

---

# ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA DE REFORMA ACÚSTICA DEL EDIFICIO “UNIÓ MUSICAL XERACO”

26 may. 16

---



AUTOR:

**SALVADOR GEA PÉREZ**

TUTOR ACADÉMICO:

**VICENTE GÓMEZ LÓZANO.** DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA.



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR  
ENGINYERIA  
D'EDIFICACIÓ

---

ETS d'Enginyeria d'Edificació  
Universitat Politècnica de València

## Resumen

Se efectúa un análisis del estado actual del edificio "Unió Musical Xeraco" mediante mediciones y simulaciones acústicas. Con los resultados obtenidos se hace una propuesta de actuación que cumpla la normativa vigente y se adecúe al uso.

**Palabras clave:** Intervención acústica, Banda de Música, Sala de ensayos, Medición acústica

Analysis of the current state of the building "Unió Musical Xeraco" by acoustic measurements and simulations. With the results an action proposal that meets current regulations.

**Keywords:** Acoustic Intervention, Band, Rehearsal Room, Acoustic Measurement.

## Agradecimientos

Primero quiero agradecer a mi familia, en especial a mis padres, por todo el apoyo que han mostrado todos estos años, en los malos y en los buenos momentos, sin ellos no hubiera sido posible. A mis abuelos, los que están y los que no, siempre confiaron en mí.

En segundo lugar a la Universitat Politècnica de València por brindarme la oportunidad de formarme como profesional, ha sido un placer estudiar aquí, y repetiría sin duda. Así como agradecer a los profesores que me han hecho crecer tanto profesionalmente como personalmente.

## Acrónimos utilizados

**BIM:** Building Information Modeling

**CAD:** Computer Aided Design / Diseño Asistido por Ordenador

**CTE:** Código Técnico de la Edificación

**UPV:** Universitat Politècnica de Valencia.

**INSHT:** Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo

**FIVE:** Instituto Valenciano en la Edificación

**SIMAC:** Simulación Acústica (Software)

**TR:** Tiempo de Reverberación

**GR:** Grado de Reverberación

**Br:** Brillo

**BR:** Calidez

**C80:** Claridad

**D50:** Definición.

# ÍNDICE

Resumen.....	1
Agradecimientos .....	2
Acrónimos utilizados .....	3
ÍNDICE.....	4
1. INTRODUCCIÓN .....	6
1.1 Objeto del proyecto .....	7
1.2 Situación y entorno. ....	8
2. ANÁLISIS ACTUAL .....	13
2.1 Encuestas. ....	14
2.2 Descripción General. ....	17
2.2.1. Características Generales del Actual Edificio. ....	17
2.2.2 Representación Gráfica Actual.....	18
2.3 Características Particulares. ....	22
2.3.1. Características de los materiales y particiones. ....	22
2.3.2. Fotografías del Recinto.....	24
3. CONCEPTOS DE ACÚSTICA .....	27
3.1 Definiciones .....	28
4. MEDICIONES “IN SITU” .....	35
4.1 Instrumentos acústicos. ....	36
4.1.1. Sonómetro Brüel&Kjaer .....	36
4.1.2. Micrófono de condensador.....	37
4.1.3. Emisor-Fuente Sonora.....	37
4.1.4. Portátil preparado con Software “Dirac”. ....	38
4.2 Mediciones de aislamiento.....	39
4.2.1. Aula1-Aula2 .....	39
4.2.2. Aula1-Sala de Canto. ....	41
4.2.3. Aula1-Sala de Ensayo .....	42
4.3 Mediciones de Reverberación. ....	43
5. ANÁLISIS DE MEDICIONES Y PARÁMETROS DE CALIDAD. ....	46
5.1 Aislamiento. ....	47
5.1.1. Aislamiento acústico a ruido aéreo.....	47

5.1.2. Zonificación .....	50
5.1.3. Cálculo del Aislamiento.....	53
5.2    Parámetros de calidad.....	60
5.2.1. Tiempo de reverberación.....	60
5.2.1.1    Early Decay Time (EDT) .....	60
5.2.1.2    Tiempo de Reverberación (TR20).....	64
5.2.1.3    Tiempo de Reverberación TR30. ....	69
5.2.1.4    Grado de Reverberación. ....	73
5.2.2. Brillo y Calidez. ....	75
5.2.3. Rasti-STI.....	77
5.2.4. Claridad C80. ....	78
5.2.5. Definición D50.....	81
6. SIMULACIÓN ACÚSTICA DEL ESTADO ACTUAL.....	84
6.1    Simulación mediante software.....	85
6.2    Interpretación de los datos obtenidos.....	88
6.2.1. Aula de Solfeo/ensayo individual.....	89
6.2.2. Sala de Ensayo.....	92
7. CONCLUSIONES ESTADO ACTUAL .....	98
8. PROPUESTA DE MEJORA .....	100
8.1 Propuestas planteadas .....	101
8.2 Fichas aislamiento acústico CTE-DB-HR .....	107
9. PLANOS PROPUESTOS .....	114
9.1 Planos modificados con las mejoras: Cotas, Normativa y Accesibilidad. ....	115
9.2 Zonificación Reforma.....	123
9.3 Evacuación y seguridad. ....	124
9.4 Implantación y evacuación de residuos. ....	126
9.5 Cuadro de superficies final. ....	126
10. VALORACIÓN ECONOMICA .....	127
11. SIMULACIÓN VIRTUAL EN 3D.....	136
12. CONCLUSIÓN .....	140
13. BIBLIOGRAFIA .....	142
14. ANEXOS .....	144
14.1    Tablas Excel y fichas técnicas.....	145
14.2    Planos a escala. ....	150



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Objeto del proyecto

El objeto del proyecto, se basa en un estudio de las diferentes aulas de la Escuela “Unió Musical de Xeraco”, y adaptarlas mediante una reforma con el fin de encontrar las mejoras y acondicionar acústicamente las instalaciones de una manera equilibrada.

Actualmente las salas tienen poco uso, pues el edificio se encuentra muy poco acondicionado acústicamente, la acústica según me han comentado no es la mejor y además los vecinos no están muy contentos ya que se quejan del poco aislamiento del local. Por lo que al pedir permiso a algunos Integrantes de la UMX para hacer el proyecto de este edificio, me han dado la libertad para llevarlo a cabo, puesto que están interesados en hacer una reforma y mejorar la condición acústica.

El Edificio data del 1995, el cual el primer presidente Antonio Rodríguez, quería llevar adelante una Escuela de Música para el pueblo, la obra fue subvencionada al 90% por “MUSICA 92”, este local sería exclusivo para la UMX, en el cual se darían clases a los niños en buenas condiciones, ensayar e incluso dar Conciertos.

En el año 2010 subvencionada por la “Diputació de València” con un coste de 60.000 €, se hizo una ampliación de la escuela, no obstante debido a su anexión a la escuela construida en el 1995, hace que en conjunto en sí, no cumpla acústicamente, además se han edificado los alrededores del local y por aquella entonces no habían leyes que obligaran a insonorizarlo, por lo que les urge una remodelación acústica de la Escuela.

El procedimiento será el siguiente:

1-Analizar la actual escuela, toma de datos, medidas, características técnicas y encuestas a los alumnos y trabajadores para saber que opinan de la calidad del sonido, instalaciones etc.

2-Estudio acústico actual mediante los equipos correspondientes, se realizará una medición “in situ” con los aparatos que nos proporciona el laboratorio de física aplicada de la ETSA (Escuela Superior de Arquitectura), de la UPV (Universitat Politècnica de València). Con este estudio se conseguirán un conjunto de valores y parámetros, que se interpretarán para definir el comportamiento acústico de las salas.

3- Reforma interior adaptándolos a una solución acústica equilibrada y económica, elaboraremos una propuesta de mejora de las instalaciones, incluyendo en la misma un presupuesto económico-material lo más ajustado posible, por si alguna vez hiciese alguna reforma.

Por ello debemos analizar en profundidad los parámetros acústicos que caracterizan la construcción. Con estos datos podremos presentar una solución que combine los diferentes usos que albergan las salas de forma que la acústica se adapte a las necesidades y a sus fines.



## 1.2 Situación y entorno.

El edificio se encuentra ubicado en C/ San Roc 29, en la localidad de Xeraco, Provincia de Valencia.

Este se sitúa en pleno centro urbano, a unos 50 metros del “Ajuntament de Xeraco”, consta en la parte lateral una ampliación de la escuela de música que actualmente está en desuso y en los alrededores encontramos viviendas residenciales.

Al estar en el mismo centro resulta muy accesible para las personas del pueblo que van a estudiar música al edificio.

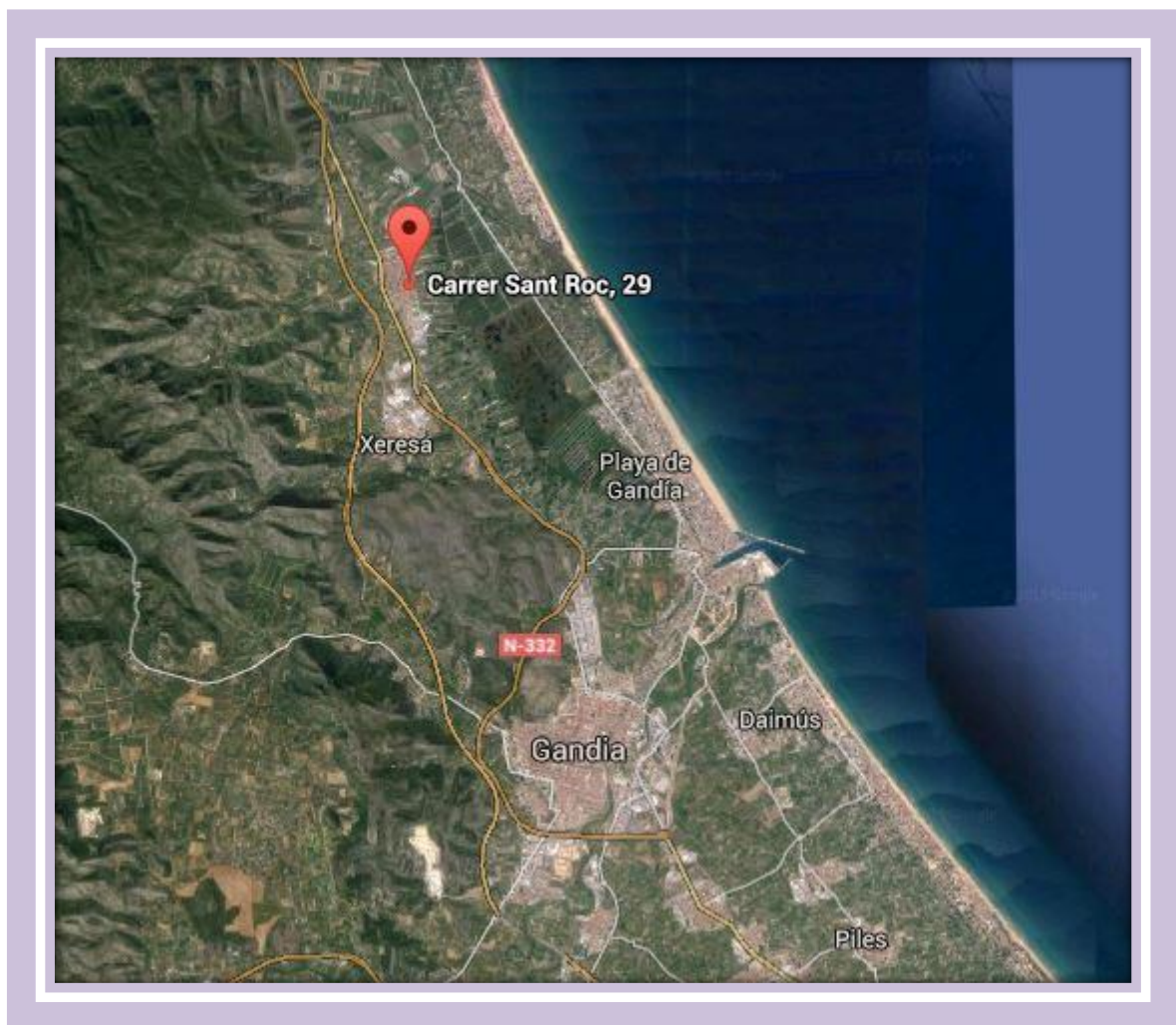


Figura 1. Situación General.2015. Google Maps.



Figura 2. Situación concreta.2015. Google Maps.



Figura 3. Situación exacta.2015. Google Maps.



Figura 4. Fachada principal .2013. Google Maps.



Figura 5. Fachada Lateral .2013. Google Maps.



Figura 5. Fachada Lateral-Ampliación de la escuela.2013. Figura 6. Fachada Lateral-Ampliación escuela.2015.



Figura 7. Perspectiva General .2015. Google Maps.

Los datos obtenidos de la ficha catastral nos indican lo siguiente:

La referencia catastral del inmueble "1241329YJ4214S001JJ" de la C/ San Roc nº 29, Xeraco, año de construcción 1995, con uso local principal como "Cultural", una superficie total construida de 374 m<sup>2</sup> dividida en dos plantas, una de 187 m<sup>2</sup> y otra planta superior de 187 m<sup>2</sup> de uso "Enseñanza".

Superficie de suelo de 299 m<sup>2</sup>.

La ampliación tiene una superficie de suelo de 74 m<sup>2</sup>, no consta de más información pues no está registrada según me han comentado en el despacho de Urbanismo del Ajuntament de Xeraco.

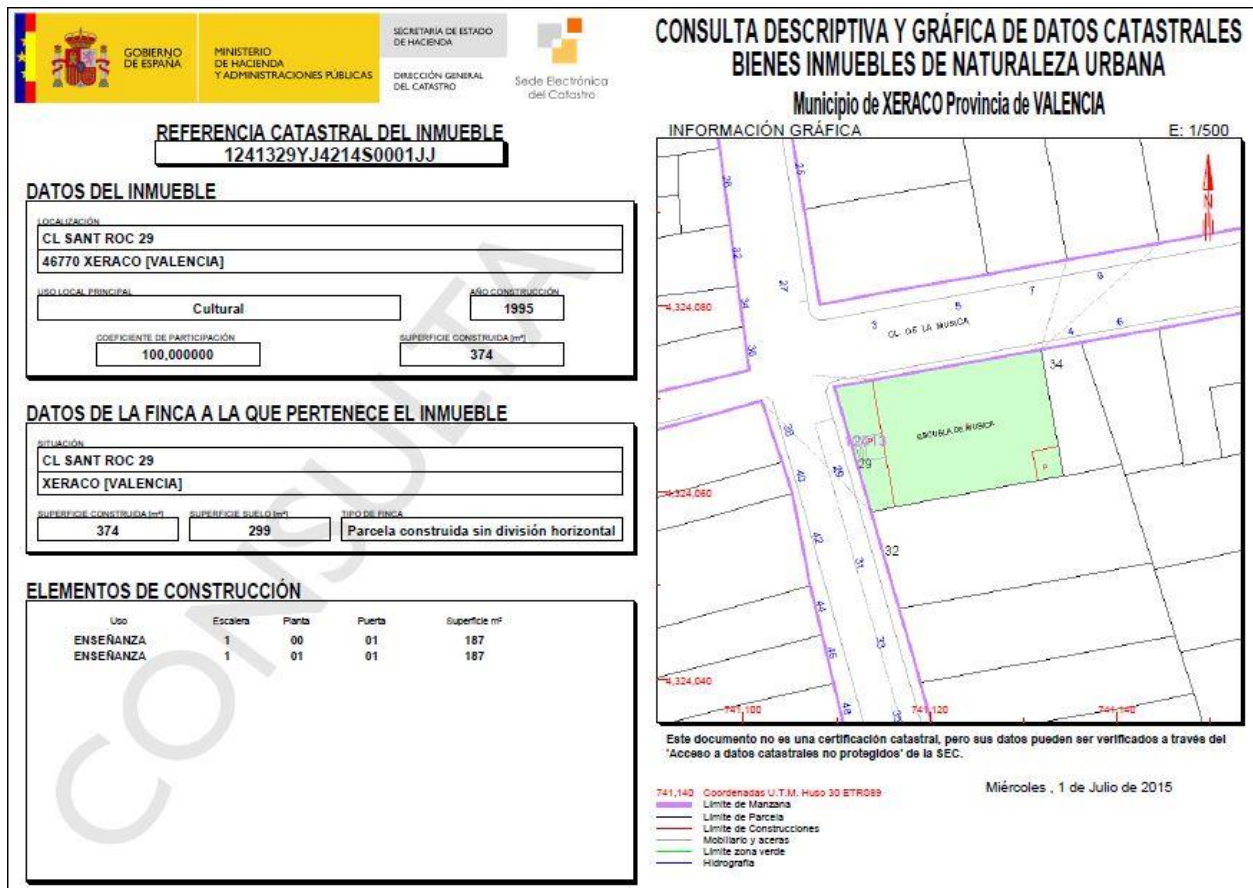


Figura 8. Ficha Catastral .2015. Web Catastral.



## 2. ANÁLISIS ACTUAL

## 2.1 Encuestas.

1-Para conocer la opinión de los usuarios acerca de la calidad del sonido de las diferentes salas y poder realizar un estudio previo de forma subjetiva, hemos realizado encuesta a 15 alumnos y 3 profesores.

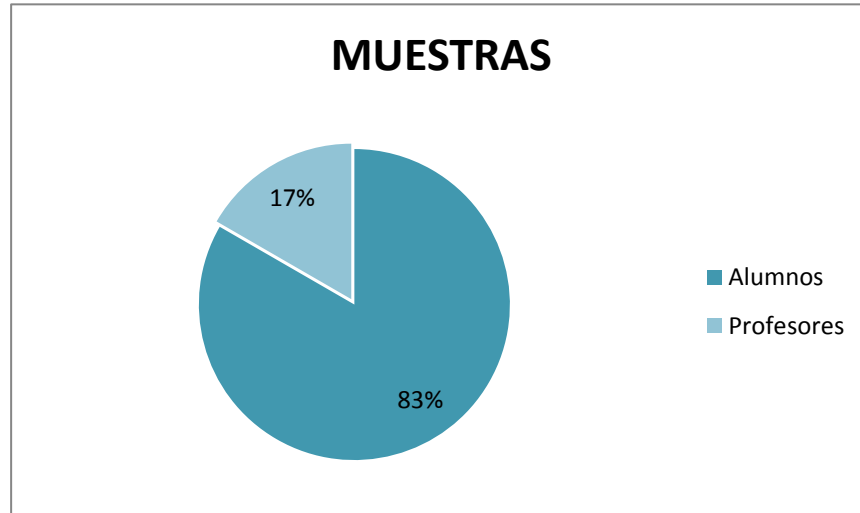


Figura 9. Muestras .2015. Estadística.

2- Como valorarían el resultado del sonido producido por ustedes en las aulas a la hora de ensayo, dar clase, etc.

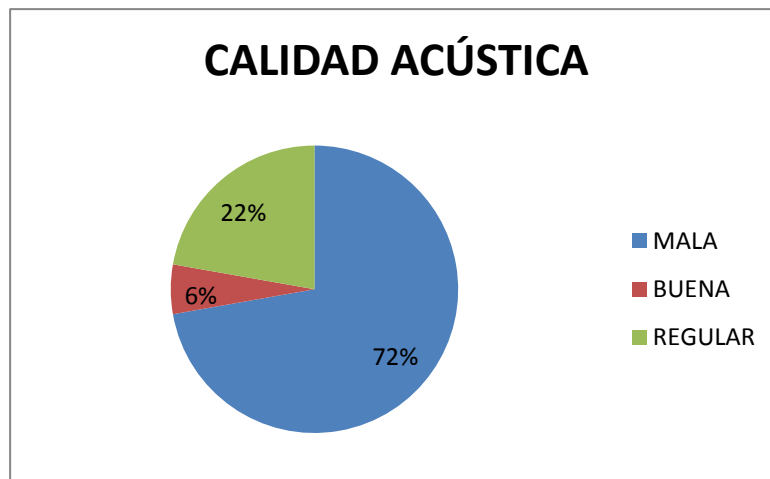


Figura 10. Calidad Acústica .2015. Estadística.

Es decir casi el 94% de los encuestados valoran como una situación negativa la calidad acústica, según me han comentado, existe una baja reverberación, un sonido bastante seco, ya que por el hueco de escalera se pierde sonido.

3- Como valoran el aislamiento acústico de las diferentes aulas, es decir, hay transmisión de sonido a las otras aulas, impidiendo así el normal desarrollo.

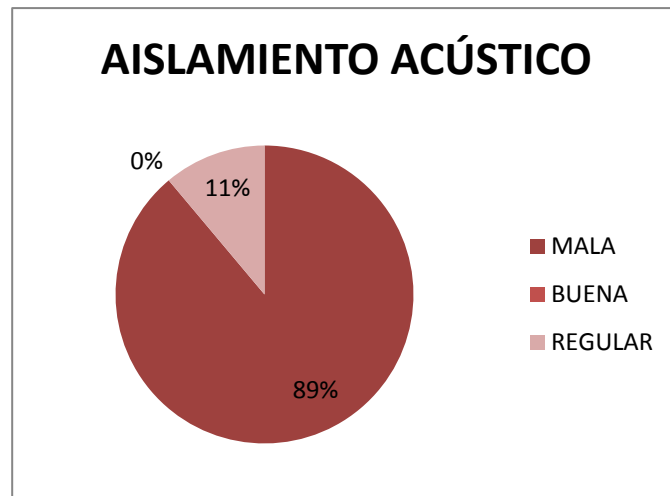


Figura 11. Calidad Acústica .2015. Estadística.

En la figura 11, observamos que no hay nadie con una opinión positiva respecto al aislamiento de las aulas, por lo que nos planteamos la colocación de dobles puertas, con un tramo absorbente, y colocadas alternamente, así como trasdosados de PYL, no obstante lo estudiaremos posteriormente.

4- En conclusión creéis que es un edificio óptimo para la música.

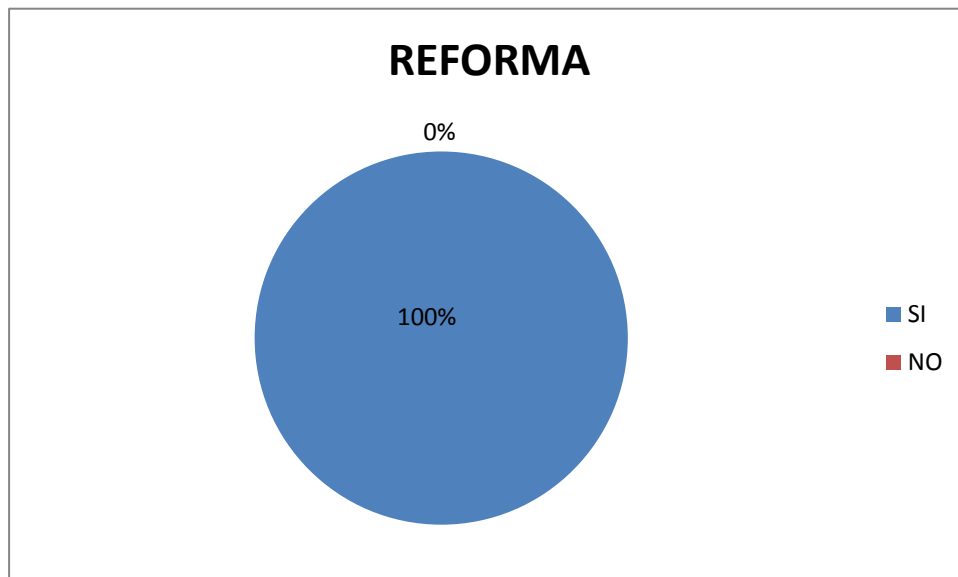


Figura 12. Reforma? .2015. Estadística.

Según los resultados de esta encuesta vemos lógico la remodelación de este edificio para que sea apto para la música.



Control y propuestas a la Dirección de la banda		si	no	aulas
Proyecto	1-Analisis actual, materiales, medidas, toma de datos.			
	2-Estudio acústico.			
	3- Reforma, aplicación de CTE a los materiales propuestos, estudio con programas de la reverberación, calidad, eco etc. sea el correcto. Propuesta de intervención con un presupuesto equilibrado y económico cumpliendo con parámetros del CTE-08.			
	Tipos de cerramiento actual	No cumple CTE 08 DB-HR		
	Año ampliación	2005		
PB	Dobles puertas		x	0
	Revestimiento (Pintura)	x		todas
	hueveras techo (PB Y P1)	PB	P1	
	hueveras pared	x	x	
	otro aislamiento	FIBRA VIDRIO		
	Aulas de ensayo individuales	x		4
	Aulas de Solfeo	x		3
	Almacén		x	
	Sala profesores		x	
	Secretaria (entrada)	x		
	Reformar baños	x		
P1	revestimiento absorbente		x	
	almacén	x		1
	falso techo	X con FV		
	tarima		x	
Propuesta	Me han comentado que les gustaría una sala multiusos o sala de profesores, que la secretaria esté en la entrada a ser posible, salas grandes de solfeo y algunas individuales, y que la zona superior la quieren diáfana con una tarima plegable para ensayar y un almacén.			

Tabla 1. Control y propuestas de calidad .2015.

## 2.2 Descripción General.

### 2.2.1. Características Generales del Actual Edificio.

El edificio está situado en Xeraco, Valencia, el edificio tiene dos alturas más sótano, de 374 m<sup>2</sup> construidos según el Catastro.

El edificio está compuesto en dos plantas, planta baja y planta primera. En la planta baja es donde se imparten las clases de solfeo y de instrumento individual así como alguna clase de canto, durante todo el año. Por otro lado tenemos la planta primera el cual se utiliza para ensayar la banda de música.

Planta Sótano: acceso por la fachada lateral mediante una puerta metálica, actualmente es para guardar instrumental.

Planta baja: Acceso mediante una escalera que nos comunica a planta baja (distinta cota), que precede de un pasillo, tenemos un aula de solfeo, secretaria y tres aulas de ensayo individual. A la derecha hay dos aulas de solfeo, un aula ensayo individual, un almacén, los baños, y el acceso a la planta primera.

Planta Superior: Es exclusivamente para ensayos de la banda, por lo tanto consta de tres estancias, sala ensayo, almacén y el de audición.

Destacamos por su uso acústico principal la planta baja y la planta superior o primera:

CUADRO DE SUPERFICIES			
	Aulas	Sup. Útil (m2)	Sup. Construida(m2)
Planta Baja	Solfeo 1	29,75	434
	Solfeo 2	18,76	
	Solfeo 3	13,89	
	Ensayo individual 1	17,52	
	Ensayo individual 2	17,04	
	Ensayo individual 3	18,02	
	Ensayo individual 4	8,01	
	Secretaria	18,75	
	Almacén	11,02	
	Aula canto	16,62	
	Aseos	18,51	
Planta 1ª	Sala Ensayo	166,74	434
	Sala de Audición	205,21	
	Almacén	13,3	
TOTAL		723,14	868

Tabla 2. Medición Superficies .2015.

### 2.2.2 Representación Gráfica Actual.

A continuación, se incluyen las plantas de distribución realizadas en "AutoCAD" tras su medición.

#### ALZADO FRONTAL:



Figura 13 .Distribución Planta Baja. Actual.

#### FACHADA LATERAL:

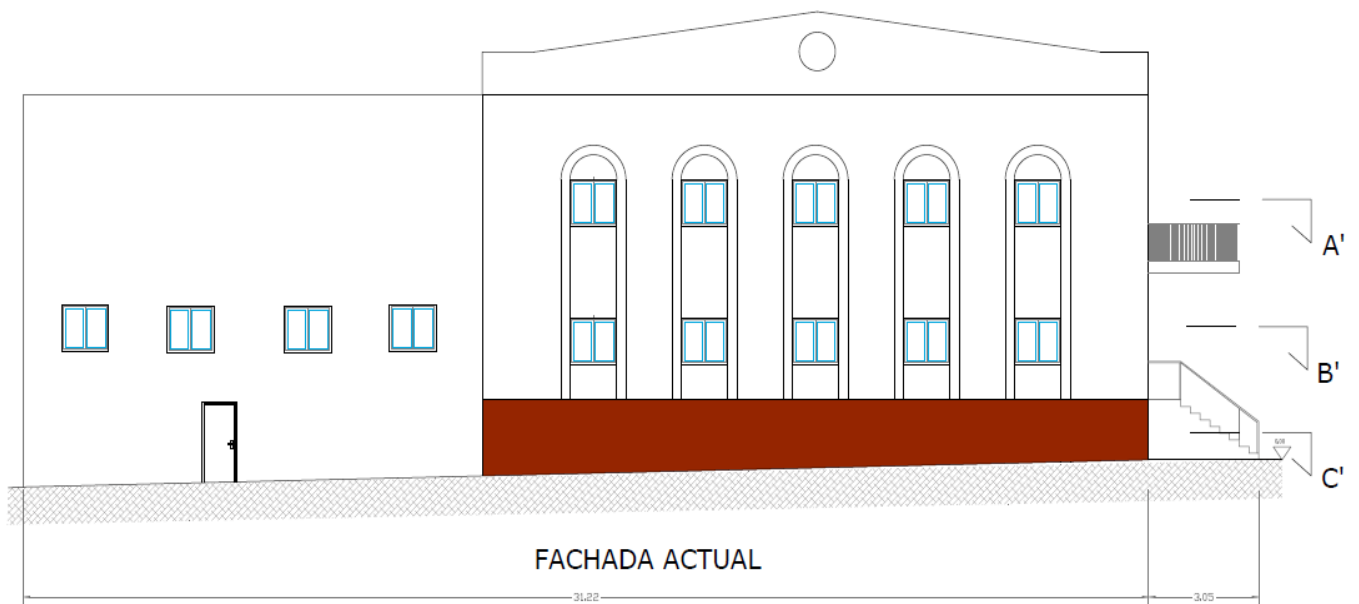


Figura 14.Distribución Planta Baja. Actual.

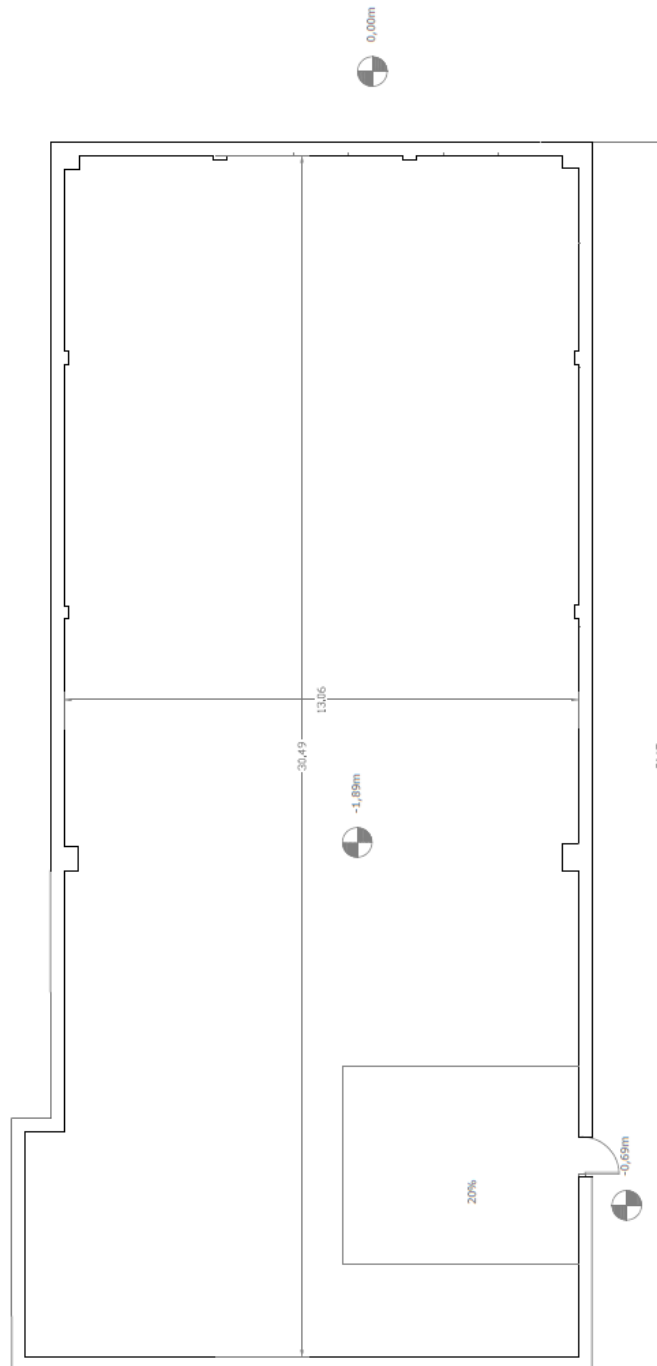
**PLANTA SÓTANO C-C':**

Figura 15 .Distribución Planta Baja. Actual.

**PLANTA BAJA B-B':** Nota: "(Los planos escalados están anexados al final de este TFG)"

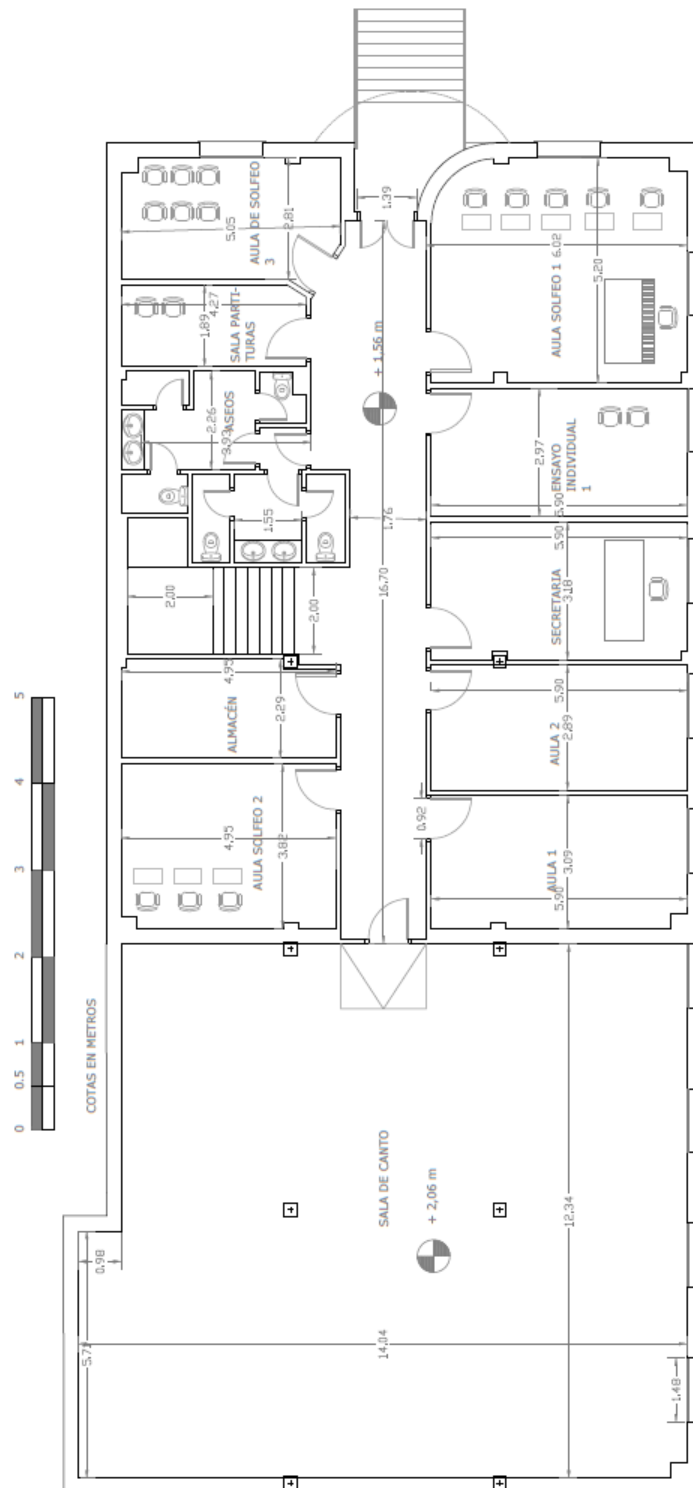


Figura 16 .Distribución Planta Baja. Actual.

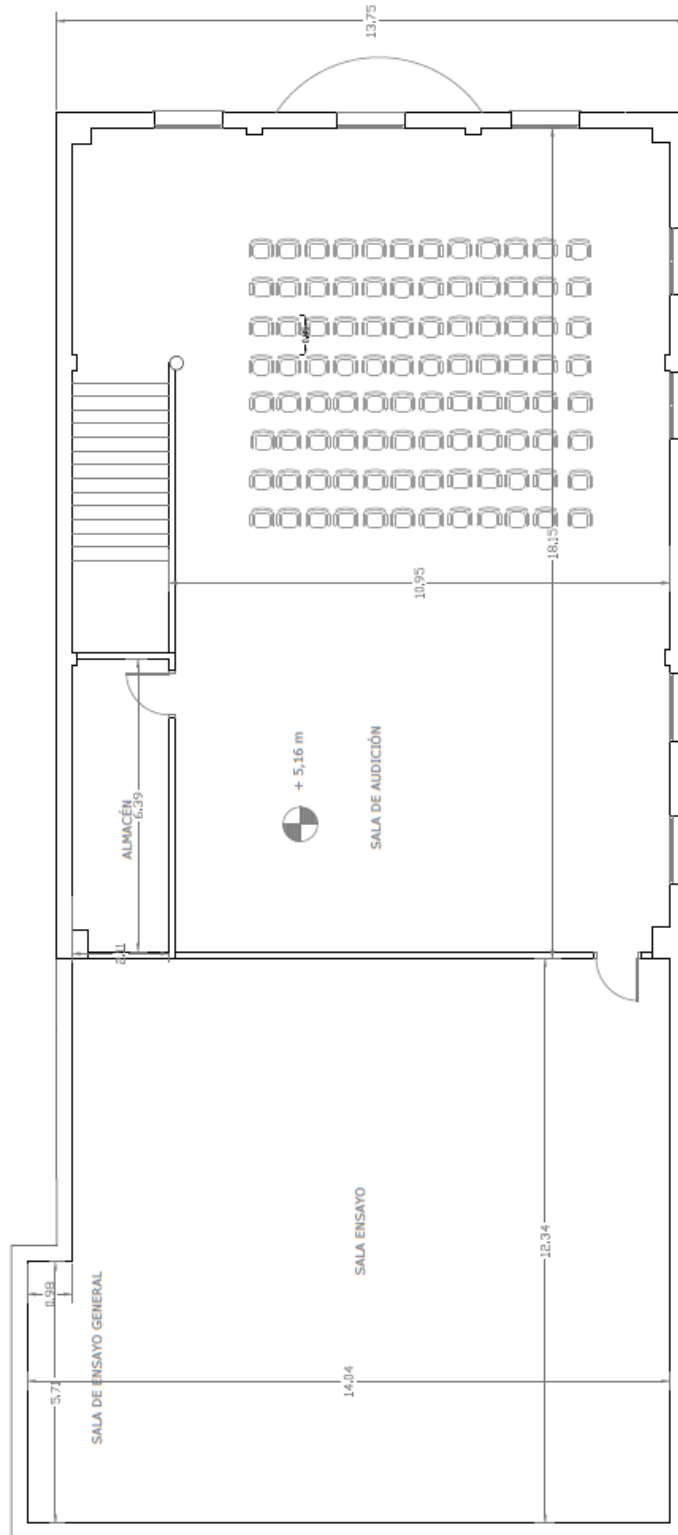
**PLANTA PRIMERA A-A':**

Figura 17 .Distribución Planta Primera .Actual.

## 2.3 Características Particulares.

### 2.3.1. Características de los materiales y particiones.

Partición Exterior: Según me ha comentado el Aparejador Municipal del "Ajuntament de Xeraco", está compuesta por una primera hoja exterior de LP 11 revestida de un Enfoscado 10 mm, en la cara interior una capa de 10 mm de mortero hidrófugo 1:3, una cámara con aislamiento de 20 mm de poliestireno y un trasdosado de ladrillo LH 4cm y un enlucido de 15 mm más capa de pintura 5mm, rejuntado de 10 mm de mortero de cemento de agarre 1:6. Por lo que hoy por hoy no cumpliría con los mínimos exigidos por el CTE-08.

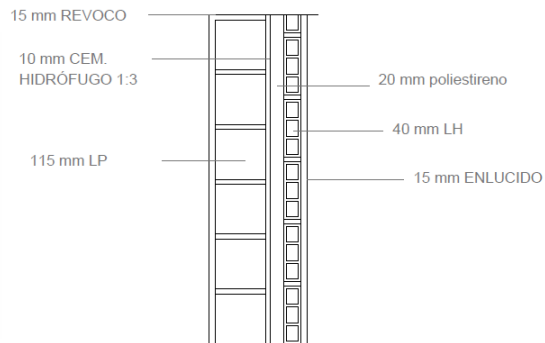


Figura 18 .Sección Fachada .Actual.

Partición Interior: Tabique del LH7, compuesto por enlucido de yeso 15 mm + pintura 5 mm en ambas caras, rejuntado con mortero de cemento agarre 1:6 de 10 mm.

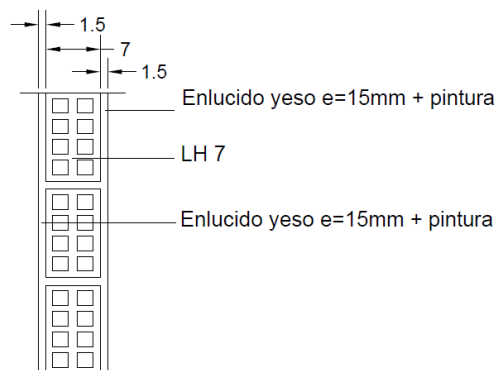


Figura 19 .Sección tabique .Actual.

Partición en medianera: Tabique como el de la fachada ya que antes de la ampliación había un solar así que actuaba como tal.

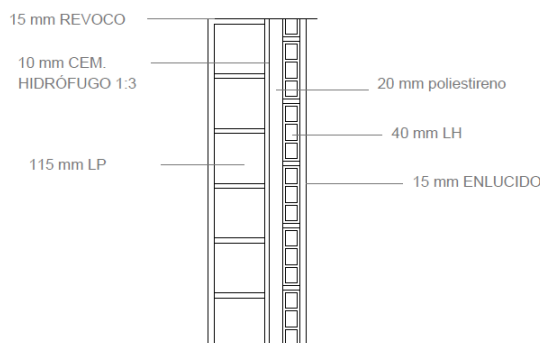


Figura 20 .Sección Medianera.Actual.

**Falso techo en Planta Primera:** La placa de escayola está repartida por toda la zona superior, placas de yeso laminado suspendido mediante tirantes metálicos y en su parte interior hay asilamiento con Fibra de vidrio de 30 mm.

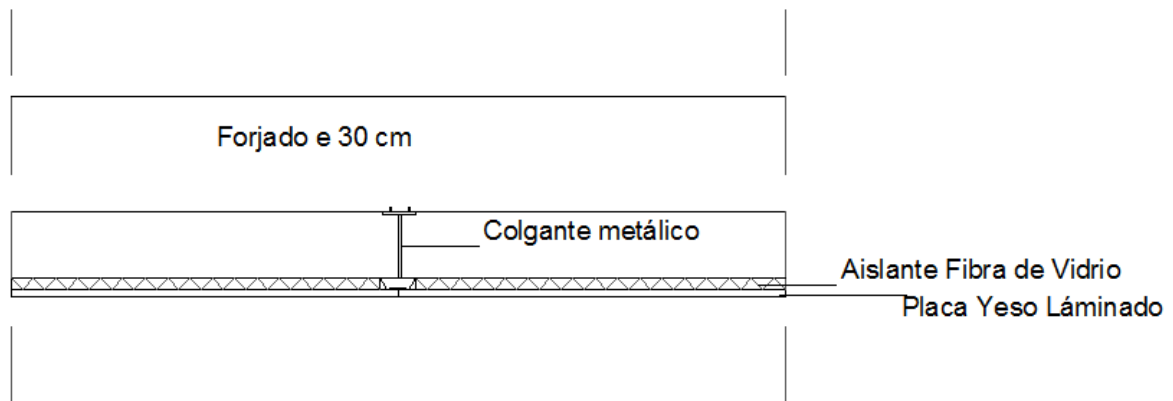


Figura 21 .Sección Forjado .Actual.

**Forjado:** Compuesto por bovedillas de hormigón, viguetas semipretensadas con una capa de compresión y mallazo 5 mm.



Figura 22 .Forjado Bovedilla Hormigón. Google.

**Pavimento:** "Ejecución a l'estesa": colocación de una capa de arena con cemento para anivelar 30 mm, pellada mortero de cemento de agarre 1:6 de unos 25 mm más el terrazo de unos 25 mm.

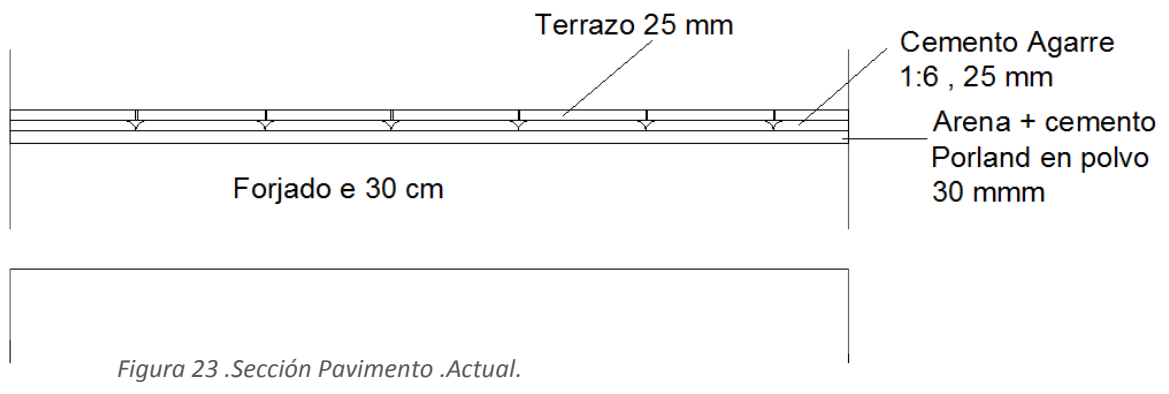


Figura 23 .Sección Pavimento .Actual.



### 2.3.2. Fotografías del Recinto.



Figura 24. Hall "Unió Musical Xeraco".



Figura 25. Pasillo PB



Figura 26, Aula 2 (PB).



Figura 27, Aislamiento cara inferior forjado PB (Aula 2) .



Figura 28. Aislamiento cara inferior forjado Aula 1(PB).



Figura 29. Aula 1(PB).



Figura 30 . Escaleras PB-P1



Figura 31 . Ampliación PB



Figura 32. Sala de Ensayo, P1.



Figura 33. Ampliación P1.



Figura 34. Puerta de acceso de madera laminada. (Aulas)



Figura 35. Ventana abatible de madera

### 3. CONCEPTOS DE ACÚSTICA

### 3.1 Definiciones

Seguidamente, se definirán los parámetros utilizados para la realización del estudio y análisis de la “Unió Musical Xeraco”, extraídos de los apuntes del área de “acústica arquitectónica 2015”.

#### **Definición de sonido**

Un sonido es una sensación que se genera en el oído a partir de las vibraciones de las cosas. Estas vibraciones se transmiten por el aire u otro medio elástico.

Para la física, el sonido implica un fenómeno vinculado a la difusión de una onda de características elásticas que produce una vibración en un cuerpo, aun cuando estas ondas no se escuchen.

El sonido audible para los seres humanos está formado por las variaciones que se producen en la presión del aire, que el oído convierte en ondas mecánicas para que el cerebro pueda percibir las y procesarlas.

Al propagarse, el sonido transporta energía pero no materia. Las vibraciones se generan en idéntico rumbo en el que se difunde el sonido: puede hablarse, por lo tanto, de ondas longitudinales.

#### **Definición de ruido**

Cuando el sonido no es agradable, se llama ruido, y puede producir por su intensidad o prolongación temporal, contaminación acústica o sonora. No posee armonía ni cadencia, no es una manifestación artística sino indeseable.

#### **Aislamiento acústico**

Aplicación de medidas encaminadas tanto a la disminución de la energía acústica transmitida entre locales como a la obtención de unos niveles de ruido de fondo adecuados para el correcto desarrollo de las actividades en los diferentes recintos en función de su uso (oficinas, teatros, salas de conferencias, aulas, sala polivalentes, etc.).

#### **Acondicionamiento acústico**

Se entiende por acondicionamiento acústico a la definición del volumen, las formas y los revestimientos de las superficies interiores de un recinto con objeto de conseguir las condiciones acústicas más adecuadas según el tipo de actividad, o actividades, a realizar.

#### **Eco**

El eco es un fenómeno acústico producido cuando una onda se refleja y regresa hacia su emisor. En el caso del oído humano, para que sea percibido es necesario que el eco supere la persistencia acústica, en caso contrario el cerebro interpreta el sonido emitido y el reflejado como un mismo sonido.

## Absorción acústica

Coefficiente adimensional empleado para evaluar las propiedades de absorción de un material, que expresa la relación entre la energía absorbida ( $E_a$ ) y la energía incidente ( $E_i$ ) por unidad de superficie:

$$\alpha = \frac{E_a}{E_i}$$

Sus valores se encuentran comprendidos entre 0 y 1, lo cual representa nula absorción o una gran absorción respectivamente. Además, para un mismo material, el coeficiente de absorción acústica varía en función de la frecuencia del sonido incidente. Los materiales de obra típicos poseen valores de absorción bajos, y los materiales porosos valores de absorción elevados que se incrementan con la frecuencia.

## Bandas de octava y de tercio de octava

Una octava es el intervalo de frecuencias comprendido entre una frecuencia determinada y otra igual al doble de la anterior. Un tercio de octava es el intervalo de frecuencias comprendido entre una frecuencia determinada  $f_1$  y una frecuencia  $f_2$  relacionadas por la expresión  $(f_2/f_1)^3=2$ . Las frecuencias centrales de las bandas de octava normalizadas son 31, 62, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 y 16000 Hz, aunque en edificación los suelen abarcar el intervalo comprendido entre las frecuencias de 100 a 5000Hz.

## Decibelio (dB)

Es la unidad de la escala de medida empleada para la cuantificación del sonido, la cual se establece a partir de una expresión matemática basada en la noción del logaritmo decimal que relaciona la magnitud que se pretende cuantificar (presión, potencia o intensidad acústica) con una referencia correspondiente al límite de sensibilidad humana respecto a tal magnitud:

$$L(\text{dB}) = 10 \lg \frac{M}{M_0}, \text{ donde:}$$

L = Nivel de la magnitud cuantificada, en dB

M = Magnitud que se desea cuantificar (en sus unidades naturales)

M<sub>0</sub> = Valor de referencia de la magnitud (en sus unidades naturales)

### **Decibelio A**

Resultado de emplear la escala de ponderación A en una medida acústica. Dicha escala atenúa de modo importante los sonidos de baja frecuencia, no modifica la medida del sonido alrededor de los 1000 Hz y aumenta algo la medición de los sonidos comprendidos entre 2000 y 4000 Hz. Así se caracteriza la reacción humana frente a los ruidos complejos y se imita la sensación de la molestia que estos originan. Los decibelios se denominan entonces decibelios A.

### **Ruido Rosa**

El ruido que tiene un espectro continuo de frecuencia y una potencia constante dentro de una anchura de banda proporcional a la frecuencia central de la banda.

### **Ruido Blanco**

Un sonido cuya densidad de potencia espectral es esencialmente independiente de la frecuencia. (El ruido blanco no tiene por qué ser ruido aleatorio.)

### **Intensidad sonora**

Energía que fluye en la unidad de tiempo a través de una unidad de superficie situada perpendicularmente a la dirección de propagación de las ondas sonoras; es decir, potencia acústica radiada por unidad de superficie. Depende de la distancia a la fuente y de las condiciones del lugar donde ésta se encuentre (en campo abierto, sin obstáculos o en un recinto cerrado). La intensidad sonora se expresa en W/m<sup>2</sup>.

### **Onda sonora en el aire**

Es la propagación de una perturbación caracterizada por la alternancia periódica en el espacio y en el tiempo de compresiones y expansiones e volúmenes elementales de aire.

### **Potencia acústica**

Cantidad de energía sonora emitida (o radiada) por una determinada fuente sonora. Su valor no depende del punto del espacio donde se mida ni de las condiciones del recinto en el que se localiza el foco sonoro, y es intrínseca o característica de dicha fuente sonora. Se expresa en vatios (W).

### **Presión acústica**

Representa el incremento de presión respecto a la presión atmosférica debido a la presencia de la onda acústica; es dependiente de la distancia a la fuente y de las condiciones del lugar en donde ésta se encuentre (en campo abierto, sin obstáculos o en un recinto cerrado). Se expresa en pascuales (Pa) o N/m<sup>2</sup>.

### Nivel continuo equivalente o nivel de presión acústica eficaz ponderado A, LAeq(EN dBA)

Se trata de uno de los índices más empleados en la evaluación de niveles sonoros ambientales.

Se puede definir como el nivel continuo de ruido que, de permanecer constante, tendría la misma energía acústica que el ruido fluctuante real para el periodo de tiempo considerado.

### Nivel de potencia acústica (Lw):

Se define mediante la expresión:  $L_w(\text{dB}) = 10 \lg \frac{W}{W_0}$ , dónde:

LW = Nivel de potencia sonora (potencia expresada en dB)

W = Potencia acústica que se desea cuantificar

W0 = Potencia de referencia, que corresponde al límite de sensibilidad humana a 1000 Hz (10<sup>-12</sup>W)

### Nivel de presión sonora o presión acústica (lp)

Se define mediante la expresión:

$$L_p(\text{dB}) = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \lg \frac{p}{p_0}, \text{ dónde:}$$

Lp = Nivel de presión acústica, expresado en dB)

P = Presión acústica que se desea cuantificar

p0 = Presión de referencia, que corresponde al límite de sensibilidad humana a 1000 Hz (2 · 10<sup>-5</sup> N/m<sup>2</sup>)

### Reverberación

Es el fenómeno de persistencia del sonido en el interior de un recinto cuando la fuente sonora ya dejó de emitir.

### Tiempo de reverberación

El tiempo de reverberación de un recinto se define como el tiempo que transcurre desde que cesa una fuente sonora hasta que la energía sonora contenida en el mismo disminuye a una millonésima parte de la original.

Esto es equivalente a decir que es el tiempo que el nivel de presión sonora tarda en disminuir 60 dB.

Puede calcularse mediante la fórmula de Sabine:

$$T_r = 0,16V/A$$

Donde V es el volumen de la sala en m<sup>3</sup>, y A es la absorción de la sala en m<sup>2</sup>.



### Brillo (Br)

Es la relación entre los tiempos de reverberación de las altas frecuencias (2 y 4 KHz) y de las frecuencias medias (500 y 1000 Hz).

$$Br = \frac{RT(2K)+RT(4K)}{RT(500)+RT(1K)}$$

Mide la riqueza en altas frecuencias (sonidos agudos) de la sala, lo que conduce a un sonido claro y brillante.

Beranek recomienda un valor de  $Br > 0,87$ . Sin embargo, un excesivo brillo origina un sonido artificial molesto, por eso, es aconsejable que Br no supere la unidad. De hecho, la mayor absorción del aire en altas frecuencias (mayor cuanto menor humedad relativa haya), ayuda a que esto se cumpla.

### Calidez acústica (BR).

Es la relación entre los tiempos de reverberación de las bajas frecuencias (125 y 250 Hz) y de las frecuencias medias (500 y 1000 Hz).

$$Br = \frac{RT(125)+RT(250)}{RT(500)+RT(1K)}$$

Representa la riqueza en bajas frecuencias (sonidos graves) de una sala, lo que es indicativo de la sensación subjetiva de calidez y suavidad de la música escuchada en ella.

Durante la fase de diseño se deberá tener especial cuidado con los materiales usados, a fin de evitar coeficientes de absorción altos en bajas frecuencias, que reducirían la calidez acústica.

Así, según Beranek, los valores recomendados para una sala ocupada, dependen del TRmid óptimo:

$$TR_{mid} = 1,8 \text{ segundos} \rightarrow 1,10 \leq BR \leq 1,45$$

$$TR_{mid} = 2,2 \text{ segundos} \rightarrow 1,10 \leq BR \leq 1,25$$

Para los valores de TRmid intermedios, el valor de BR se obtiene por interpolación de los anteriores.

### Definición (d50)

Se denomina así a la proporción de energía que llega durante los primeros 50 ms desde la llegada del sonido directo (este incluido) respecto a la energía total recibida:

$$D = \frac{\text{Energía } t0-50ms}{\text{Energía } t0-\infty}$$

Esta relación fue definida por el alemán Thiele como "Deutlichkeit" y se utiliza exclusivamente para salas destinadas a la palabra.

Su valor depende de la posición del oyente respecto a la fuente sonora, disminuyendo al aumentar la distancia a la misma. Esto se debe a que alejándose de la fuente aumenta el nivel del campo reverberante y, como consecuencia, la proporción de energía de las primeras reflexiones disminuye.

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

### STI

Significa "*Speech Transmission Index*" y fue definido por *Houtgast* y *Steeneken* en la primera mitad de la década de los 70. Puede tomar valores comprendidos entre 0 (inteligibilidad nula) y 1 (inteligibilidad óptima).

### EDT

Significa "*Early Decay Time*" y se calcula multiplicando por seis el tiempo que transcurre en caer 10 dB el nivel de presión sonora, desde que la fuente deja de emitir.

Es un parámetro muy relacionado con TR, con la salvedad de que EDT mide la reverberación percibida (subjetiva) y TR la reverberación real (objetiva). Por este motivo, para determinar el grado de viveza de una sala es más fiable guiarse por el valor de EDT.

Al igual que para el tiempo de reverberación, existen valores recomendados para EDT. Así, para asegurar una correcta difusión del sonido se aconseja que la media aritmética de EDT en las frecuencias de 500 Hz y 1 KHz con la sala vacía, denominada EDT<sub>mid</sub>, sea lo más similar posible a los valores recomendados para TR<sub>mid</sub>.

### Claridad (c80)

El parámetro C80 se define como el cociente entre la energía sonora recibida durante los primeros 80 ms después de recibir el sonido directo (este incluido) y la energía que llega después de esos 80 ms. Se expresa en dB:

$$C80 (dB) = \frac{\text{Energía } t_0-80ms}{\text{Energía } 80ms-\infty}, \text{ donde:}$$

$t_0$  = representa el instante de tiempo en el que llega el sonido directo.

Para la sala ocupada, L.G.Marshall, aconseja el siguiente margen de valores:  $-2 \leq C80 \leq 2$  dB

### Diferencia de niveles (d)

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

$D=L1-L2$ , dónde:

L1 es el nivel de presión acústica medio en el recinto emisor.

L2 es el nivel de presión acústica medio en el recinto receptor.

### Diferencia de niveles normalizada (dn)

Es la diferencia de niveles, en decibelios, correspondiente a un área de absorción de referencia en el recinto receptor:

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

D = es la diferencia de niveles, en decibelios.

A= es el área de absorción acústica equivalente del recinto receptor, en .

A0= es el área de absorción de referencia, en (para recintos en viviendas o recintos de tamaño comparable: A0=10 m2).

### Diferencia de niveles estandarizada (dnt)

Es la diferencia de niveles, en decibelios, correspondiente a un valor de referencia del tiempo de reverberación en el recinto receptor:

$$D_{nt} = D + 10 \lg \frac{T}{T_0} \text{ dB, dónde:}$$

D = es la diferencia de niveles

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

T0= es el tiempo de reverberación de referencia; para viviendas, T0=0,5 s.

### Nivel medio de presión sonora en un recinto (I)

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

## 4. MEDICIONES "IN SITU"

## 4.1 Instrumentos acústicos.

### 4.1.1. Sonómetro Brüel&Kjaer

Es un sonómetro integrador Tipo 1 diseñado para efectuar medidas ambientales y ocupacionales sencillas. Las mediciones aparecen en una gran pantalla LCD, que incluye una barra analógica que muestra el nivel de presión sonora. Una de sus características es la detección simultánea de valores RMS y Pico con ponderaciones frecuenciales independientes. Interfaz de usuario intuitivo La claridad de las teclas y símbolos en el panel frontal, combinado con una gran pantalla LCD (con retroiluminación), hacen muy fácil aprender a usar el sonómetro. La imagen es clara y concisa. Las instrucciones y ayuda guían sus medidas.

Reloj El 2238 A tiene un reloj en tiempo real y calendario que marcan cada medida con su fecha y su duración. Almacenamiento y procesado de datos El sonómetro es capaz de almacenar hasta 40 registros. Cada registro contiene el tiempo de medida, Leq, MaxP, MaxL, MinL y el estado de saturación. Estos resultados pueden ser visualizados en pantalla, impresos directamente o volcados a un ordenador en formato compatible con hojas de cálculo, a través del interfaz RS232. Rápida y fácil Calibración Para calibrarlo, simplemente ajuste el calibrador al sonómetro y presione el botón.

El sonómetro calcula el factor de corrección y se calibra automáticamente. Salida AC La salida ponderada linealmente AC le permite hacer grabaciones directamente calibradas (en una cinta digital de audio, por ejemplo), que nos puede servir posteriormente para completar el análisis acústico. También permite escuchar la señal con auriculares.



Figura 36 .Micrófono de condensador de campo libre.



Figura 37 .Sonómetro Brüel&Kjaer. Google.

#### 4.1.2. Micrófono de condensador

Utilizado para las mediciones del tiempo de reverberación, de la casa Brüel Kjaer del tipo 4189 H-41.

Este conjunto está formado por un micrófono tipo 4189 y un preamplificador tipo 1706. Tiene una mayor precisión y estabilidad a largo plazo. La sensibilidad es de 50mV y mide en un rango de 15 a 128 dB.



Figura 38 . Micrófono de condensador aleatoria Brüel Kjaer 4189 H-41

#### 4.1.3. Emisor-Fuente Sonora.

La fuente de ruido utilizada para las mediciones de aislamiento como para las mediciones realizadas con el software dirac es el modelo "Sound Source Type 4224" de la marca Brüel Kjaer.

Es una fuente sonora capaz de producir altos niveles de ruido. Es eminentemente utilizada para mediciones acústicas in situ tales como aislamiento acústico y mediciones de tiempos de reverberación en bandas de octavas. Es capaz de producir una potencia sonora de hasta 118 dB. En su modo de banda ancha, la fuente produce el sonido conocido como ruido rosa en las frecuencias de 100 Hz a 4 kHz



Figura 39. Fuente sonora Brüel & Kjaer modelo "Sound Source Type 4224"

#### 4.1.4. Portátil preparado con Software “Dirac”.

Utilizado para medir los tiempos de reverberación. Se trata de un ordenador portátil conectado en su salida de audio a la fuente sonora y en la entrada de micrófono conectaremos el micrófono de incidencia aleatoria poniendo entre ambos un amplificador.

En el portátil está instalado el software “Dirac 3.0”, que también pertenece a la casa Brüel Kjaer. Se trata de un programa que se utiliza para medir una amplia gama de parámetros acústicos de las salas mediante la medida y análisis de la respuesta impulsiva. Pueden utilizarse distintas formas de emisión como MLS internamente generado o barrido senoidal, fuente sonora impulsiva, tal como pistola.

Características principales del software:

- Medida de reverberación, inteligibilidad y muchos otros parámetros de salas
- Entrada de dos canales a través de tarjeta de audio en PC
- Soporta distintos tipos de fuentes y receptores
- Realiza cálculos estadísticos (media, desviación estándar, min-máx.)
- Comprobación y validación de la tarjeta de sonido



Figura 40 . Momento de la medición con la fuente, Dirac y el micrófono

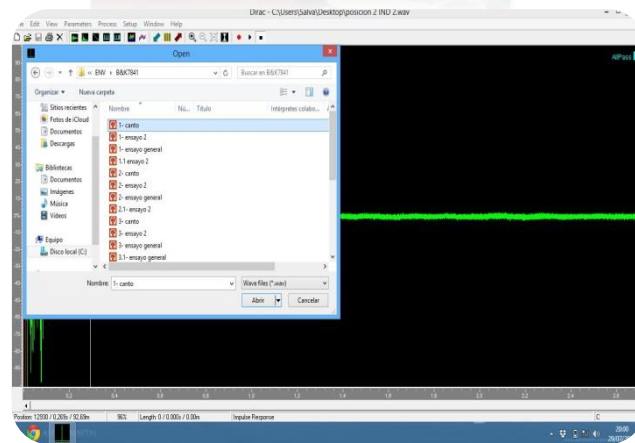


Figura 41. Captura pantalla PC, programa DIRAC.

## 4.2 Mediciones de aislamiento.

A continuación, se procede a medir el aislamiento entre distintas zonas del edificio, para posteriormente comprobar si cumplen con el CTE.

En primer lugar se analiza las particiones interiores entre 2 aulas de semejante dimensión y en la zona antigua del edificio, en segundo lugar se estudiará lo mismo entre la zona ampliada y el aula anterior, por último éste con la planta superior.

La medición la llevamos a cabo siguiendo la norma UNE-EN ISO 140-5. “*Aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción*”, en concreto utilizando el método global del altavoz que se describe en el apartado 5.7 de dicha norma.

### 4.2.1. Aula1-Aula2

Para calcular el aislamiento se coloca la fuente sonora “Sound Source Type 4224” (E1) en un punto lo más centrado posible del recinto “Aula 1” donde se va a emitir el ruido rosa, con tiempos de alrededor de entre 15 a 30 segundos, a continuación se eligen 5 puntos (L1) repartidos por la aula en el cual se procede a recibir el sonido, este aparato utilizado es el Sonómetro.

Seguidamente, después de guardar los datos en el sonómetro, anotamos el número en un Excel para luego saber a qué punto corresponden, además es conveniente marcar el punto en el plano de AutoCAD que a continuación se contemplará.

Se accederá al habitáculo contiguo “Aula 2” en el cual realizaremos 5 (L2) puntos también y se guardarán en el sonómetro, por último la misma operación pero sin ruido de fondo (B2).



Figura 42. Sonómetro Integrador.



Figura 43. Anotación de puntos en el ordenador “Aula 1”.



(Los planos serán anexados al final, escalados).

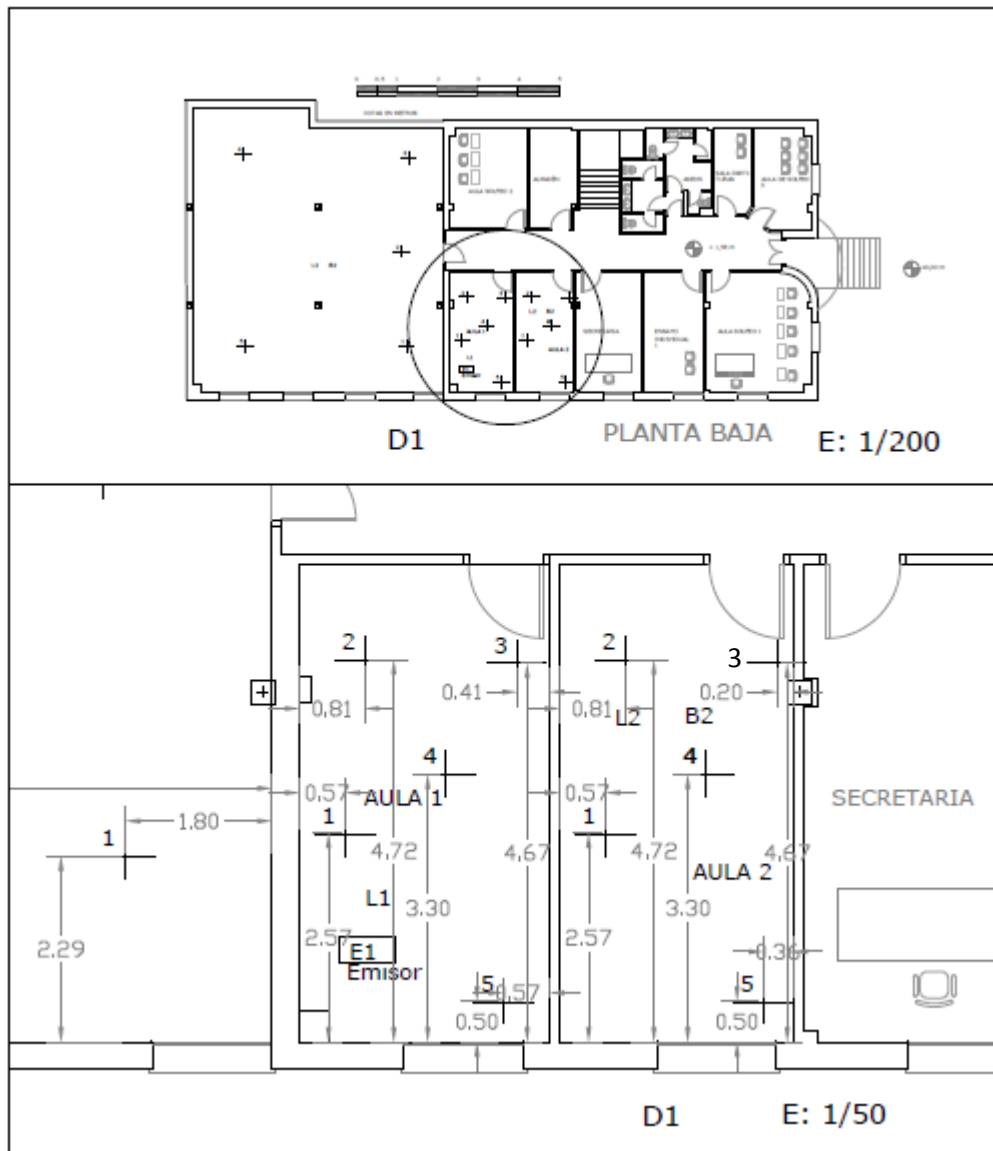


Figura 44. Medición L1, L2, B2 entre Aula 1 y Aula 2.

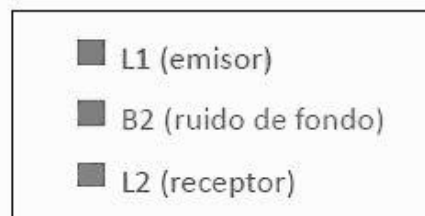


Figura 45. L1, L2, B2.

#### 4.2.2. Aula1-Sala de Canto.

El emisor sigue en el punto de origen "E1" de la "Aula 1", realizamos la misma operación anterior, excepto que ahora estamos en la ampliación del local, hallaremos los valores (L1) mediante los 5 puntos.

Se accederá al habitáculo contiguo "Sala de Canto" en el cual realizaremos 5 puntos (L2) también y se guardarán en el sonómetro, por último la misma operación pero sin ruido de fondo, (B2), es decir en silencio i con el Emisor apagado.

Seguidamente, después de guardar los datos en el sonómetro, anotamos el número en un Excel para luego saber a qué punto corresponden, además es conveniente marcar el punto en el plano de AutoCAD que a continuación se contemplará. (Los planos serán anexados al final, escalados).

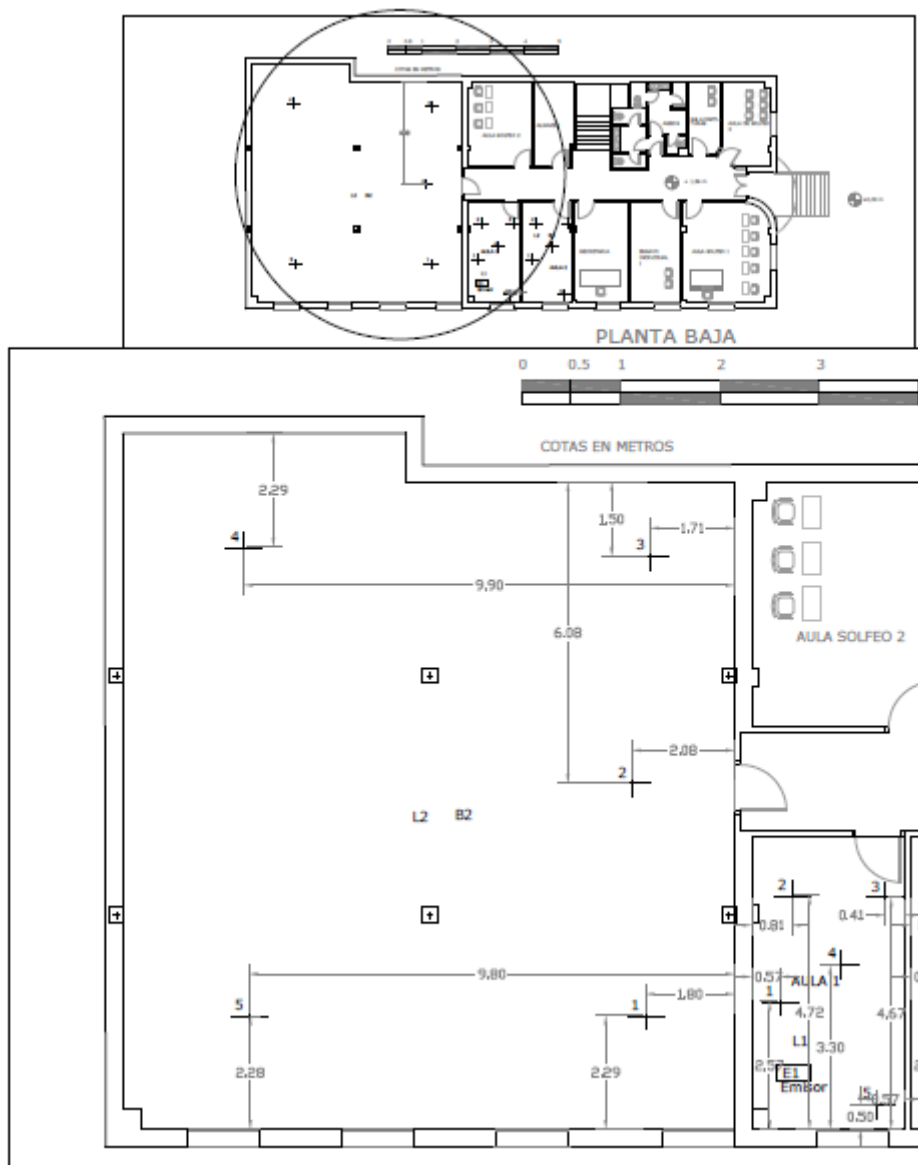


Figura 46. Medición L1, L2, B2 entre Aula 1 y Sala de canto.

### 4.2.3. Aula1-Sala de Ensayo

El emisor sigue en el punto de origen "E1" de la "Sala de Ensayo", realizamos la misma operación anterior, excepto que ahora estamos en la planta superior, hallaremos los valores (L1) mediante los 5 puntos.

Se accederá al habitáculo contiguo "Sala de Ensayo" en el cual realizaremos 5 (L2) puntos también y se guardarán en el sonómetro, por último la misma operación pero sin ruido de fondo (B2).

Seguidamente, después de guardar los datos en el sonómetro, anotamos el número en un Excel para luego saber a qué punto corresponden, además es conveniente marcar el punto en el plano de AutoCAD que a continuación se contemplará. (Los planos serán anexados al final, escalados).

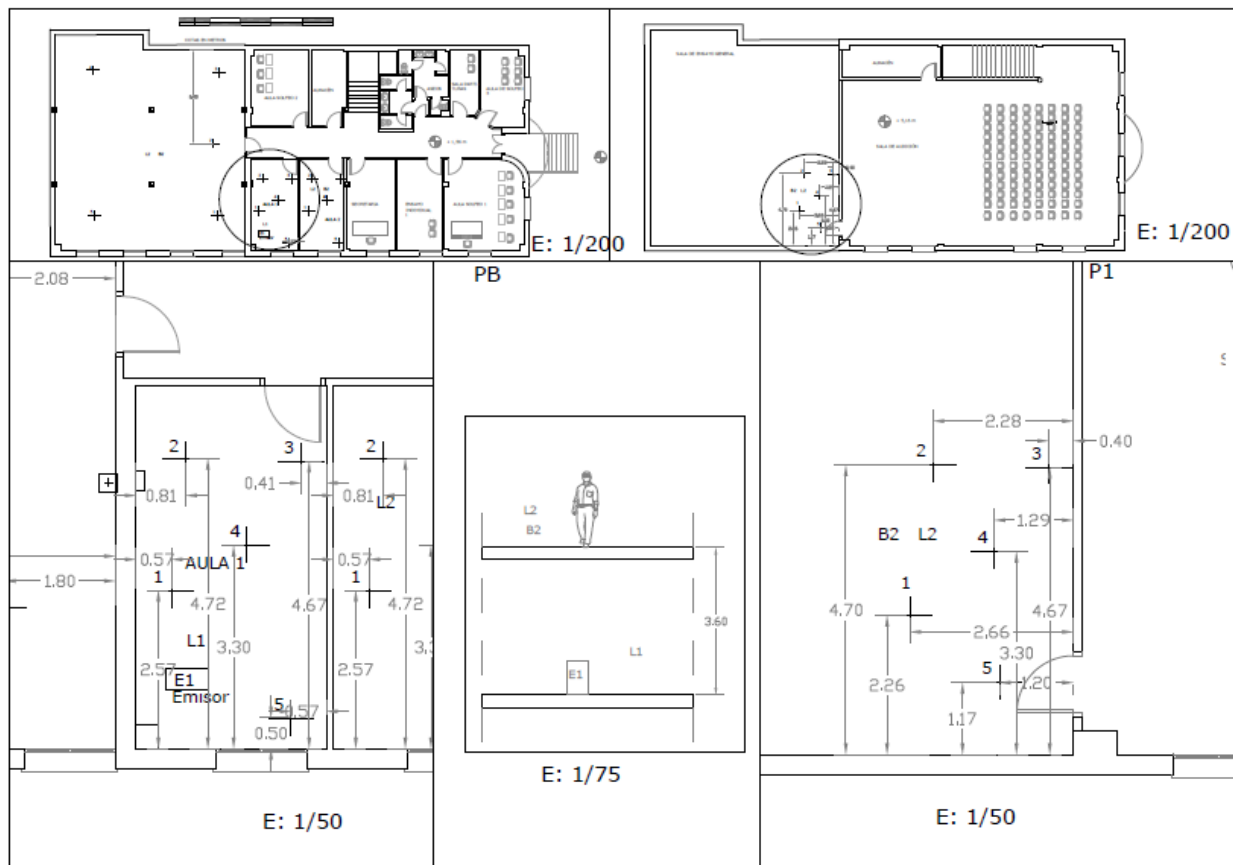


Figura 47. Medición L1, L2, B2 entre Aula 1 y Sala de Ensayo.

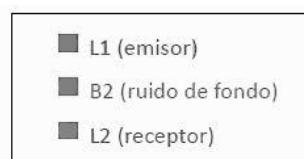


Figura 48. L1, L2, B2.

### 4.3 Mediciones de Reverberación.

El objeto de esta medición es conocer el tiempo de reverberación de las salas, que es el problema en cuestión para el que intentaré buscar una propuesta de solución adecuada.

Además la medición nos permitirá determinar los distintos parámetros de calidad como son claridad C80, definición D50, EDT Y RASTI, los cuales van a ser estudiados más adelante.

Para llevar a cabo la medición se han considerado ciertos aspectos contenidos en la norma UNE-EN ISO 354:2003 “*Medida de la absorción acústica en campo reverberante*”, en la parte de medición del tiempo de reverberación por el método de la respuesta impulsiva.

Los aparatos necesarios para realizar la medición fueron: un ordenador portátil con el software Dirac 3.0 Type 7841 de Brüel&Kjaer instalado en el mismo la fuente sonora modelo “Sound Source Type 4224” de la marca Brüel&Kjaer un acondicionador de señal y un micrófono de incidencia aleatoria de la casa Brüel&Kjaer del tipo 4189 H-41. El micrófono de incidencia aleatorio se conecta al acondicionador de señal y este al ordenador portátil, la fuente sonora también se conecta al ordenador.

Para marcar los puntos distribuidos a lo largo de las diferentes salas, se tuvieron en cuenta ciertos criterios para la posición del micrófono especificados por la norma, la cual nos indica que las posiciones del micrófono deben estar separadas entre ellas al menos 1,5m para el rango de frecuencias habitual, la distancia a cualquier superficie reflectante, incluida el suelo debe de ser al menos 1m y la distancia sobre cualquier fuente sonora debe ser al menos de 2m.

Hemos marcado 5 puntos en todas las aulas a estudiar Aula 2, Sala de Canto, Sala de Ensayo, transportamos el Emisor, con el micrófono y el Dirac en cada una de ellas.

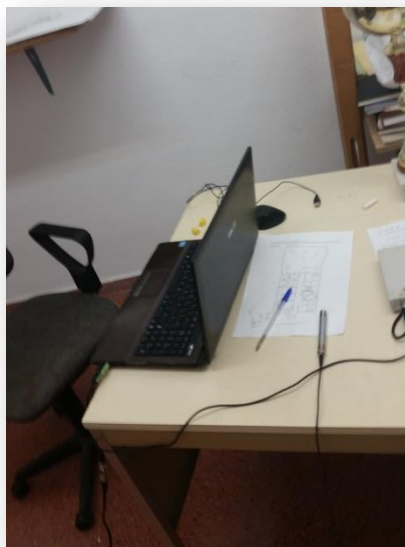


Figura 49. Portátil con Dirac y el micrófono.



Figura 50 . Medición de Reverberación (Aula 1.)

(Los planos serán anexados al final, escalados).

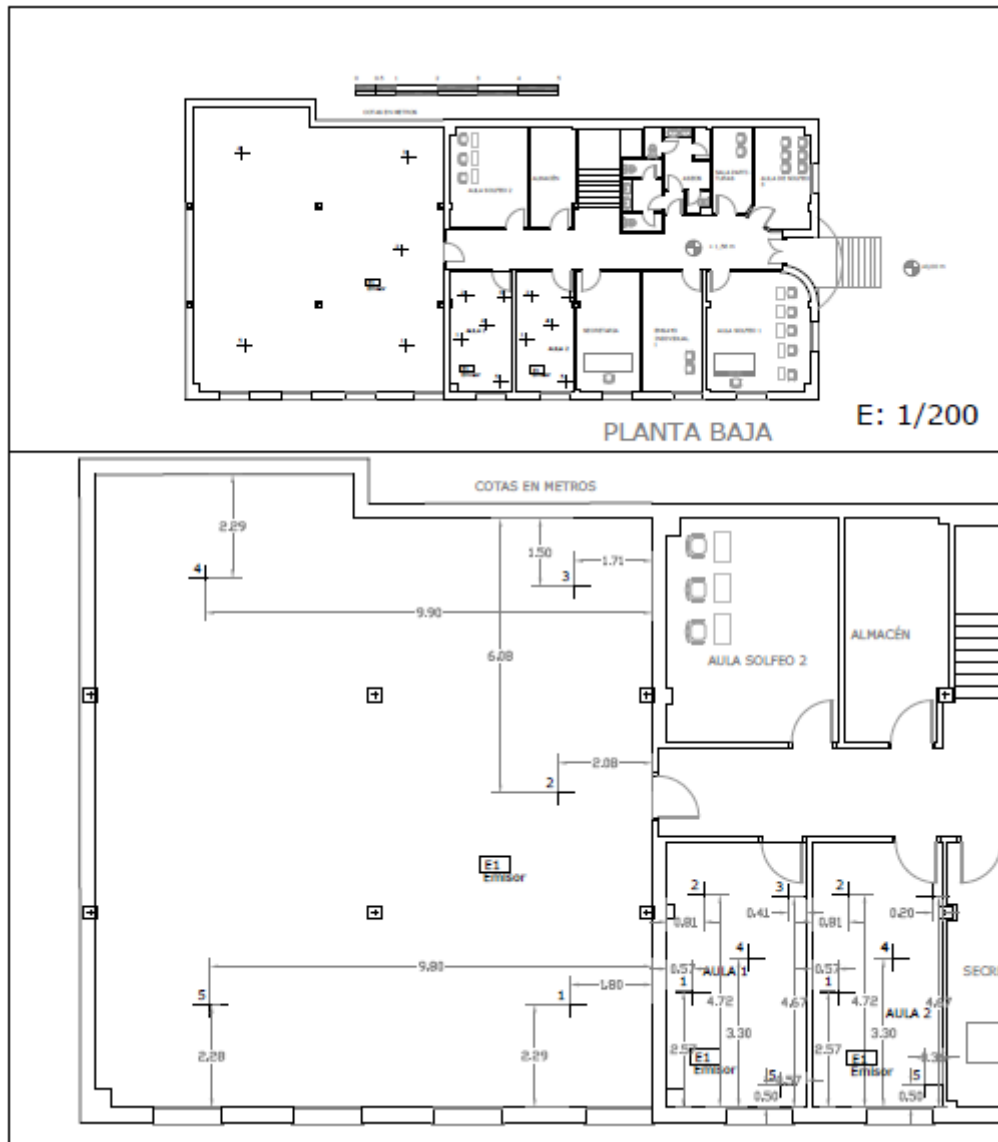


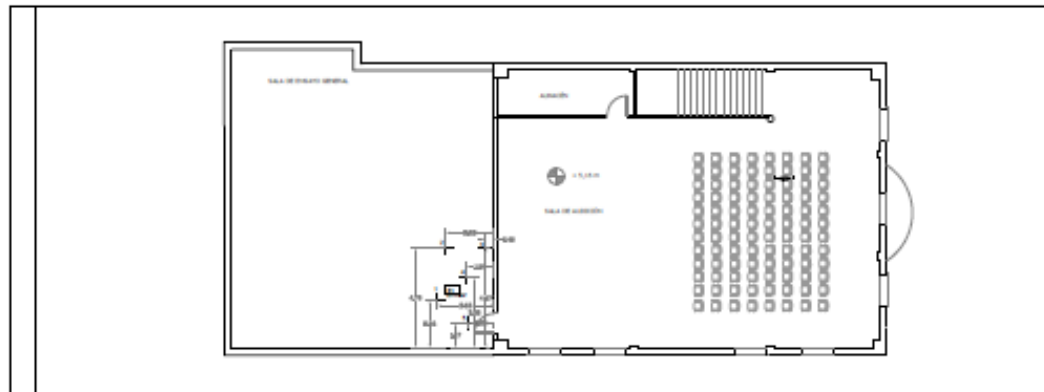
Figura 51. Plano de medición Tr en planta baja.

Una vez conectados de forma correcta todos los aparatos y comprobando que es así, procedemos a iniciar el software Dirac 3.0 el cual nos proporcionara unos determinados sonidos.

La idoneidad de estos viene definida en la norma como unos impulsos producidos por chispazos, salvas de ruido, barridos sinusoidales o secuencias de longitud máxima como señales, en nuestro caso utilizamos el modo e-Sweep, el cual produce un barrido de todas las frecuencias (dando mayor tiempo a los graves para su mejor captación) para poder obtener sus tiempos de reverberación.

Una vez posicionado el micro y habiendo escogido el modo correcto, se comprueba mediante la opción test, que con el nivel del amplificador, el micrófono no produzca saturación en la muestra puesto que esto sería poco beneficioso para la misma.

A continuación presionamos "Start", produciéndose una serie de sonidos repetidos en escala de frecuencias, o lo que la norma menciona excitación del recinto, con la cual la fuente impulsiva debe ser capaz de producir un nivel de presión acústica de pico suficiente para garantizar una curva de decrecimiento empezando al menos 35 dB por encima del ruido de fondo. Los datos obtenidos servirán para el cálculo del aislamiento y otros importantes como la claridad (C80,C50), reverberaciones (TR20,TR30), o el uso de palabra, entre otros.



P1-E: 1/200

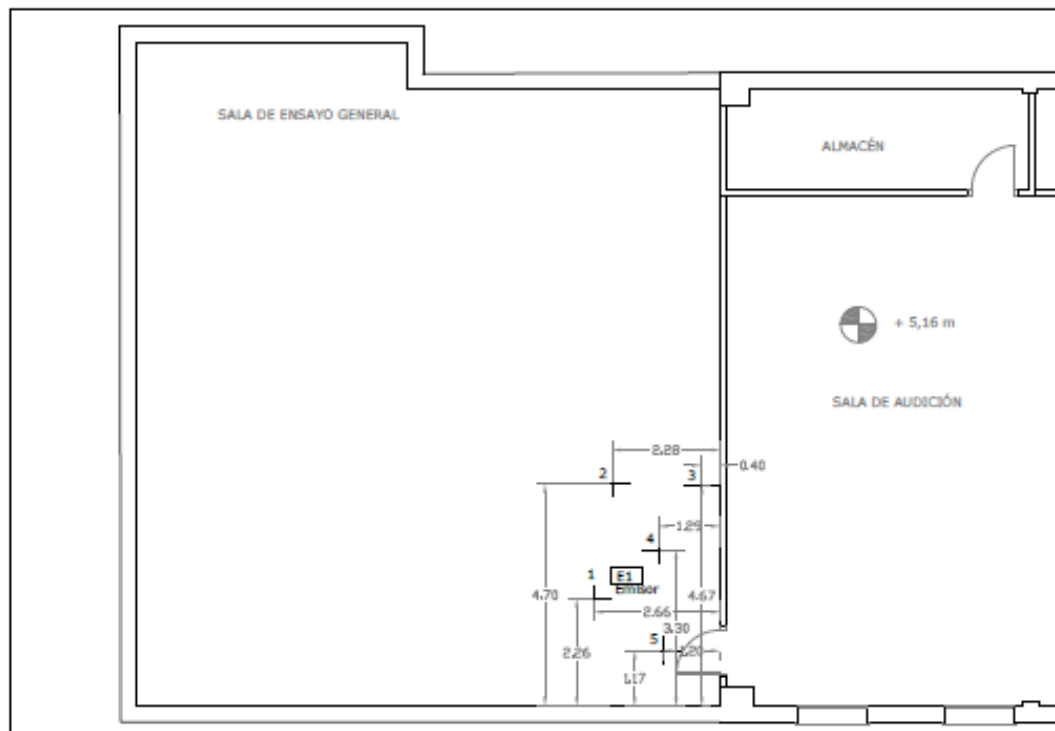


Figura 52. Plano de medición Tr en Planta Primera

## 5. ANÁLISIS DE MEDICIONES Y PARÁMETROS DE CALIDAD.

## 5.1 Aislamiento.

A continuación se cita la normativa del CTE-DB-HR para el aislamiento: *“para satisfacer las exigencias básicas contempladas en el artículo 14 de este Código deben cumplirse las condiciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que estas condiciones se aplicarán a los elementos constructivos totalmente acabados, es decir, albergando las instalaciones del edificio o incluyendo cualquier actuación que pueda modificar las características acústicas de dichos elementos.*

*Con el cumplimiento de las exigencias anteriores se entenderá que el edificio es conforme con las exigencias acústicas derivadas de la aplicación de los objetivos de calidad acústica al espacio interior de las edificaciones incluidas en la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido y sus desarrollos reglamentarios.”*

### 5.1.1. Aislamiento acústico a ruido aéreo.

CTE-DB-HR ,2.1 Valores límite de aislamiento:

*“Los elementos constructivos interiores de separación, así como las fachadas, las cubiertas, las medianerías y los suelos en contacto con el aire exterior que conforman cada recinto de un edificio deben tener, en conjunción con los elementos constructivos adyacentes, unas características tales que se cumpla:*

#### **En los recintos protegidos:**

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

*El índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, de la tabiquería no será menor que 33 dBA. Protección frente al ruido generado en recintos no pertenecientes a la misma unidad de uso:*

*El aislamiento acústico a ruido aéreo, DnT, A, entre un recinto protegido y cualquier otro recinto habitable o protegido del edificio no perteneciente a la misma unidad de uso y que no sea recinto de instalaciones o de actividad, colindante vertical u horizontalmente con él, no será menor que 50 dBA, siempre que no compartan puertas o ventanas.*

*Cuando sí las compartan, el índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, de éstas no será menor que 30 dBA y el índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, del cerramiento no será menor que 50 dBA.*

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

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



**"b) En los recintos habitables:**

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

*El aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{nT, A}$ , entre un recinto habitable y cualquier otro recinto habitable o protegido del edificio no perteneciente a la misma unidad de uso y que no sea recinto de instalaciones o de actividad, colindante vertical u horizontalmente con él, no será menor que **45 dBA**, siempre que no compartan puertas o ventanas.*

*Cuando sí las compartan y sean edificios de uso residencial (público o privado) u hospitalario, el índice global de reducción acústica, ponderado A,  $RA$ , de éstas no será menor que 20 dBA y el índice global de reducción acústica, ponderado A,  $RA$ , del cerramiento no será menor que **50 dBA**. "*

**Impacto acústico entre el exterior y el interior:**

A continuación vamos a estudiar el impacto acústico entre el exterior y el interior del recinto:

Según el CTE-DB-HR, "Tabla 2.1 Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m,nT,Atr}$ , en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día,  $L_d$ ":

*"Protección frente al ruido procedente del exterior:*

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

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

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

<sup>(1)</sup> En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

Figura 53 . Tabla 2.1 Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo.

"El valor del índice de ruido día,  $L_d$ , puede obtenerse en las administraciones competentes o mediante consulta de los mapas estratégicos de ruido. En el caso de que un recinto pueda estar expuesto a varios valores de  $L_d$ , como por ejemplo un recinto en esquina, se adoptará el mayor valor.

Cuando no se disponga de datos oficiales del valor del índice de ruido día,  $L_d$ , se aplicará el valor de **60 dBA** para el tipo de área acústica relativo a sectores de territorio con predominio de suelo de uso residencial. Para el resto de áreas acústicas, se aplicará lo dispuesto en las normas reglamentarias de desarrollo de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas."

Como vemos en el software "CTE DB-HR", obtenemos el aislamiento de nuestra fábrica con revestimiento continuo, sin cámara o con cámara de aire no ventilada, aislamiento por el interior.

Descriptor	Conjunto			Hoja principal			Hoja interior				Fuente	
	$R_a$	$R_{alt}$	m	$R_a$	$R_{alt}$	m	$R_a$	$R_{alt}$	m	$\Delta R_a$		$\Delta R_{alt}$
RE + LP 115 + AT + LH 40 + Enl 15	50	47	202	-	-	-	31	28	55	-	-	Catálogo de Elementos Constructivos

Figura 54. Cerramiento exterior semejante al actual estudio, según CTE.

Por tanto, como mi municipio no consta de datos oficiales tomaremos como referencia 60 dB por lo que nuestro aislamiento tendrá que aislar como mínimo **30 dB**, es decir el ruido transmitido será menor o igual a 30 dB.

### Transmisión entre exterior - Interior

Por lo que la transmisión de ruido aéreo en el conjunto de la fachada, y considerando en 60 dB el ruido producido en el exterior, y que nuestro cerramiento tiene un aislamiento de 50 dB según CTE.

**Rf= Ruido Transmitido =?**

**Ne= Nivel exterior= 60 dB**

**Af= Aislamiento global fachada. (50 dB)**

$R_t = N_e - A_f = 60 \text{ dB} - 47 \text{ dB} = 13 \text{ dB} > 30 \text{ dB}$ , CUMPLE, por lo tanto el ruido transmitido es menor a la normativa.

No obstante se procederá a reforzar mediante un trasdosado de panel de yeso laminado y aislante para un mejor aislamiento.

En caso de ruido interior a exterior, la partición es la misma que entre la aula 1 y sala de canto así que la tomaremos como ejemplo, que veremos en el punto 5.1.3.

### 5.1.2. Zonificación

Según el CTE, entendemos por:

**Recinto de actividad:** Aquellos recintos, en los edificios de uso residencial (público y privado), hospitalario o administrativo, en los que se realiza una actividad distinta a la realizada en el resto de los recintos del edificio en el que se encuentra integrado, siempre que el nivel medio de presión sonora estandarizado, ponderado A, del recinto sea mayor que 70 dBA. Por ejemplo, actividad comercial, de pública concurrencia, etc. **A partir de 80dBA se considera recinto ruidoso.** Todos los aparcamientos se consideran recintos de actividad respecto a cualquier uso salvo los de uso privativo en vivienda unifamiliar.

**Recinto de instalaciones:** Recinto que contiene equipos de instalaciones colectivas del edificio, entendiéndose como tales, todo equipamiento o instalación susceptible de alterar las condiciones ambientales de dicho recinto. A efectos de este DB, el recinto del ascensor no se considera un recinto de instalaciones a menos que la maquinaria esté dentro del mismo.

**Recinto habitable:** Recinto interior destinado al uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. Se consideran recintos habitables los siguientes:

- a) habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales;
- b) aulas, salas de conferencias, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente;
- c) quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario u hospitalario;
- d) oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo;
- e) cocinas, baños, aseos, pasillos. Distribuidores y escaleras, en edificios de cualquier uso;
- f) cualquier otro con un uso asimilable a los anteriores.

**Recinto protegido:** Recinto habitable con mejores características acústicas. Se consideran recintos protegidos los recintos habitables de los casos a), b), c), d).

Por lo tanto, consideramos que en toda sala que se vaya a utilizar instrumentos musicales, serán recinto de actividad. Las aulas de solfeo, despachos o sala de reunión, se consideran habitables protegidos, los restantes recintos habitables.

A continuación estudiaremos la zonificación en nuestro caso de la PB y P1, desestimamos el sótano pues es no habitable y no se prescindirá de cualquier uso acústico, en la zonificación veremos lo que debe aislar el cerramiento a estudiar, por lo que contrastaremos a posteriori con las pruebas obtenidas de los ensayos.

Por último, se procederá a ver si cumple o no con el CTE-DB-HR, para su posterior análisis y propuesta de reforma si procede.

## Zonificación Planta Baja:

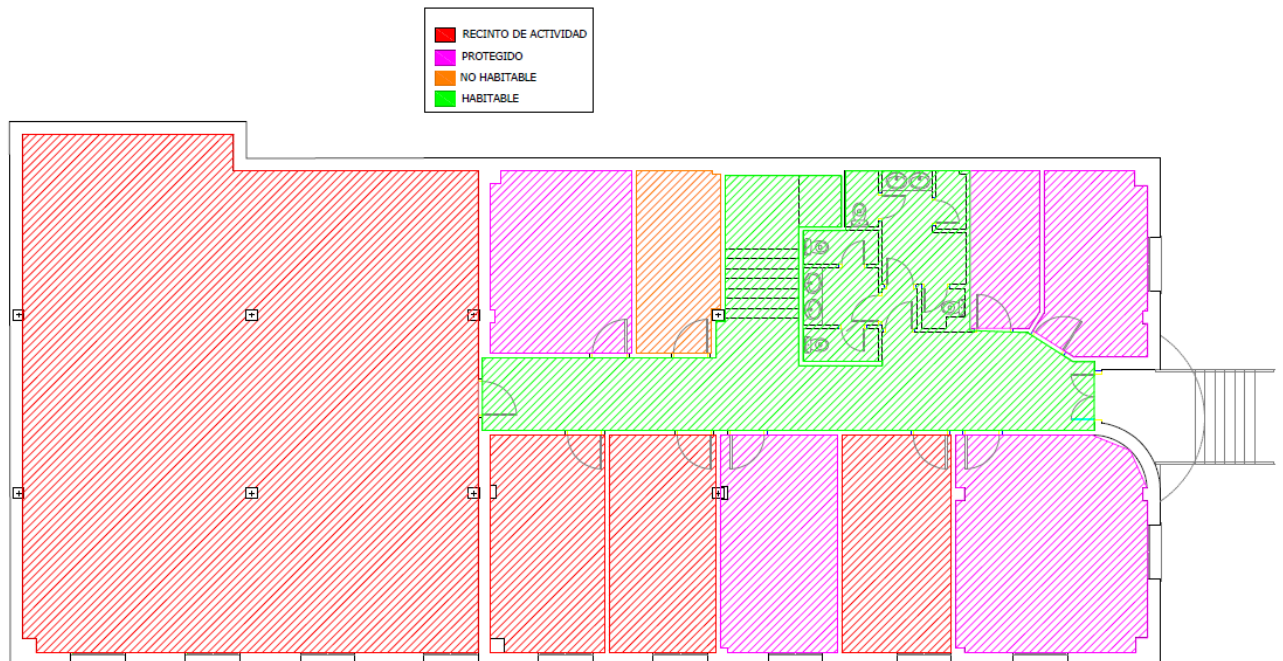


Figura 55. Zonificación según CTE.(P1).

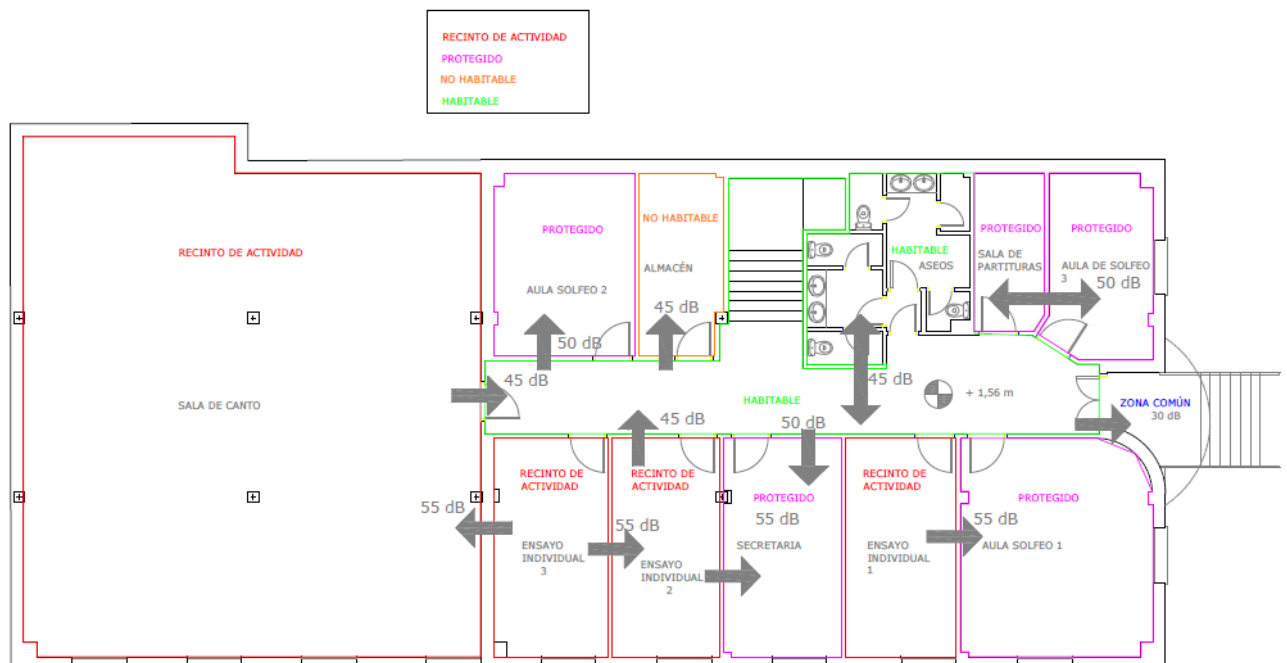


Figura 56. Zonificación según CTE.(PB).

## Zonificación Planta Primera:

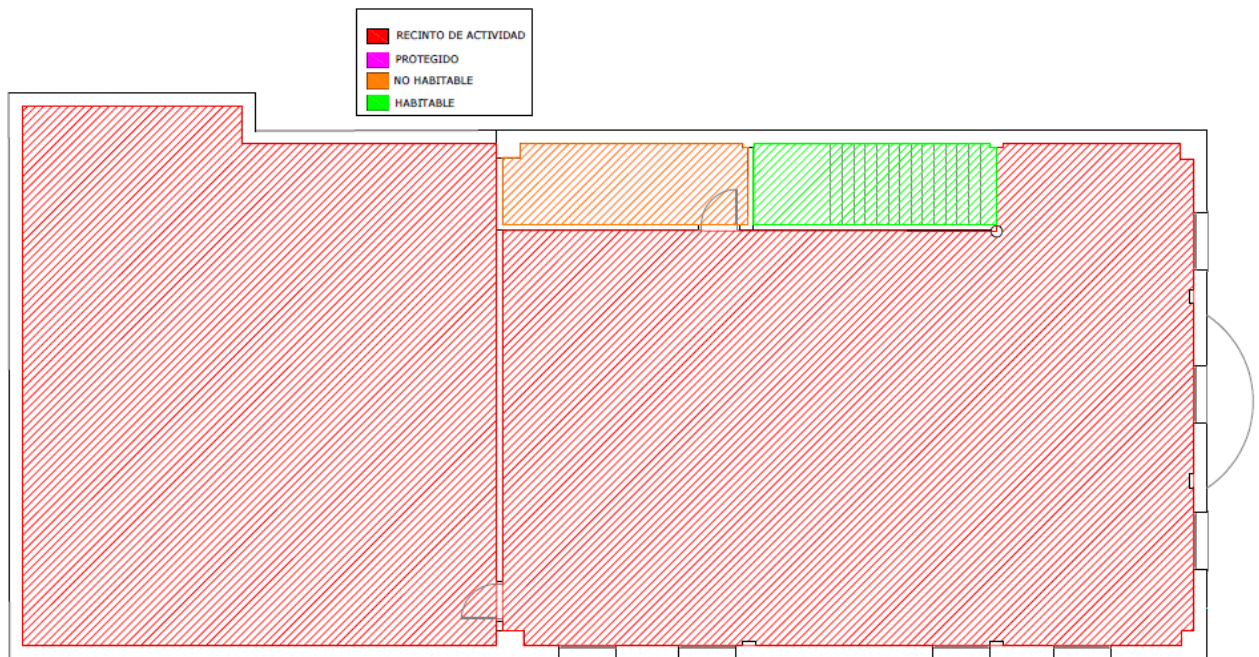


Figura 57. Zonificación según CTE.(P1).

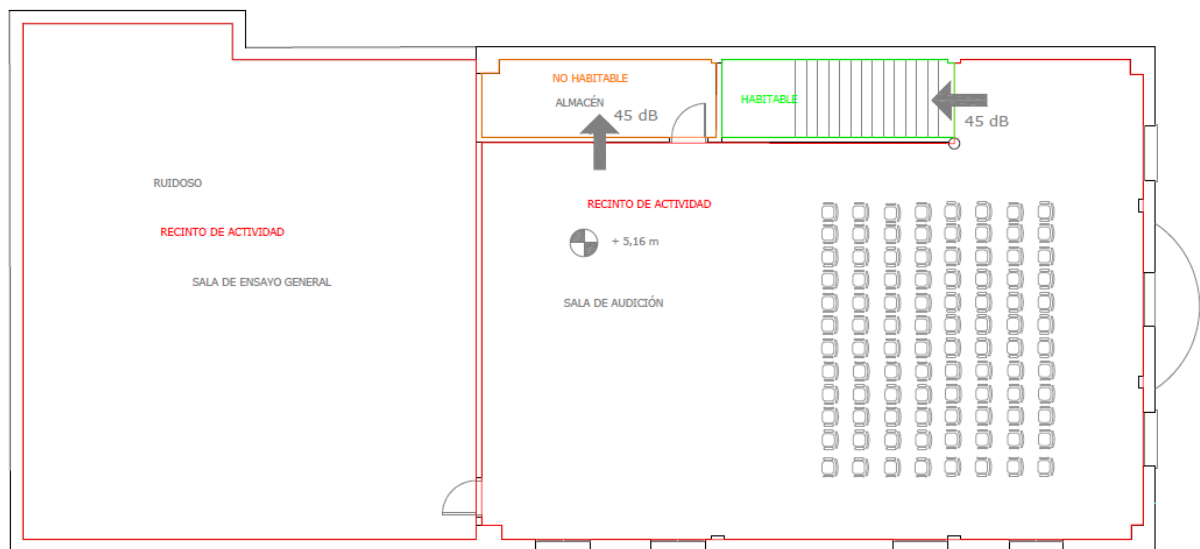
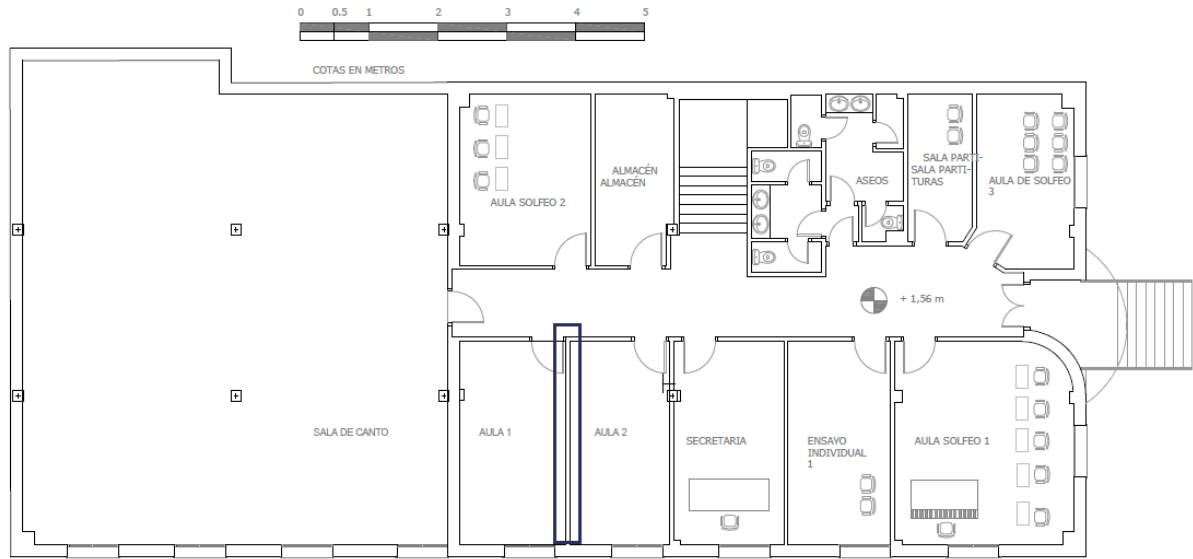


Figura .58 Zonificación según CTE.(P1).

### 5.1.3. Cálculo del Aislamiento.

- Aula1-Aula 2.



PLANTA BAJA

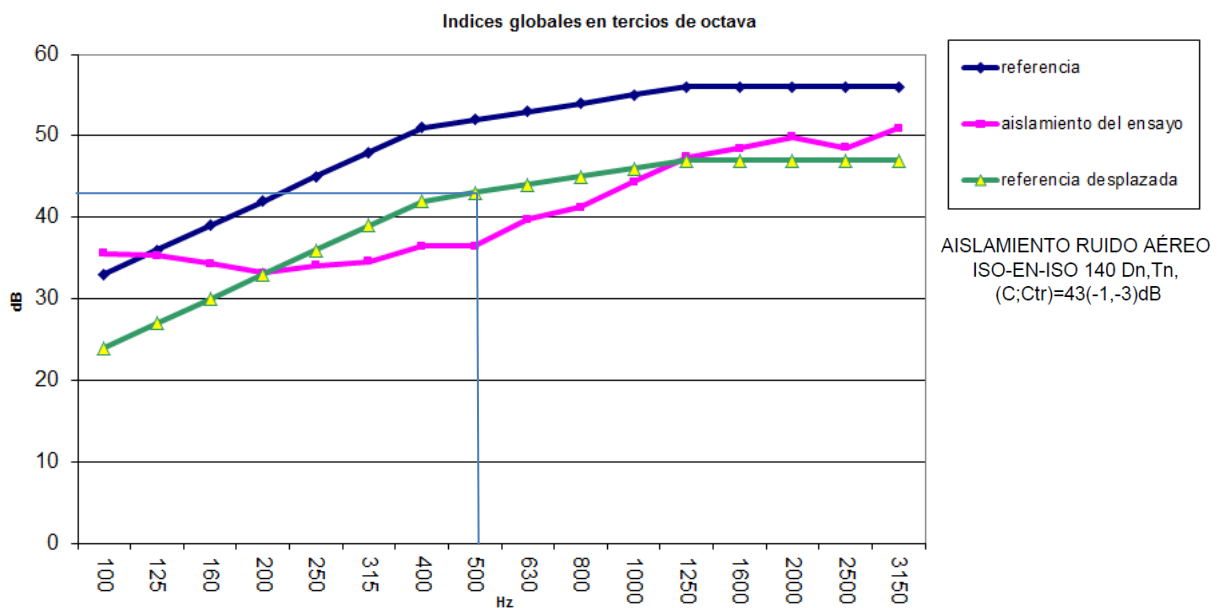
Figura 59 .Partición Aula1 –Aula2.

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k
L1 med	88,36	93,86	94,78	94,83	93,65	93,42	91,68	91,91	90,15	89,93	87,58	85,22	85,09	83,39	79,09	76,44
L2 med	57,03	63,48	64,29	65,55	63,54	62,46	58,43	58,31	53,84	51,57	46,12	40,60	39,43	35,98	32,66	27,96
B2 med	33,54	39,62	35,62	35,07	24,60	21,52	20,00	20,02	20,00	20,00	20,86	20,00	20,00	20,51	20,27	20,00
T20 med	1,33	1,56	1,22	1,23	1,26	1,14	1,05	0,96	1,11	0,97	0,97	0,94	0,95	0,88	0,77	0,73

Tabla 3. Puntos de ensayo

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k
L2correc.	57,03	63,48	64,29	65,55	63,54	62,46	58,43	58,31	53,84	51,57	46,12	40,60	39,43	35,98	32,40	27,20
diferencia	31,34	30,38	30,49	29,28	30,11	30,96	33,25	33,60	36,31	38,36	41,46	44,62	45,66	47,41	46,70	49,23
DNT/difer TR	35,59	35,31	34,35	33,20	34,11	34,53	36,45	36,44	39,76	41,25	44,36	47,35	48,45	49,86	48,56	50,89
Ref Aj TR	24,00	27,00	30,00	33,00	36,00	39,00	42,00	43,00	44,00	45,00	46,00	47,00	47,00	47,00	47,00	47,00
Desviación	0,00	0,00	0,00	0,00	1,89	4,47	5,55	6,56	4,24	3,75	1,64	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla4. Cálculos de ensayo

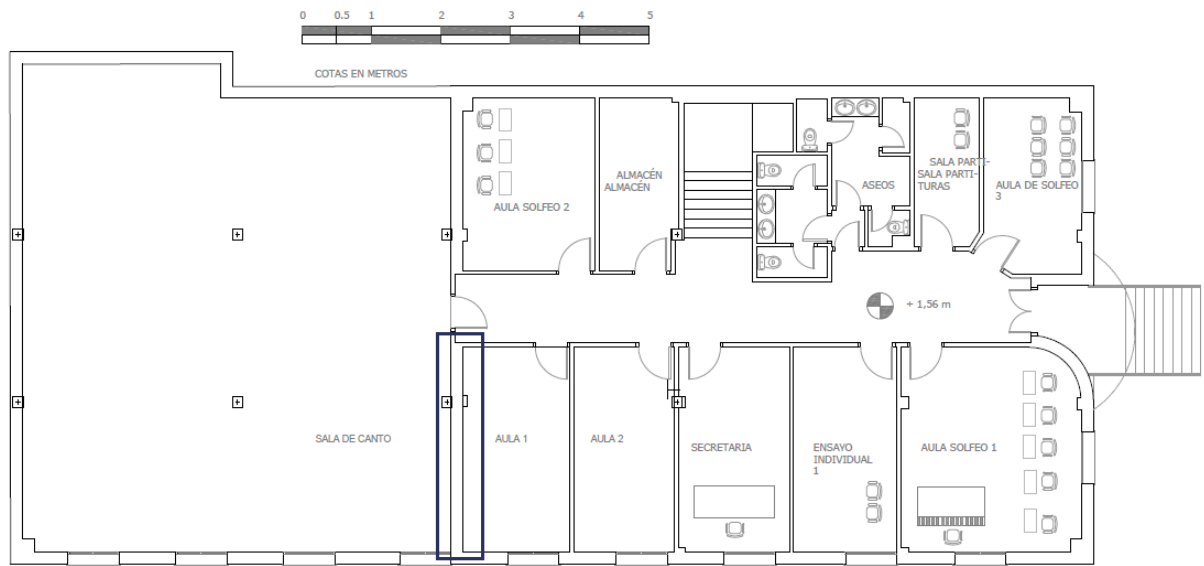


**AISLAMIENTO RUIDO AÉREO**  
 ISO-EN-ISO 140 Dn,Tn,  
 (C;Ctr)=43(-1,-3)dB

Figura 60. Gráfico índices globales

Según el “CTE-DB-HR ,2.1 Valores límite de aislamiento “, citado en apartados anteriores, para el aislamiento entre recintos protegidos, establece un DnT, A no menor que 55 dBA entre recinto protegido y recinto de Actividad. En la medición realizada “in situ” obtenemos un DnT de 43 dBA, por tanto la partición **NO CUMPLE** con los requisitos mínimos de la norma.

- Aula1-Sala de Canto



PLANTA BAJA

Figura 61 . Partición Sala de Canto y Aula 1.

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k
L1 med	88,36	93,86	94,78	94,83	93,65	93,42	91,68	91,91	90,15	89,93	87,58	85,22	85,09	83,39	79,09	76,44
L2 med	47,79	54,56	56,21	56,78	54,08	52,58	49,28	49,15	45,13	43,00	39,21	34,13	34,31	32,84	27,71	20,51
B2 med	27,00	22,03	24,35	22,98	20,00	20,96	21,27	20,02	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,27	20,00
T20 med	0,63	0,71	0,77	0,68	0,78	1,01	1,04	1,28	1,20	1,13	1,21	1,24	1,17	1,04	0,88	0,80

Tabla 5. Puntos de ensayo.

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k
L2correc.	47,79	54,56	56,21	56,78	54,08	52,58	49,28	49,15	45,13	43,00	39,21	33,96	34,15	32,60	26,85	19,21
diferencia	40,58	39,31	38,57	38,05	39,57	40,84	42,41	42,76	45,02	46,93	48,37	51,26	50,94	50,79	52,25	57,23
DNT/difer TR	41,59	40,84	40,43	39,37	41,51	43,87	45,58	46,83	48,81	50,49	52,21	55,22	54,62	53,96	54,72	59,28
Ref Aj TR	32,00	35,00	38,00	41,00	44,00	47,00	50,00	51,00	52,00	53,00	54,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00
Desviación	0,00	0,00	0,00	1,63	2,49	3,13	4,42	4,17	3,19	2,51	1,79	0,00	0,38	1,04	0,28	0,00

Tabla 6. Cálculos de ensayo

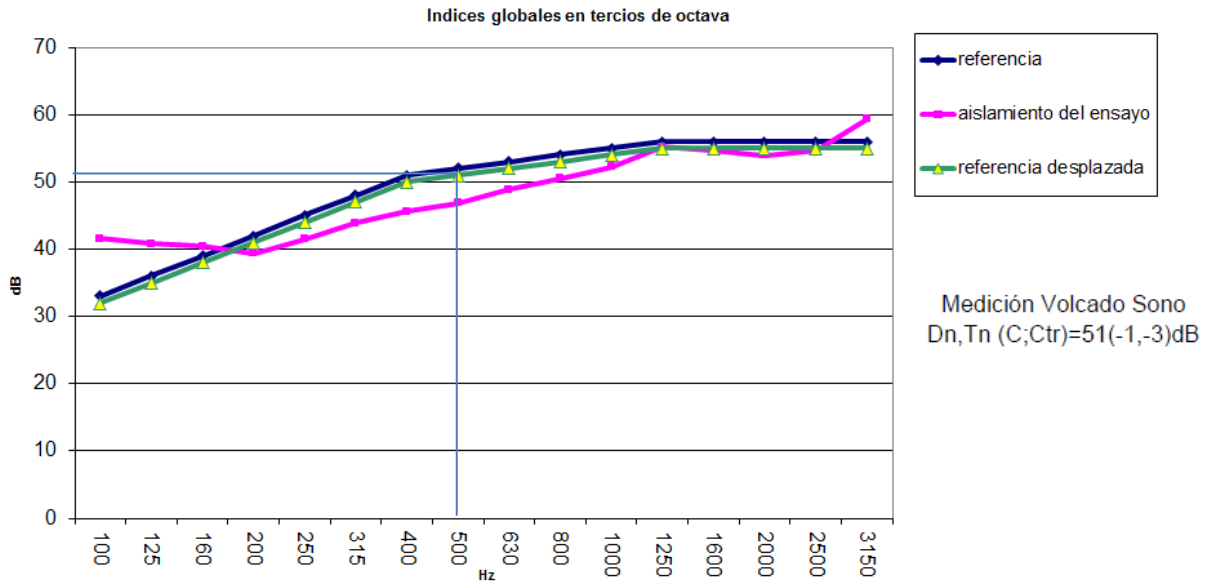


Figura n 62 -Gráfico índices globales

Según el CTE HR para el aislamiento entre un recinto Protegido y recinto de Actividad, se establece un DnT, A no menor que **55 dBA**. En la medición realizada "in situ" obtenemos un DnT de **51 dBA**, por tanto la partición **NO CUMPLE** con los requisitos mínimos de la norma.

- Edificio - Exterior

### Aislamiento interior-exterior

Vamos comprobar si cumple, simulándolo mediante el software DB-HR, ya que en la fachada hay huecos y se puede perder aislamiento:





## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas  
Caso: Fachadas

Proyecto	UNIÓ MUSICAL XERACO	
Autor	SALVADOR GEA PEREZ	
Fecha	07/05/2016	
Referencia	SIN REFORMA: AISLAMIENTO ENTRE RECINTO CULTURAL Y EXTERIOR	

Características técnicas del recinto 1					
<b>Soluciones Constructivas</b>					
Sección Separador	EN15+LP115+TP+LH50+TP60+2PY				
Sección Flanco F1	EN15+LP115+TP+LH50+TP60+2PY				
Sección Flanco F2	EN15+LP115+TP+LH50+TP60+2PY				
Sección Flanco F3	EN15+LP115+TP+LH50+TP60+2PY				
Sección Flanco F4	EN15+LP115+TP+LH50+TP60+2PY				
<b>Parámetros Acústicos</b>					
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_{n,r}$ (dBA)	
Sección Separador	308		202	47	
Sección Flanco F1	0	0	202	47	
Sección Flanco F2	0	0	202	47	
Sección Flanco F3	0	0	202	47	
Sección Flanco F4	104	13	202	47	

Características técnicas del recinto 2					
Tipo de Recinto	Cultural, docente, administrativo y religioso Aulas	Volumen	1730		
<b>Soluciones Constructivas</b>					
Sección Separador	EN15+LP115+TP+LH50+TP60+2PY				
Suelo f1	U_BH 350 mm				
Techo f1	U_BH 350 mm				
Pared f3	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)				
Pared f4	Enl 15 + LHD 70 + Enl 15 (valores mínimos)				
<b>Parámetros Acústicos</b>					
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_{n,r}$ (dBA)	$\Delta R_{n,r}$ (dBA)
Sección Separador	308		202	47	
Suelo f1	20	0	413	52	-
Techo f1	20	0	413	52	0
Pared f3	10	0	89	33	-
Pared f4	10	13	89	33	-

Huecos en el separador					
		$S$ (m <sup>2</sup> )	$R_{n,r}$ (dBA)	$R_A$ (dBA)	$\Delta R_{n,r}$ (dBA)
Ventanas , puertas y lucernarios	Hueco 1	20	32	35	-3
	Hueco 2	0.24	-	-	0
	Hueco 3	0	-	-	0
	Hueco 4	0	-	-	0



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas  
Caso: Fachadas

Vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Vías de transmisión aérea	transmisión directa I	$D_{n,e1,Air}$ (dBA)	0
	transmisión directa II	$D_{n,e2,Air}$ (dBA)	0
	transmisión indirecta	$D_{n,s,Air}$ (dBA)	0

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	$K_{Ff}$	$K_{Fd}$	$K_{Df}$
fachada - suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	6.2	10.6	6.2
fachada - techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	6.2	10.6	6.2
fachada - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	6.4	1.4	6.4
fachada - pared	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	6.4	1.4	6.4

Transmisión de Ruido del exterior				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{2n,nT,Air}$ (dBA)	45	30	CUMPLE

Por lo tanto, como vemos el resultado mediante la simulación es de 45 dB muy cercana a los 43 dB calculados, por lo que ambos son  $> 30$  dB y cumplen con la normativa, no obstante lo reforzaremos con un trasdosado de panel de yeso laminado.

• Aula1-Sala Ensayo.

Planta 1ª: Sala de Ensayo.

Planta Baja: Aula 1.

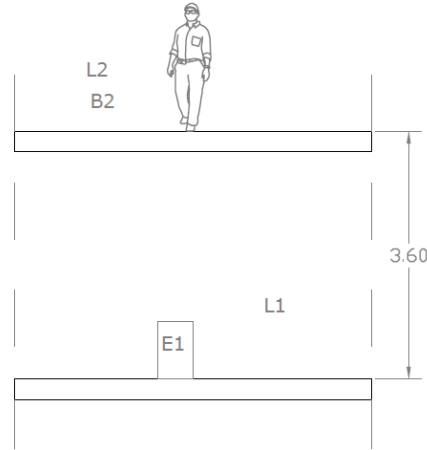


Figura 63. Medición L1, L2, B2 entre Aula 1 y Sala de Ensayo

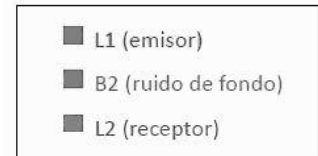


Figura 64. L1, L2, B2.

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k
L1 med	88,36	93,86	94,78	94,83	93,65	93,42	91,68	91,91	90,15	89,93	87,58	85,22	85,09	83,39	79,09	76,44
L2 med	38,30	47,39	47,02	50,13	48,82	46,59	44,34	41,86	37,40	35,51	28,28	24,07	22,41	20,00	20,00	20,00
B2 med	30,95	21,97	21,85	21,76	21,15	23,02	21,92	23,20	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,27	20,00
T20 med	0,72	0,78	0,80	0,97	0,88	1,23	1,31	1,33	1,36	1,36	1,30	1,34	1,29	1,17	1,09	0,99

Tabla 7. Puntos de Ensayo.

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k
L2correc.	37,41	47,39	47,02	50,13	48,82	46,59	44,34	41,86	37,40	35,51	27,58	22,77	21,11	18,70	18,70	18,70
diferencia	50,95	46,47	47,76	44,71	44,83	46,83	47,34	50,05	52,75	54,43	60,00	62,45	63,98	64,69	60,39	57,74
DNT/difer TR	52,52	48,41	49,82	47,58	47,29	50,74	51,52	54,30	57,11	58,76	64,16	66,73	68,11	68,36	63,76	60,72
Ref A) TR	33,00	36,00	39,00	42,00	45,00	48,00	51,00	52,00	53,00	54,00	55,00	56,00	56,00	56,00	56,00	56,00
Desviación	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 8. Cálculos de Ensayo.

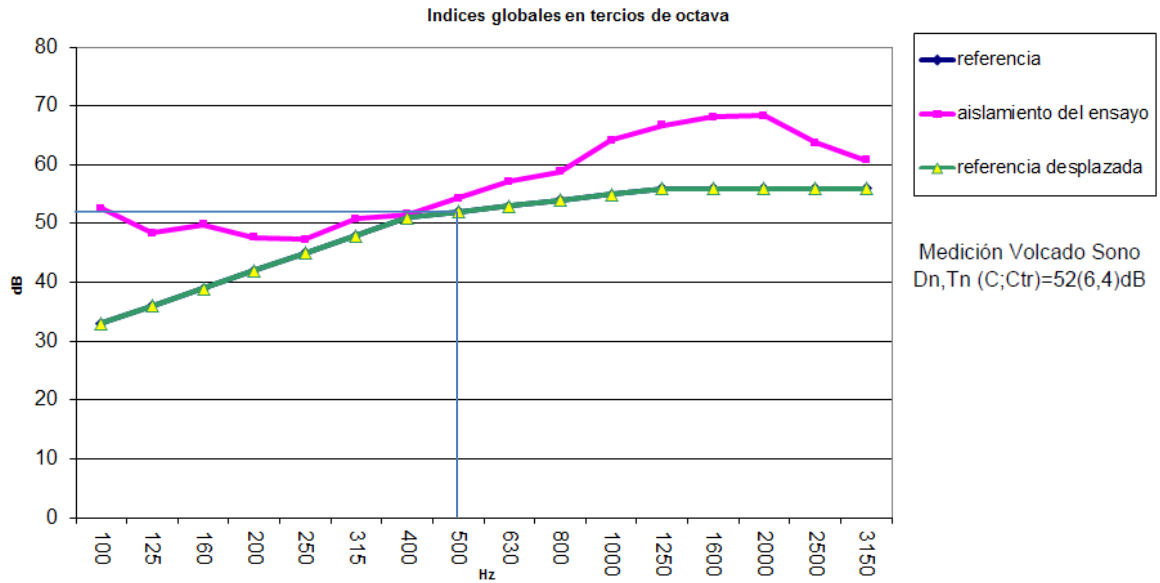


Figura n65. Gráfico índices globales

En este caso , el aislamiento es más alto, Según el CTE HR para el aislamiento entre recinto protegido y recinto actividad, establece un DnT, A no menor que **55 dBA**. En la medición realizada "in situ" obtenemos un DnT de **52 dBA**, por la partición **NO CUMPLE** con los requisitos mínimos de la norma.



Figura nº 66. Absorción Acústica: hueveras.



Figura nº 67. Absorción Acústica: Poliestireno Expandido.

## 5.2 Parámetros de calidad.

### 5.2.1. Tiempo de reverberación.

El tiempo de reverberación es el parámetro que se va a estudiar en profundidad.

Para ello se van a estudiar el EDT, TR10, TR20 y TR30, se compararan los valores obtenidos, a lo que se le llama grado de reverberación.

Dentro de cada parámetro se analizará el valor en cada punto que se ha realizado la medición, además de la media de todos ellos con su desviación estándar.

#### 5.2.1.1 Early Decay Time (EDT)

El EDT se define como seis veces el tiempo que transcurre desde que la fuente sonora deja de radiar hasta que le nivel cae 10 dB.

El EDT está más relacionado con la impresión subjetiva de viveza que el RT, utilizado tradicionalmente. Esto significa que, en todos aquellos puntos de una sala con un EDT significativamente menor que el RT, la sala resultara, desde un punto de vista subjetivo, más apagada de lo que deduciría del valor de RT.

Con objeto de garantizar una buena difusión del sonido en una sala ocupada, es preciso que el valor medio de los EDT correspondientes a las frecuencias de 500Hz y 1 kHz sea de mismo orden que RTmid.

A continuación se exponen los valores obtenidos:

- **Aula 2**

Puntos	Frecuencias (Hz).																		EDT Mid.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Punto 1	0,97	1,35	1,43	1,48	1,07	1,11	1,17	1,18	1,08	1,28	1,17	1,11	0,98	0,75	0,82	0,77	0,85	0,73	1,18
Punto 2	1,06	1,40	1,35	1,24	0,90	1,04	0,67	0,79	1,03	1,10	0,99	1,03	0,87	0,76	0,89	0,92	0,79	0,78	0,89
Punto 3	1,33	0,67	1,08	1,22	1,26	0,97	0,76	0,96	1,10	0,86	0,89	0,90	0,85	0,71	0,74	0,74	0,49	0,60	0,92
Punto 4	0,89	1,42	1,48	1,30	1,41	1,25	1,08	1,16	1,20	1,06	1,06	1,01	0,98	0,72	0,82	0,77	0,80	0,76	1,11
Punto 5	0,83	1,62	1,38	1,30	1,12	1,26	0,89	0,68	0,86	0,97	0,93	0,87	1,05	0,76	0,73	0,69	0,74	0,79	0,81

Tabla 9. Puntos de Ensayo.

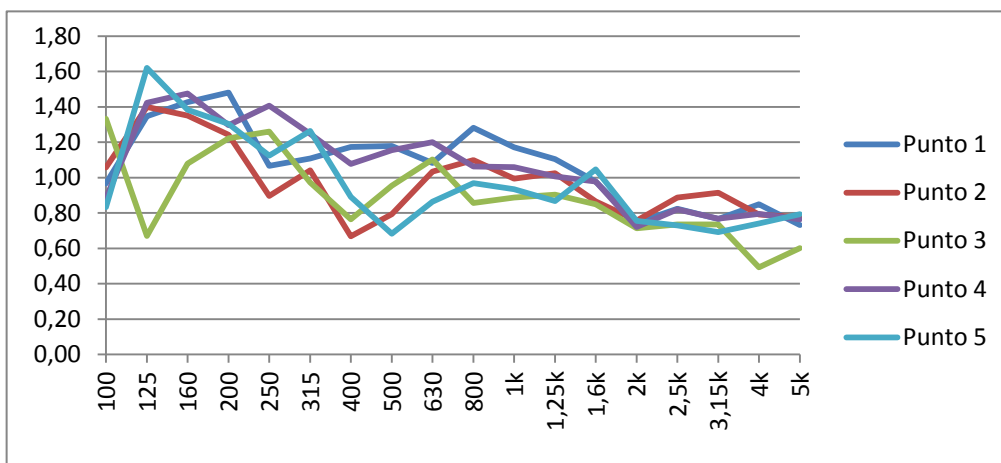


Figura 68. Gráfico índices global

Como podemos ver en la media (EDT Mid.) observamos que los resultados varían entre el 0,81 al 1,18 por lo que son bastante uniformes, son valores lineales, destacamos únicamente dos picos en bajas frecuencias (125 Hz), posiblemente debido a la tabiquería.

Con los valores obtenidos de los 5 puntos, hemos calculado el EDT medio de la sala, con esto se procede a ilustrar mediante una gráfica la curva tonal, representada por su Desviación Estándar.

DATOS	Frecuencias (Hz).																		EDT Mid.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
EDT medio	1,00	1,36	1,38	1,32	1,15	1,15	0,87	0,92	1,00	1,03	1,01	0,96	0,95	0,76	0,79	0,76	0,74	0,72	<b>0,96</b>
Des. Estandar	0,18	0,36	0,17	0,10	0,17	0,13	0,22	0,21	0,18	0,15	0,10	0,10	0,08	0,05	0,07	0,09	0,13	0,08	
Des. Mínima	0,83	0,67	1,08	1,22	0,90	0,97	0,64	0,68	0,72	0,86	0,89	0,87	0,85	0,71	0,73	0,67	0,49	0,60	
Des. Máxima	1,33	1,69	1,57	1,48	1,41	1,29	1,17	1,18	1,20	1,28	1,17	1,11	1,05	0,86	0,89	0,92	0,85	0,79	

Tabla 10. Cálculos de Ensayo.

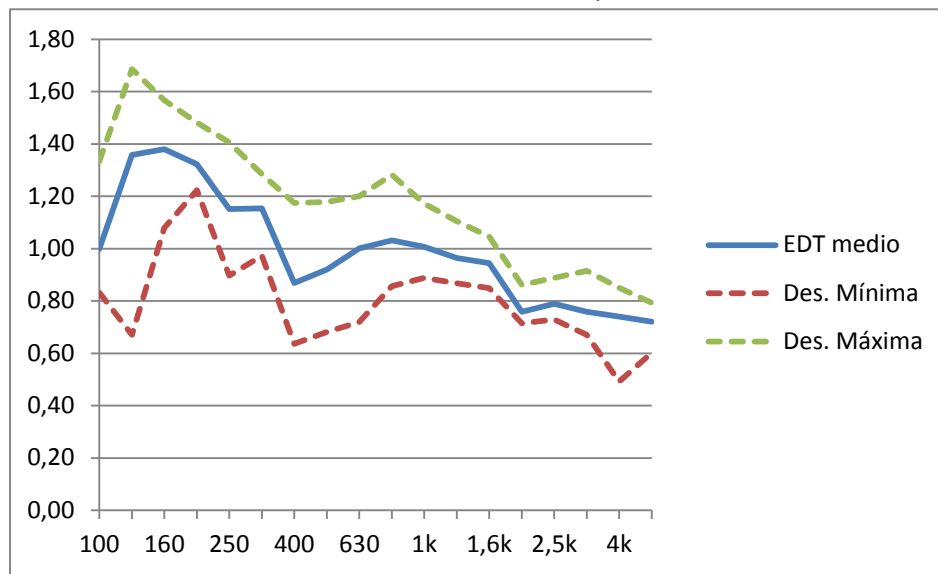


Figura 69. EDT medio.

A partir de los valores medios también se ha obtenido el EDTmid, el cual resulta de la media del EDT de las frecuencias 500Hz y 1000Hz. El valor obtenido del EDTmid es de **0,96 segundos**.

El EDT debe ser un valor semejante al del tiempo de reverberación para que haya una buena difusión del sonido.

- **Sala de Canto.**

Puntos	Frecuencias (Hz).																		EDT Mid.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Punto 1	0,54	0,87	0,48	0,54	0,86	0,75	1,33	0,57	1,07	1,09	1,33	1,26	1,16	0,83	0,87	0,72	0,88	0,62	0,95
Punto 2	0,51	1,00	0,36	0,55	0,44	1,21	1,09	1,13	0,80	1,27	1,18	1,08	0,95	0,97	0,81	0,85	0,79	0,59	1,15
Punto 3	0,58	0,65	0,66	0,82	0,73	0,71	1,00	0,98	1,22	1,28	1,33	1,30	1,19	1,13	1,07	0,83	1,02	1,33	1,16
Punto 4	1,03	0,72	0,65	0,56	0,50	1,06	1,27	1,36	1,25	1,38	1,33	1,21	1,33	1,02	0,84	0,92	1,02	0,83	1,34
Punto 5	0,60	0,56	0,68	0,74	0,86	1,00	1,43	1,28	1,22	1,21	1,24	1,30	1,25	1,05	1,16	0,92	1,04	1,01	1,26

Tabla 11. Puntos de Ensayo.

Como podemos ver en la media (EDT Mid.) observamos que los resultados varían entre el 0,95 al 1,34 por lo que son bastante uniformes, son valores lineales, destacamos únicamente dos picos en medias frecuencias (500 Hz), el EDT es más alto.

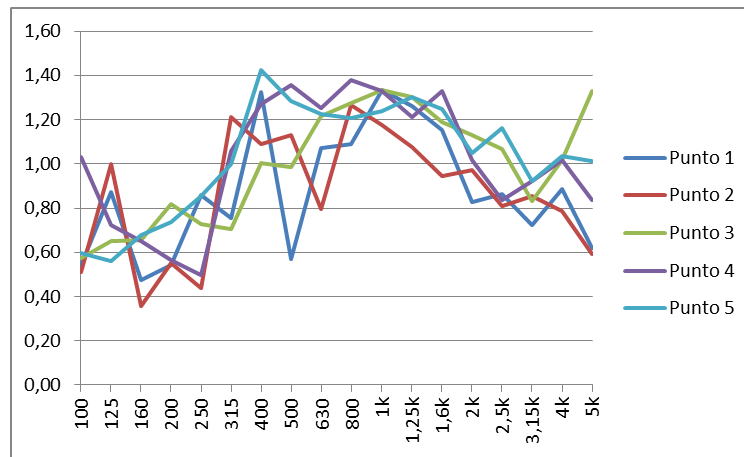


Figura 70. Grafico puntos ensayo.

Con los valores obtenidos de los 5 puntos, hemos calculado el EDT medio de la sala, con esto se procede a ilustrar mediante una gráfica la curva tonal, representada por su Desviación Estándar.

DATOS	Frecuencias (Hz).																	EDT Mid.	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k		5k
EDT medio	0,71	0,80	0,59	0,64	0,79	0,95	1,20	1,10	1,11	1,25	1,28	1,22	1,14	0,99	0,96	0,86	0,94	0,88	<b>1,19</b>
Des. Estandar	0,23	0,18	0,14	0,11	0,33	0,19	0,17	0,30	0,17	0,10	0,06	0,09	0,15	0,10	0,14	0,08	0,10	0,27	
Des. Mínima	0,51	0,56	0,36	0,54	0,44	0,71	1,00	0,57	0,80	1,09	1,18	1,08	0,95	0,83	0,81	0,72	0,79	0,59	
Des. Máxima	1,03	1,00	0,71	0,82	1,37	1,21	1,43	1,36	1,25	1,38	1,33	1,30	1,33	1,13	1,16	0,92	1,04	1,33	

Tabla 12. Cálculos de Ensayo.

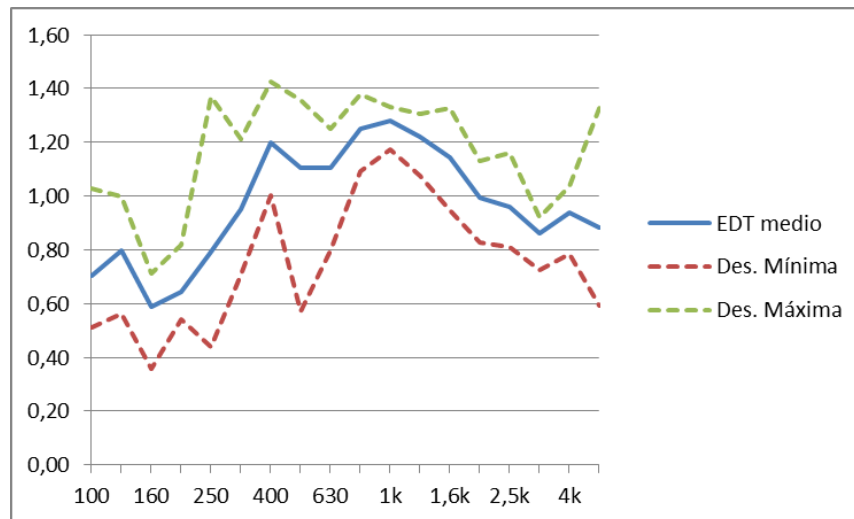


Figura nº 71 .EDT medio

A partir de los valores medios también se ha obtenido el EDTmid, el cual resulta de la media del EDT de las frecuencias 500Hz y 1000Hz. El valor obtenido del EDTmid es de **1,19 segundos**.

El EDT debe ser un valor semejante al del tiempo de reverberación para que haya una buena difusión del sonido.

• Sala de Ensayo.

Puntos	Frecuencias (Hz).																		EDT Mid.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Punto 1	0,84	0,25	0,17	0,34	1,03	1,07	0,98	1,29	1,57	1,20	1,14	1,05	0,72	0,69	0,64	0,73	1,19	0,81	1,22
Punto 2	0,97	0,64	0,83	0,34	0,39	1,10	1,09	1,69	1,32	0,89	0,85	1,14	1,31	0,91	1,08	0,95	0,98	0,71	1,27
Punto 3	0,32	0,78	0,23	0,51	0,70	1,02	0,98	1,03	0,89	0,63	0,99	1,03	0,45	0,54	0,50	0,33	0,84	0,34	1,01
Punto 4	1,19	1,28	0,53	0,71	1,05	1,02	1,31	1,62	1,60	1,01	1,16	1,21	1,28	1,28	1,02	1,06	1,06	0,84	1,39
Punto 5	0,76	0,86	0,43	0,36	0,78	0,34	1,11	1,21	0,97	0,91	0,98	1,13	1,04	0,71	0,75	0,71	0,85	0,36	1,09

Tabla 13. Puntos de Ensayo.

Como podemos ver en la media (EDT Mid.) observamos que los resultados varían entre el 1,01 al 1,39 por lo que son bastante uniformes, son valores lineales, destacamos únicamente punto 3, sería el más asonante, en medias frecuencias más tiempo.

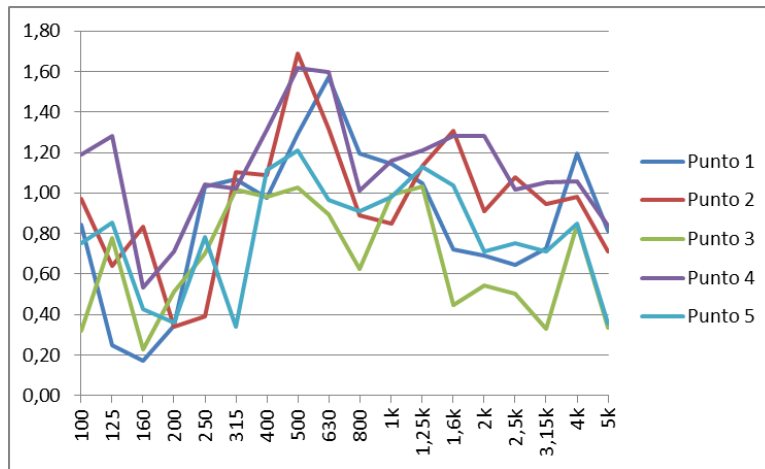


Figura 72. Grafico puntos ensayo.

Con los valores obtenidos de los 5 puntos, hemos calculado el EDT medio de la sala, con esto se procede a ilustrar mediante una gráfica la curva tonal, representada por su Desviación Estándar.

DATOS	Frecuencias (Hz).																		EDT Mid.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
EDT medio	0,73	0,79	0,48	0,43	0,80	0,92	1,10	1,38	1,25	0,94	1,06	1,12	0,98	0,87	0,82	0,81	0,99	0,66	1,22
Des. Estandar	0,36	0,34	0,26	0,15	0,24	0,29	0,12	0,25	0,30	0,19	0,14	0,07	0,34	0,28	0,23	0,28	0,13	0,24	
Des. Mínima	0,27	0,25	0,17	0,34	0,39	0,34	0,98	1,03	0,89	0,63	0,85	1,03	0,45	0,54	0,50	0,33	0,84	0,34	
Des. Máxima	1,19	1,28	0,83	0,71	1,05	1,10	1,31	1,69	1,60	1,20	1,23	1,21	1,31	1,28	1,08	1,08	1,19	0,87	

Tabla 14. Cálculos de Ensayo.

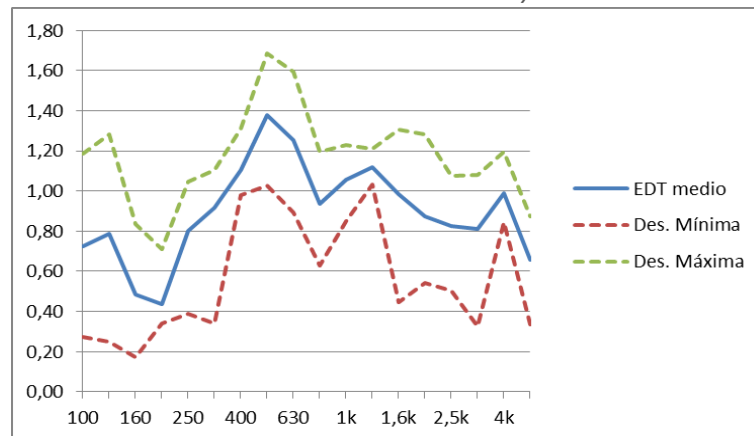


Figura 74. EDT medio



A partir de los valores medios también se ha obtenido el EDTmid, el cual resulta de la media del EDT de las frecuencias 500Hz y 1000Hz. El valor obtenido del EDTmid es de **1,22 segundos**.

El EDT debe ser un valor semejante al del tiempo de reverberación para que haya una buena difusión del sonido.

5.2.1.2 Tiempo de Reverberación (TR20).

También se ha estudiado el tiempo de reverberación TR20, que es el tiempo que transcurre desde que deja de emitir un sonido la fuente hasta que el nivel desciende en 20 dB.

Este es el valor óptimo al que se intentará ajustar el tiempo de reverberación, mediante el programa de simulación, llegando si es posible a valores de entre **0,7 y 0,5 segundos** que se recomiendan para **salas de ensayo musicales, y alrededor del 0,3 para aulas de ensayo/solfeo**. Aunque dichos valores no vienen prefijados en ninguna norma.

A continuación se indican los valores obtenidos:

- **Aula 2.**

Puntos	Frecuencias (Hz).																	TR20Mid.	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k		5k
Punto 1	1,49	1,39	1,15	1,27	1,23	1,13	1,15	0,92	1,04	0,92	1,06	0,92	0,94	0,97	0,79	0,68	0,80	0,56	0,99
Punto 2	1,36	1,71	1,07	1,06	1,33	1,27	1,02	1,07	1,25	0,95	1,02	1,02	1,05	0,89	0,83	0,73	0,68	0,58	1,04
Punto 3	1,10	1,69	1,27	1,23	1,21	1,02	1,10	1,00	1,12	0,95	0,94	0,95	0,94	0,92	0,77	0,71	0,72	0,74	0,97
Punto 4	1,44	1,68	1,19	1,23	1,40	1,10	1,04	0,92	1,17	0,96	1,01	0,98	0,93	0,91	0,82	0,74	0,76	0,67	0,97
Punto 5	1,23	1,43	1,40	1,35	1,26	1,09	0,95	0,92	1,06	1,11	0,93	0,87	0,95	0,81	0,70	0,87	0,73	0,47	0,93

Tabla 15. Cálculos de Ensayo.

Como se puede observar en la tabla y en el gráfico siguiente los valores obtenidos en los distintos puntos de la medición son valores uniformes, es decir que no hay apenas diferencia entre unos y otros. Destacamos que a frecuencias bajas el tiempo de reverberación es más alto, disminuyendo linealmente hacia frecuencias altas, es el tipo de gráfico que más se aproxima a nuestro diseño, una forma lineal y uniforme, no obstante hay que reducir el tiempo de reverberación.

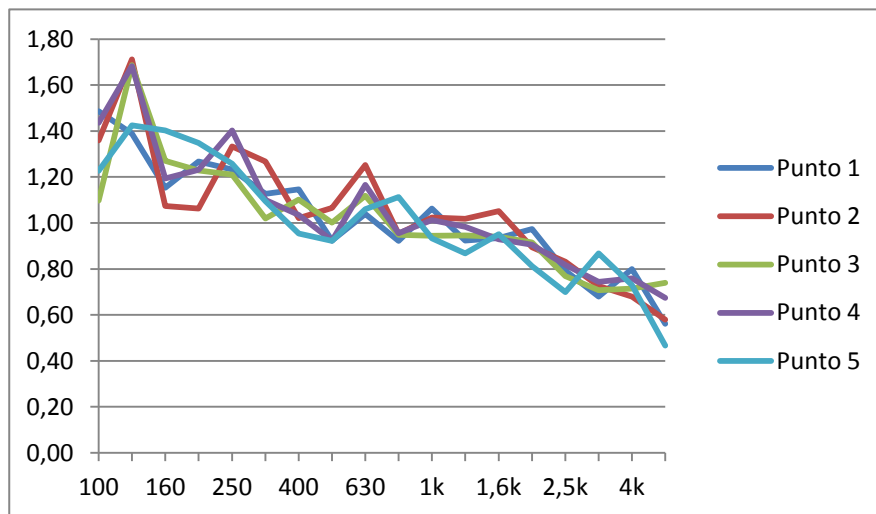


Figura 75. Puntos ensayo.

Con los valores medidos en los 5 puntos, hemos obtenido el TR20 medio del aula, con el que se ha obtenido la curva tonal (TR20), la cual está representada con su desviación estándar.

DATOS	Frecuencias (Hz).																		TR20Mid.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
TR20 medio	1,33	1,56	1,22	1,23	1,26	1,14	1,05	0,96	1,11	0,97	0,97	0,94	0,95	0,88	0,77	0,73	0,72	0,61	0,97
Des. Estandar	0,14	0,15	0,11	0,09	0,10	0,09	0,07	0,06	0,09	0,07	0,07	0,06	0,05	0,07	0,06	0,07	0,05	0,10	
Des. Mínima	1,10	1,39	1,07	1,06	1,11	1,02	0,95	0,92	1,02	0,92	0,87	0,87	0,91	0,78	0,70	0,67	0,65	0,47	
Des. Máxima	1,49	1,71	1,40	1,35	1,40	1,27	1,15	1,07	1,25	1,11	1,06	1,02	1,05	0,97	0,83	0,87	0,80	0,74	

Tabla 16. Cálculos de Ensayo.

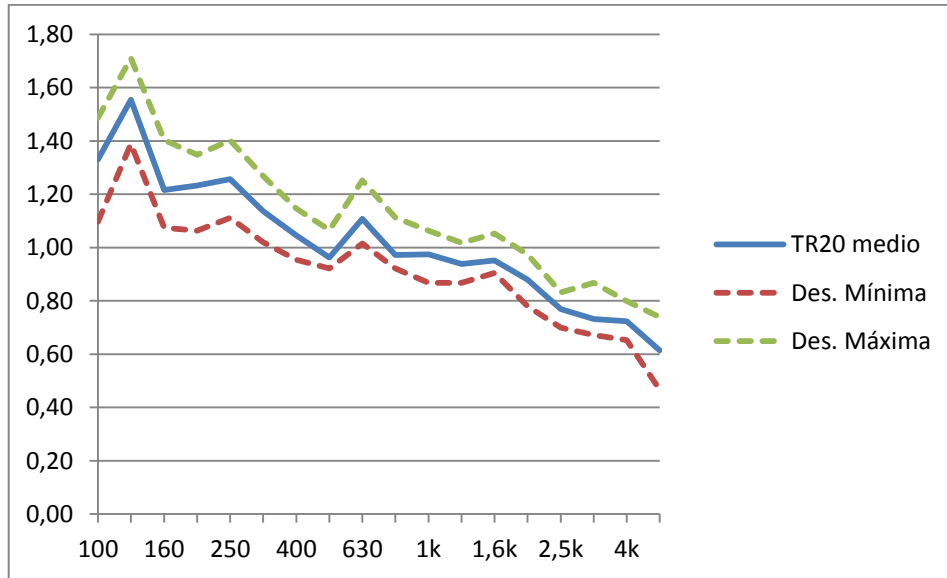


Figura 76. TR20 medio.

Por último a partir de los valores medios también hemos obtenido el TR20mid, el cual resulta de la media del TR20 de las frecuencias 500Hz y 1000Hz. El valor obtenido del TR20mid es de **0,97** segundos. En este caso correspondería a una **Sala de Conferencias**.

Recinto		
Estudios Grabación	0,20s	0,40s
Salas de Conferencias	0,70s	1,00s
Cine	1,00s	1,20s
<b>Sala Polivalente</b>	<b>1,20s</b>	<b>1,50s</b>
Teatro de Opera	1,20s	1,50s
Salas de Concierto	1,30s	2,00s
Iglesias	2,00s	3,00s

Figura 78. Tabla equivalencias TR.

Se procederá a aproximar al valor **alrededor del 0,3** segundos que es el tiempo óptimo de reverberación recomendado para aulas de ensayos, también aprovechable para dar solfeo, ensayo individual etc.

• Sala de Canto.

Puntos	Frecuencias (Hz).																	TR20Mid.	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k		5k
Punto 1	0,61	0,58	0,57	0,64	0,69	1,00	1,11	1,27	1,21	1,07	1,25	1,24	1,22	1,09	0,93	0,84	0,85	0,71	1,26
Punto 2	0,62	0,73	0,79	0,78	0,89	0,86	0,88	1,24	1,31	1,23	1,14	1,23	1,16	0,92	0,88	0,75	0,77	0,79	1,19
Punto 3	0,60	0,80	0,67	0,65	0,70	0,99	1,06	1,33	1,16	1,08	1,21	1,19	1,17	1,05	0,83	0,90	0,92	0,69	1,27
Punto 4	0,45	0,80	0,97	0,74	0,82	1,10	0,96	1,24	1,11	1,20	1,17	1,28	1,25	1,13	0,99	0,59	0,95	1,00	1,21
Punto 5	0,68	0,61	1,03	0,61	0,84	1,01	0,98	1,25	1,18	1,17	1,21	1,23	1,09	1,10	0,95	0,95	0,83	0,59	1,23

Tabla 17. Puntos de Ensayo.

Como se puede observar en la tabla y en el gráfico siguiente los valores obtenidos en los distintos puntos de la medición son bastante uniformes, a frecuencias bajas el tiempo de reverberación es bajo posiblemente al aislamiento de la medianera, ya que son muy absorbentes en bajas frecuencias.

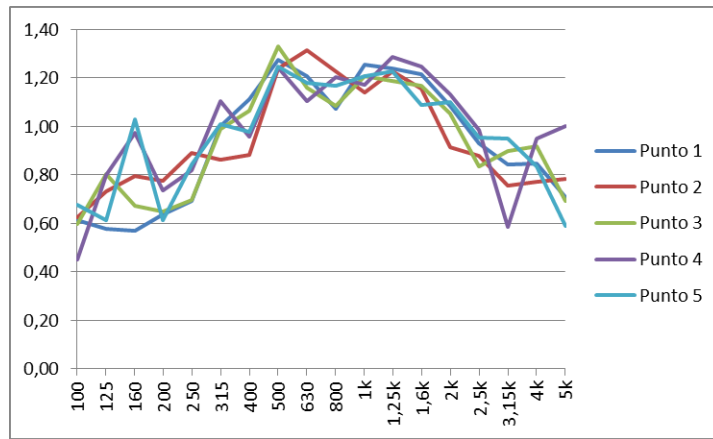


Figura 79. Puntos Ensayo.

Con los valores medidos en los 5 puntos, hemos obtenido el TR20 medio del aula, con el que se ha obtenido la curva tonal (TR20), la cual está representada con su desviación estándar.

DATOS	Frecuencias (Hz).																	TR20Mid.	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k		5k
TR20 medio	0,63	0,71	0,77	0,68	0,78	1,01	1,04	1,28	1,20	1,13	1,21	1,24	1,17	1,04	0,88	0,80	0,84	0,83	1,25
Des. Estandar	0,12	0,10	0,20	0,06	0,08	0,08	0,13	0,04	0,07	0,08	0,06	0,04	0,06	0,09	0,10	0,13	0,09	0,24	
Des. Mínima	0,45	0,58	0,57	0,61	0,69	0,86	0,88	1,24	1,11	1,05	1,14	1,19	1,09	0,92	0,72	0,59	0,72	0,59	
Des. Máxima	0,83	0,80	1,03	0,78	0,89	1,10	1,24	1,34	1,31	1,23	1,30	1,30	1,25	1,13	0,99	0,95	0,95	1,23	

Tabla 18. Cálculos de Ensayo.

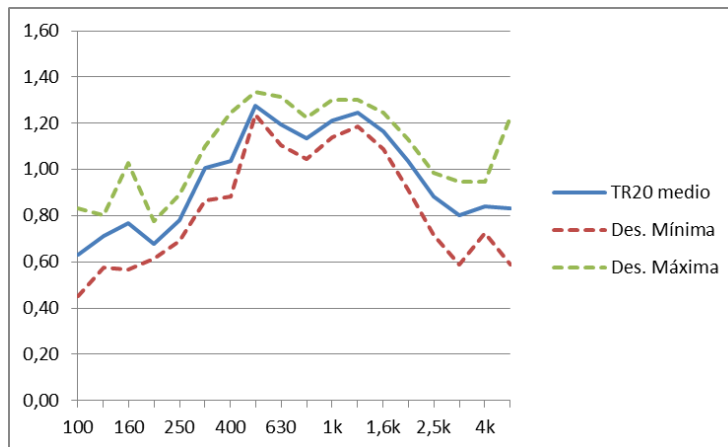


Figura 80. TR20 medio.

Por último a partir de los valores medios también hemos obtenido el TR20mid, el cual resulta de la media del TR20 de las frecuencias 500Hz y 1000Hz. El valor obtenido del TR20mid es de **1,25** segundos. En este caso correspondería a una **Sala Polivalente**.

Se procederá a aproximar al valor entre **alrededor del 0, 3** segundos que es el tiempo óptimo de reverberación recomendado para **sala de ensayos** , también aprovechable para dar solfeo, ensayo individual etc.

Recinto		
Estudios Grabación	0,20s	0,40s
Salas de Conferencias	0,70s	1,00s
Cine	1,00s	1,20s
<b>Sala Polivalente</b>	<b>1,20s</b>	<b>1,50s</b>
Teatro de Opera	1,20s	1,50s
Salas de Concierto	1,30s	2,00s
Iglesias	2,00s	3,00s

Figura 81. Equivalencias

- **Sala de Ensayo/Audición.**

Puntos	Frecuencias (Hz).																		TR20Mid.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Punto 1	0,58	0,78	0,70	0,95	0,84	1,20	1,31	1,35	1,36	1,39	1,29	1,39	1,37	1,22	1,10	1,05	1,08	0,90	1,32
Punto 2	0,55	0,64	0,69	0,88	1,03	1,32	1,23	1,32	1,24	1,36	1,37	1,37	1,38	1,19	1,20	1,03	1,07	1,08	1,34
Punto 3	0,95	0,76	0,97	0,97	0,81	1,17	1,30	1,29	1,39	1,38	1,29	1,31	1,14	1,13	1,11	1,00	1,05	0,90	1,29
Punto 4	0,88	0,65	0,81	0,82	1,00	1,26	1,41	1,36	1,40	1,43	1,29	1,42	1,36	1,18	1,14	1,00	0,97	1,09	1,32
Punto 5	0,67	0,92	0,76	1,12	0,85	1,27	1,35	1,31	1,36	1,26	1,34	1,23	1,34	1,15	0,95	0,85	1,17	0,90	1,32

Tabla 19. Puntos de Ensayo.

Como se puede observar en la tabla y en el gráfico siguiente los valores obtenidos en los distintos puntos de la medición son bastante uniformes, sin embargo destacamos que a frecuencias medias el tiempo de reverberación es más alto, y en frecuencias bajas y medias más bajas, muy similar a la Sala de Canto.



Figura 82. Puntos Ensayo.

Con los valores medidos en los 5 puntos, hemos obtenido el TR20 medio del aula, con el que se ha obtenido la curva tonal (TR20), la cual está representada con su desviación estándar.

DATOS	Frecuencias (Hz).																		TR30Mid.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
TR30 medio	0,77	0,74	0,82	0,93	0,93	1,21	1,31	1,37	1,34	1,33	1,29	1,29	1,27	1,18	1,08	1,04	1,09	0,99	<b>1,33</b>
Des. Estandar	0,12	0,07	0,09	0,07	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,06	0,06	0,03	0,09	0,07	0,09	0,25	
Des. Mínima	0,62	0,65	0,69	0,82	0,82	1,13	1,22	1,30	1,31	1,29	1,27	1,21	1,20	1,14	0,90	0,96	0,98	0,73	
Des. Máxima	0,89	0,83	0,97	1,02	1,02	1,30	1,38	1,44	1,41	1,36	1,33	1,35	1,34	1,21	1,15	1,15	1,23	1,36	

Tabla 20. Cálculos de Ensayo.

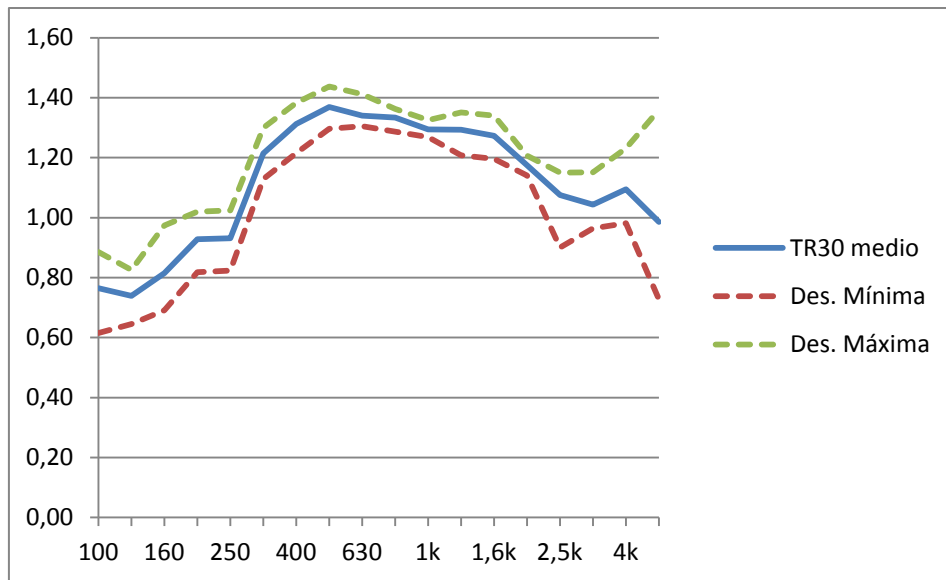


Figura 83. TR30 Medio.

Por último a partir de los valores medios también hemos obtenido el TR20mid, el cual resulta de la media del TR20 de las frecuencias 500Hz y 1000Hz. El valor obtenido del TR20mid es de **1,33** segundos. En este caso correspondería a una **Teatro de Ópera**.

Es un valor bastante alto para nuestro diseño acústico por lo que se procederá a aproximar al valor entre **0,7 y 0,5** segundos que es el tiempo óptimo de reverberación recomendado para **salas de ensayo/audición**.

Recinto		
Estudios Grabación	0,20s	0,40s
Salas de Conferencias	0,70s	1,00s
Cine	1,00s	1,20s
<b>Sala Polivalente</b>	<b>1,20s</b>	<b>1,50s</b>
Teatro de Opera	1,20s	1,50s
Salas de Concierto	1,30s	2,00s
Iglesias	2,00s	3,00s

Figura 84. Equivalencias.

5.2.1.3 Tiempo de Reverberación TR30.

El último parámetro estudiado en cuanto a reverberación se refiere es el tiempo de reverberación TR 30, que es el tiempo que transcurre desde que deja de emitir un sonido la fuente hasta que el nivel desciende en 30 dB.

A continuación se indican los valores obtenidos:

- Aula 2, (TR30).

Puntos	Frecuencias (Hz).																		TR30MID.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Punto 1	1,18	1,43	1,27	1,30	1,24	1,01	1,14	0,94	1,07	0,98	1,06	0,92	1,01	0,94	0,75	0,89	0,83	0,80	1,00
Punto 2	1,26	1,69	1,12	1,14	1,38	1,30	1,07	1,04	1,22	0,97	1,03	1,01	1,02	0,90	0,84	0,73	0,88	1,02	1,04
Punto 3	1,00	1,66	1,22	1,26	1,29	1,01	1,00	1,02	1,15	1,04	1,00	0,93	1,00	0,94	0,73	0,67	0,58	0,90	1,01
Punto 4	1,22	1,67	1,43	1,22	1,49	1,12	1,04	0,94	1,19	0,96	1,04	0,94	0,92	0,89	0,78	0,73	0,94	0,77	0,99
Punto 5	1,25	1,44	1,42	1,25	1,24	1,09	0,97	0,96	1,06	1,09	0,93	0,89	0,89	0,80	0,86	0,67	0,56	0,42	0,95

Tabla 21. Puntos de Ensayo.

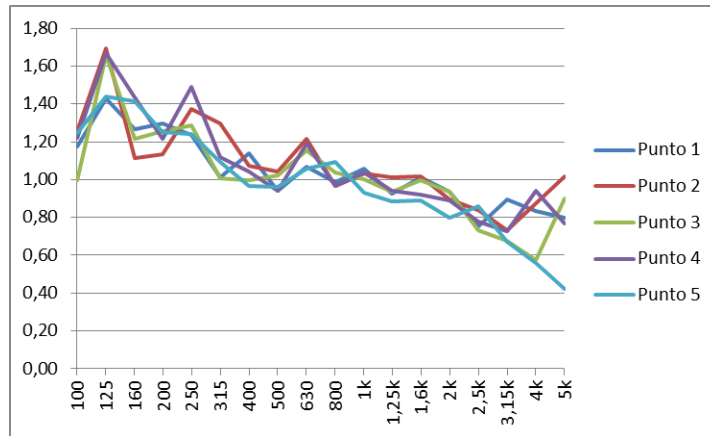


Figura 85. Ensayo Puntos.

Como se puede observar en la tabla y en el gráfico siguiente los valores obtenidos en los distintos puntos de la medición son valores uniformes, es decir que no hay apenas diferencia entre unos y otros. Destacamos que a frecuencias bajas el tiempo de reverberación es más alto, disminuyendo linealmente hacia frecuencias altas.

A continuación, el TR30 medio con su desviación típica:

DATOS	Frecuencias (Hz).																		TR30MID.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
TR30 medio	1,20	1,55	1,30	1,22	1,28	1,12	1,02	0,97	1,12	1,01	0,99	0,93	0,96	0,87	0,79	0,73	0,72	0,76	<b>0,98</b>
Des. Estandar	0,10	0,14	0,12	0,06	0,14	0,12	0,08	0,05	0,07	0,05	0,07	0,04	0,06	0,07	0,05	0,08	0,18	0,21	
Des. Mínima	1,00	1,41	1,12	1,14	1,07	1,01	0,92	0,90	1,05	0,96	0,88	0,89	0,89	0,78	0,73	0,67	0,55	0,42	
Des. Máxima	1,28	1,69	1,43	1,30	1,49	1,30	1,14	1,04	1,22	1,09	1,06	1,01	1,02	0,94	0,86	0,89	0,94	1,02	

Tabla 22. Cálculos de Ensayo.

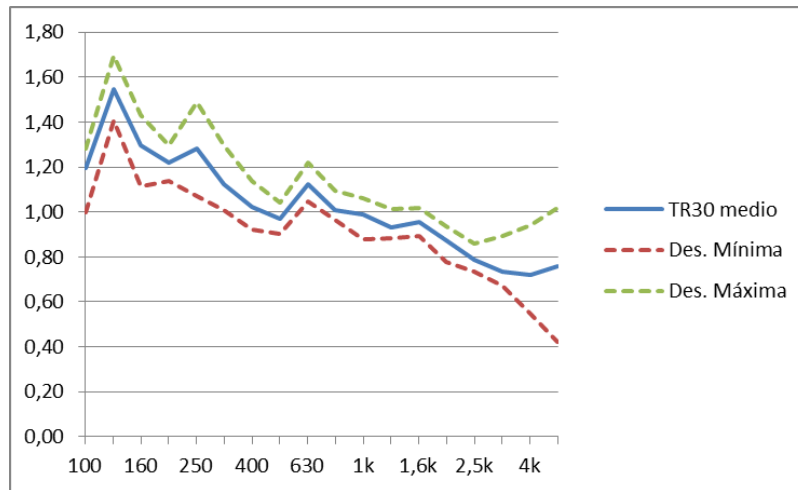


Figura 86. TR30 medio.

Por último a partir de los valores medios también hemos obtenido el TR20mid, el cual resulta de la media del TR20 de las frecuencias 500Hz y 1000Hz. El valor obtenido del TR20mid es de **0.98** segundos.

- Aula de Canto, (TR30).

Puntos	Frecuencias (Hz).																TR30MID.		
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k		4k	5k
Punto 1	0,63	0,62	0,65	0,67	0,76	0,97	1,13	1,23	1,20	1,09	1,26	1,22	1,22	1,06	0,98	0,83	0,79	0,66	1,25
Punto 2	0,54	0,79	1,34	0,90	0,84	0,89	0,99	1,16	1,24	1,26	1,22	1,22	1,17	0,93	0,94	0,71	0,73	0,68	1,19
Punto 3	0,64	0,72	0,79	0,68	0,73	1,00	1,10	1,33	1,13	1,10	1,17	1,15	1,09	1,00	0,83	0,96	0,86	0,60	1,25
Punto 4	0,55	0,70	1,33	0,77	0,89	1,06	1,00	1,15	1,08	1,21	1,16	1,24	1,11	1,10	0,95	0,95	0,99	1,09	1,15
Punto 5	0,63	0,55	1,37	0,69	0,81	0,99	1,08	1,20	1,17	1,19	1,16	1,18	1,11	1,02	0,83	0,90	0,76	0,58	1,18

Tabla 23. Puntos de Ensayo.

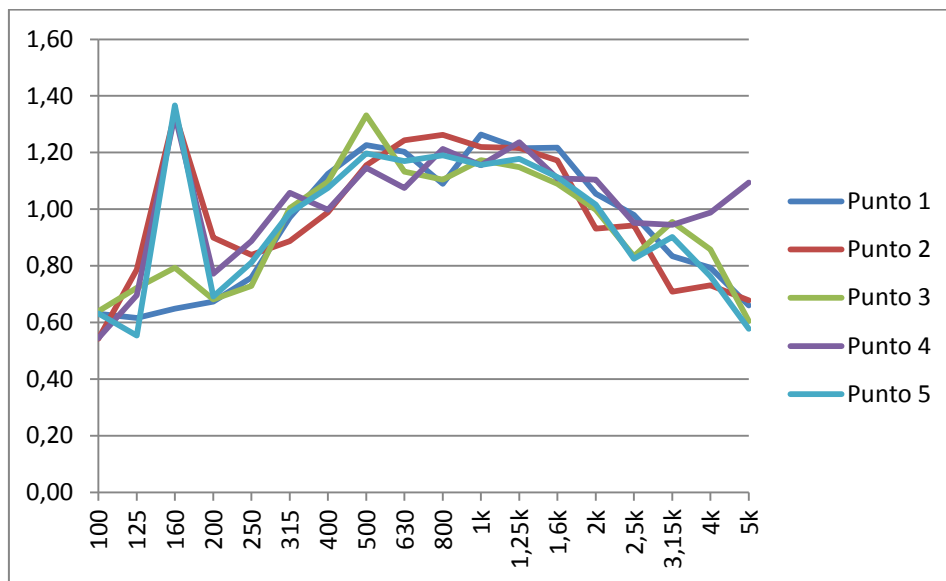


Figura 87. Puntos Ensayo.

En este caso observamos un pico elevado en baja frecuencias en 160 Hz, tiempo de reverberación elevado en frecuencias medias pero más equilibrado, y bajo tiempo en frecuencias altas.

A continuación, el TR30 medio con su desviación típica:

DATOS	Frecuencias (Hz).																		TR30Mid.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
TR30 medio	0,62	0,69	1,02	0,74	0,80	0,98	1,08	1,24	1,16	1,17	1,21	1,21	1,14	1,01	0,88	0,88	0,79	0,80	<b>1,22</b>
Des. Estandar	0,07	0,09	0,36	0,09	0,06	0,06	0,08	0,09	0,06	0,07	0,05	0,04	0,05	0,07	0,09	0,10	0,13	0,26	
Des. Mínima	0,54	0,55	0,63	0,67	0,73	0,89	0,99	1,15	1,08	1,09	1,16	1,15	1,09	0,93	0,76	0,71	0,61	0,58	
Des. Máxima	0,72	0,79	1,37	0,90	0,89	1,06	1,20	1,36	1,24	1,26	1,27	1,27	1,22	1,10	0,98	0,96	0,99	1,17	

Tabla 24. Cálculos de Ensayo. TR30 med.

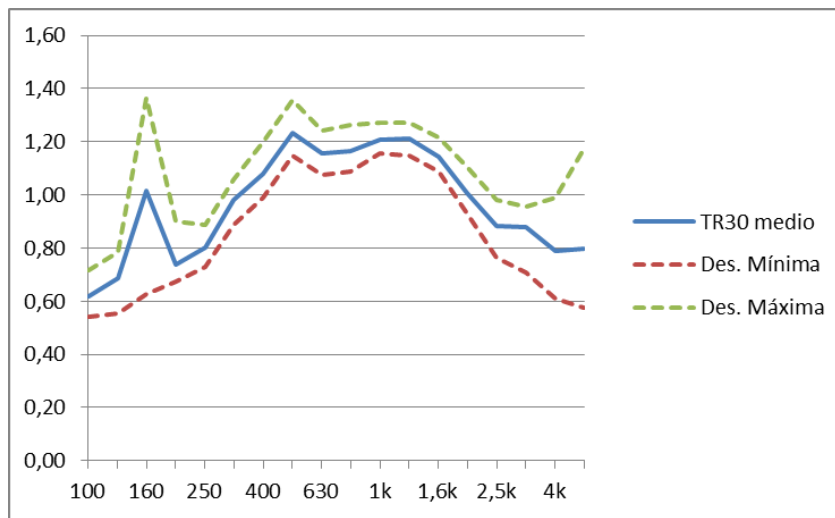


Figura 88. TR30 medio.

Por último a partir de los valores medios también hemos obtenido el TR20mid, el cual resulta de la media del TR20 de las frecuencias 500Hz y 1000Hz. El valor obtenido del TR20mid es de **1,22** segundos.

- Sala de Ensayo, (TR30).

Puntos	Frecuencias (Hz).																		TR30MID.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Punto 1	0,79	0,69	0,86	0,94	0,92	1,19	1,35	1,44	1,31	1,33	1,30	1,35	1,34	1,21	1,10	1,05	1,11	0,83	1,37
Punto 2	0,62	0,75	0,69	0,82	1,01	1,30	1,33	1,32	1,32	1,32	1,31	1,33	1,28	1,18	1,05	0,98	1,08	1,22	1,31
Punto 3	0,85	0,72	0,97	0,95	0,92	1,14	1,31	1,30	1,32	1,35	1,33	1,31	1,21	1,18	1,15	1,01	1,03	0,92	1,31
Punto 4	0,89	0,65	0,78	0,91	1,02	1,25	1,38	1,41	1,31	1,36	1,28	1,34	1,34	1,20	1,13	1,15	1,14	1,36	1,34
Punto 5	0,84	0,81	0,80	0,93	0,90	1,27	1,29	1,36	1,38	1,29	1,29	1,22	1,28	1,14	0,90	0,96	1,23	0,87	1,32

Tabla 25. Puntos de Ensayo. TR30.



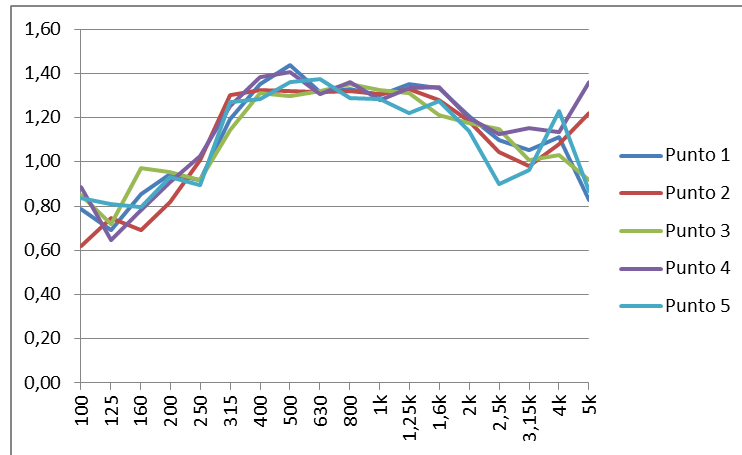


Figura 89. Puntos Ensayo.

En este caso, vemos que a bajas frecuencias bajo tiempo de reverberación, luego se estabiliza a medias frecuencias pero con un tiempo más alto, por ultimo decrece a 4k Hz.

DATOS	Frecuencias (Hz).																	TR30Mid.	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k		5k
TR30 medio	0,77	0,74	0,82	0,93	0,93	1,21	1,31	1,37	1,34	1,33	1,29	1,29	1,27	1,18	1,08	1,04	1,09	0,99	<b>1,33</b>
Des. Estandar	0,12	0,07	0,09	0,07	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,06	0,06	0,03	0,09	0,07	0,09	0,25	
Des. Mínima	0,62	0,65	0,69	0,82	0,82	1,13	1,22	1,30	1,31	1,29	1,27	1,21	1,20	1,14	0,90	0,96	0,98	0,73	
Des. Máxima	0,89	0,83	0,97	1,02	1,02	1,30	1,38	1,44	1,41	1,36	1,33	1,35	1,34	1,21	1,15	1,15	1,23	1,36	

Tabla 26. Cálculo de Ensayo. TR30. Sala de Ensayo.

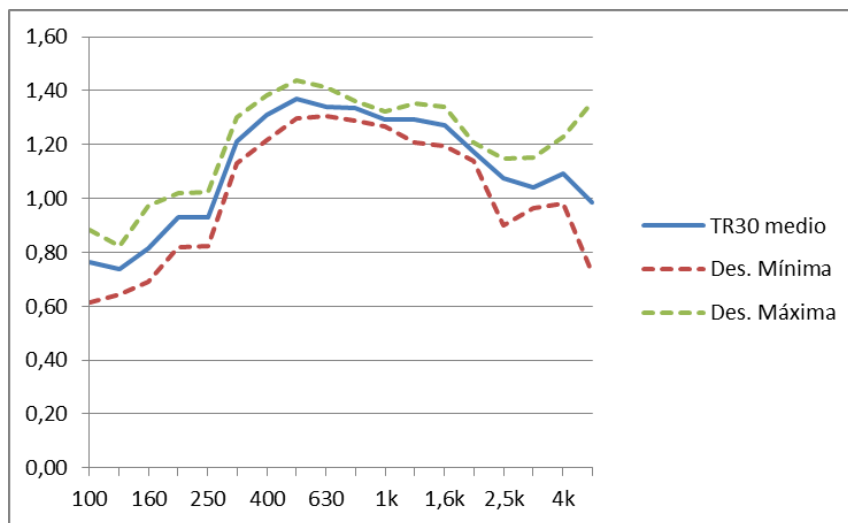


Figura 90. TR30 medio.

En este caso, la media del TR20 de las frecuencias 500Hz y 1000Hz. El valor obtenido del TR20mid es de **1,33** segundos.

5.2.1.4 Grado de Reverberación.

Se ha llamado grado de reverberación a la comparación de los 3 parámetros estudiados dentro del tiempo de reverberación, que son el EDT, TR 20 y TR30.

Para ello hemos agrupado en un gráfico la curva tonal de cada uno de los parámetros, que se aporta a continuación:

- Aula 2

DATOS	Frecuencias (Hz).																			GR Mid.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k		
EDT medio	1,00	1,36	1,38	1,32	1,15	1,15	0,87	0,92	1,00	1,03	1,01	0,96	0,95	0,76	0,79	0,76	0,74	0,72	<b>0,96</b>	
TR20 medio	1,33	1,56	1,22	1,23	1,26	1,14	1,05	0,96	1,11	0,97	0,97	0,94	0,95	0,88	0,77	0,73	0,72	0,61	<b>0,97</b>	
TR30 medio	1,20	1,55	1,30	1,22	1,28	1,12	1,02	0,97	1,12	1,01	0,99	0,93	0,96	0,87	0,79	0,73	0,72	0,76	<b>0,98</b>	
																			<b>MEDIA</b>	<b>0,97</b>

Tabla 27. Cálculo medio. EDT, TR20, TR30.

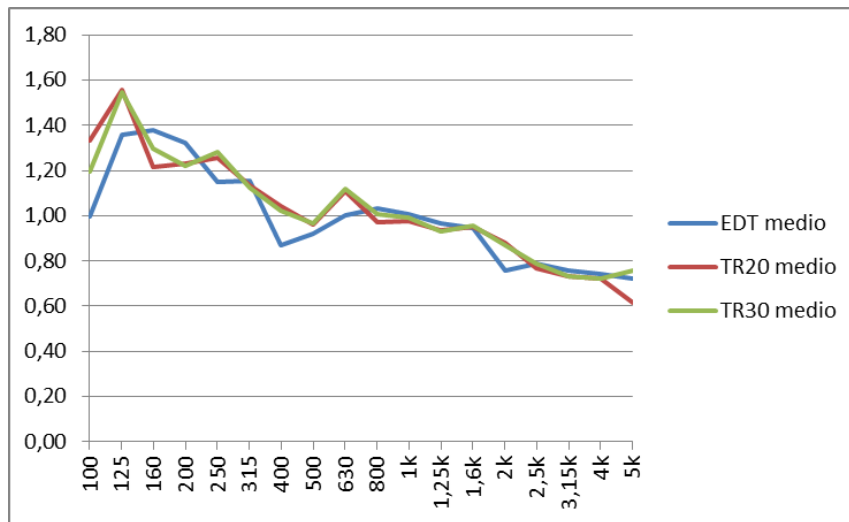


Figura 91. EDT, TR20, TR30 medio.

Se contempla que el Grado de Reverberación es muy uniforme, pues el EDT, TR20 y el TR30 tienen prácticamente los mismos valores. Vemos que desciende linealmente, observándose un tiempo alto en bajas frecuencias y un tiempo bajo en altas frecuencias que es lo ideal para una percepción acústica, no obstante, la media es **0,97 segundos**, se deberá conseguir una calidad más seca, alrededor de 0,3 segundos para que sea una buena aula de ensayo/solfeo.

- Aula de Canto.

DATOS	Frecuencias (Hz).																		GR Mid.	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k		
EDT medio	0,71	0,80	0,59	0,64	0,79	0,95	1,20	1,10	1,11	1,25	1,28	1,22	1,14	0,99	0,96	0,86	0,94	0,88	<b>1,19</b>	
TR20 medio	0,63	0,71	0,77	0,68	0,78	1,01	1,04	1,28	1,20	1,13	1,21	1,24	1,17	1,04	0,88	0,80	0,84	0,83	<b>1,25</b>	
TR30 medio	0,62	0,69	1,02	0,74	0,80	0,98	1,08	1,24	1,16	1,17	1,21	1,21	1,14	1,01	0,88	0,88	0,79	0,80	<b>1,22</b>	
																			<b>MEDIA</b>	<b>1,22</b>

Tabla 28. Cálculo medio. EDT, TR20, TR30.

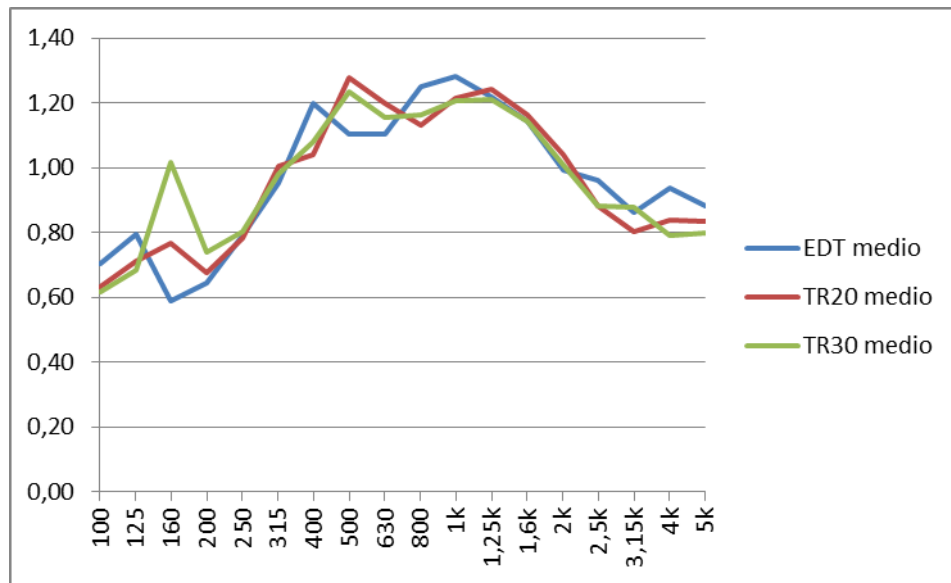


Figura 92. EDT, TR20, TR30 medio.

En este caso se mantienen constantes todos los valores, son bastante similares, excepto un aumento del tiempo en 160 Hz en el TR30. En medias frecuencias el tiempo de reverberación es alto. Destacamos que la media está sobre los **1,22 segundos**, por lo que se deberá rebajar el tiempo de reverberación alrededor de los **0,3 segundos** para aulas de solfeo/ensayo individual, y tener una continuidad descendente de bajas a altas frecuencias.

- Sala de Ensayo.

DATOS	Frecuencias (Hz).																		GR Mid.	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k		
EDT medio	0,73	0,79	0,48	0,43	0,80	0,92	1,10	1,38	1,25	0,94	1,06	1,12	0,98	0,87	0,82	0,81	0,99	0,66	<b>1,22</b>	
TR20 medio	0,72	0,78	0,80	0,97	0,88	1,23	1,31	1,33	1,36	1,36	1,30	1,34	1,29	1,17	1,09	0,99	1,06	0,94	<b>1,32</b>	
TR30 medio	0,77	0,74	0,82	0,93	0,93	1,21	1,31	1,37	1,34	1,33	1,29	1,29	1,27	1,18	1,08	1,04	1,09	0,99	<b>1,33</b>	
																			<b>MEDIA</b>	<b>1,29</b>

Tabla 29. Cálculo medio. EDT, TR20, TR30.

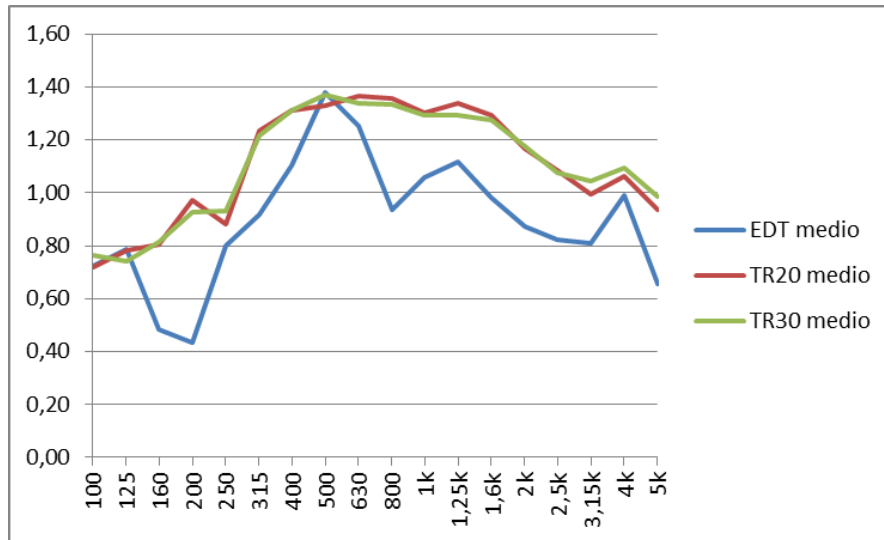


Figura 93. EDT, TR20, TR30 medio.

Se observa que el TR20 y el TR30 son prácticamente iguales, mientras que el EDT es algo diferente, no obstante sigue la misma tonalidad, es decir, en bajas y altas frecuencias bajo tiempo de reverberación y en medias frecuencias alto tiempo. Destacamos que la media es de **1,29 segundos**, es alto por lo que la calidad del sonido se verá afectada, se deberá reducir alrededor de un parámetro entre **0,7- 0,5 segundos** para buena calidad en caso de Salas de ensayo para bandas y conciertos, ya que se quiere buena calidad acústica pero sin sonido tan seco, por lo que el tiempo es algo más elevado que para una aula de solfeo/ensayo individual (0,3 segundos).

### 5.2.2. Brillo y Calidez.

Se analiza el Brillo y la Calidez acústica según las formulas contempladas en el punto 3.1 de este documento y se procede a su estudio:

Como norma general para una calidad acústica óptima, Br >0,87 (Brillo) y Calidez apta para música entre 1,10 y 1,45 segundos.

- **Aula 2.**

	TR20
Br	0,83
BR	1,45

Según los datos obtenidos, vemos que el Brillo es de 0,83 por lo que es menor a 0,87 seg. que es el mínimo, así que está por debajo, por otro lado, tenemos la Calidez con 1,45 segundos, se considera apto para música ya que se encuentra entre 1,10 y 1,45 segundos, sin embargo lo apropiado sería un valor cercano a los 1 segundos.

- **Aula de Canto.**

	TR20
Br	0,75
BR	0,60

Se observa que el Brillo es de 0,75 por lo que es menor a 0,87 seg. que es el mínimo, así que está por debajo, por otro lado, tenemos la Calidez con 0,60 segundos, se considera No apto para música ya que no se encuentra entre 1,10 y 1,45 segundos, es decir, no hay un equilibrio entre bajas y altas frecuencias.

- **Sala de Ensayo/Audición.**

	TR20
Br	0,85
BR	0,63

Se analiza que el Brillo es de 0,85 por lo que es menor a 0,87 seg. que es el mínimo, así que está por debajo, por otro lado, tenemos la Calidez con 0,63 segundos, se considera No apto para música ya que no se encuentra entre 1,10 y 1,45 segundos.

Se concluye que el aula de ensayo (aula 2) es la única que cumple con un parámetro, la calidez, mientras que las demás no cumplen con ninguna. No existe uniformidad entre bajas y altas frecuencias.

Para el diseño habrá que tener en cuenta materiales que tengan un equilibrio entre altas y bajas frecuencias ya que el Br representa la riqueza en bajas frecuencias (sonidos graves) de una sala, lo que es indicativo de la sensación subjetiva de calidez y suavidad de la música escuchada en ella, mientras que el BR mide la riqueza en altas frecuencias (sonidos agudos) de la sala, lo que conduce a un sonido claro y brillante.

### 5.2.3. Rasti-STI.

"Speech Transmission Index (STI) es una medida de la inteligibilidad de la palabra. La comprensión de la palabra, o sea la inteligibilidad es directamente dependiente del nivel y características del ruido de fondo, del tiempo de reverberación y de otras características del recinto.

Para cuantificar la comprensión de la palabra, el STI es un algoritmo de medición de inteligibilidad cuyos valores varían de 0 = completamente inentendible a 1= perfectamente entendible."

- **Aula 2.**

DATOS	Frecuencias (Hz).																	STI Mid.	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k		5k
STI medio	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	<b>0,54</b>

Tabla 30. STI medio.

STI(RASTI)	INTELIGIBILIDAD PALABRA
0-0,30	MALA
0,30-0,45	POBRE
0,45-0,60	ACEPTABLE
0,60-0,75	BUENA
0,75-1	EXCELENTE

Tabla 31. Inteligibilidad Palabra.

En las aulas para solfeo o ensayo el uso de palabra, según lo analizado mediante el Dirac, es de **0,54** por lo que se encuentra en el límite del bien, ACEPTABLE.

- **Aula de Canto.**

DATOS	Frecuencias (Hz).																	STI Mid.	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k		5k
STI medio	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	<b>0,52</b>

Tabla 32. STI medio

STI(RASTI)	INTELIGIBILIDAD PALABRA
0-0,30	MALA
0,30-0,45	POBRE
0,45-0,60	ACEPTABLE
0,60-0,75	BUENA
0,75-1	EXCELENTE

Tabla 33. Inteligibilidad Palabra.

En el aula para canto, el uso de palabra, según lo analizado mediante el Dirac, es de **0,52** por lo que se encuentra en el límite del bien, ACEPTABLE.

• Sala de Ensayo/ Audición.

DATOS	Frecuencias (Hz).																		STI Mid.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
STI medio	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,52	<b>0,58</b>

Tabla 34. STI medio.

STI(RASTI)	INTELIGIBILIDAD PALABRA
0-0,30	MALA
0,30-0,45	POBRE
0,45-0,60	ACEPTABLE
0,60-0,75	BUENA
0,75-1	EXCELENTE

Tabla 35. Inteligibilidad Palabra.

En la Sala de ensayo/audición, el uso de palabra, según lo analizado mediante el Dirac, es de **0,58** esta es mejor que las dos anteriores, acercándose a buena, sin embargo es ACEPTABLE puesto que está comprendida entre 0,45-0,60.

5.2.4. Claridad C80.

Hemos hallado los valores con el Dirac 3.0 de cada punto de la estancia, en concreto mediante la siguiente formula se saca el C80mid.

$$C_{80} = 0,15C_{80}(500) + 0,25C_{80}(1000) + 0,35C_{80}(2000) + 0,25C_{80}(4000)$$

• Aula 2.

Puntos	Frecuencias (Hz).																		C80Mid.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Punto 1	2,82	-3,16	-1,67	-1,16	2,55	1,74	1,49	-1,90	0,96	1,13	1,84	0,83	0,00	3,64	2,28	2,52	0,15	0,09	<b>1,49</b>
Punto 2	3,87	2,48	2,09	3,17	5,02	2,43	5,71	3,00	1,55	1,87	2,69	3,41	1,11	3,17	1,10	1,79	2,11	-0,84	<b>2,76</b>
Punto 3	2,01	2,48	3,08	-0,62	1,29	5,04	4,18	3,65	1,39	0,58	4,87	2,20	2,27	5,01	6,70	3,63	7,25	2,76	<b>5,33</b>
Punto 4	4,68	-2,60	0,55	3,65	4,37	0,78	3,98	1,25	1,05	3,28	2,73	2,82	3,21	6,13	3,85	3,84	2,37	2,26	<b>3,61</b>
Punto 5	8,06	-0,63	2,52	5,35	4,88	-0,12	5,36	6,35	1,13	-0,47	3,75	2,71	1,91	5,45	4,44	4,22	1,80	-1,74	<b>4,25</b>

Tabla 36. Puntos Ensayo. C80

DATOS	Frecuencias (Hz).																		C80Mid.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
C80 medio	4,58	-0,32	1,09	1,57	3,72	1,86	4,38	3,01	2,04	1,38	2,93	2,44	1,80	4,29	3,57	3,46	2,58	0,51	<b>3,33</b>
Des. Estandar	2,21	2,41	1,79	2,83	1,48	1,78	1,59	3,03	2,04	1,28	1,20	0,88	1,11	1,47	1,93	1,11	2,42	1,74	
Des. Mínima	2,01	-3,16	-1,67	-1,16	1,29	-0,12	1,49	-1,90	0,96	-0,47	1,70	0,83	0,00	2,34	1,10	1,79	0,15	-1,74	
Des. Máxima	8,06	2,48	3,08	5,35	5,02	5,04	5,71	6,35	6,18	3,28	4,87	3,41	3,21	6,13	6,70	4,76	7,25	2,76	

Tabla 37. Cálculos Ensayo. C80.

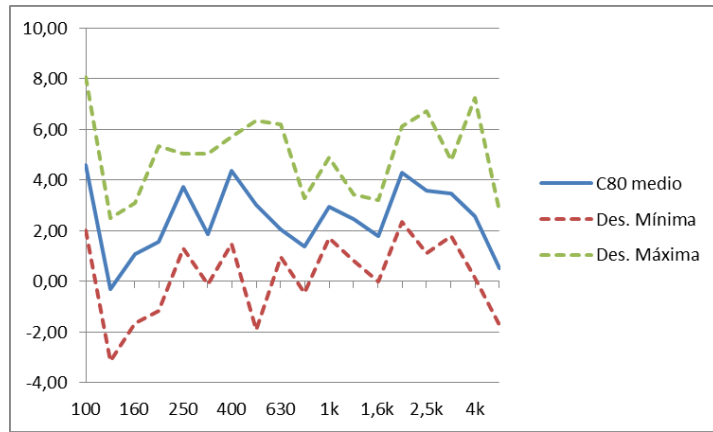


Figura 95. C80 medio.

El valor medio de la Claridad en los primeros 80 ms es de **3,33**, L.G.Marshall aconseja el siguiente margen de valores:  $-2,00 \leq C80 \leq 2,00$ q dB, por lo se concluye que el resultado en la Aula 2, NO es apropiado.

• **Aula de Canto.**

Puntos	Frecuencias (Hz).																	C80Mid.	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k		5k
Punto 1	9,10	8,31	10,84	11,41	9,05	8,21	8,78	8,40	3,28	-0,64	4,15	4,43	5,72	8,33	7,92	9,25	4,21	1,63	<b>6,27</b>
Punto 2	9,62	6,14	11,57	9,95	10,55	7,13	6,40	5,59	6,18	4,00	2,13	1,66	2,13	4,00	6,12	3,74	3,55	0,01	<b>3,66</b>
Punto 3	8,12	4,93	6,85	6,72	6,33	6,02	4,77	4,12	1,30	0,73	-1,58	-0,13	-2,04	0,31	-0,78	1,79	-0,67	-4,46	<b>0,16</b>
Punto 4	2,04	0,24	1,01	6,32	8,46	0,43	-2,28	-1,96	-1,18	1,70	-0,39	-1,43	-1,39	-2,12	2,33	-0,16	-3,12	-6,34	<b>-1,91</b>
Punto 5	6,70	7,11	5,45	5,86	2,60	0,57	-2,14	-4,73	1,47	1,33	-0,11	-2,53	-0,34	0,12	0,19	-0,52	-1,52	-4,57	<b>-1,08</b>

Tabla 38. Puntos Ensayo. C80. Aula Canto.

DATOS	Frecuencias (Hz).																	C80Mid.	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k		5k
C80 medio	6,98	4,94	6,59	7,90	5,85	3,24	2,35	1,78	1,48	1,07	0,51	0,17	0,67	1,64	2,44	2,05	0,14	-3,47	<b>1,00</b>
Des. Estandar	2,75	2,95	4,07	2,24	4,69	4,49	4,89	5,03	3,03	1,74	2,20	2,52	2,86	3,86	3,79	4,03	3,01	3,51	
Des. Mínima	2,04	0,24	1,01	5,86	-1,89	-2,94	-2,28	-4,73	-2,19	-0,69	-1,58	-2,53	-2,04	-2,12	-1,12	-1,82	-3,12	-7,06	
Des. Máxima	9,62	8,31	11,57	11,41	10,55	8,21	8,78	8,40	6,18	4,00	4,15	4,43	5,72	8,33	7,92	9,25	4,21	1,63	

Tabla 39. C80. Cálculo. Aula Canto.

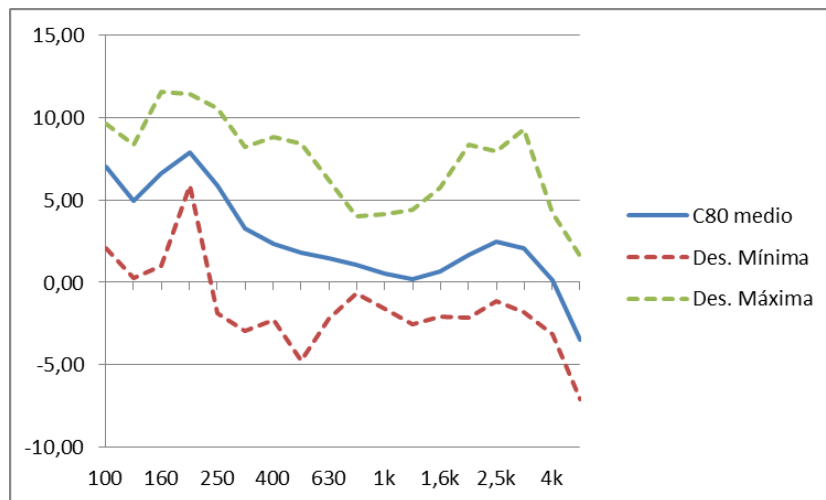


Figura 96. C80 medio.



En el caso de la aula de canto el valor obtenido es de **1,00**, al estar comprendido entre  $-2,00 \leq C80 \leq 2,00$  dB, se concluye que el resultado en la Aula de Canto, SI es apropiado.

- **Sala de ensayo/audición.**

Puntos	Frecuencias (Hz).																	C80Mid.	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k		5k
Punto 1	4,92	11,60	11,89	11,96	5,45	4,87	4,94	4,22	3,84	3,17	3,32	3,44	5,50	6,51	6,48	5,50	2,06	0,72	<b>4,26</b>
Punto 2	2,38	7,68	4,68	9,88	8,62	5,09	3,79	1,24	3,00	5,51	4,37	3,42	2,46	3,81	0,70	0,77	1,15	-1,69	<b>2,90</b>
Punto 3	12,14	10,40	12,01	11,95	9,89	10,04	9,67	6,07	8,71	8,84	4,85	8,02	12,51	11,13	9,80	10,21	5,96	6,64	<b>7,51</b>
Punto 4	5,53	4,12	7,84	6,06	4,45	5,72	6,22	3,46	1,10	-0,44	2,68	1,39	3,58	3,69	5,49	2,19	0,99	-0,97	<b>2,73</b>
Punto 5	8,01	7,27	9,88	11,23	8,76	12,36	2,68	3,98	4,35	7,19	6,41	4,18	5,59	7,56	6,81	6,58	3,23	-2,47	<b>5,65</b>

Tabla 40. Puntos Ensayo. C80. Sala de Ensayo.

DATOS	Frecuencias (Hz).																	C80Mid.	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k		5k
C80 medio	7,54	7,46	9,02	10,13	7,19	7,02	5,31	3,32	3,13	4,44	3,86	3,42	5,39	5,94	5,3	4,33	2,14	0,05	<b>4,08</b>
Des. Estandar	4,04	3,2	2,81	2,22	2,18	3,37	2,44	1,93	3,62	3,4	1,72	2,72	3,74	3,11	3,25	3,77	2,26	3,41	
Des. Mínima	2,38	3,71	4,68	6,06	4,45	4,02	2,68	0,97	-2,19	-0,44	1,53	0,09	2,46	2,96	0,7	0,76	-0,56	-2,47	
Des. Máxima	12,29	11,6	12,01	11,96	9,89	12,36	9,67	6,07	8,71	8,84	6,41	8,02	12,51	11,13	9,8	10,21	5,96	6,64	

Tabla 41. C80. Cálculo. Aula Ensayo.

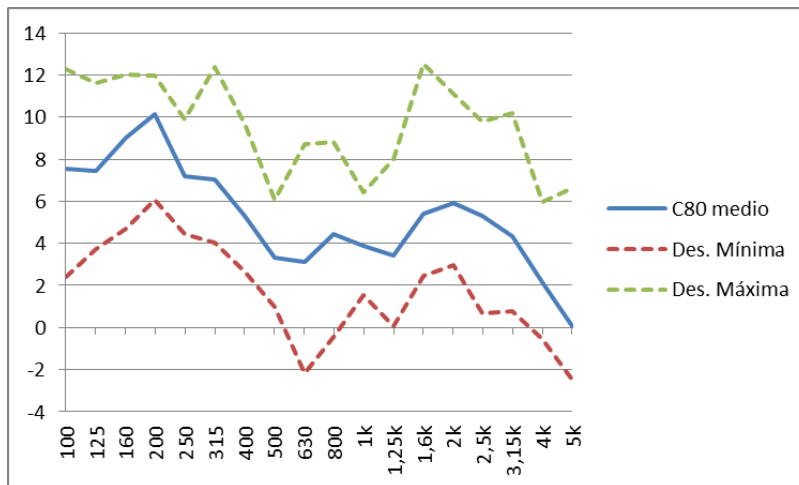


Figura 97. C80 medio.

Por último, en la sala de ensayo se observa que el dato obtenido es de **4,08**, por lo que al no estar comprendido entre  $-2,00 \leq C80 \leq 2,00$  dB, se concluye que el resultado en la Aula 2, NO es apropiado.

5.2.5. Definición D50.

Hemos hallado los valores con el Dirac 3.0 de cada punto de la estancia, en concreto mediante la siguiente formula se saca el D50mid. Lo ideal sería que D50mid superara los 0,5 dB.

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

- Aula 2.

Puntos	Frecuencias (Hz).																		D50 OMI.D.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
Punto 1	0,2	0,12	0,37	0,24	0,55	0,43	0,43	0,32	0,33	0,39	0,49	0,41	0,33	0,48	0,45	0,43	0,33	0,34	<b>0,42</b>
Punto 2	0,51	0,44	0,56	0,34	0,67	0,53	0,63	0,61	0,42	0,44	0,41	0,54	0,31	0,43	0,42	0,49	0,35	0,33	<b>0,43</b>
Punto 3	0,4	0,44	0,57	0,39	0,47	0,66	0,64	0,6	0,45	0,38	0,55	0,37	0,36	0,55	0,74	0,55	0,73	0,57	<b>0,60</b>
Punto 4	0,25	0,11	0,12	0,41	0,63	0,45	0,5	0,44	0,48	0,49	0,5	0,52	0,53	0,67	0,55	0,56	0,41	0,51	<b>0,53</b>
Punto 5	0,86	0,46	0,38	0,63	0,62	0,32	0,44	0,5	0,38	0,24	0,54	0,36	0,43	0,61	0,53	0,58	0,36	0,32	<b>0,51</b>

Tabla 42. D50. Puntos Cálculo. Aula 2.

DATOS	Frecuencias (Hz).																		D50 MID.
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k	
D50 medio	0,5	0,33	0,37	0,38	0,59	0,47	0,51	0,53	0,44	0,39	0,49	0,45	0,39	0,53	0,51	0,53	0,42	0,41	<b>0,49</b>
Des. Estandar	0,27	0,17	0,18	0,14	0,07	0,11	0,1	0,14	0,08	0,08	0,05	0,08	0,08	0,1	0,12	0,06	0,15	0,11	
Des. Mínima	0,2	0,11	0,12	0,24	0,47	0,32	0,43	0,32	0,33	0,24	0,41	0,36	0,31	0,42	0,41	0,43	0,33	0,32	
Des. Máxima	0,86	0,46	0,57	0,63	0,67	0,66	0,64	0,7	0,56	0,49	0,55	0,54	0,53	0,67	0,74	0,58	0,73	0,57	

Tabla 43. D50. Cálculo Ensayo. Aula 2.

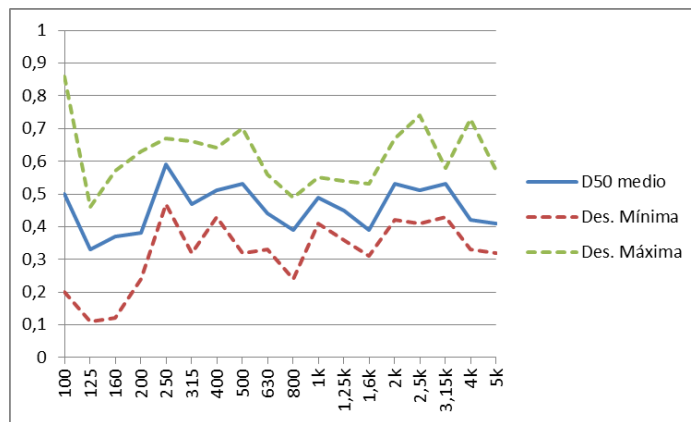


Figura 98. D50 medio.

En la aula 2, con la formula anterior se ha obtenido un único valor de los valores medios, cuyo valor es de 0,49.

• Aula de Canto.

Puntos	Frecuencias (Hz).																	D50 MID.	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k		5k
Punto 1	0,49	0,74	0,83	0,89	0,76	0,70	0,85	0,79	0,61	0,38	0,64	0,61	0,73	0,79	0,79	0,84	0,65	0,53	<b>0,72</b>
Punto 2	0,83	0,77	0,89	0,87	0,87	0,79	0,75	0,63	0,72	0,61	0,54	0,50	0,49	0,64	0,72	0,61	0,54	0,43	<b>0,59</b>
Punto 3	0,68	0,32	0,79	0,69	0,69	0,55	0,61	0,66	0,42	0,38	0,26	0,28	0,17	0,34	0,29	0,39	0,29	0,18	<b>0,36</b>
Punto 4	0,62	0,39	0,27	0,57	0,47	0,33	0,08	0,12	0,24	0,34	0,25	0,26	0,21	0,18	0,44	0,29	0,14	0,07	<b>0,18</b>
Punto 5	0,78	0,81	0,65	0,54	0,41	0,28	0,09	0,10	0,21	0,28	0,14	0,14	0,24	0,18	0,32	0,28	0,24	0,15	<b>0,17</b>

Tabla 44. D50. Puntos Cálculo. Aula Canto.

DATOS	Frecuencias (Hz).																	D50 MID.	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k		5k
D50 medio	0,69	0,58	0,61	0,68	0,58	0,46	0,41	0,42	0,41	0,37	0,33	0,31	0,32	0,38	0,46	0,43	0,33	0,24	<b>0,36</b>
Des. Estandar	0,12	0,22	0,29	0,17	0,23	0,26	0,36	0,31	0,22	0,13	0,21	0,20	0,24	0,28	0,25	0,26	0,22	0,20	
Des. Mínima	0,49	0,32	0,24	0,49	0,29	0,14	0,08	0,10	0,21	0,25	0,14	0,09	0,08	0,12	0,17	0,12	0,12	0,06	
Des. Máxima	0,83	0,81	0,89	0,89	0,87	0,79	0,85	0,79	0,72	0,61	0,64	0,61	0,73	0,79	0,79	0,84	0,65	0,53	

Tabla 45. D50. Cálculo. Aula Canto

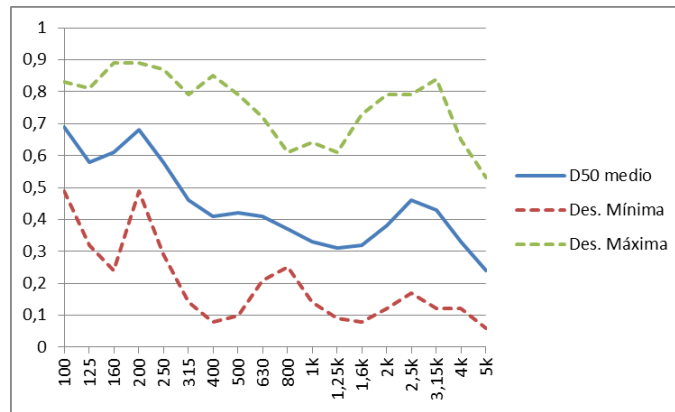


Figura 99. D50 medio.

En la aula de canto, con la formula anterior se ha obtenido un único valor de los valores medios, cuyo valor es de 0,36, por debajo de los 0,50 dB recomendados.

• Sala de Ensayo/Audición.

Puntos	Frecuencias (Hz).																	D50 MID.	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k		5k
Punto 1	0,70	0,86	0,91	0,87	0,67	0,57	0,61	0,68	0,60	0,59	0,57	0,62	0,68	0,75	0,71	0,70	0,55	0,49	<b>0,64</b>
Punto 2	0,45	0,77	0,72	0,86	0,77	0,59	0,52	0,49	0,48	0,70	0,49	0,48	0,46	0,57	0,35	0,38	0,45	0,33	<b>0,51</b>
Punto 3	0,89	0,87	0,93	0,81	0,80	0,88	0,90	0,74	0,83	0,80	0,67	0,81	0,92	0,90	0,87	0,89	0,74	0,80	<b>0,78</b>
Punto 4	0,77	0,64	0,67	0,51	0,58	0,68	0,71	0,62	0,48	0,33	0,47	0,46	0,55	0,60	0,64	0,50	0,45	0,38	<b>0,53</b>
Punto 5	0,71	0,76	0,86	0,90	0,65	0,87	0,48	0,48	0,71	0,80	0,73	0,65	0,72	0,80	0,68	0,74	0,61	0,33	<b>0,69</b>

Tabla 46. D50. Puntos Cálculo. Sala Ensayo.

DATOS	Frecuencias (Hz).																	D50 MID.	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k		5k
D50 medio	0,73	0,77	0,82	0,81	0,7	0,66	0,63	0,57	0,56	0,61	0,55	0,56	0,65	0,69	0,63	0,61	0,53	0,44	<b>0,60</b>
Des. Estandar	0,16	0,09	0,1	0,15	0,08	0,19	0,15	0,13	0,2	0,19	0,13	0,16	0,16	0,15	0,18	0,2	0,14	0,19	
Des. Mínima	0,45	0,64	0,67	0,51	0,58	0,39	0,48	0,41	0,25	0,33	0,39	0,35	0,46	0,53	0,35	0,38	0,36	0,31	
Des. Máxima	0,89	0,87	0,93	0,9	0,8	0,88	0,9	0,74	0,83	0,8	0,73	0,81	0,92	0,9	0,87	0,89	0,74	0,8	

Tabla 47. D50. Cálculo. Sala Ensayo.

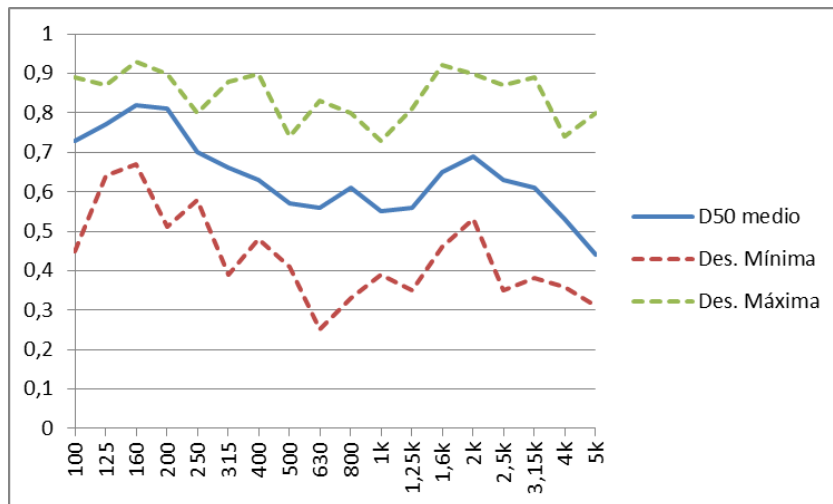


Figura Figura 100 .D50 medio.

Por último, en la sala de ensayo/audición, con la formula anterior se ha obtenido un único valor de los valores medios, cuyo valor es de 0,60, óptimo ya que está por encima de los 0,50 dB recomendados.

Se concluye que las aulas están con D50 insuficiente, y la sala suficiente.

## 6. SIMULACIÓN ACÚSTICA DEL ESTADO ACTUAL.

## 6.1 Simulación mediante software.

Se realiza la simulación mediante el programa "SIMAC" instalado en la sala de ordenadores de la primera planta de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura, departamento de Física Aplicada.

Previamente mediante hojas de cálculo hemos asignado a cada superficie un material, hemos tenido que ir "jugando" con los distintos materiales ya que cada uno tiene un coeficiente de absorción, y gracias a una estadística y a los parámetros de Br, BR y TRMid, sabemos si los materiales son idóneos.

En el caso del **aula de solfeo/ensayo individual** tenemos los siguientes datos:

AULA DE SOLFEO								
VOLUMEN	82,5	m3	10 personas	8,25 m3/espectador				
SUPERFICIES	m2	nº	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Publico sentado en silla	12,78	1	5,88	7,16	8,31	9,59	9,20	8,31
Suelo	25	2	0,25	0,25	0,25	0,50	0,50	0,25
Músico	1	3	0,35	0,80	1,10	1,50	1,20	1,10
Frente	14,322	4	0,72	0,72	0,72	0,43	0,29	0,29
Laterales	38,61	5	7,72	4,63	3,47	1,16	1,16	0,77
Revestimiento vertical laterales	38,61	6	14,67	11,20	15,06	21,62	27,41	30,12
Fondo	14,322	7	2,86	1,72	1,29	0,43	0,43	0,29
Techo	25	8	12,50	24,00	24,00	22,25	22,00	24,50
Ventana	2,25	9	0,56	0,23	0,16	0,14	0,09	0,05
TOTAL	171,894	A=	45,52	50,70	54,35	57,61	62,28	65,66
	sabine		0,29	0,26	0,25	0,23	0,21	0,20
	Eyring		0,25	0,22	0,20	0,19	0,17	0,16

Tabla 48. Cálculo Materiales absorción. Aula solfeo.

	alfa(coef. Absorción)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Público en sillas madera	0,46	0,56	0,65	0,75	0,72	0,65
Terrazo	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
Músico con instrumento	0,35	0,8	1,1	1,5	1,2	1,1
Placa de Yeso 13 mm + Aisl. Lana de vidrio 60 mm	0,05	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02
Placa de Yeso 10 mm + Aisl. Lana de vidrio 50 mm	0,2	0,12	0,09	0,03	0,03	0,02
Placa de fibrade 19mm	0,38	0,29	0,39	0,56	0,71	0,78
Placa de Yeso 10 mm + Aisl. Lana de vidrio 50 mm	0,2	0,12	0,09	0,03	0,03	0,02
Herakustik F 35 mm a 210 mm del techo con 60 mm de lana mineral	0,5	0,96	0,96	0,89	0,88	0,98
Ventana de doble Vidrio	0,25	0,1	0,07	0,06	0,04	0,02
	2,4	3,01	3,41	3,87	3,65	3,6

Tabla 49. Materiales absorción. Aula Solfeo.

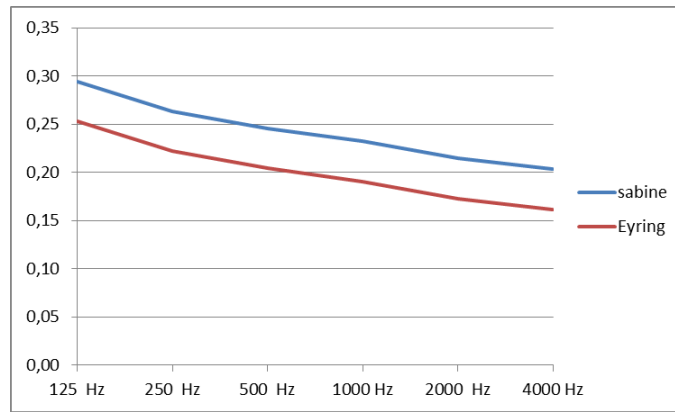


Figura 101. Sabine y Eyring.

Los parámetros TR próximo a 0,30 (seco para aulas de ensayo/solfeo), Br y BR, cumplen, además la curva tonal es la apropiada, lineal descendente.

Trmind		0,24	0,28 sin sillas ocupadas.
BR (Calidez)		1,17	Apto para musica ya que se encuentra entre 1,10 y 1,45.
Br(brillo)		0,87	> 0,85 cumple

En el caso del **Sala de ensayo** tenemos los siguientes datos:

AULA DE ENSAYO DE BANDA								
VOLUMEN	1730	m3	200 personas	8,65 m3/espectador				
SUPERFICIES	m2	nº	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Publico sentado en silla	150	1	84,00	102,00	118,50	124,50	129,00	129,00
Suelo	132	2	15,84	13,20	23,76	26,40	60,72	95,04
Músicos	70	3	24,50	56,00	77,00	105,00	84,00	77,00
Frente	58,77	4	20,57	7,05	5,29	1,76	1,76	1,18
Laterales	262,07	5	91,72	31,45	23,59	7,86	7,86	5,24
Revestimiento frente	58,77	6	22,33	17,04	22,92	32,91	41,73	45,84
Fondo	58,77	7	20,57	7,05	5,29	1,76	1,76	1,18
Techo	250	8	62,50	112,50	125,00	112,50	100,00	112,50
Tarima	112	9	10,08	10,08	8,96	10,08	11,20	7,84
<b>TOTAL</b>	<b>1152,38</b>	<b>A=</b>	<b>352,12</b>	<b>356,38</b>	<b>410,31</b>	<b>422,78</b>	<b>438,04</b>	<b>474,81</b>
sabine			0,80	0,79	0,68	0,66	0,64	0,59
Eyring			0,67	0,66	0,55	0,53	0,51	0,46

Tabla 50. Cálculo Materiales absorción. Auditorio.

	alfa(coef. Absorción)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Sillas ocupadas con bajo porcentaje de superficie tapizada	0,56	0,68	0,79	0,83	0,86	0,86
Moqueta	0,12	0,1	0,18	0,2	0,46	0,72
Músicos con instrumento	0,35	0,8	1,1	1,5	1,2	1,1
Placa de Yeso 10 mm + Aisl. Lana de vidrio 50 mm	0,35	0,12	0,09	0,03	0,03	0,02
Placa de Yeso 10 mm + Aisl. Lana de vidrio 50 mm	0,35	0,12	0,09	0,03	0,03	0,02
Placa de fibrade 19mm	0,38	0,29	0,39	0,56	0,71	0,78
Placa de Yeso 10 mm + Aisl. Lana de vidrio 50 mm	0,35	0,12	0,09	0,03	0,03	0,02
Travertín Micro 25 a 30mm del techo	0,25	0,45	0,5	0,45	0,4	0,45
Tarima de madera	0,09	0,09	0,08	0,09	0,1	0,07
	<b>2,8</b>	<b>2,77</b>	<b>3,31</b>	<b>3,72</b>	<b>3,82</b>	<b>4,04</b>

Tabla 51. Materiales absorción. Auditorio.

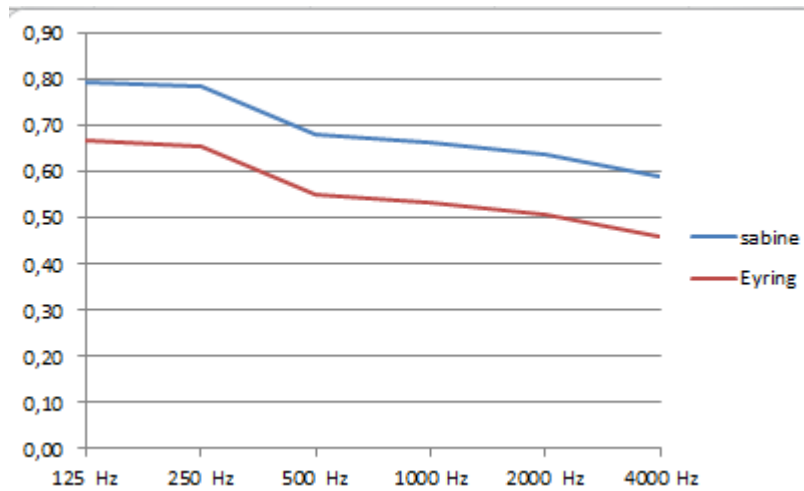


Figura 102. Sabine y Eyring.

Trmind Sabine con sillas ocupadas	0,67	entre 0,5 y 0,7 cumple
BR (Calidez)	1,18	Apto para musica ya que se encuentra entre 1,10 y 1,45.
Br(brillo)	0,91	> 0,87 cumple

Figura 103. Tr, Br y BR

En el caso de la Sala de Ensayo, los parámetros TRmind con sillas ocupadas (ya que las personas funcionan como absorbentes) debían de ser entre 0,7 y 0,55, ya que para una banda de música deben de ser menos secos los sonidos, es decir más vivos, por otro lado, Br y BR, cumplen, además la curva tonal es la apropiada, lineal descendente.

### SIMAC

El procedimiento es hacer un 3D en "AutoCAD" tanto de una aula como de la sala de ensayo, mediante el comando "3DCARA", el cual asignaremos una capa por cuantas superficies existan, para asignarle un material en el programa.

A continuación, se colocarán en el "SIMAC" para confirmar que estén correctos, además podremos comprobarlo gráficamente.

- Aula de solfeo/ensayo individual.

**Aula**

- Marmol
- Placa de yeso 10 mm +Aisl. Lana vidrlo 50 mm
- Acondicionador acústico: Fibrade 19 mm
- Falso techo: Herakustlk 30 mm , 60mm Lana mineral.
- Ventana doble vidrlo

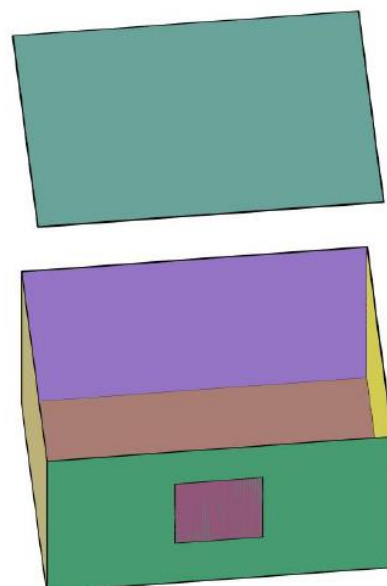


Figura 104. 3D materiales. Aula 2.



• Sala de Ensayo Banda/Audición.

- Auditorio/Sala ensayo**
- Moqueta**
  - Placa de yeso 10 mm +Aisl. Lana vidrio 50 mm**
  - Acondicionador acústico: Fibrade 19 mm**
  - Falso techo: Travertín Micro 25 a 30 mm del forjado.**
  - Tarima de madera**

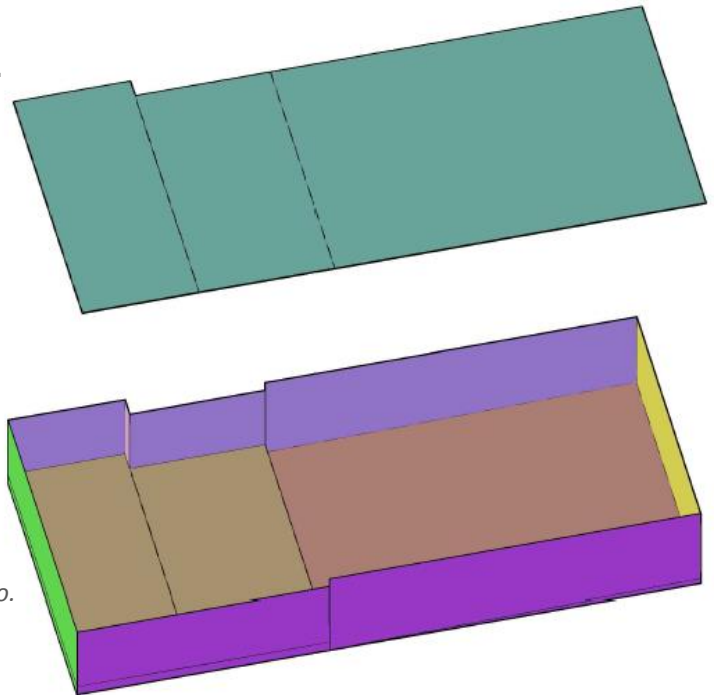


Figura 104. 3D materiales. Auditorio.

6.2 Interpretación de los datos obtenidos.

Una vez hecho esto, se abre el archivo DXF en el programa SIMAC, si el programa nos dice "correcto", se guarda en el formato correspondiente del SIMAC.

A continuación, se va a "Data Base desktop", que sirve para modificar y añadir materiales, que es lo queremos, porque se quiere insertar los materiales de la hoja de cálculo. Se abre el programa SIMAC, buscas tu nombre y se le va añadiendo según la zona el material como se puede ver a continuación.

Se procede al cálculo para obtener el **TR20, TR30, EDT, Claridad y Nivel acústico**:

• Aula de Ensayo.



Figura 105. SIMAC

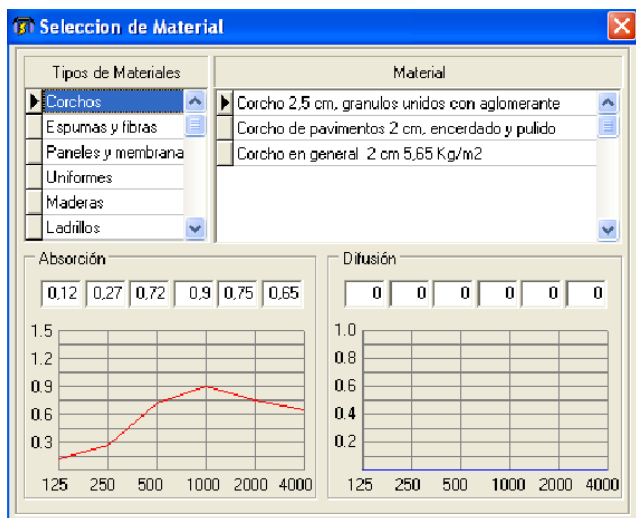


Figura 106. Materiales Simac.

Le damos a “Fuentes” y posicionamos el Emisor y Receptor, le damos a “Calcular”, seguidamente tendremos los datos numéricos, se añade una malla de 0,85 x 0,45 cm el cual el programa lanzara rayos sonoros, después ya podemos sacar mediante “Resultados” los datos gráficos, los diferentes parámetros que se obtienen.

Para que tengan la misma tonalidad le damos a “opciones de color” y ponemos un valor comprendido el cual todos los ecogramas lo tengan para poder compararlos.

Aquí los siguientes resultados obtenidos:

**6.2.1. Aula de Solfeo/ensayo individual.**

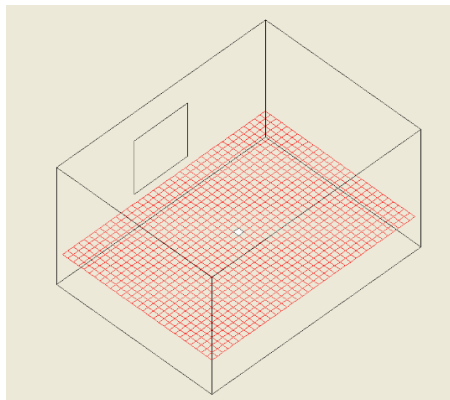


Figura 107. Malla Simac.

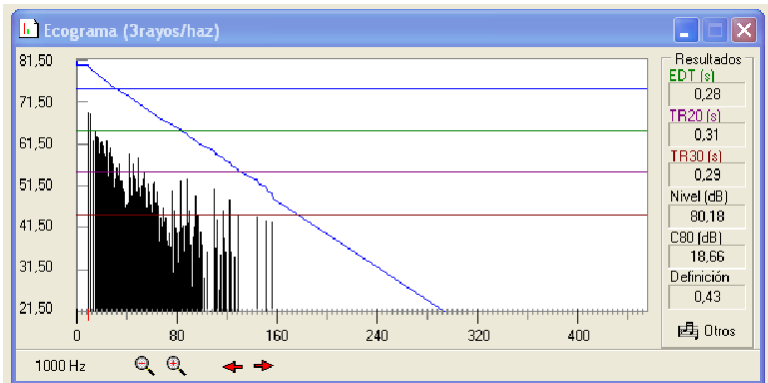


Figura 108. Ecograma.

Como vemos en el ecograma, la diferencia entre el directo y la primera reflexión es menor a 50 ms por lo que no vamos a tener presencia de eco en el aula.

Comparación de valores Aula de Ensayo/Solfeo.			
Parámetros	Simulación (SIMAC)	Simulación (SABINE)	Medición (DIRAC)
EDT mid.	0,27	x	0,96
TR20 mid.	0,31	0,28	0,97
TR30 mid.	0,29	x	0,98
Brillo(Br)	0,89	0,87	0,83
Calidez(BR)	1,05	1,17	1,45
Definición (D50)	0,49	x	0,49

Figura 109. Tabla de comparaciones.

Como podemos comprobar en esta tabla comparativa, los valores actuales son muy homogéneos y estables, se mantienen en los márgenes **aptos** para un aula de música donde se vayan a impartir clases de solfeo o ensayo individual. La medición “in situ” mediante el Dirac con los materiales actuales nos dieron valores demasiado elevados, mientras que los calculados en Excel mediante el método de Sabine con los materiales nuevos son muy semejantes a los extraídos de la simulación acústica mediante SIMAC, y por tanto correctos.

**EDT:**

Hemos obtenido imágenes con tonalidades de color representadas en una frecuencia a 1000 Hz, en el que se representa la variación de menos (azul marino) a más (rojo), mediante una variación que va de 0,25 a 0,35 segundos.

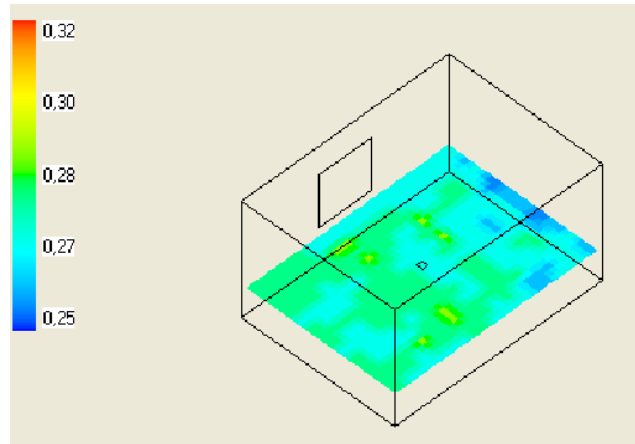


Figura 110. Representación Gráfica EDT.

En este caso el EDT mid. (Medio) es de 0,27, valor óptimo, ya que se aconseja que sea un valor semejante al TRmid, es cercano al 0,30 seg. que se necesita para una aula de solfeo/ensayo individual. Se ve que es bastante homogéneo en toda el aula.

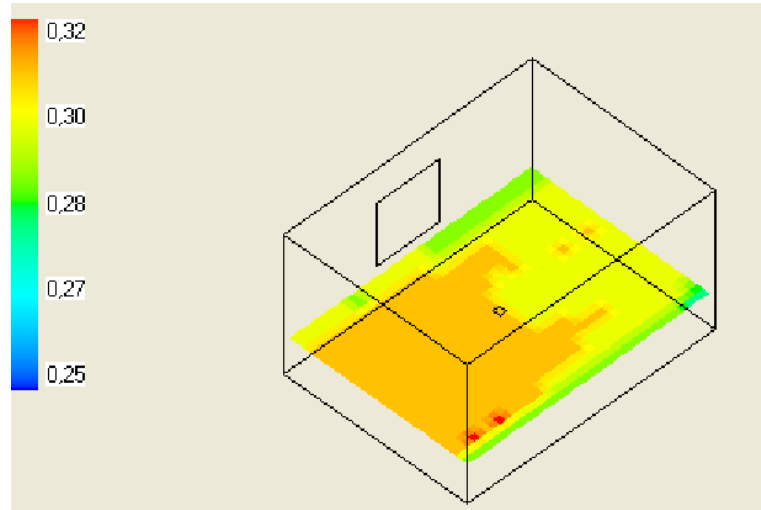
**TR20:**

Figura 111. Representación Gráfica TR20.

	Comparación de Resultados TR20
Valores material original(Ensayos DIRAC)	0,97
Valores materiales nuevos( Diseño Teorema Sabine)	0,28
Valores materiales nuevos(Aplic. Informática SIMAC)	0,31

Tabla 52. Comparación de Resultados.

Misma variación de colores que el EDT, es decir, de 0,25 a 0,32 seg. En este caso un color más anaranjado ya que el valor ronda los 0,31 segundos, muy parecido al calculado mediante Sabine (0,28).

Se analiza que la reverberación es lisa, veremos que en algunas imágenes veremos que desciende un poco en la pared lateral derecha debido a que ahí se encuentra la fuente emisora lo que repercute que haya menos.

#### TR30:

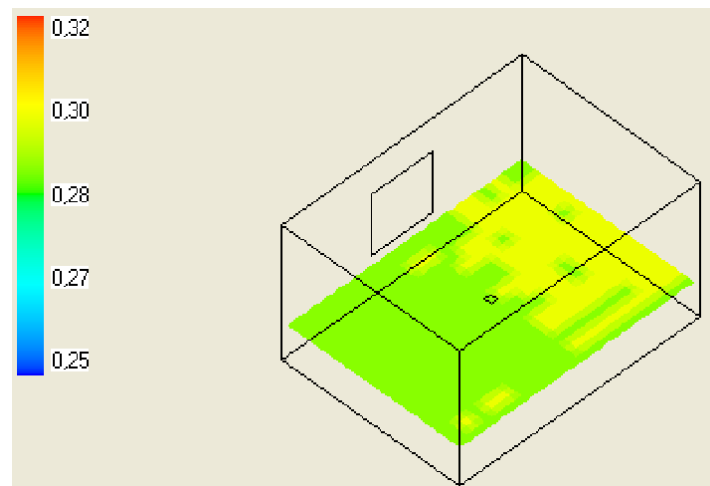


Figura 112.Representación Gráfica TR30.

Aquí se muestra el TR30 , para que sea óptimo el valor debe ser muy parecido al TR20, por lo que cumple ya que tenemos 0,29, de los 0,31 segundos del TR20.

#### Claridad C80:

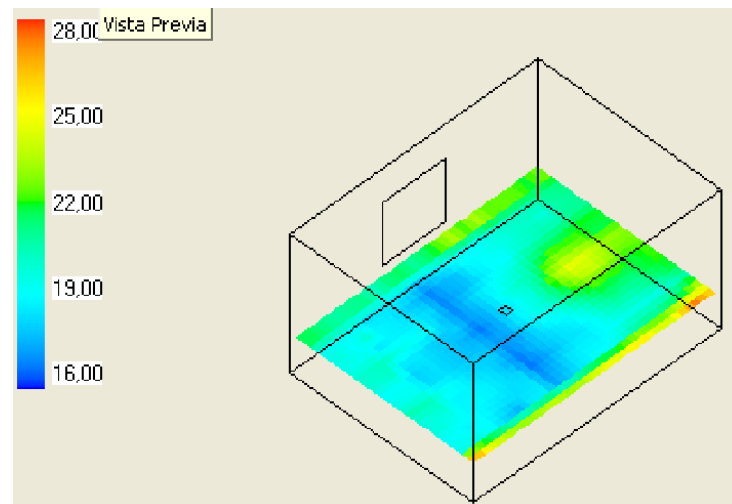


Figura 113 .Representación Gráfica C80.

Para la sala ocupada, L.G.Marshall, aconseja el siguiente margen de valores:  $-2 \leq C80 \leq 2$  dB  
Por lo que estos valores se encuentran bastante altos y tiene mala claridad.

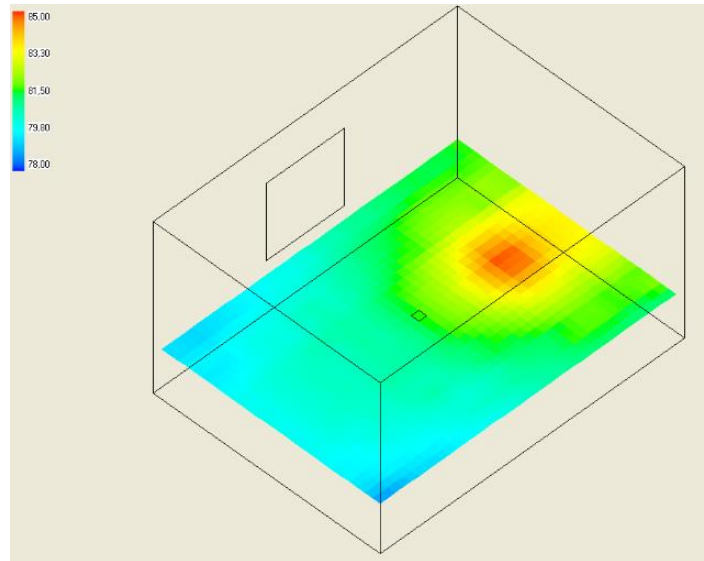
**Niveles:**

Figura 114. Representación Gráfica. Niveles.

En los mapas de niveles, tras aplicar una potencia acústica de 90 DB, podemos ver los resultados: La escala receptora va de 78 a 85 dB, como es lógico cuando más alejado de la fuente más azulado, y en la misma fuente más rojizo.

**6.2.2. Sala de Ensayo.**

Mismo procedimiento que en la anterior, insertarnos materiales nuevos propuestos calculados mediante la fórmula de Sabine, creamos emisor y receptor, generamos una malla y se procede a analizar los datos obtenidos:

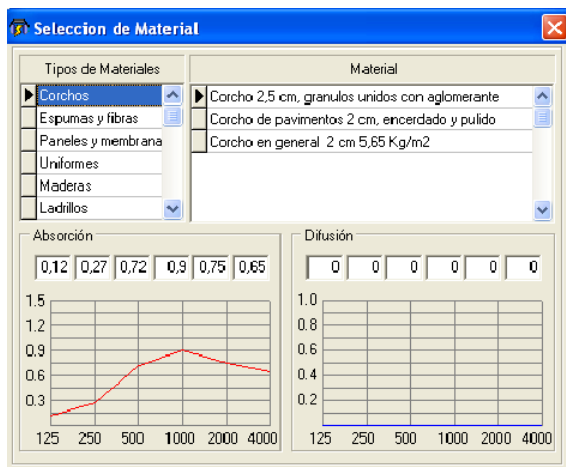


Figura 116. SimAc.

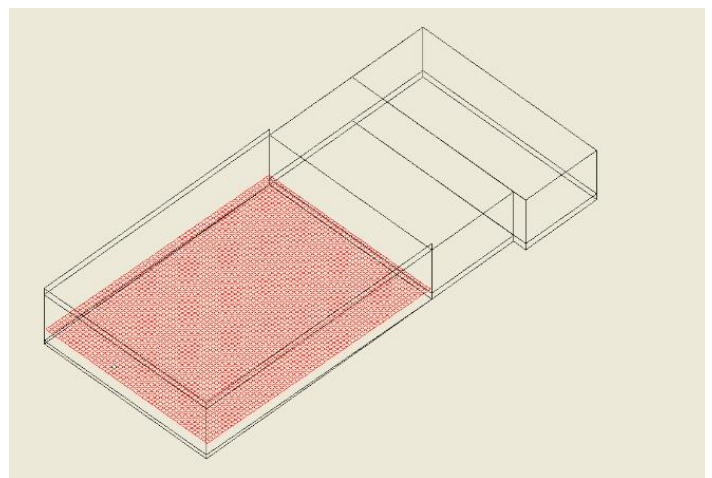


Figura 116. Malla Auditorio.

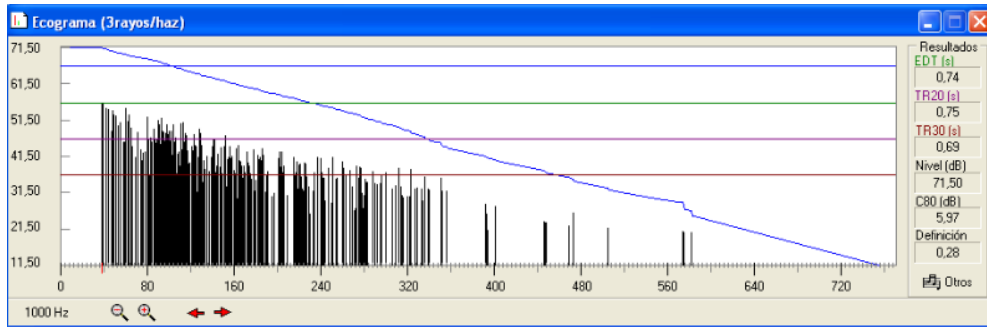


Figura 117. Ecograma Auditorio.

Como vemos en el ecograma, la diferencia entre el directo y la primera reflexión es menor a 50 ms, 40 ms aproximadamente, ya que se observa que empieza sobre la mitad de la primera medida leíble, (los 80 ms), por lo que no vamos a tener presencia de eco en el aula.

Comparación de valores Sala Ensayo/Audición			
Parámetros	Simulación(SIMAC)	Simulación (SABINE)	Medición (DIRAC)
EDT mid	0,76	x	1,22
TR20 mid	0,77	0,67	1,32
TR30 mid	0,71	x	1,33
Brillo(Br)	0,91	0,88	0,85
Calidez(BR)	0,98	1,21	0,63
Definición(D50)	0,36	x	0,60

Tabla 118. Tabla Comparativa.

En este caso los valores también son uniformes, rebajando los valores estudiados “in situ” que eran demasiado altos para una escuela de música, vemos que la simulación tiene valores muy acertados que estudiaremos a continuación:

**EDT:**

Hemos obtenido imágenes con tonalidades de color representadas en una frecuencia a 1000 Hz, la más representativa para el oído humano, la variación va de 0,25 a 0,32 segundos y de azul a rojo.

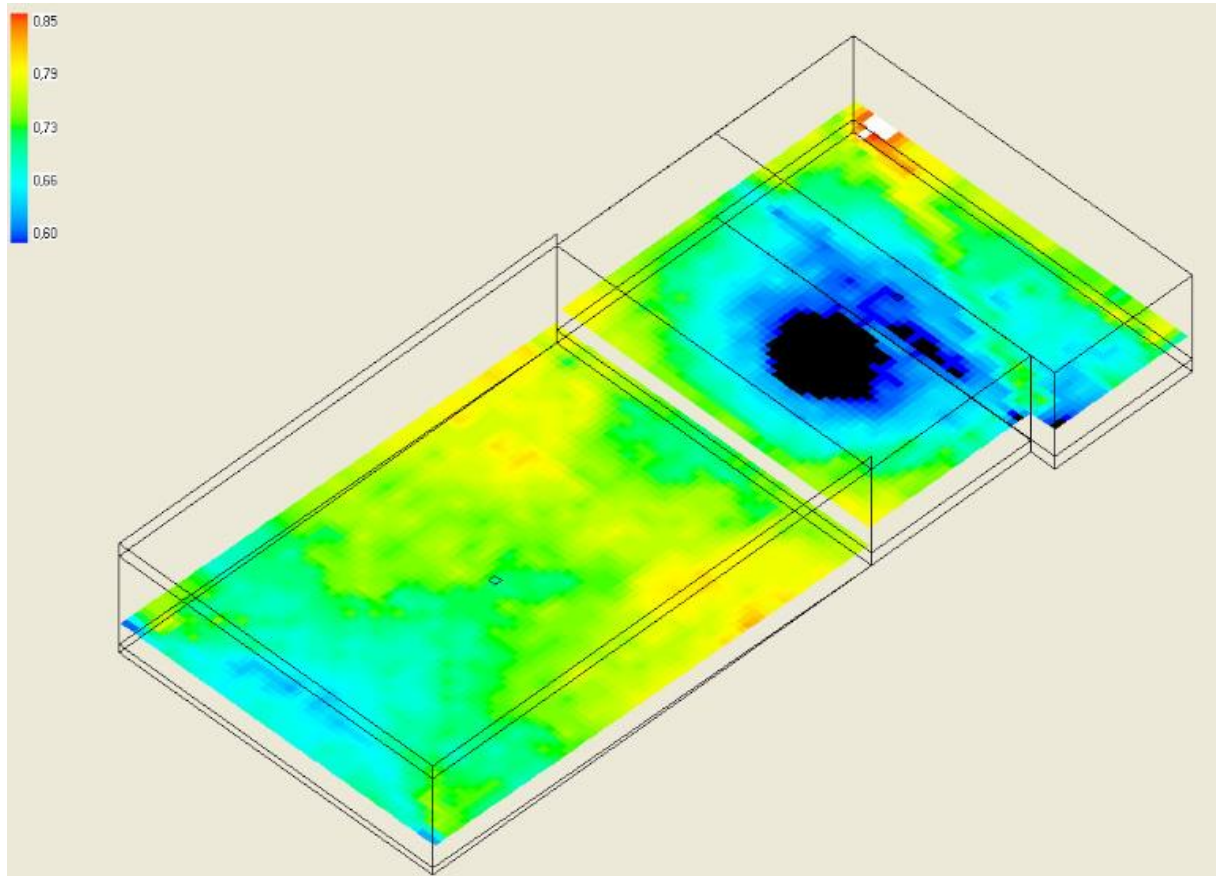


Figura 119. Representación Gráfica. EDT

En este caso el EDT mid. (Medio) es de 0,76, valor óptimo, ya que se aconseja que sea un valor semejante al TRmid, (0,77 seg.) que se necesita para una Sala de Audición/ensayo. En el fondo zona de público tenemos unos valores sobre el 0,67, hay más incidencia en los laterales y la zona frontal, como podemos ver la zona superior es donde más bajo es el EDT puesto que se encuentra al lado de la fuente.

**TR20:**

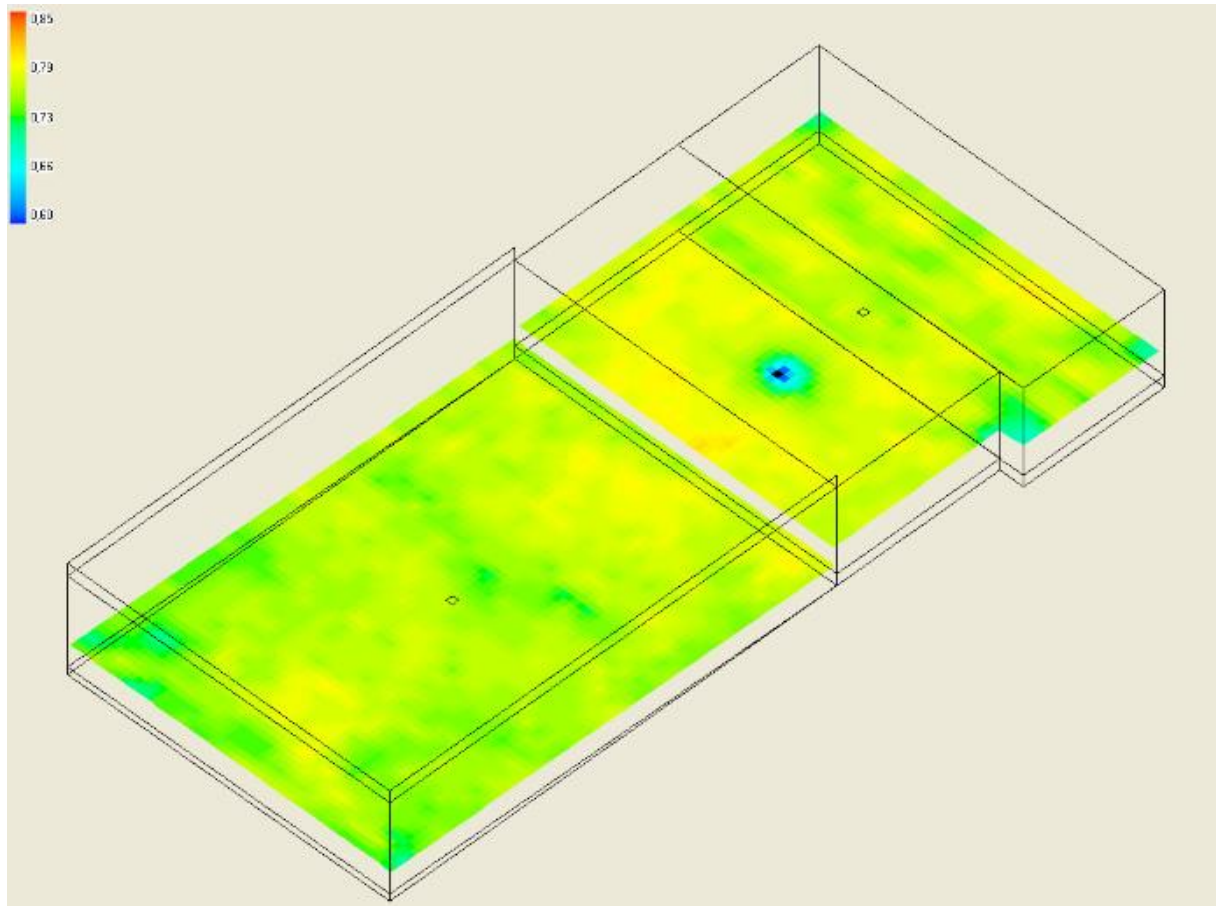


Figura 120. Representación Gráfica. TR20

Los datos obtenidos son **Aptos**, pues la reverberación ideal para una Sala de Audición/Ensayos con es de alrededor de 0,7, mediante simulación hemos logrado el objetivo de **0,77 segundos**, además valor muy cercano al obtenido mediante Sabine **0,67 segundos**.

Los valores son muy uniformes por lo que la variación es mínima.

	Comparación de Resultados TR20
Valores material original(Ensayos DIRAC)	1,32
Valores materiales nuevos( Diseño Teorema Sabine)	0,67
Valores materiales nuevos(Aplic. Informática SIMAC)	0,77

Figura 121. Tabla comparativa.



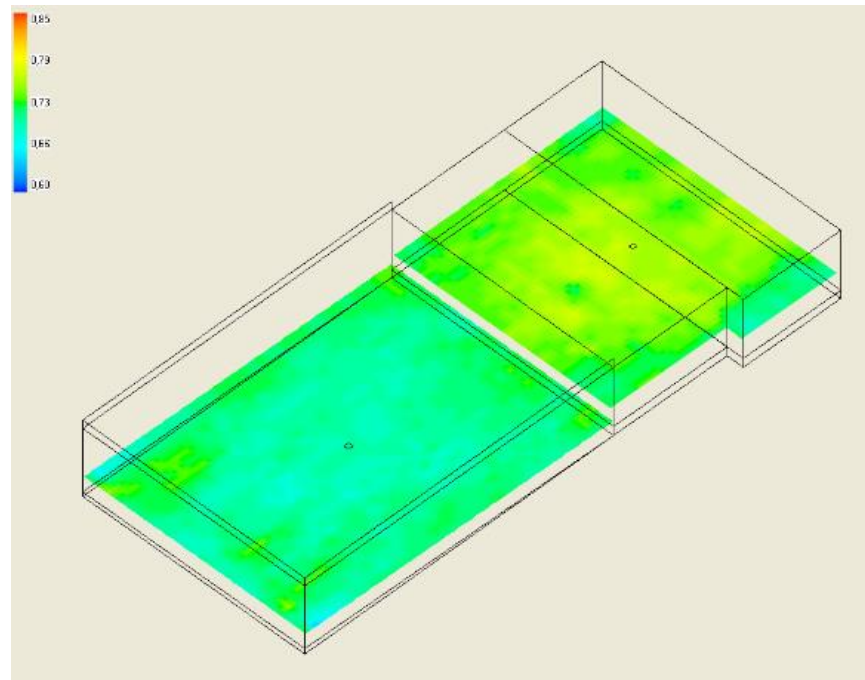
**TR30:**

Figura 122. Representación Gráfica.TR30

Aquí se muestra el TR30 , para que sea óptimo el valor debe ser muy parecido al TR20, por lo que cumple ya que tenemos 0,71 , de los 0,77 segundos del TR20. Valores muy lineales, entre 0,70 y 0,75 en toda la sala.

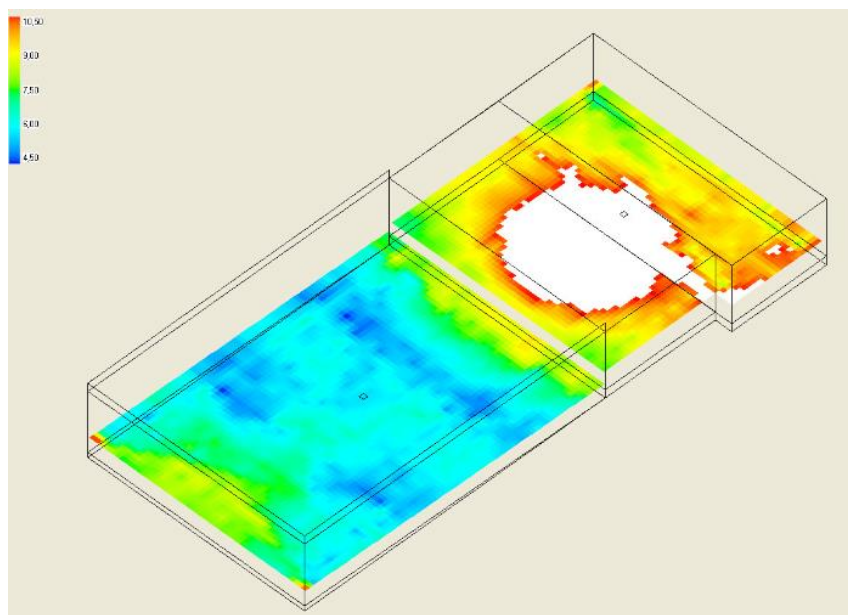
**Claridad C80:**

Figura 123. Representación Gráfica.C80.

Para la sala ocupada, L.G.Marshall, aconseja el siguiente margen de valores:  $-2 \leq C80 \leq 2$  dB

Los valores se encuentran muy por encima de este margen en la tarima, no obstante la diferencia no es muy amplia en público, más 5 dB.

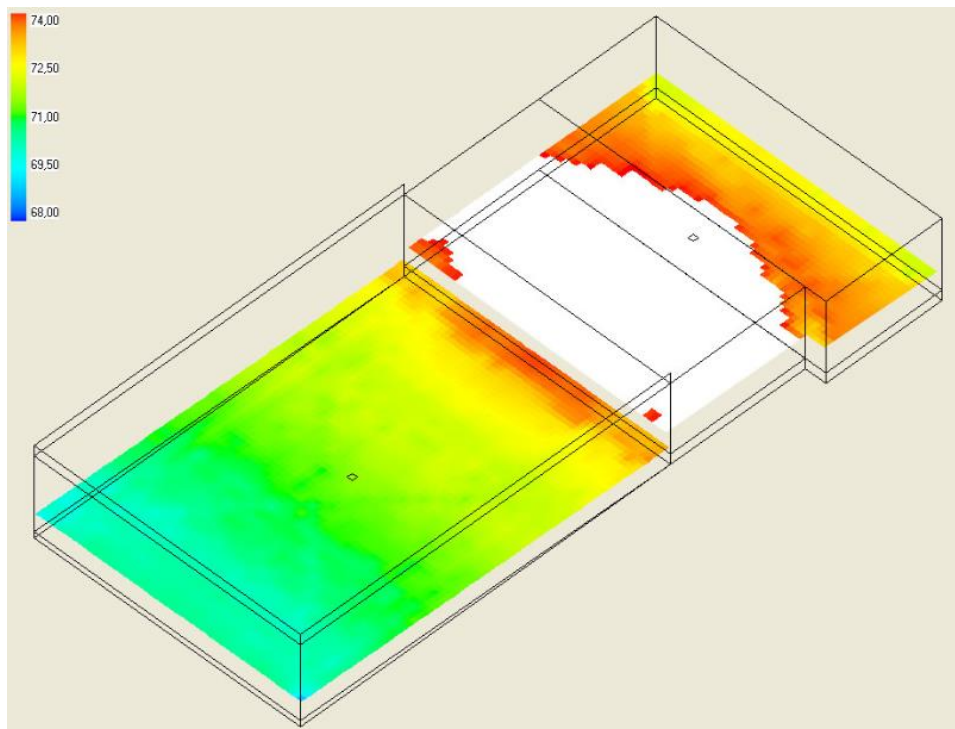
**Niveles:**

Figura 124. Representación Gráfica. Niveles.

En los mapas de niveles, tras aplicar una potencia acústica de 90 dB, podemos ver los resultados: La escala receptora va de 68 a 74 dB, como es lógico cuando más alejado de la fuente más azulado, alrededor de la fuente rojizo y en la misma fuente blanco, eso quiere decir que los valores en ese punto están por encima de 74 dB, pero inferiores a 90 dB. En la zona frontal son más amarillos ya que se encuentra el acondicionador acústico Fibrade 19 mm.

## 7. CONCLUSIONES ESTADO ACTUAL

Tras analizar los datos obtenidos "in situ" mediante el sonómetro, se identifica que las aulas con partición de ladrillo del 7 con su revestimiento no cumplen con la normativa acústica de aislamiento, y por lo tanto, la gran mayoría de aulas son inservibles para una escuela de música, por lo que se procederá a el cambio de estas por otro sistema que cumpla con el CTE-DB-HR.

En cuanto a la zona de sala de canto si cumple ya que la partición es la antigua fachada que daba al solar, previa a la ampliación. En el aislamiento entre plantas también es apta ya que el forjado y sobretodo las hueveras en la cara inferior del forjado absorben los sonidos, ya que tiene un gran coeficiente de absorción, no obstante estas quedan obsoletas y serán reemplazadas por otra técnica.

En cuanto al estudio mediante SIMAC, SABINE Y DIRAC hemos obtenido el TR20, TR30, EDT, ecogramas etc. con el DIRAC, (medidas "in situ"), los resultados en aulas fueron valores alrededor de la unidad, altas para aulas de solfeo/ensayo, se debe rebajar dos terceras partes por lo que se añadirá un acondicionador acústico, que comprobado mediante SIMAC y SABINE nos salen Aptos para música.

En el caso de la Sala de ensayo/audición los datos también son cercanos a la unidad, para disminuirla a un valor comprendido entre 0,5 y 0,7 segundos, aplicaremos un acondicionador acústico en la pared frontal, otro en pavimento donde estará el público y un sistema de suspensión en el forjado, aparte de reforzar las particiones, estas soluciones han dado Apto en el software mencionado anteriormente.

Se procederá a una nueva distribución de las aulas, para aprovechar el espacio y su uso, aumentando la eficiencia, además los dirigentes de la escuela así lo pidieron. Por otra parte se harán modificaciones de accesibilidad, seguridad y evacuación, ya que actualmente no cumplen.

A continuación se propondrán las mejoras con los materiales adecuados y se procederá a su verificación final mediante un software del CTE-DB-HR, para comprobar que las nuevas modificaciones cumplan con el aislamiento.



## 8. PROPUESTA DE MEJORA

## 8.1 Propuestas planteadas

Se procederá a la reforma de la escuela de música, a partir de los resultados obtenidos:

- **Fachada:**

Se procederá Limpieza mecánica de fachada en estado de conservación regular, mediante proyección de spray de agua atomizada a baja presión. Se colocará un ascensor exterior para habilitar el acceso a personas de movilidad reducida. Colocación de puerta cortafuegos pivotante homologada, EI2 60-C5, según UNE-EN 1634-1, de 63 mm de espesor, 1200x2000 mm de luz y doble ventana.



Figura 125. Ascensor Ext.



Figura 126. Puerta Emergencia.

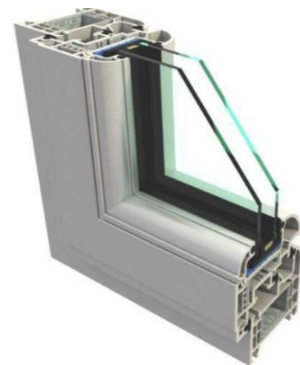


Figura 127. Doble Acristalamiento.

Revestimiento decorativo de fachadas con pintura plástica lisa, en la zona inferior, en las 2 caras de las fachadas.



Figura 128. Revestimiento: Fachada Principal.

- **Estructura y particiones:**

Se ejecutará varios tramos de escalera para evacuar en la parte final de la escuela.

Ligera pendiente para público en planta primera con hormigón.

Demolición de partición interior de fábrica revestida, formada por ladrillo hueco doble de 7/9 cm de espesor, con medios manuales, y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.

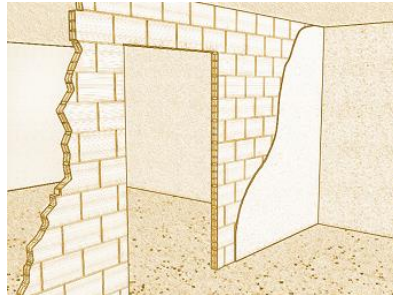


Figura 129. Particiones : Demolición.

Post retirada de baldosas de mármol y ejecución del nuevo suelo, se irán instalando las tabiques especiales  $(12,5+12,5+70 + 70+12,5+12,5)/600$  (70 + 70) LM - (4 normal) con placas de yeso laminado, sobre banda acústica, formado por una estructura doble sin arriostrar, con disposición normal "N" de los montantes; aislamiento acústico mediante panel semirrígido de lana mineral, espesor 65 mm, en el alma; 190 mm de espesor total.

Instalación de paneles hidrófugos de estructura doble en cuando colinden con uso diferente, en zonas húmedas, como baños, mismo uso entramado simple, siempre cumpliendo con el asilamiento marcado por el CTE.

Colocación de trasdosados en la zona perimetral, (SP + Aislante lana de roca + doble placa de yeso laminado) en medianeras para asilar todo lo posible nuestro recinto de los vecinos y en la fachada para reforzarla.

En planta baja, en las aulas colocaremos doble ventana para evitar todo lo posible la transmisión de dB al exterior, en cuanto a la planta primera la fachada será ciega, ya que para una sala de audición donde habrán ensayos y conciertos es aconsejable que no haya huecos para evitar posibles problemas como un bajo aislamiento mala calidad de sonido.

A continuación ilustraremos mediante "El Catálogo de Elementos Constructivos" que *está concebido como un instrumento de ayuda para el cumplimiento de las exigencias generales de diseño de los requisitos de Habitabilidad: Salubridad, Protección frente al ruido y Ahorro de Energía, establecidas en el Código Técnico de la Edificación (CTE).*

HP hoja principal T trasdosado SP separación de 10 mm C cámara no ventilada AT aislante: lana mineral <sup>(1)</sup> YL placa de yeso laminado LH ladrillo hueco sencillo o gran formato de 5 cm de espesor B bandas elásticas <sup>(2)</sup> RI revestimiento interior (Guamecido o enlucido)					
Código	Sección	e <sub>YL</sub> (mm)	e <sub>AT</sub> (mm)	HE <sup>(3)</sup>	HR <sup>(4)</sup>
				R (m <sup>2</sup> K/W)	ΔR <sub>A</sub> [m <sub>el. base</sub> ] (dBA)
TR1		15	50	0,21+R <sub>AT</sub>	17 [70] 16 [100] 15 [140] 14 [160] 13 [180]
		2x12,5	50	0,25+R <sub>AT</sub>	12 [200] 10 [250] 9 [300] 8 [350] 7 [400]

Figura 130 ,PY trasdosado fachadas y medianeras(CTE-DB-HR)

P4.7		1/(0,66+R <sub>AT</sub> )	65 <sup>(3)</sup>	55
------	--	---------------------------	-------------------	----

Figura 131 , PY particiones interiores. (CTE-DB-HR)

P4.2		1/(0,46+R <sub>AT</sub> )	52	44
------	--	---------------------------	----	----

Figura 132. PY hidrófugo



- **Revestimientos y trasdosados:**

Después de la retirada de los tabiques actuales, se procederá al levantamiento y extracción del solado actual, tanto en planta baja como en la primera, y se colocará el nuevo pavimento, cumpliendo con el CTE. Se propone lo siguiente:

AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO DE IMPACTO Y VIBRACIONES  
SUELO FLOTANTE DOBLE

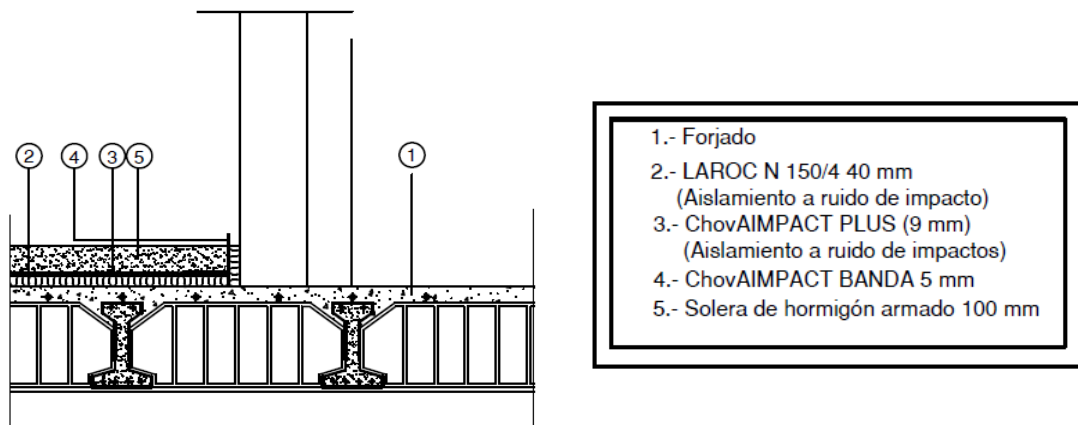


Figura 133. Aislamiento Pavimento.

Se pondrá pavimento de moqueta de fibra sintética 100% poliamida, suministrada en rollos de 4x20 m, acabada en bucle, colocada con adhesivo de contacto, en la zona de espectadores de la planta primera, ya que sirve de absorción acústica y anti-impacto.



Figura 134. Moqueta.

En la planta primera en la zona de ensayo, se procederá a suministrar y colocar pavimento de tarima flotante formado por tablas machihembradas de madera maciza de pino, de 17 mm de espesor, a una altura aproximada de 0,5 m.



Figura 135. Entarimado Madera.

**Falso techo:**

Planta Baja: Falso techo registrable, situado a una altura menor de 4 m, acústico, D146 "KNAUF", formado por placas de yeso laminado con aislante de lana de roca de 40-60 mm de espesor, en aulas y pasillos.

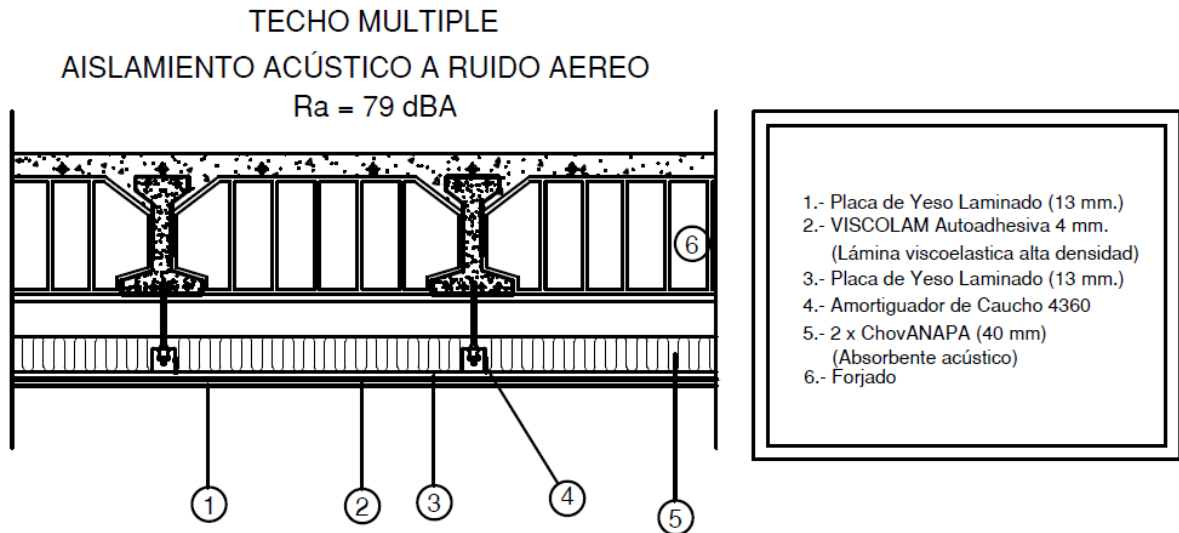


Figura 136. Falso Techo.

Planta Primera: Falso techo registrable, situado a una altura menor de 4 m, acústico, D146 "KNAUF", formado por placas de yeso laminado, todo el auditorio.

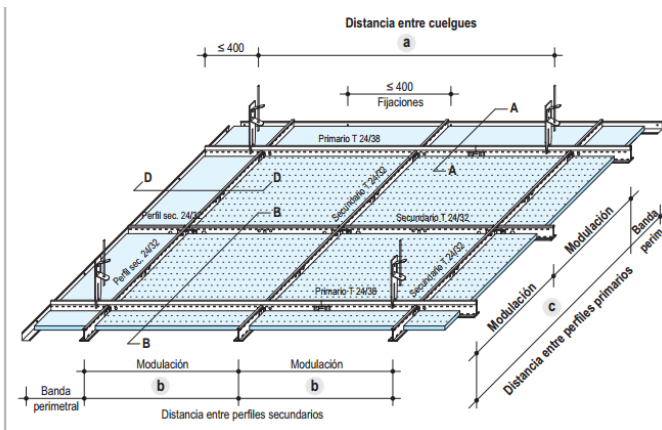


Figura 137. Estructura Falso Techo.

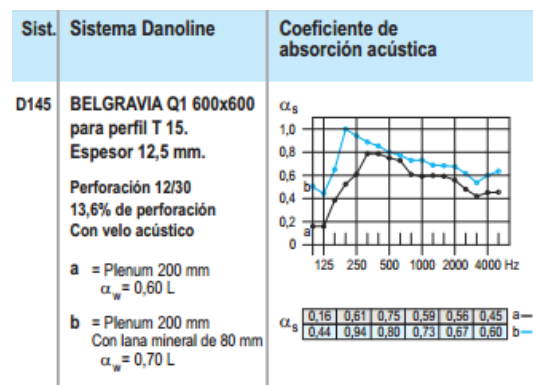


Figura 138. Coef. Absorción Acústica.

### Absorbente acústico:

- En la planta baja se colocará placas de **fibra de vidrio 19 mm** en:
- Una de las 4 caras de las aulas de solfeo.
- En la zona neutral entre el aula y el pasillo, totalmente aislada en las 4 paredes
- Zona tramo escalera totalmente revestida las paredes.
- Zona de pasillos a una determinada altura.
- En planta primera en una de las caras frontal o posterior del auditorio.

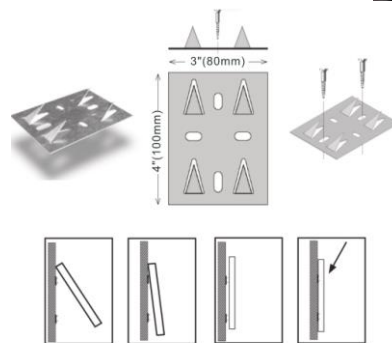
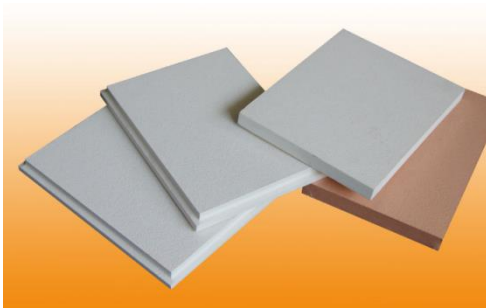


Figura 139. Acondicionador Acústico.

- **Mobiliario interior:**

#### Puertas:

Doble puerta de madera en acceso a aulas de solfeo, Puerta de paso ciega, de una hoja de 203x82,5x3,5 cm, de tablero aglomerado directo.

Puerta corredera para baño de minusválidos.

#### Sillas:

Sillas ocupadas con bajo porcentaje de superficie tapizada para el auditorio.

## 8.2 Fichas aislamiento acústico CTE-DB-HR

A continuación veremos los resultados de aislamiento acústico entre varios de los recintos más importantes de nuestra reforma, mediante los materiales propuestos. **Ejemplo 1:** Comportamiento acústico entre 2 aulas pequeñas de solfeo junto a medianera, calificadas como recintos de actividad.

<b>Documento Básico HR Protección frente al ruido</b>																																											
Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores. Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.																																											
<table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td> <td>UNIÓ MUSICAL XERACO</td> </tr> <tr> <td>Autor</td> <td>SALVADOR GEA PÉREZ</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>25/04/2016</td> </tr> <tr> <td>Referencia</td> <td>ESTUDIO ENTRE DOS AULAS PEQUEÑAS EN MEDIANERA, CALIFICADAS COMO RECINTO DE ACTMIDAD.</td> </tr> </table>	Proyecto	UNIÓ MUSICAL XERACO	Autor	SALVADOR GEA PÉREZ	Fecha	25/04/2016	Referencia	ESTUDIO ENTRE DOS AULAS PEQUEÑAS EN MEDIANERA, CALIFICADAS COMO RECINTO DE ACTMIDAD.																																			
Proyecto	UNIÓ MUSICAL XERACO																																										
Autor	SALVADOR GEA PÉREZ																																										
Fecha	25/04/2016																																										
Referencia	ESTUDIO ENTRE DOS AULAS PEQUEÑAS EN MEDIANERA, CALIFICADAS COMO RECINTO DE ACTMIDAD.																																										
<b>Características técnicas del recinto 1</b>																																											
Tipo de recinto como emisor	Recinto de actividad o instalaciones																																										
Tipo de recinto como receptor	Volumen 33																																										
<b>Soluciones Constructivas</b>																																											
Separador	YL 2x12,5 + AT MW 70 + YL 12,5 + SP + AT MW 70 + YL 2x12,5 (perfiles arriostrados)																																										
Suelo F1	U_BH 350 mm																																										
Techo F2	U_BH 350 mm																																										
Pared F3	LP115+AT+LH40+EN15																																										
Pared F4	YL 2x12,5 + AT MW 70 + YL 12,5 + SP + AT MW 70 + YL 2x12,5 (perfiles arriostrados)																																										
<b>Parámetros Acústicos</b>																																											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>S<sub>i</sub> (m²)</th> <th>l<sub>i</sub> (m)</th> <th>m<sub>i</sub> (kg/m²)</th> <th>R<sub>A</sub> (dBA)</th> <th>L<sub>w</sub> (dB)</th> <th>Δ R<sub>A</sub> (dBA)</th> <th>Δ L<sub>w</sub> (dB)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Separador</td> <td>10</td> <td>55</td> <td>65</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Suelo F1</td> <td>10</td> <td>3.45</td> <td>413</td> <td>57</td> <td>72</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Techo F2</td> <td>10</td> <td>3.45</td> <td>413</td> <td>57</td> <td>72</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Pared F3</td> <td>10</td> <td>3.45</td> <td>202</td> <td>50</td> <td>-</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Pared F4</td> <td>10</td> <td>3.45</td> <td>55</td> <td>65</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	S <sub>i</sub> (m²)	l <sub>i</sub> (m)	m <sub>i</sub> (kg/m²)	R <sub>A</sub> (dBA)	L <sub>w</sub> (dB)	Δ R <sub>A</sub> (dBA)	Δ L <sub>w</sub> (dB)	Separador	10	55	65	-	-	-	Suelo F1	10	3.45	413	57	72	6	Techo F2	10	3.45	413	57	72	7	Pared F3	10	3.45	202	50	-	10	Pared F4	10	3.45	55	65	-	-
S <sub>i</sub> (m²)	l <sub>i</sub> (m)	m <sub>i</sub> (kg/m²)	R <sub>A</sub> (dBA)	L <sub>w</sub> (dB)	Δ R <sub>A</sub> (dBA)	Δ L <sub>w</sub> (dB)																																					
Separador	10	55	65	-	-	-																																					
Suelo F1	10	3.45	413	57	72	6																																					
Techo F2	10	3.45	413	57	72	7																																					
Pared F3	10	3.45	202	50	-	10																																					
Pared F4	10	3.45	55	65	-	-																																					
<b>Características técnicas del recinto 2</b>																																											
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso																																										
Tipo de recinto como receptor	Protegido Volumen 33																																										
<b>Soluciones Constructivas</b>																																											
Separador	YL 2x12,5 + AT MW 70 + YL 12,5 + SP + AT MW 70 + YL 2x12,5 (perfiles arriostrados)																																										
Suelo f1	U_BH 350 mm																																										
Techo f2	U_BH 350 mm																																										
Pared f3	LP115+AT+LH40+EN15																																										
Pared f4	YL 2x12,5 + AT MW 70 + YL 12,5 + SP + AT MW 70 + YL 2x12,5 (perfiles arriostrados)																																										
<b>Parámetros Acústicos</b>																																											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>S<sub>i</sub> (m²)</th> <th>l<sub>i</sub> (m)</th> <th>m<sub>i</sub> (kg/m²)</th> <th>R<sub>A</sub> (dBA)</th> <th>L<sub>w</sub> (dB)</th> <th>Δ R<sub>A</sub> (dBA)</th> <th>Δ L<sub>w</sub> (dB)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Separador</td> <td>10</td> <td>55</td> <td>65</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Suelo f1</td> <td>10</td> <td>3.45</td> <td>413</td> <td>57</td> <td>72</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Techo f2</td> <td>10</td> <td>3.45</td> <td>413</td> <td>57</td> <td>72</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Pared f3</td> <td>10</td> <td>3.45</td> <td>202</td> <td>50</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Pared f4</td> <td>10</td> <td>3.45</td> <td>55</td> <td>65</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	S <sub>i</sub> (m²)	l <sub>i</sub> (m)	m <sub>i</sub> (kg/m²)	R <sub>A</sub> (dBA)	L <sub>w</sub> (dB)	Δ R <sub>A</sub> (dBA)	Δ L <sub>w</sub> (dB)	Separador	10	55	65	-	-	-	Suelo f1	10	3.45	413	57	72	6	Techo f2	10	3.45	413	57	72	7	Pared f3	10	3.45	202	50	-	-	Pared f4	10	3.45	55	65	-	-
S <sub>i</sub> (m²)	l <sub>i</sub> (m)	m <sub>i</sub> (kg/m²)	R <sub>A</sub> (dBA)	L <sub>w</sub> (dB)	Δ R <sub>A</sub> (dBA)	Δ L <sub>w</sub> (dB)																																					
Separador	10	55	65	-	-	-																																					
Suelo f1	10	3.45	413	57	72	6																																					
Techo f2	10	3.45	413	57	72	7																																					
Pared f3	10	3.45	202	50	-	-																																					
Pared f4	10	3.45	55	65	-	-																																					
<b>Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta</b>																																											
Ventanas, puertas y lucernarios	superficie	S (m²)	0																																								
	índice de reducción	R <sub>A</sub> (dBA)	0																																								
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	D <sub>n,r,a</sub> (dBA)	0																																								
	transmisión indirecta	D <sub>n,r,i</sub> (dBA)	0																																								

Como veremos, los elementos programados **CUMPLEN** por la normativa, ruido aéreo 60>55 dBA impacto 60>30 dB.

## CTE Documento Básico HR Protección frente al ruido

**CTE**  
CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.

Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	$K_{Ff}$	$K_{Fd}$	$K_{Of}$
Separador - Suelo	Unión en + de doble hoja con encuentro elástico en suelo y techo	-1.6	15.2	15.2
Separador - Techo	Unión en + de doble hoja con encuentro elástico en suelo y techo	-1.6	15.2	15.2
Separador - Pared	Unión en T asimétrica de doble hoja y elementos homogéneos con junta elástica (orientación 1)	-0.4	7.5	7.5
Separador - Pared	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos con encuentro elástico en 4, (orientación 2)	4.7	7.5	7.5

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nTA}$ (dBA)	60	55	CUMPLE
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nTw}$ (dB)	30	60	CUMPLE

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nTA}$ (dBA)	60	-	
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nTw}$ (dB)	30	-	

**Ejemplo 2:** Comportamiento acústico entre 2 aulas medianas de solfeo junto a fachada, calificadas como recintos de actividad.

## CTE Documento Básico HR Protección frente al ruido

**CTE**  
CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.

Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

Proyecto	UNIÓ MUSICAL XERACO	
Autor	SALVADOR GEA PÉREZ	
Fecha	25/04/2016	
Referencia	AISLAMIENTO ACÚSTICO ENTRE DOS AULAS MEDIANAS EN FACHADA. RECINTO DE ACTIVIDAD.	

Características técnicas del recinto 1		AULA 2(DERECHA)					
Tipo de recinto como emisor	Recinto de actividad o instalaciones						
Tipo de recinto como receptor					Volumen	102.3	
Soluciones Constructivas							
Separador	RE+LP115+AT+LH40+EN15						
Suelo F1	U_BH 350 mm						
Techo F2	U_BH 350 mm						
Pared F3	RE+LP115+AT+LH40+EN15						
Pared F4	YL 2x12,5 + AT MW 70 + YL 12,5 + SP + AT MW 70 + YL 2x12,5 (perfiles arriostrados)						
Parámetros Acústicos							
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m_i$ (kg/m <sup>3</sup> )	$R_A$ (dBA)	$L'_{n,w}$ (dB)	$\Delta R_A$ (dBA)	$\Delta L_w$ (dB)
Separador	20		202	50	-	17	
Suelo F1	31	6	413	57	72	6	33
Techo F2	31	6	413	57	72	7	9
Pared F3	20	6	202	50		10	-
Pared F4	20	6	55	65		-	-

Características técnicas del recinto 2		AULA 2(IZQUIERDA)					
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	Protegido	Volumen	81.2				
<b>Soluciones Constructivas</b>							
Separador	RE+LP115+AT+LH40+EN15						
Suelo f1	U_BH 350 mm						
Techo f2	U_BH 350 mm						
Pared f3	RE+LP115+AT+LH40+EN15						
Pared f4	YL 2x12,5 + AT MW 70 + YL 12,5 + SP + AT MW 70 + YL 2x12,5 (perfiles arriostrados)						
<b>Parámetros Acústicos</b>							
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_A$ (dBA)	$L_{n,w}$ (dB)	$\Delta R_A$ (dBA)	$\Delta L_w$ (dB)
Separador	20		202	50	-	-	
Suelo f1	29	6	413	57	72	8	28
Techo f2	29	6	413	57	72	13	9
Pared f3	17	6	202	50	-	-	
Pared f4	17	6	55	65	-	-	

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas , puertas y lucernarios	superficie	$S$ (m <sup>2</sup> )	0
	índice de reducción	$R_A$ (dBA)	0
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	$D_{n,R,A}$ (dBA)	0
	transmisión indirecta	$D_{n,R,A}$ (dBA)	0

Como veremos, los elementos programados **CUMPLEN** por la normativa, ruido aéreo 63>55 dBA impacto 60>26 dB, además por un rango bastante algo, muy favorable.



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.  
 Caso: Recintos adyacentes con 4 aristas comunes.

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	$K_{Ff}$	$K_{Fd}$	$K_{Df}$
Separador - Suelo	Unión en + de doble hoja con encuentro elástico en el techo	0.9	6.2	6.2
Separador - Techo	Unión en + de doble hoja con encuentro elástico en el techo	0.9	8.5	8.5
Separador - Pared	Unión en T asimétrica de doble hoja y elementos homogéneos con junta elástica (orientación 1)	5.7	5.7	5.7
Separador - Pared	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos con encuentro elástico en 4, (orientación 2)	14.5	10.7	10.7

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nTA}$ (dBA)	63	55	<b>CUMPLE</b>
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nTw}$ (dB)	26	60	<b>CUMPLE</b>

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nTA}$ (dBA)	64	-	
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nTw}$ (dB)	25	-	

**Ejemplo 3:** Comportamiento acústico entre 2 recintos de actividad separados por un parámetro horizontal.

## CTE Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.  
Caso: Recintos superpuestos con 4 aristas comunes.

<b>Proyecto</b>	UNIÓ MUSICAL XERACO	
<b>Autor</b>	SALVADOR GEA PÉREZ	
<b>Fecha</b>	25/04/2016	
<b>Referencia</b>	AISLAMIENTO ACÚSTICO ENTRE LA PLANTA PRIMERA Y PLANTA BAJA.	

Características técnicas del recinto 1		PLANTA PRIMERA					
Tipo de recinto como emisor	Recinto de actividad o instalaciones						
Tipo de recinto como receptor		Volumen	1730				
Soluciones Constructivas							
Separador	U_BH 350 mm						
Pared F1	RE+LP115+AT+LH40+EN15						
Pared F2	LP115+AT+LH40+EN15						
Pared F3	LP115+AT+LH40+EN15						
Pared F4	RE+LP115+AT+LH40+EN15						
Parámetros Acústicos							
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_A$ (dBA)	$L_{n,w}$ (dB)	$\Delta R_A$ (dBA)	$\Delta L_w$ (dB)
Separador	434		413	57	72	6	33
Pared F1	130	30	202	50	72	10	-
Pared F2	130	30	202	50	72	10	-
Pared F3	52	13	202	50		10	-
Pared F4	58	13	202	50		10	-

Características técnicas del recinto 2		PLANTA BAJA					
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor		Protegido	Volumen	1246			
Soluciones Constructivas							
Separador	U_BH 350 mm						
Pared f1	RE+LP115+AT+LH40+EN15						
Pared f2	LP115+AT+LH40+EN15						
Pared f3	LP115+AT+LH40+EN15						
Pared f4	RE+LP115+AT+LH40+EN15						
Parámetros Acústicos							
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_A$ (dBA)	$L_{n,w}$ (dB)	$\Delta R_A$ (dBA)	$\Delta L_w$ (dB)
Separador	434		413	57	72	7	9
Pared f1	100	30	202	50	72	10	-
Pared f2	100	30	202	50	72	10	-
Pared f3	37	13	202	50		10	-
Pared f4	43	13	202	50		10	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas , puertas y lucernarios	superficie	$S$ (m <sup>2</sup> )	0
	índice de reducción	$R_A$ (dBA)	0
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	$D_{n,RA}$ (dBA)	0
	transmisión indirecta	$D_{n,RA}$ (dBA)	0

Como veremos, los elementos programados **CUMPLEN** por la normativa, ruido aéreo  $67 > 55$  dBA impacto  $60 > 14$  dB, además por un rango bastante algo, muy favorable.



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.

Caso: Recintos superpuestos con 4 aristas comunes.

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	$K_{Ff}$	$K_{Fd}$	$K_{Df}$
Separador - Pared	Unión en T asimétrica de doble hoja y elementos homogéneos con doble junta elástica (orientación 3)	22.7	12.3	12.3
Separador - Pared	Unión en T asimétrica de doble hoja y elementos homogéneos con doble junta elástica (orientación 4)	22.7	12.3	12.3
Separador - Pared	Unión en T asimétrica de doble hoja y elementos homogéneos con doble junta elástica (orientación 3)	22.7	12.3	12.3
Separador - Pared	Unión en T asimétrica de doble hoja y elementos homogéneos con doble junta elástica (orientación 4)	22.7	12.3	12.3

Transmisión del recinto 1 al recinto 2				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nTA}$ (dBA)	67	55	<b>CUMPLE</b>
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nTw}$ (dB)	14	60	<b>CUMPLE</b>

Transmisión del recinto 2 al recinto 1				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nTA}$ (dBA)	68	-	
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nTw}$ (dB)	-	-	-



**Ejemplo 4:** Aislamiento entre interior-exterior.

**Documento Básico HR Protección frente al ruido**

 Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas  
 Caso: Fachadas

Proyecto	UNIÓ MUSICAL XERACO	
Autor	SALVADOR GEA PEREZ	
Fecha	07/05/2016	
Referencia	REFORMA: AISLAMIENTO ENTRE RECINTO CULTURAL Y EXTERIOR	

Características técnicas del recinto 1					
<b>Soluciones Constructivas</b>					
Sección Separador	EN15+LP115+TP+LH50+TP60+2PY				
Sección Flanco F1	EN15+LP115+TP+LH50+TP60+2PY				
Sección Flanco F2	EN15+LP115+TP+LH50+TP60+2PY				
Sección Flanco F3	EN15+LP115+TP+LH50+TP60+2PY				
Sección Flanco F4	EN15+LP115+TP+LH50+TP60+2PY				
<b>Parámetros Acústicos</b>					
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_{Ae}$ (dBA)	
Sección Separador	308		202	50	
Sección Flanco F1	0	0	202	50	
Sección Flanco F2	0	0	202	50	
Sección Flanco F3	0	0	202	50	
Sección Flanco F4	104	13	202	50	

Características técnicas del recinto 2					
Tipo de Recinto	Cultural, docente, administrativo y religioso Aulas	Volumen	1730		
<b>Soluciones Constructivas</b>					
Sección Separador	EN15+LP115+TP+LH50+TP60+2PY				
Suelo f1	U_BH 350 mm				
Techo f1	U_BH 350 mm				
Pared f3	RE+LP115+AT+LH40+EN15				
Pared f4	RE+LP115+AT+LH40+EN15				
<b>Parámetros Acústicos</b>					
	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$l_i$ (m)	$m_i$ (kg/m <sup>2</sup> )	$R_{Ae}$ (dBA)	$\Delta R_{Ae}$ (dBA)
Sección Separador	308		202	50	
Suelo f1	20	0	413	52	3
Techo f1	20	0	413	52	4
Pared f3	10	0	202	47	6
Pared f4	10	13	202	47	6

Huecos en el separador					
Ventanas, puertas y lucernarios		$S$ (m <sup>2</sup> )	$R_{Ae}$ (dBA)	$R_A$ (dBA)	$\Delta R_{Ae}$ (dBA)
	Hueco 1	13	40	41	-3
	Hueco 2	0.24	-	-	0
	Hueco 3	0	-	-	0
	Hueco 4	0	-	-	0



## Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo en fachadas

Caso: Fachadas

Vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Vías de transmisión aérea	transmisión directa I	$D_{n,e1,Ae}$ (dBA)	0
	transmisión directa II	$D_{n,e2,Ae}$ (dBA)	0
	transmisión indirecta	$D_{n,s,Ae}$ (dBA)	0

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	$K_{Ff}$	$K_{Fd}$	$K_{Df}$
fachada - suelo	trica de doble hoja y elementos homogéneos con doble junta elásti	12.3	22.7	12.3
fachada - techo	trica de doble hoja y elementos homogéneos con doble junta elásti	12.3	22.7	12.3
fachada - pared	ión en T de dobles hojas asimétricas con junta elástica (orientación	30	30	30
fachada - pared	ión en T de dobles hojas asimétricas con junta elástica (orientación	30	30	30

Transmisión de Ruido del exterior				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{2m,nT,Ae}$ (dBA)	51	30	<b>CUMPLE</b>

Como veremos, los elementos programados **CUMPLEN** por la normativa, ruido aéreo  $51 > 30$  dBA además por un rango bastante algo, muy favorable.

Por último, valoramos positivamente los materiales seleccionados, por lo que se procederá a la modificación gráfica mediante planos, y se elaborará un presupuesto ajustándose a las necesidades de la “Unión Musical Xeraco”.



## 9. PLANOS PROPUESTOS

## 9.1 Planos modificados con las mejoras: Cotas, Normativa y Accesibilidad.

A continuación, se incluyen las plantas de distribución realizadas en "AutoCAD" tras su propuesta.

**ALZADO FRONTAL:** *Nota: Planos escalados en 14. Anexos.*

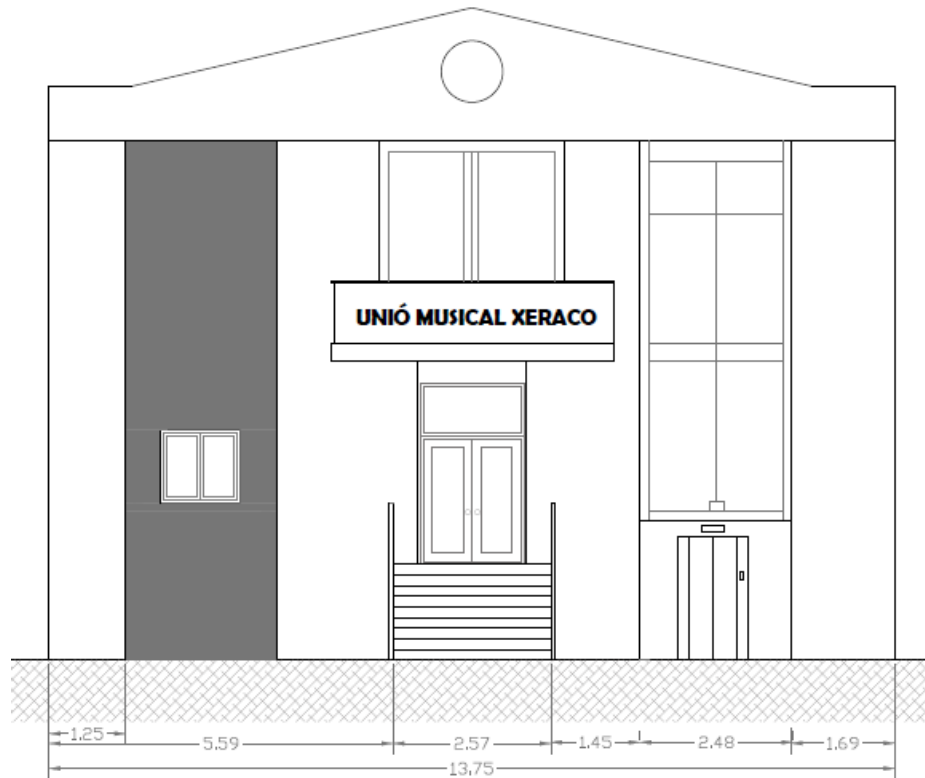
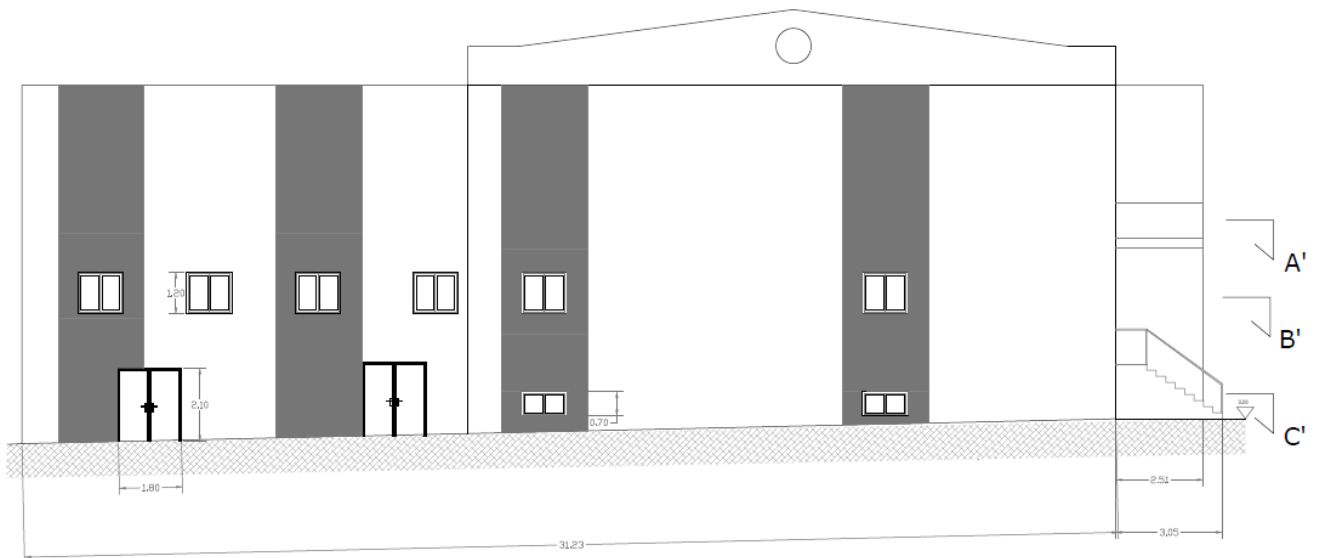


Figura 140 .Fachada Principal Reformada.

**FACHADA LATERAL:**

Figura 141 .Fachada Lateral Reformada.







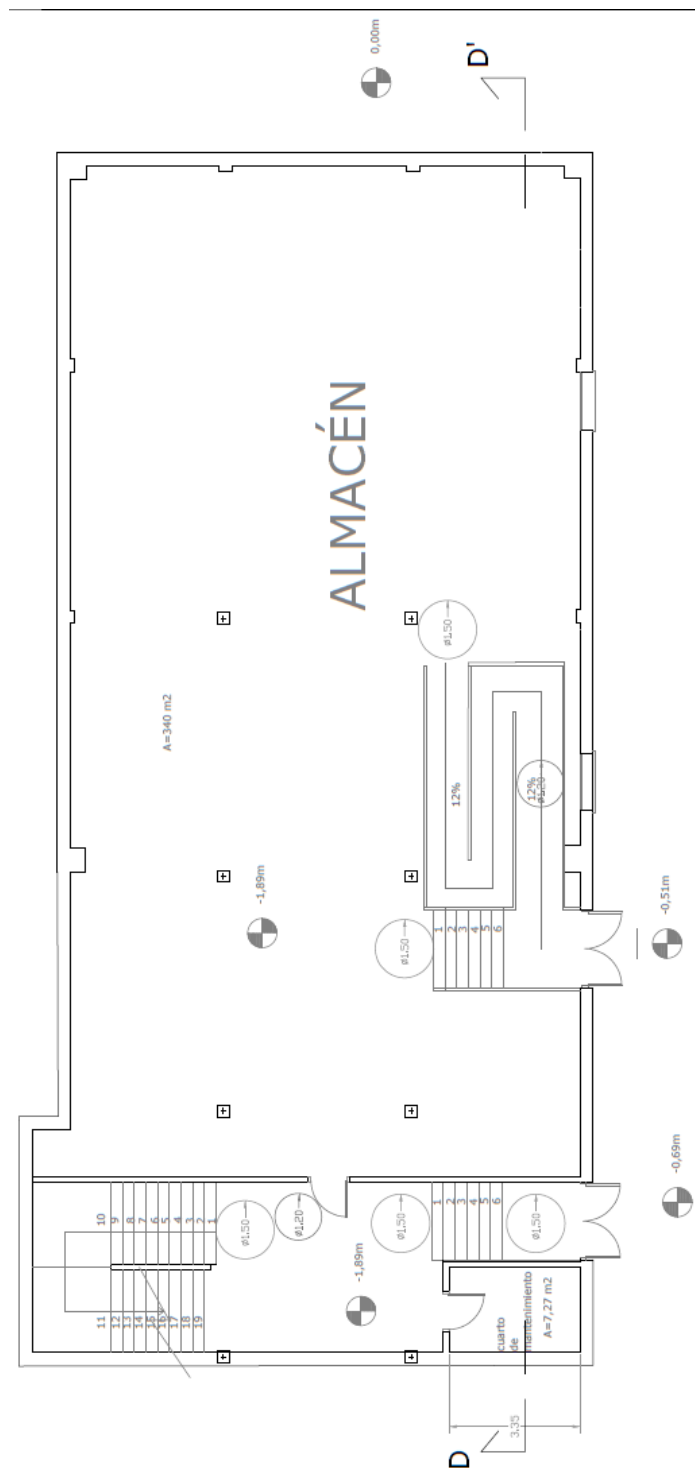
**PLANTA SÓTANO NORMATIVA ACCESIBILIDAD C-C':**

Figura 145 . Distribución Planta Sótano Reforma. Normativa Accesibilidad.

**PLANTA BAJA B-B' COTAS:** Nota: "Los planos escalados están anexados al final de este TFG"

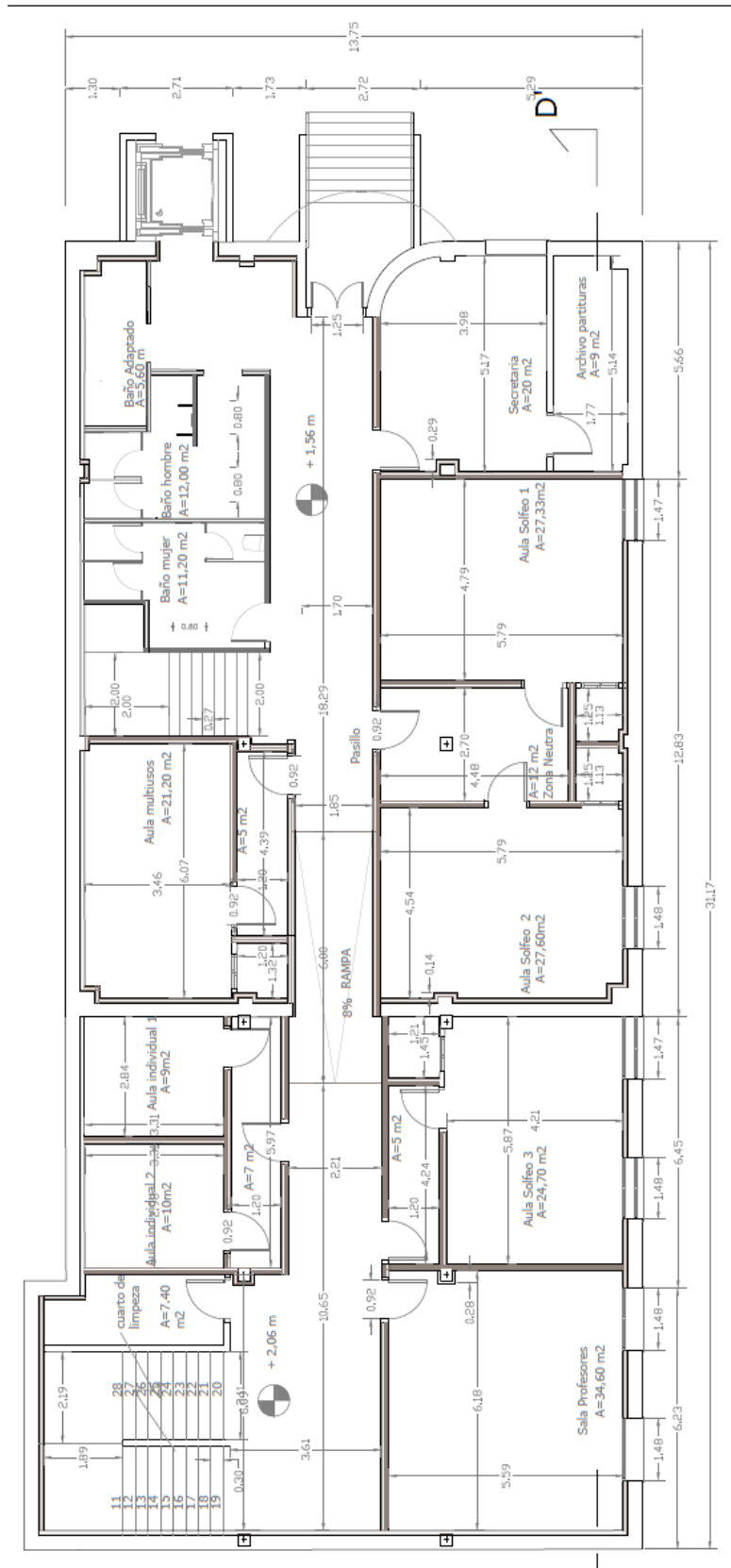


Figura 146. Distribución Planta Baja Reforma. Cotas.



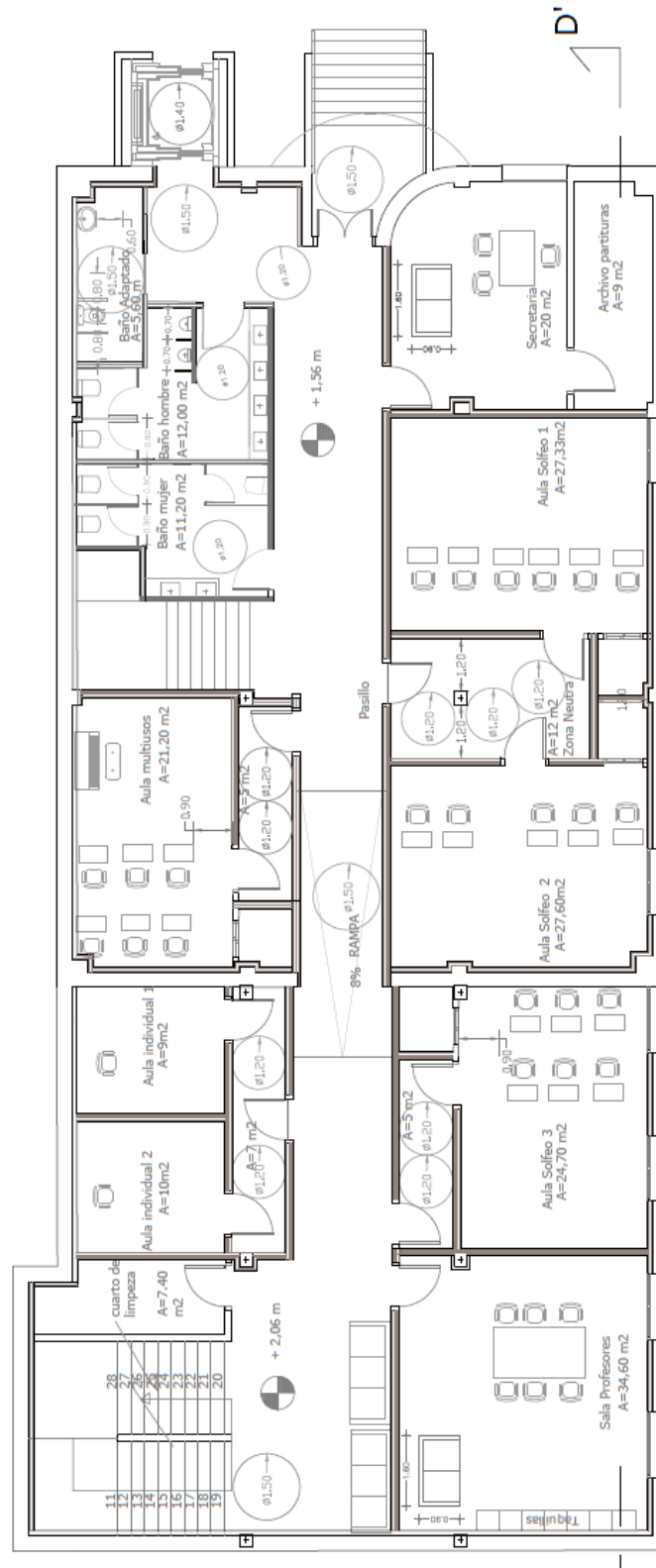
**PLANTA BAJA B-B' NORMATIVA**

Figura 147 . Distribución Planta Baja Reforma. Normativa y accesibilidad.



**PLANTA PRIMERA NORMATIVA A-A':**

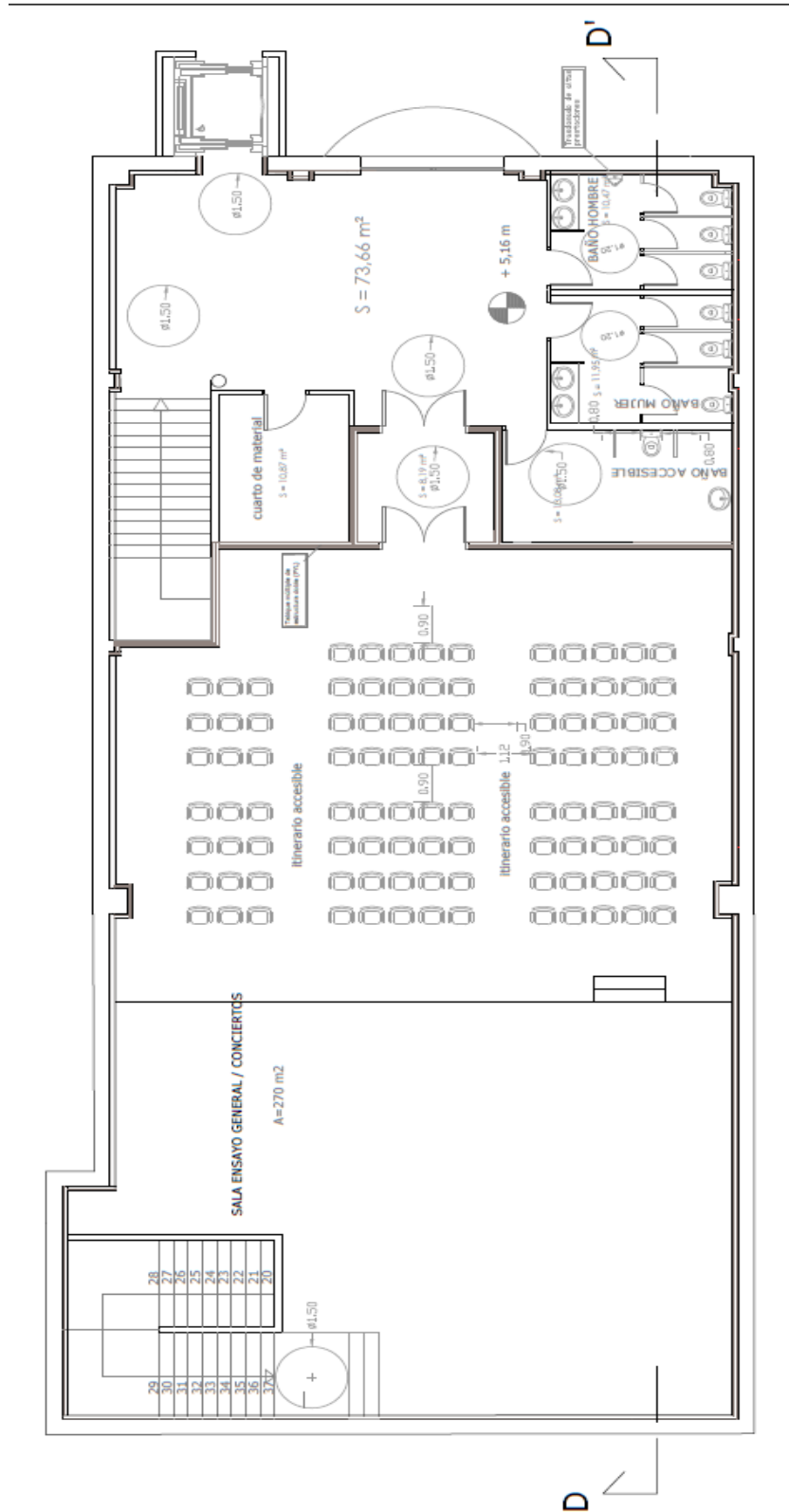


Figura 149. Distribución Planta Primera Reforma. Normativa y Accesibilidad.

## 9.2 Zonificación Reforma.

### PLANTA BAJA:

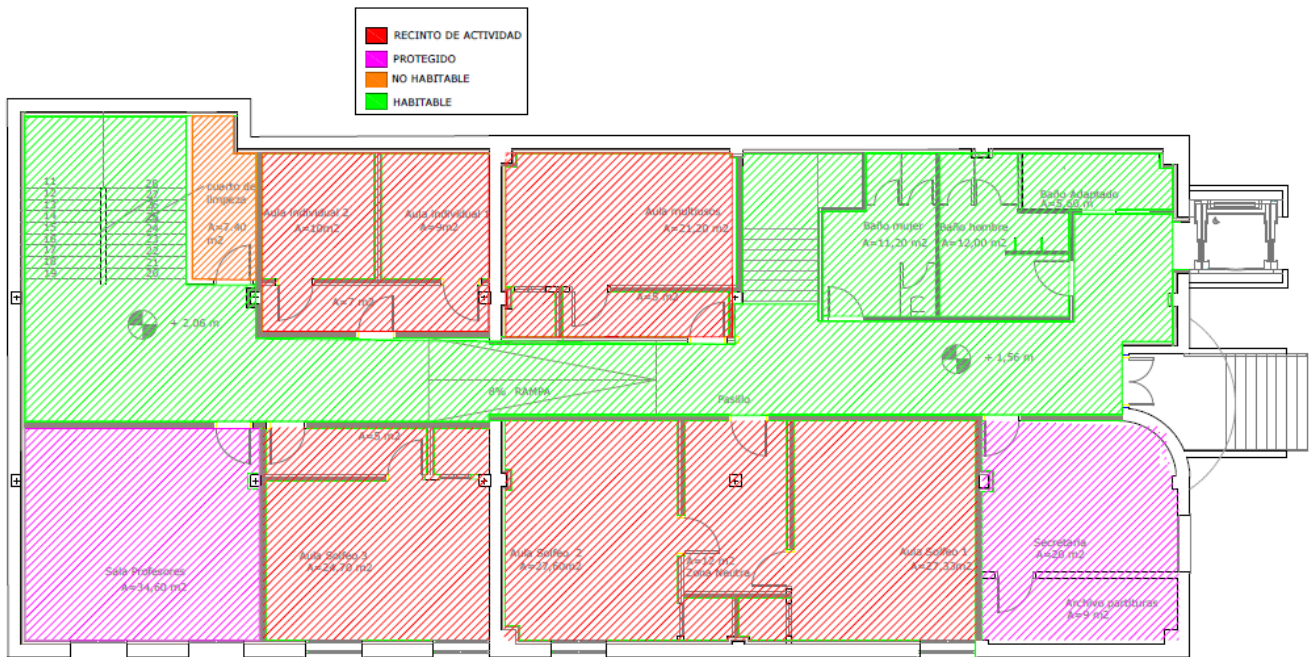


Figura 150 Zonificación PB, Reforma.

### PLANTA PRIMERA:

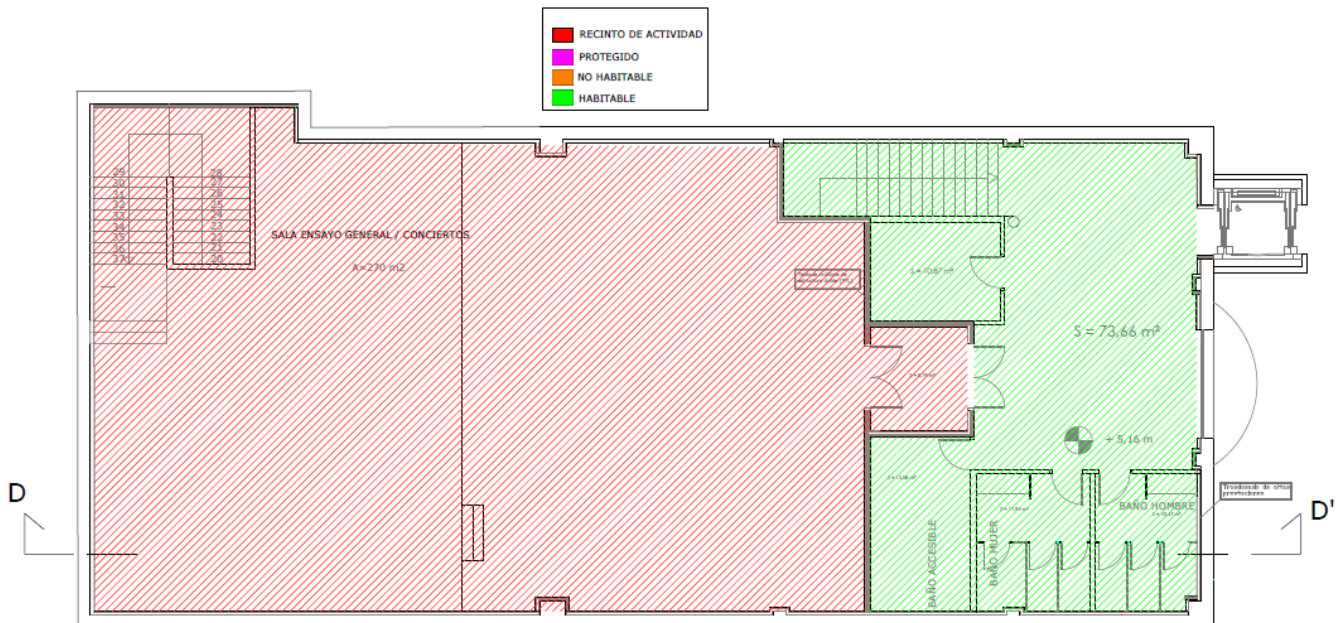


Figura 151. Zonificación P1, Reforma

### 9.3 Evacuación y seguridad.

#### PLANTA PRIMERA:

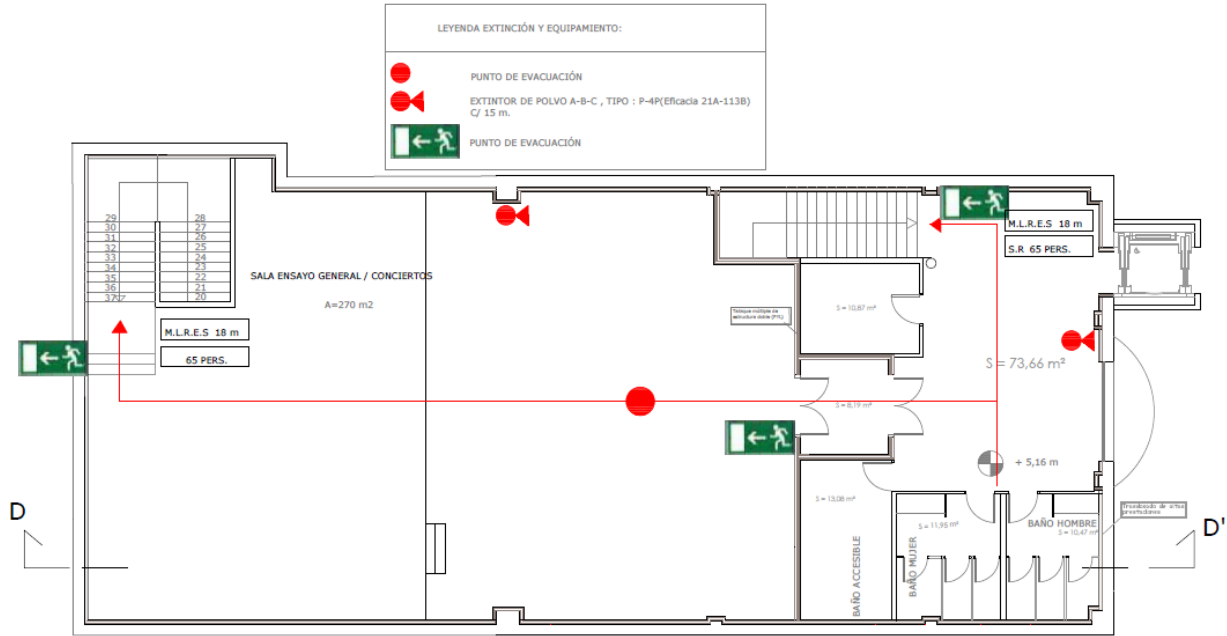


Figura 152 .Recorridos de Evacuación. P1.

#### PLANTA BAJA:

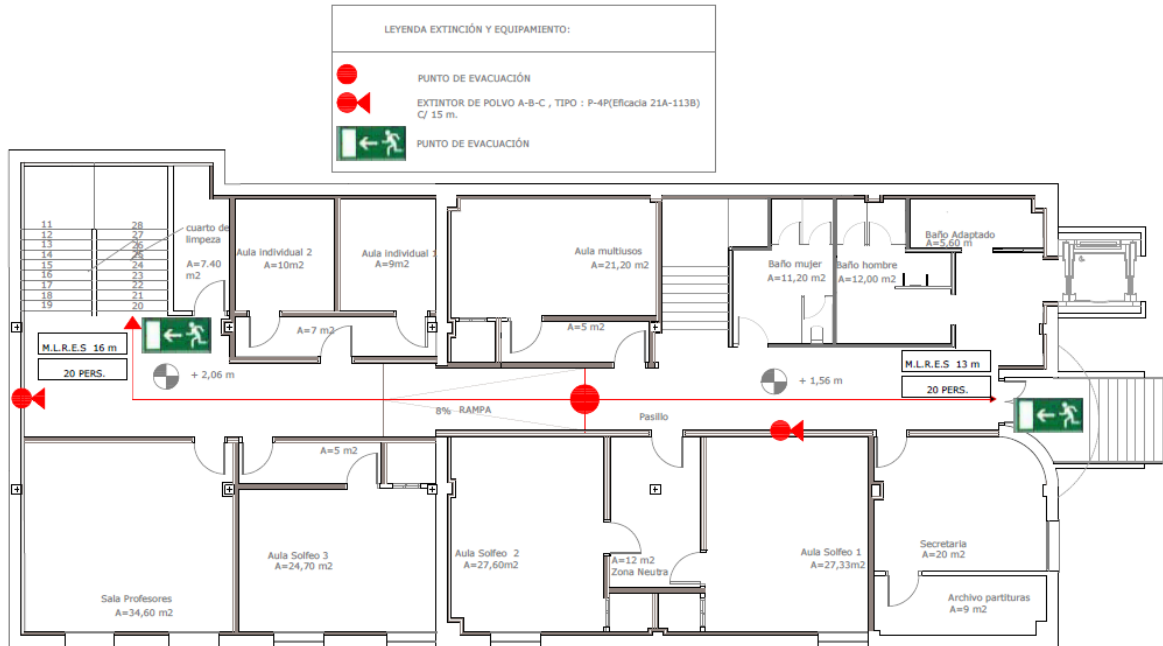


Figura 153. Recorridos de Evacuación. PB.

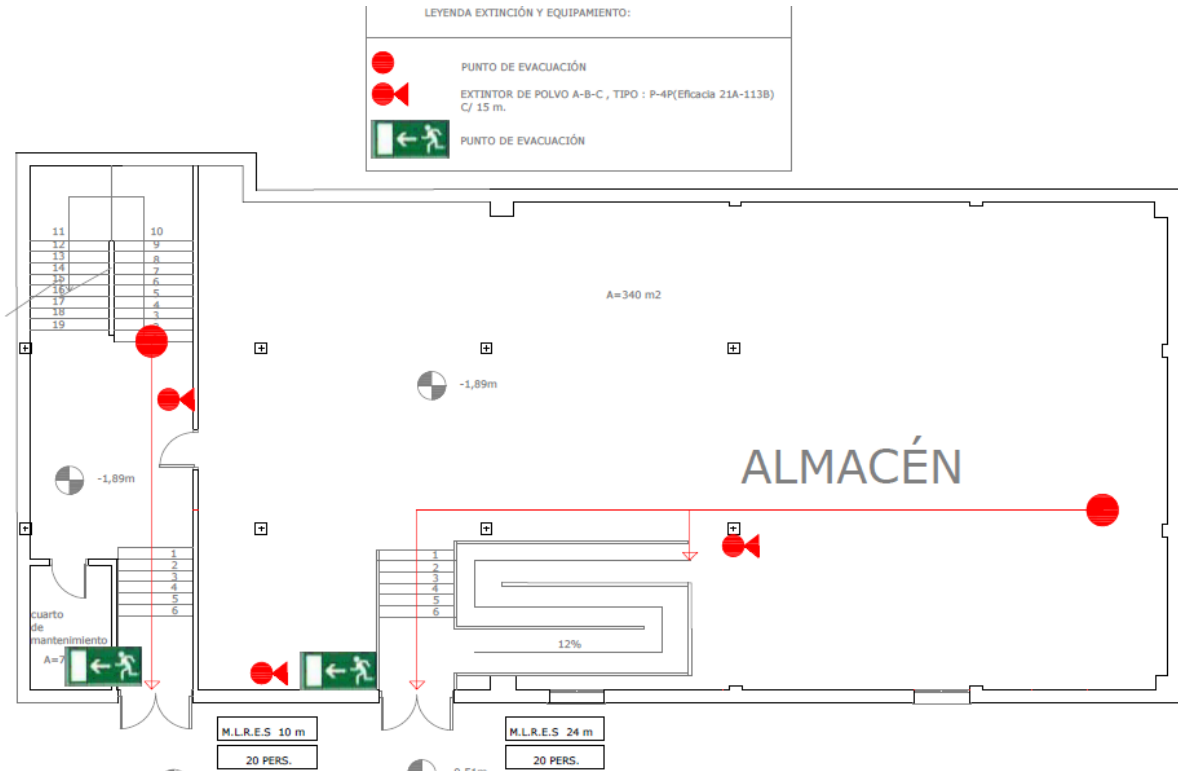
**PLANTA SÓTANO:**

Figura 154. Recorridos de Evacuación. P-1.

## 9.4 Implantación y evacuación de residuos.

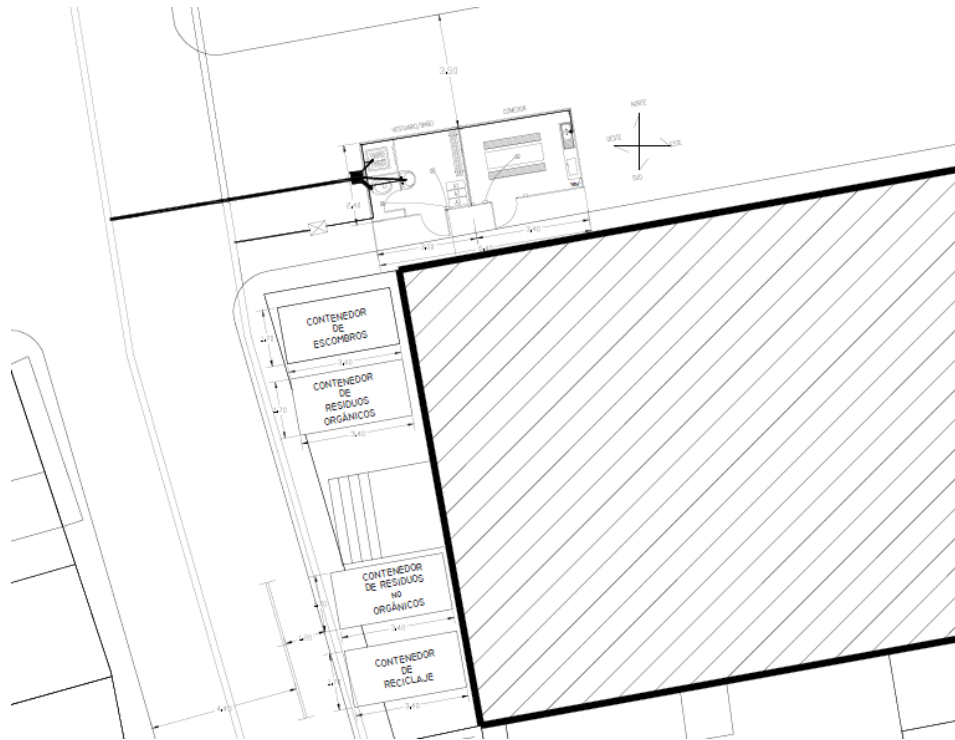


Figura 155 .Implantación y evacuación de residuos.

## 9.5 Cuadro de superficies final.

CUADRO DE SUPERFICIES REFORMA			
Planta	Estancias	Sup. Util (m <sup>2</sup> )	Sup. Construida(m <sup>2</sup> )
SÓTANO	Zona común	90	434
	Almacén	308	
BAJA	Sala Profesores	34,6	434
	Secretaria	20	
	Aula Solfeo 1	27,33	
	Aula Solfeo 2	27,6	
	Aula Solfeo 3	24,7	
	Aula Multiusos	21,2	
	Aula individual 1	9	
	Aula individual 2	10	
	Zona común	91	
	Cuarto limpieza	7,4	
	Aseos	28,8	
PRIMERA	Zona común	113,85	434
	Sala de Audición	270	
	Aseos	28,3	
<b>TOTAL P1, PB</b>		<b>1111,78</b>	<b>1302</b>

Figura 156. Cuadro de superficies final.

## 10. VALORACIÓN ECONOMICA



**PRESUPUESTO Y MEDICIONES**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 DESMONTE Y RETIRADA DE MATERIAL</b>									
<b>DRS020</b>	<b>m² Demolición de pavimento</b> Demolición de pavimento existente en el interior del edificio, de baldosas con medios manuales y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.								
	PB	1	186,00			186,00			
	P1	1	200,00			200,00			
							386,00	10,12	3.906,32
<b>DSM010</b>	<b>Ud Desmontaje de aparato sanitario.</b>								
							8,00	16,51	132,08
<b>DPP020</b>	<b>Ud Desmontaje de hoja de puerta de paso.</b> Desmontaje de hoja de puerta interior de paso de carpintería de madera, con medios manuales y carga manual del material desmontado sobre camión o contenedor.								
							17,00	3,69	62,73
<b>DFC010</b>	<b>Ud Levantado de carpintería exterior.</b> Levantado de carpintería acristalada de madera de cualquier tipo situada en fachada, de menos de 3 m² de superficie, con medios manuales, y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.								
							14,00	7,91	110,74
<b>DPT020</b>	<b>m2 Demolición de partición interior de fábrica revestida.</b> Demolición de partición interior de fábrica revestida, formada por ladrillo hueco doble de 7/9 cm de espesor, con medios manuales, y carga manual de escombros sobre camión o contenedor.								
	P1	1	11,00		4,05	44,55			
	P1	1	6,50		4,50	29,25			
	PB	4	5,90		3,30	77,88			
	PB	6	5,00		3,30	99,00			
	PB	1	16,30		3,30	53,79			
	PB	4	2,00		3,30	26,40			
							330,87	5,43	1.796,62
<b>DII010</b>	<b>Ud Desmontaje de luminaria.</b> Desmontaje de luminaria interior empotrada, con medios manuales y carga manual del material desmontado sobre camión o contenedor.								
							30,00	3,45	103,50
<b>TOTAL CAPÍTULO 01 DESMONTE Y RETIRADA DE MATERIAL .....</b>									<b>6.111,99</b>

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE	
<b>CAPÍTULO 02 ESCALERAS</b>										
EHE010	m2 Losa de escalera.  Losa de escalera de hormigón armado, e=15 cm, con peldaños de hormigón, realizada con hormigón HAF-25/P-1,8-3,0/P/12/IIa fabricado en central, con un contenido de fibras con función estructural de 3 kg/m <sup>3</sup> , y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, 18 kg/m <sup>2</sup> ; Montaje y desmontaje de sistema de encofrado, con acabado tipo industrial para revestir en su cara inferior y laterales, en planta de hasta 3 m de altura libre, formado por superficie encofrante de tablonos de madera de pino, estructura soporte horizontal de tablonos de madera de pino y estructura soporte vertical de puntales metálicos; amortizables los tablonos de la superficie encofrante en 10 usos, los tablonos de la estructura soporte en 10 usos y los puntales en 150 usos.							50,00	96,52	4.826,00
<b>TOTAL CAPÍTULO 02 ESCALERAS .....</b>									<b>4.826,00</b>	

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 03 CARPINTERIA</b>									
PPM010	Ud Puerta de paso de madera.  Puerta de paso ciega, de una hoja de 203x82,5x3,5 cm, de tablero de fibras acabado en melamina de color blanco, con alma alveolar de papel kraft; precerco de pino país de 90x35 mm; galces de MDF, con revestimiento de melamina, color blanco de 90x20 mm; tapajuntas de MDF, con revestimiento de melamina, color blanco de 70x10 mm; con herrajes de colgar y de cierre.						15,00	155,42	2.331,30
EFTM.6bcab	u Prta crra ch sapely 1 hj-82.5  Puerta de paso corredera chapada en sapely barnizada, de 1 hoja ciega lisa de 203x82,5x3,5cm, con precerco de pino de 70x35mm, cerco de 70x30mm, tapajuntas de 70x12mm, cierre embutido, incluso recibido y aplomado del cerco, ajustado de la hoja, fijación de los herrajes, nivelado, pequeño material y ajuste final, según NTE/PPM-9.						1,00	228,46	228,46
EFTL.1hlnb	u Vent crra 2hj 210x240 fj sup 40  Ventana de dos hojas correderas con un paño superior fijo de 40cm de alto, realizada con perfiles de aluminio anodizado de 15 micras con sello de calidad Ewaa-Euras con canal europeo, junta de estanqueidad interior, sellante en esquinas del cerco y accesorios que garanticen su correcto funcionamiento, acabada en color natural para recibir acristalamiento de hasta 18mm, recibida directamente en un hueco de obra de 210x240cm mediante patillas de anclaje dispuestas cada 50cm y a menos de 25cm de las esquinas tomadas con morteros de cemento, incluso replanteo, colocación, aplomado y nivelado, montaje y regulación, sellado perimetral mediante silicona y limpieza, según NTE-FCL.						1,00	280,42	280,42
EFTL.1hffb	u Vent crra 2hj 120x120 fj sup 40  Ventana de dos hojas correderas con un paño superior fijo de 40cm de alto, realizada con perfiles de aluminio anodizado de 15 micras con sello de calidad Ewaa-Euras con canal europeo, junta de estanqueidad interior, sellante en esquinas del cerco y accesorios que garanticen su correcto funcionamiento, acabada en color natural para recibir acristalamiento de hasta 18mm, recibida directamente en un hueco de obra de 120x120cm mediante patillas de anclaje dispuestas cada 50cm y a menos de 25cm de las esquinas tomadas con morteros de cemento, incluso replanteo, colocación, aplomado y nivelado, montaje y regulación, sellado perimetral mediante silicona y limpieza, según NTE-FCL.						8,00	152,47	1.219,76
EFTA.9ba	u Puerta 2hj a galv 90x205cm  Puerta de paso de dos hojas abatibles de 90x205cm, formada por dos planchas de acero galvanizado ensambladas entre si y relleno de espuma de poliuretano, marco de plancha de acero galvanizado de 1.2mm de espesor, bisagras y cerradura embutida con manivela, incluso aplomado, colocación y eliminación de restos.						5,00	285,71	1.428,55
<b>TOTAL CAPÍTULO 03 CARPINTERIA .....</b>									<b>5.488,49</b>

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 04 REVESTIMIENTOS</b>									
RSP011	<p>m<sup>2</sup> Solado de piedra natural con mortero de cemento como material de</p> <p>Solado de baldosas de mármol Crema Levante, para interiores, 60x30x2 cm, acabado pulido, recibidas con mortero de cemento M-5 y rejuntadas con mortero de juntas cementoso, CG1, para junta mínima (entre 1,5 y 3 mm), con la misma tonalidad de las piezas.</p>						50,00	37,11	1.855,50
RSC010	<p>m<sup>2</sup> Solado de terrazo.</p> <p>Solado de baldosas de terrazo grano grueso (entre 27 y 45 mm), clasificado de uso intensivo para interiores, 60x60 cm, color Emperador Claro, colocadas a golpe de maceta sobre lecho de mortero de cemento, industrial, M-7,5 y rejuntadas con lechada de cemento blanco BL-V 22,5 coloreada con la misma tonalidad de las baldosas.</p>								
		PB	1	300,00			300,00		
		P1	1	70,00			70,00		
							370,00	29,91	11.066,70
RSM021	<p>m<sup>2</sup> Tarima de madera para interior.</p> <p>Tarima flotante de tablas de madera maciza de haya, de 22 mm, ensambladas con adhesivo y colocadas a rompejuntas sobre lámina de espuma de polietileno de alta densidad de 3 mm de espesor.</p>						110,00	62,23	6.845,30
RFP010	<p>m<sup>2</sup> Pintura plástica sobre paramentos exteriores.</p> <p>Revestimiento decorativo de fachadas con pintura plástica lisa, para la realización de la capa de acabado en revestimientos continuos bicapa; limpieza y lijado previo del soporte de mortero industrial, mano de fondo y dos manos de acabado (rendimiento: 0,065 l/m<sup>2</sup> cada mano), además de tratamiento contra la presencia de moho o humedades en un 10% de su superficie.</p>								
		FACHADA	5	25,00			125,00		
							125,00	6,02	752,50
ERPE.2a	<p>m<sup>2</sup> Enfoscado impermeabilizante</p> <p>Enfoscado sin maestrear y revoco fratasado, realizado con mortero de cemento M-15, con impermeabilizante hidrófugo, incluso lechada de cemento, indicado para la impermeabilización de depósitos de agua, piscinas, canales, etc, en interior de sótanos y exterior de muros enterrados.</p>								
		FACHADA	1	110,00			110,00		
							110,00	28,08	3.088,80
ERPA.3cbb	<p>m<sup>2</sup> Gres 30x30 MC jnt min CG1</p> <p>Revestimiento cerámico con junta mínima (1.5 - 3 mm) realizado con baldosa de gres esmaltado monocolor de 30x30 cm, colocado en capa gruesa con mortero de cemento y rejuntado con mortero de juntas cementoso normal (CG1), incluso cortes y limpieza, según NTE/RPA-3 y Guía de la Baldosa Cerámica (Documento Reconocido por la Generalitat DRB 01/06).</p>								
		PB	1	23,20			23,20		
		P1	1	29,00			29,00		
							52,20	32,12	1.676,66
ERSF.2aa	<p>m<sup>2</sup> Pav moq punzón hrzU2 P2-M2</p> <p>Pavimento de moqueta punzonada horizontal, de fibras sintéticas, U2 P2-M2, según norma UPEC tomada con adhesivo de contacto, sobre capa de pasta alisadora, según NTE/RSF-2.</p>								
							130,00	24,58	3.195,40
ENRD20a	<p>m<sup>2</sup> Acon acústico rever par alt fr</p> <p>Acondicionamiento acústico en paredes de locales con exceso de reverberaciones, principalmente en altas frecuencias, a base de una capa de material absorbente de espuma de poliuretano expandido flexible, con superficie uniforme, textura alveolar y 6 mm de espesor, recibido sobre el paramento existente con cola de contacto.</p>								
		pb	1	5,00		2,65	13,25		
		pb	3	3,30		2,65	26,24		
		pb	4	4,00		2,65	42,40		
		pb	2	4,00		3,12	24,96		
		pb	2	6,00		2,65	31,80		

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	p1	1	13,80			3,75		51,75	
							205,40	26,68	5.480,07
<b>NAL010</b>	<b>m2 Aislamiento de suelos flotantes con lanas minerales.</b>								
	P1	1	350,00					350,00	
	PB	1	350,00					350,00	
							700,00	15,98	11.186,00
<b>0XA110</b>	<b>u Alquiler de andamio tubular de fachada.</b>								
	Alquiler, durante 15 días naturales, de andamio tubular normalizado, tipo multidireccional, hasta 10 m de altura máxima de trabajo, formado por estructura tubular de acero galvanizado en caliente, de 48,3 mm de diámetro y 3,2 mm de espesor, sin duplicidad de elementos verticales, compuesto por plataformas de trabajo de 60 cm de ancho, dispuestas cada 2 m de altura, escalera interior con trampilla, barandilla trasera con dos barras y rodapié, y barandilla delantera con una barra; para la ejecución de fachada de 250 m².								
							1,00	404,28	404,28
<b>TOTAL CAPÍTULO 04 REVESTIMIENTOS.....</b>									<b>45.551,21</b>

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 05 PARTICIONES Y TRASDOSADOS</b>									
<b>FBY010</b>	<b>m2 Entramado autoportante de placas de yeso laminado.</b>								
	Tabique especial (12,5+12,5+70 + 70+12,5+12,5)/600 (70 + 70) LM - (4 normal) con placas de yeso laminado, sobre banda acústica, formado por una estructura doble sin arriostrar, con disposición normal "N" de los montantes; aislamiento acústico mediante panel semirígido de lana mineral, espesor 65 mm, en el alma; 190 mm de espesor total.								
	P1	1	15,00			4,50		67,50	
	PB	1	39,70			2,80		111,16	
	PB	1	41,00			3,30		135,30	
							313,96	61,67	19.361,91
<b>EFPY.3dcaa</b>	<b>m2 Tb PYL db + st db hdrf e-12.5</b>								
	Tabique compuesto por una estructura galvanizada de 46 mm, con canales como elemento horizontal y montantes como elemento vertical, y aislamiento de panel flexible y ligero de lana de roca volcánica Confortpan 208 Roxul "ROCKWOOL", según UNE-EN 13162, no revestido, de 40 mm de espesor, colocado en el alma. y doble placa de yeso laminado con la masa del yeso y las superficies hidrofugadas, para zonas húmedas de 12.5 mm de espesor, listo para pintar, incluso replanteo, preparación, corte y colocación de las placas y estructura soporte, nivelación y aplomado, formación de premarcos, ejecución de ángulos y paso de instalaciones, acabado de juntas, parte proporcional de mermas, roturas, accesorios de fijación y limpieza.								
	BAÑOS PB	1	25,00			3,30		82,50	
							82,50	66,26	5.466,45

<b>NA0030</b>	<b>m2 Aislamiento entre montantes en trasdosado de placas.</b>				
	Aislamiento entre montantes en trasdosado de placas (no incluidas en este precio), formado por panel semirrígido de lana de roca, Acustilaine E "ISOVER", según UNE-EN 13162, no revestido, de 60 mm de espesor.				
	pb	1	212,00		212,00
	p1	1	19,00	4,30	81,70
	p1	1	36,00	4,00	144,00
	pb	1	42,00	2,80	117,60
				555,30	6,79
					3.770,49
	<b>TOTAL CAPÍTULO 05 PARTICIONES Y TRASDOSADOS</b>				<b>42.249,64</b>

**CAPÍTULO 07 MOBILIARIO**

<b>SAI005</b>	<b>u Inodoro con tanque bajo, de porcelana sanitaria.</b>				
	Inodoro con tanque bajo, gama básica, color blanco.				
				13,00	199,25
					2.590,25
<b>ESMR.8aa</b>	<b>u Barra apy minusv ab WC</b>				
	Barra de apoyo abatible en voladizo de 79.5 cm. para WC, minusválidos, de tubo de acero inoxidable esmerilado sin soldadura, de 30 mm. de diámetro y 1.5 mm. de espesor, atornillado con un punto de anclaje para tres tornillos de fijación, incluso embellecedor de 75 mm. de diámetro.				
				2,00	280,16
					580,32
<b>SAL005</b>	<b>u Lavabo sobre encimera, de porcelana sanitaria.</b>				
	Lavabo de porcelana sanitaria, sobre encimera, gama básica, color blanco, de 600x340 mm, y desagüe, acabado cromo con sifón curvo.				
				6,00	148,52
					891,12
<b>EIFS23baa</b>	<b>u Urinario medn blanco</b>				
	Urinario mural de porcelana vitrificada blanca, tamaño mediano (doméstico), con borde rociador integral, juego de fijación, sifón, codo, manguito y enchufe unión, colocado y con ayudas de albañilería.				
				4,00	159,37
					637,48
<b>EIFS11eaba</b>	<b>u Lav espi 440x520mm 1sn ang bl</b>				
	Lavabo de 440x520 mm de un seno/s, de forma angular, de porcelana vitrificada blanca, con juego de anclajes para fijación, incluso válvula desagüe de 1 1/2", sifón y tubo, colocado y con ayudas de albañilería.				
				2,00	103,37
					206,74
<b>M2</b>	<b>u Butaca parcialmente tapizada</b>				
				80,00	63,00
					5.040,00
	<b>TOTAL CAPÍTULO 07 MOBILIARIO</b>				<b>9.925,91</b>

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
--------	-------------	-----	----------	---------	--------	-----------	----------	--------	---------

**CAPÍTULO 08 FALSO TECHO**

<b>ENRT10b</b>	<b>m2 Acon acústico rever tch alt fr</b>								
	Acondicionamiento acústico en techos de locales con exceso de reverberaciones, principalmente en altas frecuencias, a base de una capa de material absorbente de espuma de poliuretano expandido flexible con superficie uniforme, de textura alveolar y 6 mm. de espesor, recibido sobre el paramento existente con cola de contacto.								
	P1 ZONA AMPLIACION	1	161,00				161,00		
	p1 zona espectadores	1	100,00				100,00		
							261,00	16,23	4.236,03
<b>ENRT10f</b>	<b>m2 Aisl+acon acus tch sala música</b>								
	Aislamiento y acondicionamiento acústico en techos de salas para música ambiental, compuesto por un complejo aislante, constituido por un estrato de material poroso y otro de material elástico y pesado de idónea relación peso/eficacia, tomado por debajo del forjado con cola de contacto.								
							360,00	21,84	7.862,40
	<b>TOTAL CAPÍTULO 08 FALSO TECHO</b>								<b>12.098,43</b>

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 09 INSTALACIONES</b>									
IEI050	<p><b>ud Red de distribución interior en locales de uso común.</b></p> <p>Red eléctrica de distribución interior en local de uso común, con circuitos interiores con cableado bajo tubo protector de PVC flexible y mecanismos gama media (tecla o tapa: blanco; marco: blanco; embellecedor: blanco).</p>						1,00	1.562,49	1.562,49
ICA040	<p><b>ud Acumulador de agua a gas, convencional.</b></p> <p>Acumulador a gas natural para el servicio de A.C.S., mural vertical, cámara de combustión abierta y tiro natural, capacidad 77 l, potencia 5,2 kW.</p>						1,00	864,77	864,77
IEC010	<p><b>ud Caja de protección y medida.</b></p> <p>Caja de protección y medida CPM2-S4, de hasta 63 A de intensidad, para 1 contador trifásico, instalada en el interior de homacina mural, en vivienda unifamiliar o local.</p>						1,00	266,45	266,45
IFB005	<p><b>m Tubería para alimentación de agua potable.</b></p> <p>Tubería para alimentación de agua potable, colocada superficialmente, formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X), serie 5, de 32 mm de diámetro exterior, PN=6 atm.</p>						30,00	11,64	349,20
EIEM23aacc	<p><b>u Punto luz intr 50W</b></p> <p>Punto de luz empotrado sencillo, instalado con cable de cobre monofásico con un aislamiento de tensión nominal de 450/750 V formada por fase+neuro+tierra de 1.5 mm<sup>2</sup> de sección, bajo tubo flexible corrugado de doble capa de PVC de 13.5 mm de diámetro, incluso interruptor 10A/250A de calidad media y downlight con lámpara halógena dicróica de 50 W, totalmente instalado, conectado y en correcto estado de funcionamiento, según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión 2002.</p>						30,00	147,55	4.426,50
EISA.2a	<p><b>u Sumidero sifónico VØ40 PP</b></p> <p>Sumidero sifónico clase K3 según UNE EN 1253, para cuartos de baño, terrazas o patios, con salida vertical de diámetro 40 mm y unión mediante junta cónica, cuerpo de polipropileno y rejilla de acero inoxidable, conforme a las normas DIN 19599 y DIN 1229, velocidad de evacuación 0,44 l/s, según ISO DIS 9896, incluso acometida a desagüe a red general, totalmente instalado y comprobado según DB HS-5 del CTE.</p>						13,00	11,69	151,97
EIIE.2a	<p><b>u Exti aut polv ABC 6 kg</b></p> <p>Extintor por disparo automático con válvula sprinkler accionado a temperatura de 68°C, con agente extintor polvo polivalente ABC y 6 kg de capacidad con marcado CE, para la extinción de fuegos de tipo A,B y C, fabricado en acero y protegido exteriormente con pintura epoxi de color rojo, agente impulsor N2, manómetro extraíble y válvula de comprobación de presión interna, conforme a las especificaciones dispuestas en el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios, incluso cadena y accesorios de montaje, totalmente instalado comprobado y en correcto funcionamiento según DB SI-4 del CTE.</p>						7,00	89,30	625,10
EIIS.2aaa	<p><b>u Señ PVC 224x224 ftlumi med eva</b></p> <p>Placa para señalización de medios de evacuación, fabricada en PVC, fotoluminiscente, de dimensiones 224x224 mm, conforme a las especificaciones dispuestas en la norma UNE 23034:1988, totalmente instalada según DB SI-3 del CTE.</p>						7,00	10,02	70,14
EISC13aae	<p><b>m Colec colg PVC 110mm peg 60%acc</b></p> <p>Colector colgado, realizado con tubo liso de PVC para saneamiento, de diámetro nominal 110 mm y unión pegada, según la norma UNE EN 1401-1, con incremento del precio del tubo del 60% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales.</p>						20,00	24,26	485,20

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
EISC.1fe	<b>m Bajeva PVC sr-B DN110mm 60%acc</b> Bajante para evacuación de aguas residuales de todo tipo según norma UNE-EN 1453, con tubo de PVC de diámetro 110 mm, y espesor 3,20 mm, unión por encolado, con comportamiento frente al fuego B-s3,d0 según normas RD 312/2005, con incremento del precio del tubo del 60% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, incluso ayudas de albañilería.						20,00	22,34	446,80
EISC.5bae	<b>m Baj PVC rect 100x73mm 60%acc</b> Bajante exterior de evacuación de aguas pluviales, de tubo de PVC de sección rectangular de desarrollo 100x73 mm, de color gris, con incremento del precio del tubo del 60% en concepto de uniones, accesorios y piezas especiales, incluso ayudas de albañilería.						20,00	28,06	561,20
EICA.2bbg	<b>u Cjto split cdto multi cal 12.5kW</b> Conjunto multi split de conducto con sistema de bomba de calor con marcado CE, de potencia frigorífica 12.5 kW, con unidades exteriores precargadas con R407C o R-410a, etiquetado según R.D. 142/2003 y conforme a las especificaciones edispuestas en la ITE 04.7 del RITE y en la norma UNE-EN 14511, totalmente instalado, comprobado y en correcto funcionamiento según Decreto 173/2000 del Gobierno Valenciano.						1,00	6.180,63	6.180,63
<b>TOTAL CAPÍTULO 09 INSTALACIONES .....</b>									<b>15.990,45</b>

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 10 ASCENSOR</b>									
ITA010	<b>Ud Ascensor para personas.</b> Ascensor eléctrico de adherencia de 0,63 m/s de velocidad, 4 paradas, 450 kg de carga nominal, con capacidad para 6 personas, nivel básico de acabado en cabina de 1000x1250x2200 mm, manobra universal simple, puertas interiores automáticas de acero inoxidable y puertas exteriores automáticas en acero para pintar de 800x2000 mm.						1,00	13.671,04	13.671,04
<b>TOTAL CAPÍTULO 10 ASCENSOR .....</b>									<b>13.671,04</b>
<b>TOTAL .....</b>									<b>155.508,88</b>

**RESUMEN DE PRESUPUESTO**

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	DESMONTE Y RETIRADA DE MATERIAL .....	6.111,99	3,92
02	ESCALERAS .....	4.826,00	3,10
03	CARPINTERIA .....	5.488,49	3,52
04	REVESTIMIENTOS .....	45.551,21	29,22
05	PARTICIONES Y TRASDOSADOS .....	42.249,64	27,10
07	MOBILIARIO .....	9.925,91	6,37
08	FALSO TECHO .....	12.098,43	7,76
09	INSTALACIONES .....	15.990,45	10,26
10	ASCENSOR .....	13.671,04	8,77
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>155.913,16</b>	
	14,00 % Gastos generales .....	21.827,84	
	6,00 % Beneficio industrial .....	9.354,79	
<b>SUMA DE G.G. y B.I.</b>		<b>31.182,63</b>	
	21,00 % I.V.A. ....	39.290,12	
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>226.385,91</b>	
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>		<b>226.385,91</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de DOSCIENTOS VEINTISEIS MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS con NOVENTA Y UN CÉNTIMOS

Valencia, a 18 de Mayo de 2016.

LA PROPIEDAD

LA DIRECCION FACULTATIVA

Como conclusión al presupuesto, he ido comparando precios entre [generadordeprecios.info](http://generadordeprecios.info) e IVE mediante el programa PRESTO, siempre eligiendo dentro de lo racional lo más económico, hay que tener en cuenta que estamos hablando de casi 400 m2 por planta, y es una reforma completa, en la cual solo el ascensor o el solado de las plantas ya nos sube el presupuesto, también puertas, ventanas, mobiliario, e instalaciones se proveen como nuevas.

Así como reparación de fachada, pintura, revestir la zona ampliación con un enfoscado y pintura.

Ejecución de escalera para evacuación.

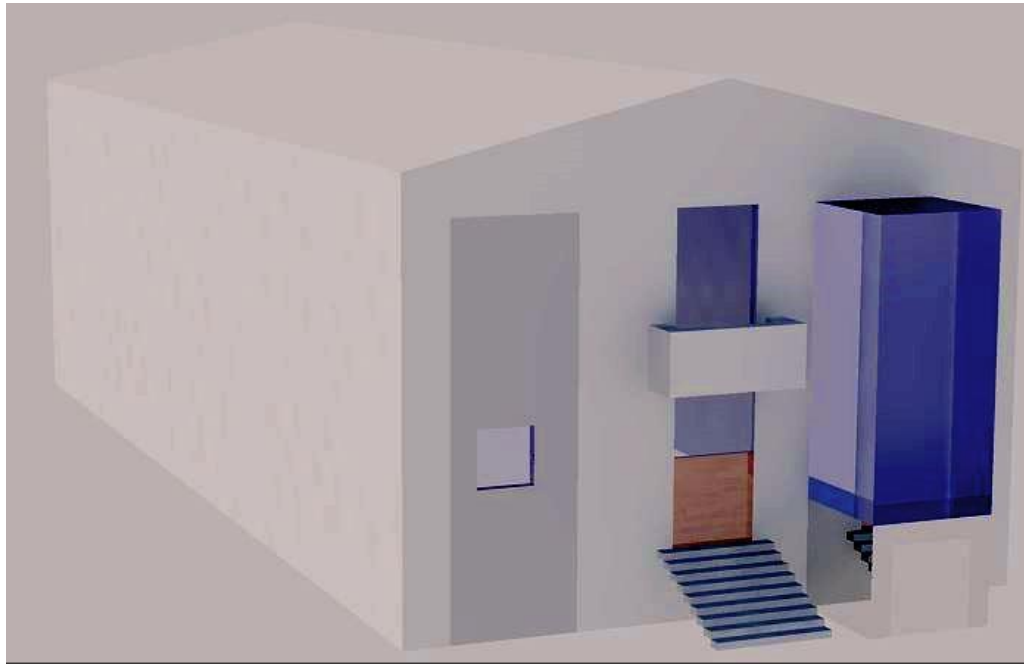
Podremos aprovechar la partición que separaba la zona antigua de la ampliación así como fachadas, medianeras y parte del falso techo de la planta primera.

El precio final es de **225.789,89 €** contanto con GG, BI e IVA, por lo que creo que es un precio ÓPTIMO dado los m2 edificables que hay que reformar, y hay que ajustarse a la normativa vigente.

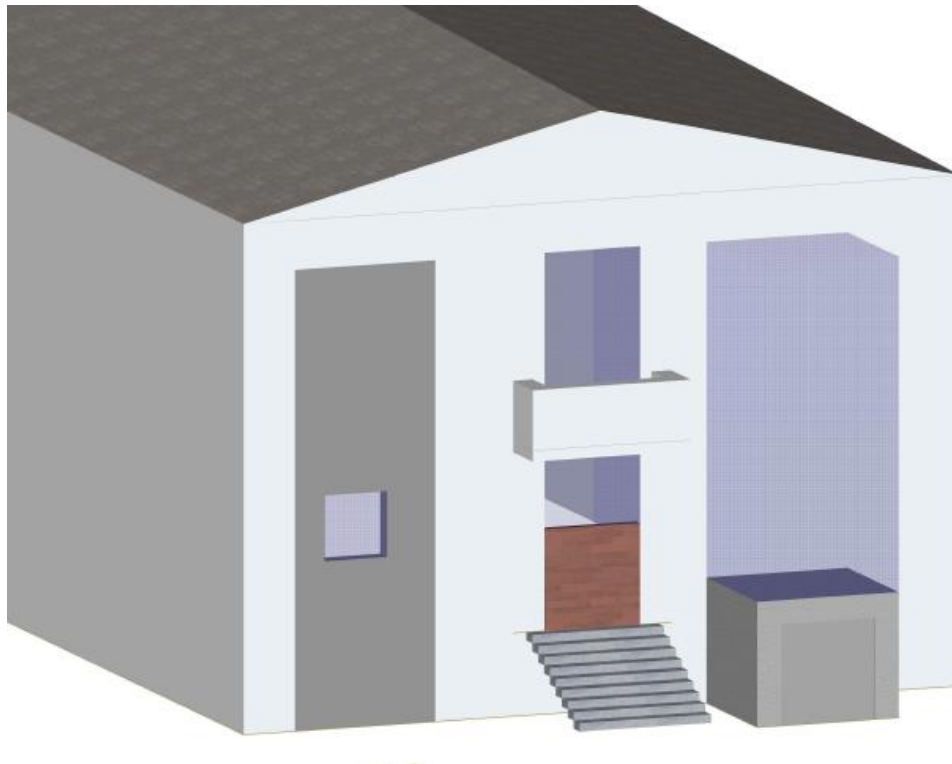


## 11. SIMULACIÓN VIRTUAL EN 3D

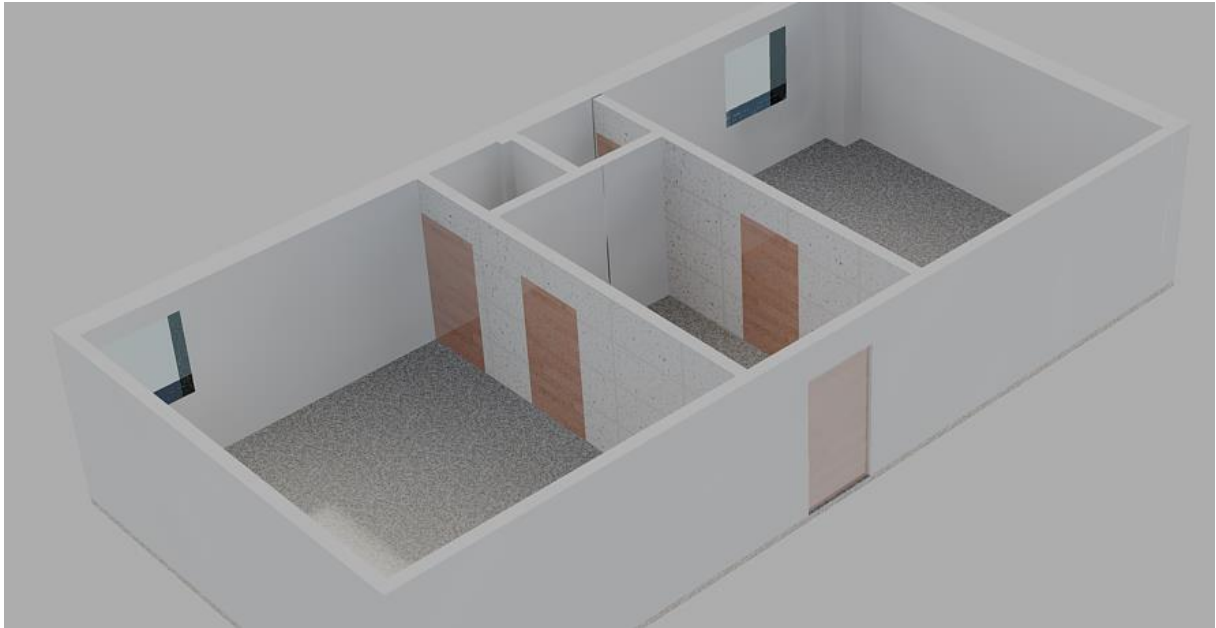
**FACHADA FRONTAL 3D :**



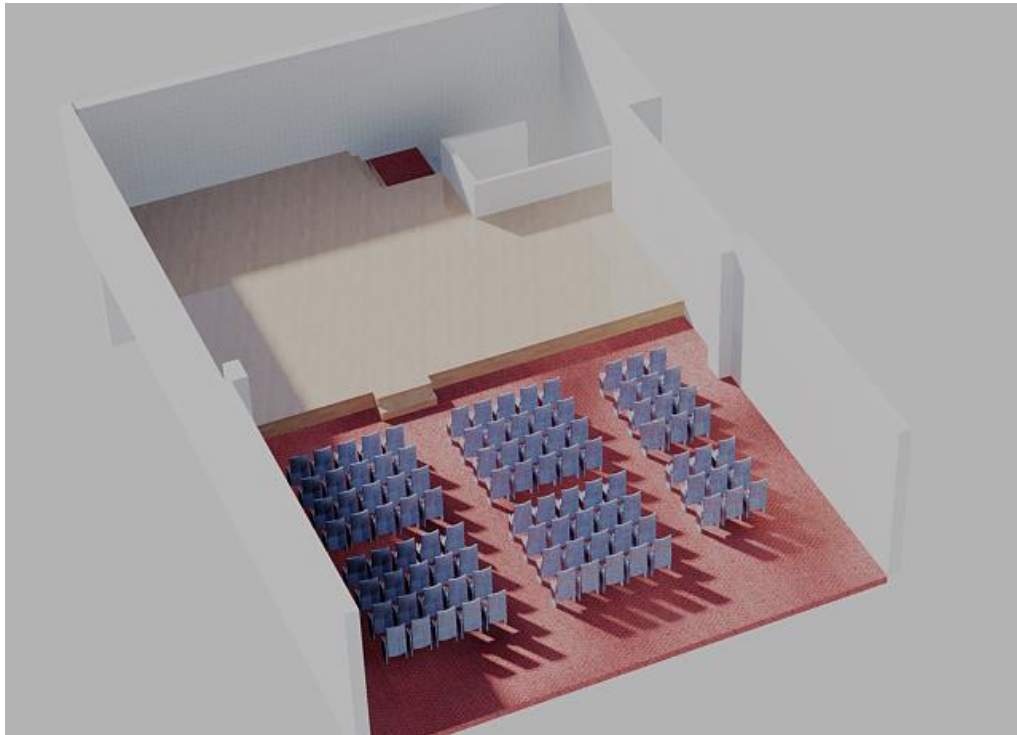
*Figura 157.Fachada Reforma con Renders por Autodesk.*



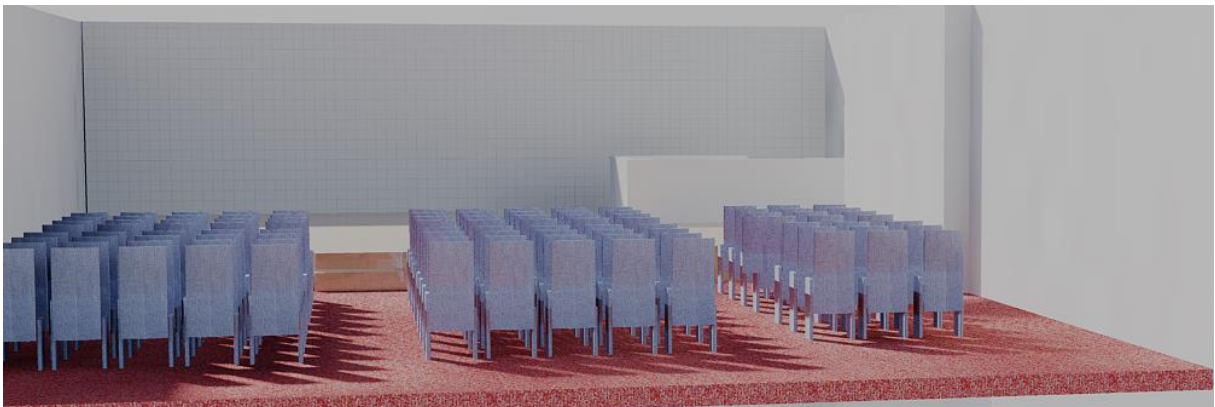
*Figura 158.Fachada Reforma sin Renders.*

**PLANTA BAJA, PARTICIÓN ENTRE AULAS Y ZONA NEUTRA, RENDERS EN 3D:**

*Figura 159. Particiones Entre aulas con zona neutra.(PB).*

**PLANTA PRIMERA, AUDITORIO, RENDERS EN 3D:**

*Figura 160. Auditorio con Renders por Autodesk.(P1).*

**PLANTA PRIMERA, VISTA OJOS PERSONA, RENDERS EN 3D:**

*Figura 157. Auditorio vista humano con Renders por Autodesk.*



## 12. CONCLUSIÓN

Desde hace siglos la principal manera de aislar acústicamente ha sido mediante el grosor de las particiones que los separaba del exterior o interior. La evolución nos ha enseñado que para un buen aislamiento acústico son necesarios los materiales adecuados para ello, mejorando la funcionalidad y eficacia, aprovechando de esta manera los espacios disponibles.

Se aprende que con un estudio a través de unas medidas, que posteriormente se analizan y se ponen a prueba mediante simulaciones acústicas, se puede conseguir un espacio apto para un determinado uso acústico. Podemos crear zonas de uso tan simple como una cafetería al de un auditorio para una banda de música, gracias al correcto uso de los materiales que facilitan aislamiento respecto a los espacios o por otra parte el acondicionamiento acústico que permite que el oído humano capte el sonido de la manera más óptima, dependiendo de su uso.

Todo esto analizado mediante el CTE-DB-HR, el cual nos ha servido de gran ayuda para poder adaptar el uso a la normativa que los regula dentro del marco de la legalidad.

En cuanto a nuestro estudio, después del trabajo de campo y posterior investigación, el centro no cumplía ni con la calidad acústica idónea, demasiado alta, ni con el aislamiento entre particiones, respecto a la normativa actual. Por eso propusimos unos materiales mediante una reforma del edificio que cumpliera, estos los simulamos mediante el software “Simac” y obtuvimos los valores ideales acústicos para aulas y el auditorio.

Referente al aislamiento, se añadió unos nuevos trasdosados para reforzar medianeras y fachada. Particiones, la mayoría de paneles de yeso laminado con aislamiento por su alto rendimiento, que posteriormente fue comprobado por el software DB-HR, para que cumpliera, mediante unas fichas justificativas.

Una vez todo examinado, se procedió a su plasmación gráfica a través de los planos de normativa de accesibilidad, cotas, evacuación y seguridad o evacuación de residuos.

Por último se procedió a su valoración económica, la cual considero apta debido a su gran envergadura.

Por todo lo mencionado anteriormente, he aprendido a valorar la acústica como otra salida profesional, a partir de ahora me fijo bastante en los recintos acústicos y entiendo su funcionamiento, por lo que creo que es una valoración muy positiva y he aprendido mucho.

Además he visto que no solo acústica, muchos de los valores inculcados en la carrera durante estos años han sido aprovechados, física, dibujo, proyectos, presupuestos entre otros.



## 13. BIBLIOGRAFIA

### La bibliografía consultada ha sido la siguiente:

- Apuntes de la Área de Intensificación “Acústica Arquitectónica” 2015.
- CTE-DB-HR 2.1.1 Aislamiento acústico a ruido aéreo.
- CTE-DB-HR Tabla 2.1 Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m,nT,Atr}$ , en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día,  $L_d$ .
- CTE-DB-HR 2.2 Valores límite de tiempo de reverberación.
- CTE-DB-HR 3.1 Aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos.
- CTE-DB-SI-Incendios – Tabla 1.1 Dotación de instalaciones de protección contra incendios.
- CTE-DB-SU1- 4. Escaleras y rampas
- INSHT- Evaluación de las condiciones de evacuación en centros de trabajo
- Unió Musical Xeraco: 25 anys d’història – Sergio R. Vila Merí.
- CTE- Catálogo de elementos constructivos
- CTE-DB-SUA.
- DC-09.

### Páginas web:

Generador de precios CYPE.

[www.generadordeprecios.info](http://www.generadordeprecios.info)

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo

[www.insht.es](http://www.insht.es)

Página del Consejo General de la Arquitectura Técnica de España

[www.arquitectura-tecnica.com](http://www.arquitectura-tecnica.com)

Portal de la Dirección General del Catastro

[www.catastro.meh.es](http://www.catastro.meh.es)

Instituto Valenciano en la Edificación

[www.five.es](http://www.five.es)

Placas de yeso laminado Knauf

[www.knauf.es](http://www.knauf.es)

Aislamientos

[www.rockwool.es](http://www.rockwool.es)



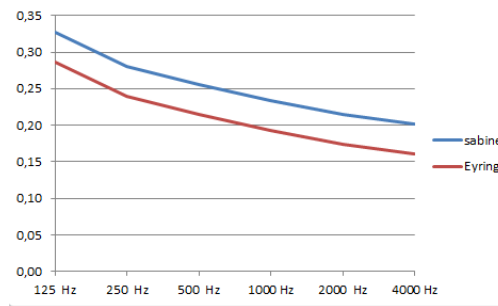


## 14. ANEXOS

### 14.1 Tablas Excel y fichas técnicas.

Caso más desfavorable: Sala de solfeo aula 2 doble ladrillo doble ventana más desfavorable

AULA DE SOLFEO								
VOLUMEN	82,5	m3	10 personas		8,25 m3/espectador			
SUPERFICIES	m2	nº	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Publico sentado en silla	12,78	1	5,88	7,16	8,31	9,59	9,20	8,31
Suelo	25	2	0,25	0,25	0,25	0,50	0,50	0,25
Músico	1	3	0,35	0,80	1,10	1,50	1,20	1,10
Frente	14,322	4	2,86	1,72	1,29	0,43	0,43	0,29
Laterales	38,61	5	0,39	0,39	0,77	0,77	0,77	1,16
Revestimiento vertical laterales	38,61	6	14,67	11,20	15,06	21,62	27,41	30,12
Fondo	14,322	7	2,86	1,72	1,29	0,43	0,43	0,29
Techo	25	8	12,50	24,00	24,00	22,25	22,00	24,50
Ventana	4,5	9	1,13	0,45	0,32	0,27	0,18	0,09
<b>TOTAL</b>	<b>174,144</b>	<b>A=</b>	<b>40,89</b>	<b>47,68</b>	<b>52,38</b>	<b>57,36</b>	<b>62,13</b>	<b>66,09</b>
	sabine		0,33	0,28	0,26	0,23	0,22	0,20
	Eyring		0,29	0,24	0,21	0,19	0,17	0,16
A= Supx alfa(coef. Absorción)								
coeficiente de absorción= A/S			0,23	0,27	0,30	0,33	0,36	0,38
Trmind			0,24	0,28 sin sillas ocupadas.				
BR (Calidez)			1,24	Apto para musica ya que se encuentra entre 1,10 y 1,45.				
Br(brillo)			0,85	> 0,85 cumple				



Absorción Zona Neutra entre Aulas.

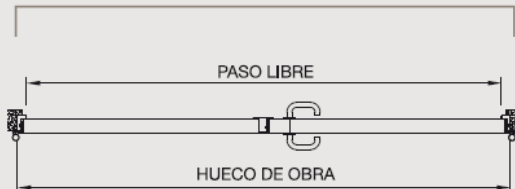
AULA DE SOLFEO								
VOLUMEN	41,25	m3	0 personas		m3/espectador			
SUPERFICIES	m2	nº	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Suelo	12,5	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	0,13	0,13	0,13	0,25	0,25	0,13
		3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frente	8,25	4	0,41	0,41	0,41	0,25	0,17	0,17
Laterales	33	5	6,60	3,96	2,97	0,99	0,99	0,66
Revestimiento vertical laterales	49,5	6	18,81	14,36	19,31	27,72	35,15	38,61
Fondo	8,25	7	1,65	0,99	0,74	0,25	0,25	0,17
Techo	12,5	8	6,25	12,00	12,00	11,13	11,00	12,25
puerta	4	9	0,60	0,40	0,24	0,32	0,40	0,20
<b>TOTAL</b>	<b>128</b>	<b>A=</b>	<b>34,45</b>	<b>32,24</b>	<b>35,80</b>	<b>40,90</b>	<b>48,20</b>	<b>52,18</b>
	sabine		0,19	0,21	0,19	0,16	0,14	0,13
	Eyring		0,17	0,18	0,16	0,14	0,11	0,10
A= Supx alfa(coef. Absorción)								
coeficiente de absorción= A/S			0,27	0,25	0,28	0,32	0,38	0,41
Trmind			0,18					
BR (Calidez)			1,15	Apto para musica ya que se encuentra entre 1,10 y 1,45.				
Br(brillo)			0,76	> 0,85 cumple				

## Puerta Cortafuego: dos hojas

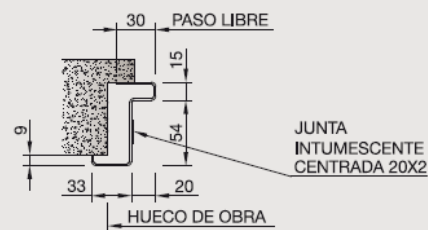


Las Puertas Cortafuego **ROPER** de dos hojas se fabrican en cinco anchuras diferentes: 1200 mm, 1400 mm, 1600 mm, 1800 mm y 2000 mm. La altura puede ser de 2070 mm ó 2150 mm en los cinco casos. Esta puerta se entrega en chapa prelacada blanco similar al Ral 9010.

### Sección horizontal



### Detalle de marco



### Certificaciones

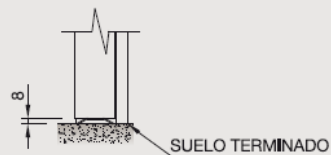
Clasificaciones: EI<sub>2</sub>60 C5; EI<sub>2</sub>90 C5

Cumplimiento con el Código Técnico de Edificación y ensayadas en laboratorios acreditados de acuerdo con la UNE EN 1634-1 para Puertas Cortafuego de bisagras sin muelle.

Clasificaciones: EI<sub>2</sub>60; EI<sub>2</sub>90

Cumplimiento con NBE/CPI/96 y ensayadas en laboratorios acreditados de acuerdo con la UNE EN 1634-1 para Puertas Cortafuego de bisagras con muelle.

### • Detalle inferior (Suelo)



## Aislamiento vertical

### PANEL 403



#### PRODUCTO

Panel rígido de lana de roca no revestido.

#### APLICACIONES

Aislamiento térmico y acústico para separaciones verticales.



Dadas sus dimensiones y densidad es el material idóneo para aislamiento acústico en separaciones de doble hoja de ladrillo.

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Característica	Valor	Norma
Densidad nominal	90 kg/m <sup>3</sup>	EN1602
Conductividad térmica	0.034 W/(m*K)	EN 12667
Resistencia térmica	<b>Espesor en mm</b>	<b>R(m2K/W)</b>
	30	0,85
	40	1,15
	50	1,45

Tolerancia de espesor	T5	EN 823	
Estabilidad dimensional a una temperatura y humedad específicas	DS(TH)	EN 1604	
Reacción al fuego	A1	EN 13501.1	
Dimensiones	<b>Largo (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Espesor (mm)</b>
	2500	1200	30
	2500	1200	40
	2500	1200	50
	2600	1200	30
	2600	1200	40
	2600	1200	50
	3000	1200	30
	3000	1200	50
Absorción de agua a corto plazo	WS   Absorción de agua < 1,0 Kg/m <sup>2</sup>	EN 1609	
Absorción de agua a largo plazo por inmersión parcial	WL(P)   Absorción de agua < 3,0 Kg/m <sup>2</sup>	EN 12087	
Transmisión de vapor de agua	MU1   μ = 1	EN 12086	

## Aislamiento horizontal en falsos techos.

## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Característica	Valor	Norma																											
Densidad nominal	70 kg/m <sup>3</sup>	EN1602																											
Conductividad térmica	0.034 W/(m*K)	EN 12667																											
Resistencia térmica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Espesor en mm</th> <th>R(m2K/W)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>30</td><td>0,85</td></tr> <tr><td>40</td><td>1,15</td></tr> <tr><td>50</td><td>1,45</td></tr> <tr><td>60</td><td>1,75</td></tr> <tr><td>80</td><td>2,35</td></tr> </tbody> </table>	Espesor en mm	R(m2K/W)	30	0,85	40	1,15	50	1,45	60	1,75	80	2,35																
Espesor en mm	R(m2K/W)																												
30	0,85																												
40	1,15																												
50	1,45																												
60	1,75																												
80	2,35																												
Tolerancia de espesor	T3	EN 823																											
Estabilidad dimensional a una temperatura y humedad específicas	DS(TH)	EN 1604																											
Reacción al fuego	A1	EN 13501.1																											
Dimensiones	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Largo (mm)</th> <th>Ancho (mm)</th> <th>Espesor (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1350</td><td>400</td><td>40</td></tr> <tr><td>1350</td><td>400</td><td>50</td></tr> <tr><td>1350</td><td>400</td><td>60</td></tr> <tr><td>1350</td><td>600</td><td>30</td></tr> <tr><td>1350</td><td>600</td><td>40</td></tr> <tr><td>1350</td><td>600</td><td>50</td></tr> <tr><td>1350</td><td>600</td><td>60</td></tr> <tr><td>1350</td><td>600</td><td>80</td></tr> </tbody> </table>	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	1350	400	40	1350	400	50	1350	400	60	1350	600	30	1350	600	40	1350	600	50	1350	600	60	1350	600	80	
Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)																											
1350	400	40																											
1350	400	50																											
1350	400	60																											
1350	600	30																											
1350	600	40																											
1350	600	50																											
1350	600	60																											
1350	600	80																											
Absorción de agua a corto plazo	WS   Absorción de agua < 1,0 Kg/m <sup>2</sup>	EN 1609																											
Absorción de agua a largo plazo por inmersión parcial	WL(P)   Absorción de agua < 3,0 Kg/m <sup>2</sup>	EN 12087																											
Transmisión de vapor de agua	MU1   $\mu = 1$	EN 12086																											

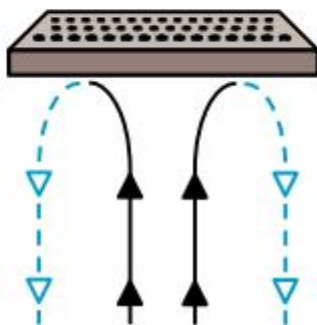
## Aislamiento horizontal forjados.

Característica	Valor	Norma												
Densidad nominal	150 kg/m <sup>3</sup>	EN1602												
Conductividad térmica	0.041 W/(m*K)	EN 12667												
Resistencia térmica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Espesor en mm</th> <th>R(m2K/W)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>15</td><td>0,35</td></tr> <tr><td>40</td><td>0,95</td></tr> <tr><td>50</td><td>1,2</td></tr> </tbody> </table>	Espesor en mm	R(m2K/W)	15	0,35	40	0,95	50	1,2					
Espesor en mm	R(m2K/W)													
15	0,35													
40	0,95													
50	1,2													
Tolerancia de espesor	T5	EN 823												
Estabilidad dimensional a una temperatura y humedad específicas	DS(TH)	EN 1604												
Reacción al fuego	A1	EN 13501.1												
Dimensiones	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Largo (mm)</th> <th>Ancho (mm)</th> <th>Espesor (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1200</td><td>600</td><td>15</td></tr> <tr><td>1200</td><td>600</td><td>40</td></tr> <tr><td>1200</td><td>600</td><td>50</td></tr> </tbody> </table>	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	1200	600	15	1200	600	40	1200	600	50	
Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)												
1200	600	15												
1200	600	40												
1200	600	50												
Absorción de agua a corto plazo	WS   Absorción de agua < 1,0 Kg/m <sup>2</sup>	EN 1609												
Absorción de agua a largo plazo por inmersión parcial	WL(P)   Absorción de agua < 3,0 Kg/m <sup>2</sup>	EN 12087												
Transmisión de vapor de agua	MU1   $\mu = 1$	EN 12086												

Panel de yeso laminado acústico, Knauf.

## Knauf Cleaneo

Conceptos básicos, Campo de uso, Material, Forma de trabajo, Acabados



## K761 E

Edición 02/2006



### Conceptos básicos

Debido a las grandes exigencias que existen en la nueva edificación, estas se convierten en unidades estancas. Ya no es posible obtener un cambio de aire de forma natural por las "juntas abiertas", que existían en el pasado. Esto significa que ya no existe la garantía cierta de poder mantener aire puro en una habitación, lo que acarrea un aumento en la concentración de las sustancias contaminantes volátiles. Especialmente críticas son las sustancias contaminantes volátiles orgánicas (VOC), que en muchas formas se encuentran en el aire, por ejemplo en las moquetas, muebles, detergentes, productos de limpieza y humo de cigarrillos, ya que estas sustancias producen aparte de malos olores, problemas de salud, en dependencia de la concentración (ej. alergias, dolores de cabeza). Knauf Cleaneo permite reducir el efecto causado y purificar el ambiente, haciéndolo soportable.

### Knauf Cleaneo

Knauf Cleaneo es una placa acústica y de diseño, en base de yeso (Sulfato cálcico Dihidratado) y Zeolita. La Zeolita se encuentra en la naturaleza en forma de mineral de piedra, de procedencia volcánica.

La previsión de rebaja de sustancias contaminantes está firmemente asociado al grado de cobertura con Knauf Cleaneo (se recomienda:  $\geq 0,3 \text{ m}^2$  por  $\text{m}^3$  de local).

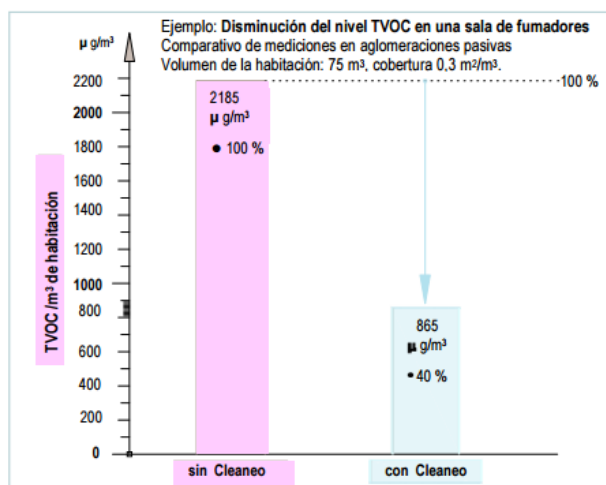
Ejemplo: Medidas de la habitación  
 4 m (Ancho) x 5 m (Largo) x 2,5 m (Altura)  
 = 50  $\text{m}^3$  de volumen x 0,3  $\text{m}^2/\text{m}^3$   
 = 15  $\text{m}^2$  Cleaneo  
 = 75% de la superficie del techo.

### Campo de uso

Las placas Knauf Cleaneo son ideales en interiores para corregir el ambiente cargado de la habitación y reducir el nivel de emisiones contaminantes en el aire, entregando además una buena absorción acústica y elegante diseño, para la realización de techos absorbentes. Ensayos de laboratorio han demostrado que Knauf Cleaneo puede rebajar el nivel de contaminación en el aire, para el caso de ciertos olores y emisiones. Un ejemplo se produce al comparar entre dos habitaciones (ver gráfico).

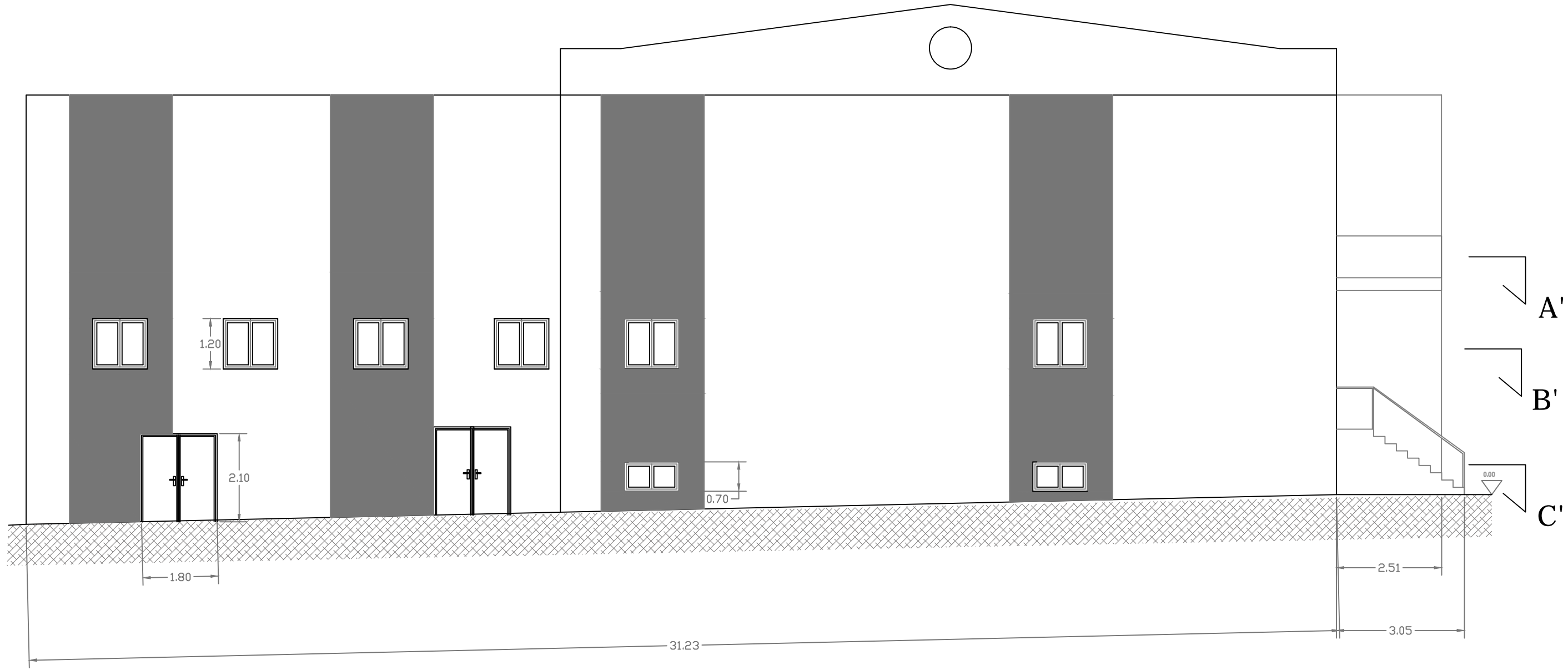
Es ideal para zonas con:

- Humo de tabaco (Suma de componentes orgánicos volátiles TVOC-)
- Olores de moquetas y colchones (Dodeceno)



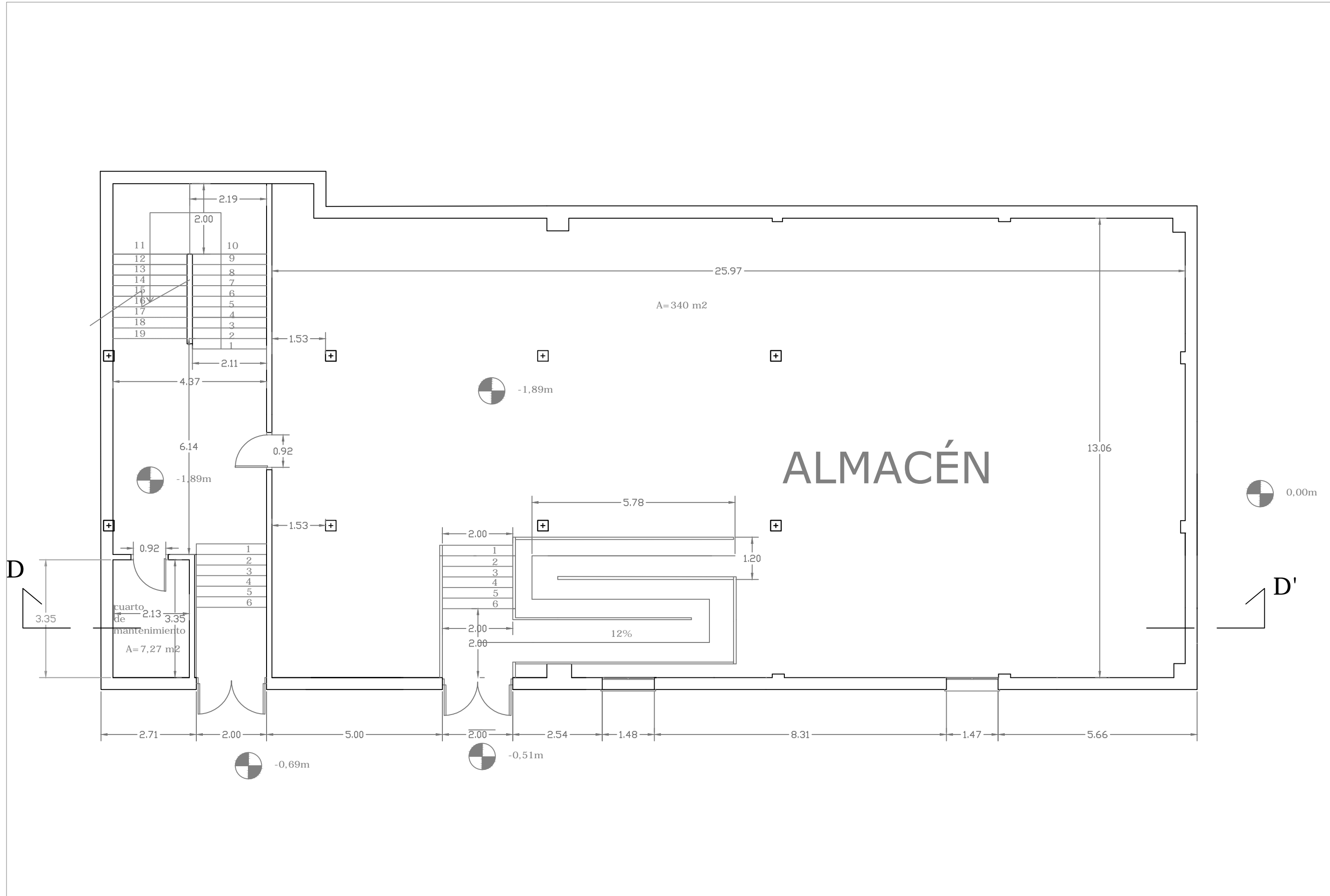


## 14.2 Planos a escala.

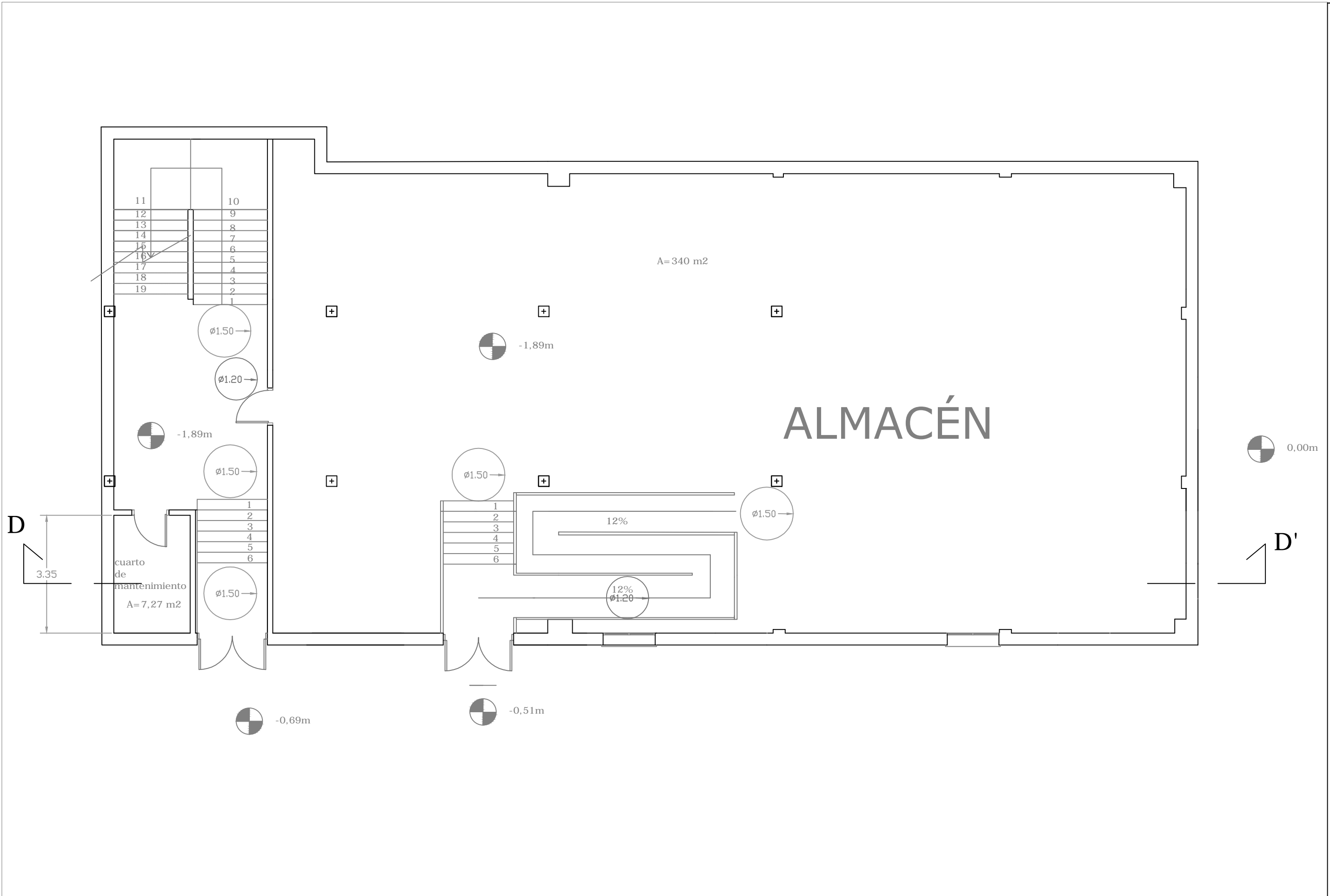


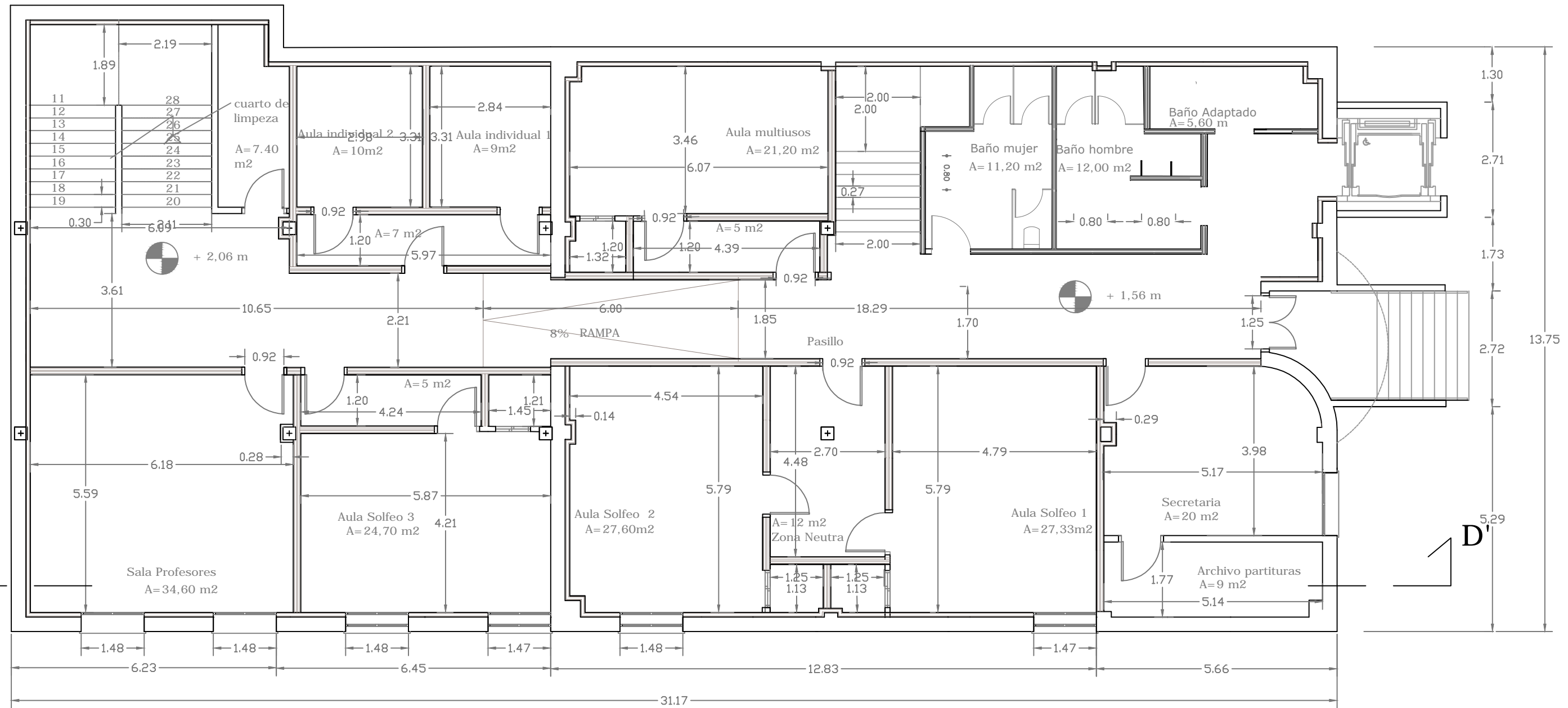
Salvador Gea Perez, ETSIE-UPV- FACHADA LATERAL REFORMA-E:1/100

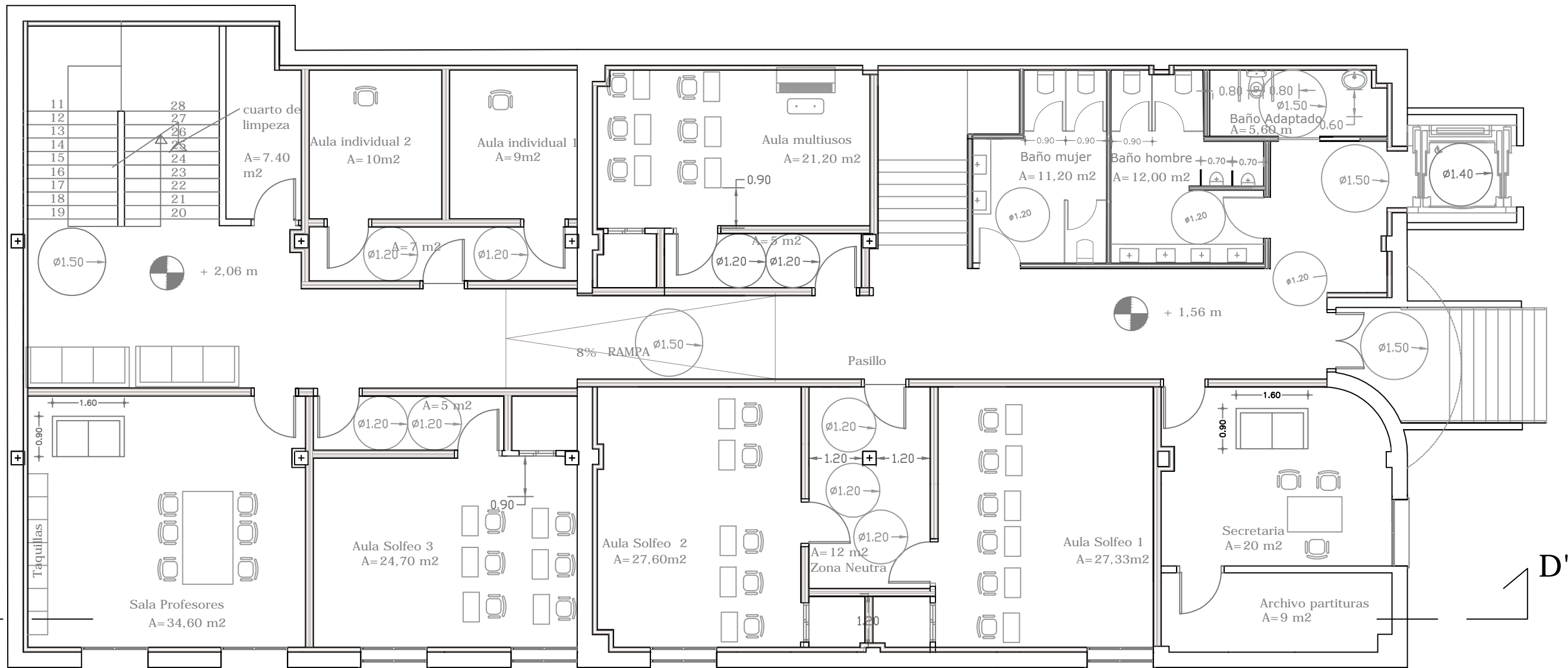


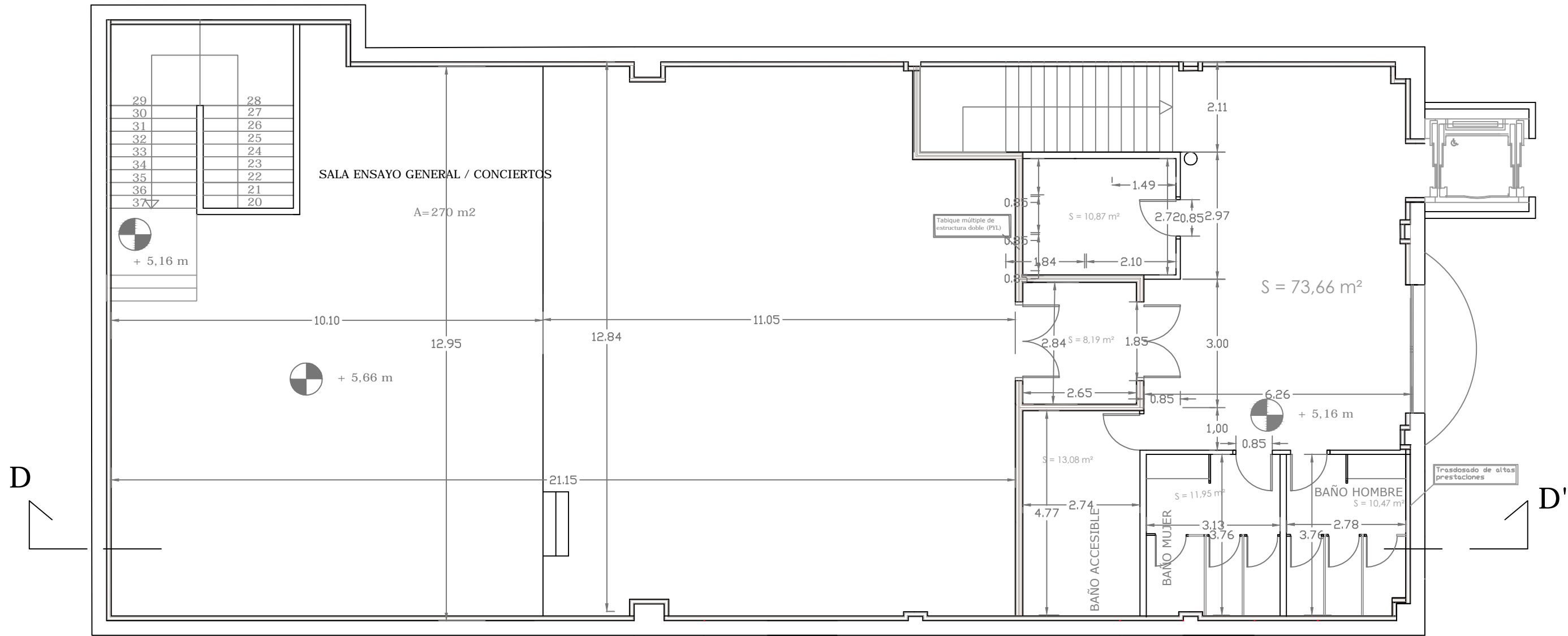


Salvador Gea Perez, ETSIE-UPV- COTAS PSÓTANO- E:1/100

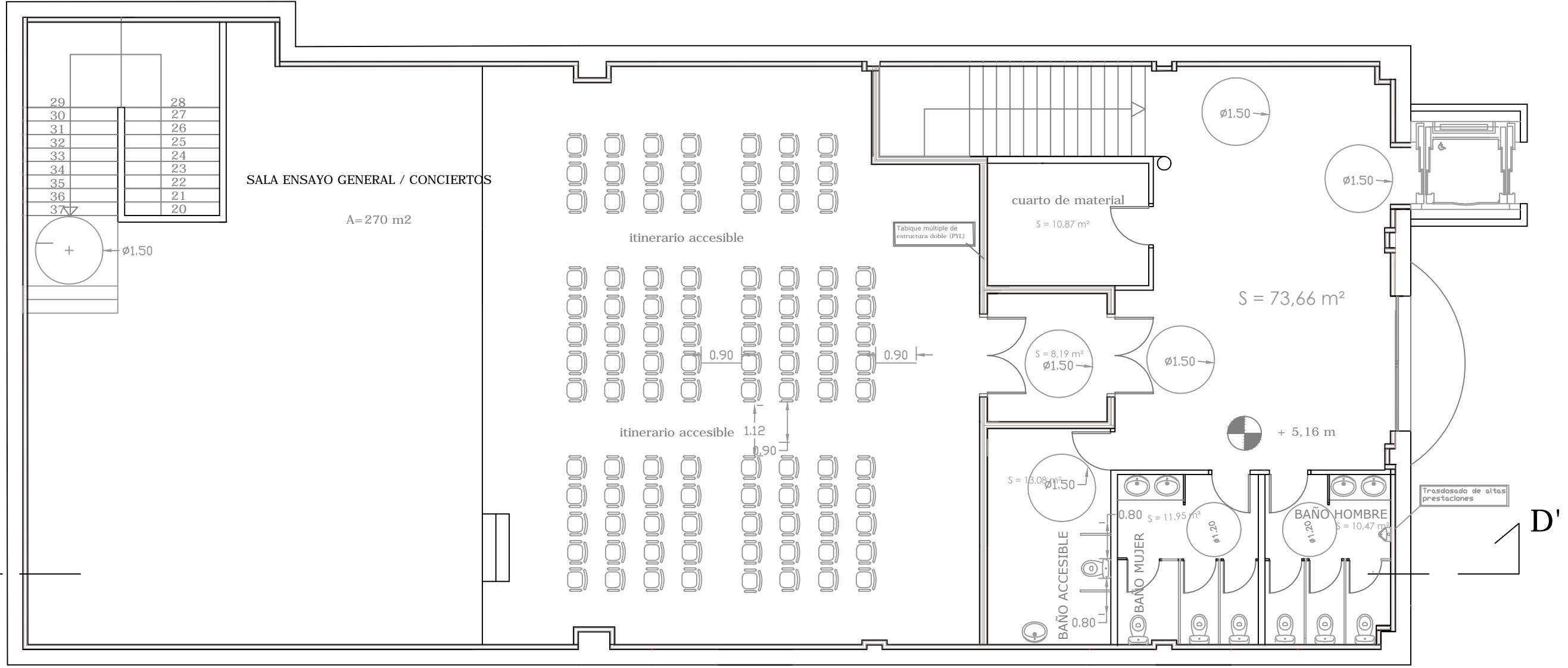


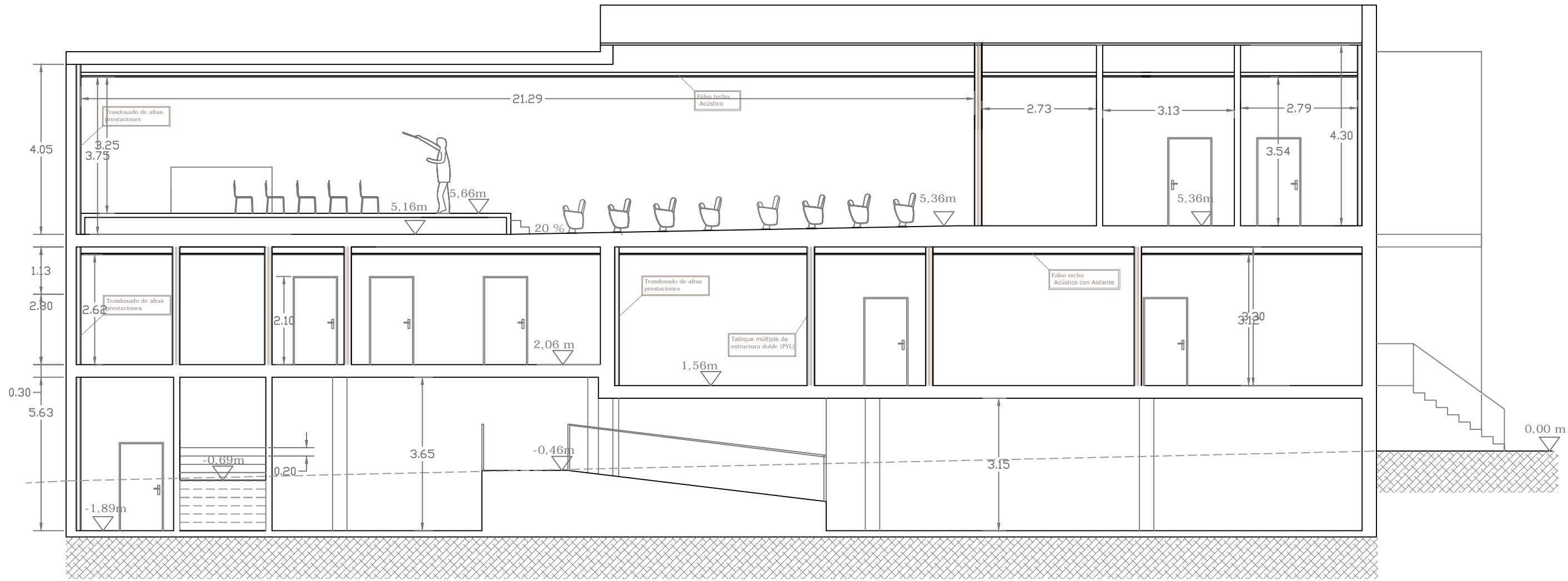






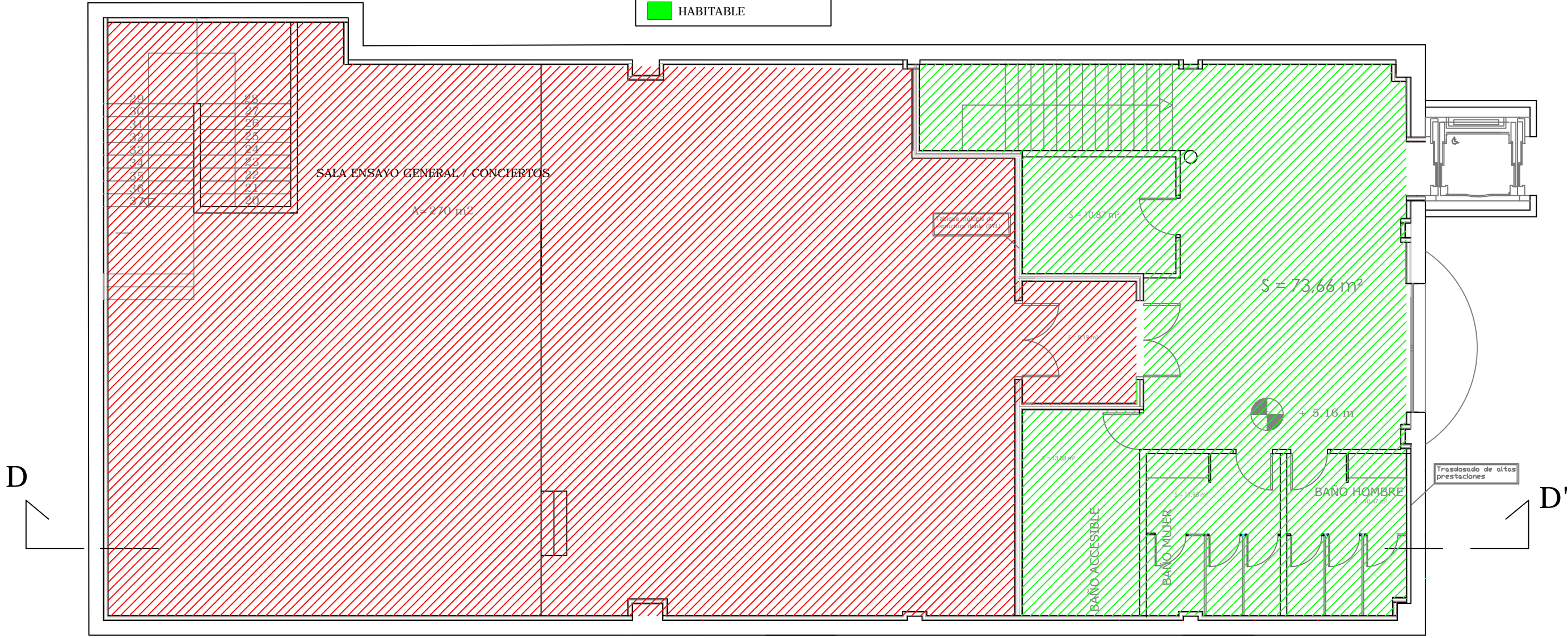
D



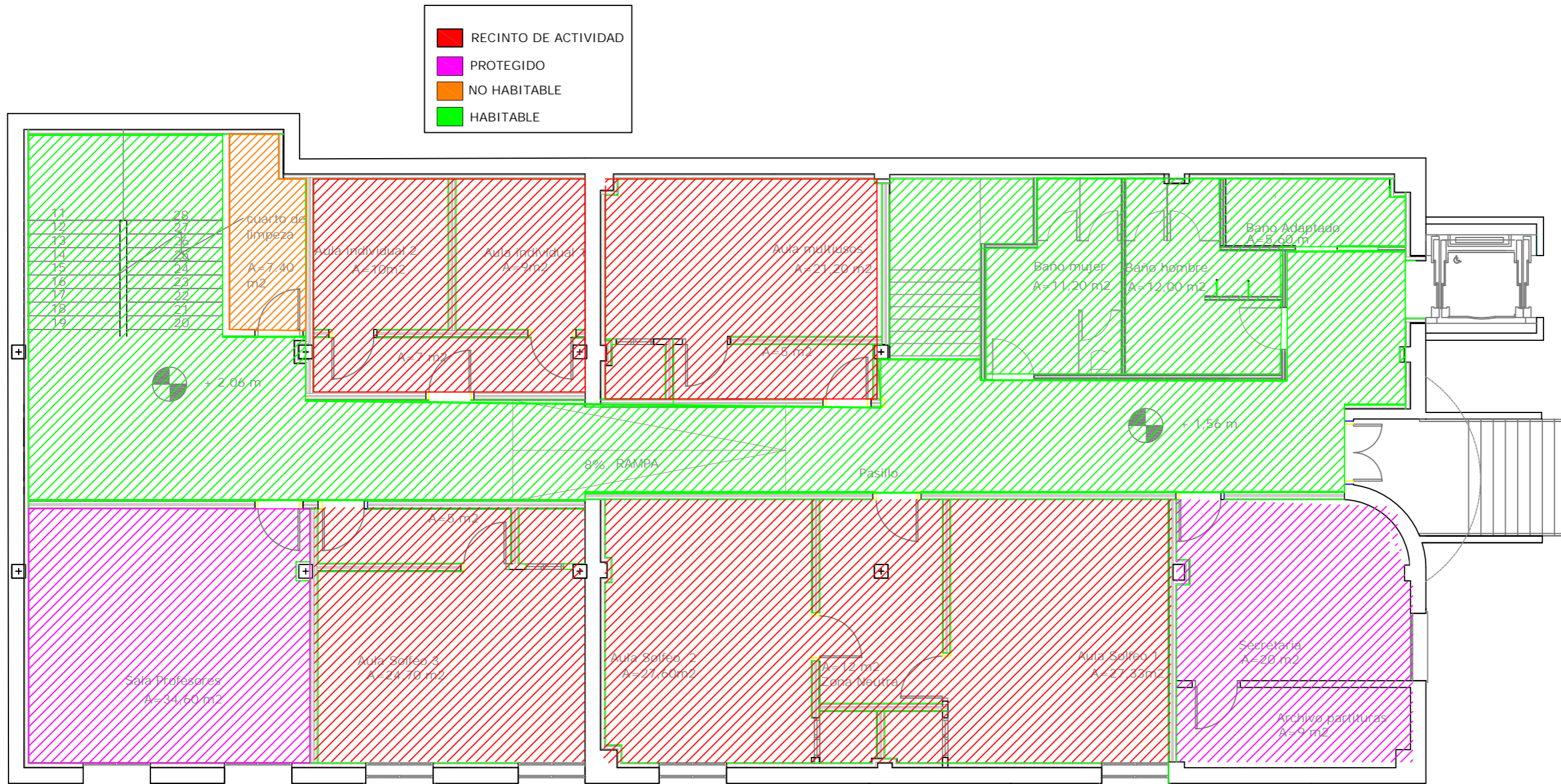


Salvador Gea Perez, ETSIE-UPV- SECCIÓN D-D' -E:1/100

- RECINTO DE ACTIVIDAD
- PROTEGIDO
- NO HABITABLE
- HABITABLE






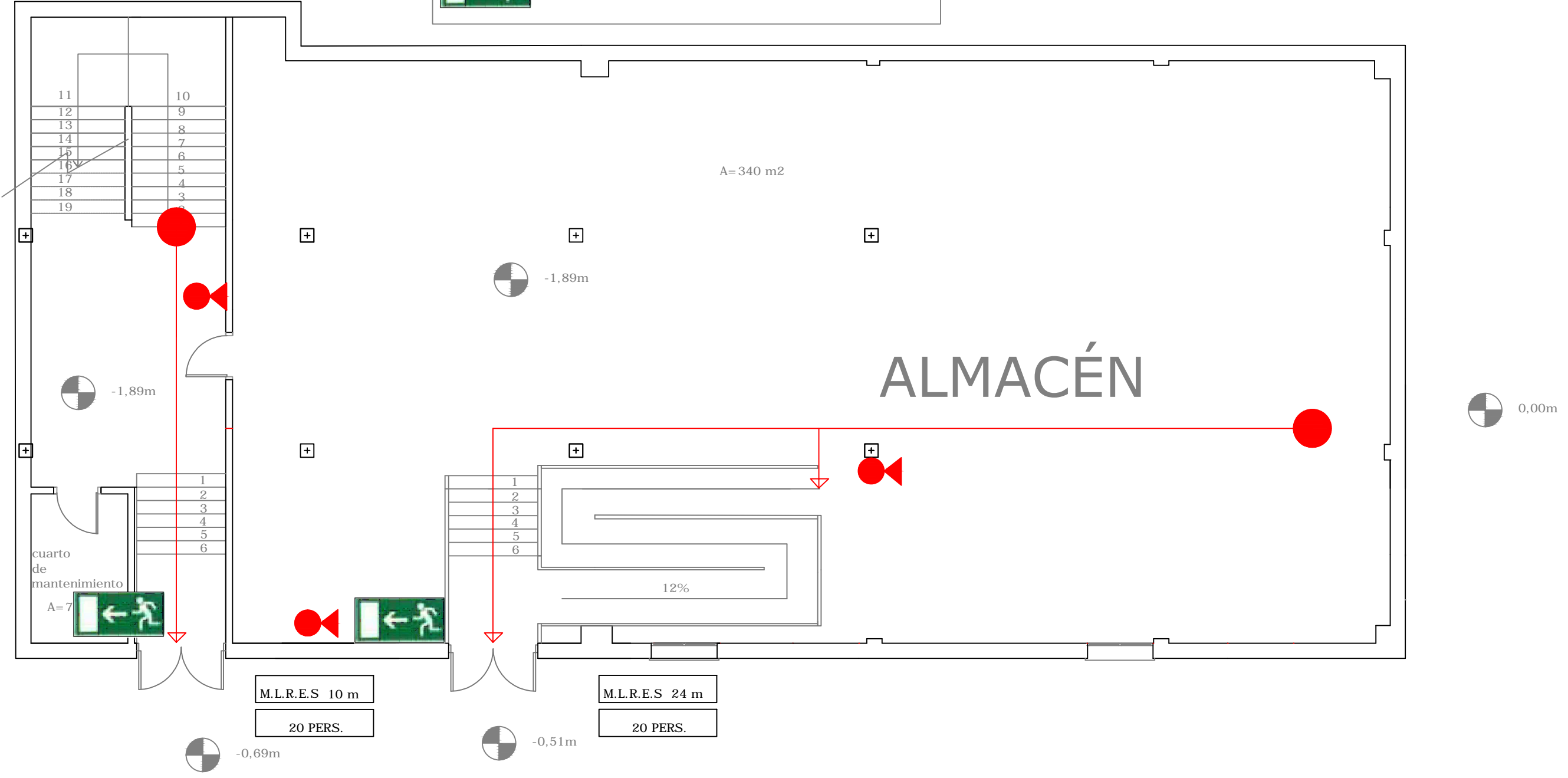




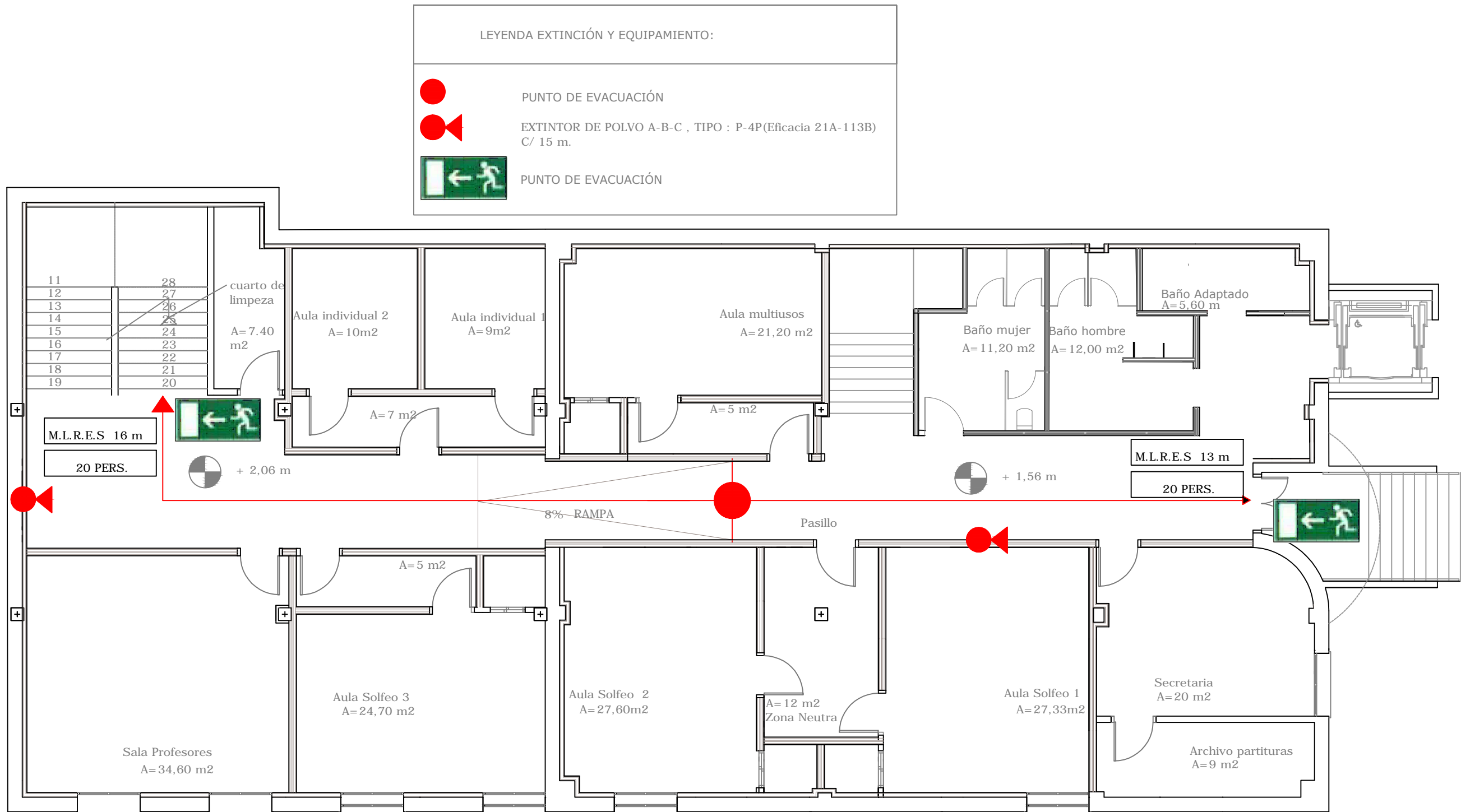
# PLANTA BAJA

LEYENDA EXTINCIÓN Y EQUIPAMIENTO:

-  PUNTO DE EVACUACIÓN
-  EXTINTOR DE POLVO A-B-C , TIPO : P-4P(Eficacia 21A-113B) C/ 15 m.
-  PUNTO DE EVACUACIÓN






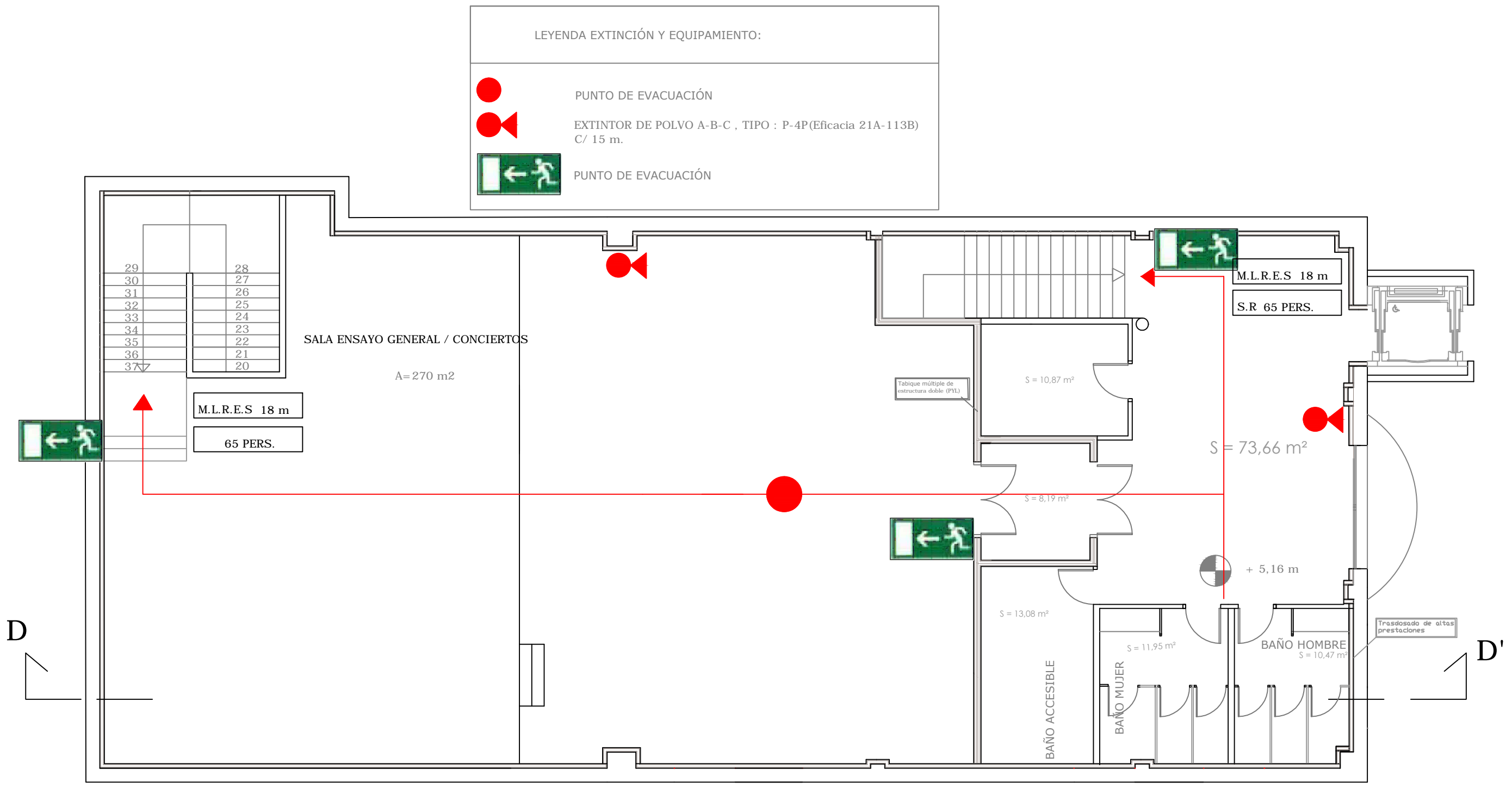
# PLANTA SÓTANO

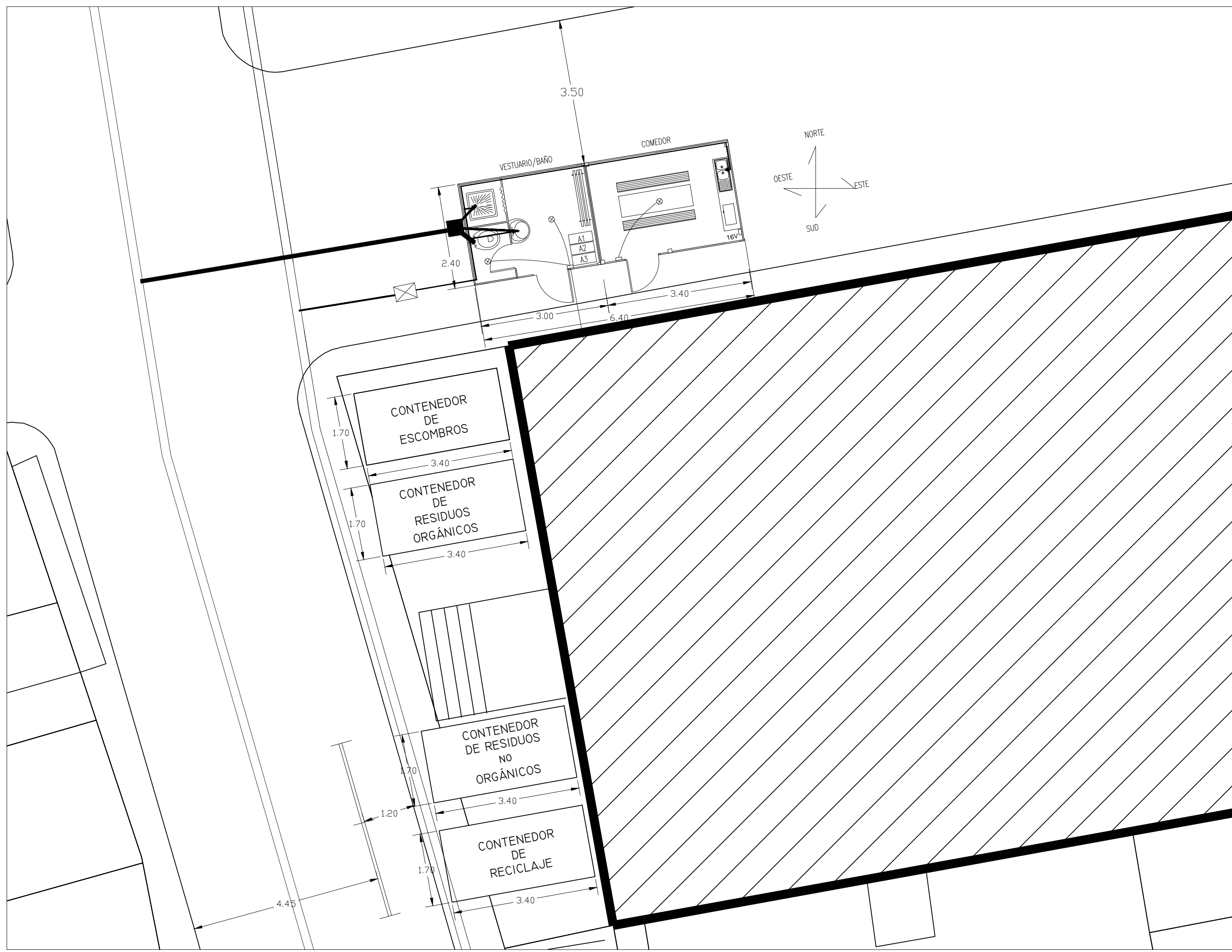


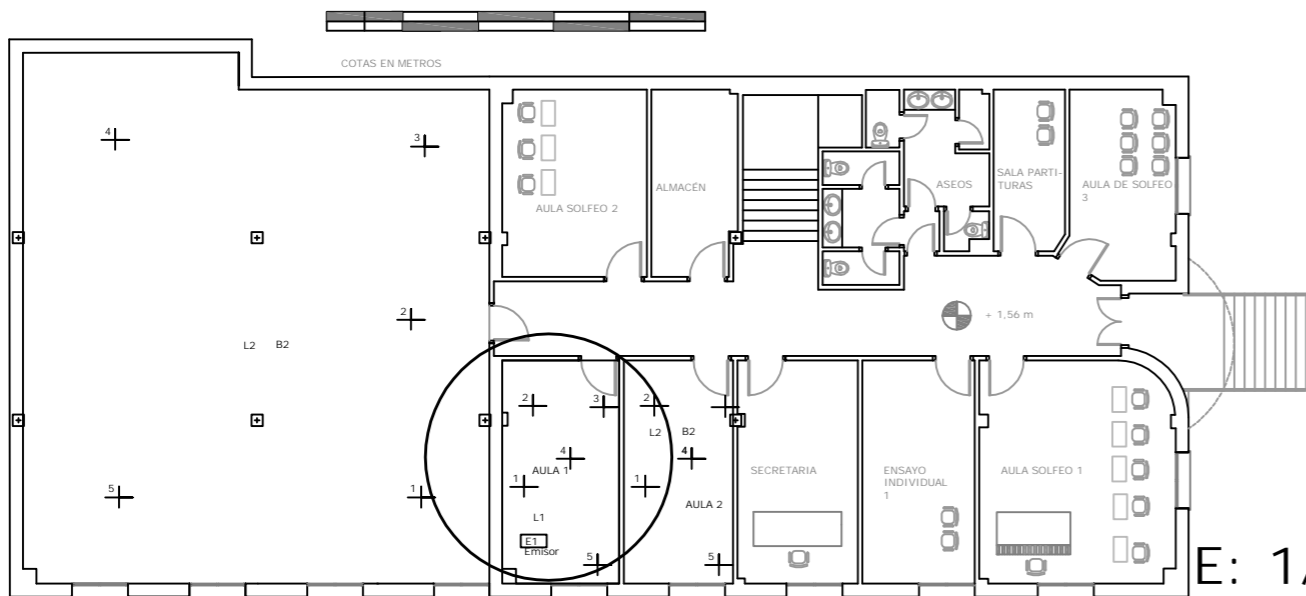
# PLANTA BAJA

LEYENDA EXTINCIÓN Y EQUIPAMIENTO:

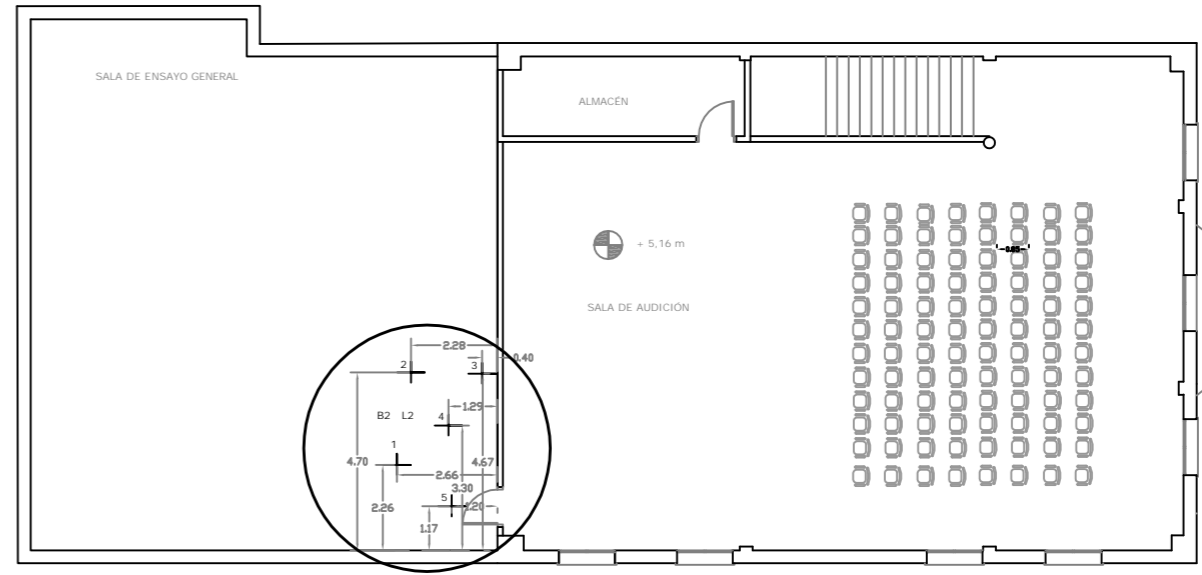
-  PUNTO DE EVACUACIÓN
-  EXTINTOR DE POLVO A-B-C , TIPO : P-4P(Eficacia 21A-113B) C/ 15 m.
-  PUNTO DE EVACUACIÓN



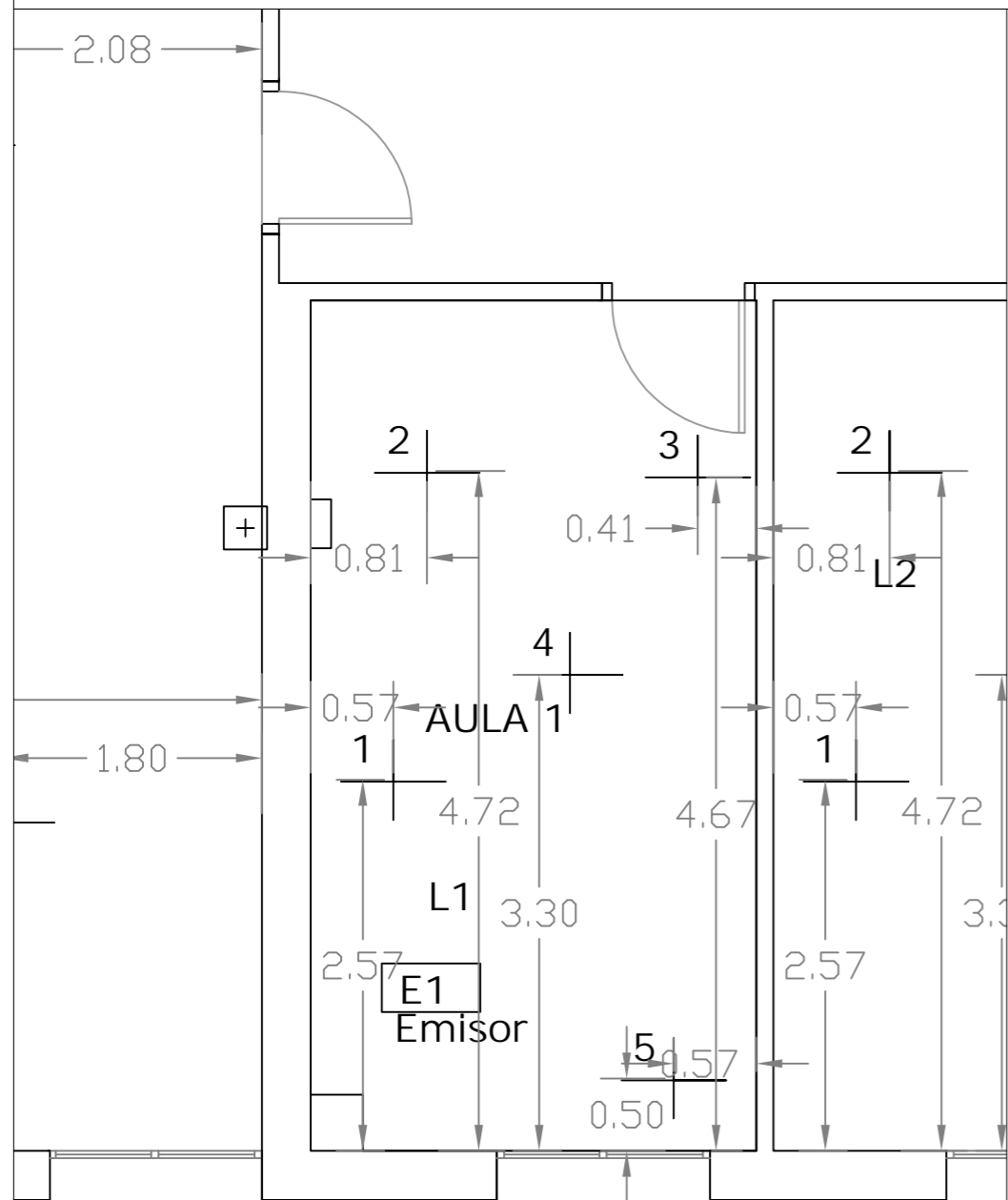




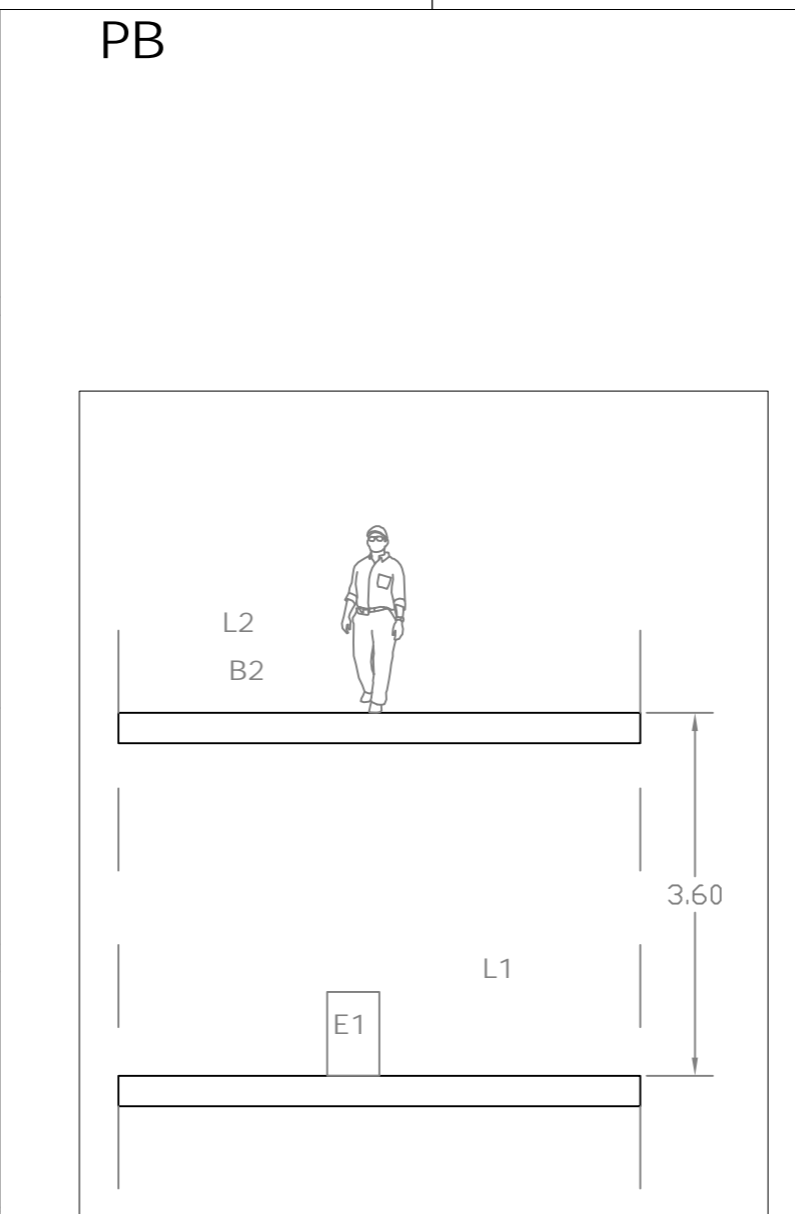
E: 1/200



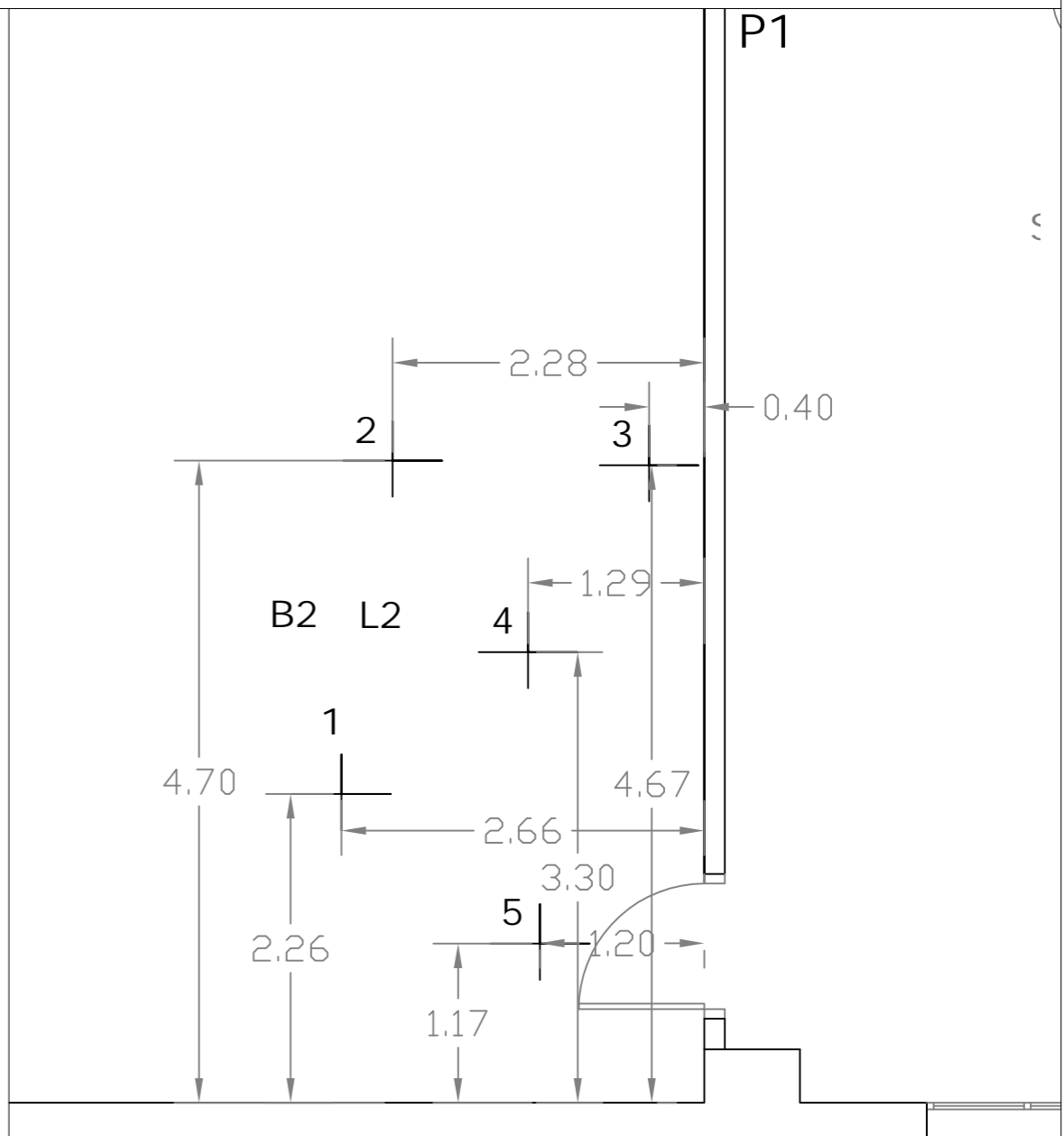
E: 1/200



E: 1/50

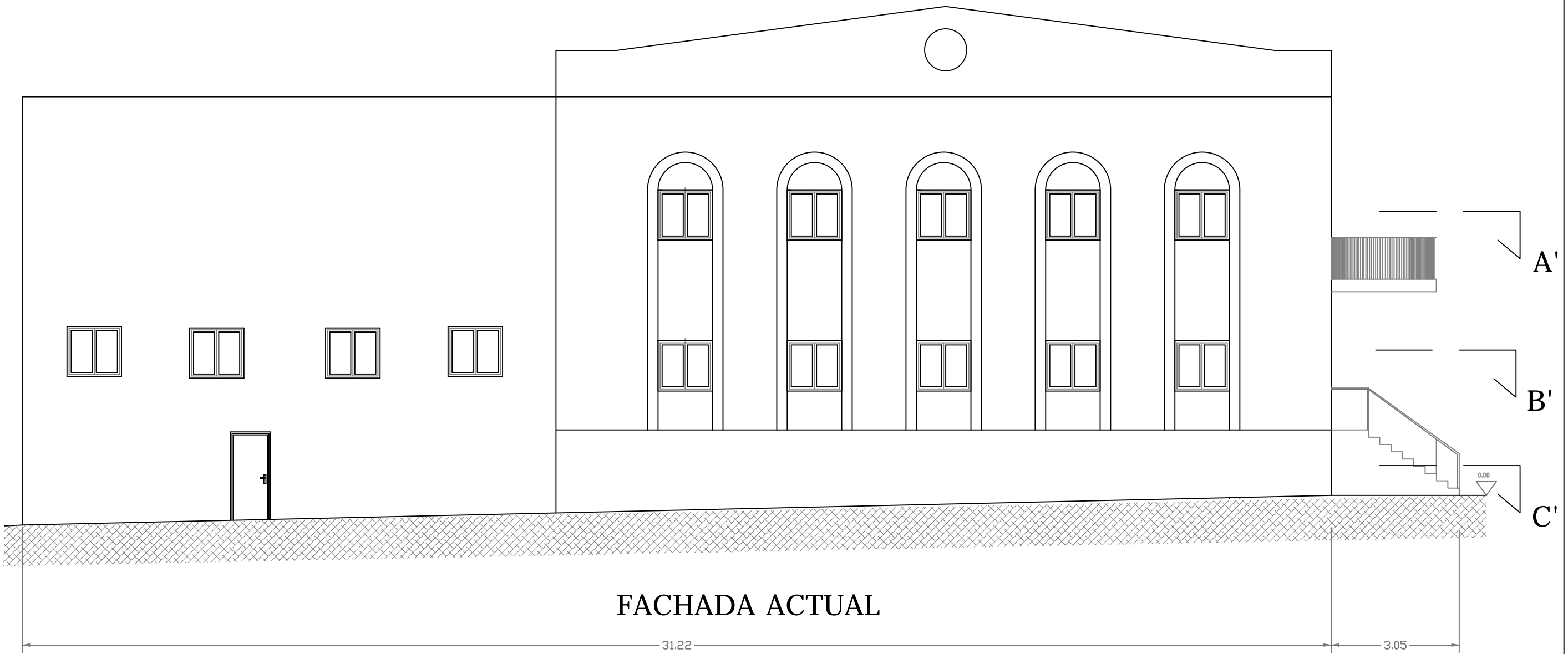


E: 1/75



E: 1/50





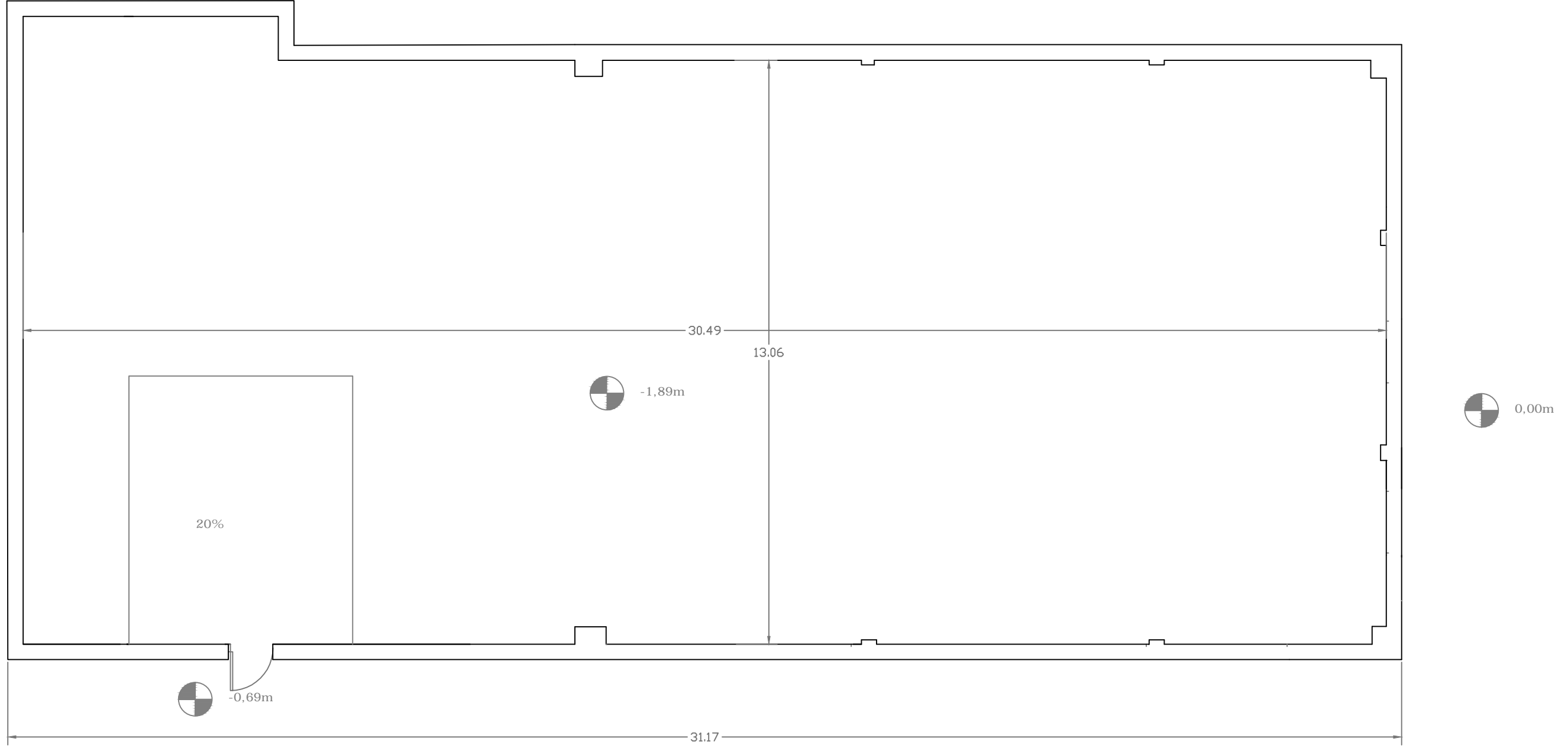
FACHADA ACTUAL

31.22

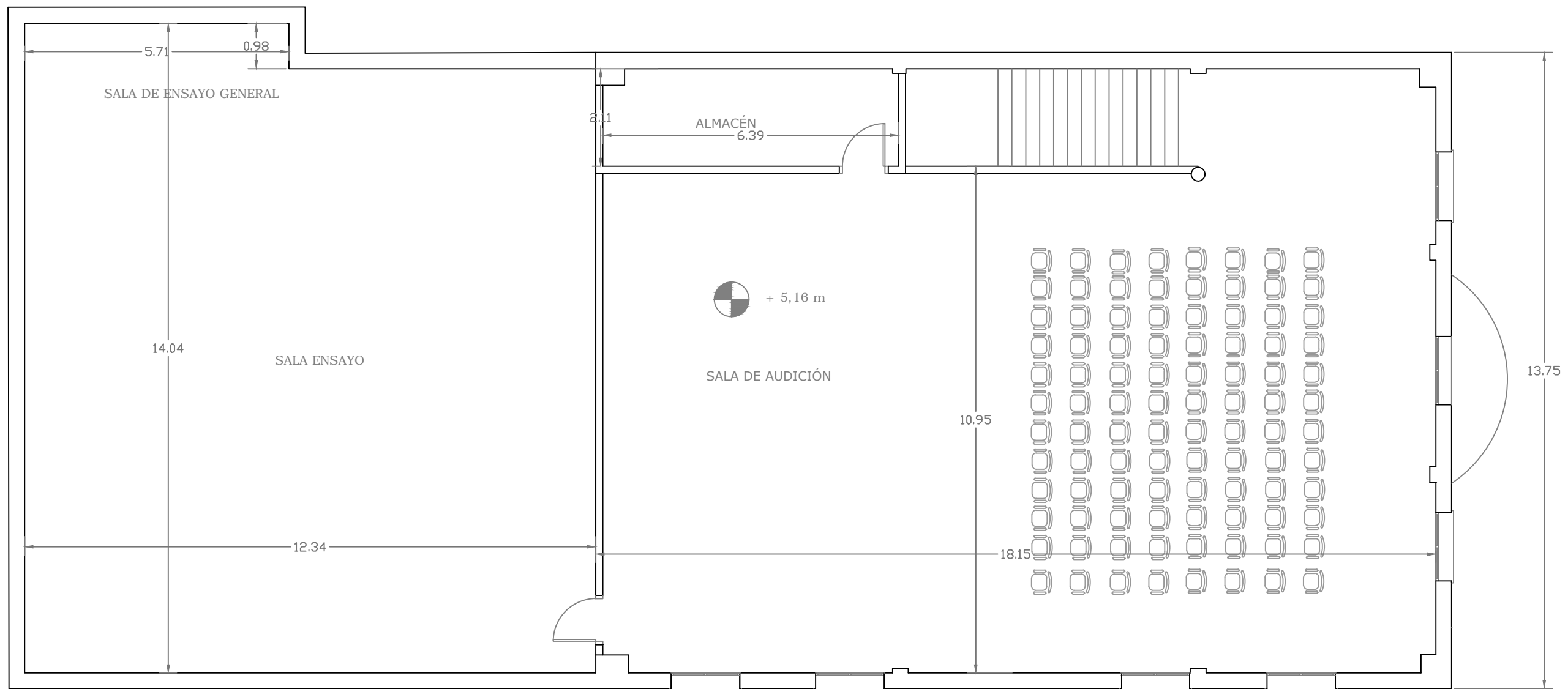
3.05

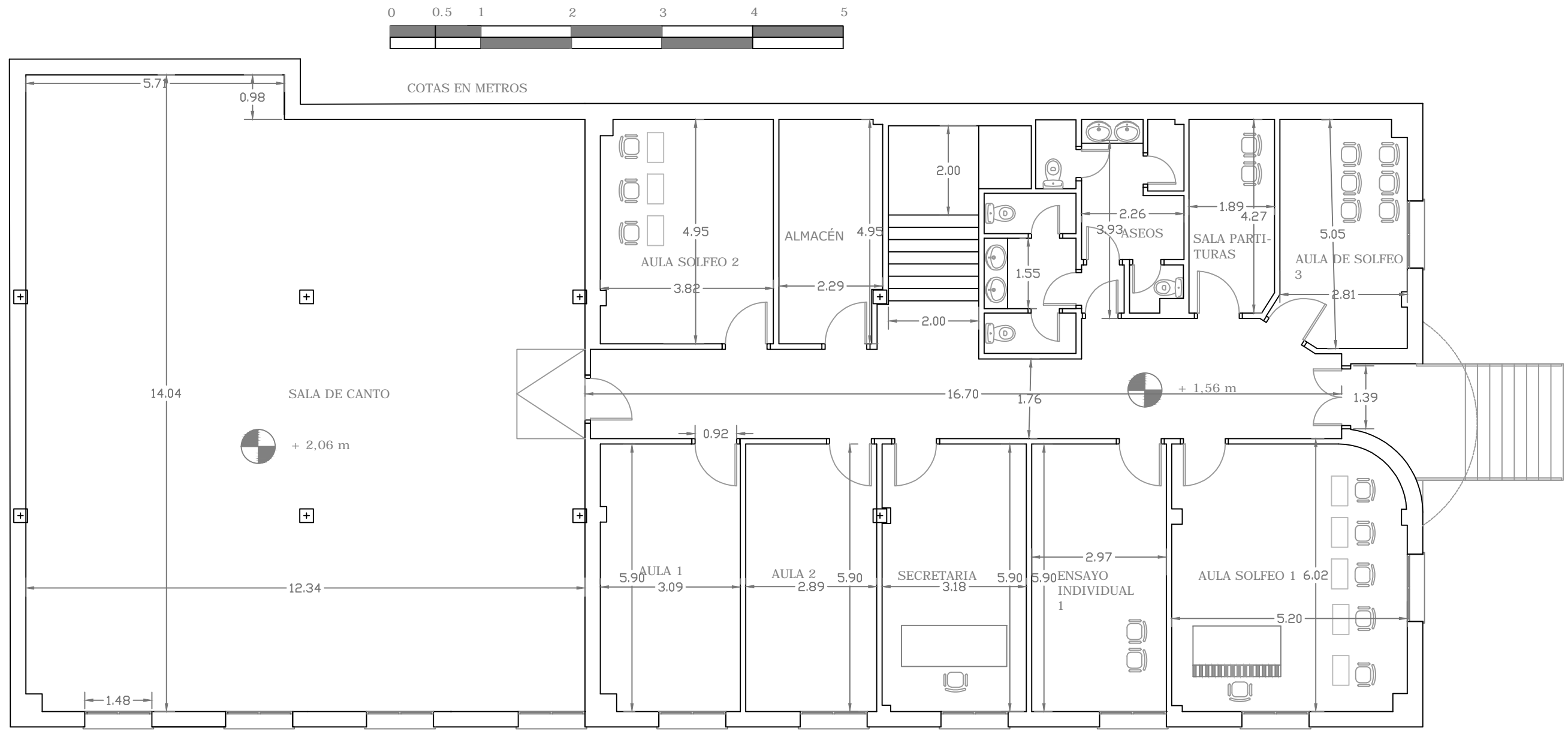


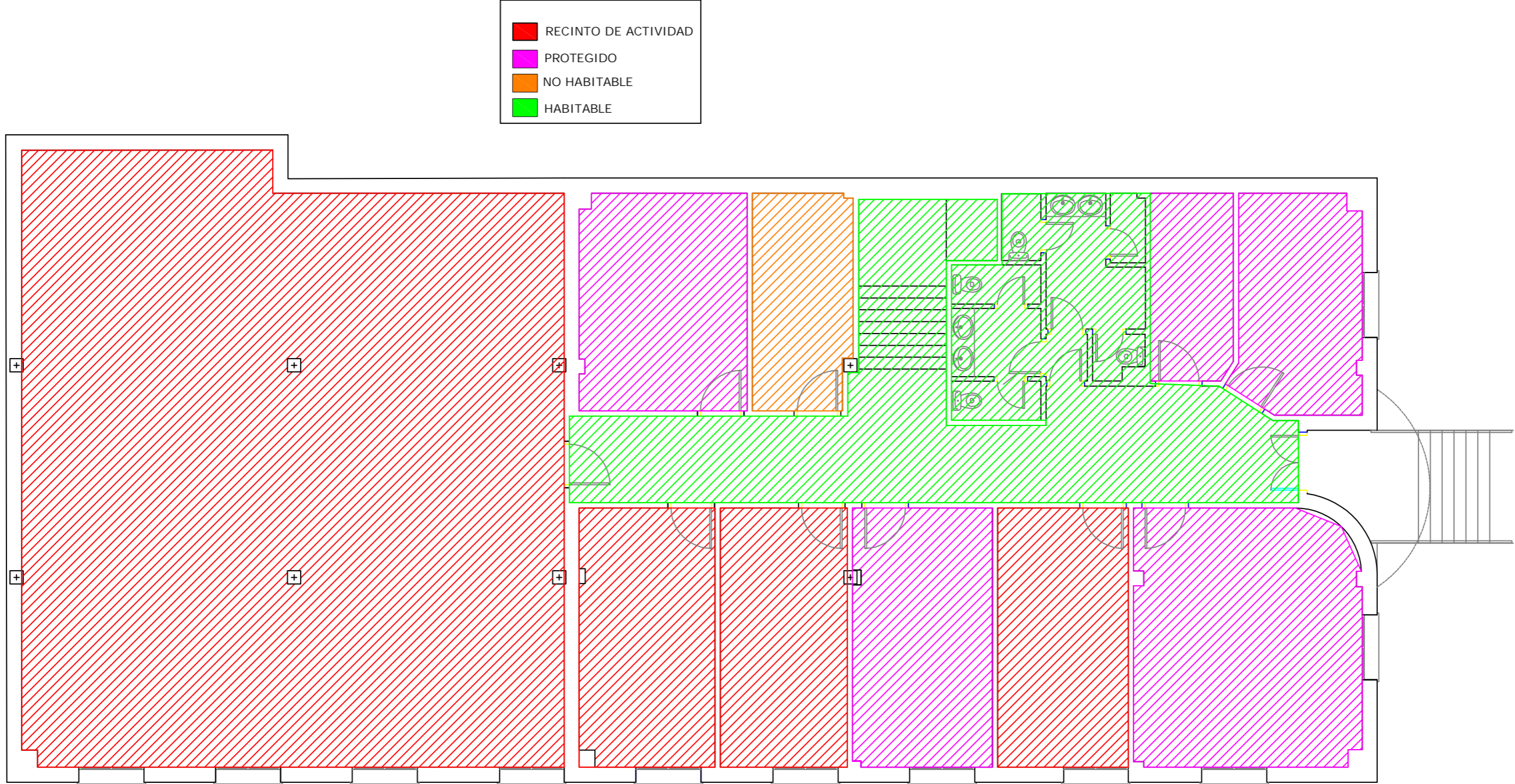


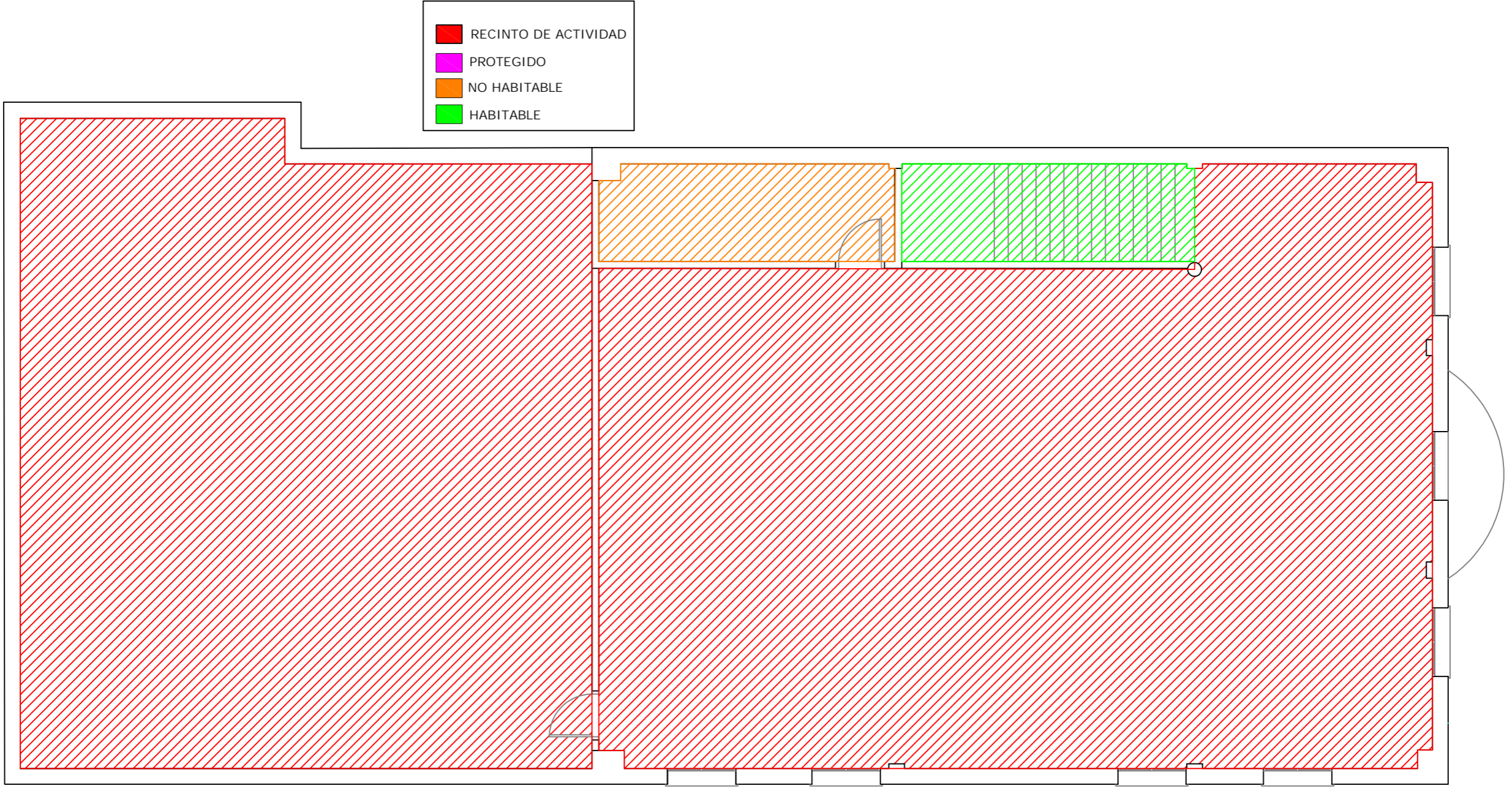


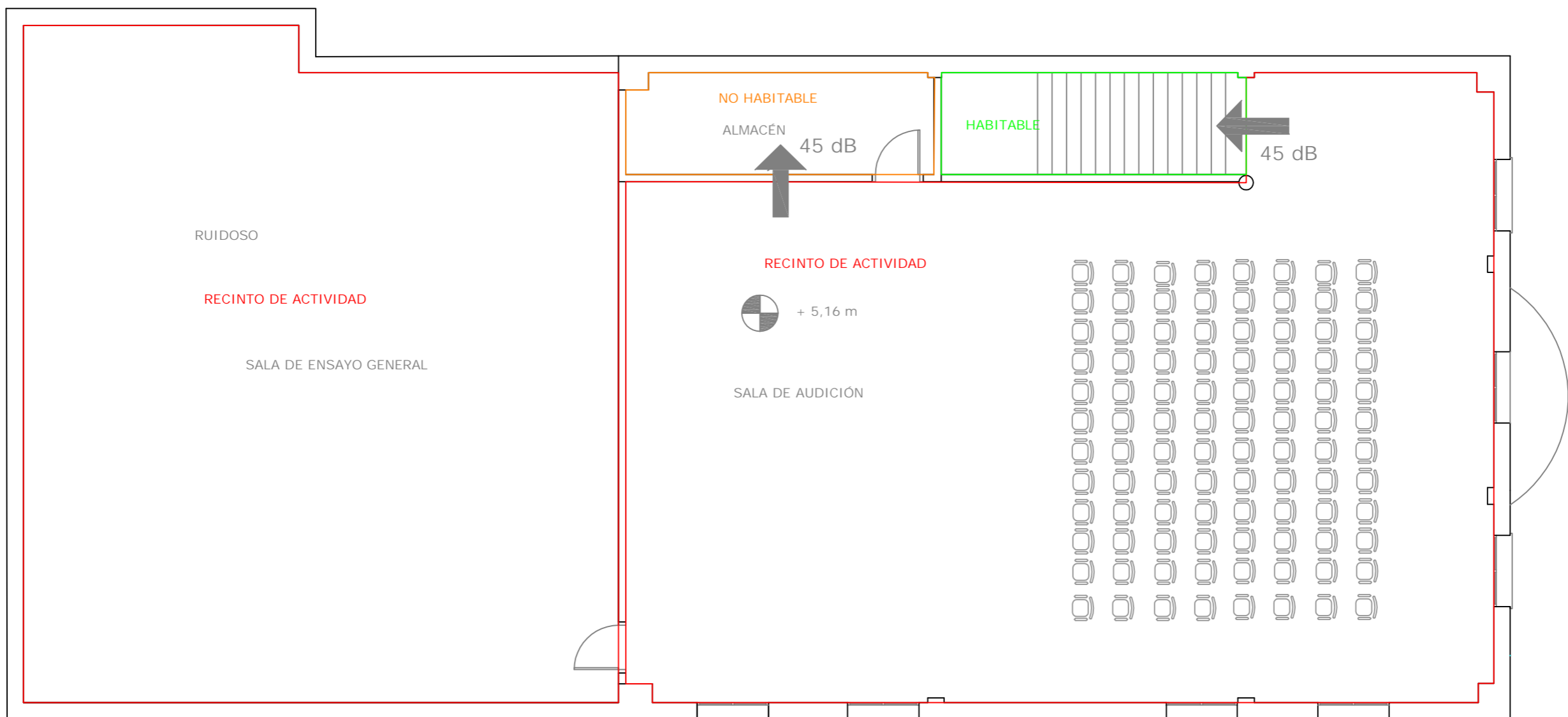
# PLANTA SÓTANO



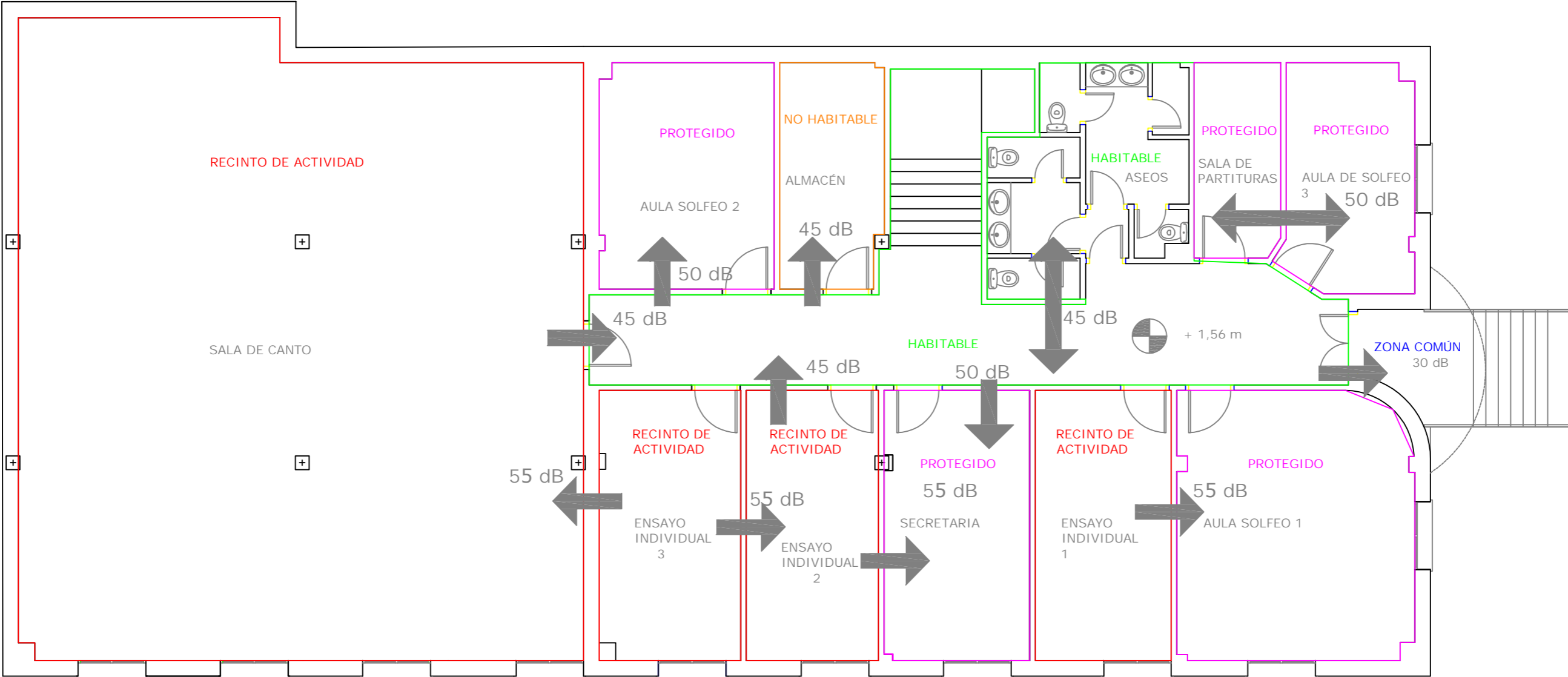








RECINTO DE ACTIVIDAD  
 PROTEGIDO  
 NO HABITABLE  
 HABITABLE



PLANTA BAJA