7	37,2	38,2	40,5	47,6	42,6	dBA
1,6k	36,5	35,3	39	39,4	48,1	42,5	dBA
2k	36,7	35,9	38,2	37,8	48,8	42,9	dBA
2,5k	35,4	32,3	34	35,2	43,6	38,3	dBA
3,15k	33,4	30,4	32	36,1	42,1	37,0	dBA

## Tiempo de reverberación

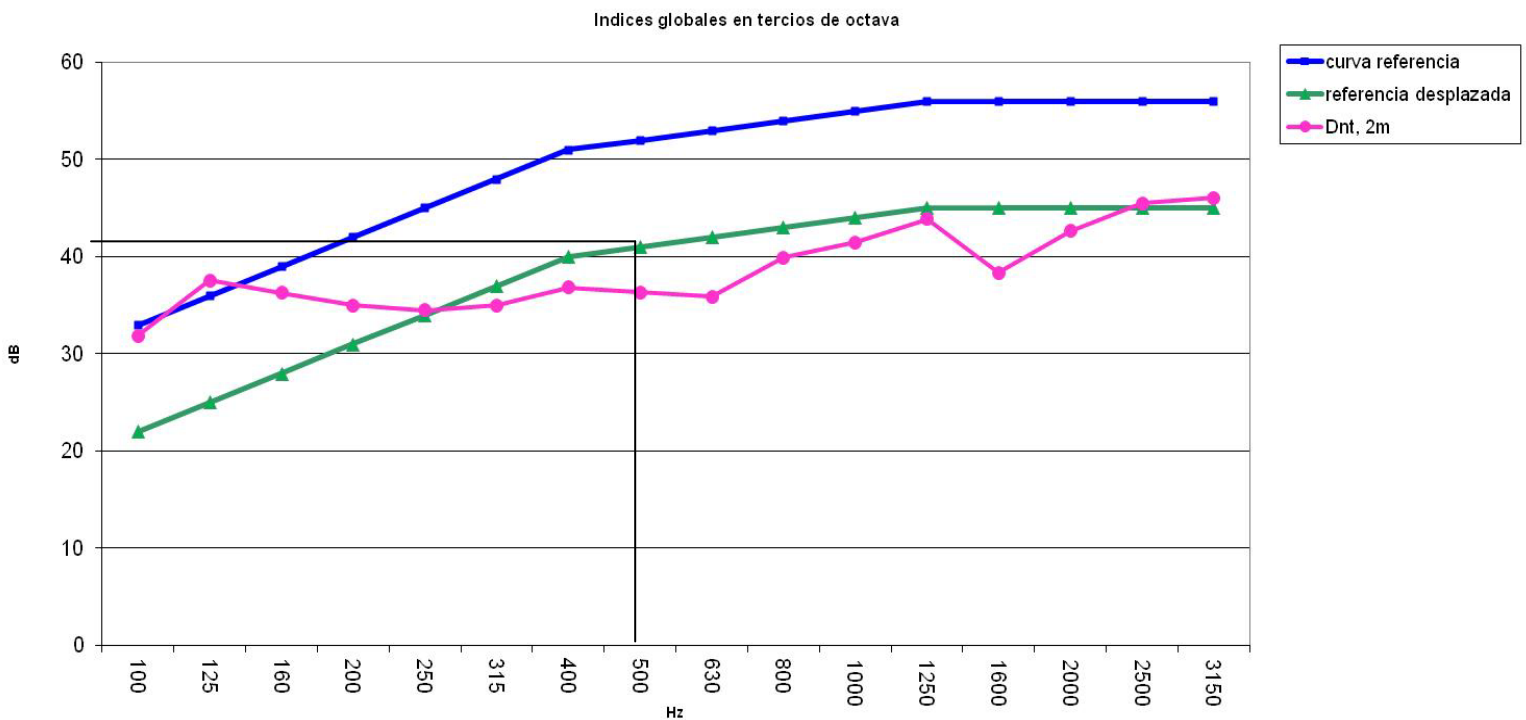
Frec. (Hz)	med1	med2	med3	med4	med5	med6	med7	med8	med9	med10	med11	med12	TR
100	0,31	0,30	0,08	0,13	0,45	0,35	0,97	0,45	0,49	0,21	0,34	0,24	0,36
125	0,74	0,62	0,62	0,69	0,76	0,74	0,50	0,49	0,45	0,70	0,81	0,27	0,62
160	0,87	0,38	0,79	0,74	0,57	0,73	0,70	0,51	0,42	0,31	0,32	0,68	0,59
200	0,64	0,17	0,24	0,42	0,60	0,53	0,35	0,52	0,52	0,51	0,59	0,50	0,47
250	0,67	0,55	0,52	0,62	0,55	0,63	0,60	0,57	0,44	0,54	0,58	0,58	0,57
315	0,64	0,69	0,53	0,62	0,52	0,73	0,65	0,65	0,67	0,52	0,47	0,62	0,61
400	0,59	0,59	0,52	0,59	0,60	0,65	0,56	0,56	0,63	0,62	0,59	0,63	0,59
500	0,81	0,68	0,67	0,67	0,53	0,66	0,62	0,61	0,70	0,66	0,62	0,60	0,65
630	0,85	0,67	0,80	0,82	0,81	0,66	0,81	0,72	0,70	0,79	0,69	0,75	0,76
800	0,74	0,77	0,79	0,71	0,71	0,74	0,76	0,73	0,81	0,83	0,68	0,72	0,75
1k	0,84	0,83	0,76	0,78	0,81	0,74	0,73	0,76	0,71	0,80	0,73	0,77	0,77
1,25k	0,87	0,73	0,77	0,75	0,81	0,76	0,76	0,76	0,77	0,79	0,84	0,74	0,78
1,6k	0,76	0,82	0,70	0,77	0,79	0,77	0,79	0,69	0,77	0,75	0,65	0,83	0,76
2k	0,83	0,76	0,79	0,75	0,72	0,77	0,64	0,83	0,72	0,82	0,78	0,82	0,77
2,5k	0,82	0,73	0,72	0,69	0,83	0,81	0,74	0,79	0,73	0,76	0,75	0,84	0,77
3,15k	0,91	0,71	0,80	0,74	0,79	0,83	0,79	0,76	0,74	0,79	0,76	0,77	0,78
	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.

Volumen receptor            837,6        m<sup>3</sup>  
Superficie paramento       36,3         m<sup>2</sup>

Frec. (Hz)	L1	B2	L2	TR	L2 - B2	L2'	D = L1-L2'	A (Sabine)	R'2m	Dn, 2m	Dnt, 2m
100	84,5	39,2	51,3	0,36	12,0	51,3	33,2	374,92	23,1	17,5	31,8
125	86,4	28,1	49,8	0,62	21,7	49,8	36,6	219,74	28,8	23,2	37,5
160	86,2	25,5	50,6	0,59	25,1	50,6	35,6	231,75	27,6	22,0	36,3
200	88,8	16,1	53,5	0,47	37,4	53,5	35,3	291,65	26,3	20,7	35,0
250	85,8	14,3	51,9	0,57	37,6	51,9	33,9	237,88	25,8	20,2	34,5
315	86,5	15,0	52,3	0,61	37,3	52,3	34,1	222,20	26,3	20,7	35,0
400	87,8	15,7	51,7	0,59	36,0	51,7	36,1	228,44	28,1	22,5	36,8
500	87,0	8,9	51,7	0,65	42,9	51,7	35,2	208,54	27,6	22,0	36,4
630	86,3	7,8	52,2	0,76	44,4	52,2	34,1	179,56	27,2	21,6	35,9
800	89,5	8,2	51,3	0,75	43,1	51,3	38,2	181,30	31,2	25,6	39,9
1k	86,9	8,1	47,2	0,77	39,1	47,2	39,6	175,77	32,8	27,2	41,5
1,25k	83,0	6,2	42,4	0,78	36,1	41,1	42,0	174,00	35,2	29,6	43,9
1,6k	78,6	13,3	42,0	0,76	28,7	42,0	36,6	179,19	29,6	24,0	38,4
2k	81,4	6,7	41,9	0,77	35,1	40,6	40,8	176,53	33,9	28,3	42,7
2,5k	82,4	5,9	38,7	0,77	32,8	38,7	43,7	177,12	36,8	31,2	45,5
3,15k	80,7	7,1	36,6	0,78	29,5	36,6	44,1	173,50	37,3	31,7	46,1
	dBA	dBA	dBA	Seg.	dBA	dBA	dBA	Sabines	dB	dB	dB

### Cálculo del Dnt, 2m w (fachada 1)

frecuencias	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
DnT, 2m	31,8	37,5	36,3	35,0	34,5	35,0	36,8	36,4	35,9	39,9	41,5	43,9	38,4	42,7	45,5	46,1
ref. desplazada	22	25	28	31	34	37	40	41	42	43	44	45	45	45	45	45
Desfavorable	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	3,2	4,6	6,1	3,1	2,5	1,1	6,6	2,3	0,0	0,0



**N = 11**

**Sumas = 31,4668 <=32**

**Dnt, 2m w = 41 dBA**



## Términos de adaptación espectral

C

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Espectro 1	-29	-26	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-12	-11	-10	-9	-9	-9	-9	-9
DnT, 2m	31,8	37,5	36,3	35,0	34,5	35,0	36,8	36,4	35,9	39,9	41,5	43,9	38,4	42,7	45,5	46,1

$$C = -1$$

Ctr

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Espectro 2	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15
DnT, 2m	31,8	37,5	36,3	35,0	34,5	35,0	36,8	36,4	35,9	39,9	41,5	43,9	38,4	42,7	45,5	46,1

$$Ctr = -2$$

**D2m, nT, w (C, Ctr) = 31 (0,0) dBA**

## CÓDIGO TÉCNICO

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
LAr	-30,1	-27,1	-24,4	-21,9	-19,6	-17,6	-15,8	-14,2	-12,9	-11,8	-11	-10,4	-10	-9,8	-9,7	-9,8

$10^{((Lar-Dn,T)/10)}$

LAr	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----	-----	-----	-----	-----

$10^{((Lar-Dn,T)/10)}$

$$D2m, nT, Atr = 38,6 \text{ dBA}$$

### -Conclusión

Fachada 1 **D2m, nT, Atr = 38,6 dBA**

**Cumple** la exigencia de D2m, nT, Atr >30 dBA

## -Fachada 2



Fig. 80 Medidas de L1 para la fachada 2

### Ruido de fondo

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	29,7	29,3	26,4	35,3	45,6	39,2	dBa
125	23,8	25,3	23,9	28,2	32,4	28,1	dBa
160	24,2	22,9	24	21	29,8	25,5	dBa
200	12,8	16,5	15,4	16,7	17,5	16,1	dBa
250	7,7	9,3	12,8	17	17,1	14,3	dBa
315	12,4	15,4	5,7	19,4	12,3	15,0	dBa
400	6,6	6,3	19,1	17,5	15,9	15,7	dBa
500	8,1	6,9	10,7	9,7	7,8	8,9	dBa
630	6,4	3,6	9,8	8,5	8,3	7,8	dBa
800	7,9	4,7	9,3	9,9	7,4	8,2	dBa
1k	9,2	4,6	5,5	9,1	9,8	8,1	dBa
1,25k	4,5	5,4	6,4	7,6	6,6	6,2	dBa
1,6k	4,9	5,4	5,4	5,6	19,7	13,3	dBa
2k	6,5	9,1	5,2	6	5,7	6,7	dBa
2,5k	6,1	6	5,9	5,8	5,9	5,9	dBa
3,15k	6,6	7,4	7,1	7,2	7	7,1	dBa

### L1 Posición 3

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	84,9	87,8	87,3	82	81,6	85,4	dBA
125	88,6	88	89,1	83,2	86,9	87,6	dBA
160	93,1	89,9	86,9	87,3	85,2	89,4	dBA
200	89,1	90,3	87,9	90	84,8	88,8	dBA
250	91,4	88,8	90,2	83,1	86,2	88,8	dBA
315	89,1	88,5	90,3	88,8	86,2	88,8	dBA
400	91,9	91,3	92,9	89,4	90,6	91,4	dBA
500	93,1	92,4	90,9	92	90,3	91,9	dBA
630	96,2	94,8	91,8	93,3	91,7	93,9	dBA
800	95,1	95,7	91,1	91,2	90,4	93,3	dBA
1k	94	90,4	91,4	88	87,2	90,9	dBA
1,25k	86	85,9	87,7	84	83,6	85,7	dBA
1,6k	87,8	87,8	85,5	84,8	85,5	86,5	dBA
2k	90,5	89,9	87,6	87,8	86,8	88,8	dBA
2,5k	91,7	92,5	88,3	88	87,6	90,1	dBA
3,15k	89,1	89	85,7	85,2	83,9	87,1	dBA

### L1 Posición 4

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	84	88,2	87,5	83	86,3	86,2	dBA
125	90	88	92,1	84,2	89,8	89,5	dBA
160	87,3	89,2	90,7	89,9	89,1	89,4	dBA
200	86,5	92,7	87,2	87,7	90,2	89,5	dBA
250	90,1	90	87,1	88,3	87,2	88,7	dBA
315	85,7	89,3	87,1	88,5	86,9	87,7	dBA
400	93,3	89,5	90,7	88,3	91,8	91,1	dBA
500	94,1	93,4	90,8	91,8	92	92,6	dBA
630	92,9	91,3	91,5	93,3	91,7	92,2	dBA
800	90,6	93,4	91,7	92,3	92,6	92,2	dBA
1k	90	91,5	90,1	89	88,7	90,0	dBA
1,25k	87,3	87,6	85,7	86,8	85,3	86,6	dBA
1,6k	85,2	88,3	84,6	86,2	86,4	86,3	dBA
2k	88,3	91	87,7	90,8	88,7	89,5	dBA
2,5k	88,6	90,1	86,6	89,8	86,6	88,6	dBA
3,15k	84,5	86,5	85,5	86,7	86,2	86,0	dBA

### L2 Posición 3

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	57,5	54,3	55,3	56,8	53,7	55,8	dBA
125	54,7	56,2	57,2	59,8	53,9	56,9	dBA
160	56,4	52,4	52,9	55,8	50	54,1	dBA
200	54,1	48,2	48	54,1	46,3	51,4	dBA
250	51,8	48,9	49,8	54,4	46,7	51,1	dBA
315	50	48	47,5	51,3	45,9	49,0	dBA
400	49,8	47,2	45,3	49,4	47,4	48,1	dBA
500	50,3	47,4	47,9	55,8	45,4	51,1	dBA
630	52,5	50,2	49,4	53,6	48,8	51,3	dBA
800	49,6	50,3	47,9	51,9	48,8	49,9	dBA
1k	47,5	45,8	47,2	49,7	45,7	47,4	dBA
1,25k	45,5	48	43,1	45	42,1	45,2	dBA
1,6k	47,4	47,4	43,4	46	44	45,9	dBA
2k	48,5	48,2	46,7	49,6	47,7	48,2	dBA
2,5k	48,3	47,6	47,6	47,2	46,8	47,5	dBA
3,15k	44,8	44,9	43,4	45,5	44,1	44,6	dBA

### L2 Posición 4

Frec. (Hz)	medida 1	medida 2	medida 3	medida 4	medida 5	promedio	
100	56,5	59,1	59,4	55,6	55,9	57,6	dBA
125	61,9	57	54,9	51,5	50,7	57,2	dBA
160	58,9	54,1	52,2	51,5	52,6	54,8	dBA
200	58	52,8	50,2	48,5	47,9	53,3	dBA
250	50,9	51	53,6	49,2	48,2	51,0	dBA
315	51,8	49,3	48,8	46	51,9	50,1	dBA
400	54,8	50,5	50,4	45,4	43,8	50,7	dBA
500	53	49,5	49,4	45,3	45,2	49,5	dBA
630	56,8	51,1	48,9	46,5	47,3	52,0	dBA
800	54,9	49,6	49,9	46	46,4	50,7	dBA
1k	51,6	47,5	44,4	43,6	43,6	47,4	dBA
1,25k	50,3	46,1	46,2	43,5	40,2	46,5	dBA
1,6k	49,2	48,1	44,8	42,6	42,1	46,3	dBA
2k	48,6	47,7	41,1	44,5	41,8	45,7	dBA
2,5k	48,1	47,3	43,5	42	41	45,3	dBA
3,15k	46	43,7	41	39,4	38,5	42,6	dBA

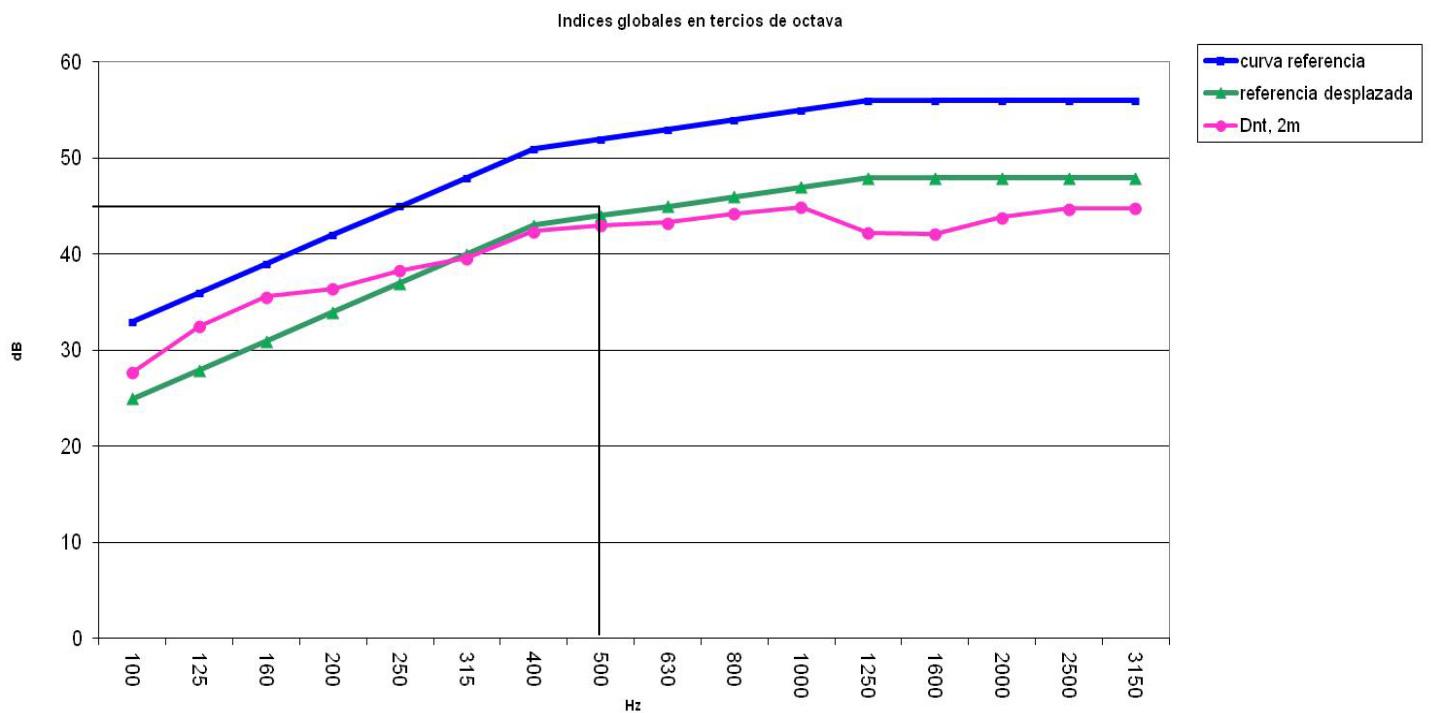
Frec. (Hz)	med1	med2	med3	med4	med5	med6	med7	med8	med9	med10	med11	med12	TR
100	0,31	0,30	0,08	0,13	0,45	0,35	0,97	0,45	0,49	0,21	0,34	0,24	0,36
125	0,74	0,62	0,62	0,69	0,76	0,74	0,50	0,49	0,45	0,70	0,81	0,27	0,62
160	0,87	0,38	0,79	0,74	0,57	0,73	0,70	0,51	0,42	0,31	0,32	0,68	0,59
200	0,64	0,17	0,24	0,42	0,60	0,53	0,35	0,52	0,52	0,51	0,59	0,50	0,47
250	0,67	0,55	0,52	0,62	0,55	0,63	0,60	0,57	0,44	0,54	0,58	0,58	0,57
315	0,64	0,69	0,53	0,62	0,52	0,73	0,65	0,65	0,67	0,52	0,47	0,62	0,61
400	0,59	0,59	0,52	0,59	0,60	0,65	0,56	0,56	0,63	0,62	0,59	0,63	0,59
500	0,81	0,68	0,67	0,67	0,53	0,66	0,62	0,61	0,70	0,66	0,62	0,60	0,65
630	0,85	0,67	0,80	0,82	0,81	0,66	0,81	0,72	0,70	0,79	0,69	0,75	0,76
800	0,74	0,77	0,79	0,71	0,71	0,74	0,76	0,73	0,81	0,83	0,68	0,72	0,75
1k	0,84	0,83	0,76	0,78	0,81	0,74	0,73	0,76	0,71	0,80	0,73	0,77	0,77
1,25k	0,87	0,73	0,77	0,75	0,81	0,76	0,76	0,76	0,77	0,79	0,84	0,74	0,78
1,6k	0,76	0,82	0,70	0,77	0,79	0,77	0,79	0,69	0,77	0,75	0,65	0,83	0,76
2k	0,83	0,76	0,79	0,75	0,72	0,77	0,64	0,83	0,72	0,82	0,78	0,82	0,77
2,5k	0,82	0,73	0,72	0,69	0,83	0,81	0,74	0,79	0,73	0,76	0,75	0,84	0,77
3,15k	0,91	0,71	0,80	0,74	0,79	0,83	0,79	0,76	0,74	0,79	0,76	0,77	0,78
	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.	Seg.

Volumen receptor            837,6            m3  
Superficie paramento       28,36            m2

Frec. (Hz)	L1	B2	L2	TR	L2 - B2	L2'	D = L1-L2'	A (Sabine)	R'2m	Dn, 2m	Dnt, 2m
100	85,9	39,2	56,8	0,36	17,5	56,8	29,1	374,92	17,9	13,3	27,7
125	88,7	28,1	57,0	0,62	28,9	57,0	31,6	219,74	22,7	18,2	32,5
160	89,4	25,5	54,5	0,59	28,9	54,5	34,9	231,75	25,8	21,3	35,6
200	89,2	16,1	52,4	0,47	36,4	52,4	36,8	291,65	26,6	22,1	36,4
250	88,8	14,3	51,1	0,57	36,7	51,1	37,7	237,88	28,5	24,0	38,3
315	88,3	15,0	49,5	0,61	34,5	49,5	38,7	222,20	29,8	25,3	39,6
400	91,2	15,7	49,6	0,59	33,9	49,6	41,7	228,44	32,6	28,1	42,4
500	92,2	8,9	50,3	0,65	41,5	50,3	41,9	208,54	33,2	28,7	43,0
630	93,1	7,8	51,6	0,76	43,8	51,6	41,5	179,56	33,5	29,0	43,3
800	92,8	8,2	50,3	0,75	42,1	50,3	42,5	181,30	34,4	29,9	44,2
1k	90,5	8,1	47,4	0,77	39,3	47,4	43,0	175,77	35,1	30,6	44,9
1,25k	86,2	6,2	45,9	0,78	39,7	45,9	40,3	174,00	32,4	27,9	42,2
1,6k	86,4	13,3	46,1	0,76	32,8	46,1	40,3	179,19	32,3	27,7	42,1
2k	89,2	6,7	47,2	0,77	40,4	47,2	42,0	176,53	34,0	29,5	43,8
2,5k	89,4	5,9	46,6	0,77	40,6	46,6	42,9	177,12	34,9	30,4	44,7
3,15k	86,6	7,1	43,7	0,78	36,7	43,7	42,8	173,50	35,0	30,4	44,8
	dBA	dBA	dBA	Seg.	dBA	dBA	dBA	Sabines	dB	dB	dB

## Cálculo del Dnt, 2m w (fachada 2)

frecuencias	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
DnT, 2m	27,7	32,5	35,6	36,4	38,3	39,6	42,4	43,0	43,3	44,2	44,9	42,2	42,1	43,8	44,7	44,8
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	0,4	0,6	1,0	1,7	1,8	2,1	5,8	5,9	4,2	3,3	3,2



**N = 8**

**Sumas = 29,86 ≤ 32**

**Dnt, 2m w = 44 dBA**

## Términos de adaptación espectral

C

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Espectro 1	-29	-26	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-12	-11	-10	-9	-9	-9	-9	-9
DnT, 2m	27,7	32,5	35,6	36,4	38,3	39,6	42,4	43,0	43,3	44,2	44,9	42,2	42,1	43,8	44,7	44,8

$$C = -1$$

Ctr

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Espectro 2	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15
DnT, 2m	27,7	32,5	35,6	36,4	38,3	39,6	42,4	43,0	43,3	44,2	44,9	42,2	42,1	43,8	44,7	44,8

$$Ctr = -3$$

**D2m, nT, w (C, Ctr) = 31 (0,0) dBA**

## CÓDIGO TÉCNICO

frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
LAr	-30,1	-27,1	-24,4	-21,9	-19,6	-17,6	-15,8	-14,2	-12,9	-11,8	-11	-10,4	-10	-9,8	-9,7	-9,8

$10^{((Lar-Dn,T)/10)}$

LAr	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----	----	-----	-----	-----	-----

$10^{((Lar-Dn,T)/10)}$

$$D2m, nT, Atr = 40,9 \text{ dBA}$$

### -Conclusión

Fachada 2 **D2m, nT, Atr = 40,9 dBA**

**Cumple** la exigencia de Dnt,2m Atr > 30 dBA

## Conclusiones Aislamiento acústico

Paramento	Exigencia	Valor
Paramento 1 (Salon de actos II)	Dnt, A > 50dBA	Dnt, A = 51,5 dBA
Paramento 2 (cuarto B)	Dnt, A > 50dBA	Dnt, A = 43 dBA
Paramento 3 (cuarto A)	Dnt, A > 50dBA	Dnt, A = 50,7 dBA
Paramento 4 (Pasillo)	RA(puerta) > 30 dBA Dnt, A (cerramiento) > 50dBA	No calculable in situ Dnt, A = 38,2 dBA
Fachada 1	Dnt, Atr > 30 dBA	Dnt, Atr = 38,6 dBA
Fachada 2	Dnt, Atr > 30 dBA	Dnt, Atr = 40,9 dBA

Fig. 81 Tabla de conclusiones de aislamiento acústico



## Conclusiones generales

---

Después de analizar con detenimiento los aspectos estudiados sobre el acondicionamiento y aislamiento acústico del aula magna, podemos sacar unas conclusiones generales.

En lo que se refiere al acondicionamiento, podemos observar que es una sala con un **tiempo de reverberación adecuado** a su uso y volumen. La **inteligibilidad de la palabra es buena**, tanto para voz masculina como femenina. Tiene una **claridad** y una **definición de la palabra aceptables**. Las reflexiones que ofrecen tanto la concha de escena como los laterales de la sala proporcionan una **correcta distribución de los niveles** en toda la zona de espectadores, **sin que exista el fenómeno del eco** en ninguna posición. El **ruido de fondo** que posee la sala es **muy bueno**, tanto para una situación en la que el aire acondicionado este apagado como encendido. El único punto que cabría mejorar son las **visuales** directas de las últimas filas de espectadores, que **no poseen una buena visión directa** del escenario.

En cuanto a las exigencias que establece la normativa sobre aislamiento acústico, observamos que **cumple casi en la totalidad** de sus paramentos, salvo en la transmisión de ruido con uno de los cuartos laterales, que al no poseer falso techo obtiene un menor nivel de aislamiento.

## Bibliografía

---

-Carrión Isbert, Antoni

*Diseño acústico de espacios arquitectónicos*

Edicions UPC, Barcelona, 2006. 433p. ISBN: 84-8301-252-9

-Recuero López, Manuel

*Acondicionamiento acústico*

Editorial Paraninfo, 2001. 299p. ISBN: 84-283-2799-8.

-Código Técnico de la Edificación. *Documento Básico HR: Protección frente al ruido* Septiembre 2009. 90p.

-UNE-EN ISO 140 “Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción”

-UNE-EN ISO 140-4 1999 “Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición in situ del aislamiento al ruido aéreo entre locales”.

-UNE-EN ISO 140-5 1999 “Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas”.

-UNE-EN ISO 717 “Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción”.

-UNE-EN ISO 717-1 1997 “Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo”. 61

-UNE-EN ISO 3382-2 2008 “Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios”.

-Ayuntamiento de Valencia. *Contaminación acústica*

[www.valencia.es/ayuntamiento/maparuido.nsf](http://www.valencia.es/ayuntamiento/maparuido.nsf)

-Brüel & Kjaer

www.bksv.com y www.bksv.es