

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA

MÁSTER INGENIERÍA ACÚSTICA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



DISEÑO Y CONTROL EXTERNO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO Y ACONDICIONAMIENTO DE UN EDIFICIO CULTURAL SITUADO EN EL MUNICIPIO DE TOUS DURANTE SU CONSTRUCCIÓN Y FINALIZACIÓN DE OBRA

TRABAJO FINAL DE MASTER

AUTOR

SALVADOR GIL SANCHIS

TUTOR

JUAN ANTONIO MARTINEZ MORA

GANDIA, 2020

RESUMEN

Este proyecto está orientado a aplicar todos los conocimientos adquiridos durante el estudio del Máster de Ingeniería Acústica, centrándose en un caso real. Concretamente en un centro cultural, en el que personalmente era uno de los proyectistas y directores de obra.

Cabe destacar del estudio realizado: su correcto diseño durante la fase de proyecto, las directrices para una adecuada ejecución de obra en la fase de construcción y, finalmente el control externo de la obra finalizada.

En primer lugar, se realiza un análisis desde una escala municipal, para comprobar la compatibilidad del edificio con las áreas acústicas dominantes. Posteriormente se zonifican las diferentes estancias, según su uso y sus características, a continuación, se diseña la envolvente del edificio y sus particiones interiores; con el fin de cumplir con las directrices marcadas por la normativa de aislamiento acústico. Y finalmente, se acondiciona acústicamente los recintos, según el uso al que están destinados.

Para que un edificio sea habitable, se requiere de la existencia de una serie de instalaciones. Por lo que, se deben definir las medidas correctoras para evitar la transmisión de vibraciones y ruidos del exterior al edificio y viceversa.

Por último, durante la ejecución de la obra, para obtener las prestaciones acústicas requeridas y con ello alcanzar los requisitos mínimos establecidos, es imprescindible controlar la adecuada ejecución de los sistemas constructivos empleados.

PALABRAS CLAVE: Aislamiento acústico, acondicionamiento acústico, ruidos y vibraciones, prestaciones acústicas, confort acústico, control externo.

ABSTRACT

This project is aimed at applying all the knowledge acquired during the study of the Master of Acoustic Engineering, focused on a real case. Specifically, in a cultural centre, in which I was personally one of the project designers and construction managers.

The study carried out should be highlighted: its correct design during the project phase, the guidelines for an adequate execution of the work in the construction phase and, finally, the external control of the finished work.

Firstly, an analysis is carried out from a municipal scale, to check the compatibility of the building with the dominant acoustic areas. The different rooms are then zoned according to their use and characteristics, and the building envelope and interior partitions are then designed to comply with the guidelines set out by the soundproofing regulations. Finally, the rooms are acoustically conditioned according to their intended use.

To make a building habitable, a series of installations are required. Therefore, corrective measures must be defined to prevent the transmission of vibrations and noise from the outside to the building and vice versa.

Finally, during the execution of the building, in order to obtain the required acoustic performance and thereby achieve the minimum established requirements, it is essential to control the correct execution of the construction systems used.

KEY WORDS: Acoustic insulation, acoustic conditioning, noise and vibrations, acoustic performance, acoustic comfort, external control.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	OBJETIVO.....	2
3.	ESTRUCTURA DEL PROYECTO.....	2
4.	CAPÍTULO 1 . EL PROYECTO:	3
	1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	3
	1.2 EMPLAZAMIENTO Y CONDICIONANTES :	3
	1.3 TIPO DE ÁREA ACÚSTICA Y ÁMBITO DE APLICACIÓN	4
5.	CAPÍTULO 2 . EXIGENCIAS Y CONDICIONANTES:	5
	2.1 EXIGENCIAS NORMATIVA APLICABLE.....	5
	2.2 CUADRO DE SUPERFICIES	7
	2.3 ZONIFICACIÓN Y RECINTOS.....	8
6.	CAPÍTULO 3. AISLAMIENTO ACÚSTICO	11
	3.1 INTRODUCCIÓN	11
	3.2 LAS FUENTES DE RUIDO	11
	3.3 ANÁLISIS PROPAGACION DEL SONIDO.....	13
	3.4 DISEÑO DIMENSIONADO Y CÁLCULO ELEMENTOS	13
	3.5 SECCIONES EXPLICATIVAS.....	22
7.	CAPÍTULO 4. ACONDICIONAMIENTO.....	23
	4.1 INTRODUCCIÓN	23
	4.2 OBJETIVOS	23
8.	CAPÍTULO 5 .RUIDO Y VIBRACIONES DE LAS INSTALACIONES	26
	5.1 INTRODUCCIÓN	26
	5.2 INSTALACIONES DEL EDIFICIO.....	26
9.	CAPÍTULO 6 .EJECUCIÓN Y CONDICIONES DE MONTAJE	33
	6.1 ELEMENTO SEPARACIÓN VERTICAL	33
	6.2 LOSAS FLOTANTES	34
	6.3 CUARTOS HÚMEDOS	34
10.	CAPÍTULO 7 . AUDITORIA ACÚSTICA	35
	7.1 DIRECCIÓN DE OBRA.....	35
	7.2 CONTROL CON LA OBRA FINALIZADA	36
	7.3 MEDICIÓN "IN SITU" DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO	37
	7.4 MEDICIÓN "IN SITU" DEL RUIDO DE IMPACTO	42
	7.5 MEDICIÓN "IN SITU" AISLAMIENTO ACUSTICO FACHADA	46
12.	CONCLUSIONES.....	50
11.	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	52

1. INTRODUCCIÓN

La construcción de un Edificio Cultural con Biblioteca era una reivindicación los habitantes de la localidad de Tous en la provincia de Valencia. El proyecto se desarrolla en una parcela urbana dentro de un área de uso predominante residencial, con un condicionante particular como es la proximidad del conservatorio de música. El programa del edificio es el siguiente: recepción , zonas húmedas, almacén, varias aulas de biblioteca y un salón de actos multiusos, por lo tanto el aislamiento del exterior cobra una gran importancia.

Cuando hablamos de construcción los proyectistas deberíamos **marcar en rojo la palabra confort acústico**, pero la mayoría de los técnicos tenemos la sensación de que la parte acústica es la gran olvidada, debido a que carecemos de los conocimientos suficientes para conseguir un confort acústico. Y no somos conscientes de que cada sistema o cada material que se utiliza tiene un comportamiento acústico diferente, siendo necesario tener una visión global para aportar soluciones al problema del aislamiento, acondicionamiento acústico, o vibraciones.

Es importante remarcar que en el mundo de construcción se enfrentan dos visiones radicalmente contrapuestas, por un lado el mundo de la física, basado en una serie de conceptos teóricos y exactos para poder proyectar y, por otro lado el mundo artesanal necesario para la construcción en la mayoría de los casos reacio a los cambios, si encima a estos dos factores le añades un severo control presupuestario o hay un cambio de mentalidad en el mundo de la construcción o las exigencias mínimas para obtener un confort acústico quedarán en “papel mojado”.



Figura 1_Perspectiva del edificio

El proyecto arquitectónico sobre el cual realizo el TFM de acústica ha sido realizado por los arquitectos Salvador Gil Sanchis y José Luis Valles Ribes, es un proyecto construido en varias fases para acogerse a la solicitud de subvenciones establecidas por la Excelentísima Diputación de Valencia en base al Plan Provincial de Cooperación en Obras y Servicios (SOM 2.017-2018).

2. OBJETIVO

OBJETIVO PRINCIPAL

Aplicar todos los conocimientos adquiridos durante el Máster de Ingeniería Acústica a un caso real, concretamente en un centro cultural y basándose en mayor medida en las asignaturas de Aislamiento Acústico en la Edificación y en Acústica de Salas, aplicando conceptos básicos de la acústica **tanto en fase de proyecto como durante la construcción del edificio**. Haciendo hincapié en la normativa española de acústica de protección frente al ruido primero controlando el aislamiento y las vibraciones, y luego actuando sobre el acondicionamiento siempre siguiendo las pautas de la ley de contaminación acústica y evitando cualquier tipo de contaminación ambiental.

OBJETIVO SECUNDARIO

Analizar el futuro comportamiento “in situ” de los elementos constructivos e instalaciones, utilizados en el proyecto mediante el uso de los métodos de cálculo normalizado para cumplir todos los requisitos que nos solicita el DB-HR. Primero en fase de diseño del proyecto en la cual se establecen las necesidades de la propiedad y después durante la fase de ejecución de las obras para intentar evitar cualquier defecto constructivo. Y verificar si la obra cumple con las exigencias del CTE realizando mediciones “in situ”, justificando el cumplimiento de los estándares mínimos de aislamiento y acondicionamiento acústico y realizando una correcta aplicación en fase de obra los conceptos teóricos aprendidos.

3. ESTRUCTURA DEL PROYECTO

Capítulo 1: Se realiza una descripción del proyecto, su implantación, y se describen los condicionantes urbanísticos y acústicos.

Capítulo 2: Se centra en las exigencias de la normativa acústica los condicionantes constructivos del proyecto y del programa definido por la propiedad.

Capítulo 3: Se detectan las posibles fuentes de ruido que pueden ocasionar problemas acústicos y los materiales utilizados así como las propiedades acústicas de estos, con el fin de cumplir con las directrices establecidas por la normativa vigente de acústica.

Capítulo 4: Se realiza una pequeña introducción sobre que significa el acondicionamiento acústico, y su función, aplicando una serie de medidas correctoras.

Capítulo 5: Se analizan y solucionarán los ruidos y vibraciones producidas por las instalaciones.

Capítulo 6: Se marcan las pautas del control de ejecución de la obra, donde se detectarán diferentes problemas de ejecución y se observará la mala ejecución de los operarios.

Capítulo 7: Finalmente se llevan a cabo las mediciones acústicas de comprobación del aislamiento acústico, tiempo de reverberación y ruido de fondo sobre las cuales se han obtenido las conclusiones.

4. CAPÍTULO 1 . EL PROYECTO:

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En el presente proyecto se analiza la Construcción de un Edificio Cultural centrándose en el cumplimiento de la Normativa acústica, el proyecto se realiza en varias fases. Una primera en la que se realiza la estructura y la envolvente de cerramientos y una fase segunda en la que se realizan las cubiertas, los trasdosados, los acabados, las carpinterías y las instalaciones.

El edificio está compuesto por tres volúmenes de diferente altura. El volumen central es el que une y vertebrará los espacios actuando como estancia servidora a los dos volúmenes existentes en ambos lados. Mientras en los espacios generados en el volumen norte, se ubican los usos de biblioteca y ludoteca, en el espacio y volumen generado en la zona sur, se ubicará la gran sala polivalente. Todos los servicios de la biblioteca están situados en planta baja, en planta alta solo se sitúan las salas técnicas.

1.2 EMPLAZAMIENTO Y CONDICIONANTES :

EMPLAZAMIENTO

La parcela en la que se desarrollará la edificación está situada en el municipio de Tous Valencia entre las calles Santa Bárbara, Las Escuelas, San Roque y Padre Miguel Ángel. El edificio proyectado se encuentra en una zona definida en las Normas Subsidiarias de Tous como Zona de Equipamiento Cultural. El acceso principal se realizará por la Calle Santa Bárbara de la citada población y la parcela tiene una referencia catastral 8751102YK0385S0001ZA.

CONDICIONANTES:

La biblioteca al estar enclavada en un área urbana de uso dominante residencial debe de cumplir con una serie de parámetros:

Nivel sonoro de recepción externo 55 dBA día y 45 dBA noche.

USO DOMINANTE	NIVEL SONORO dB(A)	
	DIA	NOCHE
SANITARIO Y DOCENTE	45	35
RESIDENCIAL	55	45
TERCIARIO	65	55
INDUSTRIAL	70	60

Tabla 1. Tabla 1 del anexo II de la Ley 7/2002 de la GVA.

Mientras que el nivel sonoro de inmisión interna serían unos 35 dBA tanto de día como de noche.

1.3 TIPO DE ÁREA ACÚSTICA Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

ÁREA ACÚSTICA

Criterios que determinan la inclusión de un sector del territorio en un tipo de área acústica.

Nuestra área acústica tiene un uso mayoritario residencial, pero como la asignación de un sector del territorio a uno de los tipos de área acústica previstos en el artículo 7 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, depende del uso predominante actual o previsto para el mismo en la planificación general territorial o el planeamiento urbanístico.

La biblioteca se ubica en un caso particular donde coexisten varios usos urbanísticamente compatibles, estos usos predominantes se establecen según los siguientes criterios:

- El principio de protección a los receptores más sensibles privará siempre que el criterio de asignación no este claro.
- En un área acústica concreta se pueden admitir usos cuya requisito exija de una mayor protección acústica, siempre y cuando se pueda garantizar en los receptores el cumplimiento de los objetivos de calidad acústica.

En el mismo sector hay suelo con usos predominantes residencial, docente y cultural.

ÁMBITO DE APLICACIÓN

El DB HR fija los niveles mínimos de aislamiento acústico de los cerramientos de la envolvente del edificio: Fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior. Pero no fija los niveles de inmisión existentes en su espacio interior ,ya que estos criterios están definidos en los valores existentes en la tabla 2.1 del DB HR los cuales son el resultado de la diferencia entre niveles de inmisión exteriores. Los objetivos de calidad acústica interior varían según el tipo de edificio:

- Residencial, Hospitalario, Docente, Administrativo y **Cultural**

En caso de realizarse una verificación in situ, debe comprobarse exclusivamente el nivel real de aislamiento de la solución constructiva adoptada (y su correspondencia con lo prescrito en el DB HR) y no el nivel de inmisión interior el cual dependerá lógicamente del nivel de inmisión exterior existente en el momento en el cual se realice la medida, la cual puede no corresponde con los valores de L_d que, de acuerdo con el reglamento, se adoptan para dimensionar la solución.

En cualquier caso, la medición debe realizarse conforme a lo establecido en la norma **UNE-EN ISO 16283-3:2016**

En el caso de la biblioteca al tratarse de un equipamiento público cuyo uso mayoritario del edificio es cultural, pero al mismo tiempo se trata de un edificio de pública concurrencia debemos de cumplir con otra serie de parámetros mínimos siempre buscando un mayor confort acústico.

5. CAPÍTULO 2 . EXIGENCIAS Y CONDICIONANTES:

2.1 EXIGENCIAS NORMATIVA APLICABLE

LEY 37/2003, DE 17 DE NOVIEMBRE, DEL RUIDO.

La ordenación del territorio y al planeamiento urbanístico

La ley del ruido regula los parámetros que deben de cumplir las Administraciones Públicas para poder zonificar suelo en diferentes áreas acústicas. Estas ordenan y organizan el territorio mediante sectores donde se deben cumplir una serie de objetivos mínimos de calidad acústica ambiental. Estas áreas se clasifican en función del uso predominante del suelo se le asignan unos valores máximos de inmisión de ruido ambiental. Los cuales se describen en los siguientes apartados.

La edificación

Los edificios son considerados por la Ley del Ruido como receptores acústicos y no como fuente emisora de ruido. En el interior de los edificios de usos: residencial (tanto público como privado), hospitalario, docente o cultural, deben cumplirse los objetivos mínimos de calidad acústica interiores que garanticen un confort acústico adecuado.

Los índices de calidad acústica interior son valores máximos de inmisión de ruido y vibraciones que pueden ser producidos por las instalaciones del propio edificio, ruido ambiental proveniente del exterior y procedente de actividades que se desarrollan en el edificio o en recintos colindantes.

CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN DB-HR

Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Los objetivos de calidad acústica ambiental de las diferentes áreas acústicas, que son los valores límite de los índices de ruido ambiental para determinados sectores del territorio que no deben ser sobrepasados y que están fijados por La Ley del Ruido.

La existencia de mapas de ruido y que están a disposición del público, lo que significa que los niveles de ruido de determinadas zonas son conocidos.

Los objetivos de calidad acústica interior, que son los valores límite de inmisión que no deben superarse en el interior de los edificios.

Ley 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústica.

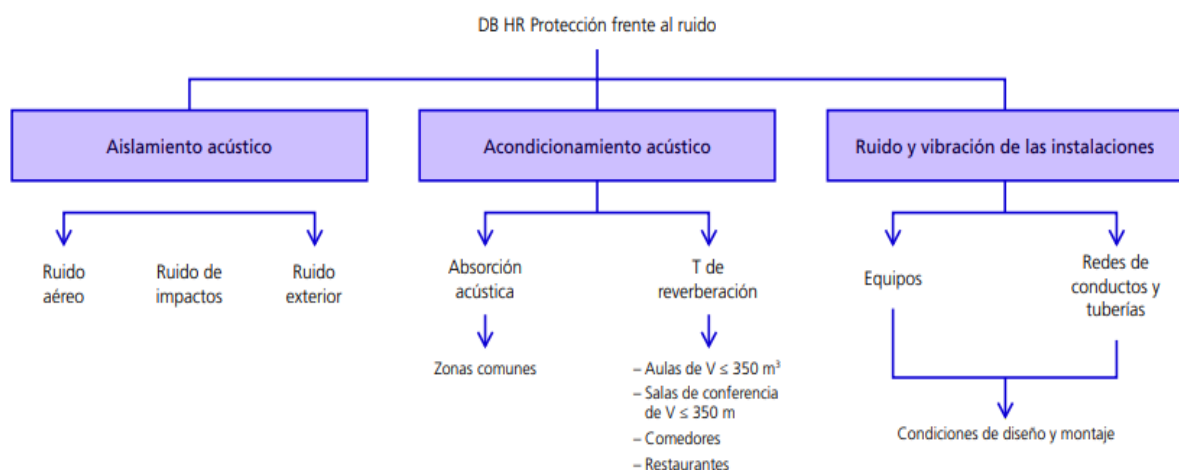
Decreto 104/2006, de 14 de julio, del Consell, de planificación y gestión en materia de contaminación acústica.

Decreto 266/2004, de 3 de diciembre, del Consell de la Generalitat, por el que se establecen normas de prevención y corrección de las edificaciones, obras y servicios.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

Real Decreto 1675/2008, de 17 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el Documento Básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.



NORMATIVA URBANÍSTICA

El edificio proyectado se encuentra en una zona definida en las Normas Subsidiarias de Tous como Zona de Equipamiento Cultural.

El proyecto cumple la normativa urbanística vigente de aplicación, a los efectos establecidos en el libro III de Disciplina Urbanística de la Ley 5/2014 de Ordenación y Gestión Territorial y Urbanística de la Comunidad Valenciana.

CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LAS EXIGENCIAS

El edificio debe de cumplir con todos los requisitos contemplados en el Documento Básico de CTE y por lo tanto existen una serie de criterios que condicionan como se proyecta edificio y como se debe comportar este cuando esté totalmente finalizado y por esa razón durante la fase de ejecución se deben de minimizar los puentes acústicos producidos por una mala ejecución o producidos por una incorrecta colocación de las instalaciones del edificio.

Con el cumplimiento de estas exigencias descritas con anterioridad se entenderá que el edificio es conforme con las exigencias acústicas 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 y por lo tanto se podrá considerar que el edificio tiene un confort acústico óptimo.

2.2 CUADRO DE SUPERFICIES

DISTRIBUCIÓN DE ESTANCIAS Y TIPO DE RECINTOS

SUPERFICIES UTILES

PLANTA BAJA	USOS	SUP.ÚTIL (m ²)	VOLUMEN (m ³)	RECINTO EMISOR
	SALA ESTUDIO	36,50	129	HABITABLE
	SALA PC	29,21	108	HABITABLE
	LUDOTECA	24,02	92	HABITABLE
	DESPACHO	20,67	83	HABITABLE
	RECEPCIÓN	15,62	46	HABITABLE
	HALL	62,53	190	HABITABLE
	SALA POLIVALENTE	60,39	362	ACTIVIDAD
	ASEOS	27,80	80	HABITABLE
	TRASTERO (FUTURO ASCENSOR)	4,21	-	INSTALACIONES
PLANTA PRIMERA				
	ALMACEN	16,06	49	NO HABITABLE
	DISTRIBUIDOR	18,05	18	HABITABLE
	CUARTO TECNICO	12,58	12	NO HABITABLE
TOTAL		315,05		

Tabla 2 Cuadro de superficies y zonificación

2.3 ZONIFICACIÓN Y RECINTOS

Cada estancia del inmueble se zonifica como una unidad de uso, destinada a un uso específico, y en la que los usuarios están vinculados entre sí.

En la tabla 3, se puede observar un resumen con los recintos considerados como unidades de uso del inmueble en función del tipo de sus características, y su nivel de protección

EXIGENCIAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO			
	RECINTO EMISOR	Aislamiento acústico a RUIDO AÉREO	Aislamiento acústico a RUIDO DE IMPACTOS
EN RECINTOS PROTEGIDOS	Cualquier recinto de una unidad de uso diferente	$D_{nT,A} \geq 50$ dBA Si comparten puertas y ventanas: - R_A puerta o ventana ≥ 30 dBA - R_A muro ≥ 50 dBA	$L'_{nT,w} \leq 65$ dB
	Zona común	$D_{nT,A} \geq 50$ dBA Si comparten puertas y ventanas: - R_A puerta o ventana ≥ 30 dBA - R_A muro ≥ 50 dBA	$L'_{nT,w} \leq 65$ dB
	Recinto de instalaciones o actividad	$D_{nT,A} \geq 55$ dBA	$L'_{nT,w} \leq 60$ dB
	Exterior	$D_{2m,nT,Atr} \geq 30 - 51$ dBA	
EN RECINTOS HABITABLES	Cualquier recinto habitable	$D_{nT,A} \geq 45$ dBA Si comparten puertas y ventanas: - R_A puerta o ventana ≥ 20 dBA - R_A muro ≥ 50 dBA	
	Zona común	$D_{nT,A} \geq 45$ dBA Si comparten puertas y ventanas: - R_A puerta o ventana ≥ 20 dBA - R_A muro ≥ 50 dBA	
	Recinto de instalaciones o actividad	$D_{nT,A} \geq 45$ dBA	$L'_{nT,w} \leq 60$ dB
MEDIANERÍAS	En los recintos habitables y protegidos colindantes con otros edificios	$D_{2m,nT,Atr} \geq 40$ dBA (cada uno de los cerramientos) o $D_{nT,A} \geq 50$ dBA (el conjunto de los cerramientos)	
TABICUERÍA (en residencial privado)		$R_A \geq 33$ dBA	
CERRAMIENTO DE ASCENSORES ¹	Maquinaria dentro del recinto del ascensor	$D_{nT,A} \geq 55$ dBA	
	Maquinaria fuera del recinto del ascensor	$R_A \geq 50$ dBA	
CONDUCTOS DE VENTILACIÓN (sólo si discurren por una unidad de uso)	Extracción de humos de garaje	$R_A \geq 45$ dBA	
	Ventilación	$R_A \geq 33$ dBA	

Tabla 3 Zonificación y recintos y exigencias

RECINTOS CONSIDERADOS COMO HABITABLES:

Son los recintos interiores destinados a un uso de personas cuya densidad de ocupación y tiempo de estancia es elevada y por lo tanto se exigen unas condiciones acústicas, térmicas y de salubridad adecuadas. En nuestro caso: las aulas, los despachos, los pasillos, los aseos.

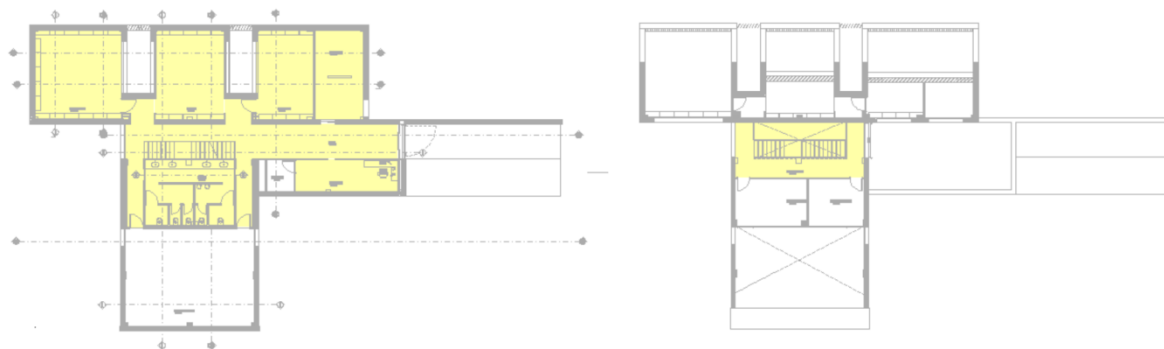


Figura 2_ Donde se observan los recintos habitables en color amarillo.

RECINTOS CONSIDERADOS COMO NO HABITABLES:

Son los recintos interiores destinados a un uso permanente de personas con una ocupación nula o excepcional y por lo tanto no se le exigen unas condiciones de salubridad adecuadas. En nuestro caso se trataría de almacenes, trasteros, las cuartos técnicos.

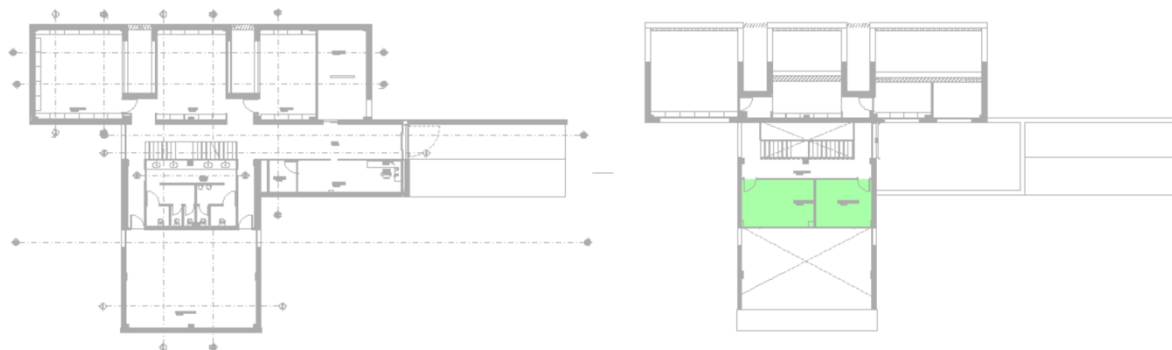


Figura 3_ Donde se observan los recintos NO habitables en color verde

RECINTOS CONSIDERADOS COMO DE ACTIVIDAD:

Son recintos interiores donde se realiza una actividad distinta a la realizada en el resto del edificio. Y encima el nivel de presión sonora en su interior es mucho más elevado que en el resto de las estancias como es el caso del salón de actos que será el lugar donde se realizarán, coloquios, conferencias.

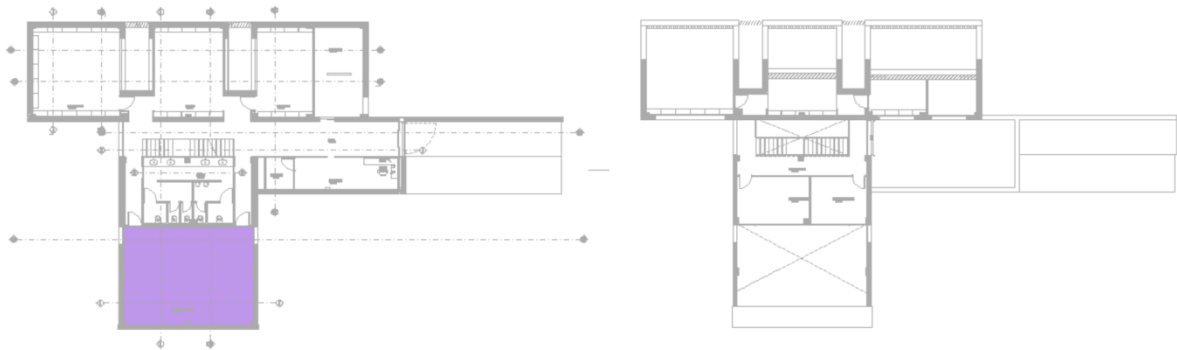


Figura 4_Donde se observan los recintos de actividad en color morado

RECINTOS CONSIDERADOS COMO DE INSTALACIONES:

Son los recintos interiores que contienen equipos de instalaciones colectivas como es el caso de un ascensor. En este caso el ascensor solo se prevé la localización, debido a la falta de presupuesto , pero los técnicos han dejado preparado ya el foso del ascensor y las características finales del cerramiento del recinto de instalaciones ya que se prevé colocar en el futuro un ascensor hidráulico.

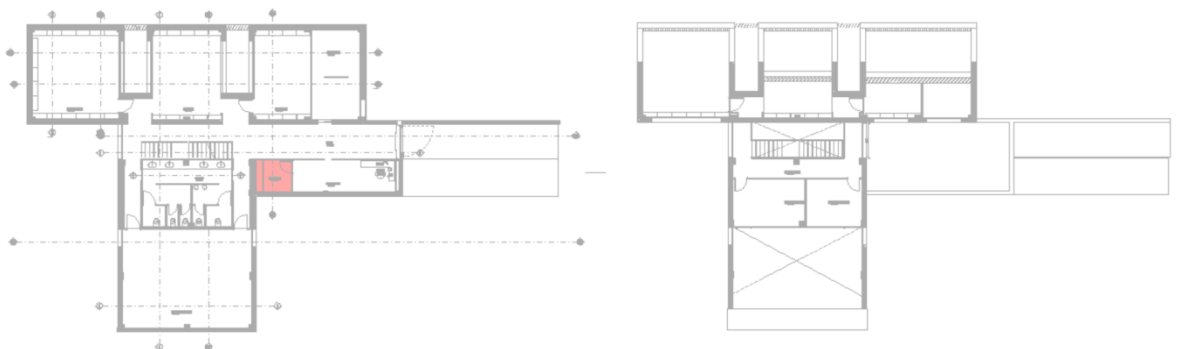


Figura 5_Donde se observan los recintos de instalaciones en color rojo

6. CAPÍTULO 3. AISLAMIENTO ACÚSTICO

3.1 INTRODUCCIÓN

La estructura de los edificios generalmente es una estructura hiperestática (todo está conectado) por lo tanto el sonido puede propagarse a través de sus límites tanto horizontales como verticales hasta penetrar en los recintos, por esta razón se debe detectar los caminos de propagación del sonido.

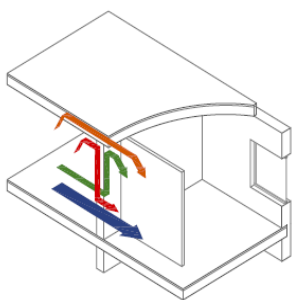
Por lo tanto se requiere una clasificación de los diferentes recintos según su uso, y según la problemática que puede acarrear. Detectando las posibles fuentes de sonido con el fin de entender su naturaleza y su propagación a través de las diferentes superficies, por lo que es prioritario actuar sobre la fuente de ruido con el fin de minimizar la transmisión del ruido.

Se deben de plantear una serie de soluciones con una alta capacidad de absorción acústica, intentado utilizar particiones múltiples, que siempre son mucho más eficaces para el aislamiento en edificación. Ya que romper la continuidad del material es crucial para evitar la propagación del sonido. Al utilizar soluciones utilizando materiales absorbentes, en el momento en que una onda acústica incide sobre un elemento del cerramiento, parte de su energía queda absorbida, el resto al seguir avanzando al siguiente medio iría disminuyendo su energía acústica produciendo una mejora del aislamiento. Al repetirse más veces este proceso se incrementa la pérdida de energía.

3.2 LAS FUENTES DE RUIDO

EL RUIDO AÉREO

El ruido aéreo tiene una forma de transmisión concreta generalmente a través del aire debido a un aislamiento insuficiente y por lo tanto la fuente sonora consigue excitar toda una superficie. Se transmite a través de la envolvente compuesta por los cerramientos horizontales (cubiertas) los verticales (cerramientos) y a través de las diferentes estancias a través de las particiones verticales (tabiquería) y particiones horizontales (forjados). Las principales fuentes de ruido serían las producidas por las conversaciones, equipos de aire acondicionado, equipos renovación aire...



Ruido de aéreo (propagación cerramiento y particiones)

Azul directa, a través del elemento de separación vertical

Naranja la transmisión de flanco a través del forjado.

Rojo, la transmisión flanco-directo, desde el forjado hasta el elemento separador vertical.

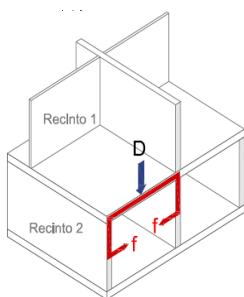
Verde la transmisión directa-flanco, desde el elemento separador vertical hasta el forjado.

Figura 6_ Donde se muestra la propagación ruido aéreo

RUIDO DE IMPACTO:

El ruido de impacto se propaga cuando un elemento separador (suelo o pared) recibe un impacto y este excita la superficie de otro (andar, arrastre de sillas, la típica canica se cae al suelo) al impactar uno con otro la energía de choque se transforma en energía vibratoria y se transmite a los elementos constructivos y como generalmente la estructura de los edificios es hiperestática donde todos los elementos estructurales están conectados y por lo tanto existe una continuidad entre todos los distintos miembros estructurales (zapatas, vigas, forjados), esta continuidad del material que por un lado permite construir construcciones de mayores luces (distancias entre pilares) y debido a una menor cantidad de apoyos pero por otro lado las ondas acústicas viajan por la estructura sin ningún obstáculo y por lo tanto se transmiten los diferentes tipos de ondas.

La única manera de conseguir evitar el problema del ruido de impacto es aislando la estructura evitando que la vibración se propague por ella de lo contrario pueden encontrarse casos en los que el receptor se encuentre lejos de la fuente de ruido



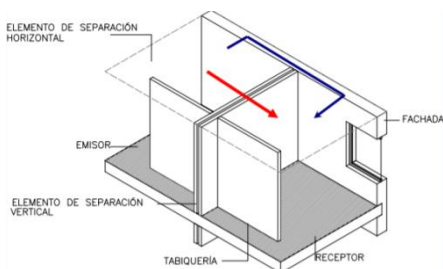
Ruido de impacto (propagación estructural)

Trasmisiones a ruido de impactos las transmisiones indirectas se producen por estas vibraciones que, desde el forjado, pasan a los elementos constructivos a los que están unidos

Figura 7_ Donde se muestra la propagación ruido impacto

RUIDO DE VIBRACIONES:

El ruido de vibración tiene una forma de propagación concreta cuando un elemento entra en vibración con cualquier otro elemento constructivo, se produce un desplazamiento periódico y entra en una posición de movimiento en equilibrio con lo cual lo dos entran en vibración transmitiéndola a cualquier otro elemento que esté en contacto.



Azul directa, a través del elemento de separación vertical

Rojo, la transmisión flanco-directo, desde el forjado hasta el elemento separador vertical.

Figura 8_ Donde se muestra la propagación ruido vibraciones

3.3 ANÁLISIS PROPAGACIÓN DEL SONIDO

Según el principio de conservación la energía ni se crea ni se destruye por lo tanto se transforma, en los casos anteriores una fuente de ruido se propagaría por diferentes medios claramente diferenciados, por un medio material a través de los elementos que compartimentan el recinto y de estos viajaría a través de la estructura ya que es hiperestática, mediante energía vibratoria y en otro caso que el medio de transmisión sería el aire mediante una onda sonora que iría disipándose mediante múltiples reflexiones por el interior del inmueble.

Para evitar estos tipos de propagación del sonido hay que conseguir que la energía de las diferentes ondas se reduzca y para conseguir esto es necesario utilizar una serie de materiales con características aislantes con el fin de evitar que el sonido se transmita.

Todo este análisis previo se realiza para evitar que el ruido que se escuche en las diferentes estancias ya sea por la música, el taconeo, el ruido del ascensor, los gritos de los ciudadanos, las instalaciones o el ruido generado por la sirena de una ambulancia.

3.4 DISEÑO DIMENSIONADO Y CÁLCULO ELEMENTOS

Con el fin de obtener unas soluciones óptimas para envolvente y las particiones, se ha utilizado el método de cálculo simplificado del CTE, basado en el catálogo de elementos constructivos que nos aporta una serie de soluciones que dan conformidad a las exigencias del aislamiento acústico tanto a ruido aéreo como de impacto sin necesidad de realizar cálculos .

Desde un punto de vista teórico la opción simplificada es algo más conservadora, por lo que, la utilización de esta opción para edificios siempre estará por el lado de la seguridad. La ventaja de la opción simplificada es la rapidez.

Mientras que la opción general el cálculo del aislamiento se realizará mediante el análisis del cerramiento común entre ambos recintos. Lo que obliga a realizar previamente una selección de parejas de recintos del edificio en la que tanto el volumen como las uniones de los flancos, incluso las aberturas de las carpinterías tendrán una gran importancia.

CIMENTACIÓN , PILARES , ESTRUCTURA

Zapatas de hormigón armado , vigas centradoras y pilares de hormigón armado

FORJADOS

Debido a que las estructuras de hormigón, tienen un elevado peso propio, y generalmente son los elementos constructivos que sufren más deformaciones con lo que se provocan fisuras, grietas incluso roturas. Con el propósito de resolver esta problemática, y al mismo tiempo aumentar la luz entre los vanos (distancia entre pilares), la opción más factible era aligerar el forjado mediante el nervado del forjado en una dirección, dando lugar a los forjados de vigueta prefabricada y bovedilla de poliestireno expandido conseguimos aligerar el forjado.

La ventaja es que funciona mejor a aislamiento de impacto, pero se ha de aumentar el canto para que no decrezca el aislamiento a ruido aéreo ya que a menor masa el aislamiento es menor (ley de masas).

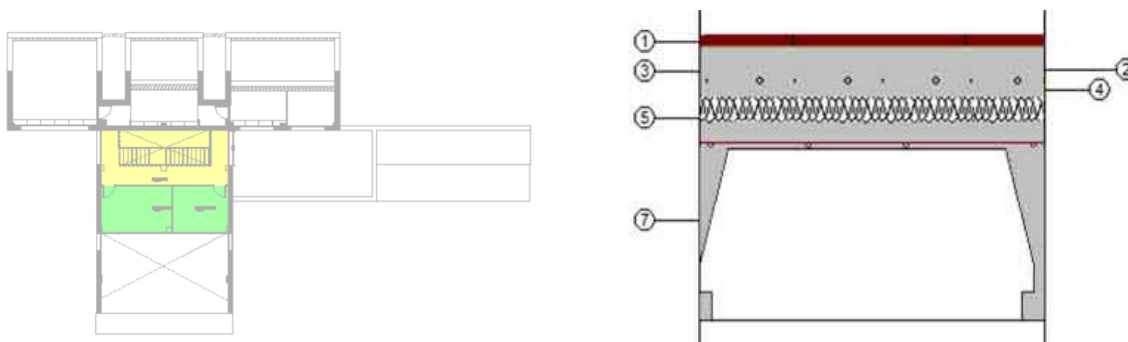


Figura 9_ Donde se muestra el Forjado 1 y su composición

Materiales	Espesor (cm)	Masa x Unidad de Área (kg/m ²)	D _{nT,A} ≥ (dBA)	L _{nT,w} ≥ (dB)
1-Acabado	1			
2-Mortero autonivelante	0.2	-		
3.-Base de mortero autonivelante de cemento, Agilia Suelo C Base "LAFARGE"	4	-		
4-Lámina polietileno de alta densidad	0.5	-	+	
4-Poliestireno expandido elastificado	2	2	49	84
5-Forjado de 30+5 bovedilla porexpan.	35	245		

Tabla 4 Características forjado 1

LOSAS FLOTANTES

Independiente para cada zonificación o unidad de uso, se utilizará una losa flotante para evitar transmisiones entre diferentes zonas del edificio desde la parte rígida hacia los encuentros con paramentos verticales, como pilares o instalaciones que atraviesen los forjados. Se debe colocar el material recrecido mortero auto-nivelante sobre una barrera de (polietileno) que separe el auto-nivelante de la capa de XPS según UNE-EN 13163 de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado de 20 mm que tiene la función de aislante. El único objetivo del film de la **barrera de (polietileno)** que será de 0,2 mm es el de separar el aislante del mortero auto-nivelante que será de 50 mm, para que junto al forjado actúen de forma conjunta simulando el sistema **MASA MUELLE MASA**.

SUELOS EN CONTACTO CON EL TERRENO

1. Recintos Habitables, No habitables y de Actividad tendrás la misma configuración

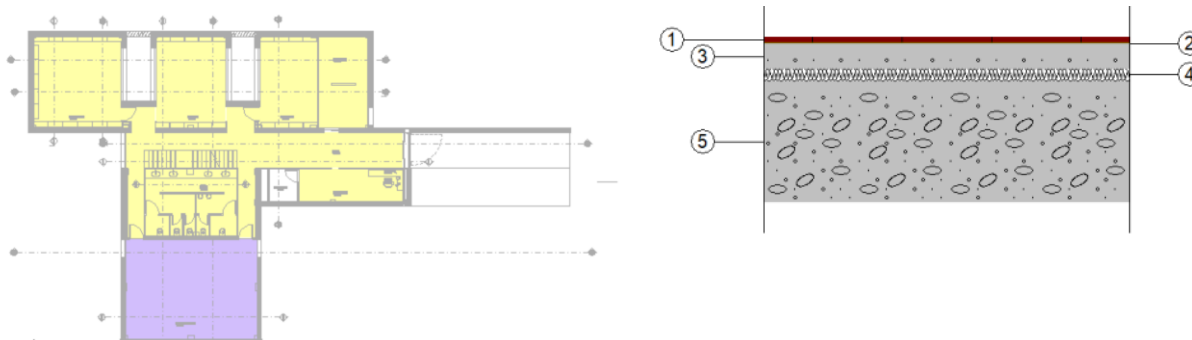


Figura 10_ Donde se muestra donde se encuentra la solera y su composición

Materiales	Espesor (cm)	Masa x Unidad de Área (kg/m ²)	D _{nt,A} ≥ (dBA)	L _{nt,w} ≥ (dB)
1-Acabado	1			
2-Mortero autonivelante	0.2	-		
3.-Base de mortero autonivelante de cemento, Agilia Suelo C Base "LAFARGE"	4	-		
4-Lámina polietileno de alta densidad	0.5	-	44	61,6
4-Poliestireno expandido elastificado	2	2		
5-Solera hormigón	20	520		

Tabla 5 Características solera

2. Recintos de instalaciones

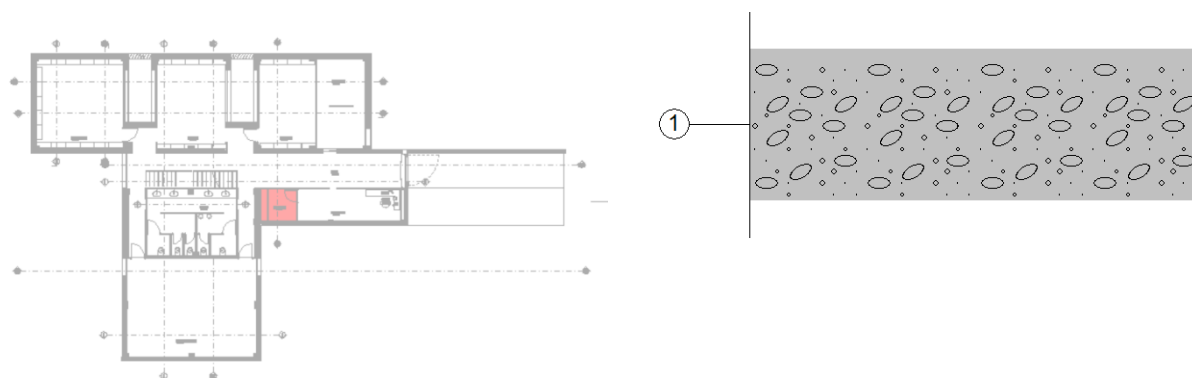


Figura 10_ Donde se muestra donde se encuentra la solera y su composición

Materiales	Espesor (cm)	Masa x Unidad de Área (kg/m ²)	D _{nt,A} ≥ (dBA)	L _{nt,w} ≥ (dB)
Solera hormigón	20	520		
Lámina polietileno de alta densidad	0.5	4.9	33	33
Capa de bolos y gravas, compactada al 90%	25			

Tabla 6 Características del recinto de instalaciones

CERRAMIENTOS

Para el cerramiento exterior se utilizan bloques Termoarcilla de 24 cm que son bloques cerámicos aligerados, con unas características particulares, ya que tienen un buen comportamiento mecánico y un elevado grado de aislamiento tanto acústico como térmico.

Las paredes de bloque Termoarcilla mejoran en 2 dB su comportamiento respecto a otras de masa equivalente, ya que la porosidad reduce el módulo de elasticidad de la arcilla cocida, al mismo tiempo que aumenta el amortiguamiento. Los valores de aislamiento a ruido (en dBA) de muros de diferentes espesores construidos con bloque Termoarcilla, el muro debe de enfoscarse por una cara con 15 mm de mortero de cemento y trasdosado interior. Para conseguir un buen aislamiento acústico en un muro construido con bloque Termoarcilla es muy importante una buena ejecución.

En cambio en la zona de instalaciones donde se ubicará el futuro ascensor se utiliza termoarcilla y un trasdosado cerámico.

Tipo 1 F3.27 CTC Fachada de hoja de fábrica, con trasdosado autoportante

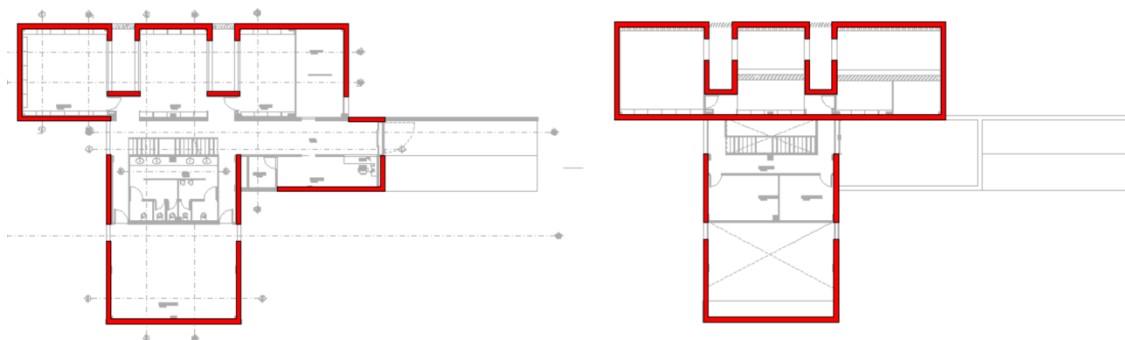


Figura 11_ Donde se muestra donde se encuentra Fachada de fabrica con trasdosado auto-portante

Materiales	Espesor (cm)	Masa x Unidad de Área (kg/m ²)	R _A (dB)	D _{nT,A} ≥ (dBA)
Acabado exterior	1.5			
Fabrica bloque termoarcilla	24	236		
Separación	8	-	55	≥ 50
Complejo Multicapa LM	4	-		
Placa cartón-yeso	1.5	-		

Tabla 7 Características de la Fachada de fabrica con trasdosado auto-portante

El trasdosado sobre el cerramiento exterior de fachada un trasdosado W 624 “KNAUF” realizado con placa de yeso laminado 10+40 Polyplac XPE recibido con parta de agarre sobre paramento vertical de 65 mm.

Tipo 2 F3.15 CTC Fachada de hoja de fábrica, con trasdosado cerámico

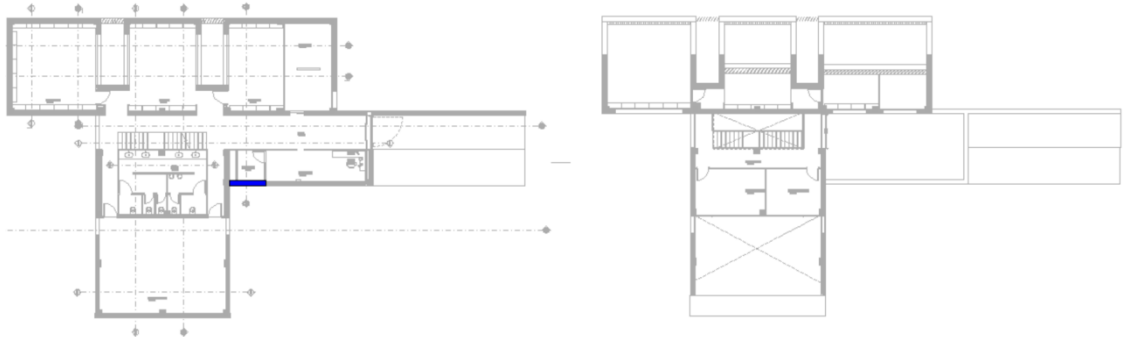


Figura 12_ Donde se muestra donde se encuentra Fachada de trasdosado cerámico

Zona futuro ascensor hidráulico (falta lana de roca)

Materiales	Espesor (cm)	Densidad superficial (kg/m²)	R_a (dB)	D_{nt,A}(dBa)
Revestimiento exterior	3		54+2	≥ 55
Fabrica bloque termoarcilla	24			
Lana de roca	3			
LH - 9	5			
ENFOSCADO INTERIOR				
BANDA ELASTICA				

Tabla 8 Características de la Fachada de trasdosado cerámico

CUBIERTAS

1. Tipo plana no transitable, no ventilada, con grava, tipo convencional

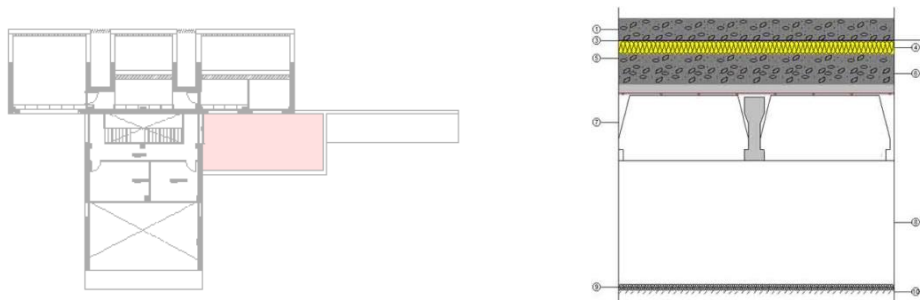


Figura 13_ Donde se muestra donde se encuentra la cubierta plana de grava y su composición

Materiales	Espesor (cm)	Masa x Unidad de Área (kg/m ²)	D _{nT,A} ≥ (dBA)	L _{NT,w} ≥ (dB)
1- Capa de grava	10			
2- Geotextil de poliéster	0.08	-		
3.- Impermeabilización asfáltica monocapa	0.36	-		
4- Espuma de poliisocianurato soldable	6	-		
5- Capa regularización mortero de cemento	4	-	56	84
6-Formación de pendientes	10	-		
7-Forjado de 30+5 bovedilla porexpan.	35	245		
8.Cámara de aire sin ventilar	30	-		
9.Falso techo registrable	1.2	-		

Tabla 9 Características de la cubierta de grava

2. Tipo inclinada no transitable, no ventilada, autoprotegida, impermeabilización láminas asfálticas

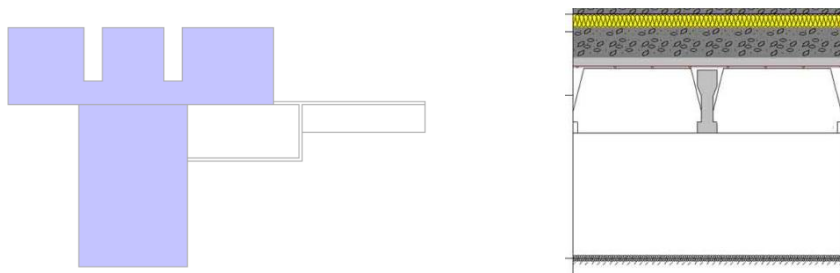


Figura 14_ Donde se muestra donde se encuentra la cubierta de inclinada y su composición

Materiales	Espesor (cm)	Masa x Unidad de Área (kg/m ²)	D _{nT,A} ≥ (dBA)	L _{NT,w} ≥ (dB)
1- Impermeabilización asfáltica monocapa	0.45			
2- LM soldable LAROC S 150/6 "CHOVA"	6	-		
3- Capa de reguladora mortero de cemento	4	-		
4-Formación de pendientes laterales	10	-	56	84
5-Forjado de 30+5 bovedilla porexpan.	35	245		
6-Cámara de aire sin ventilar	100	-		
7-Falso techo registrable	1.2	-		

Tabla 10 Características de la cubierta inclinada

FALSOS TECHOS

Se ha utilizado un sistema de revestimiento horizontal en la parte inferior del forjado formado por una estructura metálica a la que se atornilla una placa acústica de yeso laminado Knauf. En este caso se ha utilizado el sistema Fumi, y el acabado será de un velo sobre el que se le da un tratamiento superficial (enlucido acústico) de modo que en caso de ser necesario las perforaciones queden ocultas sin perder su capacidad absorbente.

El falso techo será continuo en todas las estancias y desmontable en las zonas húmedas.

Los conductos de ventilación están situados sobre el falso techo, es imprescindible disponer de un falso techo registrable con el objetivo que se pueda acceder a la maquinaria y todas sus instalaciones descolgadas estén revestidas con materiales absorbentes o multicapas.

EN ZONAS DE ACTIVIDAD El techo debe ser continuo y estanco acústicamente se ha utilizado una placa acústica de yeso laminado Knauf, pero tendrán una gran cámara de aire entre el techo y el forjado para disipar el sonido (como en este recinto tenemos una doble altura podemos aprovechar el aire que es gratis y también aísla). Es importante utilizar amortiguadores para fijarlo al techo. Estos amortiguadores dependerán del que deben soportar ya que lo de contrario perderían la función para el cual están diseñados y no cumplirían el sistema **MASA MUELLE MASA**. También se evitará perforar el techo con luminarias empotradas u otros mecanismos para evitar posibles puentes acústicos.

EN ZONAS HABITABLES se decidió colocar el mismo tipo de falsos techos, la misma clase y tipología la diferencia es que varían las alturas de la cámara de aire con un tipo de revestimiento interior variable. La absorción acústica depende de la altura de la cámara y el porcentaje de perforación del techo, de la geometría y distribución de estas, varía según las necesidades de cada estancia.

Por último, el falso techo de los cuartos húmedos será desmontable para poder tener acceso a las instalaciones de aire y para que la maquinaria pueda ser reparada.

EN ZONAS DE INSTALACIONES Este tipo de techos se encontrará sin cámara de aire. La absorción acústica dependerá de las necesidades que tenga cada tipo de instalación del nivel sonoro que emita la maquinaria.

PARTICIONES

PARTICIONES TR1+P1.6+TR1

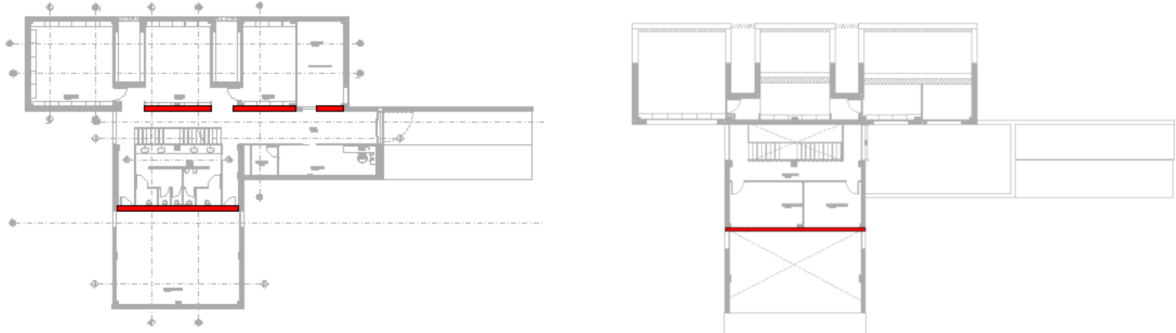


Figura 15_ Donde se muestra donde se encuentra las particiones tipo tr1

Materiales	Espesor (cm)	Masa x Unidad de Área (kg/m ²)	R _A (dB)	R _A ≥ (dBA)
Placa cartón-yeso	1.5	11.2	+7	
Lana de roca	5	3.5		
Termoarcilla de 14	14	136	43	50
XPS	5	3.5	+7	
Placa cartón-yeso	1.5	11.2		
Banda de estanqueidad				

Tabla 11 Características particiones interiores tr1

PARTICIONES P4.3

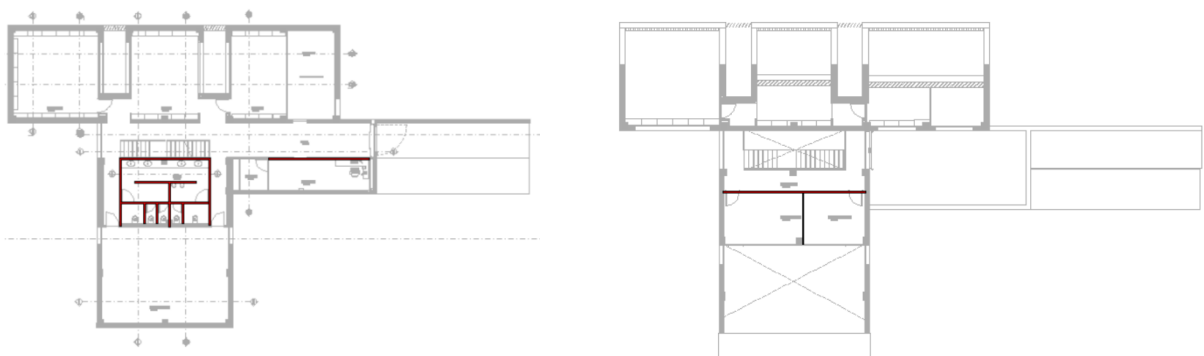


Figura 16_ Donde se muestra donde se encuentra las particiones P4.3

Materiales	Espesor (cm)	Masa x Unidad de Área (kg/m ²)	R _A (dB)	R _A ≥ (dBA)
Banda de estanqueidad				
Placa cartón-yeso	1.5	11.2		
XPS	8	5.6	47	33
Placa cartón-yeso	1.5	11.2		
Banda de estanqueidad				

Tabla 12 Características particiones interiores P4.3

PARTICIONES MIXTAS

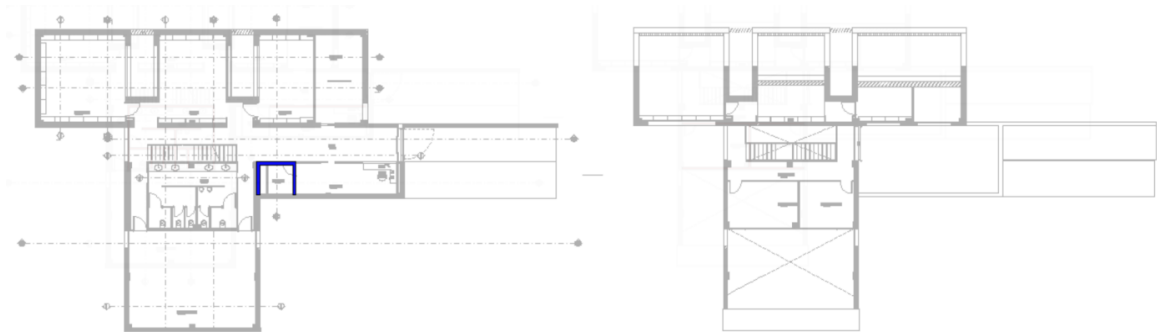


Figura 17_ Donde se muestra donde se encuentra las particiones de la zona de instalaciones

Materiales	Espesor (cm)	Masa x Unidad de Área (kg/m ²)	R _A (dB)	D _{nt,A} ≥ (dBA)
Placa cartón-yeso	1.5	11.2	+7	45
Lana de roca	5	3.5		
Banda elástica				
Termoarcilla de 14	14	136	43	
Lana de roca	5	3.5		
Placa cartón-yeso	1.5	11.2	+7	
Banda de estanqueidad				

Tabla 13 Características particiones interiores de la zona de instalaciones

CARPINTERÍAS

Doble acristalamiento LOW.S baja emisividad térmica + aislamiento acústico

"CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", Sonor 5+5/6/4 LOW.S, fijado sobre carpintería con calzos y sellado continuo, para hojas de vidrio de superficie entre 6 y 7 m². O SIMILAR

3.5 SECCIONES EXPLICATIVAS

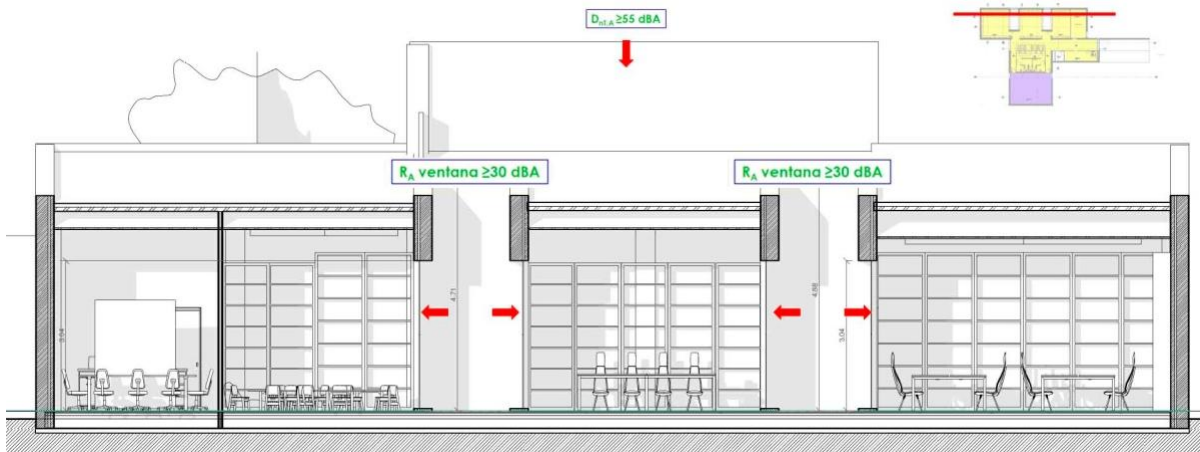


Figura 18_ Sección longitudinal edificio



Figura 19_ Sección transversal edificio

7. CAPÍTULO 4. ACONDICIONAMIENTO

4.1 INTRODUCCIÓN

Una vez se ha dado soluciones al problema del aislamiento, hay que centrarse en el diseño del acondicionamiento acústico. Utilizando las técnicas necesarias para dotar a las salas de un campo acústico con unas características adecuadas. El diseño del acondicionamiento de los recintos dependerá del uso, y por lo tanto conceptos como la inteligibilidad de la palabra y el control del ruido de fondo, cobran mayor o menor relevancia con el fin de satisfacer las exigencias del confort acústico.

4.2 OBJETIVOS

El acondicionamiento acústico variará según los recintos dependiendo del uso proyectado.

Cada uno tendrá unos requisitos funcionales distintos lo que repercutirá en la toma de decisiones para obtener soluciones específicas en cada tipo caso según.

- La geometría espacio.
- La absorción de los elementos constructivos que lo conforman.

Se utilizarán materiales absorbentes o resonadores que seleccionan frecuencias determinadas (resonadores), situados en determinados lugares del recinto. Y se analizarán los elementos superficies límites de las diferentes salas susceptibles a entrar en vibración (ventanas, paredes, puertas)

El coeficiente de absorción depende de varios factores como son:

- Espesor
- Porosidad
- Densidad
- Separación

Para aumentar la absorción en frecuencias bajas es necesario incrementar la separación entre el material y el cerramiento.

ABSORCIÓN ACÚSTICA EN ZONAS COMUNES

Se utilizarán materiales absorbentes en los pasillos y recibidor de acceso cuya función será disipar la energía sonora que incide sobre ellos. Las prestaciones de estos materiales absorbentes están totalmente regladas y cuantificadas mediante un coeficiente de absorción (Alfa), que relaciona la energía absorbida por un material con la energía incidente sobre este.

Las superficies a tratar serán paredes y techos.

CONTROL DEL TR EN ESTANCIAS CON UN VOLUMEN SUPERIOR A 350 m³

En todos los recintos la propagación del sonido se realiza en todas las direcciones posibles y al llegar a las superficies se producen numerosas reflexiones, fenómeno que es conocido como reverberación.

Estas reflexiones producen un nivel sonoro suplementario que se suma al principal, que por lo general produce que el sonido aumente, llegando a veces a ser molesto. Este fenómeno de persistencia de la energía sonora en un espacio perdura durante un tiempo determinado que depende de varios factores, incluso una vez ha cesado la fuente que la produce. El tiempo de reverberación (TR) es el tiempo necesario para que el nivel de presión acústica disminuya 60 dB, una vez que la fuente sonora haya dejado de emitir a partir de un nivel estacionario.

Se realizará un estudio sobre el Tiempo de reverberación (TR) en el salón de actos con el fin de limitar el ruido reverberante y se adoptaran medidas correctoras.

CONTROL DEL TR EN ESTANCIAS CON AULAS

La superficie a tratar será el techo y se utilizarán materiales absorbentes que se utilizarán como revestimientos y determinar su coeficiente de absorción en las frecuencias de 500 Hz, 1 kHz y 2 kHz, tanto de las zonas absorbentes como de las zonas con materiales reflectantes.

CONTROL DEL TR

SUPERFICIES UTILES

PLANTA BAJA	USOS	SUP. ÚTIL (m ²)	VOLUMEN (m ³)	RECINTO EMISOR	TR_exigido
	SALA ESTUDIO	36,50	129	HABITABLE	0.7
	SALA PC	29,21	108	HABITABLE	0.7
	LUDOTECA	24,02	92	HABITABLE	0.7
	DESPACHO	20,67	83	HABITABLE	-
	RECEPCIÓN	15,62	46	HABITABLE	-
	HALL	62,53	190	HABITABLE	0.8
	SALA POLIVALENTE	60,39	362	ACTIVIDAD	0.7

Tabla 14 Tabla Tr exigido según el tipo de aulas

TABLA MATERIALES UTILIZADOS

MATERIAL	COEF DE ABSORCIÓN POR BANDAS (ALPHA)					
	125	250	500	1000	2000	4000
PARED LADRILLO PINTADO	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
HORMIGÓN DE OBRA LISO	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
BLOQUES HORMIGÓN	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25
YESO 50MM	0.08	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04
BALDOSA MARMOL, CERAMICA TERRAZO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
ENLUCIDO	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.03
PYL 13MM CÁMARA AIR (PERFILES CADA 400MM)	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
MADERA 10-13CM Y CÁMARA 50-100MM	0.30	0.25	0.20	0.17	0.15	0.10
PLATAFORMA MADERA SOBRE SUP GRANDE	0.40	0.30	0.20	0.17	0.15	0.10
MADERA FIJADA A PARED RÍGIDA (SIN CÁMARA)	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02
VIDRIO SENCILLO DE VENTANA	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
VINILO SOBRE HORMIGÓN	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.02
PARQUET DE MADERA SOBRE HORMIGÓN	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
PARQUET DE MADERA SOBRE RASTRELES	0.05	0.03	0.06	0.09	0.10	0.20
ALFOMBRA GRUESA SOBRE ESPUMA DE CAUCHO	0.08	0.24	0.57	0.69	0.71	0.73
MOQUETA 10MM SOBRE PARED	0.09	0.08	0.21	0.27	0.27	0.37
CORTINA LIGERA SIN PLIEGUES	0.03	0.04	0.11	0.17	0.24	0.35
CORTINA Densa (CIERTOPELO) SIN PLIEGUES	0.05	0.12	0.35	0.45	0.38	0.36
CORTINA PESADA (CIERTOPELO) FRUNCIDA AL 150%	0.14	0.35	0.55	0.72	0.70	0.65
FIBRA VIDRIO / LANA MINERAL 50MM, HASTA 50KG/M3	0.17	0.55	0.80	0.90	0.85	0.80
AUDIENCIA EN SILLAS DE MADERA. 100% OCUPA	0.60	0.74	0.88	0.96	0.93	0.85
PANEL ABSORBENTE DECORATIVO 50MM (FIBRA POLIESTER)	0.40	0.5	0.85	0.99	0.99	0.99
PANEL RESONADOR	0.95	0.65	0.20	0.19	0.18	0.15

Tabla 15 Tabla Materiales utilizados



Documento básico HR protección fre

Cálculo del tiempo de reverberación y la absorción acústica. Método general.

Datos de entrada

Volumen del recinto

Volumen V_r (m³)

Tipo de recinto Aulas y salas de conferencia vac

Resultado

Área equivalente A 84.1131

Resultado Cálculo T_{60} (s) 0.69

Requisito C T_{60} (s) 0.7


0.69 ≤ 0.7 CUMPLE

Paramentos

	Paramentos	$\alpha_{m,i}$	S_i (m ²)	$\alpha_{m,i} \cdot S_i$
1	Revestimientos textiles	0.17	26	4.42
2	Revestimientos textiles	0.17	26	4.42
3	Revestimientos textiles	0.17	45	7.65
4	Revestimientos textiles	0.17	50	8.5
5	Tarima	0.09	60.39	5.4351
6	Sin Paramento	-	0	0
7	Sin Paramento	-	0	0
8	Sin Paramento	-	0	0
9	Sin Paramento	-	0	0
10	Sin Paramento	-	0	0

Muebles fijos absorbentes

	Muebles	$A_{0,m,i}$
1	muebles	45
2		0
3		0
4		0
5		0
6		0
7		0
8		0
9		0
10		0



Esta herramienta facilita la aplicación del método de cálculo de la opción general del DB HR protección frente a ruido, del CTE

v 3.0 Diciembre

Figura 20_ Ficha Herramienta CTE Acondicionamiento Sala Polivalente

El coeficiente de **absorción acústica**, Alfa, al menos, para las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz y el coeficiente de absorción acústica medio α

8. CAPÍTULO 5 .RUIDO Y VIBRACIONES DE LAS INSTALACIONES

5.1 INTRODUCCIÓN

Con el fin de cumplir las directrices establecidas en el DB-HR buscando el mayor confort acústico se procede a detectar y limitar todas las fuentes de ruido o vibraciones emitidos por las instalaciones y transmitidas al resto de recintos. La transmisión se produce a través de las sujeciones o cualquier punto de contacto entre ellas con sus elementos constructivos correspondientes. **Generalmente en las cubiertas se suelen colocar la mayoría de las instalaciones** y por lo tanto se tendrá que tratar de forma especial la cubierta plana de grava y los shunts de ventilación

5.2 INSTALACIONES DEL EDIFICIO

Existen dos zonas de instalaciones ruidosas que se deberán tratar de una forma especial, cada una de ellas con una problemática totalmente diferente. Una interior donde se ubicará el futuro ascensor (en otra fase cuando el presupuesto se lo permita) y una superior situada en el exterior del edificio.

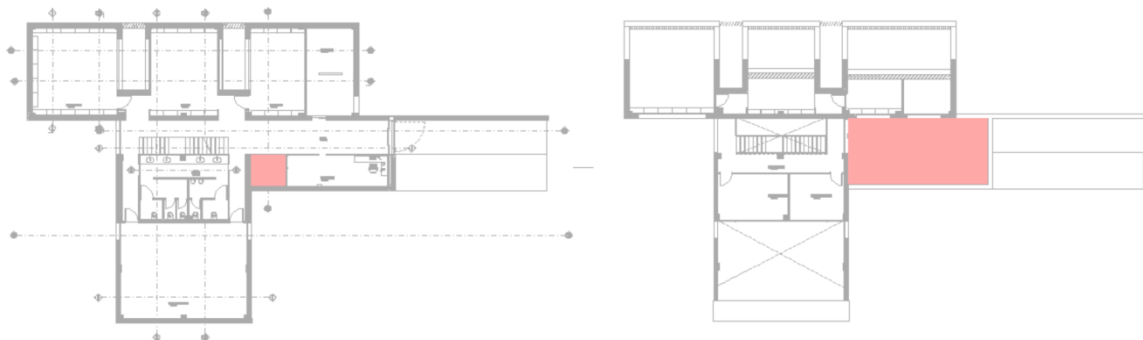


Figura 21_ Zona donde se ubican las instalaciones de los equipos color rojo

La forma en la que evitaremos que la maquinaria situada en estas zonas transmita ruido hacia otras estancias colindantes es aplicando medidas correctoras o de refuerzo.

INSTALACIÓN DE EQUIPOS

El nivel de potencia acústica L_w (dB) de los equipos debe de estar muy controlado ya que de lo contrario puede llegar a generar un ruido molesto que de no ser tratado puede llegar a ser insoportable ya que suelen ser **ruidos estacionarios**.

En nuestro caso hay que resaltar una serie de elementos situados en las estancias clasificadas como recintos de instalaciones como son:

El futuro ascensor hidráulico se debe tratar como un recinto de instalaciones, shunts de ventilación, extractores... pero existen otra serie de elementos que suelen estar situados por

todo el edificio como son los difusores o las rejillas terminales de instalaciones de aire acondicionado.

Los equipos de aire acondicionado se deben situar sobre bancadas de inercia que funcionen de la siguiente mediante el sistema **MASA MUELLE MASA** diseñados adecuadamente para la carga que debe soportar y colocando sistemas anti vibratorios puntuales utilizados en el aislamiento de maquinaria y conductos.

En el caso de que existan algunos equipos en los cuales no coincida su centro de gravedad y su centro de masas. Se deberán colocar amortiguadores de diferente dureza y elasticidad para compensar el desfase de peso en cada punto de apoyo.

BASE PARA EQUIPOS

Como se trata de un conjunto de equipos pequeños y estos no poseen una base propia suficientemente rígida para resistir los esfuerzos, se necesita unificar los equipos sobre una bancada de hormigón con una masa e inercia suficiente y con una serie de elementos anti vibratorios que eviten el paso de vibraciones hacia el edificio. **MASA MUELLE MASA**.

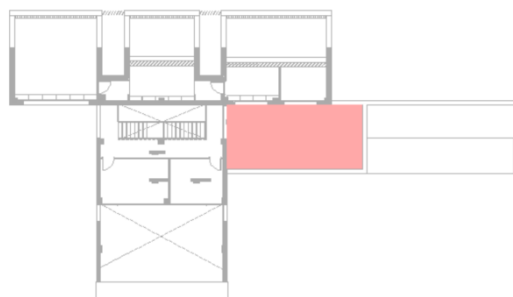


Figura 22_ Zona donde se ubican las instalaciones de los equipos color rojo y fotografía de estas

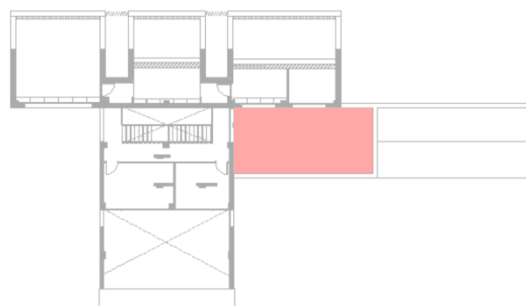


Figura 23_ Zona donde se ubican las instalaciones de los equipos color rojo y fotografía de estas

FUTURO ASCENSOR HIDRÁULICO

Como se ha citado varias veces se prevé la colocación futura de un ascensor hidráulico que por limitaciones en el presupuesto no se ha realizado en la actualidad, pero si se ha dejado previsto tanto el foso del ascensor como el muro de cerramiento que lo debe de contener. Ya que al tratarse de un ascensor hidráulico toda la caja del ascensor es un único recinto de instalaciones.

Se debe de tener en cuenta que el futuro ruido producido por este tipo de maquinaria generalmente será un ruido transmitido por vibración formado por bajas frecuencias. Este ruido si no se evita su propagación se propagará por los encuentros que tienen tanto las guías del ascensor en contacto con el forjado como la losa de cimentación el forjado y son los puntos que se tienen que tener especial atención para que se cumpla el famoso sistema MASA MUELLE MASA, y evitar así la transmisión de las vibraciones hacia la estructura del edificio.

Por lo tanto, hay que centrarse en las uniones del ascensor con el edificio, (contacto losa y encuentro guías con forjado). Por esa la razón se prestará atención al techo que será la zona de ventilación con un silenciador con material absorbente en él. Las futuras guías deberán anclarse al forjado mediante muelles hasta la caja del ascensor. La losa deberá aislarse de la maquinaria mediante aisladores metálicos de muelle.

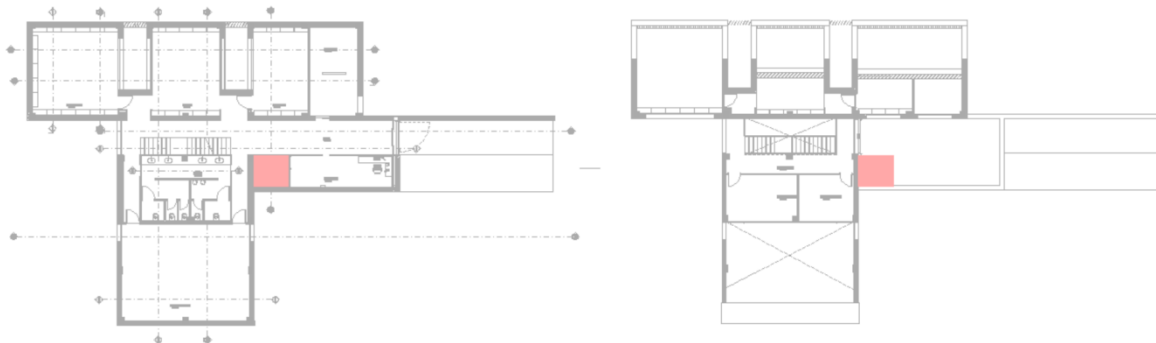


Figura 24_ Zona donde se ubicará en un futuro el ascensor hidráulico tanto en planta baja como en planta primera



Figura 25_ Zona donde se ubicará en un futuro el ascensor hidráulico tanto en planta baja como en planta primera

SHUNTS DE VENTILACIÓ

Son elementos arquitectónicos utilizados para la evacuación de olores y renovación del aire de núcleos húmedos que no poseen ventilación natural, generalmente se sitúan en la cubierta pero en este caso se realiza una ventilación cruzada (debido a que el proyecto se realizó por fases y era la única solución posible para no dañar la impermeabilización de la cubierta)

El Documento Básico del CTE que regula este cumplimiento es del DB-HS y concretamente el HS-3 y los requisitos mínimos del DB-HR nunca pueden estar sin asilamiento ya que pueden llegar a transmitir el sonido por lo tanto deben tener un índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, debería ser al menos 33 dBA evitando que cree puentes acústicos cuando estas zonas comuniquen varios recintos.

Cuando no suelen estar bien aislados se suelen escuchar conversaciones de otras estancias ya que el sonido se propaga y potencia por este tipo de recintos como si fuera una caja de resonancia.



Figura 26_ Zona donde se ubican las rejillas de ventilación (vista interior y exterior del edificio)

Como se observa en la imagen los conductos y conducciones horizontales o verticales de ventilación que discurren por recintos habitables y protegidos dentro de una unidad de uso, se revestirán de tal forma que no se disminuya el aislamiento acústico del elemento de separación y se garantice la continuidad de la solución constructiva.

CLIMATIZACIÓ

Las instalaciones de climatización también producen un nivel de ruido molesto, el cual depende del diseño y potencia de los equipos. Por esa razón son un foco de transmisión del ruido a través de los conductos, incluso cuando están bien ejecutados debido al ruido que se genera tanto en sus ramificaciones como en los cambios de sección, ya que el sonido se transmite de unos recintos a otros y la única forma de minimizar este problema es que estén recubiertos por un material absorbente adecuado y así atenuar el sonido.

Por lo tanto, la solución a este problema sería actuar en 2 zonas por un lado revestir los conductos con algún tipo de material absorbente como lana de roca y por otro colocar silenciadores en los registros de salida de los conductos. Hay que remarcar que los registros son los elementos de mayor volumen y que para lograr un régimen más laminar (menos turbulento) del flujo de aire y así se consigue reducir el ruido.

Por lo tanto, otro objeto importante a tener en cuenta es reducir en lo posible las consecuencias de esto para conseguir el confort acústico que buscamos en el edificio. Y como siempre estas soluciones serán más efectivas, sencillas y económicas si se consideran desde la fase de proyecto.

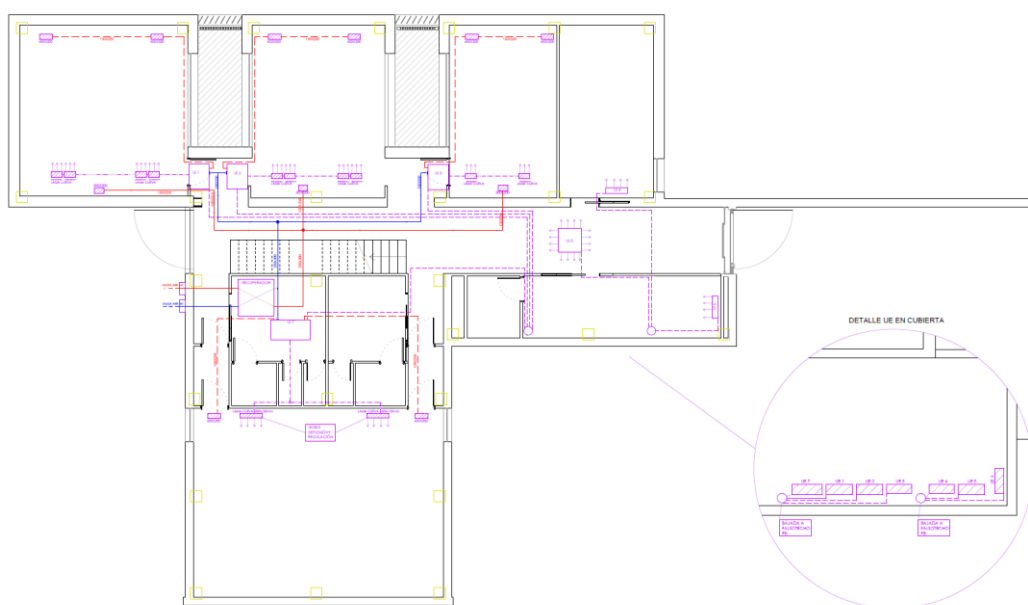


Figura 27_ Plano de instalaciones

En los planos de instalaciones se observa como están situadas las instalaciones de clima, por lo tanto, todas las zonas habitables o de actividad, las cuales para tener un confort adecuado necesitan disponer de este tipo de instalaciones y por lo tanto deben de cumplir los siguientes requisitos:

Los conductos de climatización deben revestirse con un material absorbente y se han de utilizar silenciadores para atenuar el ruido producido por la maquinaria de impulsión o por la circulación del aire así evitar que nunca supere los 40 dBA al llegar a las rejillas o difusores de inyección en cualquier recinto



Figura 28_ Conductos de instalaciones

Los conductos de aire acondicionado deben llevarse por conductos independientes y aislados de los recintos protegidos y los recintos habitables.

Se evitará el paso de las vibraciones de los conductos a los elementos constructivos mediante sistemas anti vibratorios, tales como abrazaderas, manguitos y suspensiones elásticas.

Aunque no es el caso los vistos deben de utilizar recubrimientos con aislamiento acústico a ruido aéreo adecuado.



Figura 29_ Conductos de instalaciones y registros de salida

Como se ha explicado en este punto las instalaciones de los edificios son focos de molestias para los usuarios que las utilizan, generalmente producidas por un diseño o ejecución deficientes.

La detección y diagnóstico de los futuros problemas son clave, por lo tanto hay que prestar especial atención con el objetivo de minimizar la transmisión de ruido de cualquier elemento de instalaciones, tanto en fase de proyecto como de ejecución de la obra.

En caso contrario los problemas se deberán solucionar en una fase posterior a su ejecución cuando las máquinas están instaladas y en funcionamiento con lo que termina siendo un sobrecoste.

INSTALACIONES DE FONTANERÍA Y SANEAMIENTO

Realizar un tratamiento especial a las bajantes, tanto de pluviales como de aguas negras.

Todas las bajantes deben de estar insonorizadas, hay que prestar atención en los encuentros y los cambios de dirección ya que los codos y las uniones en forma de T, son los puntos críticos y es donde se produce más ruido. **Para minimizar este problema los codos deben de tener ángulos cercanos a 45º** siempre que sea posible. Y todas las instalaciones aéreas de saneamiento deben de estar forradas con material multicapa, con un sellado superpuesto en las justas del material de sellado.

Otro punto conflictivo de transmisión de ruido es el encuentro con el muro o el forjado el cual debe de estar aislado para evitar el contacto directo con estos elementos estructurales.

Las bajantes deben de estar fijadas con elementos elásticos a las abrazaderas y tacos de goma.

Se deben colocar unos latiguillos elásticos en la entrada y salida de la bomba de agua y las tuberías, para absorber las vibraciones que se producen en la bomba de agua. Todos los anclajes de las tuberías a cerramientos laterales o techo deben ir con una banda elástica en los puntos de sujeción entre ambos.



Figura 30_ Encuentros red saneamiento con forjado bovedillas de porexpan

Las bajantes deben de estar ancladas en cerramientos cuya masa sea superior a 150kg /m²

9. CAPÍTULO 6 .EJECUCIÓN Y CONDICIONES DE MONTAJE

Los encuentros constructivos condicionan las prestaciones acústicas de cada tipo de sistema.

- Encuentro fachadas y tabiques
- Encuentro con forjado
- Encuentro pilares e instalaciones

6.1 ELEMENTO SEPARACIÓN VERTICAL

ELEMENTO SEPARACIÓN VERTICAL TIPO 1

Cerramiento exterior

En los trasdosados de cartón de yeso cuando sea necesaria la existencia de perfilería esta debe de tener una distancia de seguridad de 10 mm entre perfilería y el elemento base.

Se debe de evitar el contacto del trasdosado elemento base y el aislante en toda la superficie de contacto. En la parte inferior y superior de la perfilería es necesario poner una lámina de estanqueidad cuyo objetivo es absorber los posibles movimientos entre el suelo y la perfilería.

ELEMENTO SEPARACIÓN VERTICAL TIPO 2

Zona ascensor

En el caso de los trasdosados cerámicos la hoja interior de las paredes de fabrica se situarán bandas elásticas perimetrales, salvo los ladrillos de panal que deben de tener contacto directo con el forjado.

El modo de unión de los elementos constructivos (fachada, forjado, pared separadora, tabiques...) influye en el aislamiento in situ dependiendo de su forma de unión se obtienen diferentes aislamientos. El solado debe interrumpirse de un recinto a otro tal como se observa y hay que realizar una desconexión entre el yeso del techo.

ELEMENTO SEPARACIÓN VERTICAL TIPO 3

Zona de baños y recepción

Distancia de seguridad de 10 mm entre elemento base y la perfilería.

Se situará una lámina de estanqueidad en la parte inferior y en la superior de la perfilería con el fin de absorber los posibles movimientos entre el suelo y las perfilerías.

6.2 LOSAS FLOTANTES

Para evitar transmisiones hacia los encuentros con paramentos verticales, pilares e instalaciones que atraviesen los forjados, se debe colocar el material recrecido en forma de bañera con suficiente altura. El material aislante será continuo en toda la superficie, mediante solapes, cintas adhesivas, recubrimientos y siempre deberá protegerse con una barrera antes del vertido de mortero. En caso contrario se perderá el efecto del sistema MASA MUELLE MASA y al colocar revestimiento, se debe de cortar la parte sobrante con cúter y colocar rodapié cerámico.

6.3 CUARTOS HÚMEDOS

Como las instalaciones de fontanería y saneamiento cuando están empotradas en las particiones suelen generar ruidos molestos en los recintos colindantes. Por esa razón se deben de seguir una serie de directrices tanto de diseño como de ejecución cuyo objetivo es minimizar los ruidos y vibraciones producidas por las instalaciones.

INSTALACIONES DE FONTANERÍA

Las instalaciones de fontanería (tuberías) están empotradas en el interior de los trasdosados de placas de yeso laminado. Hay que tener en cuenta durante la ejecución que las placas de yeso laminado deberán ser una pulgada más grande que el resto en las zonas húmedas para que las conducciones no compriman el aislante. Se ejecutarán de la siguiente forma primero se colocarán las conducciones y más tarde el aislante. En las conexiones con las grifería y sanitarios se utilizarán latiguillos flexibles

RED SANEAMIENTO

El forrado de las tuberías se debe de realizar con materiales multicapas y absorbente con el objetivo de reducir el ruido producido por el paso de los fluidos, sistema MASA **MUELLE MASA**. Es un requisito fundamental prestar especial atención en los encuentros y los cambios de dirección ya que los codos y las uniones en forma de T, son los puntos críticos por lo que se produce más ruido. Para minimizar el problema siempre que sea posible los codos deben de tener ángulos próximos a 45º.

INODOROS Y LAVABOS

Juntas elásticas con conexiones flexibles para desolidarizarlas y macizado de rozas

Utilización de Grifería tipo (II)

Lap (nivel acústico del mezclador) <30 dBA.

Los empotramientos con conexiones metálicas deben de realizarse mediante el uso de tubos corrugados holgados o coquillas. Conexiones flexibles

Para que las conexiones sean estables se debe de realizar un macizado en todas las rozas

10. CAPÍTULO 7. AUDITORIA ACÚSTICA

7.1 DIRECCIÓN DE OBRA

PUNTOS CRÍTICOS BÁSICOS A CONTROLAR

Para garantizar las prestaciones acústicas y alcanzar las prestaciones mínimas establecidas en el proyecto, es imprescindible una correcta ejecución tanto de las soluciones constructivas como de sus encuentros; y por lo tanto se deben especificar claramente en el proyecto la composición de los elementos y el diseño de los encuentros. Y es imprescindible una supervisión y un control de ejecución adecuado.

Cerramiento vertical

Controlar ejecución del elemento y sus encuentros.

Suelo flotante

Garantizar continuidad del elemento anti- impactos.
Controlar ejecución encuentro con paredes conforme a diseño.

Acabado de suelo: Evitar contacto con paredes:

Holgura perimetral, 5-10 mm, Intercalar lámina entre paredes y suelo.
Evitar contacto rígido entre paredes y suelo mediante zócalo/rodapié

Techo suspendido:

Garantizar continuidad del material colocado en cámara intermedio.
Controlar ejecución si la perfilería incluye o no elementos anti vibratorios.

Ventana

Garantizar sellado de holgura existente entre ventana y pre marco de obra, tanto en perímetro como en espesor. - Ajuste de ventana adecuado.

Puertas: -

Garantizar que se instalen los burletes o guillotinas reflejados en documento justificativo de aislamiento acústico. - Controlar ejecución y colocación.

Rozas:

Cuartos húmedos: evitar enfrentar cajas de enchufes y macizarlas adecuadamente.
Elementos secos: garantizar continuidad de material absorbente de cámara intermedia.

Instalaciones:

Aislamiento de conducción y fijación de conductos y equipos a elementos constructivos mediante elementos elásticos y anti vibratorios

PUNTOS CRÍTICOS QUE NO SE PUEDEN CONTROLAR

Durante las primeras fases de ejecución de la obra no tiene sentido realizar medidas ya que los cerramientos no son estancos.



Figura 31_ Medición acústica en fase de ejecución

7.2 CONTROL CON LA OBRA FINALIZADA

El objetivo de una auditoria acústica se realiza un control externo de la obra con el objetivo de detectar emisiones o vibraciones.

Se trata de un proceso reglado en cual utiliza medidas in situ de fuentes generadoras de ruidos, la evaluación sistemática de los resultados obtenidos y la adopción de medidas correctoras para reducir la incidencia ambiental.

El objetivo de la auditoria acústica tiene el objetivo de realizar un control objetivo con el fin de cuantificaran las emisiones acústicas y evaluar acústicamente el inmueble para que cumpla con el confort acústico adecuado

Se centra analiza el ruido producido sobre los inmuebles colindantes, comprobando que no se superen los límites establecidos por ley. Los objetivos de la auditoria acústica son los siguientes:

- Se verificación de las condiciones de aislamiento de los elementos constructivos.
- Se caracterizan e identifican las fuentes de ruido.
- Se comprueba el nivel sonoro emitido por las instalaciones exteriores del edificio.
- Se comprueba el nivel de emisión sonora de las instalaciones interiores.
- Se aplican una serie de medidas correctoras para cumplir con la normativa

Las pruebas de transmisión de ruido consisten en una medida directa mediante sonómetro homologado del ruido que produce una actividad y sus fuentes de ruido en los colindantes más cercanos o en su perímetro.

7.3 MEDICIÓN “IN SITU” DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO

El objetivo es obtener el aislamiento acústico a ruido aéreo, de una muestra constituida por un elemento de construcción, cuya medición “in situ” se realizó conforme la norma ISO 16283-1:2015.

LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

El elemento constructivo a evaluar, es la partición vertical que divide el única Aula que esta compartimentada tal y como se puede observar en los planos. Fecha y hora de ensayos

Las mediciones se realizaron el día 16 de Julio de 2020 por el técnico Salvador Gil Sanchis y el tutor de TFM Joan Martínez Mora



Figura 32_ Plano medición “in situ” asilamiento acústico ruido aéreo

NORMAS APLICABLES A LOS ENSAYOS Y CÁLCULOS

ISO 16283-1:2015 Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.

ISO 717-1:2013 Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.

ISO 3382-2:2008 Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos.

ISO 12999-1:2014 Determinación y aplicación de las incertidumbres de medición en la acústica de edificios. Parte 1: Aislamiento acústico.

INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

ELEMENTO	MODELO	MARCA	NÚMERO DE SERIE
Fuente OmniPower	4296	Brüel & Kjaer	2498653
Etapa de potencia	2716	Brüel & Kjaer	2551039
Sonómetro	2250	Brüel & Kjaer	2506776
Micrófono 1/2"	4189	Brüel & Kjaer	2534152
Preamplificador	ZC0032	Brüel & Kjaer	4359
Calibrador acústico	4231	Brüel & Kjaer	2528304
Anemómetro	410-2	Testo	38518481/006

Tabla 16 Instrumentación utilizada, el modelo y la marca

Los instrumentos empleados cuentan con sus certificados de calibración correspondientes, emitidos por un laboratorio acreditado.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Condiciones ambientales

	RECINTO EMISOR	RECINTO RECEPTOR
Temperatura (°C)	35.0	35.4
Humedad relativa (%)	53.0	49.6
Velocidad del viento (m/s)	0	0
Superficie (m ²)	24,02	20.67
Volumen (m ³)	92	83

Tabla 17 Parámetros registrados durante la medición.

Procedimiento de ensayo

Con el fin de realizar la medición "in situ" del aislamiento acústico a ruido aéreo, del elemento constructivo que divide el aula en 2 recintos independientes, se siguen las directrices definidas en la norma ISO 16283-1:2015. Una vez marcadas y definidas las pautas para realizar la medición, se trabajan las mediciones de los niveles de presión acústica en el intervalo de frecuencias de 50Hz a 5000Hz, para obtener así un único valor que proporcione información del aislamiento acústico, conforme las directrices establecidas en la norma ISO 717-1:2013.

El espacio con un volumen superior es el recinto emisor, y en contrapartida, el espacio con un volumen inferior será el recinto receptor; sin embargo, en la medición que se realiza, existe una diferencia de volúmenes entre los dos recintos inferior al 10% y, por tanto es indiferente su elección.

Debido a que los volúmenes estudiados son mayores a 25m³, no es necesaria la aplicación del procedimiento de corrección por bajas frecuencias.

Posiciones de micrófono y fuente.

Posición de los micrófonos:

Cinco posiciones de micrófono por cada posición de fuente, en el recinto emisor y receptor.

Separación mínima entre micrófonos de 0.70 m y entre micrófonos y fuente 1 m.

Separación mínima de los micrófonos a las paredes, suelo y techo de 0.50 m.

Las posiciones utilizadas para medir el ruido de fondo, se utilizan para la medición de emisión.

La distribución de los micrófonos se realiza de forma no regular.

Posición de la fuente son:

Dos posiciones de fuente, con separación entre ellas de 1.4 m como mínimo. Separación mínima de las fuentes a las paredes, suelo y techo de 0.50 m.

Distancia mínima entre las fuentes y el elemento de ensayo de 1 m.

Realización de los ensayos

Una vez definidas las posiciones de fuente y micrófono, se realiza el ensayo.

En el caso que nos ocupa se realizará, únicamente el procedimiento por defecto, por contar con volúmenes superiores a 25 m³.

Medimos el nivel de presión acústica, tanto en recinto emisor como en recinto receptor **para la primera posición de altavoz**. Calculamos el nivel de presión acústica promediado energéticamente tanto en el recinto emisor como en el recinto receptor mediante la Ec. [1]:

$$L = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right) \quad \text{Ec}[1]$$

Donde L1, L2, Ln son los niveles de presión acústica en n diferentes posiciones del micrófono.

Primero se mide el nivel de ruido de fondo (con la fuente apagada). Si la diferencia entre el nivel de presión sonora en el recinto receptor y el ruido de fondo está entre 6 dB y 10 dB, se aplicará la corrección por ruido de fondo según la Ec. [2].

En el caso de que dicha diferencia sea inferior a 6 dB, se utilizará la corrección de 1.3 dB y, en este caso quedará indicado en el informe aclarando que los valores están en el límite de la medición.

$$L = 10 \log(10^{L_{sb}/10} - 10^{L_b/10}) \quad \text{Ec}[2]$$

Donde L, es el nivel de señal corregido, en dB; Lsb es el nivel de señal y ruido de fondo combinados, en dB, Y Lb es el nivel de ruido de fondo, en dB.

Para esta **primera posición de altavoz**, se calcula la diferencia de niveles estandarizada haciendo uso de las ecuaciones [3] y [4].

$$D = L_1 - L_2 \quad \text{Ec}[3]$$

$$D_{nT} = D + 10 \log \frac{T}{T_0} \quad \text{Ec}[4]$$

Los niveles, tanto del recinto emisor como del recinto receptor se miden antes de mover la fuente a su segunda posición **Se repite el proceso para la segunda posición de fuente** y se calcula la diferencia de niveles estandarizada haciendo uso de la ecuación [5].

$$D_{nT} = -10 \log \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m 10^{-D_{nT,j}/10} \quad \text{Ec}[5]$$

Donde m es el número de posiciones de altavoz, $D_{nT,j}$ es la diferencia de niveles estandarizada para la posición de altavoz.

El tiempo de reverberación se mide en el recinto receptor, en bandas de tercio de octava desde 50 Hz hasta 5 kHz, de acuerdo con las especificaciones de la Norma UNE EN ISO 3382-2:2008.

Incertidumbre en la medida

La incertidumbre del resultado de medición se determina de acuerdo con el método indicado en la Norma UNE EN ISO 12999-1:2014. *Acústica. Determinación y aplicación de las incertidumbres de medición en la acústica de edificios. Parte 1: Aislamiento acústico.*

Esta Norma especifica procedimientos para poder evaluar la incertidumbre de medición de aislamiento acústico en la acústica de la edificación. Proporciona:

- Una aplicación de las incertidumbres
- Una determinación de las incertidumbres mediante ensayos inter-laboratorios.
- Una evaluación detallada de la incertidumbre

TABLA DEL INFORME DE MEDIDA AISLAMIENTO

Project Name	fond o1	fond o2	fond o3	fond o4	fond o5	L2_1	L2_2	L2_3	L2_4	L2_5	L2_6	L2_7	L2_8	L2_9	L2_10	L1_1	L1_2	L1_3	L1_4	L1_5	L1_6	L1_7	L1_8	L1_9	L1_10
LZeq 100Hz	18,7	24,7	21,7	25,6	25,2	53,2	57,4	48,0	55,5	57,1	48,2	49,6	50,7	44,3	44,5	58,2	61,6	55,1	64,1	55,1	58,2	61,6	55,1	64,1	55,1
LZeq 125Hz	16,4	20,6	18,5	22,2	22,6	56,9	56,9	58,7	56,1	56,5	55,1	56,2	51,3	49,9	50,0	65,3	65,8	64,2	66,1	66,6	65,3	65,8	64,2	66,1	66,6
LZeq 160Hz	21,2	23,1	22,2	26,0	34,1	56,9	55,5	58,7	59,9	58,7	59,5	58,0	58,1	54,7	56,7	67,8	73,4	71,7	71,2	66,7	67,8	73,4	71,7	71,2	66,7
LZeq 200Hz	18,0	19,9	18,9	21,4	24,4	60,1	60,6	59,0	61,9	60,1	59,4	56,3	56,2	56,3	54,9	69,2	71,2	70,6	70,1	69,6	69,2	71,2	70,6	70,1	69,6
LZeq 250Hz	15,9	20,7	18,3	20,1	19,5	61,3	61,4	64,4	63,5	61,2	60,6	59,0	58,9	57,9	59,3	74,0	79,4	79,9	79,3	72,7	74,0	79,4	79,9	79,3	72,7
LZeq 315Hz	12,7	15,7	14,2	12,4	24,5	64,3	61,5	63,2	63,7	63,9	60,7	58,5	59,8	59,2	55,4	82,8	80,1	82,3	81,6	80,9	82,8	80,1	82,3	81,6	80,9
LZeq 400Hz	16,5	18,6	17,6	12,6	24,8	63,0	60,3	60,6	62,5	60,6	58,8	59,4	59,6	59,3	58,0	83,4	83,6	85,0	85,0	81,6	83,4	83,6	85,0	85,0	81,6
LZeq 500Hz	14,2	19,0	16,6	13,9	23,4	61,8	61,3	61,3	61,2	61,9	60,9	59,1	57,7	57,8	57,8	85,1	85,6	83,1	86,2	84,4	85,1	85,6	83,1	86,2	84,4
LZeq 630Hz	14,0	17,2	15,6	12,2	24,8	60,6	61,4	59,9	59,8	60,1	60,8	59,0	57,2	57,3	56,5	86,3	86,7	84,9	84,4	85,2	86,3	86,7	84,9	84,4	85,2
LZeq 800Hz	9,6	15,3	12,4	10,7	19,4	57,5	57,7	57,1	57,3	57,2	54,9	54,3	53,9	52,9	52,9	85,2	86,0	88,8	86,0	85,3	85,2	86,0	88,8	86,0	85,3
LZeq 1kHz	9,3	14,5	11,9	11,5	20,2	55,4	55,3	55,4	55,6	56,4	54,4	52,2	52,3	51,4	51,1	84,9	86,0	85,9	85,2	86,2	84,9	86,0	85,9	85,2	86,2
LZeq 1.25kHz	9,0	17,2	13,1	10,6	18,1	53,5	53,4	53,6	52,9	53,2	50,7	49,8	50,0	48,8	48,1	84,6	84,8	85,9	85,1	84,2	84,6	84,8	85,9	85,1	84,2
LZeq 1.6kHz	8,0	16,7	12,3	10,0	19,8	53,1	53,2	53,4	53,1	53,4	48,4	47,0	45,5	45,8	45,7	84,9	83,9	86,6	85,3	84,6	84,9	83,9	86,6	85,3	84,6
LZeq 2kHz	8,7	17,1	12,9	9,9	22,5	49,7	49,5	49,7	49,4	49,9	54,0	51,1	51,2	50,4	50,1	83,9	84,5	85,1	84,6	83,5	83,9	84,5	85,1	84,6	83,5
LZeq 2.5kHz	9,8	21,1	15,5	12,3	22,9	48,7	48,9	49,0	48,3	48,8	54,9	52,6	51,8	51,4	51,2	80,9	82,9	84,0	82,2	81,7	80,9	82,9	84,0	82,2	81,7
LZeq 3.15kHz	11,7	20,6	16,1	13,1	21,6	46,7	47,0	46,7	46,6	47,1	47,8	46,4	45,9	45,4	44,8	82,8	83,4	84,8	83,5	83,1	82,8	83,4	84,8	83,5	83,1
LZeq 4kHz	12,8	22,4	17,6	16,1	21,7	45,6	46,0	45,3	45,4	45,5	43,4	42,2	40,9	40,5	39,8	82,7	83,0	84,1	83,4	82,0	82,7	83,0	84,1	83,4	82,0
LZeq 5kHz	15,9	23,6	19,7	20,8	22,3	40,4	40,7	40,1	40,2	40,6	37,2	35,3	34,3	33,4	33,3	82,8	84,1	84,2	83,8	83,3	82,8	84,1	84,2	83,8	83,3

Tabla 18 Parámetros medición

INFORME DE MEDIDA AISLAMIENTO

Diferencia de Nivel Estandarizada medida de acuerdo con la **Norma ISO 16283-1:2015**

Cliente: BIBLIOTECA DE TOUS

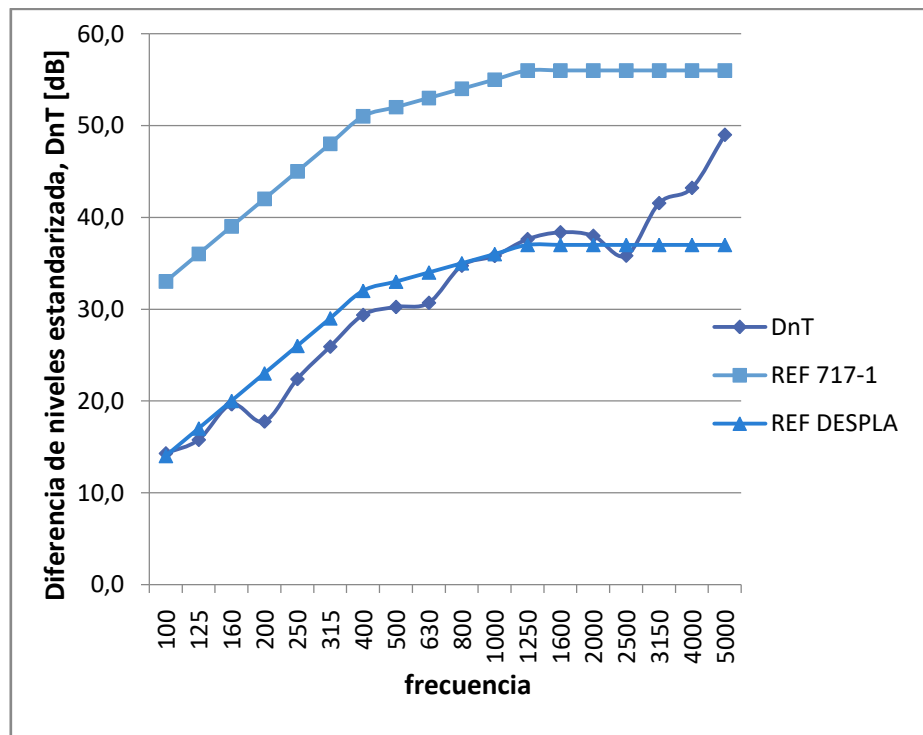
Reciento Fuente: Aula- tipo 1

Medición del nivel de presión sonora en 10 posiciones de micrófono, donde se reparten 5 posiciones de micrófono por cada posición de fuente conforme ISO 16283-1:2015

Reciento Emisor: 1. Aula tipo 2

Medición del nivel de presión sonora en 10 posiciones de micrófono, donde se reparten 5 posiciones de micrófono por cada posición de fuente del recinto fuente, conforme ISO 16283-1:2015. Además se realizan registros del ruido de fondo y tiempo de reverberación.

Frecuencia Hz	DnT dB
100	14,3
125	15,8
160	19,6
200	17,7
250	22,4
315	25,9
400	29,4
500	30,2
630	30,7
800	34,7
1000	35,8
1250	37,6
1600	38,4
2000	38,0
2500	35,8
3150	41,5
4000	43,2
5000	49,0



Clasificación de acuerdo con ISO 717-1: 2013

$D_{nT,W}(C ; C_{tr}) = 33 (-2 ; -6)$

7.4 MEDICIÓN “IN SITU” DEL RUIDO DE IMPACTO

OBJETO

Obtener el aislamiento acústico a ruido impacto del suelo del edificio según la

UNE-EN ISO 16283-2:2019 Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos

LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

El elemento constructivo a evaluar, es el forjado horizontal como se puede observar en los planos.



Figura 33_ Plano medición “in situ” Ruido de impacto y zona donde se ubicaron las fuentes de ruido local emisor (color azul)

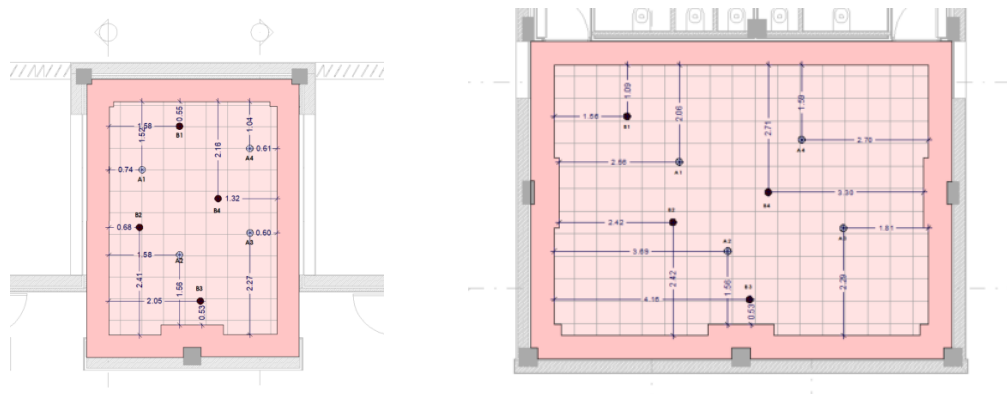


Figura 34_ Plano medición “in situ” Ruido de impacto y plano detalle zonas recepción ruido , locales receptores (color rojo)

NORMAS APLICABLES A LOS ENSAYOS Y CÁLCULOS

UNE-EN ISO 717-2:2013 Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción Parte 1: Aislamiento a ruido de impacto.

UNE-EN ISO 16283-2:2019 Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 2: aislamiento a ruido de impactos.

INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

ELEMENTO	MODELO	MARCA	NÚMERO DE SERIE
Tapping Machine	3204	Brüel & Kjaer	1896281
Sonómetro	2250	Brüel & Kjaer	2506776
Micrófono 1/2"	4189	Brüel & Kjaer	2534152
Preamplificador	ZC0032	Brüel & Kjaer	4359
Calibrador acústico	4231	Brüel & Kjaer	2528304
Anemómetro	410-2	Testo	38518481/006

Tabla 19 Parámetros Equipo de medición empleado.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

	RECINTO EMISOR	RECINTO RECEPTOR 1	RECINTO RECEPTOR 2
Temperatura (°C)	35.0	35.4	34.2
Humedad relativa (%)	53.0	49.6	49.1
Velocidad del viento (m/s)	0	0	0
Volumen (m ³)	129	108	362

Tabla 20 Parámetros Parámetros registrados durante la medición.

POSICIONES DE FUENTE Y MICRÓFONO

Las características en la posición de la fuente son:

Cuatro posiciones diferentes de forma aleatoria, sobre el suelo bajo ensayo.

Separación mínima de fuente a los bordes del suelo como mínimo de 0,5m.

La línea que forma las cabezas de los martillos deberá formar 45º con la dirección de las vigas.

Las características en la posición de los micrófonos son:

Dos posiciones de micrófono en el recinto receptor por cada posición de fuente.

Separación mínima entre micrófonos de 0,70 cm.

Separación mínima de los micrófonos a las paredes, suelo y techo de 0,50 m.

Distancia mínima entre los micrófonos y la fuente es de 1 m.

Las posiciones utilizadas para la medición del ruido de fondo, también se usan para la medición de emisión.

La distribución de los micrófonos se realiza de forma no regular y en planos no paralelos.

REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS

En virtud de una medición más rápida y con valores coherentes, se utilizaron dos sonómetros para obtener los niveles de presión sonora en la zona de recepción, y así de manera simultánea registrar las dos posiciones de micrófono por cada posición de fuente, conforme el plano

En la Ecuación 1 se indica el cálculo requerido para la obtención de la presión acústica promedio en el recinto receptor.

$$L = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right) \quad \text{Ec[1]}$$

Donde n señala la cantidad de posiciones de los micrófonos, por tanto la variable i toma valores desde 1 hasta 8; obteniendo así el nivel promedio del recinto receptor: L.

Posteriormente, se realizó la medición de ruido de fondo, con los puntos determinados y con la fuente apagada, puesto que se requiere registrar aquel ruido residual presente en la sala.

En caso de existir una diferencia de nivel entre el ruido de fondo y el nivel combinado de la señal y el ruido de fondo, con valores entre 6dB y 10dB, se procederá a emplear una corrección por ruido de fondo, determinada por la Ecuación 2. Cabe aclarar que la norma **UNE-EN ISO 16283-2:2019**, estipula que, si la diferencia de niveles es menor a 6dB, se aplicará directamente una corrección de 1,3dB.

$$L = 10 \log(10^{L_{sb}/10} - 10^{L_b/10}) \quad \text{Ec[2]}$$

En la Ecuación 2 se muestra que L_b es el nivel de ruido de fondo y L_{sb} es el nivel adquirido en el recinto receptor, mientras la fuente se encontraba generando ruido mediante la fuente (máquina de impactos). Finalmente el valor L indica el nivel de presión sonora del recinto receptor L corregido.

La Ecuación 3 es utilizada para estandarizar el valor obtenido del nivel obtenido en recepción, mediante el tiempo de reverberación medido en dicho recinto conforme la norma **UNE-EN ISO 3382-2:2008**.

$$L'_{nT} = L_i - 10 \log \frac{T}{T_0} \quad \text{Ec[3]}$$

T indica el tiempo de reverberación medido y el valor T_0 es el tiempo de reverberación de referencia para viviendas, de 0,5s. Los puntos del recinto donde se registraron los tiempos de reverberación, son los mismos utilizados para la medida de ruido de fondo.

Finalmente, se puede obtener la reducción ponderada del nivel de presión acústica de impactos, mediante revestimientos de suelo realizando la diferencia de niveles de presión sonora entre ambas medidas, con revestimiento y sin revestimiento.

Mediante la UNE-EN ISO 717-2:2013, se obtiene un valor global para la valoración de la mejora a ruido de impacto.

En el Anexo se encuentra la memoria del instrumento, así como los cálculos para aislamiento acústico a ruido de impacto "in situ" y la valoración de la mejora a ruido de impacto conforme lo descrito.

7.5 MEDICIÓN “IN SITU” AISLAMIENTO ACUSTICO FACHADA

OBJETO

Obtener el aislamiento acústico “IN SITU” del aislamiento a ruido de elementos de fachadas

UNE-EN ISO 16283-2:2019 Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos

LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

El elemento constructivo a evaluar, es el cerramiento vertical como se puede observar en los planos.



Figura 35_ Plano medición “in situ” Ruido de impacto y plano detalle zonas recepción ruido , locales receptores (color rojo)

INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

ELEMENTO	MODELO	MARCA	NÚMERO DE SERIE
Fuente OmniPower	4296	Brüel & Kjaer	2498653
Etapa de potencia	2716	Brüel & Kjaer	2551039
Sonómetro	2250	Brüel & Kjaer	2506776
Micrófono 1/2”	4189	Brüel & Kjaer	2534152
Preamplificador	ZC0032	Brüel & Kjaer	4359
Calibrador acústico	4231	Brüel & Kjaer	2528304
Anemómetro	410-2	Testo	38518481/006

Tabla 21 Parámetros Equipo de medición empleado.

Los instrumentos empleados cuentan con sus certificados de calibración correspondientes, emitidos por un laboratorio acreditado.

DESARROLLO DEL TRABAJO

Condiciones ambientales

	RECINTO EMISOR	RECINTO RECEPTOR
Temperatura (°C)	38.0	35.4
Humedad relativa (%)	54.0	49.6
Velocidad del viento (m/s)	0	0
Superficie (m ²)	-	60.39
Volumen (m ³)	-	362

Tabla 22 Parámetros Parámetros registrados durante la medición.

Procedimiento de ensayo

Con el fin de realizar la medición “in situ” del aislamiento de la fachada se toma como referencia una posición de emisión en un lugar fuera del edificio tal como se observa en los planos la fuente se posiciona en una distancia determinada “D” de la fachada de forma que el ángulo de incidencia sonora sea cercanos a los 45º siguiendo las directrices definidas en la norma UNE-EN ISO 16283-3:2016.

Mediante un generador de ruido rosa se genera una barrido frecuencial generando un campo sonoro con un espectro continuo. Se trabajan las mediciones de los niveles de presión acústica en el intervalo de frecuencias de 50 Hz a 5000 Hz.

La potencia de emisión se regula de forma que se supere el ruido de fondo en el recinto receptor como mínimo 6 dB

Debido a que los volúmenes estudiados son mayores a 25 m³, no es necesaria la aplicación del procedimiento de corrección por bajas frecuencias.

Posiciones de micrófono y fuente.

Posición de los micrófonos:

Cinco posiciones de micrófono por cada posición de fuente, en el recinto receptor.

Separación mínima entremicrófonos de 0.70 cm.

Separación mínima de los micrófonos a las paredes, suelo y techo de 0.50 m.

Las posiciones utilizadas para la medición el ruido de fondo, también se usan para la medición de emisión.

La distribución de los micrófonos se realiza de forma no regular.

Posición de la fuente son:

Dos posiciones de la fuente con separación entre ellas de 7,00 como mínimo de la fachada principal

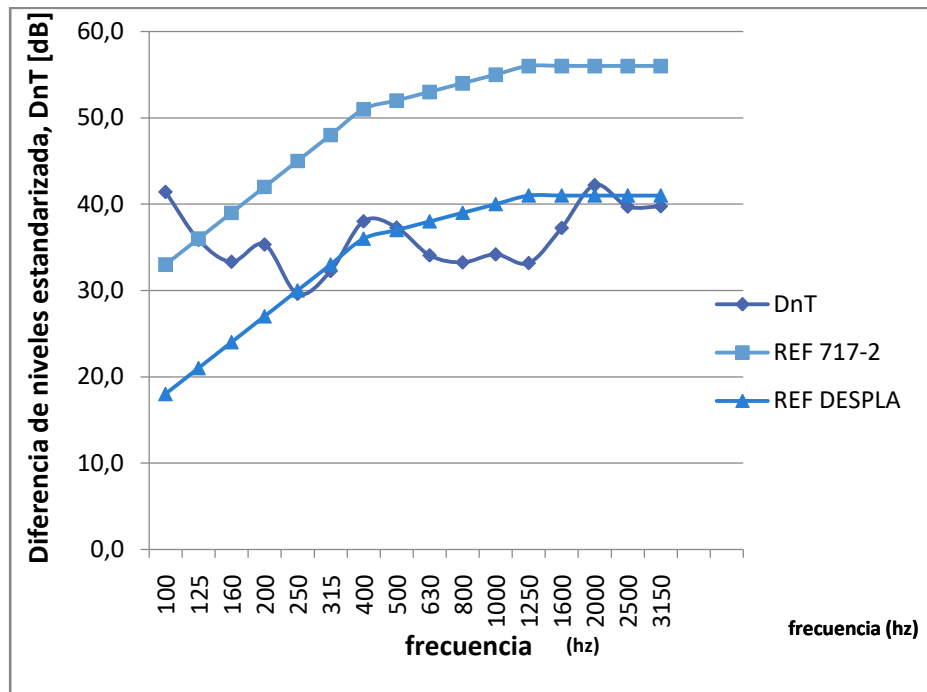
- **INFORME DE MEDIDA AISLAMIENTO**

Diferencia de Nivel Estandarizada medida de acuerdo con la **Norma ISO 16283-3:2016**

Cliente: BIBLIOTECA DE TOUS

Fachada edificio

Frecuencia Hz	DnT dB
100	41.4
125	35.9
160	33.3
200	35.3
250	29.6
315	32.3
400	38.0
500	37.3
630	34.1
800	33.3
1000	34.2
1250	33.2
1600	37.2
2000	42.2
2500	39.7
3150	39.8
4000	41.4
5000	35.9



Clasificación de acuerdo con ISO 717-1: 2013

$D_{nT,W}(C ; C_{tr}) = 37 (-1 ; -2)$

Project Name	fondo 1	fondo 2	fondo 3	fondo 4	fondo 5	L2_1	L2_2	L2_3	L2_4	L2_5	L2_6	L2_7	L2_8	L2_9	L2_10	L1_1	L1_2	L1_3	L1_4	L1_5	L1_6	L1_7	L1_8	L1_9	L1_10
LZeq 100Hz	22,3	23,5	21,1	22,2	18,7	53,2	57,4	48,0	55,5	46,7	46,1	51,5	41,5	46,2	48,5	85,3	86,1	86,2	87,2	86,8	85,3	86,1	86,2	87,2	86,8
LZeq 125Hz	17,7	20,1	19,6	20,4	16,4	56,9	56,9	58,7	56,1	52,1	50,9	51,2	52,5	47,9	52,8	85,0	85,9	86,6	84,2	85,9	85,0	85,9	86,6	84,2	85,9
LZeq 160Hz	22,1	27,3	25,0	26,1	21,2	56,9	55,5	58,7	59,9	51,2	48,6	48,3	50,9	49,3	51,6	80,3	80,7	81,0	83,5	81,9	80,3	80,7	81,0	83,5	81,9
LZeq 200Hz	19,8	26,3	17,8	22,0	18,0	60,1	60,6	59,0	61,9	54,7	51,4	56,2	52,5	52,9	55,6	86,3	87,8	88,2	89,1	89,0	86,3	87,8	88,2	89,1	89,0
LZeq 250Hz	16,4	26,3	19,0	24,8	15,9	61,3	61,4	64,4	63,5	57,1	52,2	55,9	56,0	55,6	57,4	85,5	85,2	86,0	85,1	84,4	85,5	85,2	86,0	85,1	84,4
LZeq 315Hz	17,6	23,8	22,2	23,0	12,7	64,3	61,5	63,2	63,7	58,7	55,6	53,6	54,9	57,4	61,1	85,9	87,2	87,9	86,6	87,0	85,9	87,2	87,9	86,6	87,0
LZeq 400Hz	23,6	25,9	22,9	24,6	16,5	63,0	60,3	60,6	62,5	55,3	54,1	52,9	52,4	54,3	58,8	88,2	89,5	89,8	91,7	90,3	88,2	89,5	89,8	91,7	90,3
LZeq 500Hz	15,0	27,7	23,7	20,9	14,2	61,8	61,3	61,3	61,2	57,9	51,5	53,0	54,4	54,1	58,3	88,1	88,6	89,2	89,8	89,7	88,1	88,6	89,2	89,8	89,7
LZeq 630Hz	30,6	20,8	20,0	19,7	14,0	60,6	61,4	59,9	59,8	48,9	53,7	54,9	53,6	52,8	57,1	84,4	84,5	85,0	86,8	87,3	84,4	84,5	85,0	86,8	87,3
LZeq 800Hz	22,3	16,2	11,7	17,7	9,6	57,5	57,7	57,1	57,3	48,8	51,9	54,3	50,7	52,4	55,1	81,1	81,7	82,2	84,5	83,6	81,1	81,7	82,2	84,5	83,6
LZeq 1kHz	19,0	11,5	10,9	14,7	9,3	55,4	55,3	55,4	55,6	48,3	52,0	52,2	50,4	51,0	53,1	78,7	80,7	81,8	84,4	83,9	78,7	80,7	81,8	84,4	83,9
LZeq 1.25kHz	21,3	15,2	12,0	15,9	9,0	53,5	53,4	53,6	52,9	45,1	48,1	49,7	47,9	48,4	51,2	75,8	78,0	79,1	81,7	80,5	75,8	78,0	79,1	81,7	80,5
LZeq 1.6kHz	33,2	12,2	11,7	17,3	8,0	53,1	53,2	53,4	53,1	38,6	49,0	49,4	46,7	49,1	51,1	78,4	81,4	83,5	86,6	84,6	78,4	81,4	83,5	86,6	84,6
LZeq 2kHz	34,7	11,8	12,6	21,5	8,7	49,7	49,5	49,7	49,4	34,5	46,0	45,3	41,1	45,1	47,6	80,5	83,1	84,8	86,8	86,1	80,5	83,1	84,8	86,8	86,1
LZeq 2.5kHz	35,7	14,2	15,7	23,0	9,8	48,7	48,9	49,0	48,3	33,3	44,1	43,5	39,9	43,4	46,2	78,7	79,8	80,6	83,5	82,9	78,7	79,8	80,6	83,5	82,9
LZeq 3.15kHz	34,0	17,6	18,1	30,0	11,7	46,7	47,0	46,7	46,6	32,7	40,8	40,9	34,6	40,7	43,8	75,0	77,5	78,6	81,9	80,4	75,0	77,5	78,6	81,9	80,4
LZeq 4kHz	28,3	18,0	18,1	28,0	12,8	45,6	46,0	45,3	45,4	34,7	39,8	40,2	34,5	39,0	42,4	77,2	79,7	80,7	81,4	81,1	77,2	79,7	80,7	81,4	81,1
LZeq 5kHz	24,0	17,7	18,1	29,3	15,9	40,4	40,7	40,1	40,2	32,4	35,5	35,7	29,5	32,3	36,5	75,9	77,9	79,6	83,7	82,3	75,9	77,9	79,6	83,7	82,3

Tabla 23 Parámetros medición

12. CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo de fin de Máster se centra en: comprender, asimilar y ejecutar correctamente los procesos constructivos necesarios para la obtención del confort acústico en la edificación, con el fin de poder aplicarlos y así potenciar mi desarrollo y crecimiento profesional.

Hay que comprender que en el mundo de la construcción se enfrentan dos visiones radicalmente contrapuestas, por un lado **el mundo de la física**, basado en una serie de conceptos teóricos y exactos que son la guía para poder proyectar un edificio y cumplir con la normativa y por otro lado **el mundo artesanal**, necesario para la construcción en la mayoría de los casos y reactivo a los cambios.

Una vez comprendidas estas visiones contrapuestas, hay que ser conscientes que existen dos factores de gran influencia como son: **un severo control presupuestario y unos plazos de tiempo limitados para finalizar una obra**, la suma de ambos termina convirtiéndose en un coctel explosivo cuyo resultado termina siendo impredecible y termina diluyendo las exigencias mínimas a simples palabras escritas, por lo que el concepto de confort acústico termina convirtiéndose en “papel mojado”. **Esta conjunción de factores puede terminar siendo uno de los principales problemas, ya que terminan originando reclamaciones y pleitos en juzgados.**

La mayoría de usuarios no son conscientes que **las estructuras que sustentan la mayoría de los edificios en nuestro país** de igual modo que la estructura de la biblioteca, **son hiperestáticas** y generalmente son estructuras realizadas con **hormigón y acero** con lo que todos los elementos están conectados entre sí y generalmente sus uniones son empotradas: la cimentación, los pilares, los forjados... por lo que una onda acústica puede propagarse con facilidad por este medio.

A lo largo del **TFM** he desarrollado una serie de pautas redactándolas mediante capítulos, donde se explica el protocolo que se debe de realizar para que la palabra confort acústico tenga el significado que se merece.

El concepto de **área acústica dominante** tiene un elevado grado de vinculación el lugar donde debe implantarse el edificio tal como se explica en el Capítulo 1, debe de ser compatible con el futuro uso previsto de la construcción y debe seguir una serie de directrices establecidas y vistas desde una escala municipal o territorial cuyo objetivo es **homogeneizar** y adecuar **áreas de calidad acústica** donde se consiga evitar que se produzcan unos niveles sonoros elevados. Según **la tipología constructiva y el uso final del edificio** existen una serie de condicionantes explicados en el Capítulo 2 donde la zonificación del inmueble varía según la función del tipo de uso, sus características, y su nivel de protección sonora tienen mayor o menor importancia.

Para evitar la propagación del sonido a través de la envolvente del edificio se debería realizar un estudio sobre el aislamiento del edificio tal como se ha realizado en el Capítulo 3 punto 3.4 Diseño dimensionado los elementos, sus cerramientos o en las particiones interiores, centrándose en los puntos débiles: los flancos, las uniones verticales y horizontales centrándose especial atención en controlar su ejecución de todos estos encuentros.

Después se deberá dotar a las diferentes salas de un campo acústico adecuado que variará según el uso que tenga establecido. El diseño del acondicionamiento de los recintos dependerá de su uso y necesidades, tal como se ha realizado en el Capítulo 4 Acondicionamiento.

También hay que tener en cuenta que el ruido y las vibraciones las instalaciones del edificio también producen un nivel sonoro molesto que de no ser tratado, puede llegar a ser insoportable ya que suele tratarse de **ruidos estacionarios que pueden llegar a transmitirse por la estructura**, como bien esta explicado en el Capítulo 5 Ruido y vibraciones de las instalaciones, donde se resuelve esta problemática.

Pero para garantizar las prestaciones acústicas y alcanzar los requisitos mínimos establecidos en el proyecto, es imprescindible una correcta ejecución tanto de las soluciones constructivas como de sus encuentros entre diferentes paramentos, por lo tanto se deben especificar claramente en el proyecto la composición de los elementos y el diseño de los encuentros. Siendo imprescindible una supervisión y un control de ejecución adecuado durante el transcurso de la obra, tal como se ha detallado en el Capítulo 6 Ejecución y condiciones de montaje.

Las conclusiones generales que extraigo de este trabajo son las siguientes:

Para evitar la problemática citada con anterioridad y así proteger la calidad de vida de los futuros usuarios de cualquier tipo de edificación, hay que **verificar el cumplimiento de todos los condicionantes acústicos** existentes durante todo el **proceso constructivo. Primero durante la fase de proyecto**, mediante cálculos precisos con el fin de cumplir con los requerimientos de la normativa, utilizando soluciones técnicas contrastadas y materiales con homologados con marcado CE, junto a una correcta ejecución en obra por los operarios, los cuales deben seguir las **buenas prácticas constructivas**, y deben ser supervisados **durante el proceso de ejecución de la obra por los directores de ejecución y de obra, como bien se ha explicado en el Capítulo 5 y 6** donde explico detalladamente las pautas a seguir para obtener una correcta de ejecución y montaje de las diferentes instalaciones del edificio y de cómo se deben solucionar los encuentros horizontales y verticales.

Cuando se finaliza todo el proceso constructivo, se debe de contratar a una empresa externa cuya función es la de verificar y controlar que se cumplen los estándares acústicos mínimos establecidos por la normativa como bien se explica en el Capítulo 7 Auditoría acústica, pero el problema de las empresas de control externo es que cuando se realiza la auditoría acústica es cuando la obra ya está finalizada, por lo tanto solo se pueden aplicar medidas correctoras. En capítulo 7 se puede ver como intenté realizar una medición acústica in situ durante el proceso de ejecución de la biblioteca, pero no tiene sentido realizar mediciones acústicas validas durante **las primeras fases de ejecución de la obra debido a que los cerramientos no son estancos y el sonido se dispersa.**

Y para finalizar durante la vida útil del edificio, se debe de hacer un correcto uso del edificio y un mantenimiento adecuado. Si todo esto se cumple lograremos el objetivo **y la palabra confort acústico tendrá el significado que se merece.**

11. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Libros y artículos

- [1] **Josep M^a Querol y Nogera** Aislamiento acústico en la edificación Ed SILVA EDITORIAL 2009
- [2] **Manuel Recuero López** Acondicionamiento acústico_ Ed. paraninfo.2001
- [3] **Carrión A.** Diseño acústico de espacios arquitectónicos. Ed. UPC, 1998.
- [4] **Rafael Serra y Francisco de P. Labastida** Control Acústico en los Edificios_ 1974 Ed COAC 1983
- [5] **Arau H.** ABC de la acústica arquitectónica. Ed CEAC. 1999.
- [6] **Llinares.** Acústica Arquitectónica y Urbanística. UPV. 1997.
- [7] **Avilés R.** Manual de acústica ambiental y arquitectónica. Ed. Paraninfo. 2017.
- [8] **Kath and Kuhl's.** Acustica 15, 127–131 (1965).
- [9] **Manuel recuero lopez** Acústica arquitectónica soluciones prácticas Ed. Paraninfo. 1992
- [10] **Fernando del Ama Gonzalo** Acústica en el diseño de edificios Ed asimétricas 2018

Guías y cursos

- [11] **David Casadevall** Documento Básico DB-HR: comentado y con ejemplos.
- [12] **Francisco Javier Rodríguez Rodríguez y Javier Puente Crespo** Guía acústica de la construcción
- [13] Guía básica para el control acústico: ejecución de obra y obra terminada gobierno vasco
- [14] Curso -Proyecto y diseño acústico de locales de pública concurrencia.
- [15] **José Ramón Gil de Pareja Martínez** Aislamiento Acústico y Acondicionamiento Acústico
- [16] **Instituto Eduardo Torroja** Guía de aplicación del Db Hr protección frente al ruido **CSIC**

Normas y comunicaciones administrativas consultadas

- [17] **CTE DB HR protección contra el Ruido**
- [18] **UNE-EN ISO 3382.** Medida del tiempo de reverberación en recintos singulares y ordinarios..
- [19] **UNE-EN ISO 16283-1:2015** Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.
- [20] **UNE-EN ISO 16283-2:2019** Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos.
- [21] **UNE-EN ISO 16283-3:2016** Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 3: Aislamiento a ruido de fachada.
- [22] Medición del nivel de presión sonora de los equipos técnicos en los edificios según las Ordenanzas Municipales de aplicación.
- [23] Medición in situ del aislamiento al ruido aéreo y de la transmisión de ruidos de impacto y de equipamientos. Método de control.