

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
**INGENIERÍA** DE  
EDIFICACIÓN

# ESTUDIO ACÚSTICO DE LA SALA MULTIFUNCIONAL “*ROCKÓDROMO*” DE PEDREGUER

---

## PROYECTO FINAL DE GRADO GRADO EN ARQUITECTURA TÉCNICA

MODALIDAD: CIENTÍFICO-TÉCNICO  
TALLER – 24, INSTRUMENTACIÓN ACÚSTICA

Alumno:

***SALVADOR GARCÍA GILABERT***

Tutores:

***D. VICENTE GÓMEZ LOZANO***

***D<sup>a</sup>. SALVADORA REIG GARCÍA-SAN PEDRO***

Valencia, Septiembre 2013

# ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. OBJETO.....	3
1.2. NORMATIVA DE APLICACIÓN.....	4
2. CARACTERÍSTICAS DEL LA SALA.....	6
3. EQUIPOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS.....	13
4. ANÁLISIS DEL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LA SALA.....	14
4.1. INTRODUCCIÓN AL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO.....	14
4.2. PARÁMETROS ACÚSTICOS DE LA SALA “MEDICIÓN IN SITU” .....	14
4.3. CÁLCULO Y ANÁLISIS DE HIPÓTESIS DE DISTINTOS USOS Y AFOROS.....	24
4.4. TR VARIABLE “DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE PANELES ACÚSTICOS MOVILES” .....	30
4.5. SIMULACIÓN ACÚSTICA.....	35
5. AISLAMIENTO ACÚSTICO.....	40
5.1. NORMATIVA ESPECÍFICA.....	40
5.2. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	41
5.3. RESULTADOS DE AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO.....	45
5.4. PROPUESTAS DE MEJORA DEL AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO DE FACHADA.....	51
6. MEDICIONES Y PRESUPUESTO DE MEJORAS.....	60
7. BIBLIOGRAFÍA.....	64
ANEXO I. PLANOS .....	65
ANEXO II. FOTOGRAFÍAS.....	69
ANEXO III. TOMA DE DATOS Y CÁLCULOS.....	71

# 1. INTRODUCCIÓN

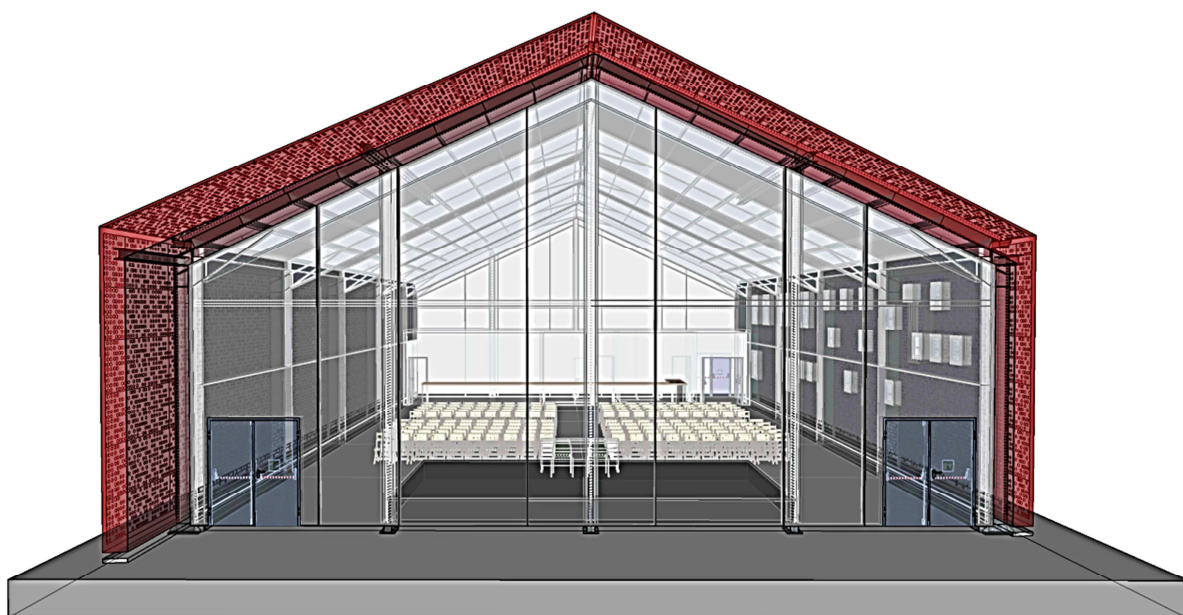
## 1.1. OBJETO

El objeto de este proyecto es la realización de un estudio de las condiciones acústicas de una sala multifuncional en relación al uso al que se destina actualmente, tanto para la evaluación de la calidad y confort acústico en cada situación, como del aislamiento y protección frente al ruido respecto a personal ajeno a dicha actividad, que según normativa es considerada ruidosa por ser un recinto en el que se utilizan sistemas de amplificación sonora y en el que se van a mantener elevados niveles de presión sonora en su uso habitual.

Para ello se toman como referencia y protocolo las exigencias de la normativa en lo que se refiere a confort acústico, el Código Técnico de la Edificación en particular el documento HR (protección frente al ruido) así como diferentes recomendaciones y buenas prácticas reconocidas.

De esta forma el proyecto se redacta en base a unas mediciones y ensayos, los cuales junto con otras características de la sala y mediante la aplicación de una determinada metodología de cálculo y simulación acústica, se conseguirán un conjunto de valores y parámetros, que se interpretarán para definir el comportamiento acústico de la sala en relación a la percepción del oído humano.

Obtenido este conjunto de evaluaciones y valoraciones, se va a poseer suficiente base y criterio para la posterior toma de decisiones y para la realización de unas adecuadas propuestas de mejora, tanto del sistema de acondicionamiento acústico como del aislamiento acústico según sean necesarios en cada caso. Dichas propuestas finalmente van a ser objeto de diseño, cálculo, medición y elaboración de su presupuesto material.



## 1.2. NORMATIVA DE APLICACIÓN

### Normativa Internacional y Europea

- **Norma Internacional ISO 1999 (ISO 1999:1990)** *"Acústica – Determinación de la exposición a ruido laboral y estimación de la pérdida auditiva inducida por ruido"*
- **Directiva 2002/49/CE** *del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental*
- **UNE-EN ISO 717-1** *Medición in situ del aislamiento al ruido aéreo entre locales, medición in situ del aislamiento al ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas.*
- **UNE-EN ISO 717-2** *Medición in situ del aislamiento de suelos al ruido de impacto.*
- **UNE-EN ISO-4: 1998:** *Medición in situ del aislamiento al ruido aéreo entre locales.*
- **UNE-EN ISO-5: 1998:** *Medición in situ del aislamiento al ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas.*
- **UNE-EN ISO140-7: 1998:** *Medición in situ del aislamiento de suelos al ruido de impacto.*

### Legislación Estatal

- **LEY 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.** *Incorpora parcialmente al derecho interno las previsiones de la citada Directiva, regula la contaminación acústica con un alcance y un contenido más amplio que el de la propia Directiva.*
- **Real decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.**
- **Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.**
- **Real Decreto 1131/1988,** por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302 986 de Evaluación de Impacto Ambiental.
- **Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre de desarrollo de la Ley del Ruido, en lo referente a evaluación y gestión del ruido ambiental.**
- **Real Decreto 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido**



## Legislación Autonómica y Municipal

• **LEY 7/2002**, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica.

• **Decreto 266/2004**, de 3 de Diciembre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas de prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios

• **Decreto 104/2006**, de 14 de Julio, del Consell de la Generalitat, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica.

• **Ordenanza municipal de protección contra la contaminación acústica**. Publicado en el BOP de fecha 26 de junio de 2008.

## 2. CARACTERÍSTICAS DE LA SALA.

La sala objeto de estudio fue construida en el año 2009, con el objetivo de cubrir unas determinadas necesidades de carácter social y cultural del municipio de Pedreguer. Anteriormente las actividades tipo conciertos y espectáculos se realizaban en otros espacios y recintos ubicados en zonas más céntricas del municipio, con sus consecuentes molestias en zona residencial. Para cambiar esta situación, se acordó ubicar la nueva sala multifuncional en el Polígono Industrial *Les Galgues*, una zona directamente comunicada con el núcleo urbano, pero lo suficientemente alejada de las zonas residenciales como para no crear ningún tipo de molestias por posibles ruidos, además de ser una zona en la que la ordenanza y normativa de aplicación en materia acústica es menos restrictiva.

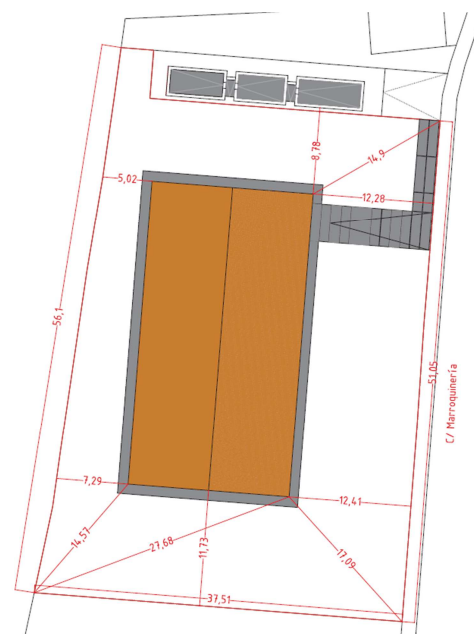


La parcela donde se ubica el edificio se sitúa en la calle Marroquinería nº13, con forma trapezoidal de dimensiones aproximadas 59x35m.

El edificio está exento de edificaciones colindantes y está compuesto por una sala de planta rectangular, respondiendo al esquema estructural típico de una nave industrial con pórticos metálicos y cubierta inclinada a dos aguas.

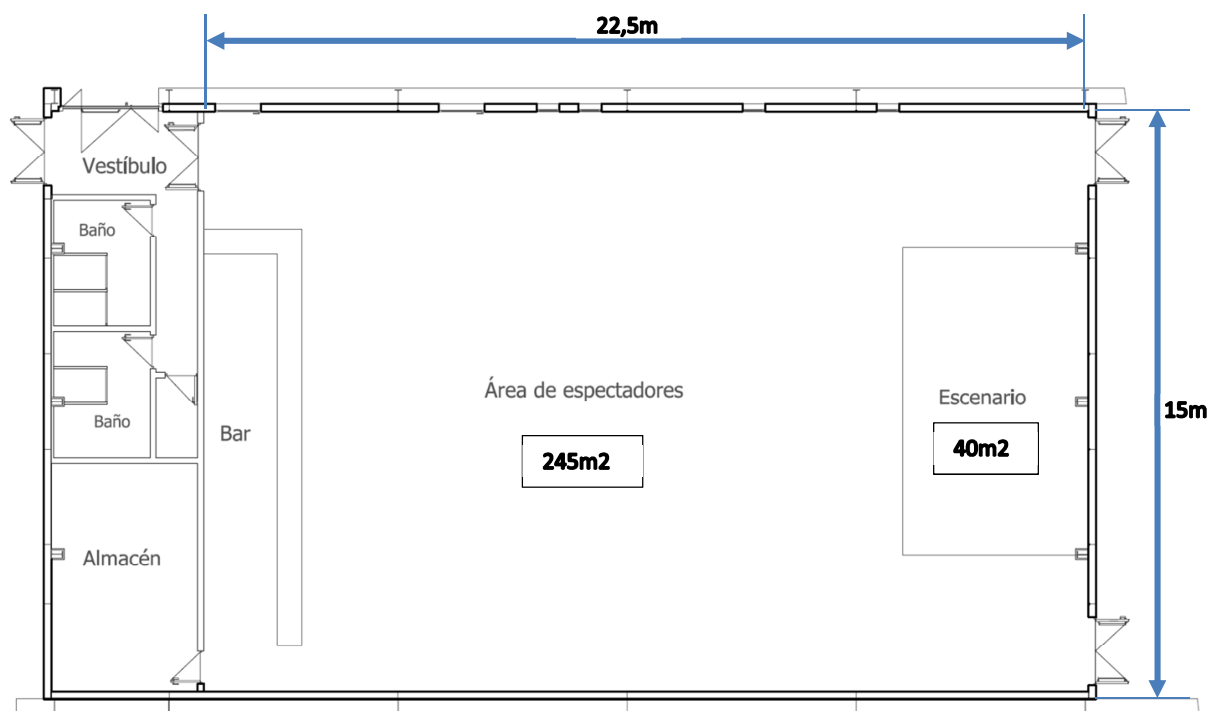
Las inmediaciones son por el norte zona verde, al oeste un camino, al sur una parcela industrial y al este un vial.

El esquema de distribución interior del edificio es sencillo, constando de una zona de barra, una zona de escenario y una zona de espectadores, además de unos baños, un almacén y un distribuidor principal.





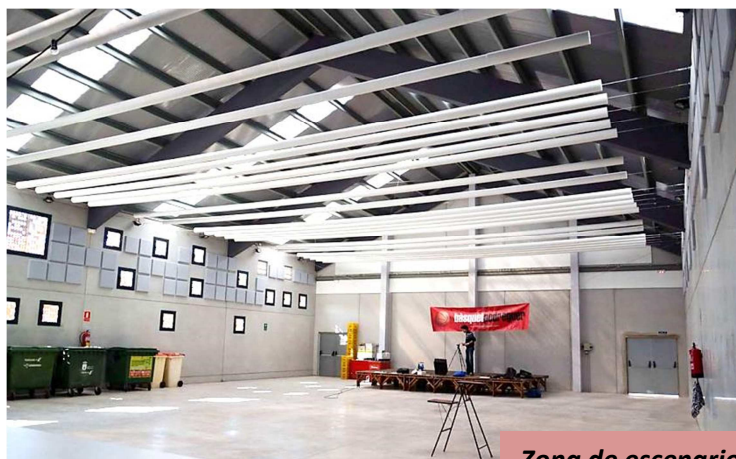
Características generales de la sala			
Longitud	22,5m	Zona Escenario	40m <sup>2</sup>
Anchura	15m	Zona de Espectadores	245m <sup>2</sup>
Altura	Variable 5-9m	Aforo Máximo	482 espect.
Volumen	2.990 m <sup>3</sup>	Relación Volumen/espectador	6,1 m <sup>3</sup>
Superficie	353 m <sup>2</sup>	Apoyo electroacústico	Si

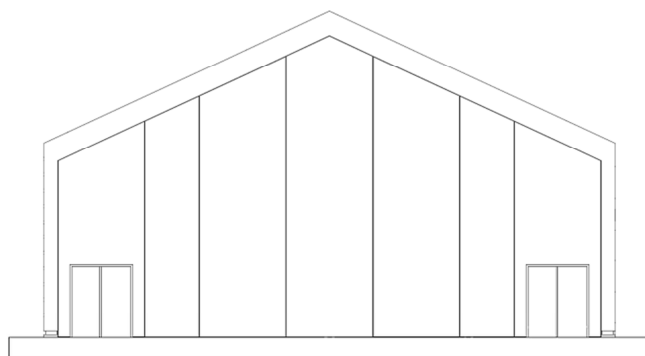


PLANTA DE DISTRIBUCIÓN

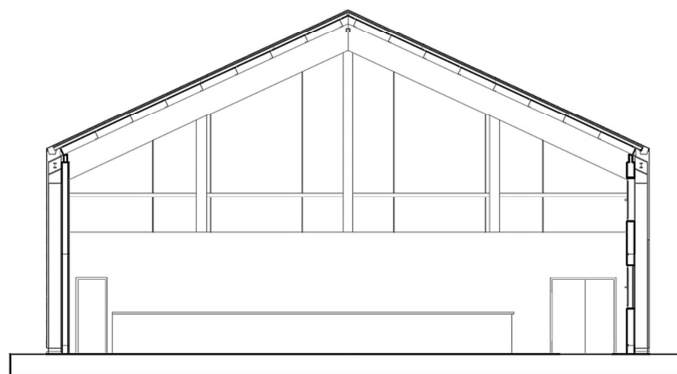


Los usos habituales de la sala son con una mayor frecuencia, la realización de conciertos y espectáculos con espectadores de pie, siendo el aforo máximo de 482 espectadores. Por detrás de este uso y siguiendo un orden de frecuencia, el segundo lugar le correspondería al uso de la sala como espacio de celebraciones y por último, se utiliza también como sala de conferencias. Estos dos últimos usos constan de un aforo aproximado de 200 personas sentadas.

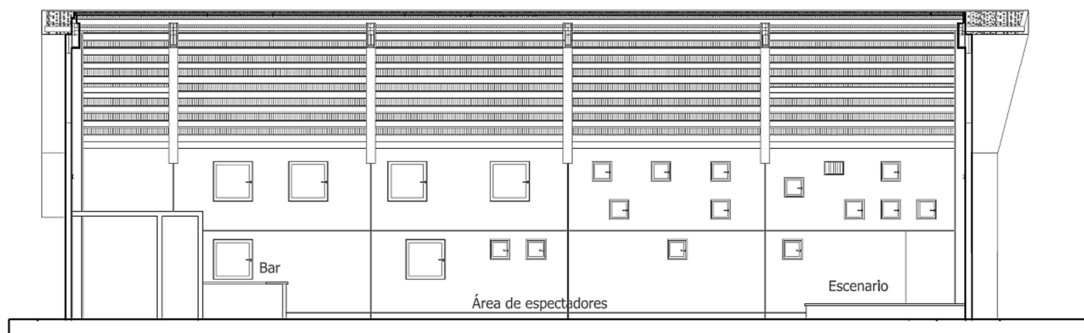
*Zona de escenario**Sala en configuración para conferencia**Zona posterior (bar)**Acto de celebración*



FACHADA



SECCIÓN TRANSVERSAL



SECCIÓN LONGITUDINAL

**ESTRUCTURA HORIZONTAL**

La estructura horizontal y de cubierta se resuelve mediante vigas IPE inclinadas sobre las cuales se fija una subestructura metálica de correas tipo tubulares de 120x120mm aproximadamente.

**PARTICIONES INTERIORES**

Fábrica de ladrillo cerámico hueco doble de 7 cm recibido con mortero de cemento, revestido a 2 caras.

**ESTRUCTURA PORTANTE**

La estructura soporte del edificio se resuelve mediante perfiles de acero laminado tipo IPE, la tipología es de pórticos paralelos de 15m de luz a dos aguas, con separación entre pórticos de 6m.

**SOLERA**

Los suelos están resueltos con solera de hormigón de 20cm. sobre capa de grava con protección de lámina de polietileno.

**PAVIMENTO**

El pavimento colocado sobre la solera es tipo monolítico de cuarzo de color gris natural. Para las zonas exteriores de acceso se ha escogido una solera de hormigón encofrado de 15 cm de espesor.

**CERRAMIENTO DE FACHADA**

Paneles prefabricados de Hormigón armado en todo el perímetro, tipo aligerados de espesor 16cm, con núcleo de poliestireno expandido de 6 cm de espesor.

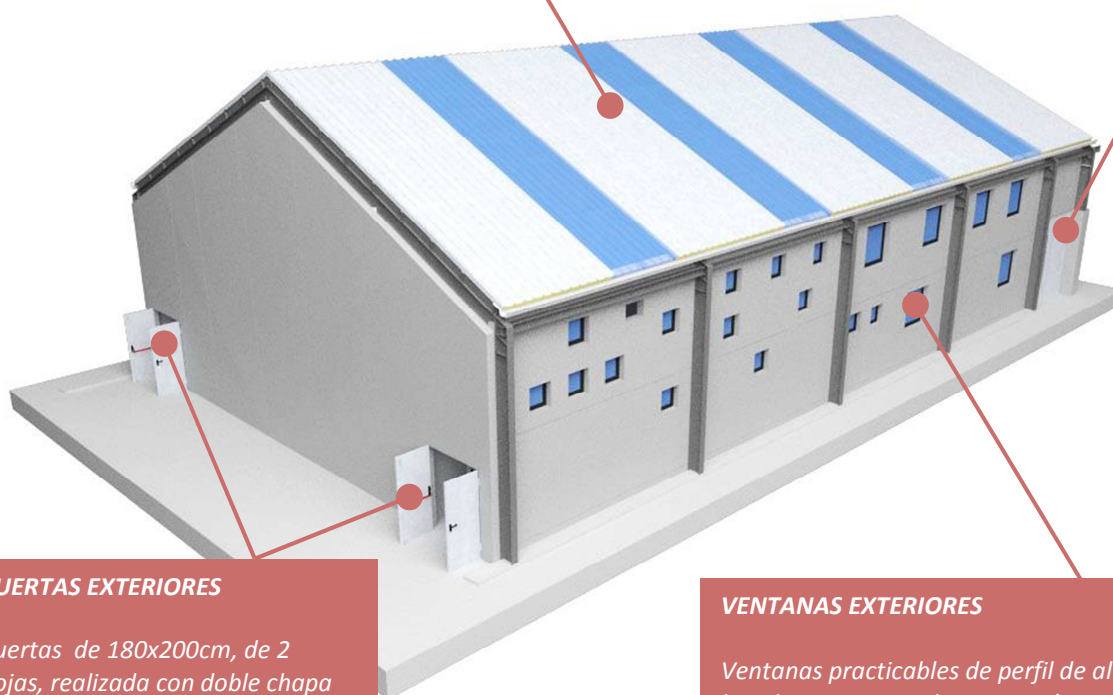


**CUBIERTA**

La cubierta del edificio se resuelve con panel tipo sandwich sobre correas, de dos chapas de acero galvanizado, con 3 grecas y aislamiento térmico de poliuretano inyectado de 50mm de espesor.

**PUERTA ACCESO PRINCIPAL**

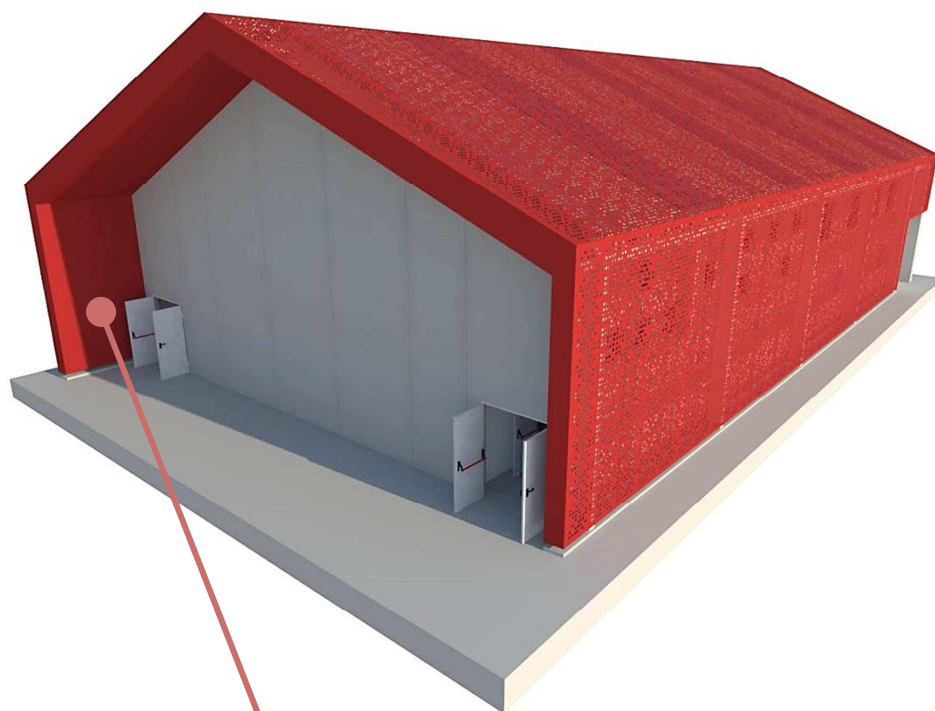
Puerta de chapa lisa de 1 hoja pivotante, con doble chapa de acero galvanizado de 3mm, y perfiles de acero conformado en frío.

**PUERTAS EXTERIORES**

Puertas de 180x200cm, de 2 hojas, realizada con doble chapa de acero galvanizado y perfiles de acero conformado en frío.

**VENTANAS EXTERIORES**

Ventanas practicables de perfil de aluminio lacado, con rotura de puente térmico de poliuretano, triple cierre con gomas estancas, homologadas. El acristalamiento es doble con cámara, con espesores 6/12/6mm.

**REVESTIMIENTO EXTERIOR**

*Revestimiento exterior de laminas acero Corten de medidas 600x1200 mm y 1,5mm de espesor, con perforaciones, colocadas a subestructura auxiliar de acero galvanizado formada por tubo 40.40.1.5, mediante fijación totalmente oculta.*





### 3. EQUIPOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS:

	
<p>● Ordenador portátil, con programa <i>Dirac de Bruel &amp; Kjaer</i>, emisor de impulsos sonoros.</p>	<p>● Fuente sonora. <i>Altavoz Bruel&amp;Kjaer modelo AP4224</i></p>
	
<p>● Micrófono <i>Bruel&amp;Kjaer modelo 4188</i></p>	<p>● Acondicionador de señal. Marca <i>Enedvco</i></p>
	
<p>● Sonómetro tipo <i>Bruel&amp;Kjaer 2238 Mediator</i>.</p>	

## 4. ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

### 4.1. INTRODUCCIÓN AL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO

A lo largo de las últimas décadas se han hecho importantes esfuerzos encaminados a relacionar las valoraciones subjetivas sobre la calidad acústica de una sala con una serie de parámetros objetivos (físicamente medibles). Aunque en la actualidad todavía nos hallemos lejos de conseguir una perfecta correspondencia entre lo objetivo y lo subjetivo, el progreso en este sentido es notorio.

Por otra parte, el margen de valores recomendados para cada parámetro no se ha establecido como fruto de profundos estudios matemáticos, sino que se ha fijado siguiendo un proceso totalmente empírico. Tal proceso ha consistido en analizar un numeroso conjunto de salas de conciertos de todo el mundo y en determinar los valores de sus parámetros acústicos más representativos. Los valores correspondientes a aquellos recintos considerados unánimemente como excelentes desde un punto de vista acústico han sido los elegidos como patrón para el diseño de nuevas salas. El éxito en el diseño no radica sólo en lograr que tales valores se hallen dentro del margen deseado, sino en que ello ocurra en todos los puntos de la sala, es decir, en que exista una uniformidad del sonido.

El objetivo de este apartado va a ser analizar y estudiar distintos parámetros de calidad y comportamiento acústico de la sala, a partir de una serie de ensayos y mediciones obtenidos previamente, para así poder conseguir una imagen global de la sala que corrobore que dicho funcionamiento, calidad y confort acústico se adecuan a los usos a los que se destina la sala.

### 4.2. PARÁMETROS ACÚSTICOS DE LA SALA - “MEDICIÓN IN SITU”

Para evaluar un recinto cerrado hay que estudiar qué parámetros son fundamentales para una buena audición. A continuación se detallan algunos parámetros básicos a tener en cuenta para su estudio:

- Tiempo de Reverberación ( $T_r$ )
- Claridad musical ( $C_{80}$ )
- Calidez acústica y brillo (BR y Br)
- Intimidad
- Early decay time (EDT)
- Definición y RASTI

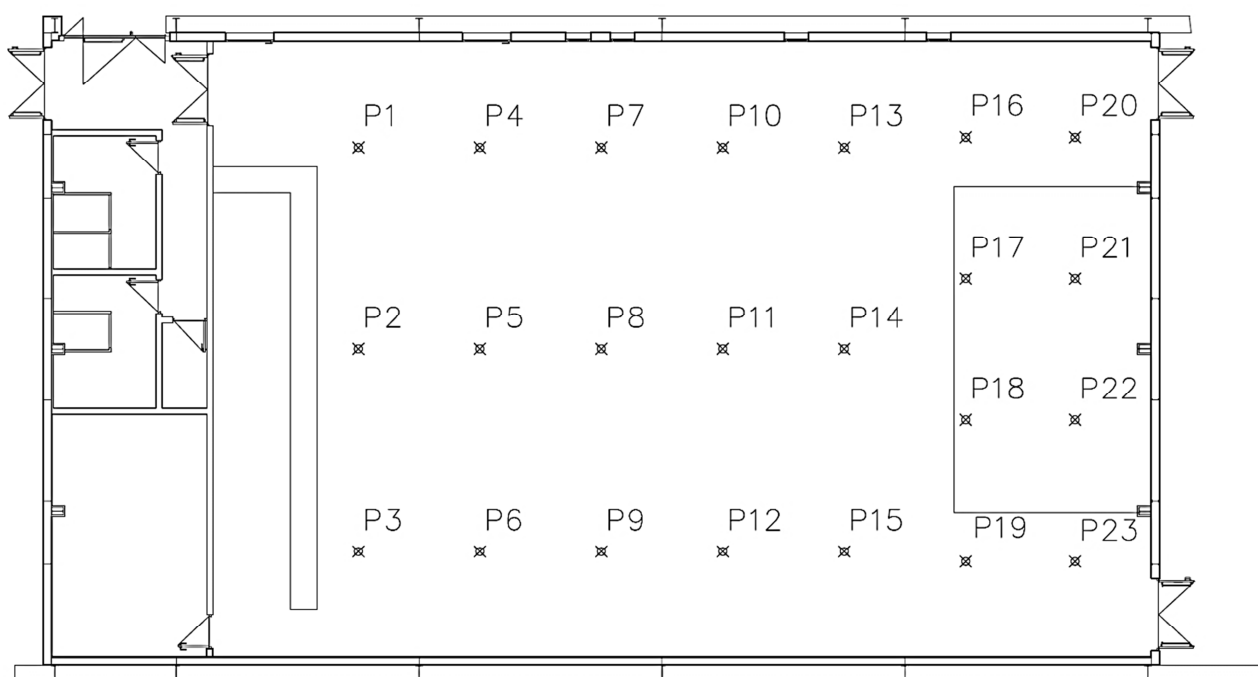
La existencia de primeras reflexiones en un punto cualquiera, produce un aumento de inteligibilidad (comprensión del mensaje oral) y sonoridad. Existen parámetros para medir la respuesta global de la sala, tales como la calidez y el brillo, el Early Time Decay (EDT) o factores dependientes de las dimensiones o geometría de la sala que pueden provocar efectos indeseados en la uniformidad del sonido, mediante ecos, focalizaciones o modos propios. No obstante, los tres parámetros fundamentales para una buena audición son: **claridad, reverberación e impresión espacial**.

### La medición “in situ”

La medición “in situ” de los distintos parámetros acústicos de la sala se ha realizado mediante la utilización de la conocida aplicación informática “*Dirac*”, la cual a partir del análisis de la respuesta sonora a un impulso, nos permite la obtención de los distintos valores de calidad acústica de la sala.

Con la aplicación *Dirac* de Bruel & Kjaer se generan impulsos sonoros y se amplifican mediante un altavoz. La respuesta de la sala se recoge mediante un micrófono, y se trata con el mismo programa *Dirac*, depurando y silenciando los extremos de la señal para tener una respuesta gráfica de la caída acústica. Finalmente nos proporciona los distintos parámetros.

En nuestro caso hemos realizado 23 muestras distribuidas uniformemente por toda la sala.



*Distribución uniforme de 23 lecturas en la sala.*

## Resultados de la medición "in situ" – Parámetros acústicos

### a) Tiempo de Reverberación

El tiempo de reverberación ( $T_r$ ) es indicativo del grado de reverberación o viveza de la sala. Si la energía acústica reflejada tarda mucho en extinguirse o en hacerse inaudible, las nuevas palabras o los nuevos sonidos se mezclan con los anteriores que aún no se extinguieron, lo cual genera una mala inteligibilidad y, por lo tanto, un deficiente confort acústico.

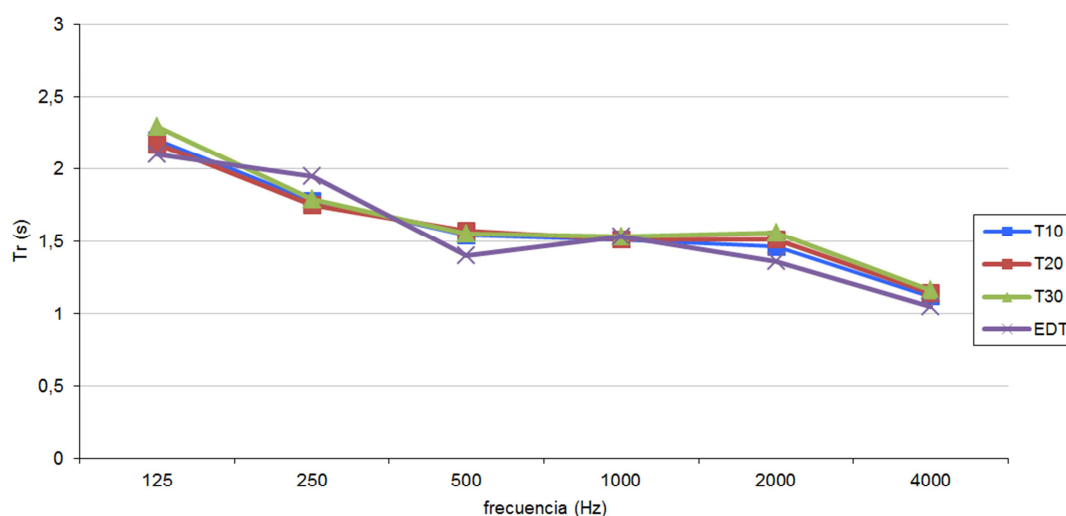
Se define Tiempo de Reverberación a una frecuencia determinada como el tiempo en segundos que transcurre desde el tiempo en el que la fuente cesa en su emisión hasta el momento en el que el nivel de presión sonora desciende 60dB respecto a su valor inicial.

#### ● Resultado "medición in situ":

Grado de reverberación de la sala vacía:

Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000	Tr mid
T10	2,2	1,78	1,54	1,51	1,46	1,12	1,525
T20	2,17	1,75	1,57	1,51	1,51	1,14	1,54
T30	2,29	1,79	1,55	1,53	1,56	1,16	1,54
EDT	2,1	1,95	1,4	1,53	1,36	1,05	1,465

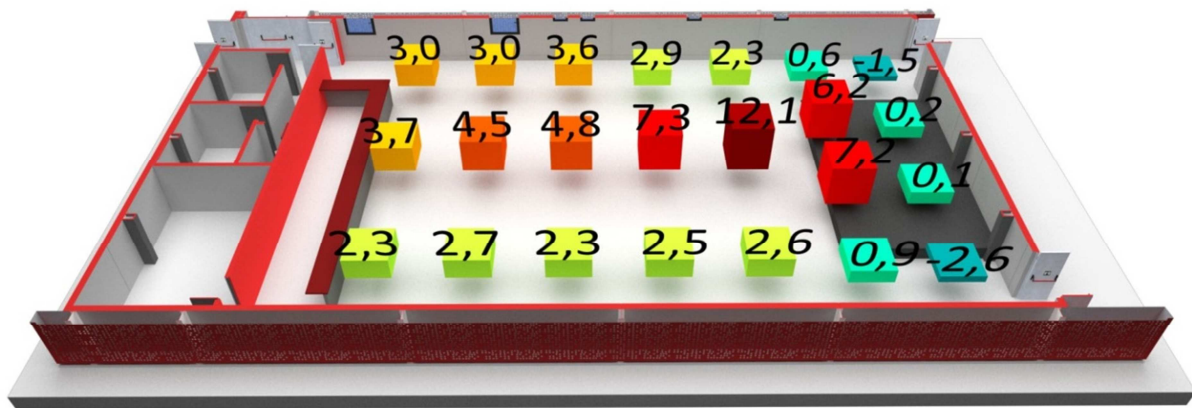
*Curva tonal de la sala según distintos  
tiempos de reverberación*



### b) Claridad

La claridad musical ( $C_{80}$ ) indica el grado de separación entre los diferentes sonidos individuales integrantes de una composición musical. En este caso, se tiene en cuenta la energía sonora que llega al oyente durante los primeros 80ms. Suele representarse en condiciones de sala vacía y disminuye a medida que el  $T_{r\text{ mid}}$  aumenta. Algunos autores recomiendan que el valor para las frecuencias de 500 Hz, 1kHz y 2kHz se sitúe entre  $-2 \leq C_{80} \leq 2$  dB.

● Resultado “medición in situ”:



#### Claridad ( $C_{80}$ )

Valores  $C_{80}$  según distribución de mediciones in situ. Mayores valores significa peor.

### c) Calidez Acústica y Brillo (BR)

Si la sala presenta una buena respuesta a frecuencias bajas, se dice que la sala tiene calidez acústica. Este concepto representa la riqueza en sonidos graves, melosidad y suavidad de la música en la sala.

Como medida objetiva de este parámetro, se utiliza el BR (Bass ratio) definido como la relación entre la suma de los tiempos de reverberación a frecuencias bajas (125Hz y 250Hz) y la suma de los  $T_r$  correspondiente a frecuencias medias (500Hz y 1kHz):

$$BR = \frac{T_r(125\text{Hz}) + T_r(250\text{Hz})}{T_r(500\text{Hz}) + T_r(1000\text{Hz})}; 1,1 \leq BR \leq 1,45$$

El término brillo ( $Br$ ) indica que el sonido es claro y rico en armónicos, definido como la relación entre la suma de los tiempos de reverberación a frecuencias altas (2kHz y 4kHz) y la suma de los  $T_r$  correspondiente a frecuencias medias (500Hz y 1kHz):

$$Br = \frac{T_r(2000\text{Hz}) + T_r(4000\text{Hz})}{T_r(500\text{Hz}) + T_r(1000\text{Hz})}$$

Algunos autores recomiendan que para salas se verifique  $Br \geq 0,87$

● Resultado "medición in situ":

-Tenemos que:  $BR = \frac{2,39+1,75}{1,57+1,52} = 1,34$ ;  $1,1 \leq BR \leq 1,45$

Por lo tanto la **calidez de la sala es buena**.

-Respecto a el Brillo tenemos que:  $Br = \frac{1,51+1,15}{1,57+1,52} = 0,86$

Por lo tanto **el brillo también es bueno**.

### d) Intimidad

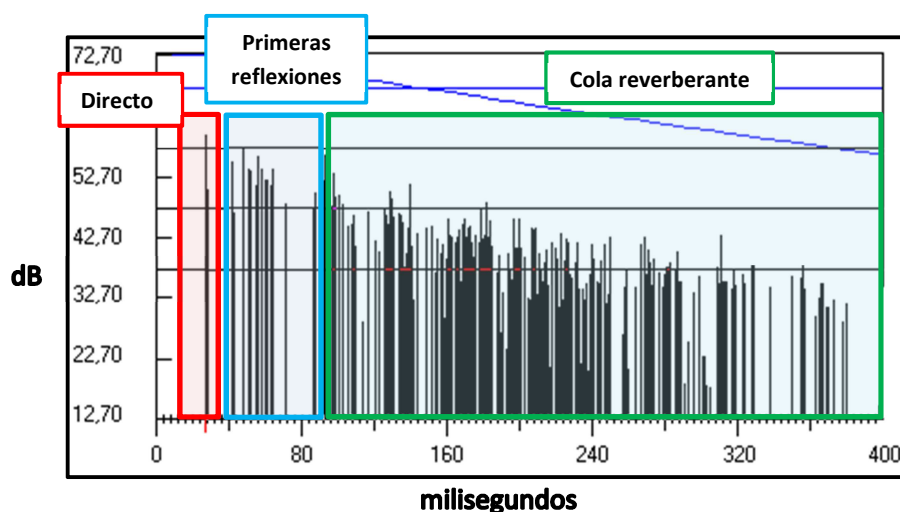
La intimidad, también llamada impresión espacial, hace que la música se perciba como interpretada como en una sala pequeña y proporciona la impresión de estar rodeado por la música.

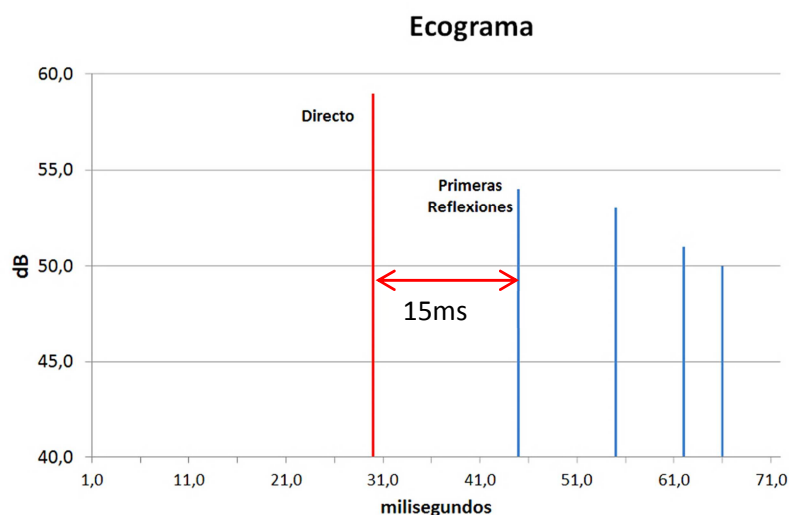
Esta sensación tiene en cuenta la diferencia de tiempos entre el sonido directo, el primer sonido reflejado y las reflexiones laterales favoreciendo la impresión espacial.

Objetivamente se mide con el tiempo de retraso entre el sonido directo y la primera reflexión, debiendo ser menor de 20 ms en sala de concierto.

● Resultado "medición in situ":

Para un punto central de la sala, tenemos un retraso entre el sonido directo y la primera reflexión de 15ms, por lo tanto tenemos una **buena sensación de intimidad en la sala**.





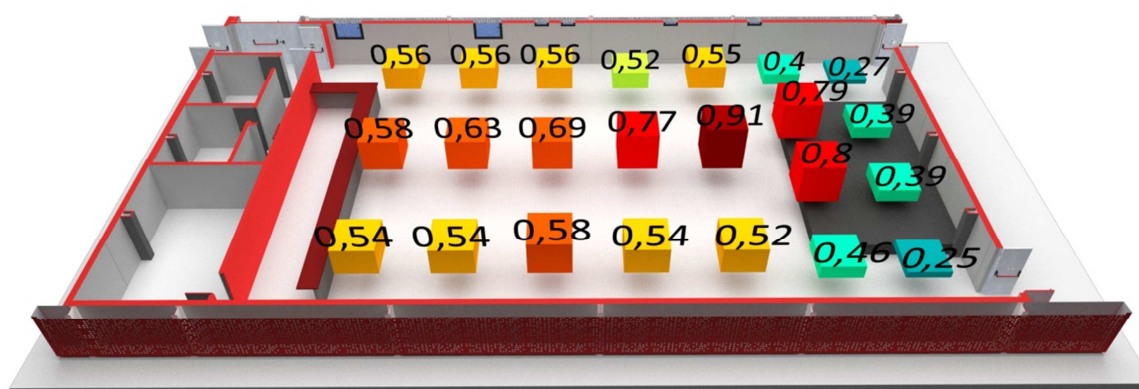
*Ecograma Rockódromo, Medición punto central de la sala.*

### **e) Definición**

La definición D50, es la relación entre la energía que llega al oyente dentro de los primeros 50ms 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.

El valor de dicho parámetro para cada punto de una sala ocupada, y en cada banda de frecuencias, es aconsejable estar por encima del valor 0,5.

#### • Resultado “medición in situ”:



### **Definición (D<sub>50</sub>)**

Valores D<sub>50</sub> según distribución de mediciones in situ. Mayores valores significa mejor.



## f) RASTI

*RASTI* es un índice que varía entre 0 y 1 y que sirve como medición de la inteligibilidad de la palabra; se obtiene a partir de la medida de la reducción en la modulación de la señal, en el paso de esta del hablador a las distintas posiciones de los oyentes.

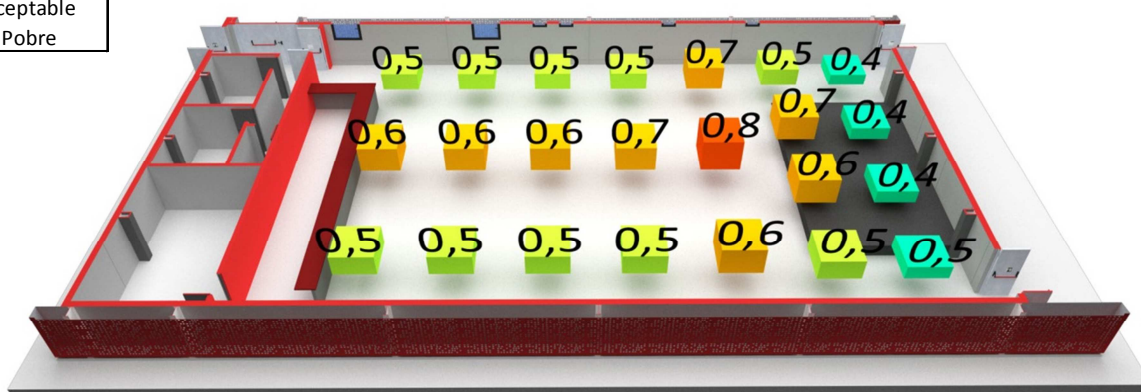
Con el mismo programa *Dirac* obtenemos los valores de RASTI de cada punto en el que realizamos medición, representando en el plano con una escala de color de alto contraste.

### ● Resultado “medición in situ”:

Como se observa el índice **RASTI medio de la sala es bueno** en general.

RASTI																							
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	Mid
0,63	0,81	0,72	0,54	0,67	0,51	0,57	0,63	0,56	0,55	0,63	0,55	0,53	0,61	0,56	0,52	0,46	0,50	0,48	0,57	0,70	0,66	0,53	0,59
B	E	B	A	B	A	B	B	B	A	B	A	A	B	B	A	P	P	P	B	B	B	A	B

E:	Excelent
B:	Bueno
A:	Aceptable
P:	Pobre



## RASTI

Valores RASTI según distribución de mediciones in situ. Mayores valores significa mejor.

## g) Early Decay Time (EDT)

Se define como seis veces el tiempo que transcurre desde que el foco emisor deja de radiar hasta que el nivel de presión sonora cae 10 dB, y depende de la frecuencia. Es un indicador del grado de viveza subjetivo de la sala.

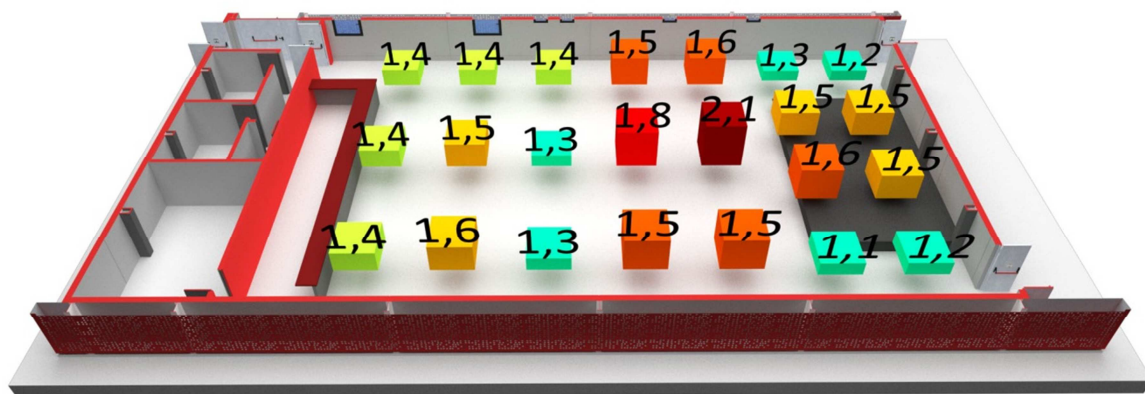
El decaimiento teórico de la energía sonora en una sala ideal sigue una evolución exponencial, se produciría solamente en el caso hipotético de existir una perfecta difusión del sonido producida por una geometría regular del mismo y por una distribución homogénea y uniforme de los materiales utilizados como revestimientos. En tal caso, el valor del EDT coincidiría con el de  $T_r$ .



Con objeto de garantizar una buena difusión del sonido en una sala ocupada, el valor medio de los EDT para las bandas de 500Hz y 1 kHz debe ser del mismo orden que del  $T_r$ , lo que no garantiza uniformidad del sonido en todos los puntos, sino una mayor reverberación. Se aconseja un valor para el EDT inferior al  $T_r$  para evitar un exceso de reverberación.

● **Resultado “medición in situ”:**

Podemos decir que el **EDTmid (1,47s)** es aceptable pues se encuentra por debajo del **Trmid (1,54s)**.



**EDT (s)**

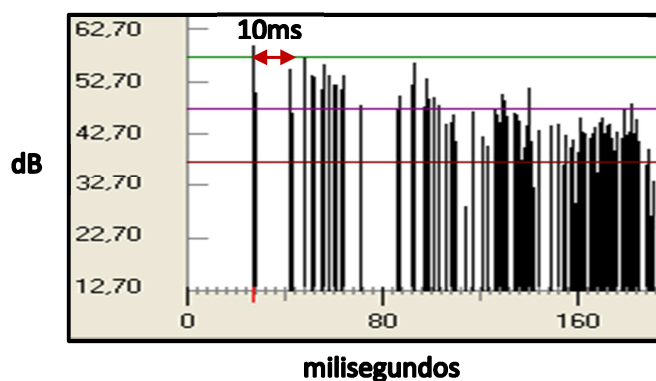
Valores EDT en segundos, según distribución de mediciones in situ.

### ***h) Ecos y Focalizaciones.***

Para que la percepción del sonido directo con todas aquellas reflexiones que llegan a un oyente estén integradas por el oído humano, han de llegar dentro de los primeros 50ms. En caso contrario, se percibe claramente un eco.

La combinación de ondas incidentes y reflejadas puede provocar la aparición de ondas estacionarias o modos propios en el recinto, que afectan a la distribución uniforme del sonido creando situaciones indeseadas para determinadas frecuencias.

● **Resultado “medición in situ”:**



-Se puede observar en el ecograma de la sala para un punto central, que el tiempo transcurrido entre el sonido directo y las primeras reflexiones es muy inferior a 50ms, por lo tanto no se producirá el fenómeno del eco.

### i) Nivel de ruido de fondo “Curva NC”

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.

Estas curvas de valoración (por ejemplo, NC, RC) permiten relacionar el espectro de ruido con la perturbación que se produce en el desarrollo de una actividad determinada. Para la determinación del índice, simplemente se compara el espectro de ruido medido en bandas de octava con los valores de una serie de curvas normalizadas. El valor del índice en cuestión corresponderá con el de la curva inmediatamente superior al máximo nivel espectral del ruido. Dichas curvas consideran la respuesta en frecuencia del oído humano, pues son más permisivas en cuanto a niveles de presión sonora para bajas frecuencias, y en contraparte, menos permisivas a medida que la frecuencia aumenta.

#### ● Resultado “medición in situ”:

La curva de referencia inmediatamente superior a nuestra **curva de fondo es la NC-45**, una curva de ruido un poco elevada, pero dentro de unos límites aceptables teniendo en cuenta su uso que se puede considerar de actividad ruidosa.

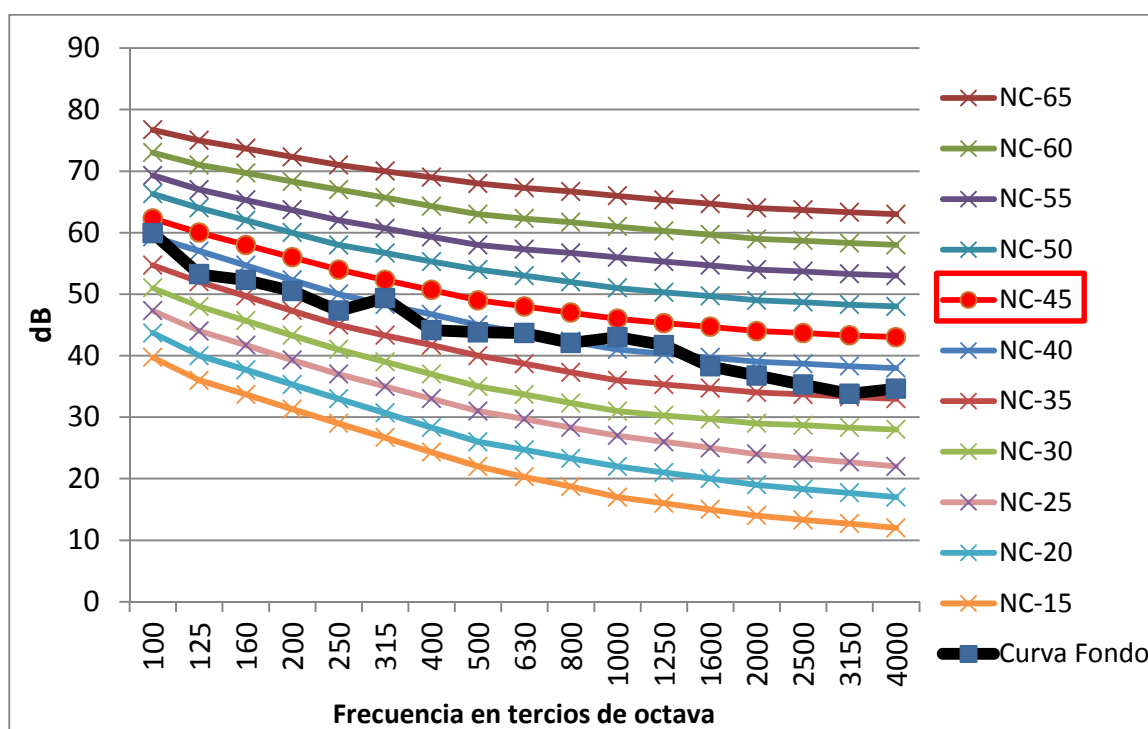


Tabla resumen de los parámetros de calidad obtenidos en la medición				
Sala Vacía	Parámetro	Objetivo	Medición	Valoración Subjetiva
Uso Sala Polivalente	Claridad	$-4 < C80 < 0$	3,08	Pobre
	Brillo	$> 0,87$	0,86	Bueno
	Calidez (Bass-Ratio, BR)	$(1,1 \geq BR \geq 1,45)$	1,34	Bueno
	Tiempo de reverberación (Tr)	1,2 - 1,5	1,54s	Aceptable
	Early decay time (EDT)	$< Tr$	1,47s	Bueno
	Intimidad (ITDG)	$t1 < 20ms$	15ms	Buena
	Definición D50	$D50 > 0,5$	0,56	Buena
	RASTI	$> 0.45$	0,59	Buena
	NC	-	NC-45	Aceptable

### 4.3. CÁLCULO Y ANÁLISIS DE HIPÓTESIS EN DISTINTOS USOS Y AFOROS

Para el análisis de la sala en distintas hipótesis de aforo y uso, emplearemos el método de cálculo teórico del tiempo de reverberación, ajustando los datos para el cálculo a los reales de la sala, así poder simular distintas situaciones de la sala de la forma más veraz posible.

El nivel de reverberación depende del volumen del recinto y de los materiales utilizados en las superficies estudiadas, disminuyendo el tiempo de reverberación cuanto más absorbentes sean dichas superficies.

Dependiendo del uso del recinto, el tiempo de reverberación tiene que ser distinto. El  $Tr$  depende directamente del volumen, siendo éste mayor en grandes espacios.

#### Procedimiento de cálculo del tiempo de reverberación.

Para calcular el tiempo de reverberación se utilizan habitualmente dos fórmulas: la fórmula de Sabine y la fórmula de Eyring.

- Para poder discernir cual es más adecuada en cada situación, se calcula el coeficiente de absorción medio  $\alpha$ , que es la relación entre la superficie total  $S$  y la superficie de absorción equivalente  $A$ .

$$\alpha = \frac{A}{S}$$

- Si  $\alpha > 0.2$  el método utilizado será el de Eyring. Su fórmula es:

$$Tr = \frac{0.162 V}{-s \ln \left( 1 - \frac{\sum \alpha_i S_i}{S} \right)}$$

- Si  $\alpha < 0.2$  el método utilizado será el de Sabine y la fórmula es:

$$Tr = \frac{0.162 V}{\sum \alpha_i S_i}$$

- En nuestro caso:

$$\alpha = \frac{A}{S} = \frac{365,25 \text{ sabine}}{1453 \text{ m}^2} = 0,251$$

$$0,251 > 0,2$$

-  $\alpha > 0.2$  Luego el método utilizado será el de Eyring.

• Seguidamente realizamos algunos cálculos previos para la obtención de datos necesarios para el cálculo del tiempo de reverberación.

#### -Cálculo de la absorción del aire.

- Absorción del aire:  $A = 4 \cdot m \cdot V$

V: Volumen de la sala ( $\text{m}^3$ )

Coefficiente "m" de atenuación del aire:

$$m = \frac{0,017}{H} \cdot f^2$$

H: Humedad relativa en el ambiente (%).

F: Frecuencia (KHz)

- Para un volumen de la sala de  $2.990 \text{ m}^3$  obtenemos una absorción del aire para cada frecuencia:

f (Hz)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
m	8,854E-06	3,542E-05	0,0001417	0,0005667	0,0022667	0,0090667
Aa	0,106	0,424	1,694	6,777	27,109	108,437

• Una vez obtenidos los datos básicos, se elabora una tabla con la que tratar el conjunto de superficies y elementos de la sala con sus respectivos coeficientes de absorción. De este modo y junto con el volumen, se calcula el tiempo de reverberación de la sala.

• En este caso elaboran tres tablas según aforo en distintos usos de la sala como se representa a continuación.

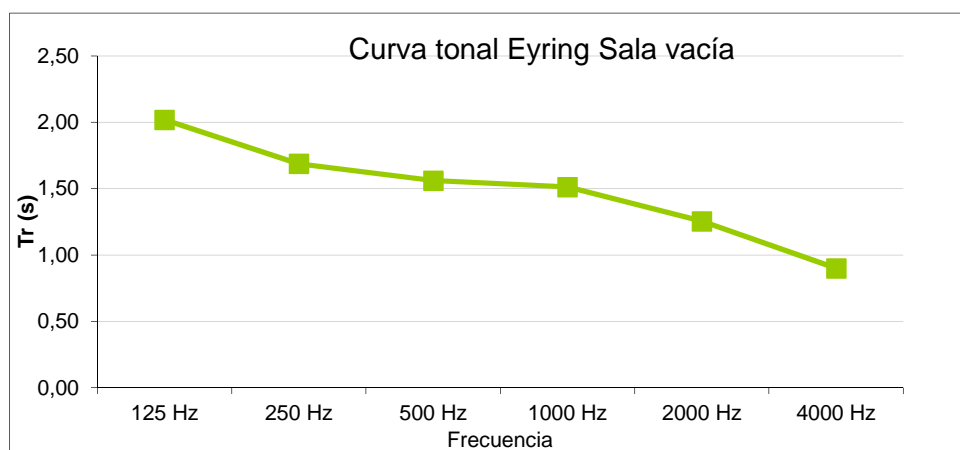
Tabla de cálculo tiempo de reverberación para sala vacía.

**SALA VACÍA**

VOLUMEN	2.990,00 m3	0 espectadores					
Superficies		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Frente abs	45,72 m2	15,54	31,09	40,69	44,35	44,81	40,23
Suelo	353,26 m2	3,53	3,53	7,07	7,07	7,07	10,60
Paneles móviles	00,00 m2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tarima	41,53 m2	18,69	22,84	26,99	22,84	19,10	17,44
Frente	26,85 m2	0,27	0,27	0,54	0,54	0,54	0,81
Laterales	284,61 m2	2,85	2,85	5,69	5,69	5,69	8,54
Fondo barra	50,59 m2	2,02	2,02	1,52	1,52	1,52	1,01
Fondo	63,50 m2	21,59	40,64	55,88	54,61	52,07	56,52
Techo	456,20 m2	155,11	155,11	136,86	141,42	177,92	200,73
Techo baños	60,80 m2	0,61	0,61	1,22	1,22	1,22	1,82
Abs Aire		0,11	0,42	1,69	6,78	27,11	108,44
Abs Persona							
	1383,06 m2	220,32	259,38	278,15	286,03	337,03	446,13

TIEMPO REVERBERACIÓN		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
EYRING		2,02	1,69	1,56	1,51	1,25	0,90

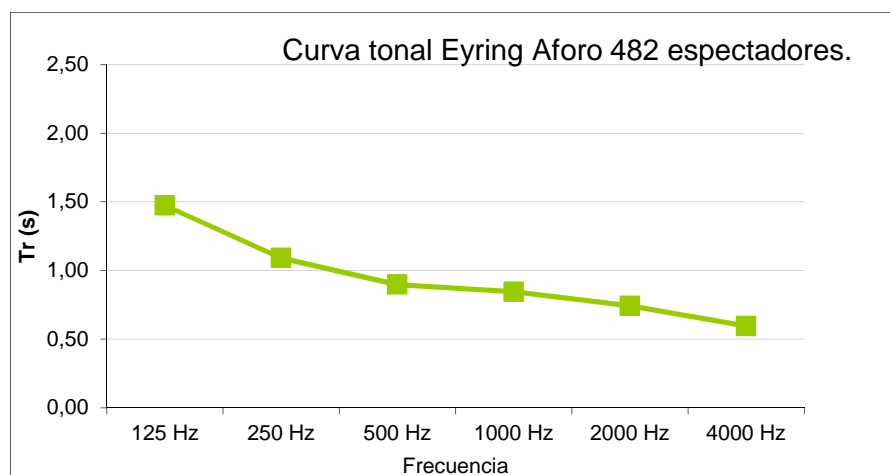


**Tabla de cálculo tiempo de reverberación para Sala en Uso de conciertos y espectáculos:  
Aforo 482 espectadores.**

**SALA AFORO 482 espectadores**

VOLUMEN	2.990,00 m3	482 espectadores					
Superficies		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Frente abs	45,72 m2	15,54	31,09	40,69	44,35	44,81	40,23
Suelo	353,26 m2	3,53	3,53	7,07	7,07	7,07	10,60
Tarima	41,53 m2	18,69	22,84	26,99	22,84	19,10	17,44
Frente	26,85 m2	0,27	0,27	0,54	0,54	0,54	0,81
Laterales	284,61 m2	2,85	2,85	5,69	5,69	5,69	8,54
Fondo barra	50,59 m2	2,02	2,02	1,52	1,52	1,52	1,01
Fondo	63,50 m2	21,59	40,64	55,88	54,61	52,07	56,52
Techo	456,20 m2	155,11	155,11	136,86	141,42	177,92	200,73
Techo baños	60,80 m2	0,61	0,61	1,22	1,22	1,22	1,82
Abs Aire		0,11	0,42	1,69	6,78	27,11	108,44
Abs Persona		72,3	120,5	168,7	183,16	183,16	168,7
	1383,06 m2	292,62	379,88	446,85	469,19	520,19	614,83

TIEMPO REVERBERACIÓN		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
EYRING		1,47	1,09	0,90	0,85	0,74	0,60

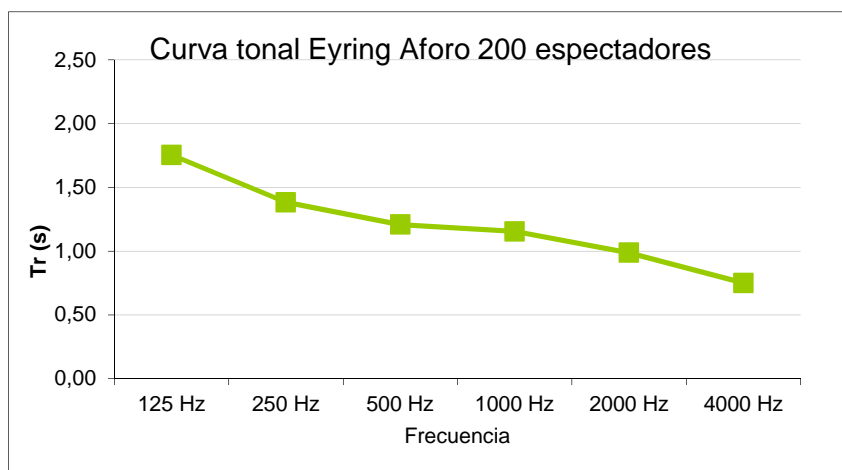


**Tabla de cálculo tiempo de reverberación para sala en uso de conferencias y celebraciones: Aforo 200 espectadores.**

**SALA AFORO 200 espectadores**

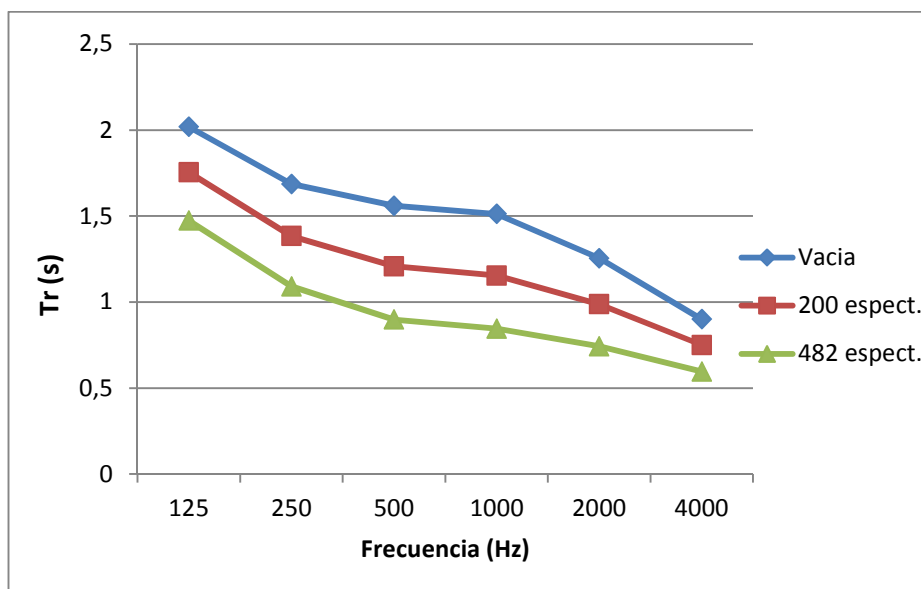
VOLUMEN	2.990,00 m3	200 espectadores					
Superficies		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Frente abs	45,72 m2	15,54	31,09	40,69	44,35	44,81	40,23
Suelo	353,26 m2	3,53	3,53	7,07	7,07	7,07	10,60
Tarima	41,53 m2	18,69	22,84	26,99	22,84	19,10	17,44
Frente	26,85 m2	0,27	0,27	0,54	0,54	0,54	0,81
Laterales	284,61 m2	2,85	2,85	5,69	5,69	5,69	8,54
Fondo barra	50,59 m2	2,02	2,02	1,52	1,52	1,52	1,01
Fondo	63,50 m2	21,59	40,64	55,88	54,61	52,07	56,52
Techo	456,20 m2	155,11	155,11	136,86	141,42	177,92	200,73
Techo baños	60,80 m2	0,61	0,61	1,22	1,22	1,22	1,82
Abs Aire		0,11	0,42	1,69	6,78	27,11	108,44
Abs Persona		30	50	70	76	76	70
	1383,06 m2	250,32	309,38	348,15	362,03	413,03	516,13

TIEMPO REVERBERACIÓN		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
EYRING		1,75	1,38	1,21	1,15	0,99	0,75





### Comparativa del tiempo de reverberación según distintos aforos.

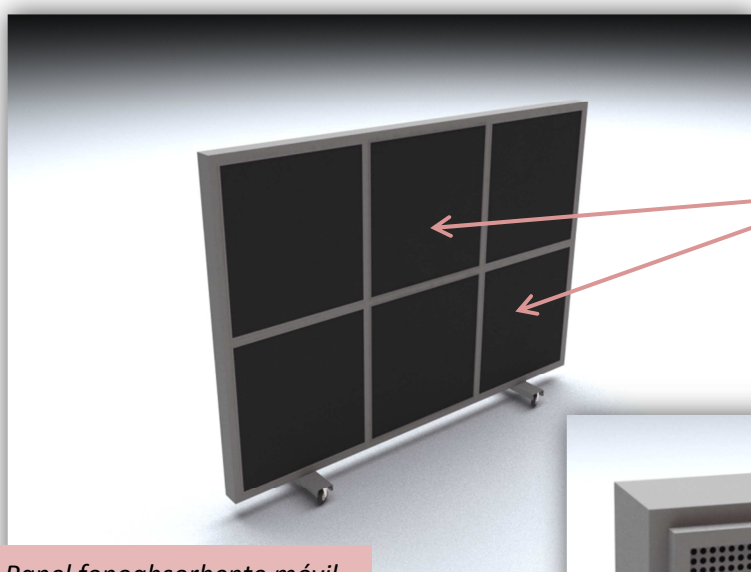
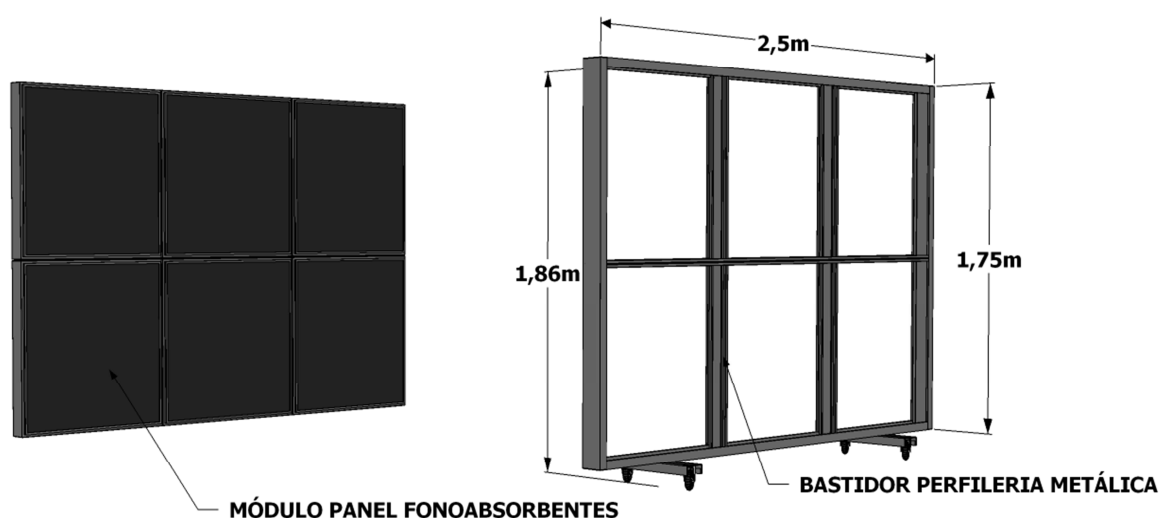


- Con el gráfico comparativo de los tiempos de reverberación en cada hipótesis de uso, podemos ver como la curva tonal de la sala con un aforo de 482 espectadores en uso de conciertos de rock, se ajusta bien a los tiempos de reverberación recomendados. Por el contrario, para el uso de conferencias y celebraciones, obtenemos un  $Tr_{mid}$  demasiado elevado, siendo lo recomendado un  $Tr_{mid}$  por debajo de 1 segundo.

Este exceso de reverberación se puede paliar añadiendo más superficie absorbente a la sala, aunque como solo es necesario este incremento de absorbente acústico en situaciones concretas de uso, se diseña un sistema móvil con el que variar la absorción de la sala según circunstancias.

#### 4.4. TIEMPO DE REVERBERACIÓN VARIABLE “DISEÑO Y CONFIGURACIÓN DE PANELES ACÚSTICOS MÓVILES”

Para disminuir el tiempo de reverberación para el caso de uso de celebración y conferencias en el que se necesita un tiempo de reverberación inferior al obtenido, se propone el uso de paneles móviles absorbentes, de modo que se pueda configurar el número de estos en la sala para conseguir adaptar el tiempo de reverberación al deseado. Estos paneles se diseñan con ruedas y unas dimensiones concretas, de modo que se puedan guardar en el almacén de forma rápida y fácil cuando no se necesiten.



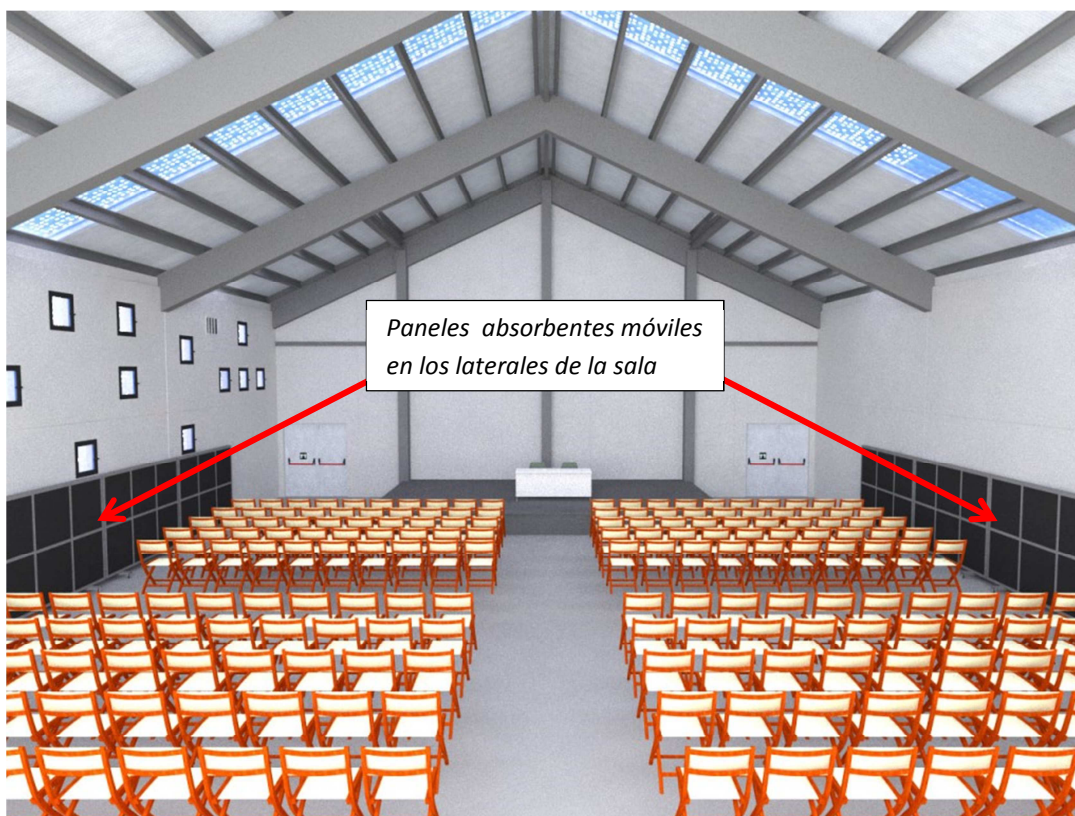
Panel fonoabsorbente móvil

Cada módulo está formado por un núcleo relleno de lana de roca de 80 kg/m<sup>2</sup> de 3cm de espesor.

Con la suma de superficie de ambas caras, se consigue una superficie efectiva total de 5,8m<sup>2</sup>



Detalle de perforaciones en paneles



*Representación de paneles acústicos en uso de la sala para conferencias*



Tomando los coeficientes de absorción de lana de roca de la tabla siguiente, se procede al cálculo de los tiempos de reverberación de la sala según distintas configuraciones de paneles absorbentes:

Absorción lana de roca 80 kg/m2 30 mm						
Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000
Coef. $\alpha$ -Sabine	0,35	0,86	0,92	0,99	1	1

**Tabla de cálculo tiempo de reverberación para Sala vacía con 6 paneles absorbentes.**

SALA VACÍA CON 6 PANELES							
VOLUMEN		2.990,00 m3	0 espectadores				
Superficies		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Frente abs	45,72 m2	15,54	31,09	40,69	44,35	44,81	40,23
Suelo	353,26 m2	3,53	3,53	7,07	7,07	7,07	10,60
Paneles móviles	35,00 m2	12,25	30,10	32,20	34,65	35,70	36,05
Tarima	41,53 m2	18,69	22,84	26,99	22,84	19,10	17,44
Frente	26,85 m2	0,27	0,27	0,54	0,54	0,54	0,81
Laterales	284,61 m2	2,85	2,85	5,69	5,69	5,69	8,54
Fondo barra	50,59 m2	2,02	2,02	1,52	1,52	1,52	1,01
Fondo	63,50 m2	21,59	40,64	55,88	54,61	52,07	56,52
Techo	456,20 m2	155,11	155,11	136,86	141,42	177,92	200,73
Techo baños	60,80 m2	0,61	0,61	1,22	1,22	1,22	1,82
Abs Aire		0,11	0,42	1,69	6,78	27,11	108,44
Abs Persona							
	1418,06 m2	232,57	289,48	310,35	320,68	372,73	482,18
TIEMPO REVERBERACIÓN	EYRING	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
		1,91	1,50	1,38	1,33	1,12	0,82

**Tabla de cálculo tiempo de reverberación para Sala vacía con 12 paneles absorbentes.**

SALA VACÍA CON 12 PANELES							
VOLUMEN		2.990,00 m3	0 espectadores				
Superficies		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Frente abs	45,72 m2	15,54	31,09	40,69	44,35	44,81	40,23
Suelo	353,26 m2	3,53	3,53	7,07	7,07	7,07	10,60
Paneles móviles	70,00 m2	24,50	60,20	64,40	69,30	71,40	72,10
Tarima	41,53 m2	18,69	22,84	26,99	22,84	19,10	17,44
Frente	26,85 m2	0,27	0,27	0,54	0,54	0,54	0,81
Laterales	284,61 m2	2,85	2,85	5,69	5,69	5,69	8,54
Fondo barra	50,59 m2	2,02	2,02	1,52	1,52	1,52	1,01
Fondo	63,50 m2	21,59	40,64	55,88	54,61	52,07	56,52
Techo	456,20 m2	155,11	155,11	136,86	141,42	177,92	200,73
Techo baños	60,80 m2	0,61	0,61	1,22	1,22	1,22	1,82
Abs Aire		0,11	0,42	1,69	6,78	27,11	108,44
Abs Persona							
	1453,06 m2	244,82	319,58	342,55	355,33	408,43	518,23
TIEMPO REVERBERACIÓN	EYRING	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
		1,81	1,34	1,24	1,19	1,01	0,76

Tabla de cálculo del tiempo de reverberación para sala llena (aforo 200 espectadores) con 12 paneles absorbentes.

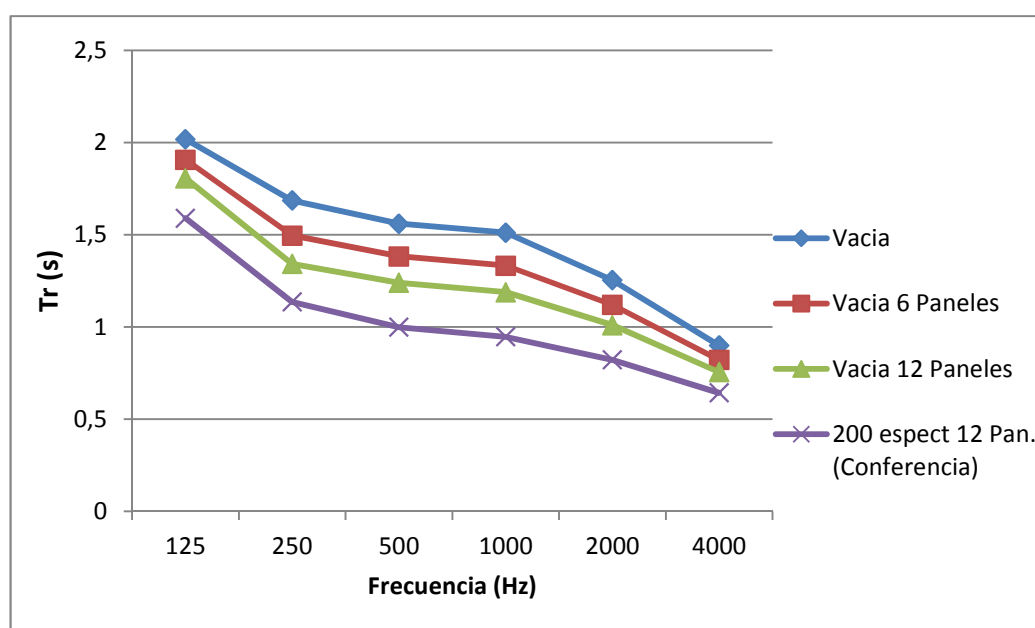
**SALA AFORO 200 ESPECT. CON 12 PANELES**

VOLUMEN	2.990,00 m <sup>3</sup>	200 espectadores					
Superficies		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Frente abs	45,72 m <sup>2</sup>	15,54	31,09	40,69	44,35	44,81	40,23
Suelo	353,26 m <sup>2</sup>	3,53	3,53	7,07	7,07	7,07	10,60
Paneles móviles	70,00 m <sup>2</sup>	24,50	60,20	64,40	69,30	71,40	72,10
Tarima	41,53 m <sup>2</sup>	18,69	22,84	26,99	22,84	19,10	17,44
Frente	26,85 m <sup>2</sup>	0,27	0,27	0,54	0,54	0,54	0,81
Laterales	284,61 m <sup>2</sup>	2,85	2,85	5,69	5,69	5,69	8,54
Fondo barra	50,59 m <sup>2</sup>	2,02	2,02	1,52	1,52	1,52	1,01
Fondo	63,50 m <sup>2</sup>	21,59	40,64	55,88	54,61	52,07	56,52
Techo	456,20 m <sup>2</sup>	155,11	155,11	136,86	141,42	177,92	200,73
Techo baños	60,80 m <sup>2</sup>	0,61	0,61	1,22	1,22	1,22	1,82
Abs Aire		0,11	0,42	1,69	6,78	27,11	108,44
Abs Persona		30	50	70	76	76	70
	1453,06 m <sup>2</sup>	274,82	369,58	412,55	431,33	484,43	588,23

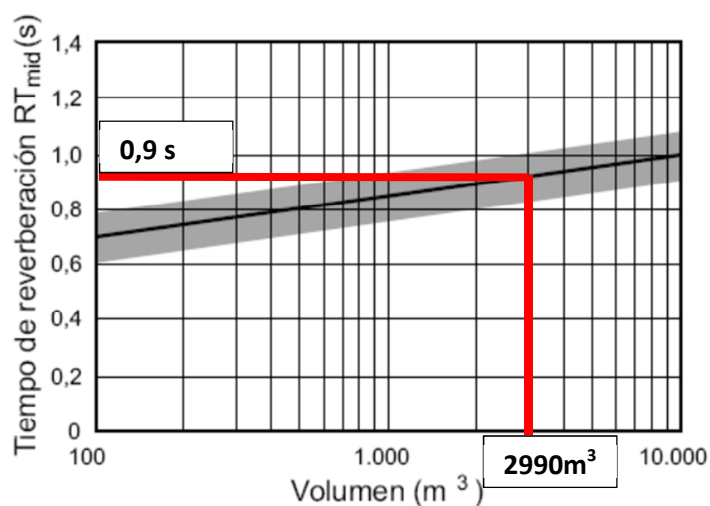
  

TIEMPO REVERBERACIÓN		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
EYRING		1,59	1,14	1,00	0,95	0,82	0,64

Comparativa de los distintos tiempos de reverberación de la sala según distintas configuraciones de paneles absorbentes.



Como podemos ver en los gráficos, con el uso de 12 paneles absorbentes conseguimos un tiempo de reverberación medio de **0,97s**, valor que se encuentra dentro de los tiempos recomendados para salas de conferencias según la tabla siguiente:



Valores de tiempo de reverberación  $Tr_{mid}$  en función del volumen del recinto, para salas de conferencias ocupadas. (Carrión Isbert, Antoni, *Diseño de espacios arquitectónicos*).

Configuración	$Tr_{mid}$	Reducción $Tr$ (s)
Vacía	1,54s	-
Vacía 6 Paneles	1,36s	0,18s
Vacía 12 Paneles	1,21s	0,32s
200 espectadores, 12 Paneles	<b>0,97s</b>	0,56s



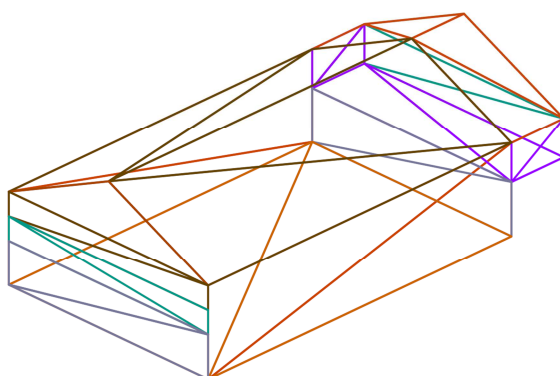
## 4.5. SIMULACIÓN ACÚSTICA DE LA SALA

El objetivo principal de la simulación acústica es la predicción de las condiciones acústicas descritas como parámetros acústicos. La simulación computacional tiene en cuenta la geometría y la distribución de los materiales absorbentes en la sala, así como las posiciones actuales de la fuente sonora y el receptor.

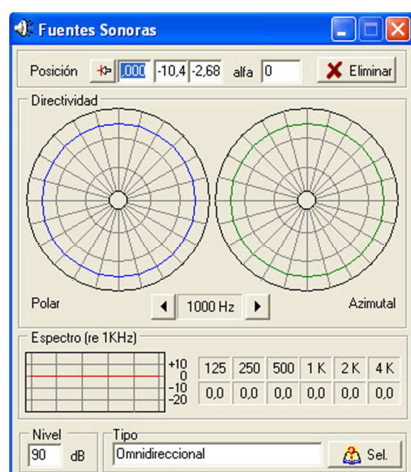
Los resultados proporcionan valores de los parámetros relevantes para análisis mediante el juicio subjetivo del ingeniero acústico.

En simulaciones computacionales, la geometría de la sala suele representarse en el espacio tridimensional. La propagación del sonido se estudia mediante trazado de rayos desde la posición de la fuente y mediante reflexiones, hasta que la energía se ve reducida por debajo del rango dinámico de interés.

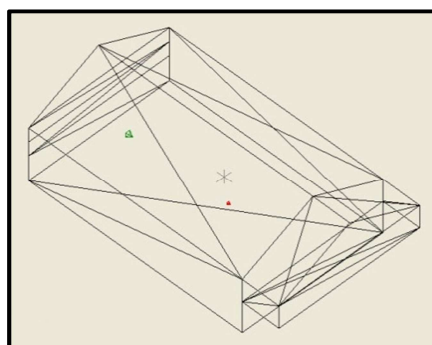
- El proceso seguido para realizar la simulación computacional, pasa por la modelización de la geometría de la sala a partir de volúmenes sencillos, y la organización de las distintas superficies de la sala en diferentes capas, según los distintos materiales para facilitar su posterior tratamiento.



- Una vez importada la geometría dentro del programa, se procede a aplicar materiales, adjudicando unos parámetros de absorción a cada material.
- El siguiente paso es situar en el espacio el emisor virtual así como la malla geométrica que simula la zona de recepción de la sala.



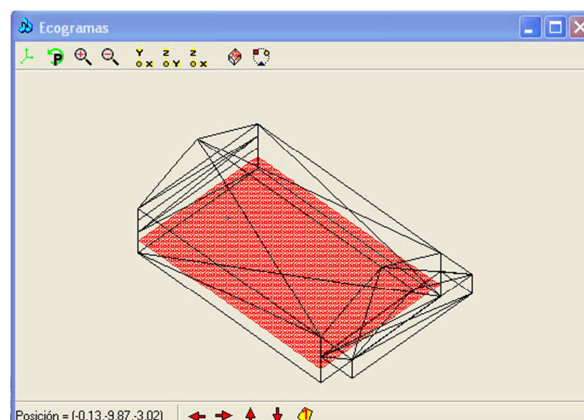
*Ventana de parámetros de fuente sonora*



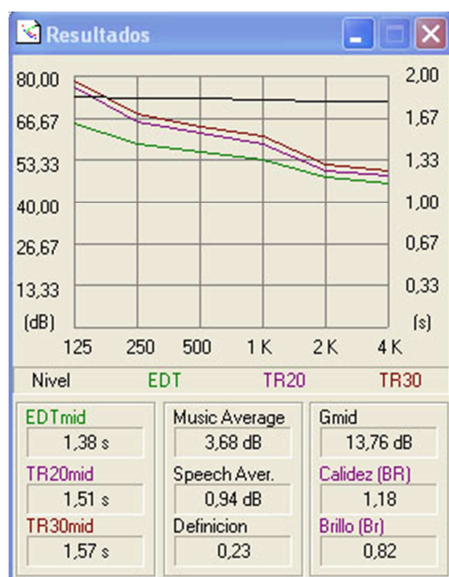
*Visualización 3D de la sala*



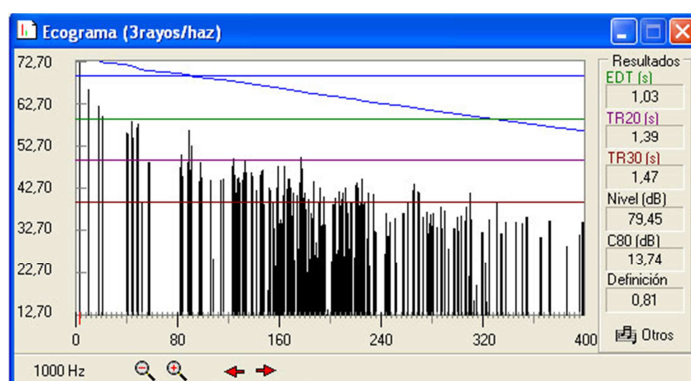
*Ventana de parámetros de la zona de recepción.*



*Visualización de la zona de recepción.*



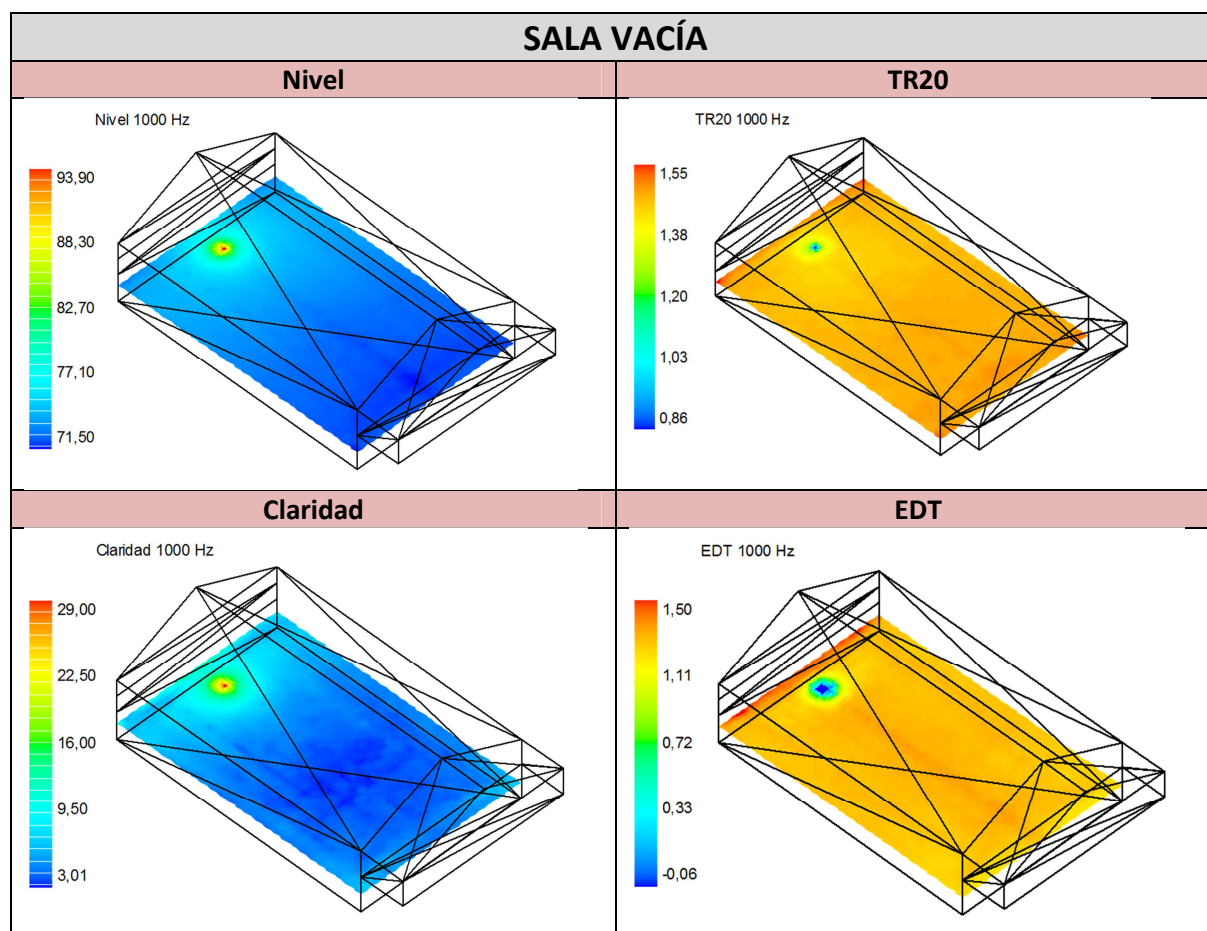
*Resultados generales de la simulación*

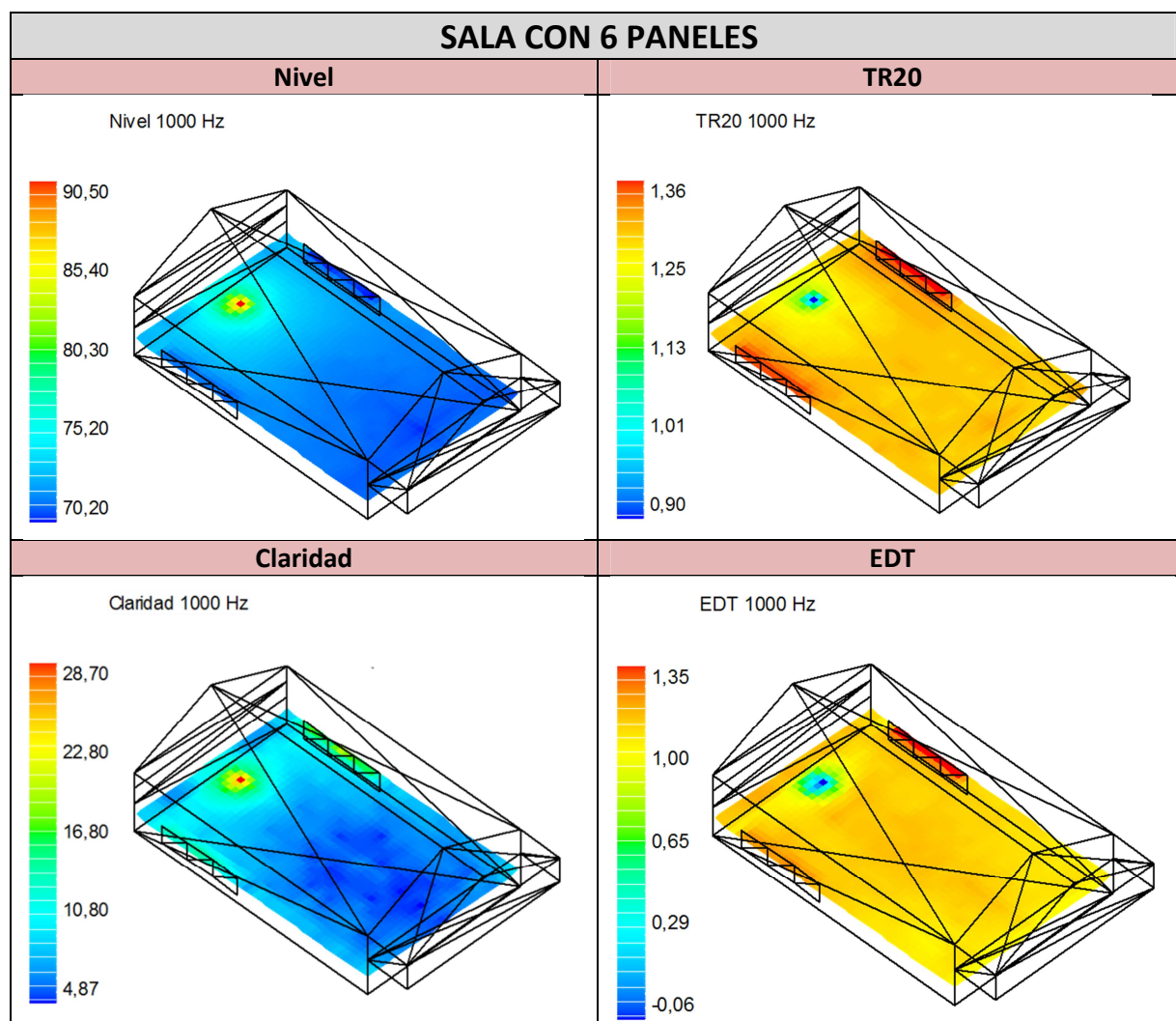


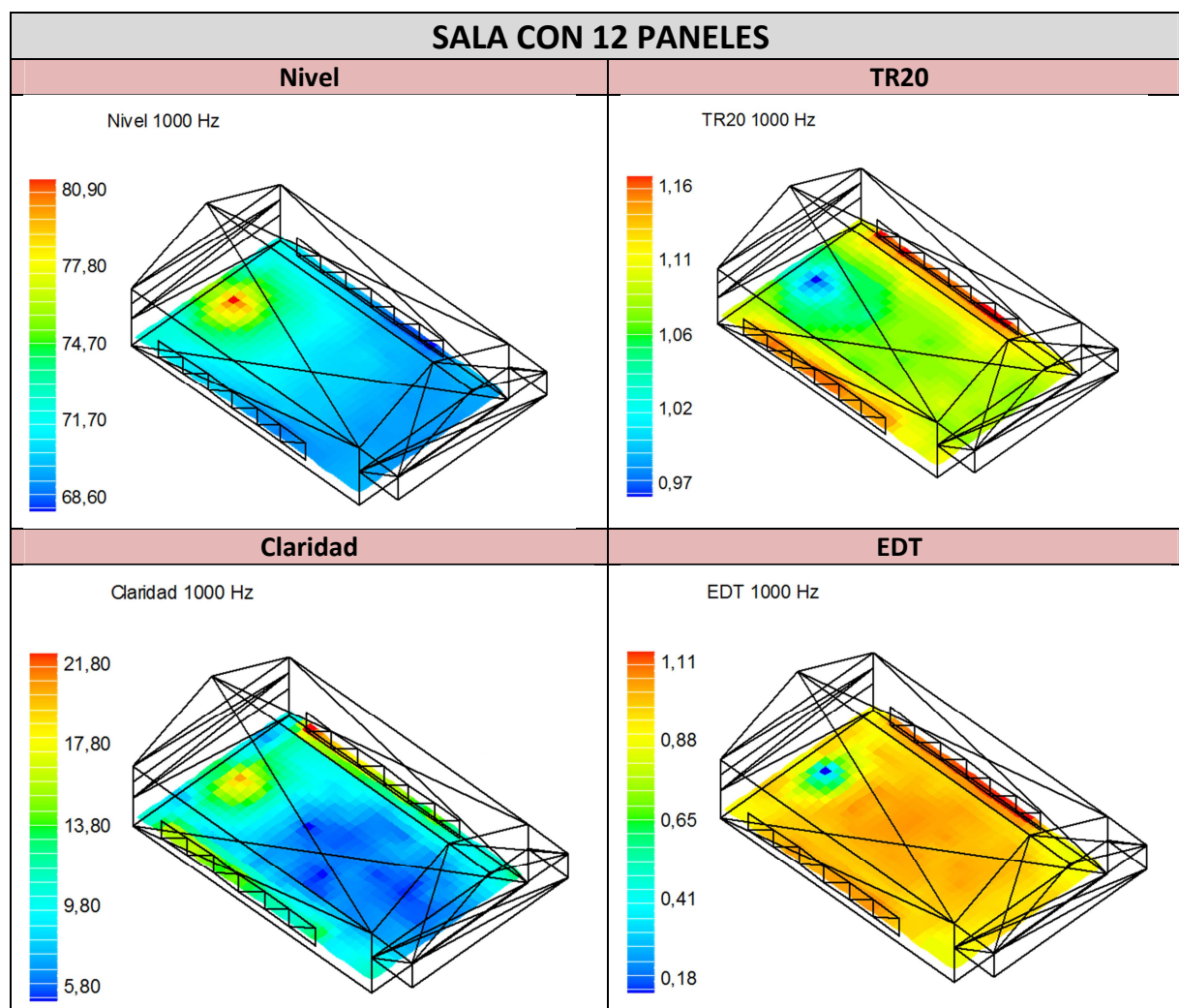
*Ecograma variable según posición en la sala.*

- Finalmente conseguimos una representación gráfica de la distribución de los parámetros acústicos en la sala.
- Se ha simulado la sala vacía y también en las distintas configuraciones de paneles absorbentes con los siguientes resultados:









## 5. AISLAMIENTO ACÚSTICO

### 5.1. LEGISLACIÓN ESPECÍFICA

El local que estamos estudiando se encuentra en la Comunidad Valenciana, por lo tanto, la legislación en materia de acústica que tiene que cumplir el local es:

- *Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica.*
- *Decreto 266/2004, de 3 de Diciembre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas de prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios*
- *Decreto 104/2006, de 14 de Julio, del Consell de la Generalitat, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica.*

Dentro de la legislación anteriormente mencionada, los artículos que son de aplicación al caso que nos ocupa son los siguientes:

En la *Ley 7/2002 de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica*:

**Artículo 12.1.-** *“Ninguna actividad o instalación transmitirá al ambiente exterior niveles sonoros de recepción superiores a los indicados en la tabla 1 del Anexo II en función del uso dominante de la zona...”*

En el caso que nos ocupa y en el entorno en el que se encuentra ubicada, uso industrial, no se podrán superar los siguientes niveles sonoros:

*Horario Diurno (8:00 a 22:00h) 70 dBA*  
*Horario Nocturno (22:00 a 8:00h) 60 dBA*

**Artículo 35.- “1.** Los titulares de las actividades o instalaciones industriales, comerciales o de servicios están obligados a adoptar las medidas necesarias de insonorización de sus fuentes sonoras y de aislamiento acústico para cumplir, en cada caso, las prescripciones establecidas en esta ley.

**Artículo 39.- “1.** El aislamiento acústico exigible a los elementos constructivos delimitadores de los locales, que entre sus instalaciones cuenten con sistemas de amplificación sonora regulables a voluntad, se deducirá conforme a los siguientes niveles de emisión mínimos:

a) *Salas de fiestas, discotecas, tablaos y otros locales autorizados para actuaciones en directo: 104 dB(A).*

- b) Locales y establecimientos con ambientación musical procedente exclusivamente de equipos de reproducción sonora: 90 dB(A).*
- c) Bingos, salones de juego y recreativos: 85 dB(A).*
- d) Bares, restaurantes y otros establecimientos hoteleros sin equipo de reproducción sonora: 80 dB(A)."*

Por lo tanto, en el caso que nos ocupa, el aislamiento acústico exigible a los elementos constructivos, se deducirá en base a un nivel de emisión de 104 dBA.

Los parámetros de diseño de las mejoras de aislamiento acústico del presente estudio, se realizarán tomando como referencia las condiciones más restrictivas de las mencionadas en la legislación anterior que es de aplicación para el caso que nos ocupa.

## 5.2. METODOLOGÍA EMPLEADA

### Procedimiento de medición del aislamiento a ruido aéreo de la fachada según norma UNE-EN ISO 717-1

#### Equipo de medición utilizado:

- **Fuente sonora.**
- **Sonómetro.**

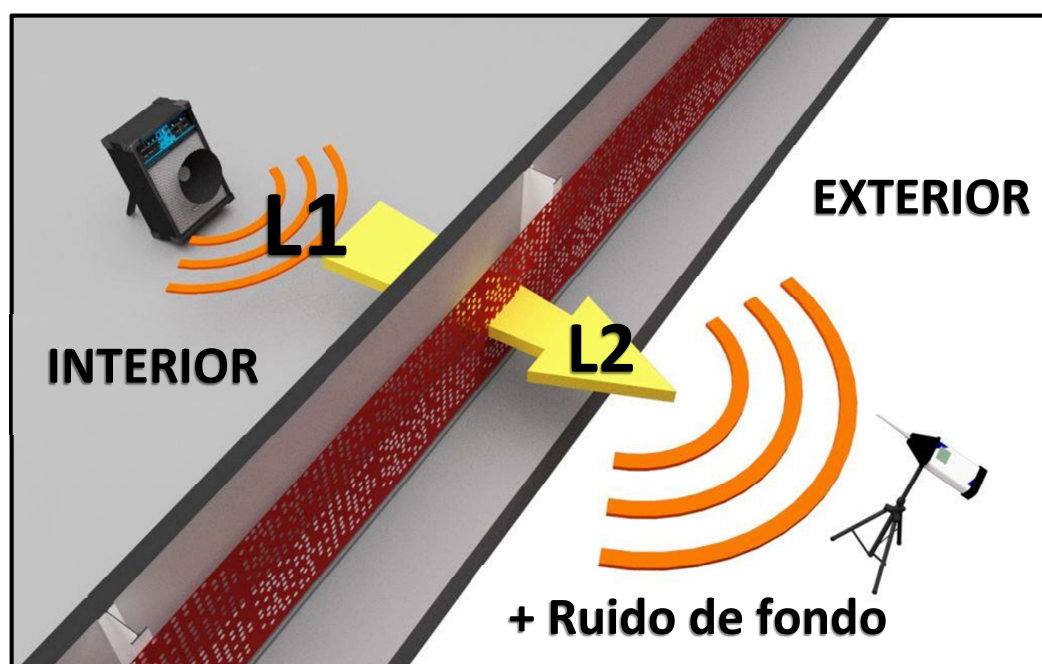
Previamente a las medidas de niveles con la fuente sonora en funcionamiento, se mide el nivel de fondo en el exterior en 5 posiciones distintas.

Las mediciones se hacen en bandas de octava, correspondientes a las frecuencias centrales de banda entre 100Hz y 3150Hz.

El sonido generado en el recinto emisor, debe ser estacionario y debe tener un espectro continuo en el rango de frecuencia considerado. Por ello se emplea una fuente de ruido blanco, con una potencia tal que el nivel de presión sonora en el recinto receptor, sea al menos 10 dB más alto que el nivel de fondo en cualquier banda de frecuencia. El espectro sonoro no debe tener diferencias de nivel mayores de 6 dB entre bandas de tercio de octava adyacentes.

La fuente sonora se posicionará de manera que genere un campo sonoro tan difuso como sea posible. Se colocará separado más de 1'5 m del paramento y orientado hacia una esquina opuesta del elemento del que se está midiendo sus características acústicas.

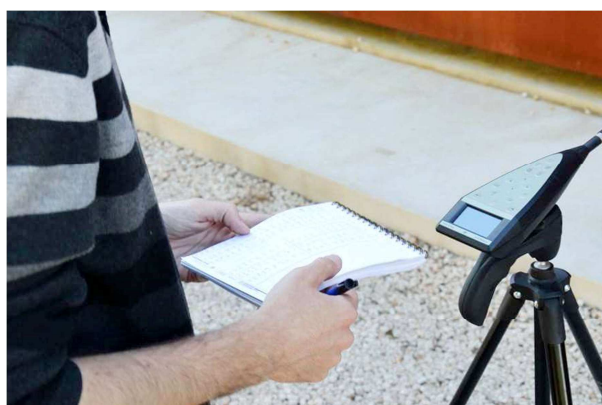
Se debe ajustar el rango de medida del sonómetro al nivel de sonoridad conseguido con la fuente, de manera que no se saturen las medidas.



*Representación de elementos en el procedimiento.*

Se realizan un total de 10 lecturas: 5 en el interior y 5 en el exterior, enfrentadas como se observa en las representaciones gráficas. De este modo obtenemos los datos necesarios para calcular la diferencia de niveles, siempre teniendo en cuenta la contribución energética que puede atribuírsele al ruido de fondo en el exterior, que se habrá medido con anterioridad, y en caso de que la diferencia entre la lectura con la fuente encendida y apagada difiera menos de un determinado valor, se corrige el nivel medido en el exterior (L2). Ésta corrección será desarrollada en los siguientes apartados.

Todo el proceso será objeto de seguimiento, anotando en una libreta cualquier acción o situación atípica que pueda dar lugar a resultados de lecturas con valores dispares o anómalos, pudiendo posteriormente ser identificados o valorados adecuadamente, inclusive su posible exclusión del resto de valores significativos.

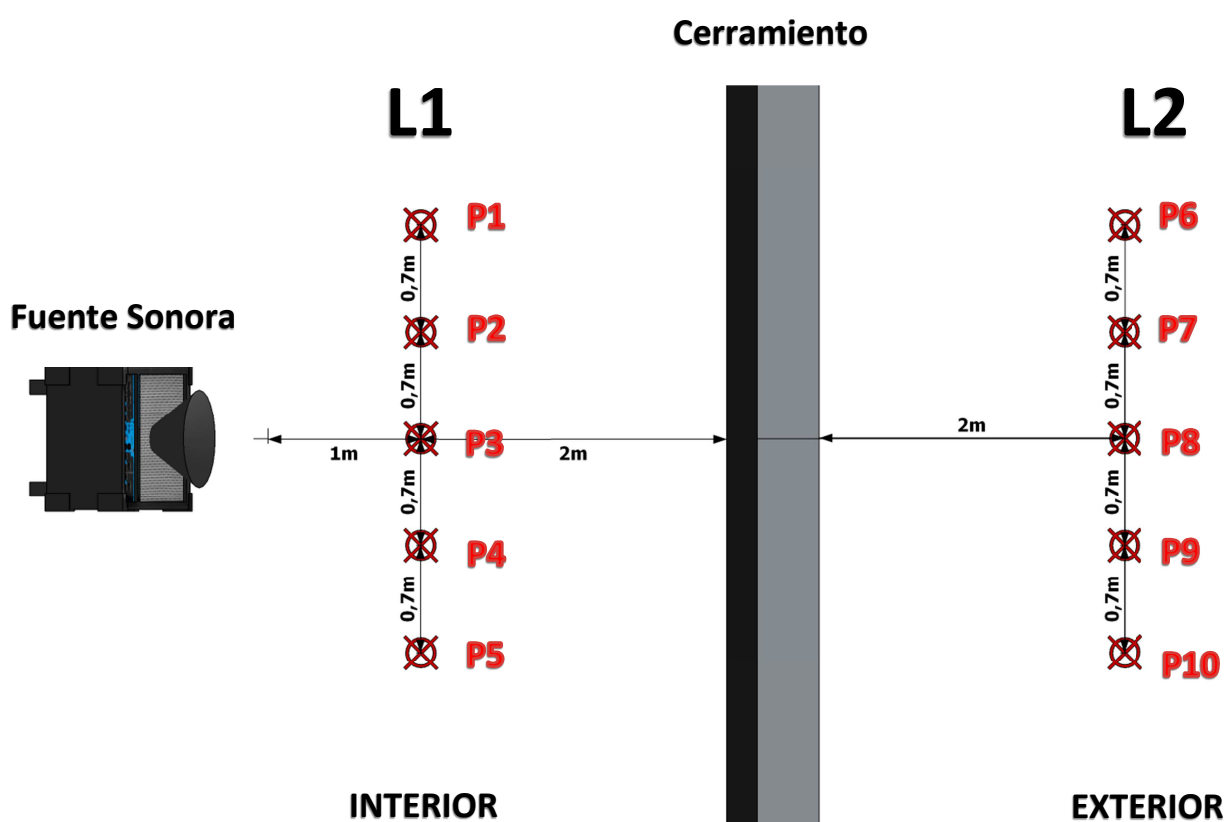


*Seguimiento de lecturas mediante anotación.*



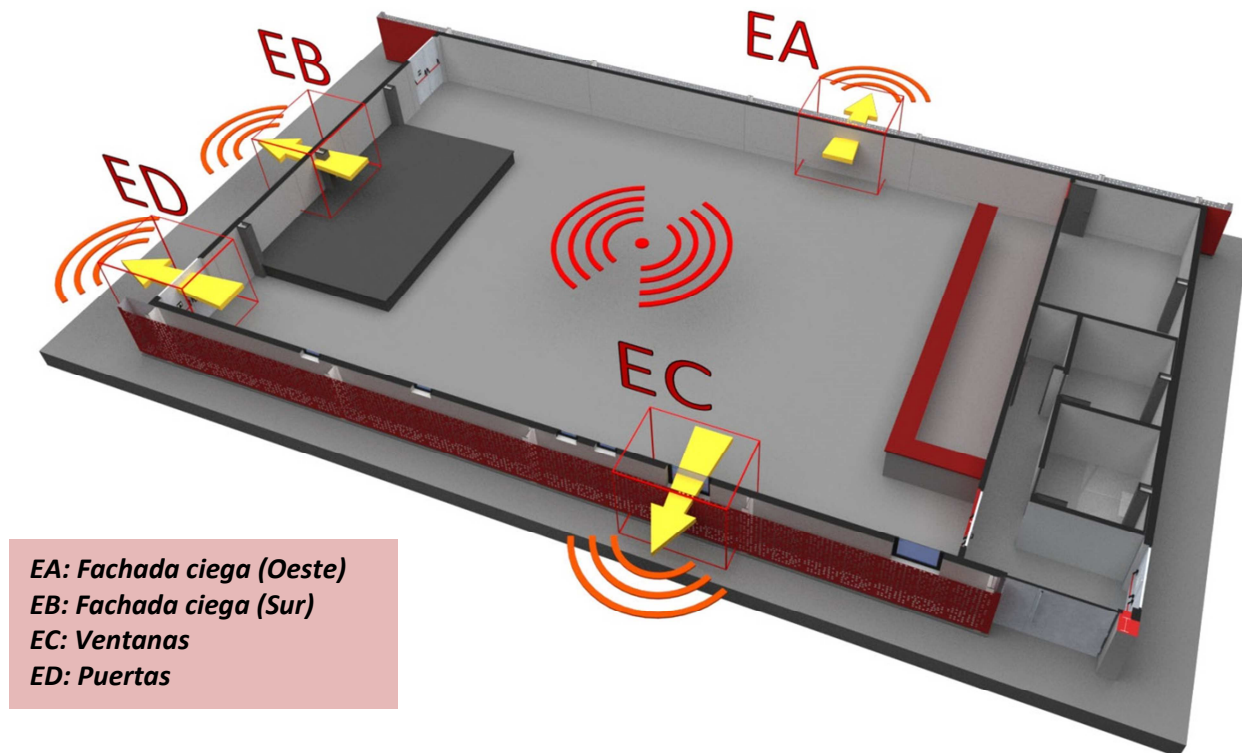
Las lecturas se toman en 5 puntos de la sala, separados tan uniformemente como sea posible y distanciados al menos:

- 0,7m entre lecturas,
- 2 m entre las lecturas y el elemento de cerramiento.
- 1m entre las lecturas y la fuente sonora.



*Esquema de distancias entre elementos.*

### Elementos de cerramiento de fachada a estudiar.



### Cálculo aislamiento a ruido aéreo en fachada.

Para el cálculo del aislamiento acústico a ruido aéreo en fachada, primero se realizará la corrección al nivel  $L_2$  cuando proceda, atendiendo a las siguientes consideraciones:

El nivel de fondo deberá ser de al menos 6dB inferior al nivel combinado de la señal y el ruido de fondo. Si la diferencia de niveles es inferior a 10dB pero superior a 6dB, se calculan las correcciones al nivel de la señal de acuerdo a la ecuación:

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

Siendo  $L$  el nivel de la señal corregido,  $L_{sb}$  el nivel combinado de señal y ruido de fondo y  $L_b$  el nivel de ruido de fondo. Si la diferencia de niveles es menor o igual de 6dB en cualquiera de las bandas de frecuencia, hay que corregir 1'3 dB, indicando que los  $D_n$ ,  $R'$  son un límite de la medición.

El siguiente paso es obtener la diferencia de niveles  $D$  entre  $L_1$  y  $L_2$  corregido y seguidamente se traslada la curva de referencia de la ISO 717-1, hasta ajustarla al valor de  $D$  a 500Hz, y se representa para cada una de las particiones, de forma que  $D$  quede equilibrado por encima y por debajo de la referencia.



Con una hoja de cálculo específica, se calculan los valores de los términos de adaptación espectral  $Dw(C;Ctr)$ , siendo el primero el valor de la diferencia de niveles,  $C$  el valor corregido por ruido rosa ponderado, y  $Ctr$  la corrección para ruido de tráfico ponderado.

#### Resumen:

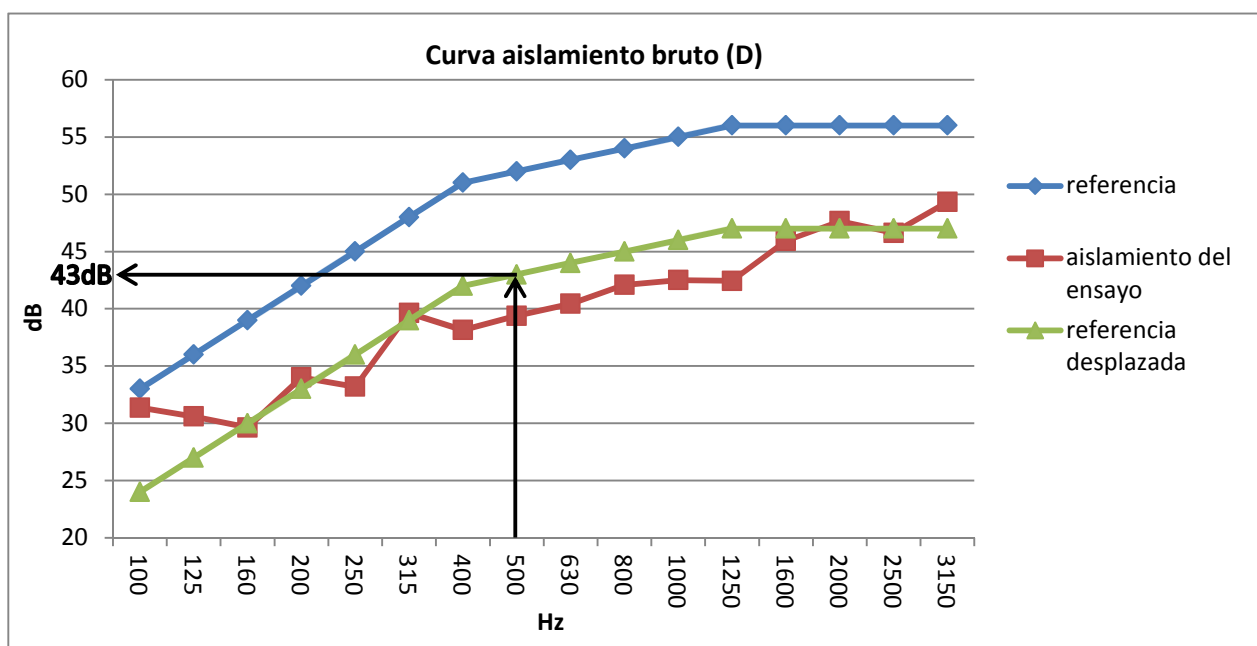
- restarle el ruido de fondo,  $L2_{corregido}=L2-B2$  (suma energética).
- calcular la diferencia de nivel corregida,  $D=L1-L2_{corregido}$ .
- comparar con la referencia de la norma ISO 717 (Tabla) ajustada al valor de  $D$  a 500 Hz.
- con la aplicación se calcula el término de adaptación espectral  $Dw(C;Ctr)$ , con las correcciones de ruido blanco a ruido rosa y a ruido de tráfico.

### 5.3. RESULTADOS DE AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO EN FACHADA.

A continuación se representan gráficamente los resultados obtenidos del proceso de cálculo de aislamiento:

-Comparación con la curva de referencia de la norma ISO 717 ajustada al valor de “D” a 500 Hz.

#### Aislamiento del elemento de fachada “EA”(cerramiento ciego).

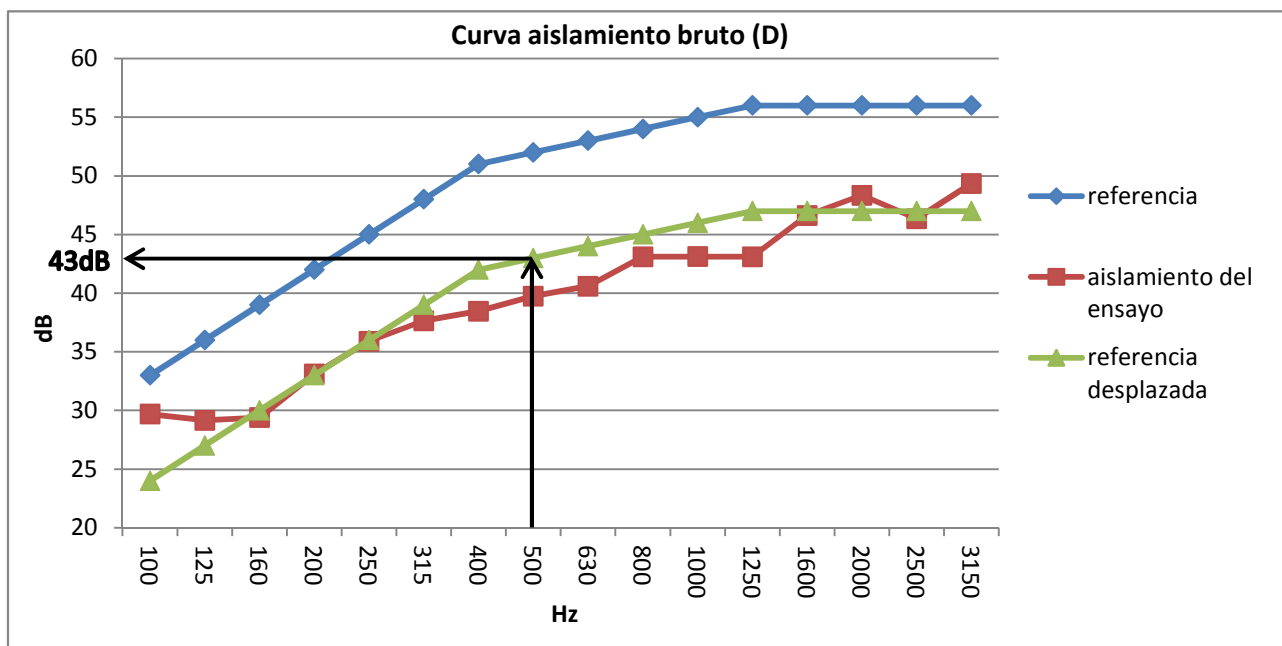


$Dw= 43$

$C= -1$

$Ctr= -4$

## Aislamiento del elemento de fachada "EB" (cerramiento ciego).

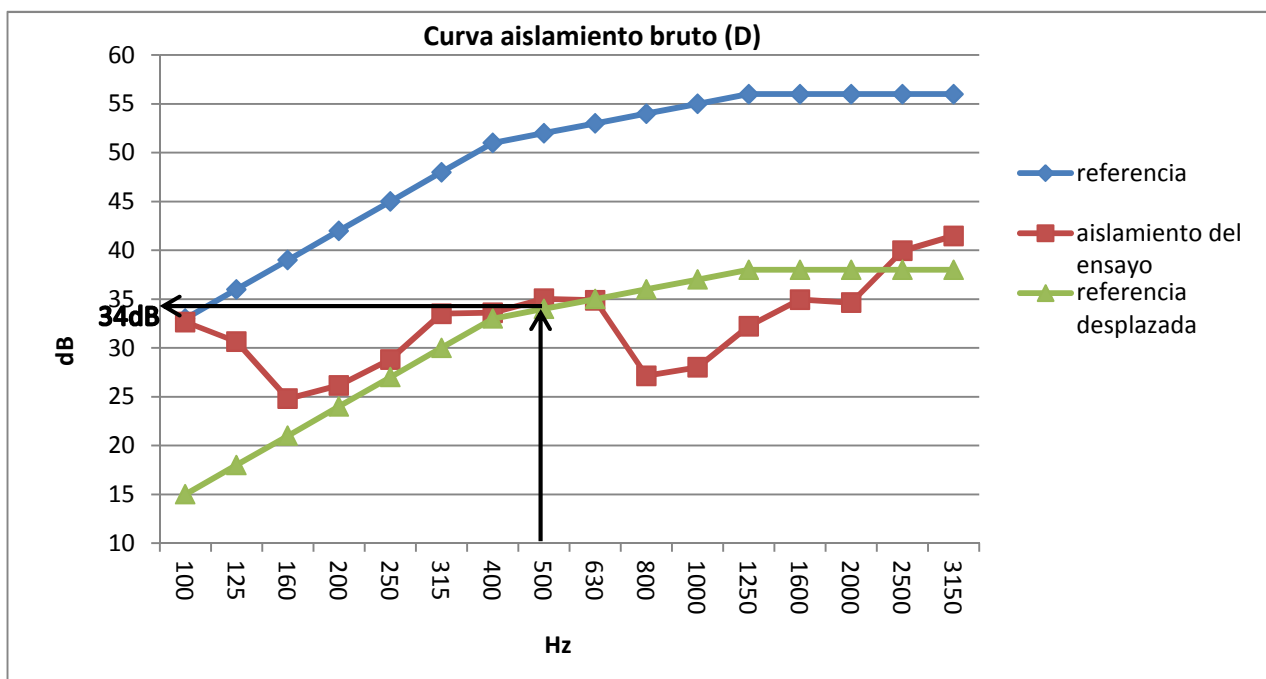


Dw= 43

C= -1

Ctr= -4

## Aislamiento del elemento de fachada "EC" (ventanas).

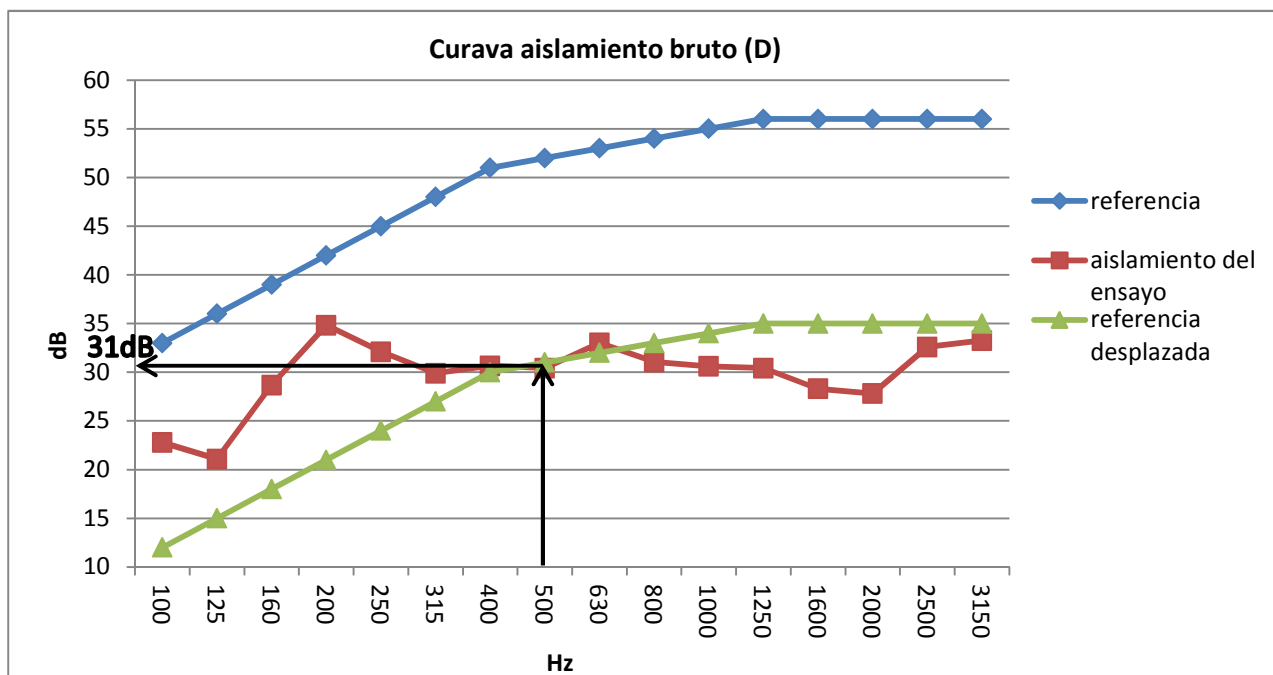


Dw= 34

C= -2

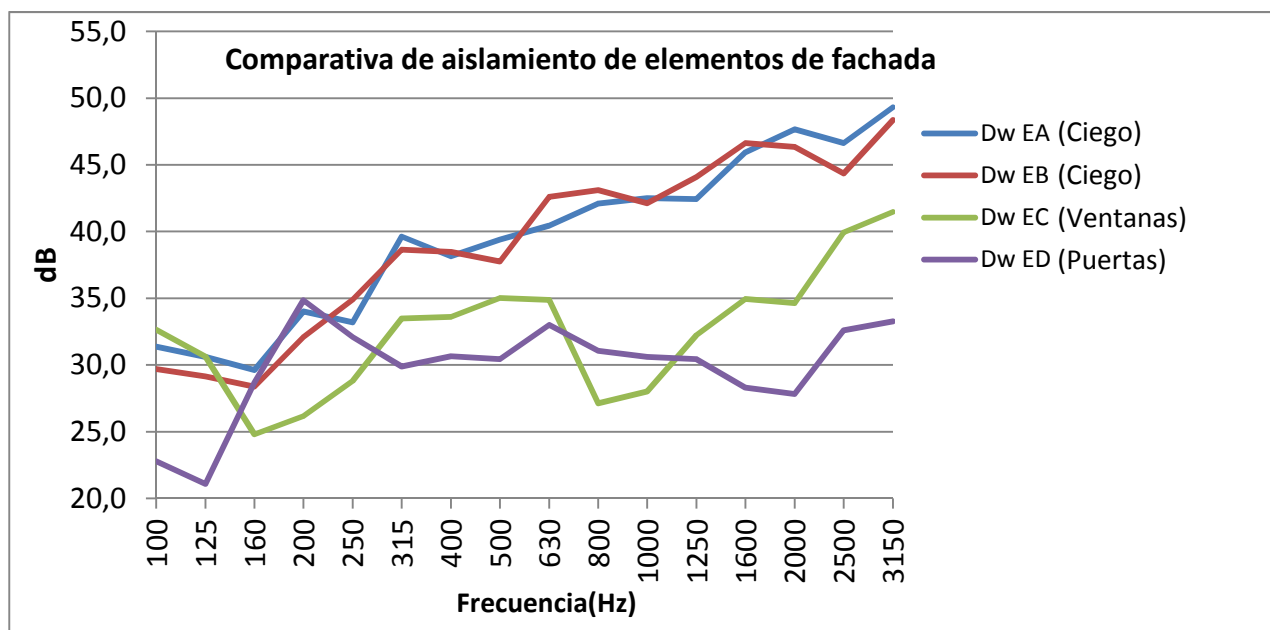
Ctr= -3

## Aislamiento del elemento de fachada “ED” (puertas).



Dw= 31	C= -1	Ctr= -1
--------	-------	---------

## -Comparativa aislamiento distintos elementos de fachada:



### Justificación de cumplimiento del aislamiento mínimo a ruido aéreo en fachada.

Para verificar si cumplimos con la exigencia de nivel de ruido transmitido al exterior procedemos del siguiente modo.

Según la *Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica*, el aislamiento acústico de los elementos constructivos que delimitan un local cerrado (puertas, ventanas y huecos de ventilación), que cuenten con sistemas de amplificación sonora regulables a voluntad, se deducirá dependiendo de los niveles de emisión:

- **Grupo 1:** Salas de fiestas, discotecas, tablaos y otros locales autorizados para actuaciones en directo **104 dBA**.
- **Grupo 2:** Pubs, bares y otros establecimientos con ambientación musical procedente exclusivamente de equipo de reproducción sonora y sin actuaciones en directo **90 dBA**.
- **Grupo 3:** Bingos, salones de juego y recreativos y gimnasios **85 dBA**.
- **Grupo 4:** Bares, restaurantes y otros establecimientos hosteleros sin equipo de reproducción sonora **80 dBA**.

Por tanto, siendo nuestra sala multifuncional, asimilable en el caso más desfavorable a una discoteca, se encontraría en el **Grupo 1**, en el que el nivel de emisión equivalente es de **104 dB(A)**.

Teniendo en cuenta que en el ambiente exterior, según la ordenanza del municipio, no podrán superarse los niveles sonoros de recepción, que en función del uso dominante de cada una de las zonas señaladas en el PGOU, se establecen a continuación:

#### Nivells de recepció externa.

Ús dominant	Nivell sonor dB(A)	
	Dia	Nit
Sanitari i docent	45	35
Residencial	55	45
Terciari	65	55
Industrial	70	60

A partir de la tabla de la ordenanza municipal, se puede ver que el límite de recepción externo varía en función del uso dominante de la zona y del horario. Nuestro caso se encuentra en una zona de uso dominante industrial, en el que la actividad que se va a desarrollar es variable por ser una sala multifuncional y por lo tanto funcionará tanto en horario diurno como en horario nocturno. Por consiguiente, los sistemas de aislamiento acústico que se van a analizar, estarán sujetos a horario nocturno, ya que es durante este intervalo cuando las exigencias acústicas son más restrictivas, siendo el nivel de recepción externo máximo para este caso de **60 dB(A)**.

Cálculos de justificación del cumplimiento de aislamiento acústico necesario en cada elemento de fachada:

### Elemento EA (Cerramiento ciego)

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
L emisión	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
Dw EA	31,4	30,6	29,6	34,0	33,2	39,6	38,1	39,4	40,4	42,1	42,5	42,4	45,9	47,7	46,6	49,3
L recepción	60,6	61,4	62,4	58,0	58,8	52,4	53,9	52,6	51,6	49,9	49,5	49,6	46,1	44,3	45,4	42,7
LA recepción	41,5	45,3	49,0	47,1	50,2	45,8	49,1	49,4	49,7	49,1	49,5	50,2	47,1	45,5	46,7	43,9
R'	25,4	24,6	23,6	28,0	27,2	33,6	32,1	33,4	34,4	36,1	36,5	36,4	39,9	41,7	40,6	43,3

Lemisión eq.	104 dB
Dw EA	43 dB
Lrecepción eq.	60,0 dBA
R'w	37 dBA

CUMPLE

### Elemento EB (Cerramiento ciego)

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
L emisión	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
Dw EB	29,7	29,2	29,4	33,1	35,9	37,6	38,5	39,7	40,6	43,1	43,1	43,1	46,6	48,3	46,4	49,4
L recepción	62,3	62,8	62,6	58,9	56,1	54,4	53,5	52,3	51,4	48,9	48,9	48,9	45,4	43,7	45,6	42,6
LA recepción	43,2	46,7	49,2	48,0	47,5	47,8	48,7	49,1	49,5	48,1	48,9	49,5	46,4	44,9	46,9	43,8
R'	23,7	23,2	23,4	27,1	29,9	31,6	32,5	33,7	34,6	37,1	37,1	37,1	40,6	42,3	40,4	43,4

Lemisión eq.	104 dB
Dw EA	43 dB
Lrecepción	59,8 dBA
R'w	37 dBA

CUMPLE

### Elemento EC (Ventanas)

Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
L emisión	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
Dw EC	32,7	30,6	24,8	26,2	28,8	33,5	33,6	35,0	34,9	27,1	28,0	32,2	34,9	34,6	39,9	41,5
L recepción	59,3	61,4	67,2	65,8	63,2	58,5	58,4	57,0	57,1	64,9	64,0	59,8	57,1	57,4	52,1	50,5
LA recepción	40,2	45,3	53,8	54,9	54,6	51,9	53,6	53,8	55,2	64,1	64,0	60,4	58,1	58,6	53,4	51,7
R'	26,7	24,6	18,8	20,2	22,8	27,5	27,6	29,0	28,9	21,1	22,0	26,2	28,9	28,6	33,9	35,5

Lemisión eq	104 dB
Dw EC	34 dB
Lrecepción	69,9 dBA
R'w	28 dBA

NO CUMPLE

### Elemento ED (Puertas)

Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
L emisión	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
Dw ED	22,8	21,1	28,7	34,8	32,1	29,9	30,7	30,4	33,0	31,1	30,6	30,4	28,3	27,8	32,6	33,3
L recepción	69,2	70,9	63,3	57,2	59,9	62,1	61,3	61,6	59,0	60,9	61,4	61,6	63,7	64,2	59,4	58,7
LA recepción	50,1	54,8	49,9	46,3	51,3	55,5	56,5	58,4	57,1	60,1	61,4	62,2	64,7	65,4	60,7	59,9
R'	16,8	15,1	22,7	28,8	26,1	23,9	24,7	24,4	27,0	25,1	24,6	24,4	22,3	21,8	26,6	27,3

Lemisión eq	104 dB
Dw ED	31 dB
Lrecepción	71,8 dBA
R'w	27 dBA

NO CUMPLE

Tenemos que **las dos partes ciegas cumplen las exigencias de aislamiento** incluso en el caso más desfavorable de uso, aunque también se puede observar que el R' es bastante inferior a la R que nos aporta un cerramiento de este tipo analizado en laboratorio (según catálogo de elementos constructivos del CTE), con lo que podemos deducir que las transmisiones indirectas por el techo de la sala, deben de ser significativas.

En cuanto a los **elementos de cerramiento con carpintería, no cumplen las exigencias**, tanto el elemento de cerramiento con ventanas, como el elemento con puertas de salida posteriores.

Para mejorar el elemento mixto, hay que mejorar la parte más débil del cerramiento, siendo estos los huecos (puertas y ventanas).

## 5.4. PROPUESTAS DE MEJORA DE AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO DE FACHADA

### **Caso 1. Elemento de cerramiento de fachada con ventana abatible.**

- Composición del elemento:

- Parte ciega. Panel prefabricado de hormigón.**
- Parte carpintería. Ventana abatible.**

En este caso se plantean dos opciones:

La primera es sustituir la ventana actual por una superacústica, consiguiendo el aislamiento necesario con una única ventana, teniendo como inconveniente un incremento desproporcional de precio en relación a la pequeña mejora de aislamiento, con el añadido de que para que funcione correctamente se necesita de una instalación y mantenimiento perfecto.

La segunda opción, que es la adoptada en la propuesta de mejora, pasa por instalar otra ventana complementaria de características comunes y crear un sistema “doble ventana”, con el cual conseguimos un incremento notable de aislamiento sin aumento excesivo de coste, a la vez que no se requiere un mantenimiento ni instalación rigurosa para su buen funcionamiento.

#### **Opción 1. Sustituir ventana actual por una superacústica.**

**Ventaja.** Solo necesitamos una ventana.

**Desventaja.** Incremento de precio desproporcional en relación a la pequeña mejora de aislamiento.

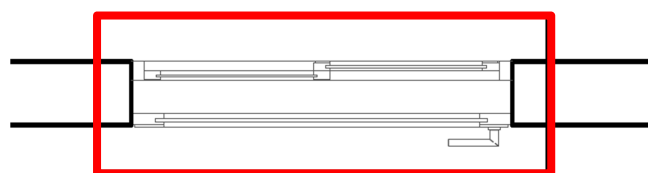
**Desventaja.** Se necesita instalación y mantenimiento perfecto para su correcto funcionamiento.

#### **Opción 2. Instalar otra ventana complementaria de características comunes (sistema doble ventana).**

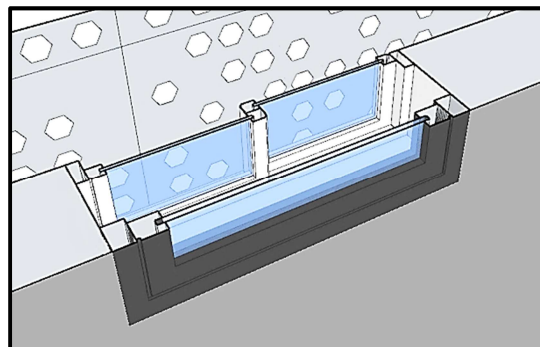
**Ventaja.** Conseguimos un incremento notable de aislamiento sin incremento excesivo de coste.

**Ventaja.** No se requiere mantenimiento específico para buen funcionamiento.

-Adoptamos la segunda opción “Sistema de Ventana doble” y procedemos del siguiente modo:



Doble ventana



Representación sistema doble ventana

-Para el cálculo de aislamiento de un elemento de cerramiento mixto se utiliza la fórmula siguiente:

$$R_G = 10 \log \frac{S_C + S_V}{S_C 10^{-\frac{R_C}{10}} + S_V 10^{-\frac{R_V}{10}}}$$

Dónde:

**RG:** Índice de Aislamiento global

**Sc:** Superficie ciega

**Sv:** Superficie ventana

**Rv:** Índice de Aislamiento parte ventana

**Rc:** Índice de Aislamiento parte ciega

-Tomando como índices los valores contemplados en el *Catálogo de Elementos Constructivos*.

VENTANAS DOBLES									
Distancia entre ventanas, d ≥ 10 cm									
Ventana exterior			Ventana interior			HR			
Acristalamiento		Sistema de apertura	Acristalamiento		Sistema de apertura	R <sub>w</sub> (dB)	C (dB)	C <sub>tr</sub> (dB)	R <sub>A</sub> (dB)
Tipo	Espesor (mm)		Tipo	Espesor (mm)					
Vidrio sencillo o unidad de vidrio aislante	6 8 4-6-4 <sup>(1)</sup>	deslizante	unidad de vidrio aislante	4-(6...12)-(4...8) <sup>(1)</sup>	deslizante	42	-1	-2	41
					oscilobatiente	47	-1	-3	46

Tabla de valores de ventanas dobles (Extracto del C.E.C.)



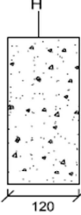
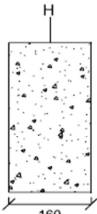
Código	Sección	Hoja de hormigón H	HE <sup>(7)</sup>	HR <sup>(12)</sup>	
			R (m <sup>2</sup> K/W)	R <sub>A</sub> (dBA)	m (kg/m <sup>2</sup> )
P1.23		H C	0,05	52	300
		H AL	0,09	47	216
P1.24		H C	0,06	57	400
		H AL	0,12	51	288

Tabla de valores de paneles de hormigón (Extracto del C.E.C.)

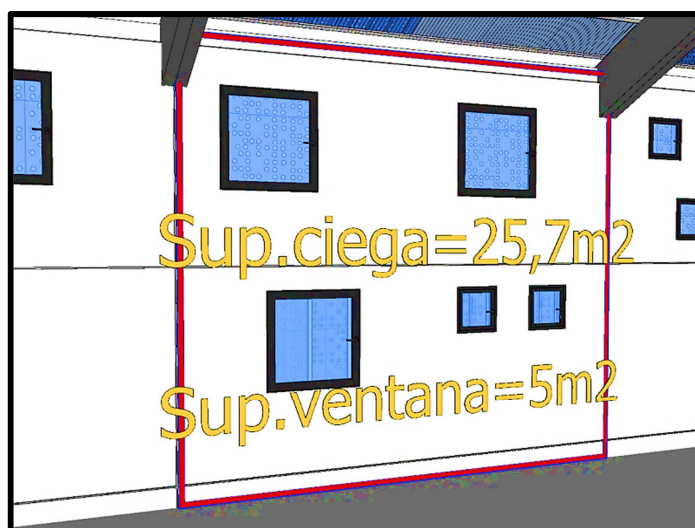


Gráfico explicativo de superficies

R Global fachada	Sup. (m2)	R (dBA)
Cerramiento (Rc)	25,7	51
Ventana (Rv)	5,04	46
R global (Rg)	30,7	49,7

Tabla de cálculo del índice de aislamiento global teórico.

El aislamiento bruto entre un recinto (campo difuso), y el exterior (campo direccional), se expresa mediante la fórmula:

$$D=R+6dB$$

$$D=49,7+6=55,7dBA$$

Tenemos que con un R global de 49,7dBA, el aislamiento bruto teórico es de 55,7dBA.

Y contemplando un nivel global de emisión en la sala de 104dBA menos el aislamiento bruto teórico de 55,7 dBA. Conseguimos que el nivel recibido en el exterior sea de:

$$104-55,7= 48,3 \text{ dBA} < 60 \text{ dBA máximos según ordenanza municipal. CUMPLE}$$

Este nivel global de recepción en el exterior es teórico y se verá aumentado a consecuencia de las transmisiones indirectas que hemos visto que se producen en la intersección fachada-techo de la sala, siendo el nivel de aislamiento finalmente conseguido similar al del cerramiento ciego sin carpintería.

## Caso 2. Elemento de cerramiento de fachada con puerta de salida.

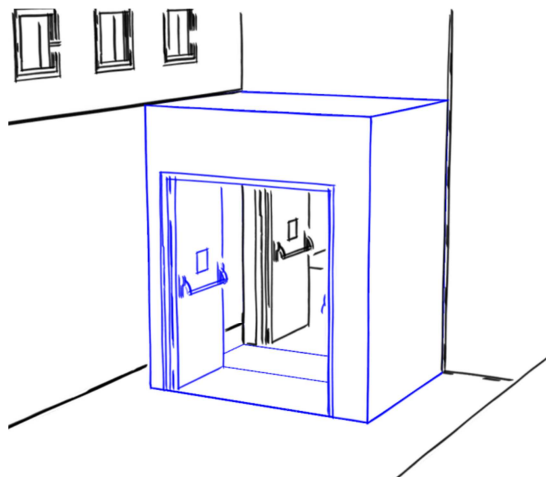
- Composición del elemento:

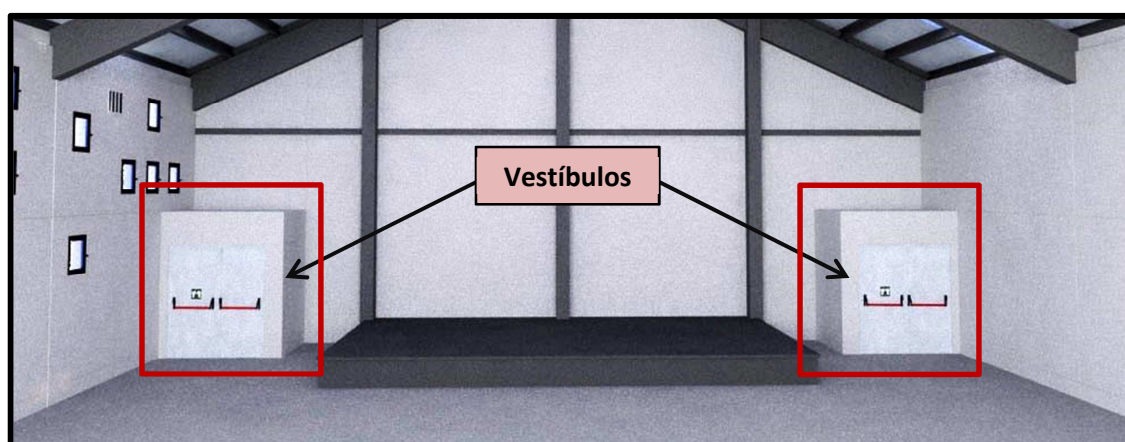
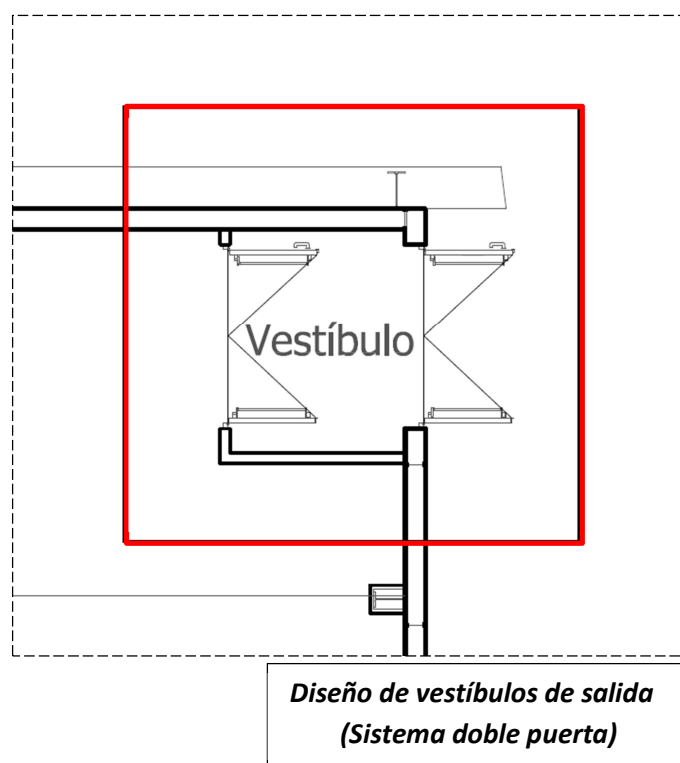
**-Parte ciega. Panel prefabricado de hormigón.**

**-Parte carpintería. Puerta de salida tipo antipánico.**

Independientemente de la necesidad de mejorar el aislamiento acústico en estos puntos, la normativa exige que las actividades de los grupos 1, 2 y 3, (estando la nuestra dentro del grupo 1) deben contar con vestíbulo de entrada, con doble puerta de muelle de retorno a posición cerrada.

De esta manera el sistema de mejora de aislamiento de estos puntos, será mediante vestíbulos con doble puerta.





El procedimiento de cálculo de aislamiento de éste sistema, se basa en el método de experimentación ya que depende de factores tales como grado de desolidarización entre las dos puertas, sistema de ejecución del vestíbulo, volumen del vestíbulo, absorción de las paredes etc, variando el aislamiento conseguido con el vestíbulo entre el aislamiento de una puerta y el doble de una puerta.  $R1 < Rg < 2R1$ . A medida que logremos desolidarizar las dos puertas, conseguiremos acercarnos al doble de aislamiento de una puerta.

En nuestro caso vamos a tomar un valor intermedio  $R_g = R_1 + (R_1/2)$  ya que no sabemos el grado de correcta ejecución que va a alcanzar:

$R_1$  mediante medición in situ nos da un índice de aislamiento aparente  $R' = 27$  dB, valor bastante pequeño a causa del reducido grado de estanqueidad de la puerta.

Siendo:  $R_g = 27 + (27/2) = 40,5$  dB

Y  $D_w$ :  $D = R + 6$  dB

$D_w = 40,5 + 6 = 46,5$

El nivel de recepción en el exterior será:

$104 - 46,5 = 57,5$  dBA

**57,5 dBA**, < 60 dBA máximos según ordenanza municipal. **CUMPLE**

### Caso 3. Elemento de ventilación en fachada.

Otro punto débil en la insonorización de nuestra sala es el sistema de ventilación. Según la ordenanza, las actividades con un nivel de emisión interior, superior o igual a 80 dBA, funcionarán con puertas y ventanas cerradas, siendo necesaria la instalación de un sistema de ventilación.

En nuestro caso la sala dispone de hueco de ventilación con una simple rejilla, emitiendo al exterior por este punto un elevado nivel de ruido.

- Para reducir esta transmisión al exterior, se utilizará el sistema de atenuación sonora mediante conductos rectangulares absorbentes, cuya forma de estimar la atenuación producida por unidad de longitud, dependerá del perímetro del conducto, su sección y la absorción del material empleado en el mismo, según la fórmula:

$$\Delta L_1 = 1,05 \alpha^{1,4} \frac{P}{S} \text{ dB/m}$$

Siendo:

$\Delta L_1$ : Amortiguación del sonido por unidad de longitud del conducto.

$\alpha$ : Coeficiente de absorción del material interior del conducto en  $\alpha$ -Sabine

P: Perímetro interior del conducto, en m.

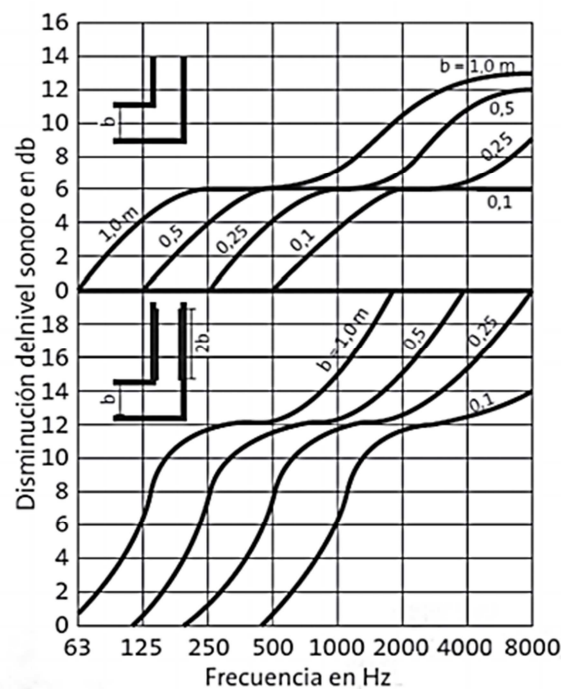
S: Sección interior del conducto, en m<sup>2</sup>.

- A la vez, para conseguir valores muy elevados de atenuación en poca longitud, también se utilizan “*silenciadores de absorción*” que se rigen por los mismos principios de absorción que los conductos, pero estableciendo valores muy elevados de  $\alpha$  y de la relación perímetro-superficie.

Estos silenciadores están constituidos por colisos rectangulares, con un espesor elevado y rellenos de material absorbente (lana de vidrio o de roca).

En este caso deben establecerse algunas condiciones:

- El ancho del paso de aire debe ser inferior a  $\lambda/8$  de la frecuencia más elevada que desee atenuarse, ya que en caso contrario baja considerablemente la atenuación.
  - La longitud del silencioso debe ser al menos el doble que la altura de los colisos.
  - El ancho de las colisos debe asegurar un elevado valor de  $\alpha$  para la menor frecuencia que se desee atenuar.
- Además, los cambios de dirección en conductos (codos) provocan una amortiguación,  $\Delta L_2$ , que depende de la frecuencia. La atenuación puede estimarse empelando gráficas de comportamiento empíricas, tal y como se muestra en la Figura.



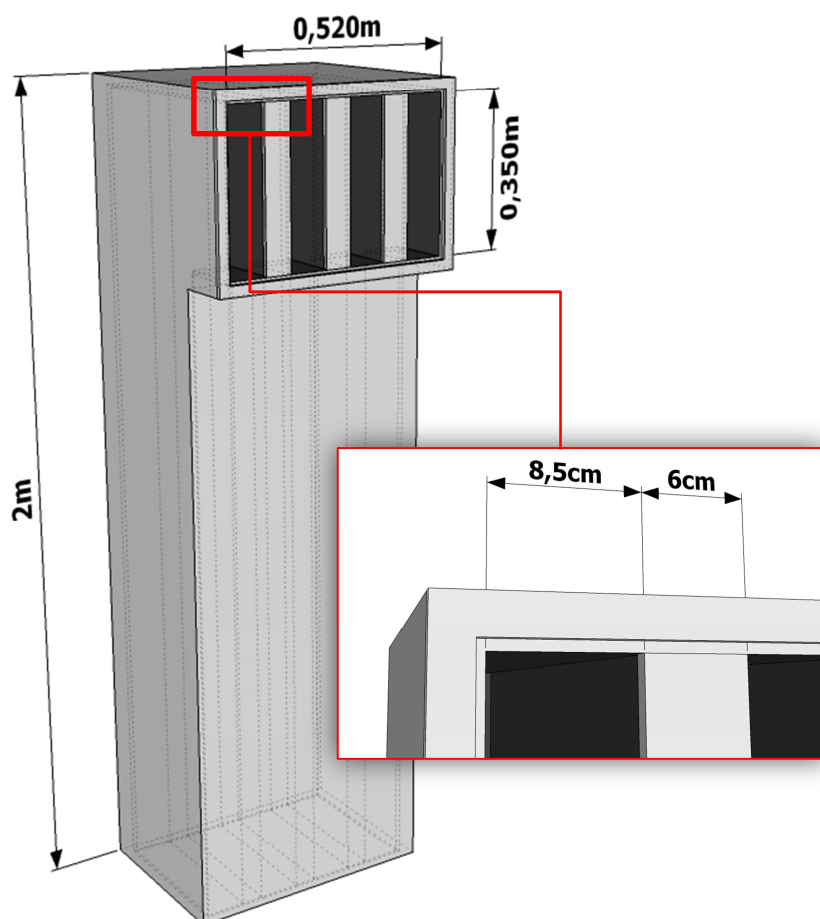
Gráfica de comportamiento empírico de la atenuación del sonido producida por un codo en un conducto. (Extracto del manual de aislamiento en la industria de ISOVER).

**-Diseño del conducto silenciador.**

El conducto va a estar constituido por un recorrido con silenciadores de absorción, ya que de este modo conseguimos reducir la longitud necesaria de conducto para una emisión admisible en el exterior.

Diseñamos el paso entre colisos para que la frecuencia intermedia para la que está optimizada la geometría del silenciador sea 500hz, resultando el paso entre colisos 8,5cm.

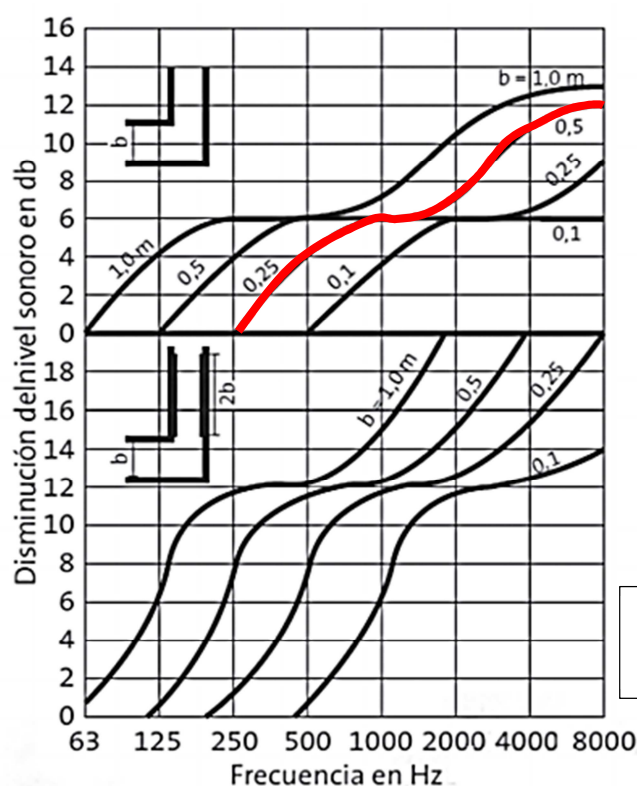
Frec. (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
L.Onda $\lambda$ (m)	2,72	1,36	0,68	0,34	0,17	0,085
$\lambda/8$ (m)	0,34	0,17	0,085	0,043	0,021	0,011



Representación de la geomtería y dimensiones del conducto absorbente.



-Para la estimación de la **atenuación producida por el codo**, tomaremos la curva resaltada en rojo, por ser la que más se acerca a nuestra altura de conducto (0,3m), obteniendo el siguiente espectro de atenuación:



Gráfica de atenuación  
producida por el codo.

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Atenuación codo (dB)	0	1	4	6	7	11

• Cálculos Atenuación:

Revestimiento interior del conducto y colisos mediante lana de roca:

**Absorción lana de roca 80 kg/m<sup>2</sup> 30 mm**

Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000
Coef. $\alpha$ -Sabine	0,35	0,86	0,92	0,99	1	1

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Lemisión	92	92	92	92	92	92
Lemisión dBA	72,9	83,4	88,8	92	93,2	93
Atenuación codo	0	1	4	6	7	11
Atenuación recorrido	14	49,3	54,2	60,1	60,9	60,9
Lp recepción ext. dBA	58,9	33,1	30,6	26	25,3	21,1

LAeq

58,9 dBA

**CUMPLE** (Nivel de emisión al exterior 58,9dBA<60dBA máximos según ordenanza municipal).

## 6. MEDICIONES Y PRESUPUESTO DE MEJORAS

PRESUPUESTO								
Descripción	Uds	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
<b>m2 Doble acristalamiento estándar 4/6/6</b> Doble acristalamiento estándar, conjunto formado por vidrio exterior Float incoloro de 4 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 6 mm, y vidrio interior Float incoloro de 6 mm de espesor, incluso colocación y sellado.								
Ventana reducida	14,00		0,60	0,60	5,04			
Ventana grande	6,00		1,20	1,20	8,64			
						13,68	34,73	475,11 €
<b>Ud Carpintería exterior de acero de 60x60cm</b> Carpintería de acero galvanizado, en ventana corredera de dos hojas de 60x60 cm, perfilería con premarco, con perfiles conformados en frío de 1 mm de espesor, según UNE-EN 14351-1. Incluso p/p de junquillo para fijación del vidrio y herrajes de colgar y de seguridad, incluso colocación.								
	14,00					14,00	53,60	750,40 €

<b>Ud Carpinetria exterior de acero 120x120cm</b> Carpintería de acero galvanizado, en ventana corredera de dos hojas de 120x120 cm, perfilería con premarco, con perfiles conformados en frío de 1 mm de espesor, según UNE-EN 14351-1. Incluso p/p de junquillo para fijación del vidrio y herrajes de colgar y de seguridad, incluso colocación.								
	6,00					6,00	150,01	900,06 €

<b>m2 Sistema "PANELSYSTEM" de tabique de paneles de yeso reforzados de 70mm.</b> Panel aligerado de yeso reforzado con fibra de vidrio, TC-7 "PANELSYSTEM", de 500 mm de anchura, 2900 mm de longitud máxima y 70 mm de espesor, con bordes machihembrados para el pegado entre sí; con banda fonoaislante bicapa, de 5 mm de espesor, formada por una membrana autoadhesiva de alta densidad termosoldada a una lámina de polietileno reticulado, masa nominal 3,35 kg/m² y parte proporcional de banda elástica de poliestireno expandido elastificado (EEPS), de 10 mm de espesor, resistencia térmica 0,3 m²K/W, conductividad térmica 0,033 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego, incluida mano de obra.								
Cerramiento Frontal	2,00		1,10	2,73	6,01			
Cerramiento Horizontal	2,00	1,81	2,29		8,29			
Cerramiento Lateral	2,00	1,81		2,73	9,88			
						24,18	22,17	536,04 €

Descripción	Uds	Longitud	Anchura	Altura	Parciales	Cantidad	Precio	Importe
<b>Ud Silenciador para conducto de 500x300x2000mm</b> Silenciador de celdillas con diseño higiénico y celdillas de ahorro energético integradas, de 500 mm de ancho, 300 mm de alto y 2000 mm de largo, con 3 celdillas de lana mineral, no combustible según DIN 4102 A2, protegidas con tejido de seda de vidrio, marco de perfil favorable al flujo de aire (radio > 15 mm), de 100 mm de espesor, separadas 67 mm, con carcasa de chapa de acero galvanizado, incluso instalación.	1,00					1,00	1097,18	1.097,18 €
<b>Ud Puerta doble, chapa lisa 180x200 galvanizada.</b> Puerta de chapa lisa de 1 hoja de 90x200 cm. realizada con doble chapa de acero galvanizado de 1mm. de espesor, perfiles de acero conformado en frío, herrajes de colgar y seguridad, cerradura con manilla de nylon, cerco de perfil de acero conformado en frío con garras para recibir a obra, elaborada en taller, ajuste y fijación en obra.	2,00					2,00	205,80	411,60 €
<b>Ud Cierre antipánico 2 hojas.</b> Cierre antipánico, para puerta cortafuegos de dos hoja, un punto de fijación. Medida la unidad instalada.	4,00					4,00	109,57	438,28 €
						<b>TOTAL PEM</b>		<b>4.608,66€</b>

RESUMEN DEL PRESUPUESTO		Importe
0.1 Doble acristalamiento estándar 4/6/6		475,11 €
0.2 Carpintería exterior de acero de 60x60cm		750,40 €
0.3 Carpinetria exterior de acero 120x120cm		900,06 €
0.4 Tabique de paneles de yeso70mm.		536,04 €
0.5 Silenciador para conducto		1.097,18 €
0.6 Puertas dobles, chapa lisa 180x200 galvanizada		411,60 €
0.7 Cierres antipánico		438,28 €
	PEM	4.608,66 €
Honorarios y dirección de obra 10% PEM		460,87 €
	TOTAL	5.069,53 €
Impuestos IVA 21% PEM		967,82 €
	TOTAL PRESUPUESTO	6.037,35 €

## 7. BIBLIOGRAFÍA

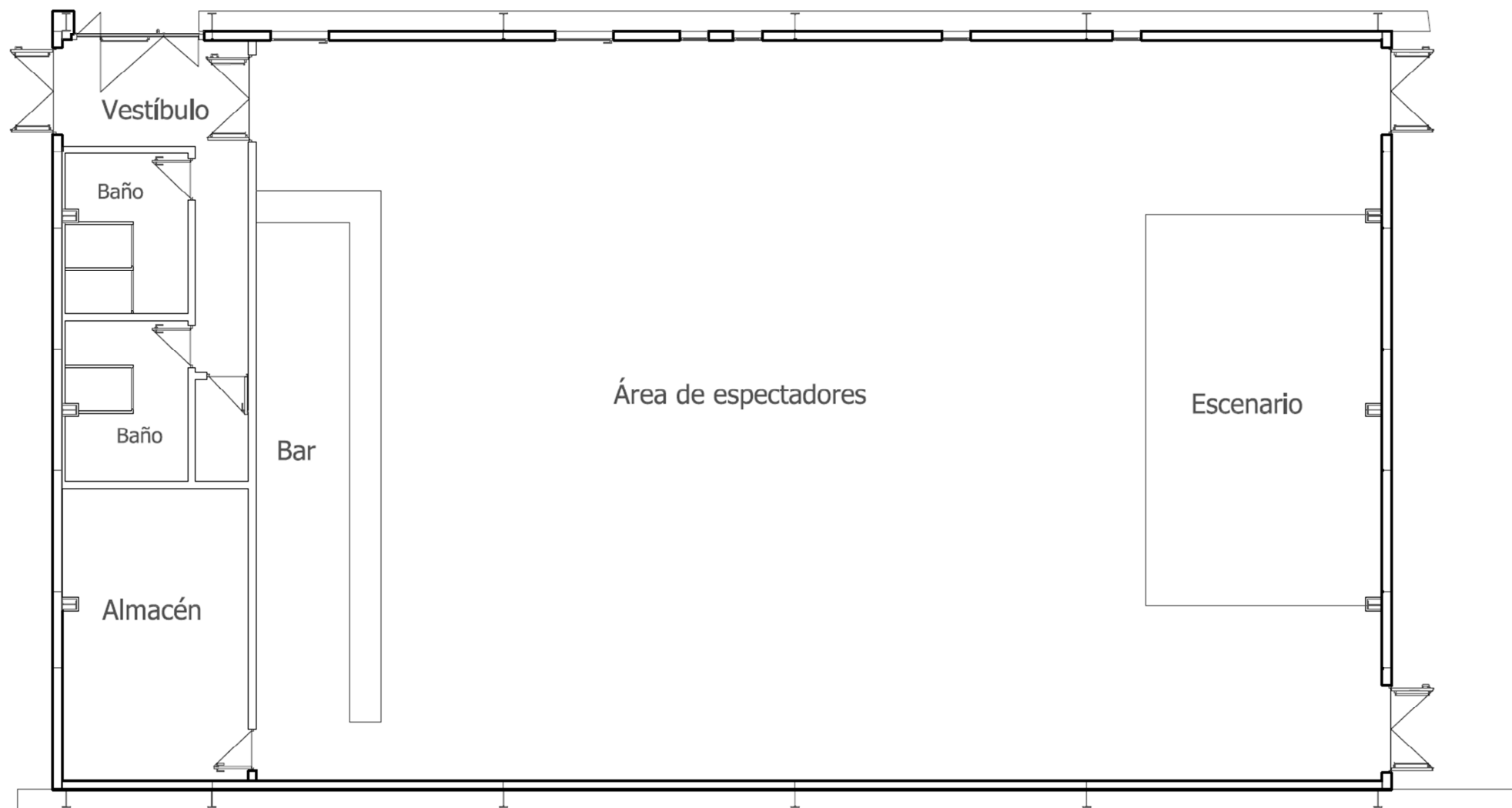
- [1]-RECUERDO LÓPEZ, Manuel – GIL GONZALEZ, Constantino, *Acústica arquitectónica*, Madrid, Artes Gráficas Benzal, 1993.
- [2]-RODRIGUEZ RODRIGUEZ, Francisco Javier – DE LA PUENTE CRESPO, Javier, *guía acústica de la construcción*, Madrid, Editoriales Dossat, 2006.
- [3]-MANUAL DE NORMAS UNE. *Acústica en la edificación*, Madrid, 2002.
- [4]- ARAU, Higini , *ABC de la Acústica Arquitectónica*, Barcelona, Grupo editorial Ceac S.A, 1999.
- [5]-SANCHO VENDRELL, Francisco Javier - LLINARES GALIANA, Jaime - LLOPIS REYNA, Ana, *Acústica arquitectónica y urbanística*, Valencia, Servicio de Publicaciones de la UPV, 1996.
- [6]-MARQUÉS, Andres – SÁNCHEZ, Juan Fco., *Acústica arquitectónica básica*.
- [7]-RODRÍGUEZ TRILLAS, Jordi, *Conceptos de acústica*.
- [8]-LAWRENCE E. KINSLER, *Fundamentos de acústica*.
- [9]-UNE-EN ISO 140- 4:1999. Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Medición in situ del aislamiento al ruido aéreo entre locales.
- [10]- UNE-EN ISO 140- 5:1999. Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Medición in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachadas.
- [11]- UNE-EN ISO 717-1:1997. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1.
- [12]- UNE-EN ISO 717-2:1997. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2.
- [13]- UNE-EN ISO 3382-2. Medición de parámetros acústicos en recintos.
- [14]-CTE-DB-HR. Protección frente al ruido.
- [15] *Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica*.

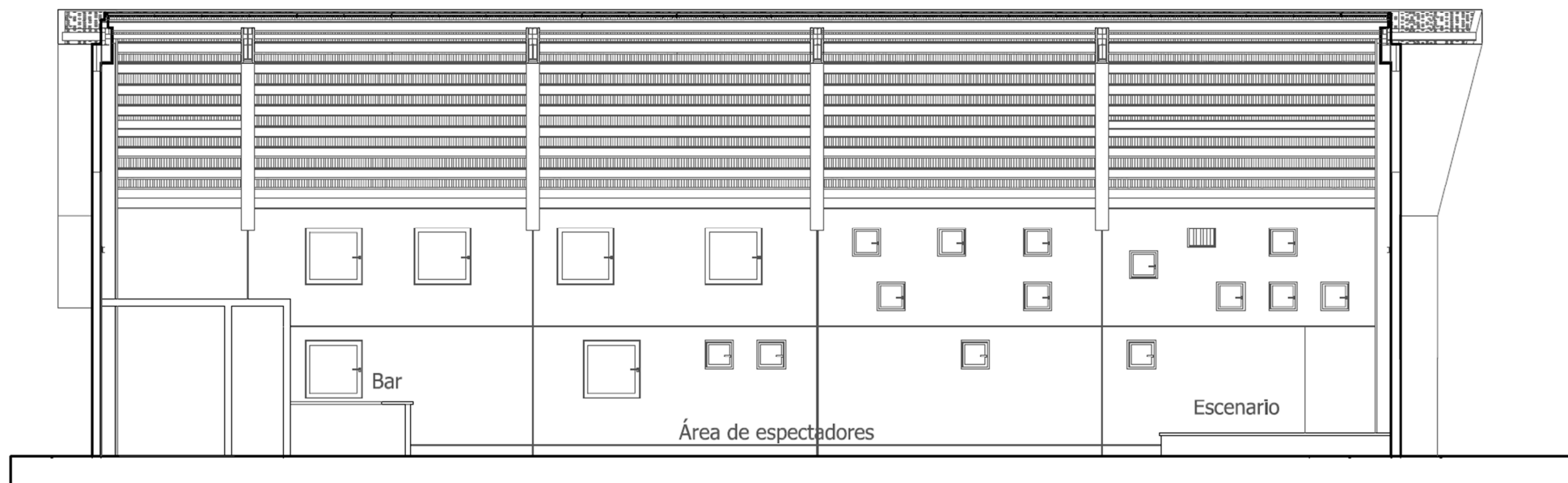
### REFERENCIAS WEB:

- [16]- <http://acusticarquitectonicaymedioambiental.blogspot.com>
- [17]- <http://www.acusticaweb.com>
- [18]- [http://www.isover.net/asesoria/manuales/edificacion/Acustica\\_absorbentes.pdf](http://www.isover.net/asesoria/manuales/edificacion/Acustica_absorbentes.pdf)
- [19]- <http://www.ingenieriadesonido.com>

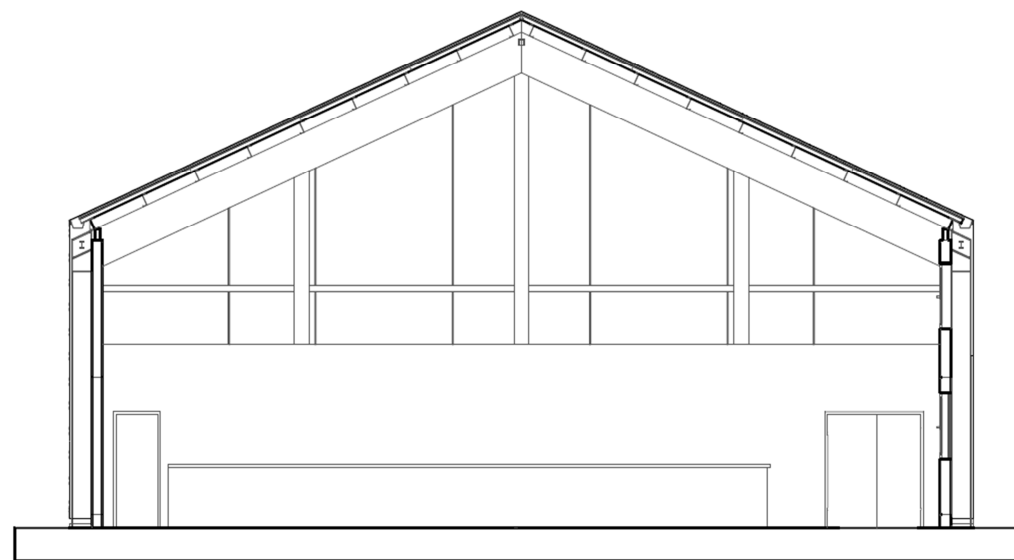


## ANEXO I : PLANOS

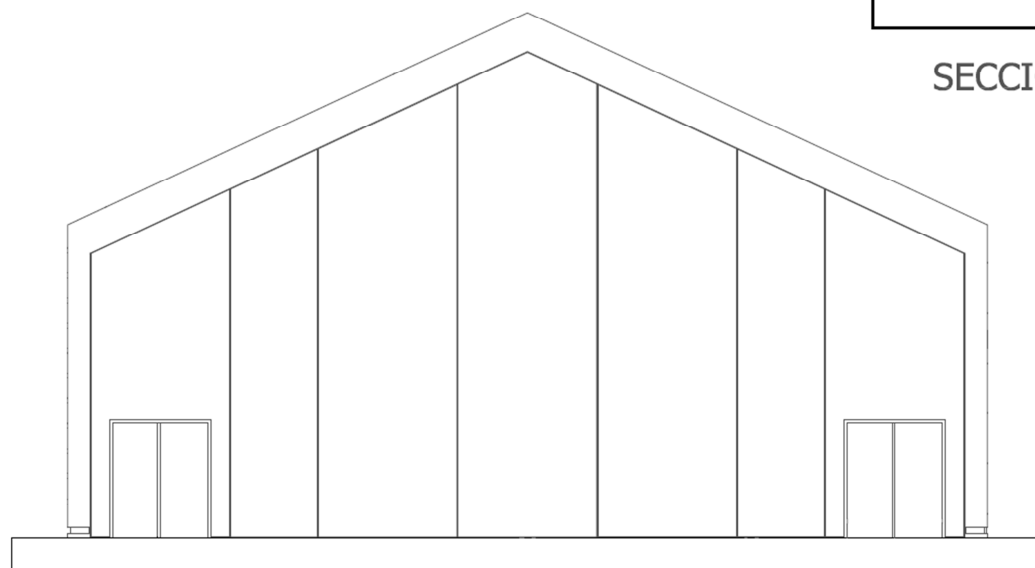




SECCIÓN LONGITUDINAL



SECCIÓN TRANSVERSAL

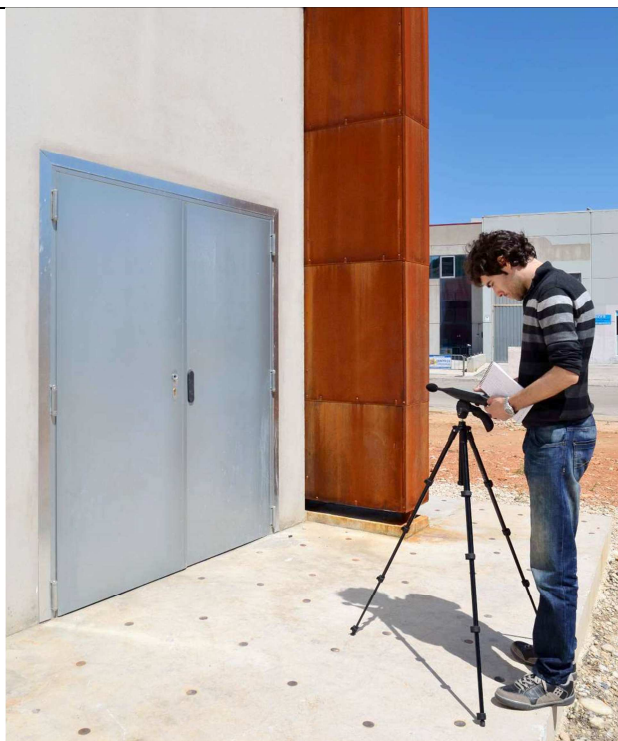


FACHADA

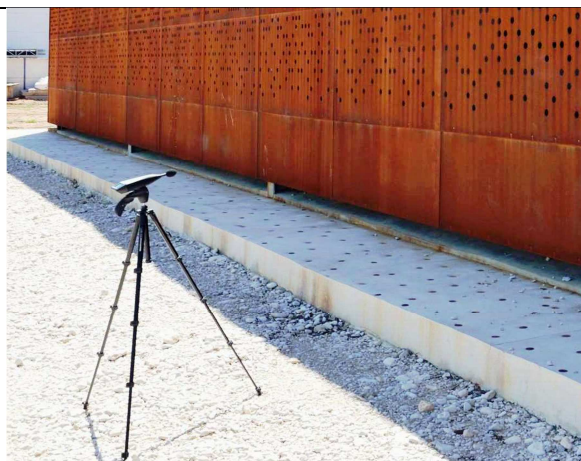
## ANEXO II: FOTOGRAFIAS



Mediciones y toma de datos (Fachada EA)



Mediciones y toma de datos (Fachada ED)



Mediciones y toma de datos (Fachada EC)



Sonómetro con trípode



Sistema electroacústico para celebraciones.

## ANEXO III: TRATAMIENTO DE DATOS Y CÁLCULOS

		EMISOR																	
L1 EA	frecuencias	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	medida1	86,7	89,4	92,1	89,3	90,6	91,3	91,1	90,7	90,8	91,5	91,1	90,1	90,8	93,8	92,9	87	87,1	79,6
	medida2	86,4	87	91,9	88,3	90	90,4	90,5	89,6	90	91	88,8	87,2	88,9	91,2	89,7	84,1	80,2	79,7
	medida3	86,1	88,8	92,2	90	91,4	91,2	91,6	91,1	91,8	92,1	91,5	90,7	93,6	96	96,2	92,3	90,4	86,2
	medida4	87,3	88	91,6	89,1	91	90,9	91	90,5	90,6	92	90,6	89,8	92,4	95,1	94	88	88,8	80,6
	medida5	86,8	87	90,8	88,8	90,9	90,5	90,4	89,9	90,3	90,9	90	88,2	90,8	92,7	92,5	86,4	85,3	80,7
	promedio	86,7	88,1	91,7	89,1	90,8	90,9	90,9	90,4	90,7	91,5	90,5	89,4	91,6	94,1	93,6	88,5	87,5	82,2

		RECEPTOR																	
L2 EA	frecuencias	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	medida1	55,3	59,8	61,5	55,1	58,8	49,7	51,4	51,1	50,2	50,6	48,1	45,1	45,3	46,3	47,5	38,6	37,8	32,3
	medida2	56,9	58,6	62	54,6	55,8	52,2	53,1	51,5	49,7	48,8	48,8	46,2	46	46,1	46,7	38,5	37,7	36
	medida3	56,5	56,9	62,1	56,2	58,1	52	54,7	50,9	50,1	49,1	47,3	47,1	45,5	46,4	47	40,1	37,3	32,5
	medida4	57	56,3	62,3	53,7	57,9	50,4	52,4	50,1	51,2	50	48	47,6	45,1	45,3	46,6	39,3	37,1	31,5
	medida5	57,1	59,2	62,6	55,6	56,8	51,4	51,5	51,3	50,2	48,3	47,6	48,1	46,3	47,7	46,8	39,1	39,6	32,8
	promedio	56,6	58,4	62,1	55,1	57,6	51,2	52,8	51,0	50,3	49,4	48,0	46,9	45,7	46,4	46,9	39,2	38,0	33,3

FONDO DET	53,7	50,7	50,8	45,0	44,6	41,0	41,2	40,1	40,2	40,0	36,4	33,6	36,3	36,4	34,8	29,2	28,7	27,5
Diferencia	3,0	7,7	11,3	10,1	13,0	10,2	11,6	10,9	10,1	9,4	11,6	13,3	9,3	10,0	12,1	10,0	9,3	5,9
corregido	55,3	57,5	62,1	55,1	57,6	51,2	52,8	51,0	50,3	49,4	48,0	46,9	45,7	46,4	46,9	39,2	37,5	32,0



		EMISOR																	
L1 EB	frecuencias	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	medida1	86	88,4	88,1	89,4	90,5	89,9	91,1	91,5	91,9	93,7	89,8	87,3	86,1	89,9	89,5	88,2	85,6	85,4
	medida2	88,2	89	90,3	92,6	89,6	92,4	92,3	91,4	92,4	93	94,1	91,6	93,2	96,2	92,7	89,4	88,1	83,2
	medida3	89,3	89,5	91,5	93,5	91,3	91,8	93,3	93,6	95,5	97,7	95,9	93,6	99,8	100,8	100,3	97,5	94,8	90,3
	medida4	86,9	89,2	89,7	92,3	90,5	91,7	90,4	92,6	94,6	95,3	93,3	90,6	92,5	94,5	91,2	88,5	87,2	84,8
	medida5	87	88,2	88,2	90,8	90,6	91,6	91,6	90	89,9	91,5	89,6	86,4	86,6	87,5	86,8	86,3	85,4	82,3
promedio		87,6	88,9	89,8	91,9	90,5	91,6	91,9	92,0	93,3	94,8	93,2	90,7	94,6	96,1	94,8	92,2	89,9	86,2

		RECEPTOR																	
L2 EB	frecuencias	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	medida1	58,9	61,8	60,4	58,4	54	53,4	53,6	53,3	53,4	49,7	50,1	47,1	47,8	48,1	48,6	42,8	41,2	36
	medida2	59,6	59	61,2	58,5	55,1	54,9	54,3	51,8	54,6	52,4	50,6	48,8	49,1	48,4	49,1	42,7	39,5	33,8
	medida3	59,9	61,8	61,1	58,4	56,1	53	52,1	50,9	51,8	51,8	49,5	47,9	46,5	47,5	48,2	43,6	40,1	34,7
	medida4	57,3	58,2	59,9	60,6	54,5	53,2	53,8	52,9	51,9	52,2	49,4	47,2	48,8	48,4	48,3	42,7	40,5	34,6
	medida5	60	59,6	58,8	57,7	52,8	54,7	52,8	51,9	50,8	51,8	50,7	46,6	46,9	46,2	48,2	42,3	41,1	35,7
promedio		59,2	60,3	60,4	58,8	54,6	53,9	53,4	52,2	52,7	51,7	50,1	47,6	47,9	47,8	48,5	42,8	40,5	35,0
FONDO LAT		55,7	51,2	49,9	45,0	43,0	38,5	38,5	38,4	39,4	40,2	40,0	36,4	34,4	31,6	29,2	29,2	28,3	29,3
Diferencia		3,5	9,1	10,5	13,9	11,6	15,4	14,8	13,9	13,3	11,5	10,1	11,2	13,5	16,2	19,3	13,6	12,2	5,8
corregido		57,9	59,7	60,4	58,8	54,6	53,9	53,4	52,2	52,7	51,7	50,1	47,6	47,9	47,8	48,5	42,8	40,5	33,7

EMISOR																			
L1 EC	frecuencias	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	medida1	84,7	87,6	86,2	89,8	88,1	92,9	90,6	90,2	90,6	89,5	87,7	83,6	83	86	86,1	85,6	83,9	80
	medida2	86,3	88,3	88,1	93,4	90,3	90,5	92,6	89,3	91,7	91,1	89,7	87,2	88,9	92,1	89	86,2	83,1	81,4
	medida3	88,3	88,1	89	93,6	90,3	91,8	91,5	91,7	92,7	94,2	94,1	92,4	96,1	99	98,2	94,9	92,9	88
	medida4	89,3	88,9	88,8	91,2	89,3	92,4	92,3	91,7	92,3	93,4	92,2	90,7	93,3	96,1	94,2	89,1	88,8	83,3
	medida5	89,1	92,5	89,1	92,7	90,9	92,7	91,8	91,8	91,1	92,3	89,8	86,6	87,3	88,7	87,6	84,9	83,5	82,6
promedio		87,9	89,5	88,4	92,4	89,9	92,1	91,8	91,1	91,7	92,4	91,3	89,2	91,9	94,7	93,4	90,0	88,3	84,0

RECEPTOR																			
L2 EC	frecuencias	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	medida1	58,2	59,5	63,1	66,4	60	58	57,3	54,9	54,7	59,6	60,8	57	56,2	57,9	54,2	49	44,7	38,6
	medida2	56,4	59,2	64,1	65	62	59,5	58,3	55,6	56,3	66,5	63,6	55,5	56,3	58,7	53,6	48,6	44,8	39,3
	medida3	55,6	59,5	63,3	67,8	60,4	59,1	58,1	54,8	55,8	67,4	63,9	57,2	56,2	61,5	53,9	48,1	45,1	39,2
	medida4	55,8	61,1	63,5	65,5	61	58,3	57,6	56,9	58	65	63,3	56,3	56,6	58,6	52,6	49	44,5	38,7
	medida5	56	61,1	63,7	65,7	61,6	58,1	56,5	57,3	58,4	64,4	64	58,2	58,8	62	52,9	47,8	44,7	39,5
promedio		56,5	60,2	63,6	66,2	61,1	58,6	57,6	56,0	56,9	65,3	63,3	56,9	56,9	60,1	53,5	48,5	44,8	39,1
FONDO DEL		54,9	55,8	51,6	46,5	46,8	45,8	42,7	40,1	42,0	43,1	43,3	38,7	35,1	33,9	30,4	29,5	30,2	23,6
Diferencia		1,7	4,4	12,0	19,7	14,3	12,8	14,9	16,0	14,8	22,2	20,0	18,2	21,9	26,2	23,1	19,0	14,5	15,5
corregido		55,2	58,9	63,6	66,2	61,1	58,6	57,6	56,0	56,9	65,3	63,3	56,9	56,9	60,1	53,5	48,5	44,8	39,1

EMISOR																			
L1 ED	frecuencias	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	medida1	94,7	95,3	93	94,6	92,6	90,4	91,7	93,8	97,6	97,1	93,5	96	95,3	98,5	95,9	93	92,4	88,7
	medida2	91,9	90,1	86,4	89,7	92,8	96,9	93,9	94,9	97,8	96,6	95,9	94,8	99	102,1	100,8	98,9	96,3	90,1
	medida3	88,6	85,1	90,3	94,7	95,5	91,6	96,6	92,3	94,3	96,8	95,1	93,8	96,4	100,1	96,5	91,4	90,2	85,5
	medida4	86,4	85,3	93,6	95,5	94,5	91,6	95,7	89,9	94,3	94,8	91,6	90,6	92,5	96,1	92,8	88,8	88	82
	medida5	84,9	86,7	92,1	95,2	89	94,6	93,9	93	91,7	91,9	89,6	87,9	88,2	90,8	88,6	88,9	85,8	84,3
	promedio	90,8	90,4	91,7	94,4	93,4	93,7	94,7	93,1	95,7	95,8	93,7	93,5	95,6	98,9	96,6	94,0	92,1	87,1

RECEPTOR																			
L2 ED	frecuencias	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	medida1	67,3	70,7	64,1	61,2	61,2	59,9	62	62,7	64,5	65,1	61,3	62,6	67,6	72,8	63,1	59	61,3	59,4
	medida2	69,2	71,6	64,8	59,2	61,5	61,5	62,6	64,4	62,8	63,4	65	62,7	68,7	71,5	64,6	63	57,9	58
	medida3	68,9	69,1	62,5	58,5	61,7	66,4	66,7	61,5	62,3	68,5	63,6	66,4	68,9	73,8	65,8	62,9	62,6	59,5
	medida4	68	67,4	61,6	58,3	61,3	65,5	64,9	61,4	63	60,9	63,7	58,9	66,5	66,4	63,4	58,6	57,1	52,3
	medida5	65,7	65,1	60,9	59,7	60,6	62,4	61,6	62,5	59,5	60,8	60,1	61,1	61,4	64	62,4	57,1	52,9	50,3
	promedio	68,0	69,4	63,0	59,5	61,3	63,8	64,0	62,6	62,7	64,8	63,1	63,1	67,3	71,1	64,0	60,8	59,5	57,3

FONDO LAT	55,7	51,2	49,9	45,0	43,0	38,5	38,5	38,4	39,4	40,2	40,0	36,4	34,4	31,6	29,2	29,2	28,3	29,3
Diferencia	12,2	18,1	13,2	14,6	18,3	25,3	25,5	24,3	23,3	24,5	23,1	26,6	32,9	39,5	34,8	31,5	31,2	28,0
corregido	68,0	69,4	63,0	59,5	61,3	63,8	64,0	62,6	62,7	64,8	63,1	63,1	67,3	71,1	64,0	60,8	59,5	57,3

FONDO INTERIOR																			
FONDO INTERIOR	frecuencias	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
	medida1	53	38,3	38,5	39,4	36,2	36,3	35,1	32,3	33,9	31,4	31,7	32,2	29,9	28,5	23	19,4	17	16,6
	medida2	52,1	42,8	39,5	40,3	37	37	33,6	31,2	30,9	30,2	30,9	28,8	25,3	24,4	21,4	17,9	16,4	13,5
	medida3	48,7	41,9	40	41	36	35,5	32,6	31,9	32,7	30,2	29,9	28,2	25,2	23,9	22	18,6	16,9	15,2
	medida4	45,3	42,4	39,4	39,6	36,2	40,6	34,3	31,6	30,7	29,8	29,4	29,7	26,7	25,3	23,3	25,8	18,7	18,7
	medida5	44,4	40,4	38,2	38,5	34,7	37,1	32	30,8	30,4	29,5	32,8	33,8	27	25,1	22,3	19,3	17,5	17,2
	medida6	47,1	39,1	36,9	37,4	34,2	33,8	32,6	31,8	32	32,2	29,5	27,6	24,9	24,1	21,4	22,6	16,2	17,9
	medida7	42,6	40,4	40,6	41	37	36,5	34,1	32,6	29,7	29,8	30,9	28,6	23,9	23,5	21,9	20,4	19,7	17,1
	medida8	46,5	43,4	42,4	37,8	35,6	34,7	32,3	31,4	29,7	27,8	27,5	28	24,1	22,8	19,2	17,7	13,6	12,7
	medida9	46	39,3	37,7	38,4	36,2	36,6	32,8	36,8	28,5	27,9	28,6	27,6	24,4	23,5	21,3	19,4	17,5	15,5
	medida10	52,8	45,1	38,2	39	36,4	40,3	33,6	31,8	33,4	30,1	30,4	30,2	27,8	25,5	23,8	22,1	21,4	19,9
	medida11	53,2	43,9	39,6	39,8	36,9	43,7	33,8	33,6	34,8	30	28,4	27,9	25,3	23,2	20,8	18	16,5	14,8
	medida12	46,1	40,7	39,7	39,8	36,7	37,4	32,5	31,4	34,1	33,1	33,5	31,9	28,1	26,6	24,9	23,8	22,6	20,2
	medida13	42,2	36,5	36,2	37,4	36,1	34,7	28,9	27,4	25,9	25,7	28,8	27,1	25,4	23,1	20,7	19,3	19	17,3
	medida14	47,1	43,1	37,6	35,8	31,6	30,1	30	30,9	34,4	31,1	31,6	31,6	27,8	25,9	24,3	22,6	31,7	18,8
	medida15	40,9	36,2	47,8	37	33,9	34,6	30,3	32,6	34,3	34,1	37,2	33,6	31,3	30,1	30,5	28	27,3	25,5
	promedio	59,9	53,2	52,3	50,5	47,3	49,4	44,1	43,8	43,7	42,1	43,0	41,7	38,2	36,8	35,3	33,8	34,6	30,3

T10																		
Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
P1	2,34	2,24	2,39	2,04	2,11	1,50	1,48	1,67	1,55	1,42	1,38	1,75	1,52	1,50	1,22	1,15	1,12	0,80
P2	2,20	3,06	1,90	1,62	1,50	1,63	1,79	1,86	1,65	1,72	1,66	1,98	1,79	1,18	1,65	1,36	1,29	1,23
P3	1,90	2,61	2,02	1,95	2,12	2,14	1,81	1,41	1,46	1,67	1,56	1,16	1,57	1,34	1,27	1,20	1,08	0,79
P4	2,38	2,64	1,85	2,29	1,24	1,84	1,84	1,84	1,91	1,46	1,45	1,35	1,45	1,38	1,30	1,22	1,14	0,93
P5	1,68	3,19	2,21	1,60	1,88	1,51	1,34	1,69	1,56	1,49	1,90	1,71	1,49	1,46	1,27	1,15	1,11	1,04
P6	2,56	2,90	2,14	2,33	1,68	1,91	1,74	1,55	1,80	1,36	1,34	1,38	1,46	1,39	1,38	1,17	1,01	0,86
P7	1,84	3,93	1,66	1,81	1,84	1,47	1,36	1,27	1,57	1,67	1,32	1,20	1,68	1,55	1,25	1,13	1,10	0,95
P8	1,85	2,29	2,35	1,19	1,24	1,51	1,69	1,60	1,39	1,44	1,36	1,65	1,66	1,44	1,47	1,16	1,21	1,01
P9	1,93	2,32	2,03	1,58	1,58	1,58	1,68	1,65	1,49	1,55	1,66	1,37	1,43	1,54	1,30	1,10	1,08	0,87
P10	2,10	3,11	2,13	2,33	2,29	2,23	1,74	1,71	1,34	1,35	1,49	1,47	1,49	1,53	1,26	1,14	1,16	0,99
P11	1,52	2,67	2,24	2,61	1,45	1,94	1,47	1,48	1,72	1,51	1,40	1,36	1,48	1,63	1,19	1,20	1,10	0,84
P12	1,64	2,75	2,46	1,91	1,59	1,36	2,08	1,55	1,54	1,41	1,45	1,32	1,23	1,36	1,07	1,14	1,14	1,01
P13	2,21	3,03	1,84	1,75	1,72	1,69	1,92	1,36	1,27	1,50	1,74	1,54	1,41	1,46	1,09	1,14	1,05	1,01
P14	1,69	2,20	1,97	1,34	1,84	2,11	1,57	1,64	1,58	1,31	1,56	1,43	1,34	1,51	1,10	1,11	1,06	1,02
P15	2,56	3,05	1,99	2,42	2,23	1,82	2,02	1,61	1,58	1,41	1,39	1,34	1,24	1,28	1,26	1,16	1,15	1,03
P16	1,80	2,00	2,18	1,40	1,75	1,51	1,50	1,07	1,51	1,60	1,62	1,57	1,46	1,68	1,31	1,33	1,16	1,25
P17	2,01	1,93	2,56	2,12	1,55	1,59	1,76	1,49	1,63	1,43	1,60	1,90	1,62	1,47	1,29	1,18	1,14	1,28
P18	1,60	1,85	2,03	1,63	1,58	1,78	1,53	1,31	1,54	1,59	1,60	1,56	1,63	1,56	1,34	1,28	1,21	1,21
P19	1,69	2,70	2,43	2,12	1,87	1,84	1,47	1,55	1,47	1,46	1,54	1,38	1,41	1,68	1,52	1,27	1,12	1,23
P20	2,43	2,07	2,52	1,60	2,10	1,66	1,54	1,15	1,51	1,58	1,45	1,52	1,74	1,44	1,42	1,31	1,08	1,05
P21	1,95	2,37	2,08	2,20	2,05	2,32	1,35	2,07	1,32	1,30	1,39	1,40	1,48	1,44	1,32	1,28	1,27	1,41
P22	1,88	2,14	2,02	1,90	1,87	1,78	1,84	1,59	1,08	1,68	1,46	1,36	1,61	1,39	1,24	1,19	1,10	1,20
P23	2,30	2,23	2,21	1,98	1,88	1,91	1,81	1,48	1,41	1,17	1,44	1,51	1,40	1,41	1,39	1,15	0,97	1,06
promedio	2,00	2,58	2,14	1,90	1,78	1,77	1,67	1,55	1,52	1,48	1,51	1,49	1,50	1,46	1,30	1,20	1,12	1,05

Trmid 1,53

T20																				
Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Trmid	
P1	1,84	1,81	2,00	1,88	1,86	1,79	1,59	1,65	1,55	1,53	1,63	1,64	1,51	1,56	1,29	1,19	1,12	1,03	1,6365	
P2	2,14	2,17	2,13	1,79	1,54	1,54	1,76	1,68	1,80	1,48	1,45	1,20	1,45	1,38	1,31	1,18	1,09	0,99	1,565	
P3	1,88	1,75	2,16	1,95	1,92	2,17	1,61	1,42	1,56	1,52	1,57	1,44	1,66	1,56	1,34	1,26	1,09	1,06	1,494	
P4	2,08	2,76	2,18	1,97	1,62	1,90	1,71	1,53	1,71	1,45	1,52	1,46	1,49	1,44	1,33	1,26	1,12	1,05	1,526	
P5	1,64	2,19	1,90	1,61	1,72	1,36	1,45	1,57	1,58	1,53	1,44	1,31	1,49	1,37	1,25	1,15	1,06	0,96	1,503	
P6	2,06	2,58	2,16	2,22	1,77	1,74	1,78	1,67	1,64	1,47	1,40	1,37	1,49	1,62	1,39	1,30	1,09	1,04	1,5345	
P7	2,30	3,09	1,95	1,84	1,72	1,30	1,53	1,47	1,57	1,70	1,54	1,40	1,52	1,55	1,31	1,28	1,14	0,98	1,5035	
P8	1,99	2,57	2,18	1,72	1,40	1,51	1,60	1,56	1,57	1,57	1,48	1,47	1,50	1,41	1,30	1,19	1,18	1,07	1,523	
P9	1,82	2,24	2,03	2,02	1,68	1,61	1,55	1,60	1,51	1,59	1,56	1,46	1,47	1,49	1,35	1,28	1,17	1,01	1,5775	
P10	1,64	2,85	2,14	2,08	2,03	1,74	1,74	1,66	1,57	1,47	1,48	1,39	1,49	1,49	1,36	1,26	1,18	1,05	1,5735	
P11	1,69	2,74	2,07	2,00	1,48	1,92	1,54	1,51	1,52	1,55	1,57	1,39	1,54	1,48	1,27	1,22	1,12	1,01	1,5405	
P12	1,47	2,53	2,15	2,09	1,74	1,67	1,79	1,67	1,46	1,39	1,44	1,43	1,74	1,45	1,29	1,23	1,10	1,10	1,555	
P13	1,66	2,65	1,92	1,77	1,95	1,84	1,70	1,43	1,52	1,51	1,66	1,46	1,42	1,47	1,20	1,24	1,18	1,03	1,5465	
P14	2,10	2,48	1,96	1,68	1,71	2,04	1,78	1,78	1,57	1,41	1,56	1,53	1,49	1,48	1,30	1,28	1,15	1,01	1,668	
P15	1,94	3,14	2,08	1,93	1,82	1,58	1,85	1,45	1,44	1,52	1,51	1,40	1,42	1,55	1,27	1,26	1,15	1,09	1,4795	
P16	2,34	2,23	2,14	2,00	1,61	1,64	1,73	1,51	1,55	1,50	1,46	1,48	1,49	1,64	1,45	1,40	1,31	1,25	1,483	
P17	1,59	1,90	2,02	1,70	1,70	1,80	1,51	1,57	1,56	1,41	1,54	1,64	1,58	1,45	1,36	1,30	1,21	1,30	1,555	
P18	2,14	2,31	1,94	1,55	2,20	1,67	1,47	1,55	1,37	1,48	1,51	1,49	1,64	1,67	1,52	1,30	1,19	1,19	1,528	
P19	1,91	2,40	2,31	1,85	1,62	1,85	1,51	1,62	1,46	1,66	1,60	1,50	1,52	1,65	1,58	1,55	1,37	1,20	1,6095	
P20	1,95	2,44	2,46	1,62	1,83	1,95	1,78	1,49	1,49	1,51	1,44	1,56	1,55	1,51	1,37	1,30	1,14	1,11	1,465	
P21	2,07	1,94	1,81	1,85	1,92	1,92	1,61	1,65	1,47	1,41	1,48	1,54	1,49	1,49	1,28	1,34	1,07	1,17	1,5645	
P22	1,86	2,15	2,19	2,14	1,71	1,59	1,67	1,44	1,46	1,55	1,60	1,57	1,64	1,49	1,22	1,11	1,01	1,03	1,52	
P23	1,93	2,07	2,42	1,97	1,74	1,68	1,94	1,59	1,57	1,47	1,48	1,45	1,42	1,59	1,39	1,31	1,13	1,10	1,533	
promedio	1,91	2,39	2,10	1,88	1,75	1,73	1,66	1,57	1,54	1,51	1,52	1,46	1,52	1,51	1,33	1,27	1,15	1,08	Trmid	1,54

T30																		
Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
P1	1,57	2,23	1,95	1,97	1,95	1,88	1,73	1,59	1,50	1,45	1,61	1,59	1,57	1,59	1,32	1,32	1,12	1,04
P2	2,01	2,03	2,21	1,83	1,75	1,68	1,72	1,57	1,70	1,52	1,48	1,38	1,48	1,43	1,31	1,09	1,12	0,97
P3	1,83	1,84	2,11	2,01	1,98	2,08	1,66	1,44	1,61	1,53	1,57	1,52	1,61	1,58	1,45	1,32	1,12	1,08
P4	1,91	2,83	2,17	1,96	1,77	1,85	1,60	1,52	1,67	1,44	1,53	1,56	1,52	1,52	1,36	1,28	1,17	1,08
P5	1,97	2,46	2,00	1,70	1,73	1,77	1,55	1,55	1,47	1,53	1,48	1,40	1,53	1,46	1,25	1,15	1,02	0,99
P6	1,90	2,24	2,21	2,06	1,88	1,77	1,71	1,64	1,53	1,46	1,39	1,36	1,61	1,71	1,38	1,35	1,13	1,06
P7	1,96	2,78	1,97	1,81	1,84	1,57	1,63	1,56	1,66	1,63	1,58	1,39	1,55	1,63	1,28	1,32	1,20	1,01
P8	1,86	2,21	2,01	2,01	1,26	1,61	1,65	1,56	1,71	1,54	1,50	1,48	1,58	1,31	1,31	1,30	1,18	1,09
P9	1,70	2,13	1,98	1,99	1,79	1,82	1,69	1,51	1,46	1,58	1,62	1,44	1,49	1,57	1,37	1,29	1,24	1,05
P10	1,80	2,74	2,07	2,05	2,02	1,73	1,77	1,66	1,68	1,62	1,47	1,41	1,54	1,56	1,45	1,27	1,18	1,07
P11	1,97	2,44	2,02	1,97	1,68	1,90	1,68	1,70	1,57	1,61	1,53	1,43	1,53	1,57	1,38	1,24	1,16	1,05
P12	1,47	2,21	2,19	1,89	1,55	1,78	1,80	1,62	1,43	1,40	1,41	1,51	1,71	1,38	1,38	1,29	1,15	1,12
P13	1,64	2,54	1,99	1,77	1,83	1,94	1,78	1,38	1,69	1,55	1,69	1,50	1,57	1,51	1,27	1,33	1,23	1,07
P14	1,98	2,02	1,95	1,83	1,67	1,90	1,75	1,84	1,50	1,51	1,62	1,61	1,44	1,53	1,38	1,35	1,19	1,07
P15	2,00	3,04	1,89	1,90	1,77	1,70	1,89	1,39	1,35	1,52	1,47	1,45	1,56	1,60	1,35	1,32	1,13	1,12
P16	2,16	2,15	2,19	2,00	1,95	1,62	1,76	1,60	1,59	1,56	1,42	1,48	1,66	1,62	1,44	1,44	1,29	1,29
P17	1,65	1,92	2,07	1,84	1,65	1,76	1,55	1,49	1,48	1,44	1,58	1,61	1,56	1,55	1,42	1,36	1,22	1,17
P18	1,99	2,14	1,80	1,63	1,98	1,71	1,62	1,60	1,39	1,55	1,58	1,49	1,67	1,68	1,47	1,42	1,19	1,21
P19	1,59	2,21	2,14	1,92	1,90	1,77	1,54	1,52	1,61	1,62	1,58	1,49	1,60	1,67	1,60	1,52	1,41	1,20
P20	1,90	2,39	2,34	1,71	1,88	1,86	1,77	1,61	1,60	1,59	1,48	1,62	1,61	1,62	1,34	1,35	1,21	1,15
P21	2,18	1,95	1,77	1,81	1,83	1,94	1,72	1,55	1,37	1,39	1,51	1,55	1,52	1,56	1,33	1,42	1,09	1,19
P22	1,84	2,06	2,23	2,01	1,75	1,67	1,62	1,33	1,62	1,55	1,68	1,60	1,63	1,60	1,23	1,15	1,01	1,07
P23	1,99	2,25	2,80	2,00	1,87	1,52	1,70	1,63	1,69	1,51	1,55	1,51	1,40	1,70	1,38	1,36	1,15	1,10
promedio	1,86	2,30	2,09	1,90	1,79	1,78	1,69	1,56	1,56	1,53	1,54	1,49	1,56	1,56	1,37	1,31	1,17	1,10

Trmid 1,55



EDT																			Tr mid
Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
P1	2,72	2,21	2,11	2,05	1,72	1,97	1,49	1,24	1,32	1,53	1,67	1,46	1,50	1,33	1,24	1,29	1,11	1,06	1,45
P2	1,44	1,73	1,83	1,23	1,83	1,86	1,37	1,60	1,10	1,78	2,66	0,03	0,81	0,01	0,01	1,14	0,02	0,99	2,13
P3	1,70	2,61	1,89	1,58	1,67	1,46	1,52	1,73	1,65	1,42	1,48	1,35	1,28	1,46	1,28	1,08	1,21	1,14	1,60
P4	1,83	2,13	2,17	1,55	2,03	1,60	1,36	1,25	1,27	1,61	1,68	1,76	1,67	1,45	1,40	1,33	0,99	1,17	1,47
P5	2,53	1,31	1,19	1,52	1,69	1,64	1,29	1,44	1,34	1,85	2,19	0,99	1,36	1,41	1,07	1,29	1,39	0,92	1,81
P6	1,97	1,54	2,07	1,60	1,88	1,84	1,52	1,51	1,62	1,45	1,49	1,54	1,53	1,35	1,27	1,19	1,04	0,97	1,50
P7	1,99	2,01	1,73	1,92	1,84	1,34	1,54	1,41	1,06	1,24	1,19	1,32	1,43	1,51	1,26	1,24	1,02	0,43	1,30
P8	1,83	1,86	1,83	1,63	2,00	1,52	1,69	1,32	1,18	1,39	1,21	1,53	1,53	1,39	1,52	1,17	1,23	1,06	1,26
P9	1,66	1,62	2,06	2,03	2,02	1,58	1,46	1,61	1,50	1,30	1,26	1,31	1,54	1,46	1,34	1,22	1,01	0,99	1,43
P10	2,56	2,47	1,97	2,24	1,68	2,12	1,66	1,54	1,71	1,28	1,61	1,41	1,40	1,35	1,14	1,06	0,96	1,04	1,58
P11	1,85	1,87	1,92	1,39	1,59	1,90	1,76	1,63	1,41	1,46	1,38	1,88	1,34	1,50	1,09	1,10	0,88	1,13	1,50
P12	2,20	1,91	2,53	1,60	2,15	1,77	1,80	1,64	1,35	1,50	1,16	1,20	1,51	1,40	1,02	1,06	0,94	1,11	1,40
P13	2,64	2,95	2,80	1,73	1,91	1,50	1,87	1,46	1,54	1,49	1,42	1,34	1,40	1,39	1,22	1,21	1,06	1,04	1,44
P14	1,00	2,33	1,56	1,36	1,48	1,35	1,58	1,35	1,45	1,49	1,54	1,24	1,32	1,35	1,03	1,11	1,09	0,98	1,45
P15	2,77	2,52	2,47	2,01	2,20	2,21	1,45	1,60	1,64	1,34	1,32	1,35	1,27	1,15	1,07	0,96	0,79	0,94	1,46
P16	1,19	2,89	2,52	2,66	1,92	1,87	1,72	1,16	1,39	1,36	1,33	1,56	1,75	1,40	1,44	1,35	1,18	1,17	1,25
P17	1,67	1,74	2,31	2,61	2,17	1,80	2,05	1,41	1,45	1,67	1,74	1,56	1,79	1,91	1,34	1,24	1,13	1,19	1,58
P18	1,79	2,07	2,00	2,11	2,24	1,88	2,03	1,22	1,43	1,74	1,82	1,92	1,49	1,35	1,16	1,30	1,18	1,35	1,52
P19	1,68	1,86	1,88	2,08	2,47	2,05	1,63	1,06	1,43	1,85	1,50	1,36	1,77	1,46	1,50	1,31	1,10	0,96	1,28
P20	2,46	2,22	2,36	2,07	1,73	1,60	1,44	0,89	1,18	1,34	1,25	1,34	1,66	1,35	1,35	1,31	1,08	1,04	1,07
P21	2,85	3,64	2,14	1,53	2,92	2,63	1,52	1,77	1,33	1,52	1,46	1,66	1,74	1,78	1,75	1,56	1,20	1,50	1,61
P22	2,39	1,95	1,73	0,72	2,15	1,95	1,43	1,38	1,43	1,91	1,50	0,99	1,65	1,35	1,62	1,70	1,44	1,66	1,44
P23	2,98	2,57	2,62	1,69	1,74	1,80	1,44	1,09	1,18	1,58	1,49	1,34	1,62	1,34	1,14	1,16	1,06	1,11	1,29
promedio	2,07	2,17	2,07	1,78	1,96	1,79	1,59	1,40	1,39	1,53	1,54	1,37	1,49	1,37	1,23	1,23	1,05	1,09	

	C80																			
Frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	Mid	
P1	-0,03	-1,57	1,82	2,67	3,54	1,79	0,96	2,81	2,09	3,90	2,29	1,88	-1,33	-0,78	0,68	4,33	7,64	3,36	2,63	
P2	0,04	2,13	3,57	2,31	-1,14	1,66	3,47	5,79	8,30	6,49	9,33	13,07	11,53	15,23	15,38	11,87	14,15	11,84	12,07	
P3	4,00	1,44	2,54	3,75	3,06	2,01	0,87	-0,94	-1,73	3,27	4,90	4,67	-1,46	-0,12	3,39	5,17	5,04	1,53	2,30	
P4	5,94	-1,43	1,38	-0,06	2,70	2,24	3,10	0,40	1,45	1,44	1,35	2,18	2,49	0,70	1,78	5,26	7,33	6,57	2,48	
P5	-0,18	1,38	3,94	0,19	-0,10	-0,99	1,43	0,30	1,83	4,48	8,44	10,83	5,45	9,94	9,59	6,26	6,56	7,68	7,27	
P6	4,95	3,10	1,13	2,37	0,20	1,82	2,35	0,73	0,03	0,92	4,57	4,90	1,55	0,57	1,62	2,75	5,77	7,28	2,89	
P7	2,67	1,13	-2,34	3,11	0,15	2,82	2,99	0,91	1,45	1,06	1,06	1,00	7,19	1,30	3,94	3,39	5,84	10,63	2,32	
P8	-2,83	3,57	2,14	0,71	-1,25	-0,48	2,45	1,36	2,16	2,44	4,20	7,35	7,98	5,41	7,69	5,16	6,68	6,88	4,82	
P9	-0,40	2,40	2,27	-1,05	0,85	2,57	3,16	1,88	2,21	3,27	5,18	5,60	4,42	3,14	3,25	4,55	3,81	4,33	3,63	
P10	-2,46	2,96	-1,12	3,85	2,94	1,26	1,54	-0,69	1,58	1,34	1,84	0,26	3,03	3,47	3,67	4,03	4,45	6,28	2,68	
P11	-0,21	-3,18	3,12	0,23	-1,65	0,56	-2,01	1,73	4,76	0,27	0,64	1,50	8,09	7,53	4,99	5,02	5,93	4,61	4,54	
P12	-0,45	1,01	-0,68	0,71	-0,60	-1,05	2,31	-3,40	0,36	1,27	3,94	3,74	2,73	3,22	4,82	4,00	5,50	5,91	2,98	
P13	-1,25	-0,93	0,54	1,51	1,47	-0,49	1,12	-0,04	0,57	3,41	1,48	0,31	0,47	2,25	2,79	4,40	4,70	8,03	2,33	
P14	4,31	0,23	4,47	0,81	2,04	4,01	3,02	0,82	0,68	2,26	0,23	1,28	4,07	6,91	4,74	4,16	4,36	7,18	3,69	
P15	0,64	2,33	-1,31	-0,76	2,39	0,50	-0,56	-0,78	-0,17	3,40	1,97	2,28	2,23	2,92	4,34	5,77	6,34	7,76	2,98	
P16	-0,73	-2,32	-1,08	2,40	2,23	-1,06	1,16	0,82	0,66	-3,97	-4,80	-4,35	-4,51	-2,45	-2,39	-3,08	-2,81	-2,51	-2,64	
P17	5,33	0,88	4,74	-0,05	-1,69	-0,65	-0,66	2,67	-1,10	1,57	-0,24	1,64	-1,71	-0,94	-0,14	-0,10	0,46	-1,43	0,13	
P18	3,85	3,39	1,93	-2,68	2,09	-0,13	-0,76	0,96	-0,45	0,48	-0,95	-0,54	0,54	1,39	0,83	0,29	-0,73	-1,77	0,21	
P19	-0,37	-4,74	-0,49	1,99	2,92	1,07	-2,36	2,06	0,45	-0,14	-2,49	-3,50	-2,73	-2,15	-2,49	-3,17	-2,09	-3,98	-1,59	
P20	-1,94	0,18	-1,31	0,27	0,53	2,24	4,27	4,81	2,83	3,10	-1,41	-1,56	-2,15	1,18	0,43	-0,76	0,57	-1,00	0,92	
P21	5,27	5,01	4,32	8,70	7,13	7,47	7,09	4,65	1,36	3,76	7,27	8,73	5,06	5,80	9,55	8,75	10,82	9,82	7,25	
P22	5,58	5,76	6,39	9,48	7,65	6,23	3,50	3,67	3,66	7,05	9,16	11,03	0,76	3,13	8,29	8,60	9,32	7,79	6,27	
P23	2,22	1,99	1,46	-1,66	-2,51	-0,16	2,70	4,51	1,65	-1,84	-1,70	-0,38	-2,38	0,62	1,63	0,09	0,67	0,10	0,64	
promedio	1,48	1,07	1,63	1,69	1,43	1,45	1,79	1,52	1,51	2,14	2,45	3,13	2,23	2,97	3,84	3,77	4,80	4,65	3,08	

D50							
Frecuencia	125	250	500	1000	2000	4000	Mid
P1	0,31	0,50	0,44	0,59	0,37	0,74	0,53
P2	0,50	0,50	0,76	0,90	0,96	0,95	0,91
P3	0,48	0,56	0,42	0,66	0,46	0,67	0,56
P4	0,49	0,49	0,41	0,48	0,51	0,74	0,55
P5	0,49	0,43	0,43	0,84	0,87	0,78	0,77
P6	0,53	0,47	0,39	0,61	0,45	0,64	0,53
P7	0,37	0,50	0,46	0,46	0,62	0,73	0,58
P8	0,48	0,40	0,50	0,64	0,78	0,74	0,69
P9	0,41	0,42	0,44	0,64	0,57	0,57	0,57
P10	0,41	0,52	0,43	0,46	0,59	0,63	0,54
P11	0,17	0,38	0,46	0,49	0,76	0,69	0,63
P12	0,34	0,40	0,44	0,55	0,59	0,60	0,56
P13	0,45	0,47	0,43	0,53	0,51	0,67	0,54
P14	0,26	0,41	0,40	0,48	0,70	0,62	0,58
P15	0,38	0,37	0,41	0,54	0,56	0,69	0,57
P16	0,33	0,50	0,47	0,22	0,21	0,21	0,25
P17	0,60	0,42	0,48	0,47	0,33	0,34	0,39
P18	0,58	0,41	0,41	0,40	0,43	0,33	0,39
P19	0,37	0,53	0,38	0,32	0,26	0,17	0,27
P20	0,33	0,54	0,65	0,48	0,43	0,37	0,46
P21	0,72	0,83	0,68	0,76	0,81	0,89	0,80
P22	0,77	0,84	0,67	0,86	0,75	0,85	0,79
P23	0,49	0,33	0,57	0,35	0,42	0,33	0,40
promedio	0,45	0,49	0,48	0,55	0,56	0,61	0,56

RASTI	
P1	0,63 fair
P2	0,81 excelent
P3	0,72 good
P4	0,54 fair
P5	0,67 good
P6	0,51 fair
P7	0,57 fair
P8	0,63 good
P9	0,56 fair
P10	0,55 fair
P11	0,63 good
P12	0,55 fair
P13	0,53 fair
P14	0,61 good
P15	0,56 fair
P16	0,52 fair
P17	0,46 fair
P18	0,5 fair
P19	0,48 fair
P20	0,57 fair
P21	0,7 good
P22	0,66 good
P23	0,53 fair
Mid	0,59

	Calidez (BR)	Bright (Br)
P1	1,12	0,82
P2	1,18	0,79
P3	1,23	0,89
P4	1,43	0,84
P5	1,30	0,81
P6	1,42	0,88
P7	1,60	0,90
P8	1,30	0,85
P9	1,24	0,84
P10	1,55	0,85
P11	1,37	0,84
P12	1,37	0,82
P13	1,49	0,86
P14	1,26	0,79
P15	1,68	0,91
P16	1,29	0,99
P17	1,16	0,85
P18	1,48	0,93
P19	1,25	0,94
P20	1,46	0,91
P21	1,23	0,82
P22	1,27	0,82
P23	1,24	0,89
Mid	1,34	0,86