



Escuela Técnica Superior
de Gestión en la Edificación

PROYECTO FINAL DE GRADO (PGF)

TALLER I-24 - ACUSTICA EN LA ARQUITECTURA

ESTUDIO CALIDAD ACÚSTICA DEL AULA MASTER DEL NUEVO EDIFICIO (1C) DE LA ESCUELA DE INGENIERIA DE LA EDIFICACIÓN

ALUMNO:

BELLVER SANZ, ISMAEL

TUTORES:

VICENTE GÓMEZ LOZANO

SALVADORA REIG GARCIA SAN PEDRO

VALENCIA, 15 SEPTIEMBRE 2011

Salvadora Reig García San Pedro

Vicente Gómez Lozano

INDICE

INTRODUCCION

Tema elegido e interés por él

Conceptos básicos

RESEÑA HISTÓRICA

PRIMEROS TRABAJOS DE INVESTIGADORES FISICOS

METODOS UTILIZADOS PARA MEJORAR LA ACUSTICA

Idea básica

Mejora de la acústica en las aulas existentes

MATERIALES MÁS USUALES EN LA PROTECCION ACUSTICA ACTUAL

EVOLUCION DE LAS NORMATIVAS. NORMATIVA ACTUAL DE APLICACIÓN

ESTUDIO ACUSTICO DEL AULA MASTER DEL NUEVO EDIFICIO DE LA

ESCUELA DE INGENIERIA DE LA EDIFICACION

Parámetros acondicionamiento. Definiciones

Fotografías

Planos

Normativa utilizada y Cumplimiento del CTE-DB-HR

Conclusiones

BIBLIOGRAFIA

Salvadora Reig García San Pedro

Vicente Gómez Lozano

INTRODUCCIÓN

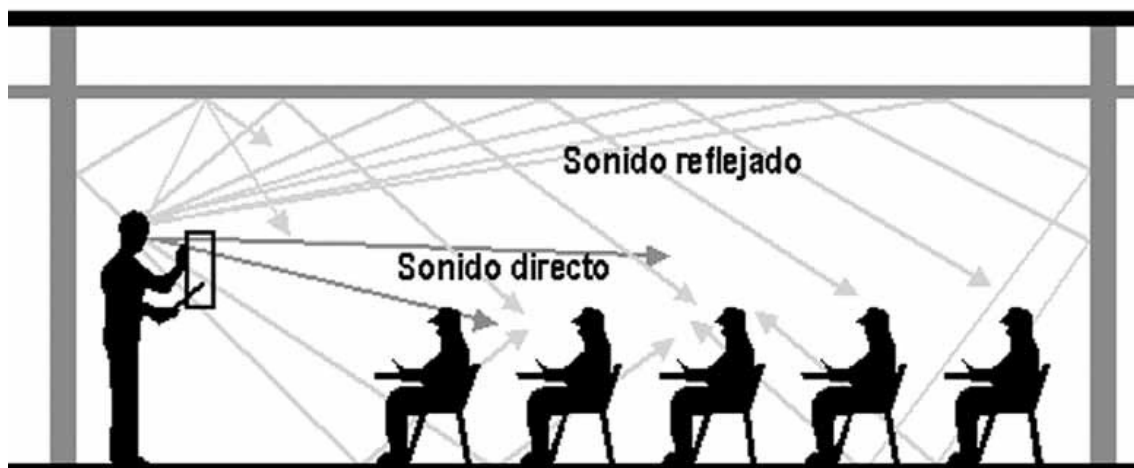
Es más frecuente de lo que nos pensamos encontrar en la mayoría de aulas de clase problemas de funcionamiento relacionados con la falta de aislamiento y acondicionamiento acústico en las mismas.

Cuando las aulas no tienen un tratamiento acústico adecuado para dicho uso, la inteligibilidad del discurso disminuye y por lo tanto se reducen los niveles de concentración y aprendizaje de los estudiantes, aunque también ellos han de poner de su parte, cosa que a veces no ocurre.

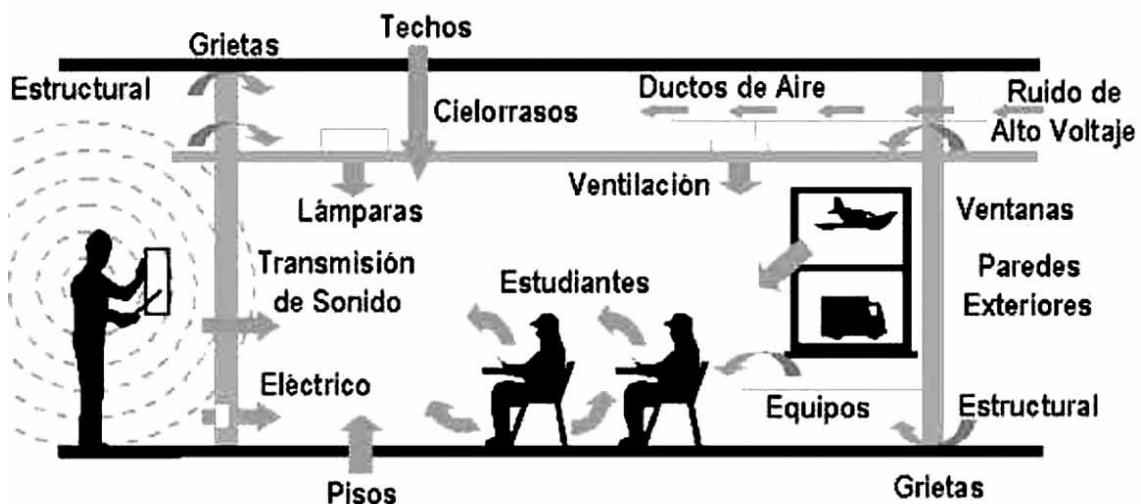
Existen tres problemas críticos cuando se habla de diseño acústico de Aulas de clase:

- 1-ruido de fondo o ruido ambiente no aislado correctamente que llega con niveles superiores a los óptimos al interior del aula
- 2-la transmisión de ruido entre aulas adyacentes o desde los recintos y equipos contiguos a los salones, y
- 3-la falta de acondicionamiento interno del recinto

Ejemplo transmisión del sonido dentro del aula

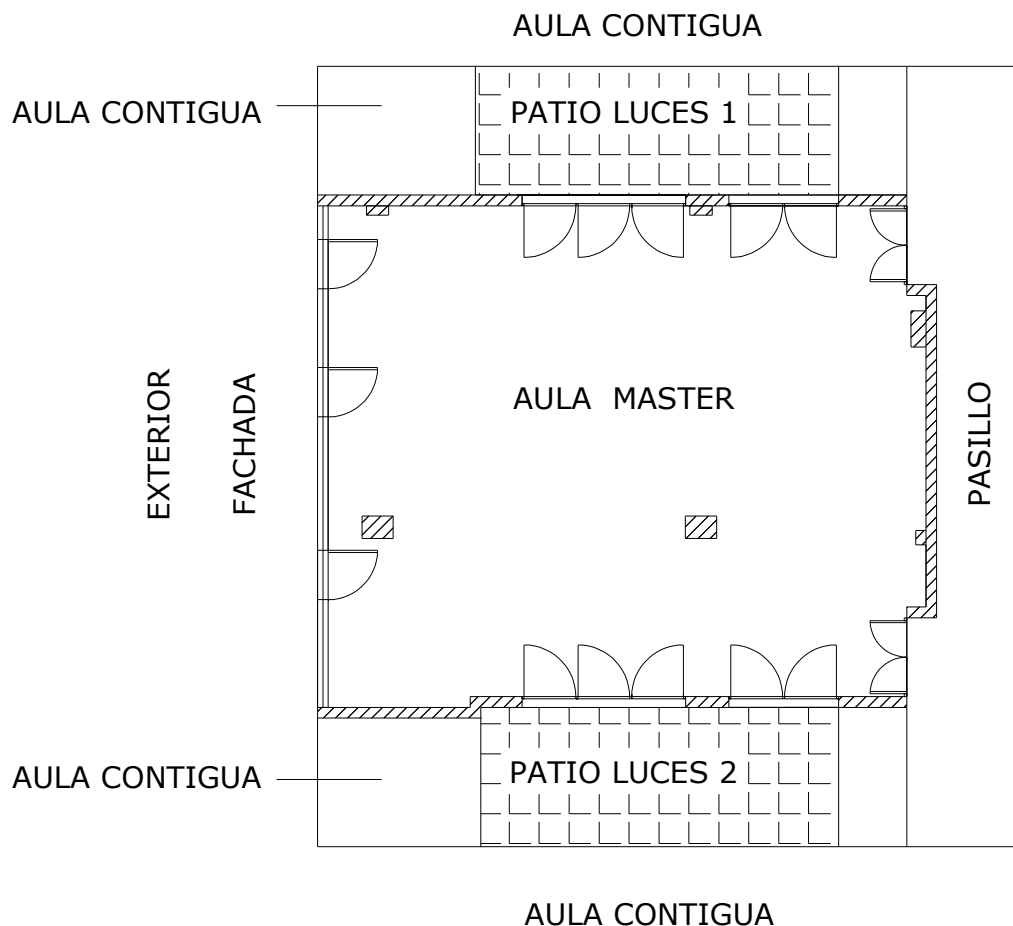


Ejemplo transmisión del sonido desde el exterior del aula



El interés de la elección de dicho tema como estudio de proyecto se viene referido al gran interés despertado por un tema que no se trata lo suficiente en la materia docente (como temario obligatorio) y que hoy en día con la entrada de la nueva normativa y del Código Técnico esta cogiendo un interés bastante elevado, y en el tema de nuevas edificaciones cada vez existen mas restricciones, para que el resultado final en las nuevas edificaciones sea una mejor calidad en la acústica del edificio y un mayor confort para el usuario.

Por lo que con las restricciones que hemos tenido a lo largo del curso, se ha decidido realizar un estudio acústico de un aula, escogida en el nuevo edificio de la Escuela de Ingeniería de la Edificación, denominada el Aula Master, situada en la primera planta del nuevo edificio de la escuela de Ingeniería de la Edificación, ya que su ubicación es ideal para realizar el estudio, al estar situada en el plano de fachada, tener algún aula contigua y pasillo para poder estudiar los diferentes casos de ruido exterior.



Para el inicio del trabajo hay que tener en cuenta unos conceptos básicos:

A la hora de evaluar la acústica de un aula destinada a la enseñanza, hay dos parámetros principales que determinarán su calidad: el tiempo de reverberación y la inteligibilidad.

El tiempo de reverberación (TR) es el tiempo que tarda un sonido en “dejar de ser perceptible” para el oyente. Es decir, si una aula tiene un tiempo de reverberación alto, cuando se esté produciendo un sonido y la fuente que lo genera cese, nosotros lo oiremos atenuarse durante un tiempo alto. Si por el contrario el aula tiene un tiempo de reverberación bajo, el sonido se atenuará rápidamente una vez finalice esta fuente. El tiempo de reverberación depende fundamentalmente de dos parámetros: el volumen de la sala y la absorción acústica de los materiales que la forman

$$TR = 0.16 * \text{Volumen} / (\text{Absorción} * \text{Área absorbente})$$

Salas con mayor volumen tendrán un TR más elevado, mientras que una mayor absorción reducirá el TR.

El tiempo de reverberación recomendado para las aulas escolares se encuentra comprendido entre 0.4 y 0.6 segundos.

La inteligibilidad nos indica cómo afecta la sala a las palabras emitidas por un orador dentro de ella. Existen diversos métodos para evaluarla, uno de los más utilizados es el método RASTI; que proporcionándonos un número comprendido entre 0 y 1, nos indicará la inteligibilidad del aula. Clasificamos los diferentes valores en:

Inteligibilidad	Índice RASTI
<i>Muy Pobre</i>	0 a 0.3
<i>Pobre</i>	0.3 a 0.45
<i>Aceptable</i>	0.45 a 0.60
<i>Buena</i>	0.60 a 0.75
<i>Excelente</i>	0.75 a 1

Para aulas escolares se recomienda cómo mínimo una inteligibilidad **Buena**.

Otros conceptos básicos:

Sonido: Es una alteración en presión, carga, desplazamiento de partículas o velocidad de partículas, que se propaga en un medio elástico, o también superposición de estas alteraciones.

Ruido: Todo sonido que sea calificado por quien lo recibe como algo molesto, indeseado, inoportuno o desagradable.

Ruido de fondo: el ruido de fondo en una sala es aquel que percibimos incluso cuando en ésta no se produce ninguna actividad. Proviene de espacios colindantes así como del exterior del edificio (calle, patio, etc...)

Absorbente acústico (o “material absorbente”): es aquel material que por sus propiedades físicas (porosidad, etc.) atenúa la energía sonora que en él incide. Así, por ejemplo, una pared recubierta de material absorbente atenuará más el sonido que una pared “desnuda”.

Aislamiento acústico: reducción del nivel sonoro que presenta un componente arquitectónico (pared, ventana, puerta, etc.). Una pared que presente un buen aislamiento, logrará que se transmita mucha menos energía sonora de un lado al otro de la misma. Si, por el contrario, presenta un aislamiento pobre, la actividad sonora producida a un lado de la pared será perceptible, y por tanto resultará molesta, en la dependencia contigua.

Acciones del sonido al incidir sobre una superficie:

- a) Transmisión: una parte de la energía del sonido incidente pasa al otro lado de la superficie (una pared, por ejemplo). La cantidad de sonido que llega al otro lado dependerá del aislamiento de la pared.
- b) Reflexión: el sonido incidente cambia su dirección al incidir sobre la superficie.
- c) Absorción: la superficie absorbe la energía del sonido.
- d) *Difusión*: el sonido se ve reflejado en múltiples direcciones.

Atenuación del sonido: la atenuación del sonido hace referencia a la disminución del nivel que éste soporta al propagarse por el medio (en nuestro caso el aire). Esta atenuación depende de la cantidad de energía que absorba el medio y de la distancia que separe emisor de receptor. Un medio más absorbente producirá una mayor atenuación de la energía sonora. Una distancia elevada entre emisor y receptor hará que el sonido se atenúe más, ya que el aire contribuye con su propia absorción. Por tanto, una mayor atenuación hará que el sonido llegue al receptor con menor intensidad (lo percibimos más débil), mientras que si hay poca atenuación, el sonido llegará con una intensidad parecida a la que tenía cuando ha sido generado.

Absorción acústica: Propiedad de un material o elemento utilizado en Arquitectura de absorber o no reflejar el sonido que incide sobre él.

Salvadora Reig García San Pedro

Bandas de octava: El término de bandas de octava se toma de una escala musical, se considera el intervalo entre dos sonidos que tienen una relación de frecuencias igual a 2 y que corresponde a ocho notas de dicha escala musical.

Eco: Es una onda reflejada con una intensidad y un retardo suficiente para poder percibirse de un modo cualquiera como una onda distinta de la transmitida directamente.

Eco titilante: Rápida sucesión de pequeños ecos, producida generalmente por dos superficies paralelas altamente reflectivas.

Frecuencia: Es el número de oscilaciones de una onda acústica senoidal ocurrida en el tiempo de un segundo. Es el equivalente a la inversa del período. Comúnmente se expresa en Hz (Hertz).

Fuente emisora del ruido: Toda actividad, proceso, operación o dispositivo que genere, o pueda generar, emisiones de ruido hacia la comunidad.

Nivel de presión sonora: Se expresa en decibeles (dB) y se define por la siguiente relación matemática: $NPS = 20 \text{ Log } (P1/P)$, en que P1 es el valor efectivo de la presión sonora medida, y P es el valor efectivo de la presión sonora de referencia, fijado en 2×10^{-5} [N/m²]

Resonancia: Fenómeno acústico producido por excesivos acabados reflejantes en un espacio.

RESEÑA HISTÓRICA

Con suficiente aproximación se puede afirmar que el siglo XIX es el que ve el nacimiento de la *escuela* como edificio, tal como hoy se concibe: esto es, un espacio arquitectónico no adaptado, si no creado específicamente para cumplir unos fines educativos. Los gobiernos de las naciones europeas propugnan la instrucción popular y como consecuencia de ello florecen las iniciativas disciplinares y la organización de cursos escolásticos, sobre todo en las ciudades pre-industriales, que con la inmigración de sus entornos rurales, ven crecer las preocupaciones de índole social, característica principal de este siglo.

La cristalización de las ideas propugnadas por diferentes reformadores sociales da lugar a la construcción de nuevas escuelas, aunque en un principio su arquitectura, sobre todo en las grandes ciudades, no distaba mucho del antiguo concepto eclesial, en cuanto al aspecto exterior y la distribución de espacios. Fundamentalmente constaban de una gran sala, en su interior, donde se colocaban los alumnos sin distinción de sexo ni edad, y la instrucción se impartía por un maestro y algún ayudante joven o alumno aventajado, si el grupo era muy numeroso. Cuando la cantidad de alumnos era excesiva para mantener la disciplina, se pensó en ir añadiendo nuevas salas, de menor tamaño (aulas), alrededor del espacio central original y separadas de éste mediante cortinas o puertas correderas.

He aquí los primeros esbozos de lo que será después la típica construcción escolar, con una amplia galería central iluminada cenitalmente, rodeada de espacios cerrados (aulas), una para cada grupo de alumnos. En sus etapas incipientes, la arquitectura escolar era más o menos una adaptación de otras formas de arquitectura sin que se prestara especial atención a las necesidades de la enseñanza. El diseño de edificios para escuelas adolecía de una preocupación pedagógica, o más bien faltaba la definición clara de lo que debía ser una escuela. Los arquitectos se limitaban a enfatizar la forma y el estilo, olvidándose de sus aspectos funcionales, lo que dio lugar a escuelas descomunales, con enormes corredores, imponentes vestíbulos, grandiosas columnas e inútiles parapetos. O a grandes cajas de ladrillo rojo, cubiertas por un techo inclinado, y subdivididas interiormente en cubículos más pequeños, que se llamaban aulas. Esta situación no fue únicamente debida al eclecticismo arquitectónico de la época, si no también en gran medida a la falta de definición, por parte de las autoridades, de conceptos pedagógicos y urbanísticos objetivos con un plan de estudios basado en aquellos.

El hecho de que los edificios escolares se convirtieran en una preocupación del gobierno, junto con la falta de colaboración entre el arquitecto, los maestros y la administración, sirvió para que su evolución fuese equivocada desde el principio. Como señala Roth “...ni los arquitectos, ni los maestros, ni las autoridades educativas tenían una comprensión clara de las tareas educativas que debían ejercer...”

Pero quizás por estos errores manifiestos, a partir de la segunda mitad del siglo XIX es la arquitectura norteamericana la que enarbola la bandera de la renovación arquitectónica, y en las postrimerías del siglo Louis Sullivan enunció un principio fundamental de la arquitectura moderna: *form follows function*. Esta nueva actitud de los arquitectos, junto con una planificación de las escuelas por barrio, una separación por grados en distintos edificios y una buena disposición administrativa, dan como fruto la construcción

ción de escuelas que ya no parecen palacios, y que están exentas de reminiscencias y semejanzas con la arquitectura del pasado. Son una escuela conformada como tal, su definición. Por el contrario, en Europa la aparición de un edificio-escuela diseñado como tal, no se conseguirá, si no con gran reticencia, en torno al año 1925. Con todo, la planificación escolar americana se vio abocada al fracaso por el crecimiento desenfrenado y caótico al que estaban sometidas las ciudades, que llegaba a limitar el espacio escolar, rodeándolo de edificios y calles ruidosas, puesto que no se tenía prevista una zona circundante donde ubicar las áreas de recreo y deporte al aire libre, por lo que se tenía que hacer uso de los patios centrales, si los hubiera, y/o de las terrazas de la azotea.

La situación inglesa fue similar a la estadounidense en las grandes ciudades, donde las escuelas adolecían de una preocupación por las condiciones higiénicas, en particular de la iluminación. En estos casos el fracaso se debe a un desinterés o falta de planificación general, debido quizás a que las inquietudes de la sociedad inglesa y americana estaban más centradas en la idea de la escuela como centro social de convivencia y no en un aspecto más formal como el de los alemanes, que son los precursores de la racionalización y ordenación extrema del espacio y del alumnado. Esta discrepancia es fácil de comprender si se reflexiona sobre los puntos de partida de cada uno:

- a) Los ingleses derivan de una cierta concepción de iglesia (no católica).
- b) Los americanos de un collage muy particular de características variopintas: un poco de templo ecuménico, un poco casa del pueblo, un poco sala de celebraciones.
- c) Mientras que los alemanes parten de una idea exterior ornamental, semejante a la de los edificios religiosos, y una concepción interior ordenada y adusta como la de los acuartelamientos.

En este mismo siglo XIX, Francia, España e Italia, países eminentemente católicos, no terminan de desprenderse de los modelos religiosos, puesto que el Estado, aunque consciente de su responsabilidad, no es capaz de hacer efectivo ninguno de los tímidos planes educativos nacionales que se propugnan en estos países. Hay que reconocer que la situación de principios de siglo, es deprimente, ya que las escuelas están ubicadas en lugares cualesquiera, como cobertizos, sacristías, granjas o a lo más en una pequeña construcción de planta baja con techo de teja con una cocina, la habitación del maestro y un aula, como se reconoce en algún decreto oficial de la época. Ni que decir tiene que tanto este decreto, como anteriormente la ley Moyano en España (1857), la ley Guizot en Francia (1833) y tantas otras, sólo tuvieron un valor puramente testimonial, una toma de postura que ayudó a producir la convergencia, a finales de siglo, de las demandas reales del pueblo llano con las teorías pedagógicas de la época y, por supuesto, con el compromiso real de la Hacienda pública.

Habría que resaltar también las controversias en cuanto al modelo arquitectónico aplicado en las construcciones escolares, en aquellos lugares que llegaron a realizarse. Las dos cuestiones principales planteadas fueron: por un lado una muy discutible necesidad de organización de orden interno, que propugna la separación de sexos, dividiendo rígidamente el edificio en dos partes bien diferenciadas. Y por otra las teorías higienistas, en donde la distribución del espacio queda en función del número de alumnos por superficie construida, el volumen de aire disponible por alumno, el problema de la iluminación del aula, los corredores, el diseño de los pupitres, etc...

Salvadora Reig García San Pedro

Como se puede constatar, dichos problemas indican ya la existencia de la escuela como un ente arquitectónico específico, y es esto lo que, de una manera u otra, va a hacer que ésta evolucione, aunque quizás muchos de estos problemas todavía no estén resueltos en la actualidad. En líneas generales, la arquitectura escolar evoluciona a la par de los avances urbanísticos de cada país y de su estabilidad política. Como sinopsis final del siglo XIX se podría decir que las cuestiones de higiene, marcaron, sin obligar, un determinado estilo: se tiende a escuelas con corredores de distribución con una sola fila de aulas, con lo que se tiene la posibilidad de elegir la mejor orientación posible; buenas condiciones de soleamiento, y por tanto una buena iluminación en aulas y pasillos, aunque con el precio a pagar de unos mayores costes en la construcción.

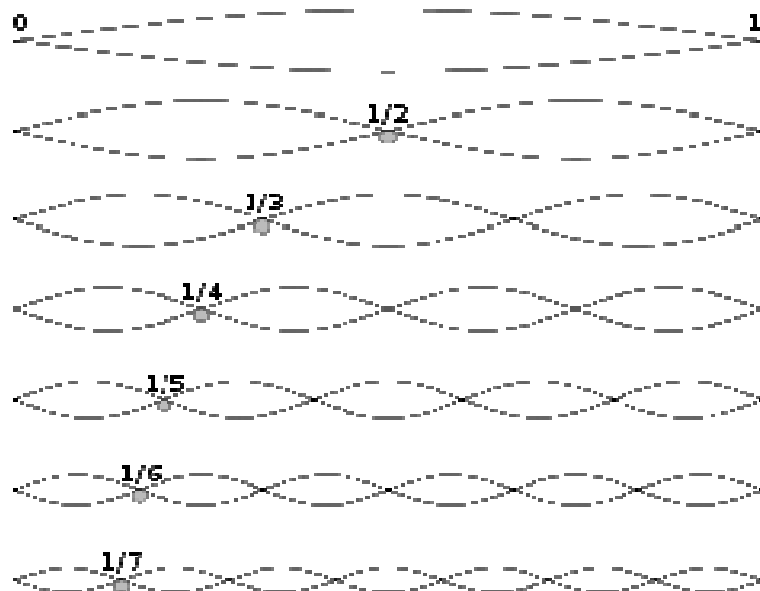
Otra tendencia es la desaparición gradual de la gran sala de central de entrada (hall), que algunas veces se convierte en gimnasio, aunque éste se tiende a ubicarlo en un lugar distinto y diferenciado. Como se verá, la existencia o no de hall queda con el tiempo en una opción estética, una manera clásica de resolver la necesidad de un punto de encuentro, una zona de preámbulo. En resumen, este es un siglo de transición, de despertares, de revolución social, de luces y sombras en donde se nos deja adivinar con esperanza lo que va a ser nuestra historia actual. A grandes rasgos, el siglo XX recoge y desarrolla, en el ámbito de la arquitectura escolar, las pretensiones del precedente, con marcadas diferencias en cuanto al estilo de actuación, puesto que tanto en cuestiones ideológicas, como políticas y sociales, es una época muy particular en el mundo occidental. Los estados acometen planes nacionales de educación, las comunicaciones se hacen cada vez más rápidas y efectivas, lo que da lugar a intercambios culturales muy frecuentes, y la ciencia y la tecnología se convierten, poco a poco, en elementos reales de hegemonía industrial y de dominación política. Y esto hace necesario, de alguna forma, que la educación en Occidente pase a un primer plano, en cuanto que se necesita disponer de “mano de obra” intelectual con gran premura. Es necesario remarcar, que lo que se pueda decir sobre la escuela se refiere a ésta en cuanto a insertada en el entorno urbano, dejando de lado lo que ocurre con las zonas rurales, que con los efectos de la creciente industrialización se tendrán olvidadas hasta días muy cercanos en la mayoría de los países, salvo en Francia donde el carácter marcadamente burgués de dichas zonas y con una economía relativamente equilibrada las hacía diferentes a las de otros países. La arquitectura escolar, a principios del siglo XX, se encuentra en un momento crítico. El reconocimiento definitivo por los Estados del hecho escolar, crea en sí mismo un compromiso que obliga a la acción inmediata de construir. Pero las ciudades crecen bajo ópticas urbanísticas alejadas de las necesidades de las escuelas y su entorno, salvo en los casos apuntados anteriormente; el pensamiento pedagógico no está unificado, ni parece lo estará nunca; las corrientes arquitectónicas son dispares, y por sí solos, los arquitectos no pueden solucionar un problema que ni siquiera está definido. Pero, por otro lado, nos encontramos con el resurgir de una filosofía pedagógica avanzada como es la de Maria Montessori, que es una reelaboración de las ideas de Rousseau y Pestalozzi, y donde se recuerda que el papel del maestro es el de educador, no un simple transmisor de conocimientos, cuestión en la que aún hoy en día se incide repetidamente. Tuvo gran influencia y fue de vital importancia su contribución en los preceptos pedagógicos oficiales. En estos, se propugna a que se tienda a escuelas abiertas en contacto con el exterior, y que este exterior sea un espacio natural, parques, jardines. Pero para ello hace falta primero que estos jardines existan de por sí dentro de la ciudad o que se tengan programados. De hecho ese fue uno de los grandes fracasos al principio, ya que los intereses económicos

Salvadora Reig García San Pedro

en la especulación del suelo siempre ha sido una de las mayores trampas en la que se ha visto envuelta la construcción de interés social. Otro problema, que debió afrontar esta visión pedagógica, es la falta de seriedad, o por decirlo de otra manera, la distancia económica que existe entre el proyecto político (declaración de intenciones) y su desarrollo posterior. La partida presupuestaria que exige la puesta en marcha y mantenimiento de un modelo educativo coherente, la mayoría de las veces es el talón de Aquiles de dicho proyecto. En fin, tras la primera guerra mundial la situación es desconcertante y donde cada país, en función de su economía va a emprender la aventura educativa con mayores o menores logros. En Alemania surgen movimientos reformadores en la arquitectura, como la *Neues Bauen*, o la *Bauhaus*, que destierran definitivamente el modelo escuela-convento o escuela-cuartel, apostando por un racionalismo mucho más social, tomando como base el *Schulhaus* (“casa-escuela”). A este tipo de escuelas se les conoce con el nombre de *Hallenschule*, puesto que las dependencias de la escuela se ubican en torno a un gran vestíbulo (hall) o aula magna que cumple una función pedagógica en tanto que favorece el contacto y la reunión entre todos los alumnos de la escuela, contraponiéndose a la escuela cuartel donde predominaban los corredores o pasillos, como ya se dijo anteriormente. Se puede decir que esta conjunción de la Bauhaus-Montessori, representa en Europa la piedra clave, para interpretar la escuela actual. También se puede decir que, salvo en España, en la década de los 40 se produce en el mundo occidental una arquitectura escolar igualitaria, bajo los siguientes preceptos. Como ya se apuntaba anteriormente, en las primeras décadas se afianza el distanciamiento de los edificios de tipología cuartelera, macizos y de grandes corredores mal iluminados (influencia alemana). Pero también se tiene cierta tendencia al abandono de la gran sala central superdimensionada, por otra más cercana a una sala de reuniones o aula magna (influencia inglesa). Más tarde, la escuela con grandes problemas en su inserción dentro de la trama urbana, ya sea por la propia aglomeración industrial, por el intrincado trazado medieval de las calles o por el propio fagocitismo de la especulación salvaje del suelo privado, va encontrando poco a poco su sitio y olvida la periferia rural como única posible solución, acomodando la ciudad a su entorno en todo lo posible. La escuela aparece como aglutinante de la vida social y cultural, y los estados la utilizan como signo de progreso y existen intentos, no del todo descabellados, de uso común de bibliotecas o aulas como lugares de actos sociales, de acercar la cultura y su fulgor de alguna manera a todas las clases sociales. En medio de estos avatares, las teorías científico-higienistas siguen avanzando, la continua preocupación en cuestiones de iluminación y aireación mejoran sensiblemente las condiciones de la vida escolar, y se destierra el hacinamiento que existía en la mayoría de establecimientos escolares. Se mejora el diseño del banco escolar, en la lucha para la prevención de la escoliosis. Pero esta cuestión en particular, es criticada por los pedagogos más avanzados, en cuanto que el banco es una forma de constreñir los movimientos de los escolares. De igual forma se establece también una corriente en cuanto a la no compartimentación de las aulas, abogando por la libertad de asociacionismo y cooperación entre los estudiantes, con la explícita intención de abolir esa especie de régimen carcelario en el que puede desembocar una interpretación rígida del ambiente escolar en un aula, que confunde la simple atención de los alumnos con la disciplina, y la necesidad de aislamiento en algunas tareas de la enseñanza con el muro conventual.

PRIMEROS TRABAJOS - INVESTIGADORES FÍSICOS

La Acústica tiene su origen en la Antigua Grecia y Roma, entre los siglos VI a. C. y I d. C. Comenzó con la música, que se venía practicando como arte desde hacía miles de años, pero no había sido estudiada de forma científica hasta que Pitágoras se interesó por la naturaleza de los intervalos musicales. Quería saber por qué algunos intervalos sonaban más bellos que otros, y llegó a respuestas en forma de proporciones numéricas. Aristóteles (384 a 322 a. C.) comprobó que el sonido consistía en contracciones y expansiones del aire "cayendo sobre y golpeando el aire próximo", una buena forma de expresar la naturaleza del movimiento de las ondas. Alrededor del año 20 a. C., el arquitecto e ingeniero romano Vitruvio escribió un tratado sobre las propiedades acústicas de los teatros, incluyendo temas como la interferencia, los ecos y la reverberación; esto supuso el comienzo de la acústica arquitectónica.



Sobretonos de una cuerda vibratoria. Pitágoras fue el primero en documentar el estudio de este fenómeno.

La comprensión de la física de los procesos acústicos avanzó rápidamente durante y después de la Revolución Científica. Galileo (1564-1642) y Mersenne (1588-1648) descubrieron de forma independiente todas las leyes de la cuerda vibrante, terminando así el trabajo que Pitágoras había comenzado 2000 años antes. Galileo escribió "Las ondas son producidas por las vibraciones de un cuerpo sonoro, que se difunden por el aire, llevando al tímpano del oído un estímulo que la mente interpreta como sonido", sentando así el comienzo de la acústica fisiológica y de la psicológica.

Salvadora Reig García San Pedro

Vicente Gómez Lozano

Entre 1630 y 1680 se realizaron mediciones experimentales de la velocidad del sonido en el aire por una serie de investigadores, destacando de entre ellos Mersenne. Mientras tanto, Newton (1642-1727) obtuvo la fórmula para la velocidad de onda en sólidos, uno de los pilares de la física acústica (Principia, 1687).

El siglo XVIII vio grandes avances en acústica a manos de los grandes matemáticos de la era, que aplicaron nuevas técnicas de cálculo a la elaboración de la teoría de la propagación de las ondas. En el siglo XIX, los gigantes de la acústica eran Helmholtz en Alemania, que consolidó la acústica fisiológica, y Lord Rayleigh en Inglaterra, que combinó los conocimientos previos con abundantes aportaciones propias en su monumental obra "La teoría del sonido". También durante ese siglo, Wheatstone, Ohm y Henry desarrollaron la analogía entre electricidad y acústica.

Durante el siglo XX aparecieron muchas aplicaciones tecnológicas del conocimiento científico previo. La primera fue el trabajo de Sabine en la acústica arquitectónica, seguido de muchos otros. La acústica subacuática fue utilizada para detectar submarinos en la Primera Guerra Mundial. La grabación sonora y el teléfono fueron importantes para la transformación de la sociedad global. La medición y análisis del sonido alcanzaron nuevos niveles de precisión y sofisticación a través del uso de la electrónica y la informática. El uso de las frecuencias ultrasónicas permitió nuevos tipos de aplicaciones en la medicina y la industria. También se inventaron nuevos tipos de transductores (generadores y receptores de energía acústica).

METODOS UTILIZADOS PARA MEJORAR LA ACUSTICA

IDEA BÁSICA:

Aislar supone impedir que un sonido penetre en un medio o que salga de él. Por ello, para aislar, se usan tanto materiales absorbentes, como materiales aislantes. Al incidir la onda acústica sobre un elemento constructivo, una parte de la energía se refleja, otra se absorbe y otra se transmite al otro lado. El aislamiento que ofrece el elemento es la diferencia entre la energía incidente y la energía transmitida, es decir, equivale a la suma de la parte reflejada y la parte absorbida. Existen diversos factores básicos que intervienen en la consecución de un buen aislamiento acústico:

Factor másico. El aislamiento acústico se consigue principalmente por la masa de los elementos constructivos: a mayor masa, mayor resistencia opone al choque de la onda sonora y mayor es la atenuación. Por esta razón, no conviene hablar de aislantes acústicos específicos, puesto que son los materiales normales y no como ocurre con el aislamiento térmico.

Factor multicapa. Cuando se trata de elementos constructivos constituidos por varias capas, una disposición adecuada de ellas puede mejorar el aislamiento acústico hasta niveles superiores a los que la suma del aislamiento individual de cada capa, pudiera alcanzar. Cada elemento o capa tiene una frecuencia de resonancia que depende del material que lo compone y de su espesor. Si el sonido (o ruido) que llega al elemento tiene esa frecuencia producirá la resonancia y al vibrar el elemento, producirá sonido que se sumará al transmitido. Por ello, si se disponen dos capas del mismo material y distinto espesor, y que por lo tanto tendrán distinta frecuencia de resonancia, la frecuencia que deje pasar en exceso la primera capa, será absorbida por la segunda.

Factor de disipación. También mejora el aislamiento si se dispone entre las dos capas un material absorbente. Estos materiales suelen ser de poca densidad (30 kg/m^3 - 70 kg/m^3) y con gran cantidad de poros y se colocan normalmente porque además suelen ser también buenos aislantes térmicos. Así, un material absorbente colocado en el espacio cerrado entre dos tabiques paralelos mejora el aislamiento que ofrecerían dichos tabiques por sí solos. Un buen ejemplo de material absorbente es la lana de roca, actualmente el más utilizado en este tipo de construcciones.

La reflexión del sonido puede atenuarse también colocando una capa de material absorbente en los paramentos de los elementos constructivos, aunque estas técnicas pertenecen más propiamente al ámbito de la acústica.

Mejoras de la acústica en aulas existentes

Muchos de los aspectos anteriormente comentados no fueron tenidos en cuenta en el momento de la construcción de aulas ya existentes, apareciendo, pues, deficiencias en su calidad acústica. A continuación se exponen algunas soluciones que ayudarán a mejorar esta acústica.

Mejorar el aislamiento:

El aislamiento es, en la mayoría de los casos, el punto débil en las aulas escolares. Conseguir que el ambiente ruidoso de patios, calle y pasillos no interfiera en la actividad docente dentro del aula, será, como hemos dicho, el objetivo principal. Debemos medir el sonido de fondo del aula para determinar si es necesario reforzar el aislamiento existente. Debido a que en pocos casos podremos modificar las paredes, nos centraremos en evitar la existencia de aberturas y otros caminos secundarios para el sonido, que anulen el aislamiento existente. Tendremos que vigilar, especialmente:

Buen cierre de las puertas. Evitar que queden rendijas una vez la puerta esté cerrada. Un buen ajuste con el suelo y con el marco mejorará significativamente el aislamiento acústico de la puerta.

Buen cierre de ventanas. Igual que en el caso anterior hay que asegurarse que una vez cerrada la ventana no quede ninguna abertura. Se recomienda doble cristal con el fin de reforzar el aislamiento para el ruido de la calle/patio

Aislamiento de las cajas de persianas. Habrá que tratarlas acústicamente, añadiéndoles un material absorbente y asegurándose que las uniones con la ventana y fachada sean buenas, con el fin de evitar que anulen un buen aislamiento general de la pared. Muchas veces se realizan movimientos de mesas y sillas, como por ejemplo al finalizar la clase, etc. Estos movimientos hacen que al ser arrastradas, generen al denominado **ruido de impacto**. Este ruido, además de resultar molesto donde se genera, viaja principalmente hacia el piso inferior. Una solución muy eficaz para reducir el ruido de impacto consiste en colocar punteras de caucho o goma en sus patas, consiguiendo, así, reducir el ruido producido, tanto en la misma aula, como el que se transmitiría hacia el piso inferior.

Acondicionamiento acústico para ajustar el tiempo de reverberación. Instalación de un falso techo absorbente para reducir el TR.

Instalación de punteras de caucho en las patas de mesas y sillas para reducir el sonido de impacto.

Tratamiento acústico del aula:

En primer lugar, tenemos que determinar cual es el tiempo de reverberación de nuestra aula mediante una medida *in situ*. En el caso de que éste sea superior a los márgenes deseados tendremos que reducirlo, para ello añadiremos absorción. Con un tratamiento acústico adecuado en el techo, podemos ajustar considerablemente el tiempo de reverberación. La solución más eficaz será la instalación de un falso techo mediante paneles que se montan sobre unas guías suspendidas en el techo, y cuya cavidad (o *plénium*) se puede también rellenar de material absorbente.

Tal y como hemos visto, el tiempo de reverberación depende tanto del volumen de la sala como de la cantidad de absorción que presenta. Así pues, el falso techo no solo reducirá el TR debido a que aporta más absorción al aula, sino que también implica una reducción del volumen de esta (el nuevo techo absorbente estará más bajo que el techo original del aula).

Existen diferentes disposiciones de techo absorbente, en función de:

- Material del que estén hechos los paneles absorbentes
- Distancia a la que se coloquen del techo original
- Material absorbente con el que se rellene la cavidad

MATERIALES MÁS USUALES EN LA PROTECCIÓN ACÚSTICA ACTUAL

La elección de los materiales más adecuados a utilizar como revestimientos es esencial para la obtención de un buen diseño acústico de un recinto.

Dependiendo a que se destinen los espacios a diseñar, resulta necesario potenciar la aparición de primeras reflexiones (caso de teatros y salas de conciertos), conseguir una buena difusión del sonido (exclusivamente caso de salas de conciertos), y/o por el contrario conseguir la absorción del sonido (pubs, discotecas, restaurantes, fabricas).

Por lo tanto podríamos clasificar los materiales según los efectos que los mismos producen sobre la energía sonora:

MATERIALES ACÚSTICOS ABSORBENTES (Actúan sobre la componente del sonido reflejado)

- Materiales absorbentes porosos
- Materiales absorbentes selectivos, o resonadores.

MATERIALES AISLANTES ACÚSTICOS (disminución de energía sonora)

MATERIALES ACÚSTICOS ABSORBENTES

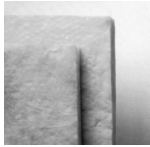
- Materiales absorbentes porosos

Poseen la capacidad de disminuir la cantidad de energía reflejada. Mecanismo de absorción radica en transformar la energía acústica principalmente en calorífica por medio de procesos de fricción interna.

La absorción del sonido es propia de todos los materiales porosos, siempre y cuando los poros sean accesibles desde el exterior. Normalmente tales materiales están formados por sustancias fibrosas o granulares a las que se les confiere un grado suficiente de compacidad a través de un proceso de prensa o de tejeduría.

La absorción por los materiales fibrosos es más alta para las frecuencias agudas que para las frecuencias bajas.

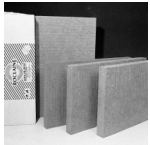
Los materiales absorbentes comerciales de este tipo se manufacturan básicamente a partir de:



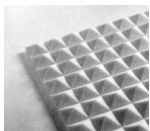
○ Lana de vidrio

Material absorbente a base de lana de vidrio (paneles PI-256 de Isover, Cristalería Española, S.A.)

○ Lana mineral

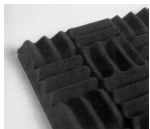


Material absorbente a base de lana mineral (paneles BX Spintex de Roclaine, Cristalería Española, S.A.)



○ Espuma a base de resina de melamina

Material absorbente a base de espuma de resina de melamina (Illsonic Pirámide de Illbruck, distribuido por Macco, S.L.)



○ Espuma de poliuretano

Material absorbente a base de espuma de poliuretano (Illsonic Sonex de Illbruck, distribuido por Macco, S.L.)

Factores condicionantes de la absorción acústica

a) Incremento espesor del material:

Aumentar la absorción para todas las frecuencias.

Un incremento hacia bajas frecuencias del rango de frecuencias absorbidas.

b) Separación del material absorbente respecto al tabique base.

c) La densidad.

Resulta muy poco determinante en la absorción del sonido, esta propiedad ha de seleccionarse en función de su influencia en las propiedades de resistencia mecánica del material

Salvadora Reig García San Pedro

Vicente Gómez Lozano

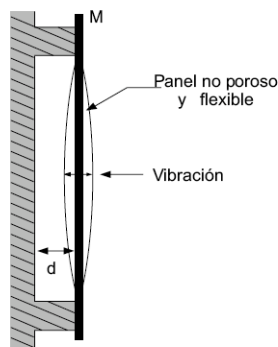
- **Materiales absorbentes selectivos, o resonadores.**

Si se pretende obtener una gran absorción a frecuencias bajas con objeto de reducir sustancialmente los valores del tiempo de reverberación, es preciso hacer uso de absorbentes selectivos o resonadores, que extraen energía del campo acústico de manera selectiva en una banda de frecuencias determinada (generalmente, está situada por debajo de los 500 Hz). Dicha frecuencia recibe el nombre de frecuencia de resonancia, y depende de las características tanto físicas como geométricas del resonador.

Los resonadores pueden utilizarse de forma independiente, o bien, como complemento a los materiales absorbentes.

Básicamente, existen los siguientes tipos de resonadores:

- Resonador de membrana o diafragmático. Placa de material no poroso y flexible colocada a una distancia sobre el elemento constructivo que vibra al incidir sobre ella una onda acústica, que es transformada en energía dinámica, pérdidas internas debidas a la deformación y pérdidas por puntos de fricción en los sujeción.



Esquema básico de un resonador de membrana o diafragmático

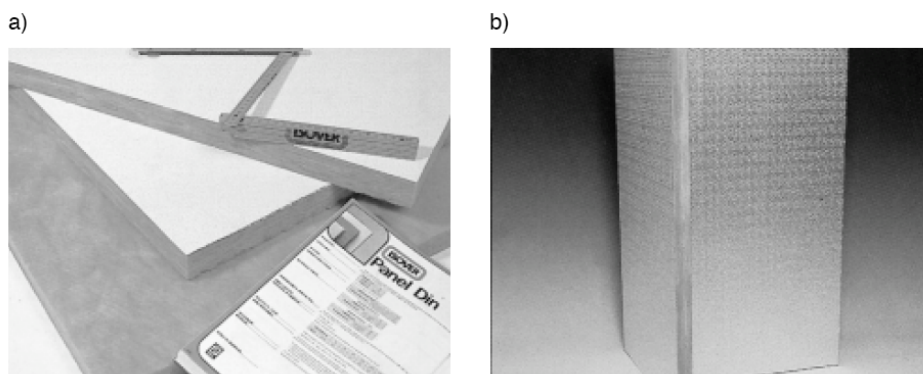


Fig. 2.32 Resonador de membrana formado por un material absorbente recubierto: a) con una película de PVC. (Panel DIN de Isover, Cristalería Española, S.A.); b) con un complejo de papel Kraft aluminio (Panel ALUMISOL de Isover, Cristalería Española, S.A.)

○ Resonador simple de cavidad (Helmholtz)

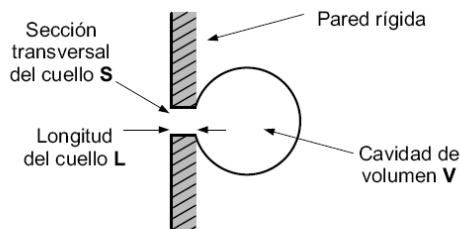


Fig. 2.34 Esquema básico de un resonador simple de cavidad (Helmholtz) montado en una pared

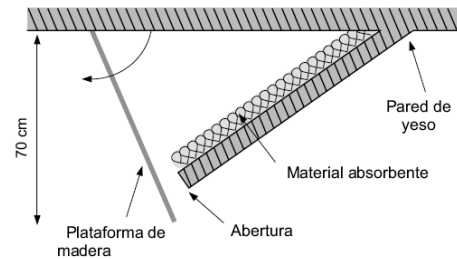


Fig. 2.38 Corte transversal del tipo de resonador simple de cavidad (Helmholtz) instalado en la Berlin Philharmonie (Alemania)

○ Resonador múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de paneles perforados o ranurados. Panel con perforaciones que permite una absorción frecuencial selectiva dependiendo de factores como su espesor, profundidad de la cámara posterior y el porcentaje de superficie perforada.

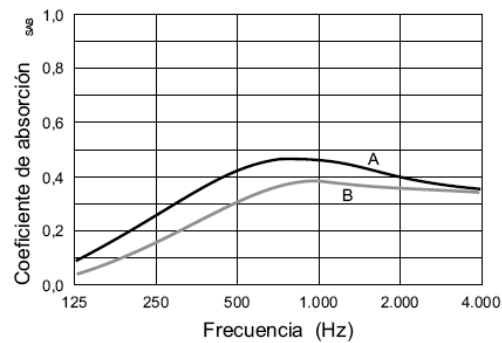
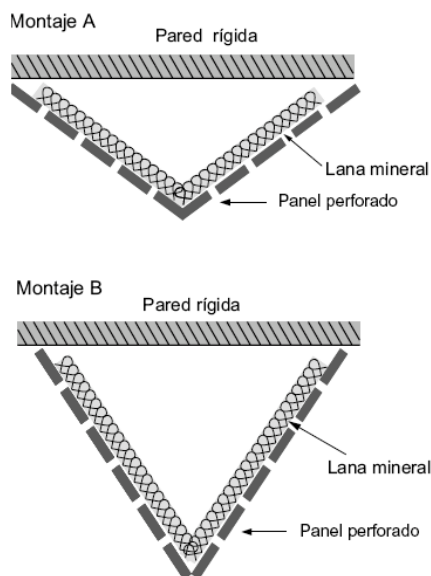


Fig. 2.45 Ejemplos de resonador múltiple formado por dos tramos de panel perforado con lana mineral en su parte posterior junto con sus correspondientes curvas de absorción

○ Resonador múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de listones.

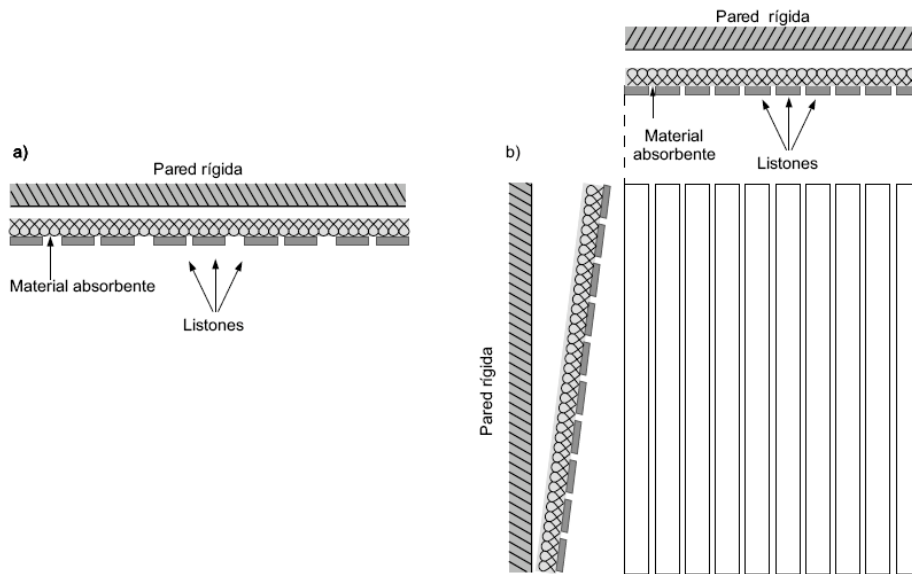
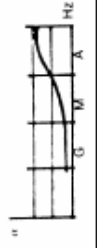
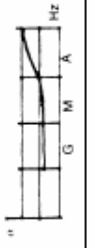


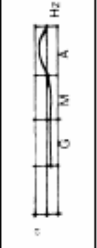
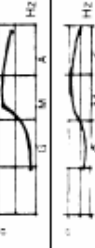

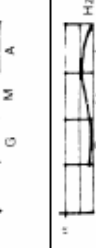

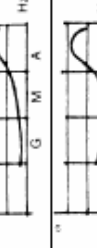





Fig. 2.53 Resonador múltiple a base de: a) listones no equiespaciados; b) listones equiespaciados con cavidad de aire de profundidad variable

Tabla resumen materiales absorbentes acústicos.

NATURALEZA	ASPECTO	FORMA DE COLOCACION	PROCESO DE ABSORCIÓN	VALOR ACÚSTICO RELATIVO	OBSERVACIONES
Placas de fibras minerales comprimidas. • Lana de roca. • Lana de vidrio.	Placas rígidas con superficie uniforme o fisurada o ranurada.	Encoladas.	La absorción es debida a la porosidad de las placas.		Estos materiales son imputrescibles y no combustibles. Pueden encolarse sobre paramentos verticales. No es conveniente pintar estas placas, salvo, eventualmente, con pintura al agua que no tape los poros.
		Suspendidas.	Al efecto de porosidad se añade un efecto de diafragma que aumenta la absorción de los graves.		
Placas de fibras minerales poco comprimidas con una lamina plástica. • Lana de vidrio.	Placas semirrígidas autoportantes.	Suspendidas.	La absorción es debida a la porosidad y al efecto diafragma de la placa suspendida. La película plástica modera la absorción de los agudos en favor de los medios.		Estos materiales son interesantes por su poder absorbente casi uniforme. Imputrescible y no combustible.
		Encoladas.	La absorción es debida a la porosidad.		
Placas de fibras vegetales comprimidas. • Fibra de madera. • Fibra de caña de azúcar. • Paja, caña.	Superficie uniforme fisurada, estríada, ranurada o perforada.	Suspendidas.	La absorción es debida a la porosidad y al efecto de diafragma.		Es un material combustible. Es conveniente no pintarlas. Pueden encolarse sobre paramentos verticales.
		Encoladas o clavadas.	La absorción es debida a los grandes poros del material.		
Placas de fibras de madera Enrejados o tejidos.	Fibras de madera aglomeradas con cemento. El aspecto es poco decorativo si queda a cara vista.	Suspendidas.	La absorción aumenta por el efecto de diafragma.		El poder absorbente aumenta con el espesor. Solo pueden aplicarse sobre paramentos planos. Es un material combustible.
		Suspendidos o fijados sobre armadura.	Se obtiene el resultado que corresponde al material que recubren. Una placa de lana de vidrio colocada sobre un tejido de gran malla da el resultado de la lana de vidrio.		
Poliestireno expandido.	Placas blancas.	Encoladas.	Las células están cerradas y la porosidad tiene poco efecto.		Pueden ser colocados en revestimientos de muros con materiales combustibles, pero pueden ignifugarse. Solo el poliestireno cortado mecánicamente tiene una ligera eficacia. Es un material combustible
		Suspendidas.	Efecto de membrana ligera.		
Proyecciones de fibras minerales.	Superficie rugosa irregular		Absorción por porosidad.		El revestimiento es bastante frágil, se debe proyectar sobre superficies accesibles para poder efectuar reparaciones
			Eficaz solamente en frecuencias agudas.		
Enlucidos porosos con base de yeso, vermiculita.	Pueden teñirse en la masa.		Eficacia débil y sobre todo en los graves y medios.		
			Colorido variado.		

MATERIALES AISLANTES ACÚSTICOS

La función de los materiales aislantes acústicos es reflejar la mayor parte de la energía que reciben.

Deben ser materiales pesados, flexibles y continuos para obtener el máximo rendimiento de su peso.

Se utilizan para atenuar el paso del ruido entre ambientes distintos en suelos, paredes y techos

Los materiales usados generalmente en la construcción como hormigón, terrazo, acero, etc. son lo suficientemente rígidos y no porosos como para ser buenos aislantes.

También actúan como un gran y eficaz aislante acústico, las cámaras de aire (un espacio de aire hermético) entre paredes. Si se agrega, además, material absorbente en el espacio entre los tabiques (por ejemplo, celulosa, lana de roca o lana de vidrio), el aislamiento mejora todavía más. Para un efectivo aislamiento acústico, también es importante la densidad del material absorbente instalado en la cámara. El caucho y los elastómeros son materiales capaces de amortiguar el sonido.

Selección de materiales existentes actualmente en el mercado destinados al aislamiento acústico.

Paneles multicapa:

Son productos diseñados específicamente para el aislamiento acústico a ruido aéreo. Están compuestos por Membranas Acústicas y materiales absorbentes de distintos rendimientos. Se usan indistintamente para el aislamiento de muros y techos tanto en vivienda como en locales comerciales.

Membrana acústica:

Son láminas de asfalto modificadas para conseguir un mayor rendimiento acústico. Su gran densidad y plasticidad le permiten actuar como sustituto de las planchas de plomo, cuyo uso está prohibido actualmente, permitiendo una gran atenuación del ruido de baja frecuencia producido por la resonancia entre paneles de yeso laminar.

Laminas para ruido de impacto:

Son láminas flexibles de polietileno reticulado no espumado. Se utilizan sobre el forjado, antes de verter la solera o recrecido de mortero, para atenuar el ruido de impacto en viviendas, hospitales, hoteles y en general en todo tipo de edificio.

Salvadora Reig García San Pedro

Vicente Gómez Lozano

-23-

EVOLUCIÓN DE LAS NORMATIVAS COMUNITARIA, NACIONAL E INTERNACIONAL EMITIDAS AL RESPECTO. NORMATIVA ACTUAL DE APLICACIÓN. RESUMEN.

NORMATIVA INTERNACIONAL

<http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/iso1999.htm>

Estimación del riesgo auditivo mediante la Norma Internacional ISO 1999

ISO es la sigla en inglés de International Organization for Standardization, es decir, Organismo Internacional de Normalización. Esta institución agrupa institutos nacionales como nuestro IRAM (Instituto Argentino de Normalización), y emite normas internacionales luego de someterlas a la votación de sus miembros. Estas normas son el resultado del trabajo de diversos comités técnicos, en los que participan representantes de los diversos organismos nacionales. Una vez que un comité elabora un borrador (draft), el mismo pasa a consideración de sus miembros, y finalmente a votación. Los procedimientos de aprobación son severos, requiriéndose una mayoría especial del 75% para que un borrador se transforme en Norma.

Las normas internacionales, de igual modo que las nacionales, son de adhesión voluntaria, vale decir que constituyen bases para un compromiso o acuerdo explícito o implícito entre dos o más partes. Sin embargo, en muchas oportunidades pasan a formar parte de legislaciones de alcance local, nacional o internacional.

Las normas correspondientes a acústica son preparadas y discutidas por el comité técnico ISO/TC 43 Acoustics, que ha emitido una considerable cantidad de normas internacionales. Muchas de las normas establecen procedimientos de medición que garanticen resultados correctos y repetibles cuando los mismos son aplicados por diversas personas o laboratorios. Otras normas, como la que nos ocupa, se refieren a los efectos esperables cuando se aplican determinados estímulos al ser humano. Para su trabajo, este comité reúne resultados de numerosos trabajos científicos, los compara y compatibiliza, obteniendo relaciones que gocen del máximo consenso o acuerdo posible en un determinado estado de avance del conocimiento sobre el asunto considerado.

Salvadora Reig García San Pedro

Vicente Gómez Lozano

-24-

Norma Internacional ISO 1999

Esta Norma Internacional, denominada "Acústica – Determinación de la exposición a ruido laboral y estimación de la pérdida auditiva inducida por ruido", presenta una relación estadística entre la exposición a ruido y el desplazamiento permanente del umbral auditivo. Debido a la imposibilidad ética de experimentar intencionalmente con la audición humana, por ejemplo induciendo pérdidas auditivas por exposición a ruidos controlados, los científicos recurrieron a reunir grandes cantidades de datos obtenidos de situaciones de exposición a ruidos de carácter laboral. La gran diversidad de situaciones inspeccionadas ha permitido efectuar correlaciones de gran significación estadística, las cuales a su vez constituyen en su conjunto la fuente a partir de la cual se ha elaborado esta Norma. Aun cuando los datos se obtuvieron en condiciones laborales, con ciertos cuidados son extrapolables a otros ruidos no laborales.

La Norma ISO 1999 tiene dos ediciones, de las cuales, como sucede siempre, la que tiene vigencia es la más reciente (1990). La diferencia entre ambas es que en la edición original (1975) se establecía un criterio para valorar el riesgo auditivo, es decir, se proporcionaba una definición de pérdida auditiva global en función de las características de la exposición. Ello implica tomar ciertas decisiones en cuanto a lo que se considera aceptable. Así, un criterio permisivo consideraría que una pérdida promedio de 30 dB no implica deterioro de la audición, mientras que un criterio más exigente podría imponer un límite de 10 dB en todas las frecuencias. La nueva edición, en cambio, se limita a decir cuál es el desplazamiento del umbral esperable ante determinadas condiciones de exposición, dejando a cada usuario la responsabilidad de definir cuánto se considera aceptable y cuánto no.

Referencias

ISO 1999:1990 (E). "Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment". International Organization for Standardization, Genève, Suiza, 1990.

ISO 7029:1984 (E). "Acoustics – Threshold of hearing by air conduction as a function of age and sex for otologically normal persons". International Organization for Standardization, Genève, Suiza, 1984.

NORMATIVA EUROPEA

<http://acústica.net/normativa/u-europea/normativa-europea/>

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION – CENORM

Europa - European Commission's Green Paper on Future Noise Policy

Europa - Noise Policy News in Europe

IEC - CEI - International Electrotechnical Commission

SO WWW Server query - Normas de Acústica

MERCOSUR

LEGISLACIÓN COMUNITARIA EN MATERIA DE RUIDO

•**Directiva 2000/14 CE** relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre emisiones sonoras en el entorno debidas a la máquinas de uso al aire libre

•**Directiva 2005/88/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo de 14 de diciembre de 2005 por la que se modifica la Directiva 2000/14/CE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre emisiones sonoras en el entorno debidas a las máquinas de uso al aire libre

•**Directiva 2002/30 CE** sobre el establecimiento de normas y procedimientos para la introducción de restricciones operativas relacionadas con el ruido en los aeropuertos comunitarios.

•**Directiva 2002/49/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental

La presente Directiva se aplicará al ruido ambiental al que estén expuestos los seres humanos en particular en zonas urbanizadas, en parques públicos u otras zonas tranquilas en una aglomeración, en zonas tranquilas en campo abierto, en las proximidades de centros escolares y en los alrededores de hospitales, y en otros edificios y lugares vulnerables al ruido.

Ley del ruido (Desarrollo) RD. 1367

La Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, que incorpora parcialmente al derecho interno las previsiones de la citada Directiva, regula la contaminación acústica con un alcance y un contenido más amplio que el de la propia Directiva, ya que, además de establecer los parámetros y las medidas para la evaluación y gestión del ruido ambiental, incluye el ruido y las vibraciones en el espacio interior de determinadas edificaciones. Asimismo, dota de mayor cohesión a la ordenación de la contaminación acústica a través del establecimiento de los instrumentos necesarios para la mejora de la calidad acústica de nuestro entorno.

Así, en la citada Ley, se define la contaminación acústica como «la presencia en el ambiente de ruido o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine que implique molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, incluso cuando su efecto sea perturbar el disfrute de los sonidos de origen natural, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente».

- Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 6 de febrero de 2003 sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido)

LEGISLACIÓN ESTATAL EN MATERIA DE RUIDO

- Real Decreto 2414/1961**, de 30 de noviembre por el que se aprueba el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas.

- O.M. de 15 marzo de 1963** que da instrucciones Complementarias para la aplicación del Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas.

- C.T.E. DB HR Protección frente al ruido.**

Este Documento Básico (DB) tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de protección frente al ruido. La correcta aplicación del DB supone que se satisface el requisito básico "Protección frente al ruido".

Corrección de errores del 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.

Salvadora Reig García San Pedro

Vicente Gómez Lozano

- Real Decreto 1131/1988** por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302 986 de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Real Decreto 1513/2005**, de 16 de diciembre de desarrollo de la Ley del Ruido, en lo referente a evaluación y gestión del ruido ambiental.
- Real Decreto 1367/2007**, de 19 de octubre, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- RD 286/2006** sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

Corrección de erratas del RD 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

Regulación del control metrológico de medidores y calibradores acústicos (BOE 03/10/2007).

Corrección de la Orden sobre control metrológico de medidores y calibradores acústicos Orden ITC/2845/2007, de 25 de septiembre, por la que se regula el control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos.

Borrador del catálogo de elementos constructivos CTE DB-HR.

LEY 7/2002, de 3 de diciembre, de la Generalitat Valenciana, de Protección contra la Contaminación Acústico

La presente ley tiene por objeto prevenir, vigilar y corregir la contaminación acústica en el ámbito de la Comunidad Valenciana para proteger la salud de sus ciudadanos y mejorar la calidad de su medio ambiente.

[hhh://www.acusticarq.com/upload/contents/](http://www.acusticarq.com/upload/contents/)

Ordenanza municipal de protección contra la contaminación acústica.

La presente ordenanza tiene por objeto prevenir, vigilar, y corregir la contaminación acústica en sus manifestaciones más representativas (ruidos y vibraciones), en el ámbito territorial del municipio de Valencia, para proteger la salud de sus ciudadanos y mejorar la calidad de su medio ambiente.

Salvadora Reig García San Pedro

Vicente Gómez Lozano

**ESTUDIO ACUSTICO DEL AULA MASTER DEL
NUEVO EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERIA
DE LA EDIFICACION**

Salvadora Reig García San Pedro

Vicente Gómez Lozano

PARÁMETROS DE AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO. NORMATIVA. DEFINICIONES.

UNE-EN ISO-4: 1998: MEDICIÓN IN SITU DEL AISLAMIENTO AL RUIDO AÉREO ENTRE LOCALES

Esta normativa tiene por objeto medir las propiedades de aislamiento acústico al ruido aéreo de las paredes interiores, de los techos y de las puertas entre dos recintos en condiciones de campo sonoro difuso, en función de la frecuencia, que se transformará en un valor único para caracterizar las propiedades acústicas del local.

UNE-EN ISO-5: 1998: MEDICIÓN IN SITU DEL AISLAMIENTO AL RUIDO AÉREO DE ELEMENTOS DE FACHADAS Y DE FACHADAS.

Con esta normativa se pretende medir las propiedades de aislamiento acústico al ruido aéreo de las fachadas o elementos de las mismas entre interior y exterior en condiciones de campo sonoro difuso, en función de la frecuencia, para caracterizar las propiedades acústicas del local.

UNE-EN ISO140-7: 1998: MEDICIÓN IN SITU DEL AISLAMIENTO DE SUELOS AL RUIDO DE IMPACTO.

Aplicado tanto a suelos desnudos como a suelos con recubrimientos, sus resultados sirven para comparar las propiedades de aislamiento al ruido de impactos de suelos.

DEFINICIONES DE LOS PARÁMETROS EMPLEADOS SEGÚN LOS DISTINTOS DOCUMENTOS NORMATIVOS.

NIVEL MEDIO DE PRESIÓN SONORA EN UN RECINTO, L : es la suma energética de niveles de presión sonora en distintas posiciones j dentro de un recinto.

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

DIFERENCIA DE NIVELES, D : $D=L1-L2$,

Donde $L1$ es la medida del nivel de presión sonora en el recinto donde se sitúa el emisor y $L2$ en el recinto receptor.

DIFERENCIA DE NIVELES ESTANDARIZADA, D_{nT} : es la diferencia de niveles correspondiente a un valor de referencia del tiempo de reverberación en el recinto receptor.

$$D_{nT} = D - 10 \cdot \log \frac{T}{T_0} \text{ dB}$$

Donde D es la diferencia de niveles, T es el tiempo de reverberación en el recinto receptor y T_0 es el tiempo de reverberación de referencia, que para viviendas es 0'5 s.

La estandarización de la diferencia de niveles respecto a un tiempo de reverberación de 0'5 s tiene en cuenta que en habitaciones amuebladas se ha encontrado que el tiempo de reverberación es razonablemente independiente del volumen y la frecuencia, siendo aproximadamente igual a 0'5 s.

PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Las mediciones in situ de aislamiento acústico al ruido aéreo se hacen en bandas de tercio de octava, correspondientes a las siguientes frecuencias centrales de banda en Hertzios.

100	125	160	200	250	315	400	500
630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150

Si se quisiera obtener información adicional se complementarían con medidas a frecuencias en 50, 63, 80, 4000 y 5000 Hz, siguiendo directrices específicas a tal efecto.

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

La fuente sonora se posicionará de manera que genere un campo sonoro tan difuso como sea posible, situándolo de forma que no domine la radiación directa sobre los elementos separadores, por eso se colocará separado más de 1'5 m del paramento y orientado hacia una esquina opuesta del elemento del que se está midiendo sus características acústicas.

Las mediciones se tomarán en 5 puntos del local, separados tan uniformemente como sea posible y distanciados al menos 0'7 m entre sí, 0'5 m entre ellas y el perímetro del recinto y 1 m entre ellas y la fuente.

En principio, al emplear una sola fuente, deberían tomarse dos medidas para cada posición de la fuente en cada una de las 5 posiciones del receptor (con lo cual se obtienen 10 medidas), pero dadas las limitaciones de espacio del local emisor no podía conseguirse una gran diferencia de distancia, motivo por el cual sólo se tomó una medida por posición, es decir, en total 5.

El área de absorción acústica equivalente se evalúa a partir del tiempo de reverberación medio mediante la fórmula de Sabine:

$$A = \frac{0'16 \cdot V}{T}$$

Donde V es el volumen del recinto receptor y T el tiempo de reverberación del recinto receptor. Al menos se deben tomar 6 mediciones del tiempo de reverberación para cada banda de frecuencias.

CORRECCIÓN POR RUIDO DE FONDO.

Este nivel debe ser al menos 6 dB menor que el nivel combinado de señal y ruido de fondo. Si son menores de 10 dB, hay que corregirlas según:

$$L = 10 \cdot \log \left(10^{L_{L2}/10} - 10^{L_{B2}/10} \right) \text{ dB}$$

Donde L es el nivel de la señal corregido, $L2$ el nivel combinado de señal y ruido de fondo y $B2$ el nivel de ruido de fondo. Si la diferencia de niveles es menor o igual de 6dB en cualquiera de las bandas de frecuencia, hay que corregir 1'3 dB, indicando que los Dn , DnT o R' son un límite de la medición.

El procedimiento de medida debe ser reproducible siguiendo el método establecido en la norma ISO 140-2. En el caso que afecta a este estudio no se ha hecho un procedimiento de calibrado, dado que se trata de un ejemplo académico que persigue fundamentalmente la comprensión de la metodología de la medición de los parámetros acústicos de distintos elementos constructivos más que el conocimiento exhaustivo de la tecnología asociada a los aparatos de medida.

EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS.

Para el informe del aislamiento acústico al ruido aéreo entre recintos se deben dar los valores de diferencia de nivel estandarizada DnT , para todas las frecuencias de medida, con una cifra decimal, en tabla y en gráficas en función de la frecuencia.

Para evaluar un índice global a partir de $DnT(f)$ y $R'(f)$, consultar la norma ISO 717-1, indicando claramente que la evaluación ha sido mediante una medición in situ.

CONDICIONES EN BAJA FRECUENCIA

En bandas de baja frecuencia no pueden esperarse condiciones de campo difuso para recintos de volúmenes pequeños, ya que el requisito por el cual las dimensiones del local deberían de ser de al menos una longitud de onda no pueden cumplirse a dichas frecuencias, y acaban formándose ondas estacionarias debido al pequeño número de modos del recinto en esas bandas de frecuencia.

La excitación de los modos del recinto depende, en gran medida, de las posiciones de la fuente, y puede provocar una gran dispersión de los resultados medidos, de manera que habría que aumentar el número de medidas y el número de posiciones en las que se toman.

DIFERENCIA DE NIVELES $D2m$: diferencia entre el nivel de presión sonora exterior a 2 m de la fachada $L1,2m$ y el valor medio del nivel de presión sonora $L2$ en el interior del local receptor: $D2m=L1,2m-L2$

DIFERENCIA DE NIVELES ESTANDARIZADA, $D_{2m,nT}$: diferencia de niveles correspondiente a un valor de referencia del tiempo de reverberación en el local receptor. Por usar altavoz la notación será $D_{ls,2m,nT}$:

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

INSTRUMENTAL

El micrófono, el calibrado y los filtros de tercios de banda de octava deben obedecer las especificaciones de las normas CE.

El equipamiento para medir el tiempo de reverberación debe cumplir las especificaciones de la norma ISO 354.

EQUIPO DE MEDICIÓN

Tiempo de reverberación

Programa Dirac de B&K, emisor de impulsos sonoros.

Amplificador de guitarra.

Micrófono.

Ruido aéreo

Fuente de sonido.

Sonómetros.

Ruido de impacto

Máquina de impactos.

Sonómetros.

METODOLOGÍA DE MEDIDA.

Medición del tiempo de reverberación. TR30. Promedio.

Ruido aéreo . Metodología ISO 140

Fuente sonora en funcionamiento en el exterior de cada paramento.

Medida de $L1$, $L2$ y $B2$ en distintas posiciones. Promedio energético de las mediciones.

Diferencia corregida de niveles.

$D_{n,T}$

Comparación con la referencia de la norma ISO 140

Ruido de impacto . Metodología ISO 140

Medición del ruido de impacto.

Medida de $L2$, $B2$. Promedio energético de las mediciones.

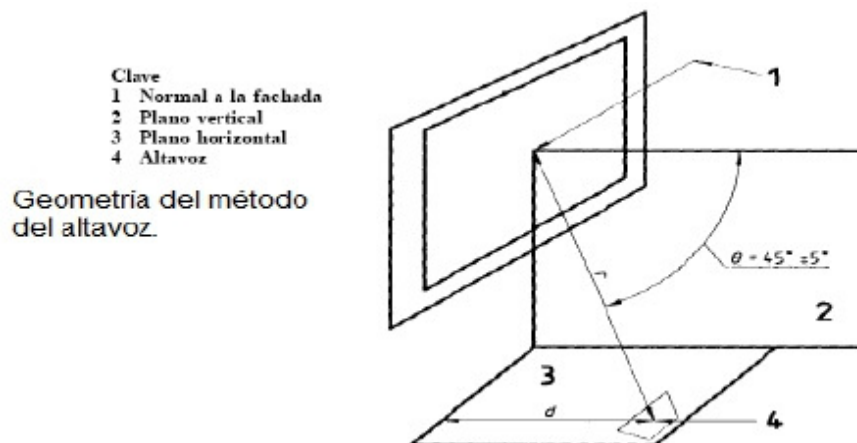
Diferencia corregida de niveles.

$L_{n,T}$

Comparación con la referencia de la norma ISO 140

MEDICIÓN CON ALTAVOZ

El altavoz se coloca fuera del edificio, separado una distancia d de la fachada, inclinado unos 45° . El nivel de presión sonora medio se determina directamente en la muestra (método para elementos) o a 2m frente a la fachada (método global, pero por no disponer de alargador telescópico hubo que hacerlo a la distancia que permitía el brazo), así como en el local receptor. Se calculan bien el índice de reducción sonora aparente R'_{45} o la diferencia de nivel $D_{ls,2m}$.



El campo sonoro estacionario genera un espectro continuo en el rango de frecuencia considerado entre 100 y 3150 Hz, en bandas de tercios de octava. Las diferencias de niveles de potencia sonora entre las bandas de tercios de octava que forman una octava no deben superar 6 dB en la banda de 125 Hz, 5 dB en la de 250 Hz y 4 dB en las superiores.

En el local receptor se medirá tanto el nivel de ruido de fondo LB_2 como el nivel de presión sonora proveniente de la fuente exterior, en 5 posiciones distribuidas lo más uniformemente posible dentro del recinto, respetando que estén separadas al menos 0'7 m entre ellas, 0'5 m con los paramentos perimetrales y 1 m con la fuente.

Es necesario medir los niveles de ruido de fondo para descartar que las observaciones se vean afectadas por ruidos extraños. El nivel de ruido de fondo debería ser al menos 6 dB menor que el nivel de la señal y el fondo combinados. Si esa diferencia está entre 6 y 10 dB hay que corregir la señal según:

$$L = 10 \cdot \log \left(10^{L_{L2}/10} - 10^{L_{B2}/10} \right) \text{ dB}$$

Si dicha diferencia es inferior a 6 dB hay que usar la corrección 1'3 dB correspondiente a una diferencia de 6dB, indicando que se trata de un caso límite.

MEDICIONES EN LA SUPERFICIE EXTERIOR DEL ELEMENTO DE FACHADA

Para determinar el nivel medio de presión sonora $L_{1,s}$ en la superficie de ensayo, hay que realizar las mediciones con el micrófono sujeto a la muestra de ensayo con el eje paralelo al plano de fachada o con su eje apuntando en la dirección normal a la muestra, y corregir si procede si al micrófono se le adapta una pantalla antiviento.

Hay que elegir entre 3 y 10 posiciones de medición (en este caso se han tomado 5), distribuidas regularmente en la superficie a medir.

El promedio de las “n” posiciones de medida se hace según la ecuación:

$$L_{1,s} = 10 \cdot \log \left(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} + \dots + 10^{L_n/10} \right) = 10 \cdot \log(n) \text{ dB}$$

MEDICIONES FRENTE A FACHADA

Debería haberse hecho atendiendo a las siguientes consideraciones:

- Situando el micrófono en la parte central del exterior de la fachada a distancias que deben ser:
- $2'0 \pm 0'2$ m desde el plano de fachada (dadas las limitaciones de equipo con las que se contaba y que no se disponía de brazo telescópico, estas consideraciones no pudieron cumplirse. El nivel de presión sonora medido se representa por $L_{1,2m}$.)
- 1'5 m de altura sobre el suelo del local de recepción

Si se toma como fuente sonora el ruido de tráfico, los resultados no se pueden comparar con el índice de reducción sonora obtenido en el laboratorio. No se explica este método puesto que no es el que se ha seguido.

EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS.

Dar los valores de la diferencia de niveles estandarizada DnT o del índice de reducción sonora aparente R' a todas las frecuencias de medición, en forma de tabla y/o de curva, representando los niveles frente a las frecuencias.

NIVEL DE PRESION DE RUIDO DE IMPACTOS L_i : es el nivel de presión sonora medio de un tercio de octava en la sala receptora cuando el suelo ensayado es excitado por máquina de impactos normalizada.

NIVEL DE PRESION DE RUIDO DE IMPACTOS ESTANDARIZADO L'_{nT} :

$$L'_{nT} = L_i + 10 \cdot \log \frac{T}{T_0} \text{ dB}$$

REDUCCION DEL NIVEL DE RUIDO DE IMPACTOS $\Delta L'$: es la diferencia en dB entre los niveles medios de presión acústica, en el recinto receptor antes y después de un recubrimiento de suelo.

PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Las medidas in situ del aislamiento a ruido de impactos de suelos deberán hacerse en tercios de octava.

El campo acústico deberá ser generado por la máquina de impactos, que sigue las especificaciones de las normas CE.

La máquina de impactos deberá ser colocada en al menos 4 posiciones distribuidas de forma aleatoria sobre el suelo de ensayo, en el caso del aula objeto de estudio se han hecho 2 mediciones ya que el piso superior es de despachos y sólo podía colocarse la máquina en el pasillo. La distancia de la máquina de impactos a los bordes del suelo deberá ser de al menos 0'5 m. En caso de suelos no isótropos pueden necesitarse más posiciones.

Las mediciones deben comenzar cuando se alcance el régimen estacionario de ritmo de la máquina de impactos.

Para medir el nivel de ruido de impactos se utilizan los micrófonos con al menos las restricciones de distancia siguientes:

- 0'7 m entre las distintas posiciones de micrófono.
- 0'5 m entre cualquier posición de micrófono y los bordes de la sala
- 1'0 m entre cualquier posición de micrófono y el suelo superior que está siendo excitado por la máquina de impactos.

Por tratarse de un suelo isótropo no se han realizado medidas en distintas direcciones.

El tiempo de reverberación descrito antes permite evaluar el área de absorción equivalente mediante la fórmula de Sabine.

EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS.

Para la presentación del aislamiento a ruido de impactos entre dos salas de una edificación, deberá darse el nivel de presión de ruido de impactos normalizado o estandarizado $L'n$ ó $L'nT$ para todas las frecuencias de medida, con una cifra decimal, en tabla y en gráfica.

A bajas frecuencias (inferiores a 400 Hz) no se puede garantizar las condiciones de campo difuso en las que deben hacerse las mediciones, por lo que los resultados no son del todo fiables, ya que al menos una de las dimensiones del recinto debería ser de una longitud de onda y otra de al menos media longitud de onda, pero a frecuencias bajas no se cumple, por lo que debería aumentarse el muestreo.

UNE-EN ISO 717-1 ACÚSTICA. EVALUACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LOS EDIFICIOS Y DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN. PARTE 1. AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO.

MAGNITUD GLOBAL PARA LA VALORACIÓN DEL AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO. Es el valor en dB a 500 Hz de la curva de referencia ajustada a los valores experimentales.

TÉRMINO DE ADAPTACIÓN AL ESPECTRO: valor en dB que ha de añadirse a la magnitud global para tener en cuenta las características de un espectro de ruido particular.

Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500
Referencia (dB)	33	36	39	42	45	48	51	52
Frecuencia (Hz)	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Referencia (dB)	53	54	55	56	56	56	56	56

Para valorar los resultados realizados conforme a las normas ISO 140 en bandas de tercio de octava, con precisión de 0'1 dB, se desplaza la curva de referencia en saltos de 1dB hacia la curva medida *hasta que la suma de las desviaciones desfavorables sea lo mayor posible pero no mayor de 32 dB.*

Se produce una desviación desfavorable en una cierta frecuencia cuando el resultado de las mediciones es inferior al valor de referencia. Sólo deben considerarse las desviaciones desfavorables.

El valor en dB de la curva de referencia a 500Hz después del desplazamiento es el valor de R_w , R'_w , $D_{n,w}$, $D_{nT,w}$...

CÁLCULO DE LOS TÉRMINOS DE ADAPTACIÓN ESPECTRAL

$$C_j = X_{A_j} - X_w$$

j : índice de los espectros sonoros

X_w : índice global calculado a partir de R , R' , D_n o D_{nT}

X_{A_j} : se calcula a partir de:

$$X_{Aji} = -10 \cdot \log \sum 10^{\frac{L_{ij} - X_i}{10}} \text{ dB}$$

Donde i es el índice para las bandas de tercio de octava, L_{ij} los niveles a la frecuencia i para el espectro j , X_i el índice de reducción sonora R_i , o el índice de reducción sonora aparente R'_i , o la diferencia estandarizada de nivel sonoro D_{nT} , a la frecuencia de medida i dada con una precisión de 0'1dB.

Calcúlese el término de adaptación espectral con precisión de 0'1dB y redondéese al valor entero más próximo. Debe identificarse de acuerdo al espectro usado, como sigue:

C : cuando se calcule con el espectro nº1 (ruido rosa ponderado A)

C_{tr} : cuando se calcule con el espectro nº 2 (ruido de tráfico urbano ponderado A)

EXPRESIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN

Las magnitudes globales se calculan a partir de los valores en bandas de tercios de octava, expresándolos entre paréntesis, separados por punto y coma.

EXPRESIÓN DE LOS REQUISITOS Y DE LAS PROPIEDADES DE LOS EDIFICIOS

Los requisitos deben establecerse mediante la magnitud global o estar basados en la suma de este valor y el término de adaptación espectral adecuado.

TÉRMINO DE ADAPTACIÓN ESPECTRAL:

$$C = X_{A,1} - X_W$$

$X_{A,1}$ es la diferencia entre los niveles sonoros ponderados A en las salas de emisión y recepción para ruido rosa (espectro nº1)

X_W es la magnitud global adecuada, basada en la curva de referencia.

TÉRMINO DE ADAPTACIÓN ESPECTRAL C_{tr}

$$C_{tr} = X_{A,2} - X_W$$

$X_{A,1}$ caracteriza la diferencia entre los niveles ponderados A en la sala de emisión (o al aire libre en frente de la fachada) y la sala de recepción para ruido de tráfico (espectro nº 2)

X_W es la magnitud global adecuada, basada en la curva de referencia.

UNE-EN ISO 717-1 ACÚSTICA. EVALUACION DEL AISLAMIENTO ACUSTICO EN LOS EDIFICIOS Y DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCION. PARTE 2. AISLAMIENTO A MAGNITUD GLOBAL PARA LA VALORACIÓN DEL AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTOS DERIVADA DE MEDICIONES EN BANDAS DE TERCIOS DE OCTAVA: es el valor en dB, a 500Hz de la curva de referencia una vez ajustada a los valores experimentales.

REDUCCIÓN PONDERADA DEL NIVEL DE PRESION SONORA DE IMPACTOS, L_w : es la diferencia entre los niveles ponderados de la presión de impactos normalizada de un suelo de referencia con y sin revestimiento de suelo.

TÉRMINO DE ADAPTACIÓN ESPECTRAL, C_i : es el valor que debe añadirse a la magnitud global ara tener en cuenta la carencia de ponderación de nivel sonoro por impactos, por lo cual representa las características del ruido de pasos.

NIVEL NORMALIZADO PONDERADO EQUIVALENTE DE LA PRESIÓN SONORA DE IMPACTOS DE UN SUELO MACIZO SIN REVESTIMIENTO, $L_{n,eq,0,w}$: es el nivel normalizado ponderado de la presión sonora de impactos de suelo sin revestimiento en ensayo con el recubrimiento de referencia y la reducción ponderada del nivel normalizado ponderado de la presión sonora de impactos del recubrimiento de referencia obtenida de acuerdo con el método especificado.

Los valores obtenidos conforme a las normas ISO 140 se comparan con las curvas de referencia para cada frecuencia para ruido de impacto:

Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500
Referencia (dB)	62	62	62	62	62	62	61	60
Frecuencia (Hz)	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Referencia (dB)	59	58	57	54	51	48	45	42

Para valorar los resultados de una medición de L_n , L'_n , L'_nT en bandas de tercio de octava con precisión de 0'1dB, se desplaza la curva de referencia en saltos de 1dB hacia la curva medida hasta que la suma de las desviaciones desfavorables sea lo mayor posible pero no mayor de 32dB.

Se produce una desviación desfavorable en una determinada frecuencia cuando el resultado de la medición supera al valor de referencia. Sólo se deben considerar las desviaciones desfavorables.

El valor en dB de la curva de referencia a 500Hz después del desplazamiento es el valor de $L_{n,w}$, $L'_{n,w}$ o $L'_{nT,w}$.

PROCEDIMIENTO PARA EVALUAR LA REDUCCION PONDERADA DEL NIVEL DE PRESION SONORA DE IMPACTOS.

La reducción del nivel de presión sonora de impactos (mejora del aislamiento a ruido de impactos) ΔL , de recubrimiento de suelos cuando se ensayan en un suelo de losa de cemento homogéneo según la ISO-140, es independiente del nivel normalizado de presión sonora del suelo sin revestimiento, $L_{n,0}$. Para obtener valores comparables de ΔL_w hay que relacionar los valores medidos de ΔL para un suelo de referencia.

El suelo de referencia se define por los valores del nivel normalizado de presión sonora de impactos $L_{n,r,0}$.

Frecuencia (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500
Referencia (dB)	67	67,5	68	68,5	69	69,5	70	70,5
Frecuencia (Hz)	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Referencia (dB)	71	71,5	72	72	72	72	72	72

El nivel normalizado ponderado de presión sonora de impactos de suelo de referencia $L_{n,r,0,w}$ evaluado es 78 dB.

Debe calcularse el nivel ponderado de la presión sonora de impactos ΔL_w de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$L_{n,r} = L_{n,r,0} - \Delta L$$

$$\Delta L_w = L_{n,r,0,w} - L_{n,r,w} = 78 \text{ dB} - L_{n,r,w}$$

Donde:

$L_{n,r}$, es el nivel normalizado calculado de la presión sonora de impactos del suelo de referencia con el recubrimiento en ensayo.

$L_{n,r,T}$ es el nivel normalizado de la presión sonora de impactos definido para el suelo de referencia.

ΔL es la reducción del nivel de presión sonora de impactos medida según ISO-140

$L_{n,r,w}$ es el nivel normalizado ponderado de la presión sonora calculada para el suelo de referencia con el recubrimiento en ensayo.

$L_{n,r,0,w}$ se obtiene de $L_{n,r,0}$

TÉRMINO DE ADAPTACIÓN ESPECTRAL DEL NIVEL DE RUIDO DE IMPACTOS

Los resultados de una medición de L_n , L'_n , o L'_{nT} en bandas de tercio de octava se suman mediante la regla logarítmica para obtener el término de adaptación espectral, redondeado al valor entero más próximo:

$$C_I = L_{n,sum} - 15 - L_{n,w} \text{ dB}$$

$$C_I = L'_{n,sum} - 15 - L'_{n,w} \text{ dB}$$

$$C_I = L'_{nT,sum} - 15 - L'_{nT,w} \text{ dB}$$

TÉRMINO DE ADAPTACIÓN ESPECTRAL PARA LA REDUCCION DEL RUIDO DE IMPACTOS DE RECUBRIMIENTOS DE SUELOS.

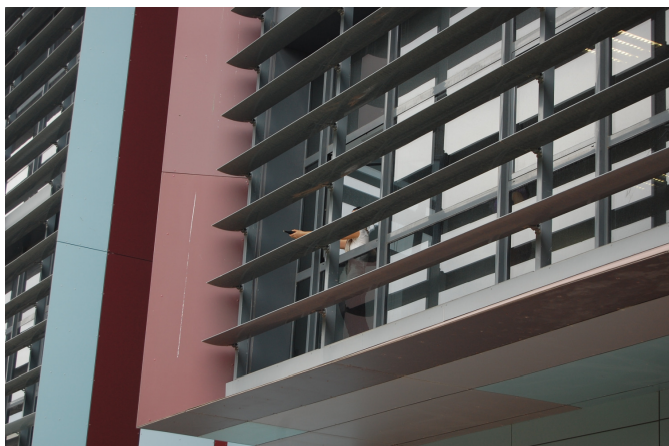
El término de adaptación espectral para una respuesta plana $C_{I\Delta} = C_{I,r,0} - C_{I,r}$, donde $C_{I,r}$ es el término de adaptación espectral para el suelo de referencia con el recubrimiento en ensayo.

$C_{I,r,0}$ (=11dB) es el término de adaptación espectral para el suelo de referencia con $L_{n,r,0}$

FOTOGRAFIAS DEL AULA A ENSAYAR E INSTRUMENTAL UTILIZADO

Fotografías del interior y del exterior del aula ensayada





Fotografías de puntos singulares del aula



Fachada



Ventanas



Puerta 2



Puerta 1

Salvadora Reig García San Pedro
Vicente Gómez Lozano



Falso techo



Interior falso techo



Placas de falso techo desmontable

Instrumental utilizado para el ensayo



Amplificador de guitarra





Sonómetro



Ordenador con programa Dirac

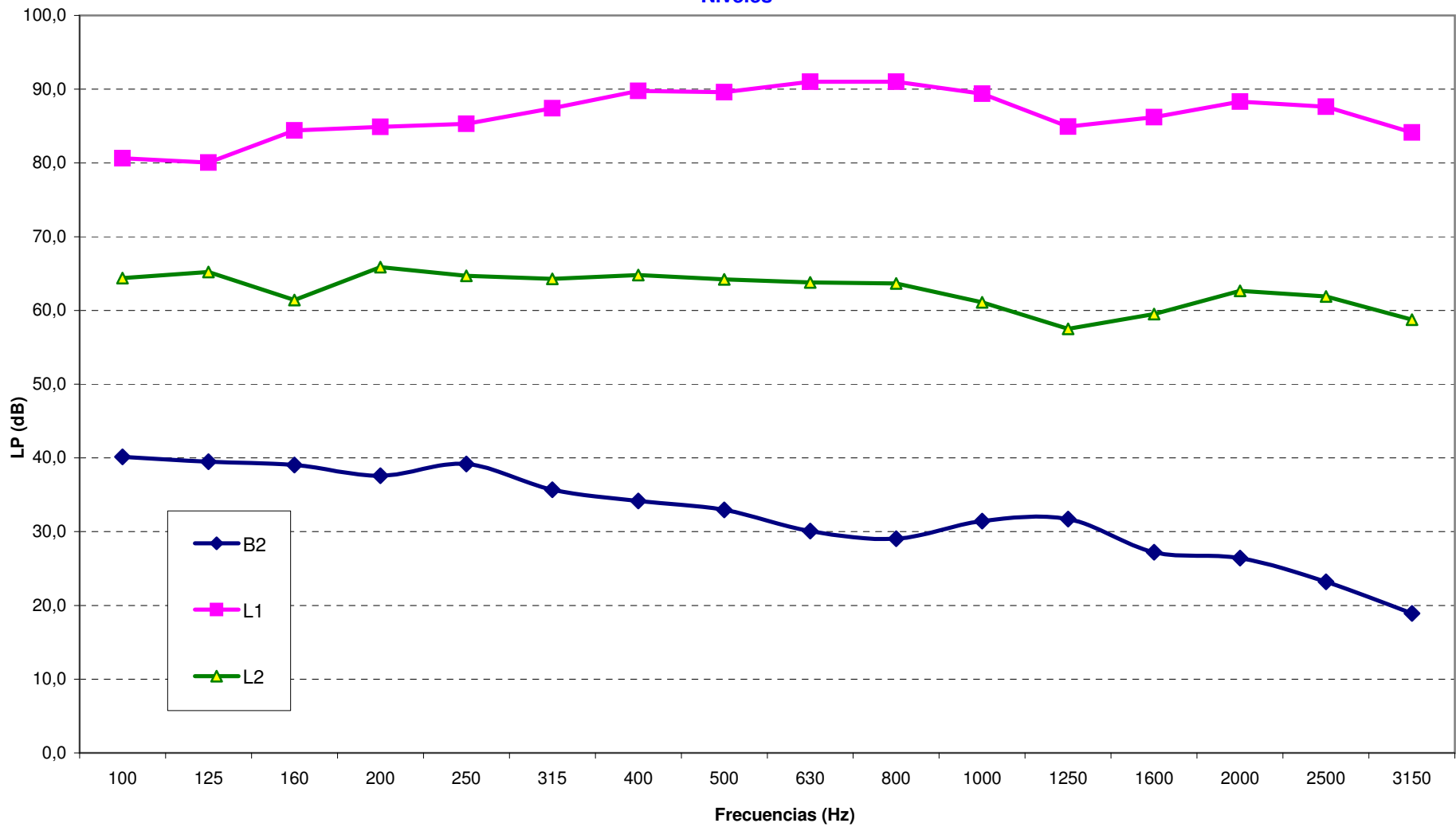


Micrófono

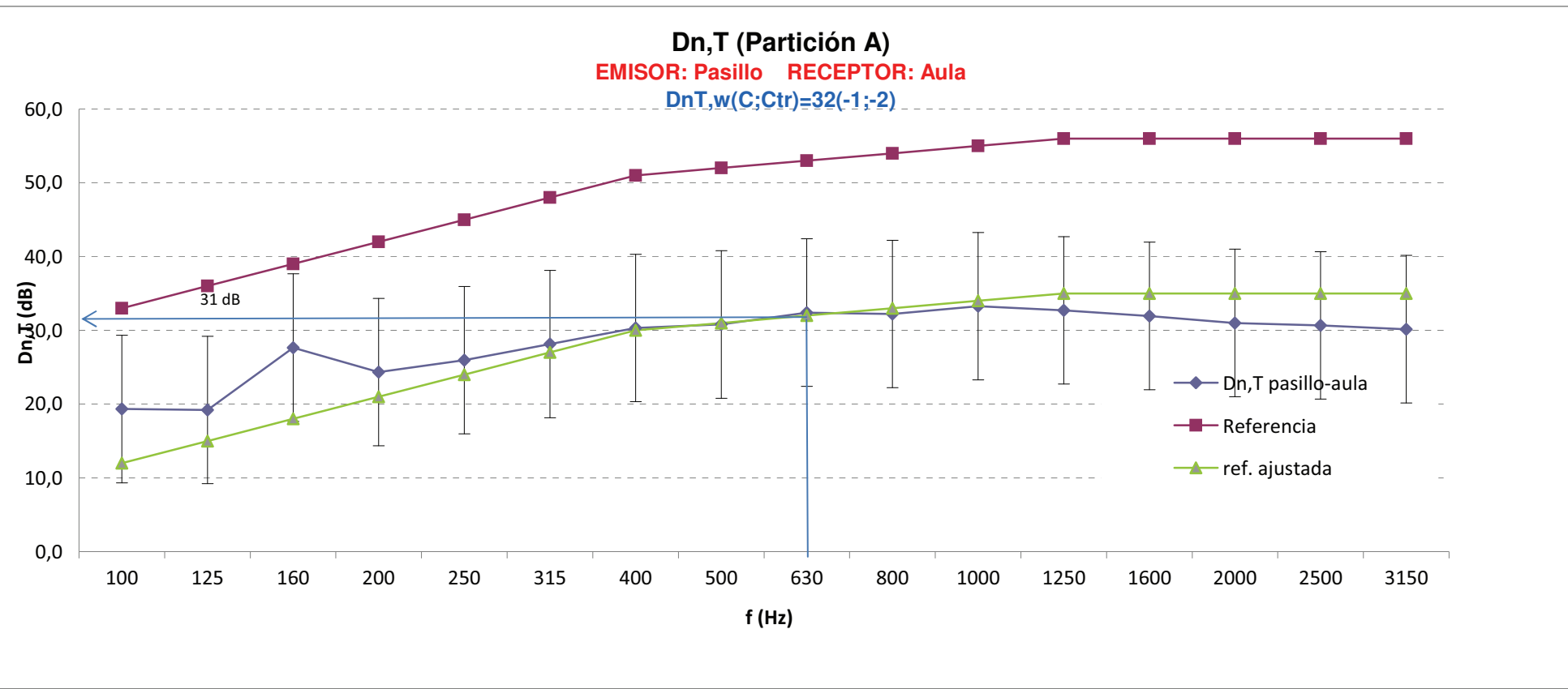


UNE 717-1/2	frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
	Referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	
PARTICIÓN A PASILLO AULA																		
DnT,w=32(-1;-2)																		
emisor:	L1 promedio	80,6	80,0	84,4	84,9	85,3	87,4	89,8	89,6	91,0	91,0	89,4	84,9	86,2	88,3	87,6	84,1	
Pasillo	Pos 1	83,6	79,3	87,3	85,1	85,2	89,6	91,2	91,8	92,7	91,4	88,9	86,1	87,0	88,1	86,3	82,6	
	Pos 2	78,0	80,6	82,3	87,0	83,7	86,9	88,3	90,8	91,9	92,9	89,4	85,8	86,9	91,0	90,8	87,8	
	Pos 3	82,0	81,1	78,7	82,1	86,9	89,2	91,9	87,7	91,3	92,0	92,0	84,9	87,7	89,0	88,3	83,6	
	Pos 4	80,2	81,7	87,0	84,9	86,1	86,0	89,0	86,3	90,2	90,1	89,3	85,1	85,7	88,0	86,0	83,3	
	Pos 5	73,7	74,5	79,8	84,0	83,7	80,9	86,0	89,2	87,1	85,7	84,3	81,2	81,4	77,3	82,9	78,0	
receptor:	L2 promedio	64,4	65,2	61,4	65,9	64,7	64,3	64,8	64,2	63,8	63,7	61,1	57,5	59,5	62,7	61,9	58,7	
Aula	Pos 1	69,5	71,0	64,0	70,7	67,9	68,3	69,3	67,0	67,1	67,3	64,7	60,6	64,1	67,0	66,2	63,2	
	Pos 2	62,4	57,1	58,2	64,6	65,5	63,4	64,0	63,5	62,7	63,6	60,2	56,5	56,3	59,7	59,2	56,4	
	Pos 3	61,4	62,6	61,0	61,6	61,0	61,3	62,1	62,8	63,2	61,5	59,8	56,8	56,9	60,6	59,2	56,1	
	Pos 4	60,3	58,6	62,3	61,2	62,1	62,7	60,6	63,1	61,4	61,5	58,5	56,1	56,8	60,4	59,7	56,0	
	Pos 5	58,0	59,8	58,9	63,0	63,4	61,1	61,2	63,0	61,8	60,6	58,8	55,1	57,0	60,1	60,0	56,1	
	B2 promedio	40,2	39,5	39,0	37,6	39,2	35,7	34,2	33,0	30,1	29,1	31,4	31,7	27,2	26,4	23,2	18,9	
	Pos 1	39,2	40,3	36,4	36,5	38,3	36,6	31,6	33,1	31,0	32,2	34,3	34,2	28,6	23,3	20,9	18,2	
	Pos 2	40,8	36,5	35,0	35,7	37,7	31,5	30,0	28,0	28,5	27,3	33,6	34,4	28,7	23,2	21,0	13,3	
	Pos 3	41,1	38,2	36,9	36,8	38,5	35,2	33,1	32,1	27,3	26,4	27,1	26,5	24,9	26,0	23,4	19,3	
	Pos 4	39,7	40,2	40,7	39,3	40,3	38,3	38,4	35,6	32,5	30,3	30,8	30,7	27,7	31,0	27,1	22,7	
	Pos 5	39,7	40,8	42,0	38,6	40,4	33,9	32,2	32,9	29,1	25,1	23,8	26,0	24,4	20,2	18,0	14,9	
T2	T30 promedio	1,02	1,37	1,46	1,70	1,72	1,59	1,72	1,74	1,65	1,53	1,57	1,69	1,67	1,71	1,56	1,50	
	Pos 1	0,823	0,900	1,278	1,990	1,787	1,639	1,672	1,698	1,696	1,520	1,562	1,671	1,737	1,736	1,574	1,495	
	Pos 2	0,783	1,187	1,278	1,636	1,695	1,640	1,695	1,747	1,677	1,509	1,519	1,688	1,726	1,752	1,580	1,479	
	Pos 5	1,449	1,691	1,635	1,732	1,693	1,539	1,740	1,753	1,623	1,553	1,595	1,702	1,627	1,692	1,557	1,517	
	Pos 6	3,659	1,691	1,645	1,732	1,693	1,539	1,759	1,753	1,600	1,553	1,595	1,679	1,605	1,669	1,536	1,517	
	Corrección																	
L2(-)B2	L2_{corregido}	64,4	65,2	61,4	65,9	64,7	64,3	64,8	64,2	63,8	63,7	61,1	57,5	59,5	62,7	61,9	58,7	
D=L1-L2 _{corregido}	Diferencia	16,2	14,8	23,0	19,0	20,6	23,1	25,0	25,4	27,2	27,3	28,3	27,4	26,7	25,6	25,7	25,4	
D _{n,T} =D+10lg(2T ₂)	Difer TR	19,3	19,2	27,7	24,3	26,0	28,1	30,3	30,8	32,4	32,2	33,3	32,7	31,9	31,0	30,7	30,2	
	ref ajuste	12	15	18	21	24	27	30	31	32	33	34	35	35	35	35	35	
0,162*V/T2																		
Sabine	A2	71,823	53,494	50,130	43,023	42,597	46,022	42,610	42,089	44,354	47,687	46,653	43,406	43,698	42,716	46,832	48,695	
coef abs	α	0,1635	0,1218	0,1141	0,0979	0,097	0,1048	0,097	0,0958	0,101	0,1085	0,1062	0,0988	0,0995	0,0972	0,1066	0,1108	
	Volumen	451,48		m3														
	Superficie	total	m2	439,33														
Rw(C;Ctr)							pA m2	pB m2	pC m2	pD m2	suelo m2	techo m2						
							35,71	23,5	23,5	31,81	162,4	162,4						

Aula Master - Partición A
EMISOR: Pasillo RECEPTOR: Aula
Niveles



Dn,T (Partición A)
EMISOR: Pasillo RECEPTOR: Aula
DnT,w(C;Ctr)=32(-1;-2)



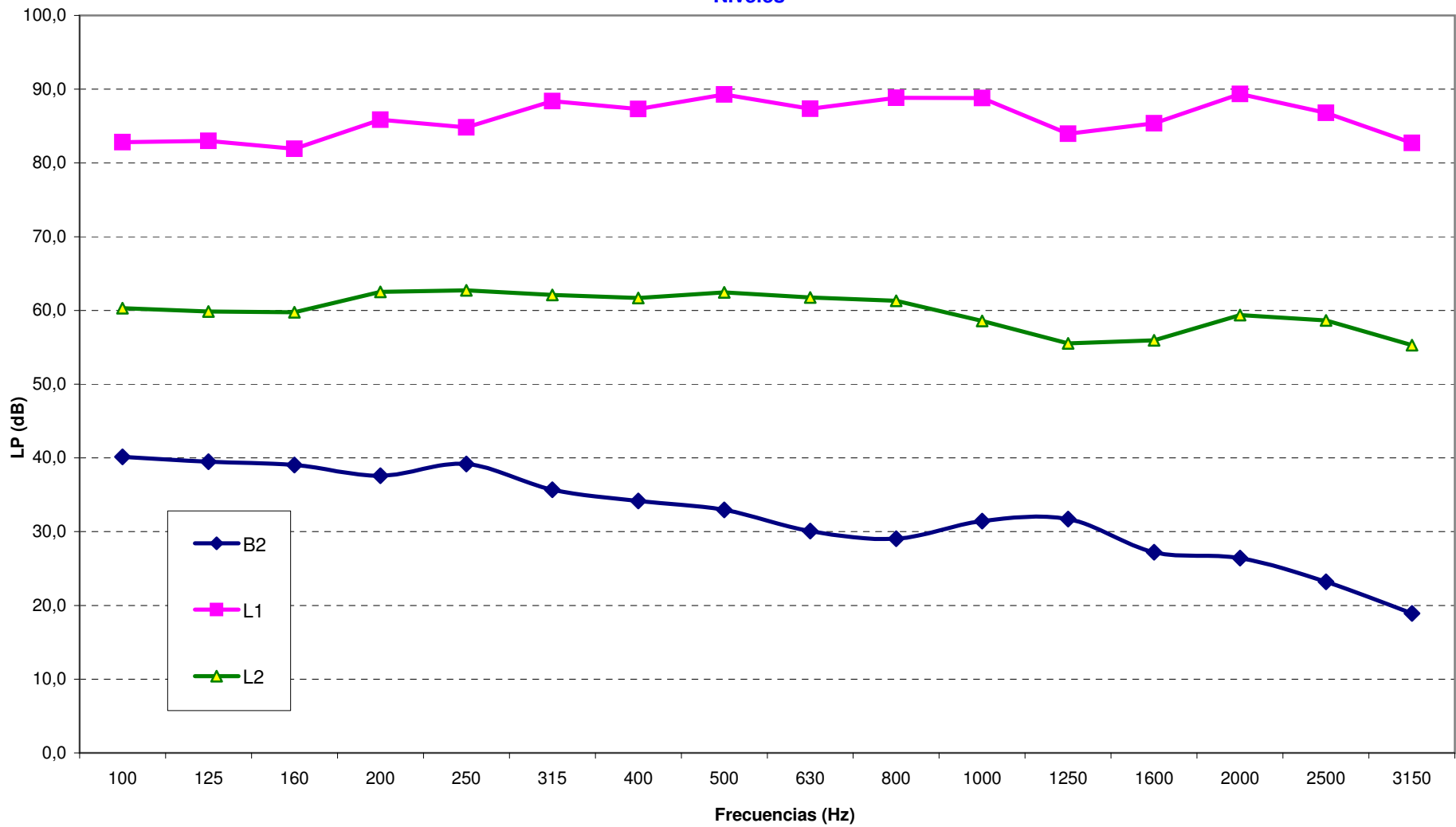
UNE 717-1/2	frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56

PARTICIÓN B TERRAZA 1 AULA

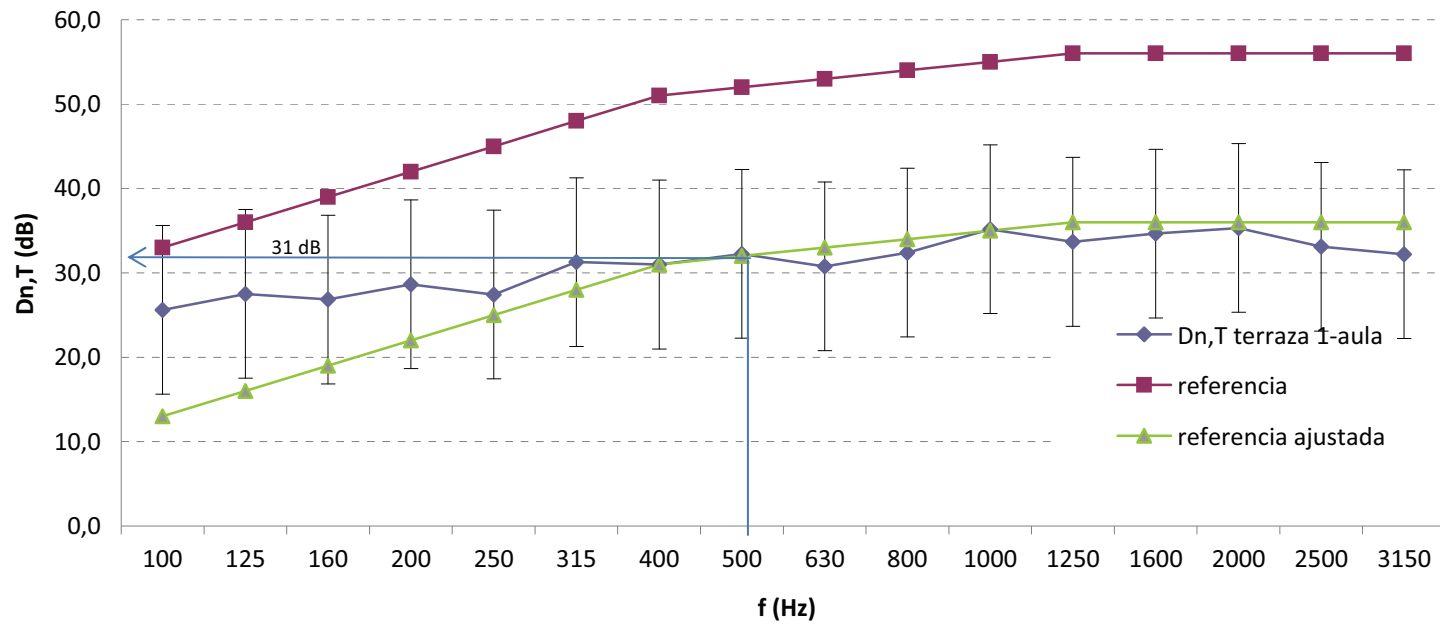
DnT,w=33(0;-1)																		
emisor:	L1	promedio	82,8	83,0	81,9	85,8	84,8	88,4	87,3	89,3	87,3	88,8	88,8	84,0	85,4	89,3	86,8	82,7
Terraza 1		Pos 1	77,3	78,0	82,6	88,6	86,9	94,0	92,6	94,5	91,6	92,7	93,9	89,1	91,3	95,5	92,6	88,2
		Pos 2	80,1	83,6	85,4	85,0	87,1	87,1	87,3	89,0	87,8	87,5	86,2	82,3	81,7	84,9	82,6	80,9
		Pos 3	86,0	78,6	78,3	87,8	82,4	81,9	80,9	84,7	84,0	86,5	86,0	79,5	79,8	81,4	81,5	77,8
		Pos 4	77,5	83,8	77,0	82,9	82,0	81,0	80,8	82,7	82,3	88,3	85,0	78,6	77,9	82,3	82,1	76,4
		Pos 5	85,4	85,9	81,2	79,1	82,5	81,0	80,0	81,7	83,8	84,5	82,9	79,9	78,1	81,2	79,6	76,7
receptor:	L2	promedio	60,3	59,8	59,7	62,5	62,7	62,1	61,7	62,4	61,7	61,3	58,6	55,5	56,0	59,4	58,7	55,3
Aula		Pos 1	57,2	59,1	54,9	61,0	58,8	61,6	59,0	57,7	58,0	56,9	51,3	51,4	48,8	50,6	48,4	45,7
		Pos 2	62,4	57,1	58,2	64,6	65,5	63,4	64,0	63,5	62,7	63,6	60,2	56,5	56,3	59,7	59,2	56,4
		Pos 3	61,4	62,6	61,0	61,6	61,0	61,3	62,1	62,8	63,2	61,5	59,8	56,8	56,9	60,6	59,2	56,1
		Pos 4	60,3	58,6	62,3	61,2	62,1	62,7	60,6	63,1	61,4	61,5	58,5	56,1	56,8	60,4	59,7	56,0
		Pos 5	58,0	59,8	58,9	63,0	63,4	61,1	61,2	63,0	61,8	60,6	58,8	55,1	57,0	60,1	60,0	56,1
	B2	promedio	40,2	39,5	39,0	37,6	39,2	35,7	34,2	33,0	30,1	29,1	31,4	31,7	27,2	26,4	23,2	18,9
		Pos 1	39,2	40,3	36,4	36,5	38,3	36,6	31,6	33,1	31,0	32,2	34,3	34,2	28,6	23,3	20,9	18,2
		Pos 2	40,8	36,5	35,0	35,7	37,7	31,5	30,0	28,0	28,5	27,3	33,6	34,4	28,7	23,2	21,0	13,3
		Pos 3	41,1	38,2	36,9	36,8	38,5	35,2	33,1	32,1	27,3	26,4	27,1	26,5	24,9	26,0	23,4	19,3
		Pos 4	39,7	40,2	40,7	39,3	40,3	38,3	38,4	35,6	32,5	30,3	30,8	30,7	27,7	31,0	27,1	22,7
		Pos 5	39,7	40,8	42,0	38,6	40,4	33,9	32,2	32,9	29,1	25,1	23,8	26,0	24,4	20,2	18,0	14,9
	T30	promedio	1,02	1,37	1,46	1,70	1,72	1,59	1,72	1,74	1,65	1,53	1,57	1,69	1,67	1,71	1,56	1,50
		Pos 1	0,823	0,900	1,278	1,990	1,787	1,639	1,672	1,698	1,696	1,520	1,562	1,671	1,737	1,736	1,574	1,495
		Pos 2	0,783	1,187	1,278	1,636	1,695	1,640	1,695	1,747	1,677	1,509	1,519	1,688	1,726	1,752	1,580	1,479
		Pos 5	1,449	1,691	1,635	1,732	1,693	1,539	1,740	1,753	1,623	1,553	1,595	1,702	1,627	1,692	1,557	1,517
		Pos 6	3,659	1,691	1,645	1,732	1,693	1,539	1,759	1,753	1,600	1,553	1,595	1,679	1,605	1,669	1,536	1,517
		Corrección																
		L2_{corregido}	60,3	59,8	59,7	62,5	62,7	62,1	61,7	62,4	61,7	61,3	58,6	55,5	56,0	59,4	58,7	55,3
		Diferencia	22,5	23,1	22,2	23,3	22,1	26,3	25,6	26,8	25,6	27,5	30,2	28,4	29,4	30,0	28,2	27,4
		Difer TR	25,6	27,5	26,8	28,7	27,4	31,3	31,0	32,3	30,8	32,4	35,2	33,7	34,6	35,3	33,1	32,2
		ref ajuste	13	16	19	22	25	28	31	32	33	34	35	36	36	36	36	36

0,162*V/T2	A2	71,823	53,494	50,130	43,023	42,597	46,022	42,610	42,089	44,354	47,687	46,653	43,406	43,698	42,716	46,832	48,695
Sabine	α	0,163	0,1218	0,1141	0,098	0,097	0,105	0,097	0,096	0,101	0,1085	0,106	0,0988	0,099	0,0972	0,1066	0,1108
coef abs	Volumen	451,5 m3															
	Superficie	total	m2	439,33													
							pA m2	pB m2	pC m2	pD m2	suelo m2	techo m2					
							35,71	23,5	23,5	31,81	162,4	162,4					

Aula Master - Partición B
EMISOR: Terraza 1 RECEPTOR: Aula
Niveles



Dn,T Aula Master (Partición B)
EMISOR: Terraza 1 RECEPTOR: Aula
DnT,w(C;Ctr)=33(0;-1)



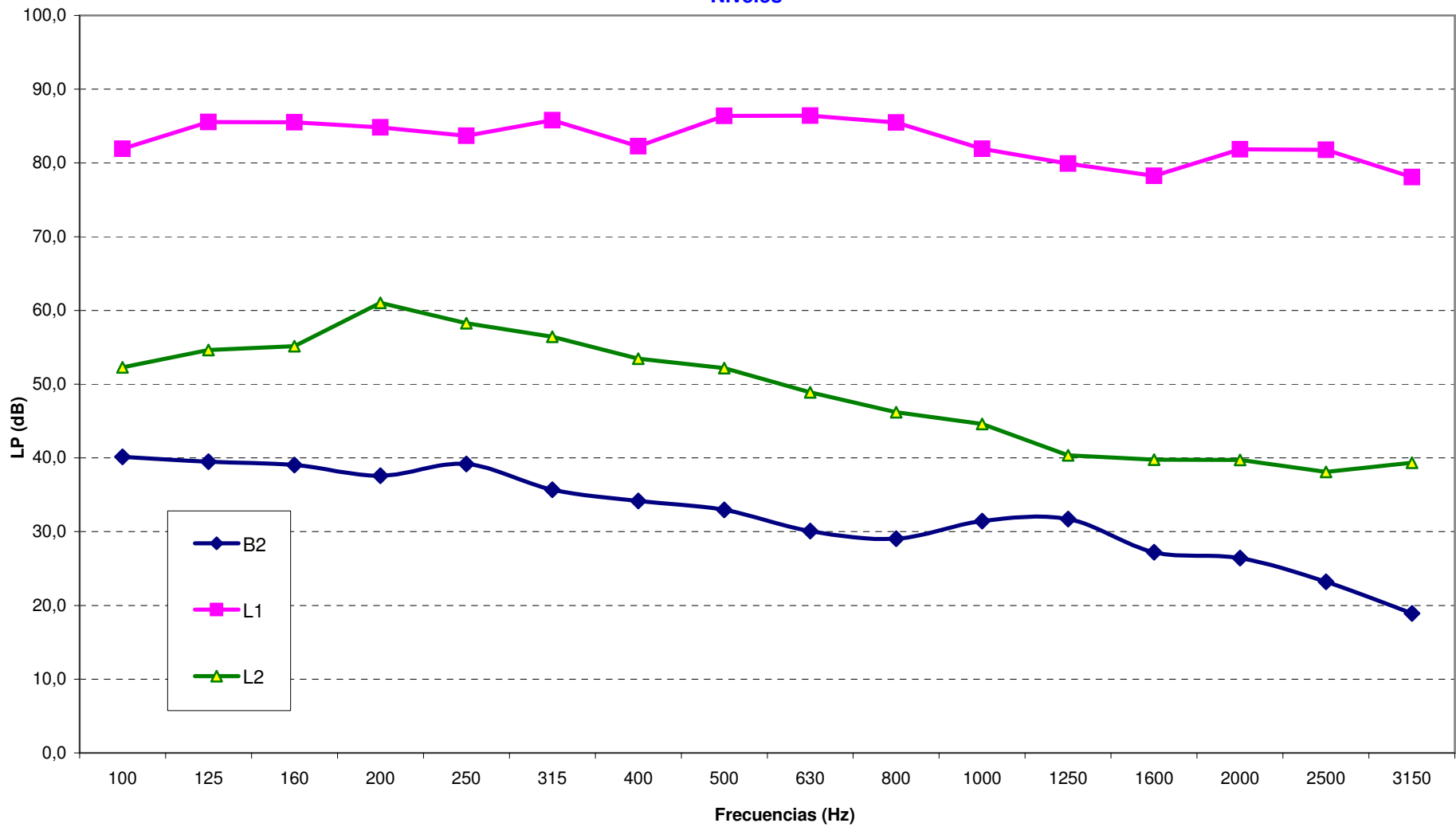
UNE 717-1/2	frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56

PARTICIÓN C TERRAZA 2 AULA

DnT,w=42(-1;-4)																	
emisor:	L1 promedio	81,9	85,5	85,5	84,8	83,7	85,8	82,3	86,4	86,4	85,5	81,9	79,9	78,2	81,9	81,8	78,1
Terraza 2	Pos 1	82,7	85,1	88,9	88,9	86,6	90,3	83,6	91,0	88,8	87,0	84,3	83,8	81,2	84,5	85,7	82,7
	Pos 2	82,6	84,4	86,1	83,0	83,2	85,7	84,0	86,2	87,4	85,7	81,4	78,7	77,0	83,6	82,4	72,7
	Pos 3	83,1	84,4	85,2	82,3	79,8	80,6	80,4	81,5	85,7	84,2	80,4	78,2	77,1	79,1	78,3	76,6
	Pos 4	82,2	89,5	82,1	85,0	82,4	83,3	80,3	82,2	83,7	84,8	82,0	78,1	76,8	79,2	77,0	75,8
	Pos 5	75,8	73,2	80,1	77,5	83,6	80,7	81,6	82,6	84,3	85,2	80,1	76,7	77,2	79,6	79,5	75,1
receptor:	L2 promedio	52,3	54,6	55,2	61,0	58,2	56,4	53,5	52,2	48,9	46,2	44,6	40,4	39,8	39,7	38,1	39,4
Aula	Pos 1	49,3	55,7	50,7	62,3	57,3	54,3	52,8	48,5	47,9	44,4	42,5	38,5	40,9	39,2	37,6	38,4
	Pos 2	53,7	56,0	55,9	65,0	58,2	60,0	54,3	55,3	50,4	47,4	46,6	42,1	39,6	40,5	39,7	41,6
	Pos 3	51,1	52,4	55,2	55,4	56,2	54,5	52,2	50,2	49,2	46,1	43,4	40,6	39,5	39,0	37,0	37,6
	Pos 4	52,4	52,9	53,6	56,7	56,4	54,5	51,9	52,0	46,1	44,8	44,3	39,6	38,8	38,8	36,2	38,2
	Pos 5	53,5	55,0	57,6	58,3	61,1	55,7	55,2	51,8	49,6	47,4	45,0	40,2	39,7	40,8	39,0	39,7
	B2 promedio	40,2	39,5	39,0	37,6	39,2	35,7	34,2	33,0	30,1	29,1	31,4	31,7	27,2	26,4	23,2	18,9
	Pos 1	39,2	40,3	36,4	36,5	38,3	36,6	31,6	33,1	31,0	32,2	34,3	34,2	28,6	23,3	20,9	18,2
	Pos 2	40,8	36,5	35,0	35,7	37,7	31,5	30,0	28,0	28,5	27,3	33,6	34,4	28,7	23,2	21,0	13,3
	Pos 3	41,1	38,2	36,9	36,8	38,5	35,2	33,1	32,1	27,3	26,4	27,1	26,5	24,9	26,0	23,4	19,3
	Pos 4	39,7	40,2	40,7	39,3	40,3	38,3	38,4	35,6	32,5	30,3	30,8	30,7	27,7	31,0	27,1	22,7
	Pos 5	39,7	40,8	42,0	38,6	40,4	33,9	32,2	32,9	29,1	25,1	23,8	26,0	24,4	20,2	18,0	14,9
	T30 promedio	1,02	1,37	1,46	1,70	1,72	1,59	1,72	1,74	1,65	1,53	1,57	1,69	1,67	1,71	1,56	1,50
	Pos 1	0,823	0,900	1,278	1,990	1,787	1,639	1,672	1,698	1,696	1,520	1,562	1,671	1,737	1,736	1,574	1,495
	Pos 2	0,783	1,187	1,278	1,636	1,695	1,640	1,695	1,747	1,677	1,509	1,519	1,688	1,726	1,752	1,580	1,479
	Pos 5	1,449	1,691	1,635	1,732	1,693	1,539	1,740	1,753	1,623	1,553	1,595	1,702	1,627	1,692	1,557	1,517
	Pos 6	3,659	1,691	1,645	1,732	1,693	1,539	1,759	1,753	1,600	1,553	1,595	1,679	1,605	1,669	1,536	1,517
	Corrección LN alto																
	L2_{corregido}	52,0	54,6	55,2	61,0	58,2	56,4	53,5	52,2	48,9	46,2	44,4	39,7	39,5	39,5	37,9	39,4
	Diferencia	29,9	30,9	30,3	23,8	25,4	29,3	28,8	34,2	37,5	39,3	37,5	40,2	38,7	42,3	43,8	38,7
	Difer TR	33,0	35,3	35,0	29,1	30,8	34,4	34,1	39,6	42,7	44,2	42,5	45,5	44,0	47,7	48,8	43,5
	ref ajuste	21	24	27	30	33	36	39	40	41	42	43	44	44	44	44	44

0,162*V/T2	A2	71,823	53,494	50,130	43,023	42,597	46,022	42,610	42,089	44,354	47,687	46,653	43,406	43,698	42,716	46,832	48,695
Sabine	α	0,1635	0,122	0,114	0,098	0,097	0,1048	0,097	0,0958	0,101	0,1085	0,106	0,0988	0,0995	0,097	0,1066	0,1108
coef abs	Volumen	451,48 m3															
	Superficie	total	m2	439,3		pA m2		pB m2		pC m2		pD m2		suelo m2		techo m2	
							35,71	23,5	23,5	31,81	162,4	162,4					

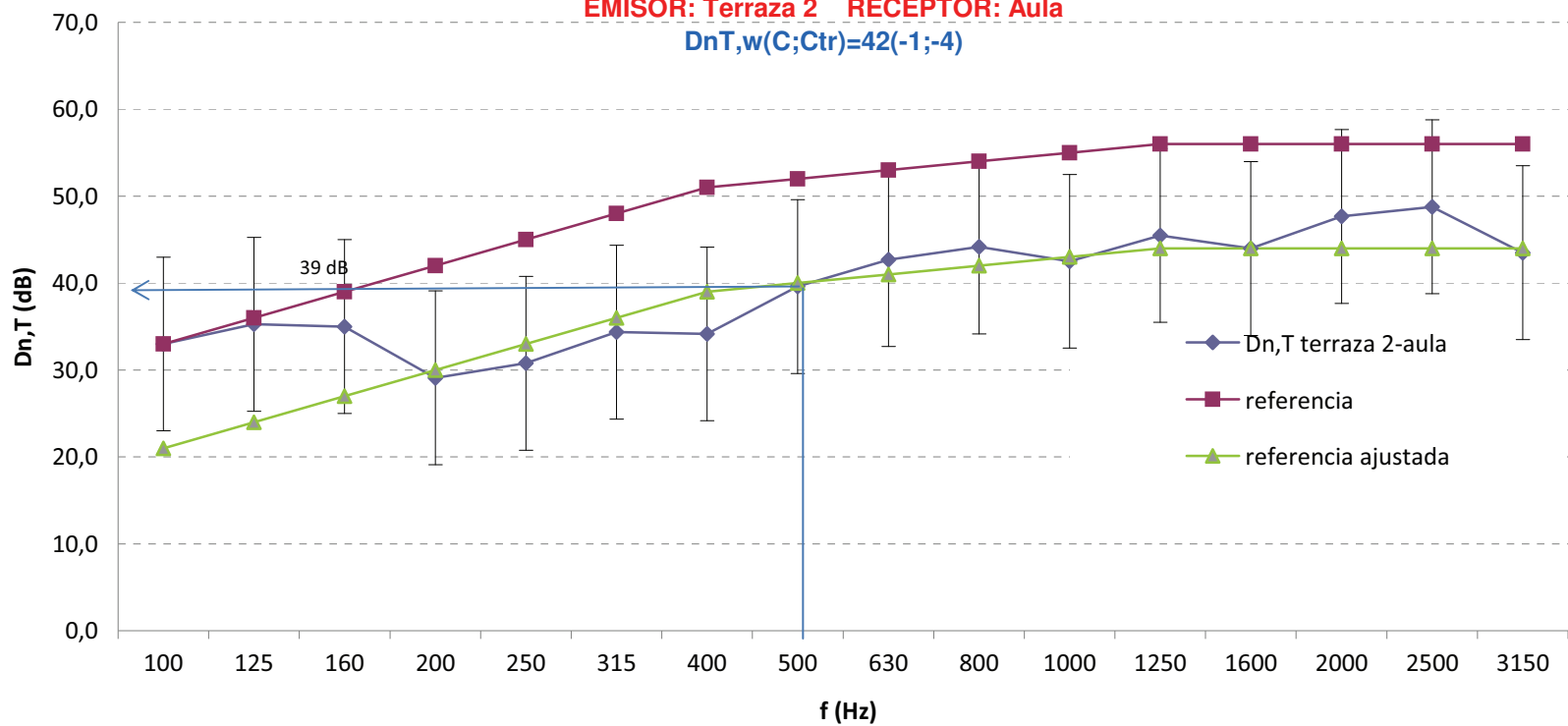
Aula Master - Partición C
EMISOR: Terraza 2 RECEPTOR: Aula
Niveles



Dn,T Aula Master (Partición C)

EMISOR: Terraza 2 RECEPTOR: Aula

$$Dn,T,w(C;Ctr)=42(-1;-4)$$



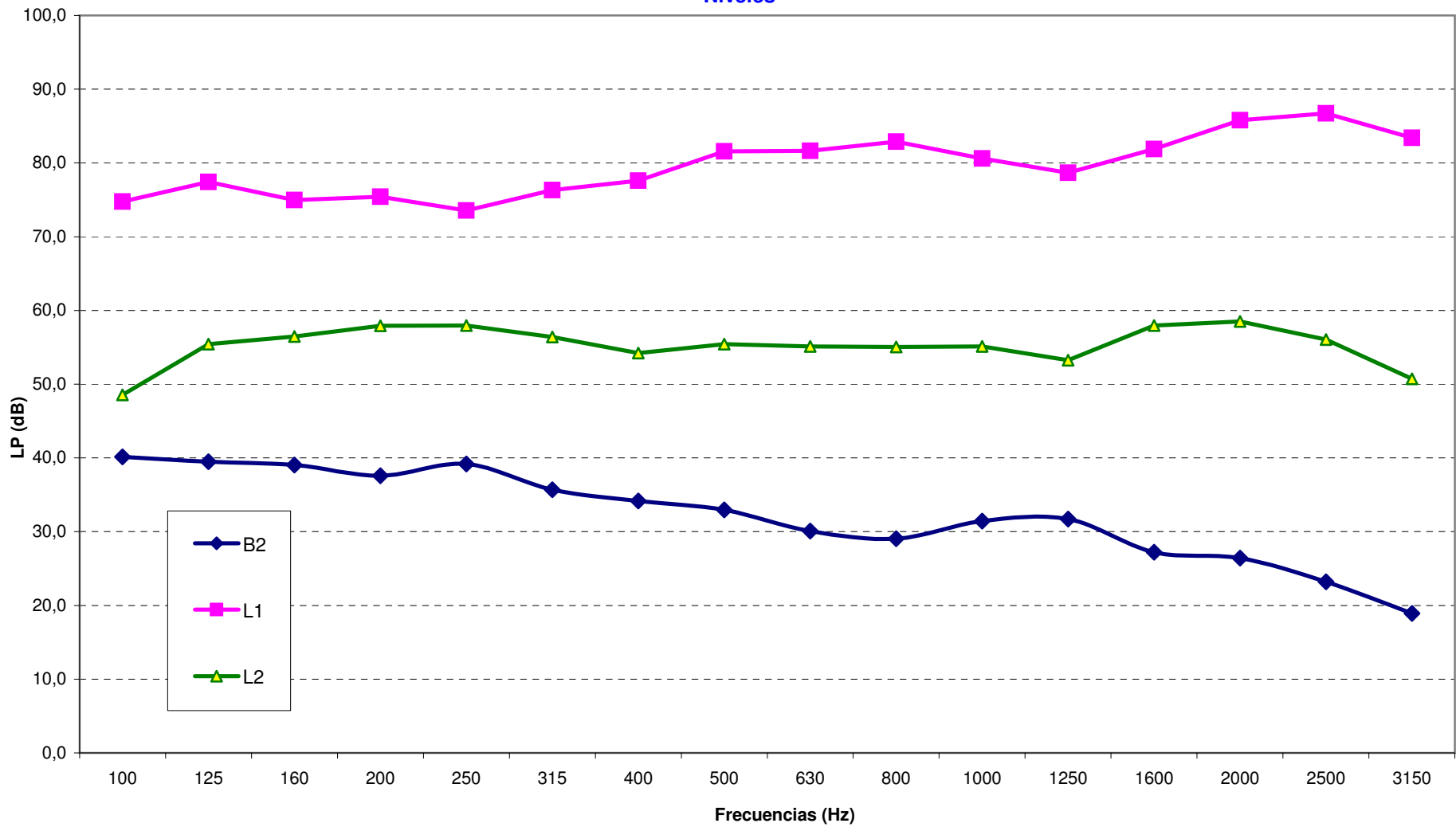
UNE 717-1/2	frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
	Referencia	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56

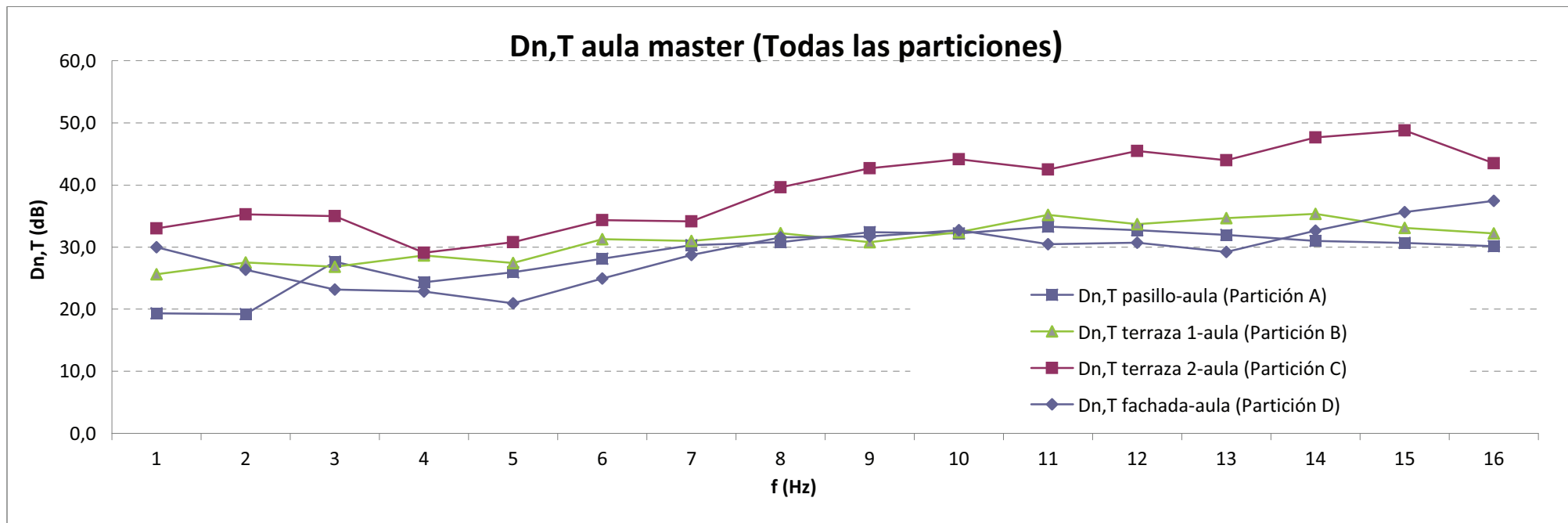
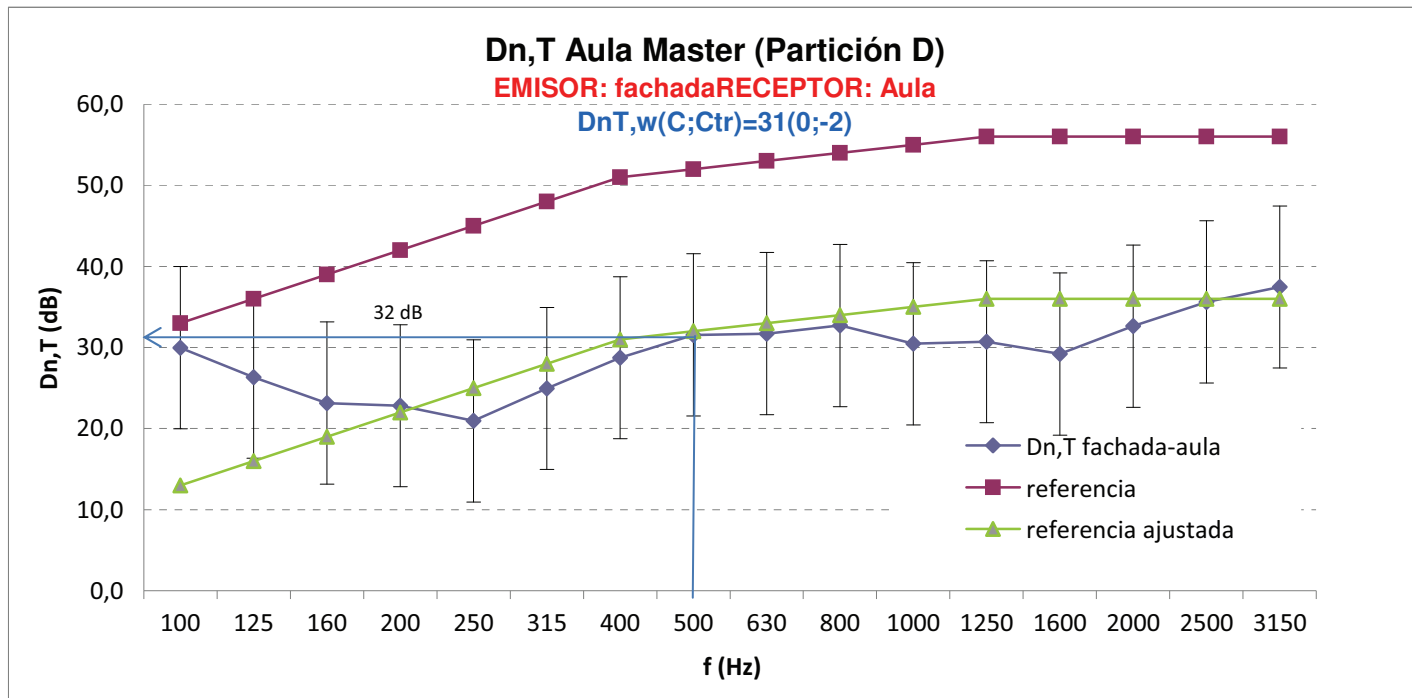
PARTICIÓN D FACHADA AULA

DnT,w=31(0;-2)																	
emisor:	L1 promedio	74,8	77,4	75,0	75,4	73,6	76,3	77,6	81,6	81,6	82,9	80,6	78,7	81,9	85,8	86,7	83,4
Fachada	Pos 1	77,4	77,7	75,6	77,1	76,1	80,6	78,3	82,4	81,4	85,5	81,3	81,1	85,5	90,3	92,2	88,8
	Pos 2	76,5	77,1	73,5	74,7	72,9	73,8	79,5	84,9	83,5	82,8	84,1	81,1	83,2	86,4	86,4	82,9
	Pos 3	70,7	79,8	76,2	75,0	72,4	75,3	76,8	79,2	80,6	80,7	77,7	77,2	81,2	82,2	81,2	79,0
	Pos 4	68,5	75,6	76,5	75,6	72,6	72,1	76,8	77,7	80,0	82,7	75,6	73,8	76,0	80,9	77,5	75,2
	Pos 5	74,9	75,2	70,7	74,1	72,5	74,0	75,4	79,6	81,8	80,8	79,4	75,4	75,6	79,8	78,1	75,0
receptor:	L2 promedio	48,5	55,4	56,5	57,9	58,0	56,4	54,2	55,4	55,1	55,0	55,1	53,2	57,9	58,5	56,0	50,7
Aula	Pos 1	45,8	52,6	54,5	54,9	56,1	55,1	51,3	52,5	54,5	52,6	54,8	53,5	55,1	57,0	53,3	48,4
	Pos 2	43,4	49,0	49,6	57,0	54,9	54,9	53,1	55,4	52,8	53,6	53,1	52,4	57,0	56,4	55,1	49,0
	Pos 3	46,0	51,6	53,7	55,9	61,1	56,3	54,4	53,4	51,2	53,3	54,6	53,8	57,8	58,1	54,5	49,8
	Pos 4	48,0	59,2	59,7	58,9	57,2	58,5	56,4	57,7	57,2	57,1	54,6	3,5	59,3	60,5	57,9	52,3
	Pos 5	52,9	57,1	58,3	60,5	57,8	56,1	54,3	56,1	56,9	56,6	57,3	56,2	59,2	59,2	57,6	52,5
	B2 promedio	40,2	39,5	39,0	37,6	39,2	35,7	34,2	33,0	30,1	29,1	31,4	31,7	27,2	26,4	23,2	18,9
	Pos 1	39,2	40,3	36,4	36,5	38,3	36,6	31,6	33,1	31,0	32,2	34,3	34,2	28,6	23,3	20,9	18,2
	Pos 2	40,8	36,5	35,0	35,7	37,7	31,5	30,0	28,0	28,5	27,3	33,6	34,4	28,7	23,2	21,0	13,3
	Pos 3	41,1	38,2	36,9	36,8	38,5	35,2	33,1	32,1	27,3	26,4	27,1	26,5	24,9	26,0	23,4	19,3
	Pos 4	39,7	40,2	40,7	39,3	40,3	38,3	38,4	35,6	32,5	30,3	30,8	30,7	27,7	31,0	27,1	22,7
	Pos 5	39,7	40,8	42,0	38,6	40,4	33,9	32,2	32,9	29,1	25,1	23,8	26,0	24,4	20,2	18,0	14,9
	T30 promedio	1,02	1,37	1,46	1,70	1,72	1,59	1,72	1,74	1,65	1,53	1,57	1,69	1,67	1,71	1,56	1,50
	Pos 1	0,823	0,900	1,278	1,990	1,787	1,639	1,672	1,698	1,696	1,520	1,562	1,671	1,737	1,736	1,574	1,495
	Pos 2	0,783	1,187	1,278	1,636	1,695	1,640	1,695	1,747	1,677	1,509	1,519	1,688	1,726	1,752	1,580	1,479
	Pos 5	1,449	1,691	1,635	1,732	1,693	1,539	1,740	1,753	1,623	1,553	1,595	1,702	1,627	1,692	1,557	1,517
	Pos 6	3,659	1,691	1,645	1,732	1,693	1,539	1,759	1,753	1,600	1,553	1,595	1,679	1,605	1,669	1,536	1,517
	Corrección LN alto																
	L2_{corregido}	47,9	55,4	56,5	57,9	58,0	56,4	54,2	55,4	55,1	55,0	55,1	53,2	57,9	58,5	56,0	50,7
	Diferencia	26,9	22,0	18,5	17,5	15,6	19,9	23,4	26,1	26,5	27,8	25,5	25,4	23,9	27,3	30,7	32,7
	Difer TR	30,0	26,3	23,1	22,8	21,0	25,0	28,7	31,6	31,7	32,7	30,5	30,7	29,2	32,6	35,6	37,5
	ref ajuste	13	16	19	22	25	28	31	32	33	34	35	36	36	36	36	36

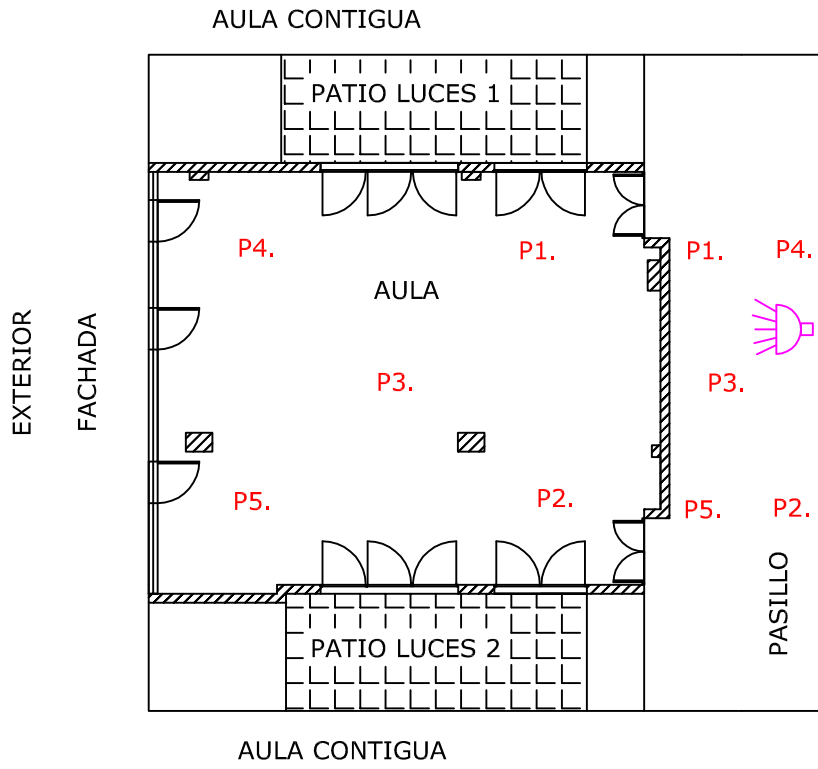
0,162*V/T2	A2	71,823	53,494	50,130	43,023	42,597	46,022	42,610	42,089	44,354	47,687	46,653	43,406	43,698	42,716	46,832	48,695
Sabine	α	0,1635	0,1218	0,114	0,0979	0,097	0,1048	0,097	0,096	0,101	0,1085	0,1062	0,0988	0,0995	0,097	0,1066	0,111
coef abs	Volumen	451,48 m3															
	Superficie	total	m2	439,3													
						pA m2	pB m2	pC m2	pD m2	suelo m2	techo m2						
						35,71	23,5	23,5	31,81	162,4	162,4						

Aula Master - Partición D
EMISOR: Fachada RECEPTOR: Aula
Niveles

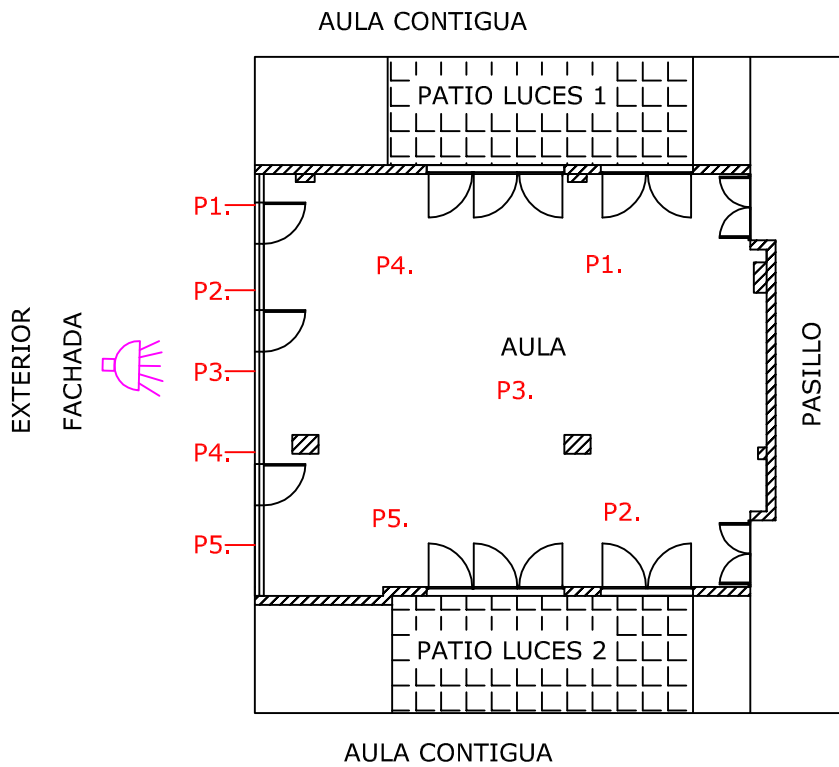




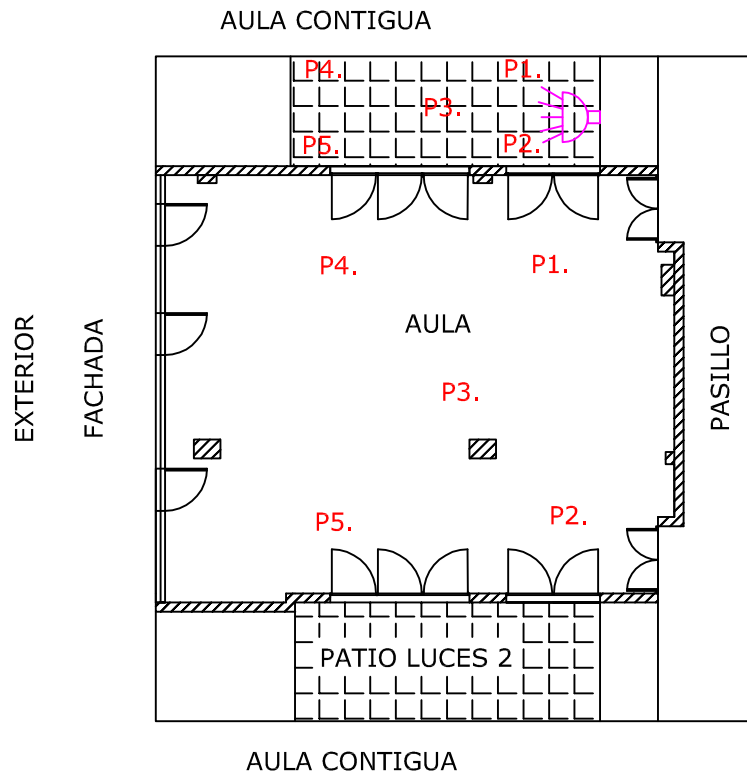
MEDICION
AULA-PASILLO



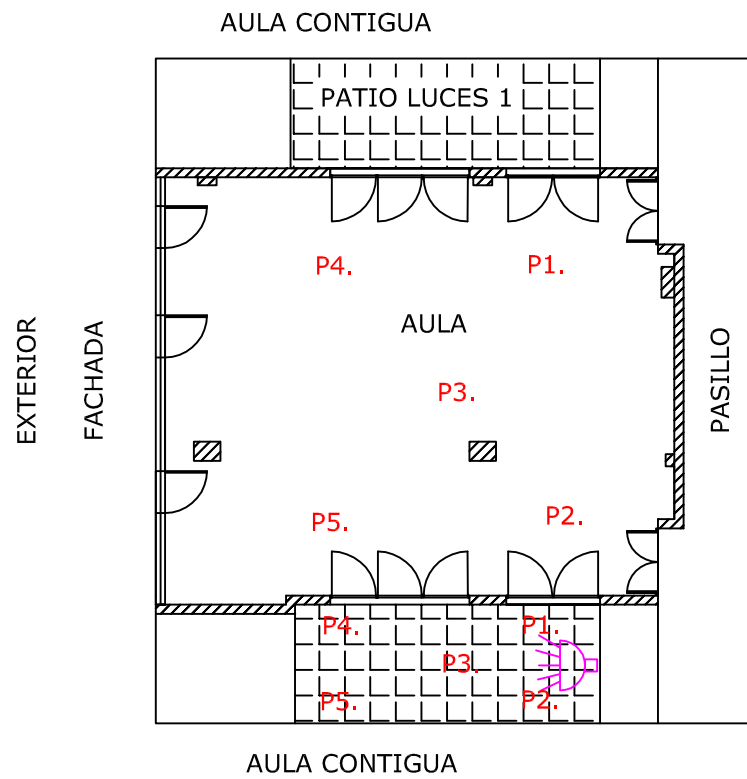
MEDICION
AULA-FACHADA.



MEDICION
AULA-TERRAZA 1.

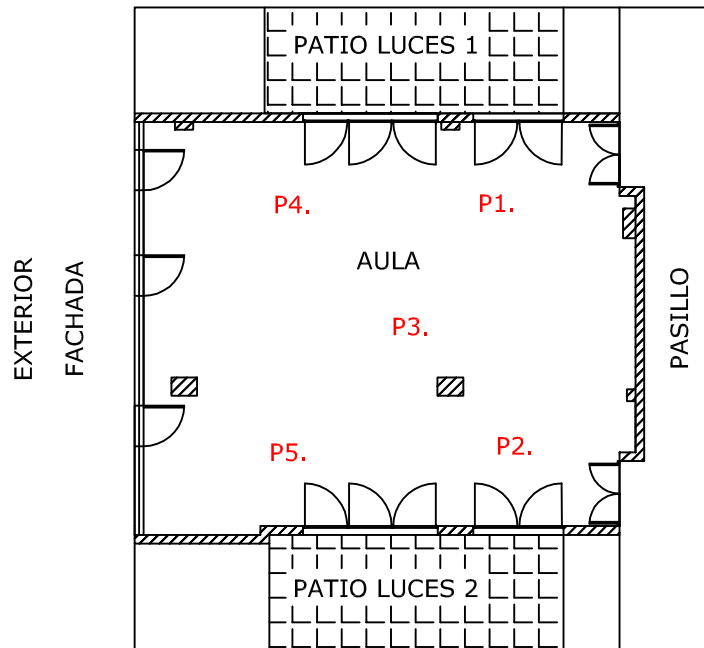


MEDICION
AULA-TERRAZA 2.



MEDICION
AULA-NIVEL DE
FONDO.

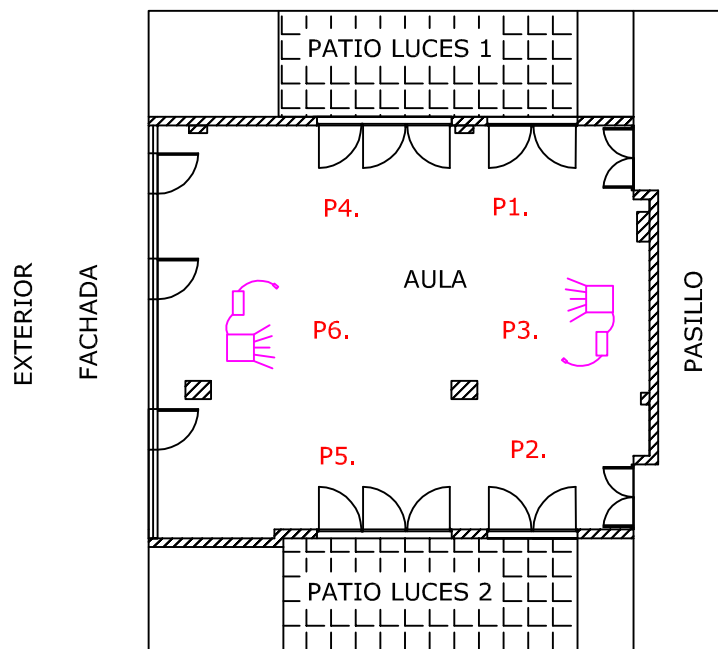
AULA CONTIGUA



AULA CONTIGUA

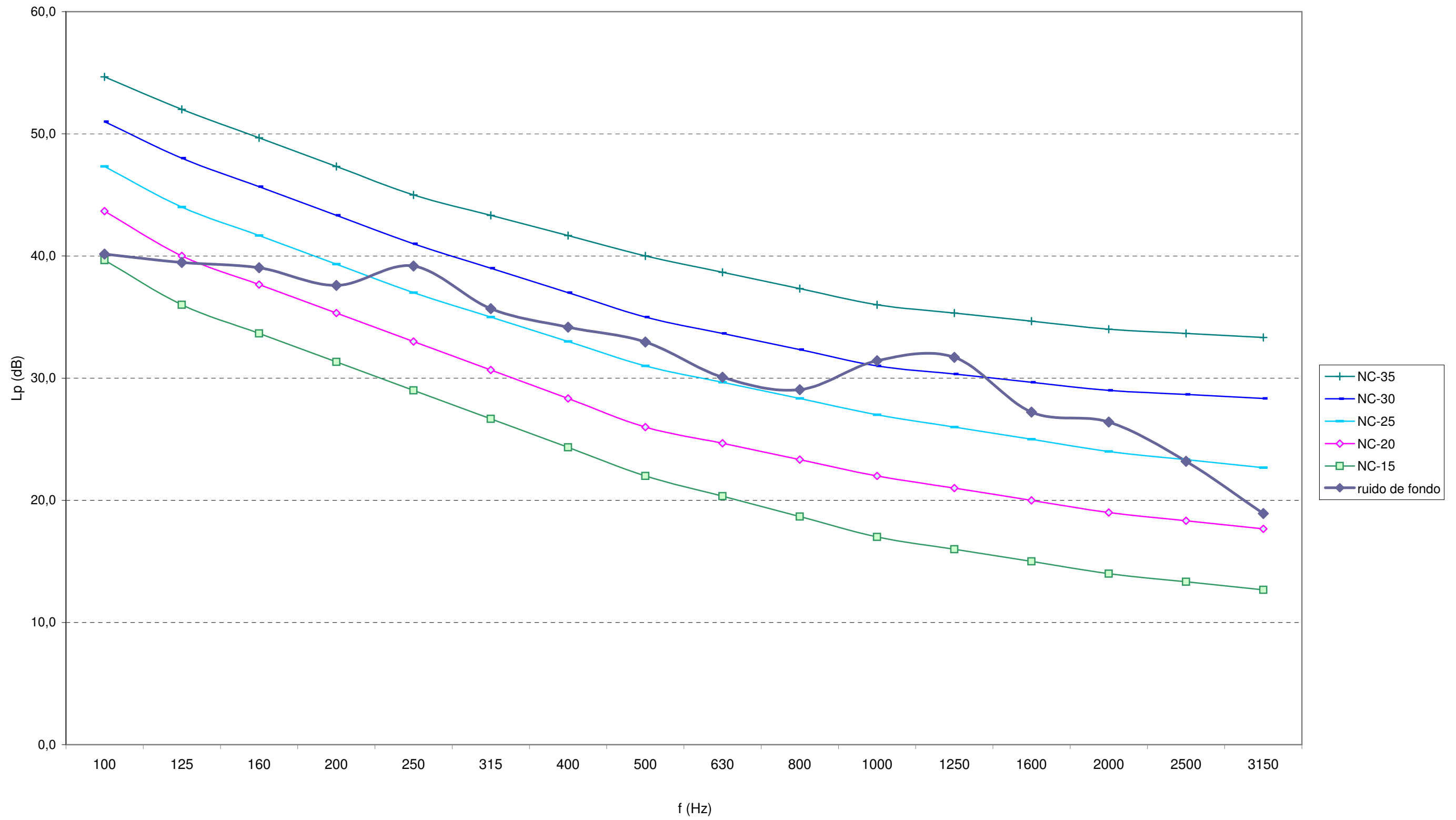
MEDICION TIEMPO DE
REVERBERACION.

AULA CONTIGUA

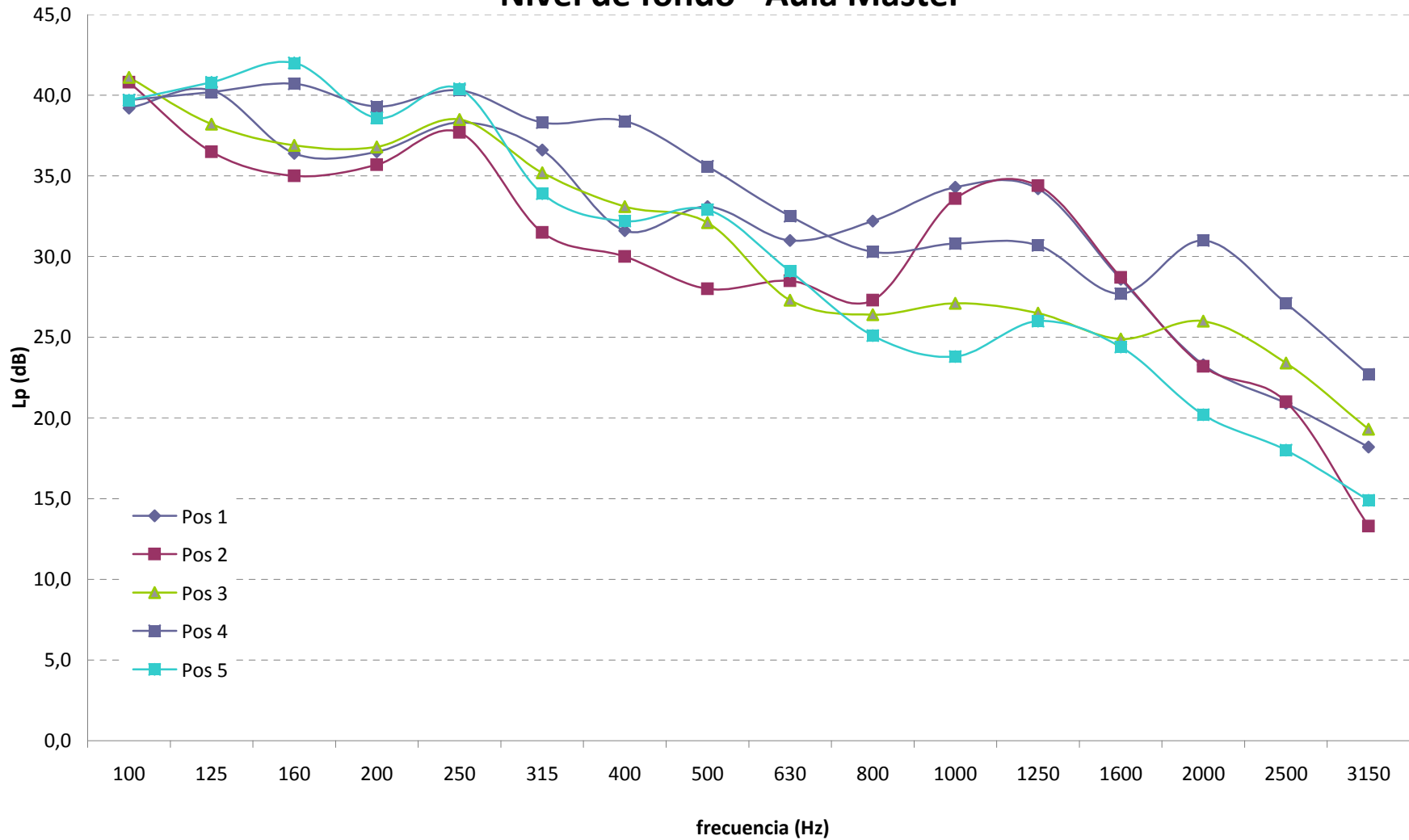


AULA CONTIGUA

Aula Máster
Ruido de fondo (valores medios)

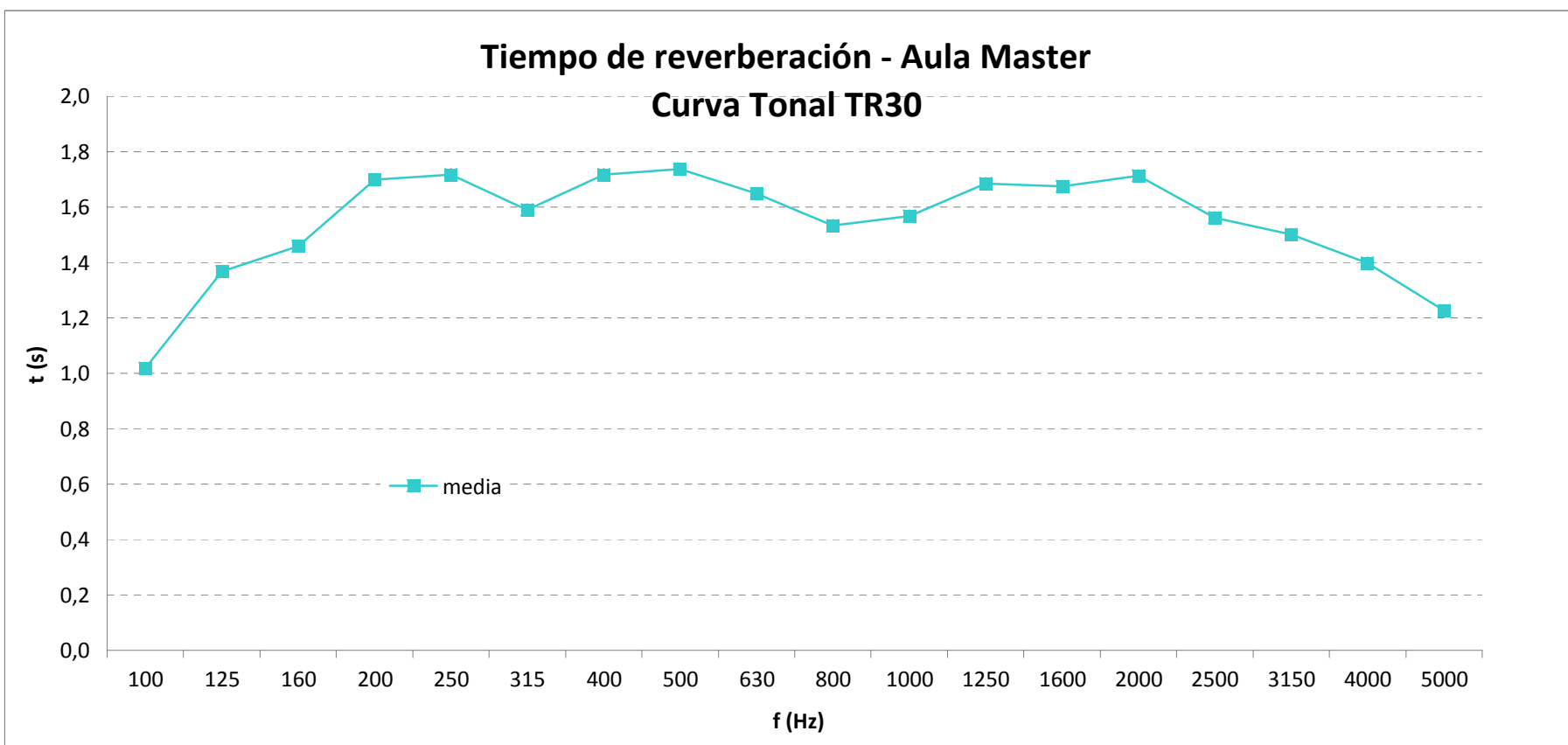
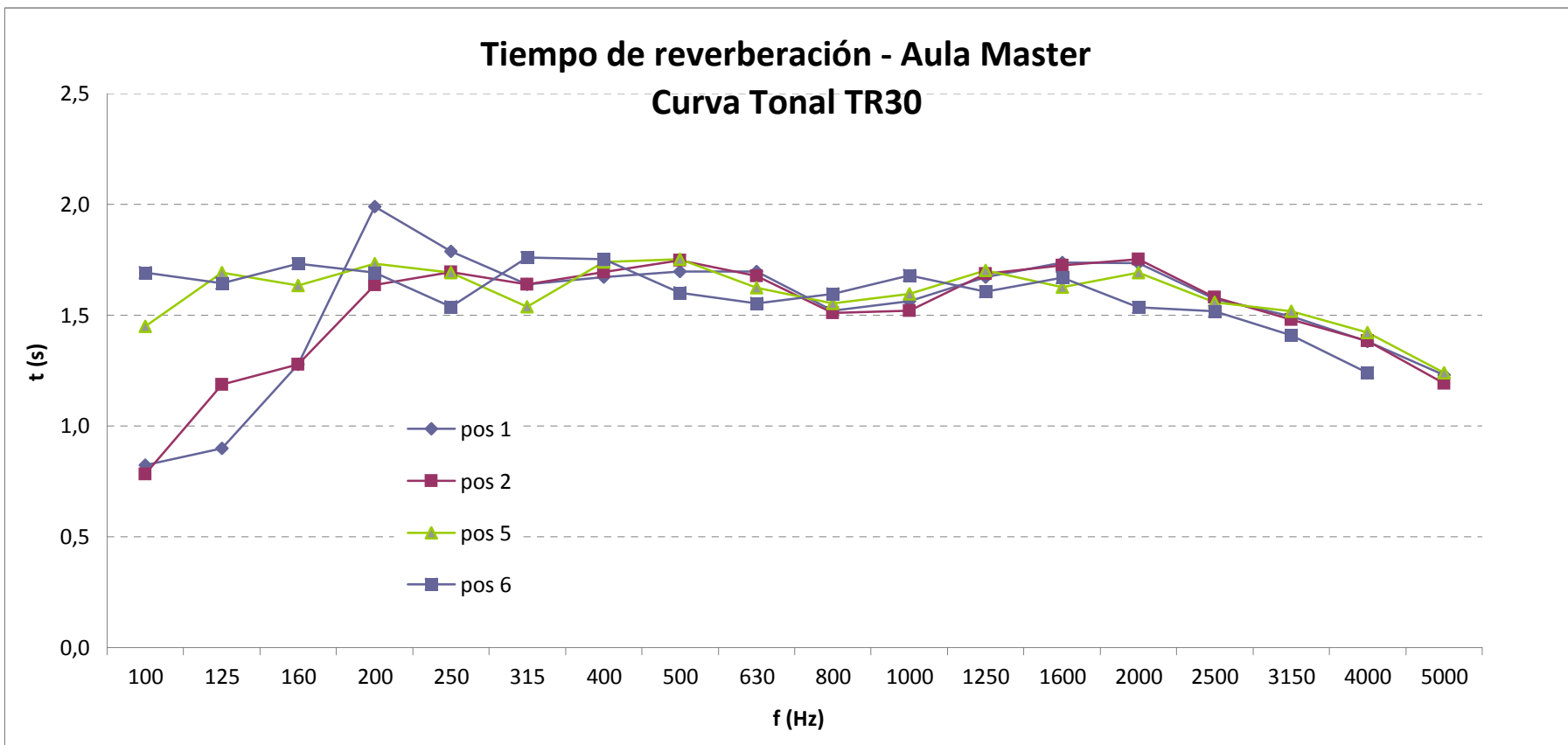


Nivel de fondo - Aula Máster



f(Hz)	pos1	pos2	pos5	pos6	media
100	0,823	0,783	1,449	3,659	1,018
125	0,900	1,187	1,691	1,691	1,367
160	1,278	1,278	1,635	1,645	1,459
200	1,990	1,636	1,732	1,732	1,700
250	1,787	1,695	1,693	1,693	1,717
315	1,639	1,640	1,539	1,539	1,589
400	1,672	1,695	1,740	1,759	1,717
500	1,698	1,747	1,753	1,753	1,738
630	1,696	1,677	1,623	1,600	1,649
800	1,520	1,509	1,553	1,553	1,534
1000	1,562	1,519	1,595	1,595	1,568
1250	1,671	1,688	1,702	1,679	1,685
1600	1,737	1,726	1,627	1,605	1,674
2000	1,736	1,752	1,692	1,669	1,712
2500	1,574	1,580	1,557	1,536	1,562
3150	1,495	1,479	1,517	1,517	1,502
4000	1,381	1,383	1,421	1,410	1,399
5000	1,229	1,192	1,241	1,241	1,226

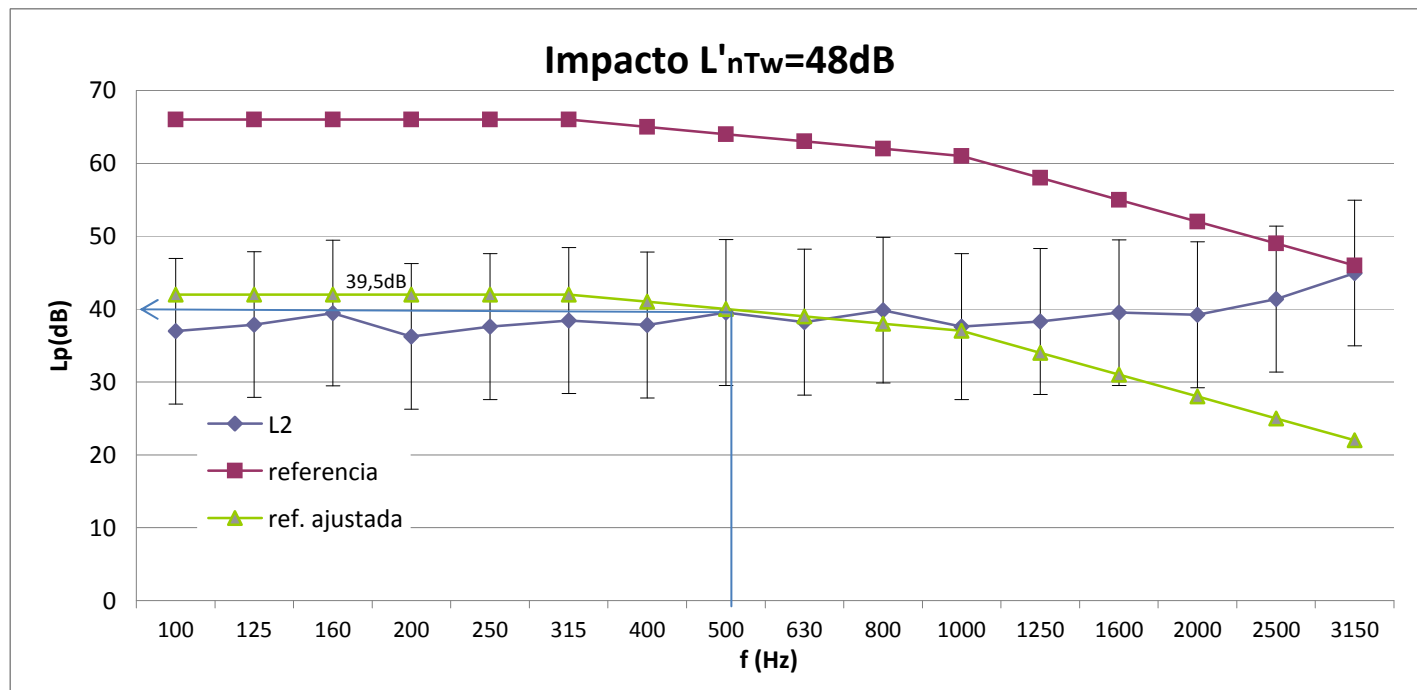
comentario



	f (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
t rev med		1,018	1,367	1,459	1,700	1,717	1,589	1,717	1,738	1,649	1,534	1,568	1,685	1,674	1,712	1,562	1,502
ref UNE 717		33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
T30	promedio	1,02	1,37	1,46	1,70	1,72	1,59	1,72	1,74	1,65	1,53	1,57	1,69	1,67	1,71	1,56	1,50
	Pos 1	0,823	0,900	1,278	1,990	1,787	1,639	1,672	1,698	1,696	1,520	1,562	1,671	1,737	1,736	1,574	1,495
	Pos 2	0,783	1,187	1,278	1,636	1,695	1,640	1,695	1,747	1,677	1,509	1,519	1,688	1,726	1,752	1,580	1,479
	Pos 5	1,449	1,691	1,635	1,732	1,693	1,539	1,740	1,753	1,623	1,553	1,595	1,702	1,627	1,692	1,557	1,517
	Pos 6	3,659	1,691	1,645	1,732	1,693	1,539	1,759	1,753	1,600	1,553	1,595	1,679	1,605	1,669	1,536	1,517
Fondo B2 dentro aula	Promedio	40,2	39,5	39,0	37,6	39,2	35,7	34,2	33,0	30,1	29,1	31,4	31,7	27,2	26,4	23,2	18,9
	Pos 1	39,2	40,3	36,4	36,5	38,3	36,6	31,6	33,1	31,0	32,2	34,3	34,2	28,6	23,3	20,9	18,2
	Pos 2	40,8	36,5	35,0	35,7	37,7	31,5	30,0	28,0	28,5	27,3	33,6	34,4	28,7	23,2	21,0	13,3
	Pos 3	41,1	38,2	36,9	36,8	38,5	35,2	33,1	32,1	27,3	26,4	27,1	26,5	24,9	26,0	23,4	19,3
	Pos 4	39,7	40,2	40,7	39,3	40,3	38,3	38,4	35,6	32,5	30,3	30,8	30,7	27,7	31,0	27,1	22,7
	Pos 5	39,7	40,8	42,0	38,6	40,4	33,9	32,2	32,9	29,1	25,1	23,8	26,0	24,4	20,2	18,0	14,9
impacto P1	Pos 1	39,9	42,8	44,3	43,0	42,9	44,0	41,8	45,4	43,9	44,3	42,4	43,1	44,7	44,2	47,6	51,6
impacto P2	Pos 2	40,2	41,6	43,9	39,4	43,0	42,8	44,2	44,4	42,8	45,1	42,7	44,0	44,8	44,9	44,5	46,3
	promedio	40,1	42,2	44,1	41,2	43,0	43,4	43,0	44,9	43,4	44,7	42,6	43,6	44,8	44,6	46,1	49,0
t rev receptor	T	1,02	1,37	1,46	1,70	1,72	1,59	1,72	1,74	1,65	1,53	1,57	1,69	1,67	1,71	1,56	1,50
L-10lg(2T)	Ln,T	37,0	37,8	39,4	35,9	37,6	38,4	37,6	39,5	38,2	39,8	37,6	38,3	39,5	39,2	41,1	44,2
corrección pasillo	ruido pasillo	79,5	79,4	83,0	84,6	85,1	86,5	89,3	89,2	90,6	90,4	88,8	84,6	85,7	86,7	86,9	83,1
	ruido aula	62,3	62,3	61,4	64,5	64,1	63,9	64,0	64,1	63,6	63,5	60,8	57,5	58,5	61,9	61,1	57,9
	fondo	40,1	38,8	37,3	37,1	38,7	35,4	33,3	32,2	29,8	29,1	31,5	31,5	27,5	25,9	23,1	18,4
	diferencia ruido ruidc ruido-fondo	17,2	17,1	21,6	20,1	21,0	22,6	25,3	25,1	27,0	26,9	28,0	27,1	27,2	24,8	25,8	25,1
	NC-65	76,7	75,0	73,7	72,3	71,0	70,0	69,0	68,0	67,3	66,7	66,0	65,3	64,7	64,0	63,7	63,3
	NC-60	73,0	71,0	69,7	68,3	67,0	65,7	64,3	63,0	62,3	61,7	61,0	60,3	59,7	59,0	58,7	58,3
	NC-55	69,3	67,0	65,3	63,7	62,0	60,7	59,3	58,0	57,3	56,7	56,0	55,3	54,7	54,0	53,7	53,3
	NC-50	66,3	64,0	62,0	60,0	58,0	56,7	55,3	54,0	53,0	52,0	51,0	50,3	49,7	49,0	48,7	48,3
	NC-45	62,3	60,0	58,0	56,0	54,0	52,3	50,7	49,0	48,0	47,0	46,0	45,3	44,7	44,0	43,7	43,3
	NC-40	59,3	57,0	54,7	52,3	50,0	48,3	46,7	45,0	43,7	42,3	41,0	40,3	39,7	39,0	38,7	38,3
	NC-35	54,7	52,0	49,7	47,3	45,0	43,3	41,7	40,0	38,7	37,3	36,0	35,3	34,7	34,0	33,7	33,3
	NC-30	51,0	48,0	45,7	43,3	41,0	39,0	37,0	35,0	33,7	32,3	31,0	30,3	29,7	29,0	28,7	28,3
	NC-25	47,3	44,0	41,7	39,3	37,0	35,0	33,0	31,0	29,7	28,3	27,0	26,0	25,0	24,0	23,3	22,7
	NC-20	43,7	40,0	37,7	35,3	33,0	30,7	28,3	26,0	24,7	23,3	22,0	21,0	20,0	19,0	18,3	17,7
	NC-15	39,7	36,0	33,7	31,3	29,0	26,7	24,3	22,0	20,3	18,7	17,0	16,0	15,0	14,0	13,3	12,7

	frecuencia	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
impacto P1	Pos 1	39,9	42,8	44,3	43,0	42,9	44,0	41,8	45,4	43,9	44,3	42,4	43,1	44,7	44,2	47,6	51,6
impacto P2	Pos 2	40,2	41,6	43,9	39,4	43,0	42,8	44,2	44,4	42,8	45,1	42,7	44,0	44,8	44,9	44,5	46,3
	promedio	40,1	42,2	44,1	41,6	43,0	43,4	43,2	44,9	43,4	44,7	42,6	43,6	44,8	44,6	46,3	49,7
t rev receptor	T	1,02	1,37	1,46	1,70	1,72	1,59	1,72	1,74	1,65	1,53	1,57	1,69	1,67	1,71	1,56	1,50
L-10lg(T/0'5)	L'n,T	37,0	37,9	39,5	36,2	37,6	38,4	37,8	39,5	38,2	39,9	37,6	38,3	39,5	39,2	41,4	44,9
ref 717/2		66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	66,0	65,0	64,0	63,0	62,0	61,0	58,0	55,0	52,0	49,0	46,0
ref ajust		42	42	42	42	42	42	41	40	39	38	37	34	31	28	25	22

L_{nw}=48dB



Proyecto		
Autor		
Fecha		
Referencia		

Características técnicas de la fachada y edificio

Tipo de Ruido Exterior	Automóviles		L_d (dBA)	60			
Forma de fachada	Plano de Fachada		ΔL_{fs} (dB)	0			
Soluciones Constructivas							
Sección Separador	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)						
Sección Flanco F1	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)						
Sección Flanco F2	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)						
Sección Flanco F3	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)						
Sección Flanco F4	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m ²)	l_i (m)	m'_i (kg/m ²)	$R_{A,tr}$ (dBA)	R_A (dBA)		
Sección Separador	37,5022	-	157	51	56	-	-
Sección Flanco F1	25,02	9,93	157	51	56	-	-
Sección Flanco F2	27,6	9,93	157	51	56	-	-
Sección Flanco F3	7,9508	2,78	157	51	56	-	-
Sección Flanco F4	7,9508	2,78	157	51	56	-	-

Características técnicas del recinto receptor

Tipo de Recinto	Cultural, sanitario, docente y administrativo Aulas	Volumen	400 m ³				
Soluciones Constructivas							
Sección Separador	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)						
Suelo f1	LM 300 mm						
Techo f2	LM 300 mm						
Pared f3	RE + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared f4	RE + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m ²)	l_i (m)	m'_i (kg/m ²)	R_A (dBA)	$R_{A,tr}$ (dBA)	ΔR_A (dBA)	
Sección Separador	37,5022	-	157	56	51	0	-
Suelo f1	162,33	9,93	750	67	-	7	-
Techo f2	162,33	9,93	750	67	-	0	-
Pared f3	7,9508	2,78	161	42	-	8	-
Pared f4	7,9508	2,78	161	42	-	8	-

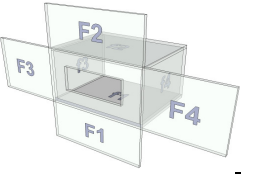
Huecos en el separador

Ventanas, puertas y lucernarios		S (m ²)	$R_{A,tr}$ (dBA)	R_A (dBA)	ΔR (dB)
	Hueco 1	8,43	30	34	-3
	Hueco 2	2	0	0	0
	Hueco 3	3	0	0	0
	Hueco 4	4	0	0	0

Vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Vías de transmisión aérea	transmisión directa I	$D_{n,e1,A}$ (dBA)	20
	transmisión directa II	$D_{n,e2,A}$ (dBA)	-
	transmisión indirecta	$D_{n,s,A}$ (dBA)	-

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
fachada - suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	8,33	17,91	8,33
fachada - techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	8,33	17,91	8,33
fachada - pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	8,70	8,89	8,70
fachada - pared	Unión rígida en + de elementos homogéneos	8,70	8,89	8,70

Transmisión de ruido del exterior				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)	31	30	CUMPLE



Cálculo de Aislamiento Acústico a ruido aéreo en fachadas

Datos de Entrada

Sección de Fachada Directa

Superficie S_s (m²) **37,5022**

REF	Elemento constructivo base	m'_i (kg/m ²)	R_{Atr}	R_A	REF	Forma de la fachada	α_w	h_{lm}	ΔL_{fs}	REF	Revestimiento Interior	$\Delta R_{d,A}$
F.5.2.a	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)	157,0	51,0	56,0	FF 1	Plano de Fachada	0	2,78	0	R.0.0	Sin Revestimiento	0

REF	S (m ²)	Ventanas/Capialzados	R_{Atr}	R_A	ΔR
V.30	8,43	Ventana sencilla OSC/NP6-(6...16)-8	30	34	-3
V.00	2	Sin Ventana	0	0	0
V.00	3	Sin Ventana	0	0	0
V.00	4	Sin Ventana	0	0	0

Transmision Aérea Directa I $D_{n,e1,Atr}$

Transmision Aérea Directa II $D_{n,e2,Atr}$

Transmision Aérea Indirecta $D_{n,s,Atr}$

S_0 (m²)

$D_{n,si,Atr}$ (dBA)

20 (aireadores con tratamiento acústico...)

0 (aireadores sin tratamiento acústico)

0 (techos suspendidos, conductos, pasillos...)

L_d (dBA)	Tipo de Ruido
60	Automóviles

$D_{2m,nT,Atr}$	Requisito CTE
31	30 CUMPLE

Secciones de Fachada de Flanco

	REF	Elemento constructivo base	m'_i (kg/m ²)	$R_{f,Atr}$	S_f (m ²)	I_f (m ²)
Elemento F1 (Fachada)	F.5.2.a	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)	157,0	51,0	25,02	9,93
Elemento F2 (Fachada)	F.5.2.a	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)	157,0	51,0	27,6	9,93
Elemento F3 (Fachada)	F.5.2.a	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)	157,0	51,0	7,9508	2,78
Elemento F4 (Fachada)	F.5.2.a	RE + LP 115 + CV + T + AT + YL 15 (valores mínimos)	157,0	51,0	7,9508	2,78

Recinto Receptor

Tipo de Recinto

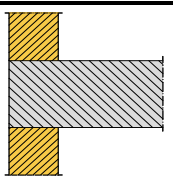
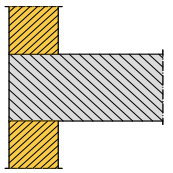
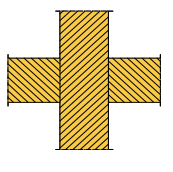
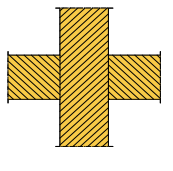
Volumen V_r (m³)

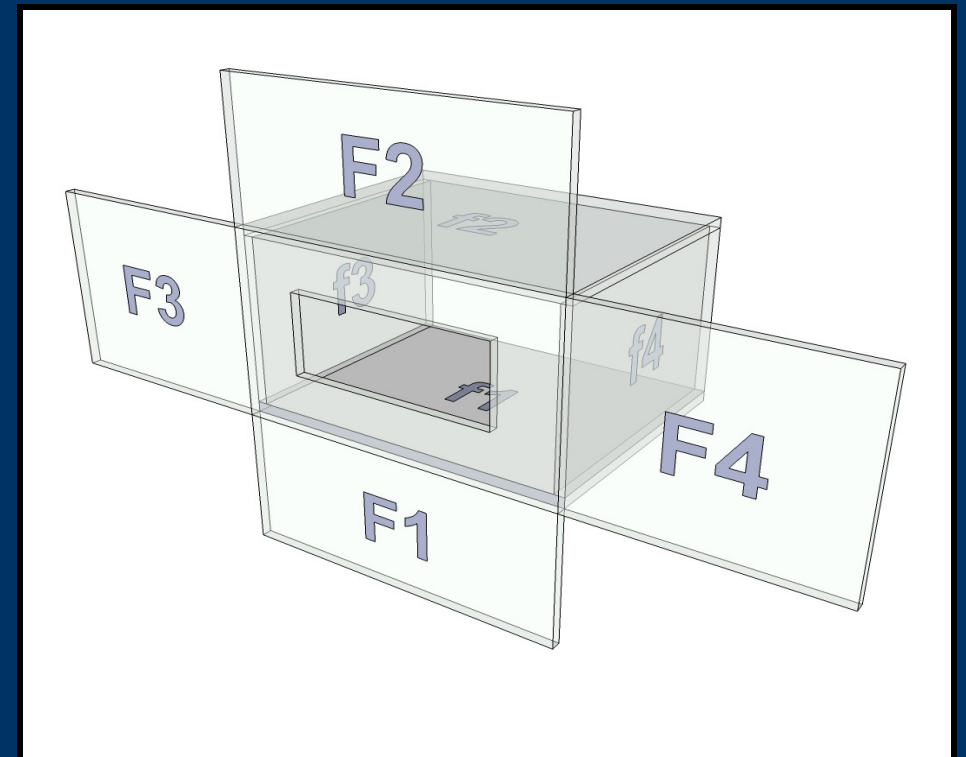
400

Cultural, sanitario, docente y administrativo Aulas

	REF	Elemento constructivo base	m'_i (kg/m ²)	$R_{f,A}$	S_i (m ²)	I_f (m ²)	REF	Revestimiento	$\Delta R_{f,A}$
Elemento f1 (Suelo)	Fo.LM.3	LM 300 mm	750,0	67,0	162,33	9,9	S1.d.1	AC + M 50 + AR PE-E 3	7
Elemento f2 (Techo)	Fo.LM.3	LM 300 mm	750,0	67,0	162,33	9,9	T.3.a	YL 15 + C [≥ 48]	0
Elemento f3 (Pared)	F.4.1.a	RE + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)	161,0	42,0	7,9508	2,8	TR.1.i	YL 15 + MW 48 + SP (300<m≤350kg/m2)	8
Elemento f4 (Pared)	F.4.1.a	RE + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)	161,0	42,0	7,9508	2,8	TR.1.i	YL 15 + MW 48 + SP (300<m≤350kg/m2)	8

Uniones de los Elementos Constructivos

	REF	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}		
Arista 1 (Unión Fachada-Suelo)	T 0.3	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	8,3	17,9	8,3		Vista en sección
Arista 2 (Unión Fachada-Techo)	T 0.3	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	8,3	17,9	8,3		Vista en sección
Arista 3 (Unión Fachada-Pared)	C 0.1	Unión rígida en + de elementos homogéneos	8,7	8,9	8,7		Vista en planta
Arista 4 (Unión Fachada-Pared)	C 0.1	Unión rígida en + de elementos homogéneos	8,7	8,9	8,7		Vista en planta



Proyecto		
Autor		
Fecha		
Referencia		

Características técnicas de la fachada y edificio							
Tipo de Ruido Exterior	Automóviles			L_d (dBA)	60		
Forma de fachada	Plano de Fachada			ΔL_{fs} (dB)	0		
Soluciones Constructivas							
Sección Separador	UVA 8-(12...20)-6						
Sección Flanco F1	UVA 8-(12...20)-6						
Sección Flanco F2	UVA 8-(12...20)-6						
Sección Flanco F3	UVA 8-(12...20)-6						
Sección Flanco F4	UVA 8-(12...20)-6						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m ²)	l_i (m)	m'_i (kg/m ²)	$R_{A,tr}$ (dBA)	R_A (dBA)		
Sección Separador	31,9422	-	35	29	33	-	-
Sección Flanco F1	31,9422	11,49	35	29	33	-	-
Sección Flanco F2	31,9422	11,49	35	29	33	-	-
Sección Flanco F3	31,9422	2,78	35	29	33	-	-
Sección Flanco F4	31,9422	2,78	35	29	33	-	-

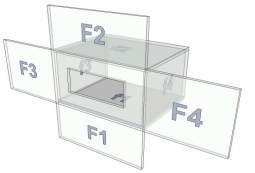
Características técnicas del recinto receptor							
Tipo de Recinto	Cultural, sanitario, docente y administrativo Aulas			Volumen	400 m ³		
Soluciones Constructivas							
Sección Separador	UVA 8-(12...20)-6						
Suelo f1	LM 300 mm						
Techo f2	LM 300 mm						
Pared f3	RE + CV + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared f4	RE + CV + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S_i (m ²)	l_i (m)	m'_i (kg/m ²)	R_A (dBA)	$R_{A,tr}$ (dBA)	ΔR_A (dBA)	
Sección Separador	31,9422	-	35	33	29	0	-
Suelo f1	162,33	11,49	750	67	-	7	-
Techo f2	162,33	11,49	750	67	-	0	-
Pared f3	41,7	2,78	156	42	-	8	-
Pared f4	41,7	2,78	156	42	-	8	-

Huecos en el separador					
Ventanas, puertas y lucernarios		S (m ²)	$R_{A,tr}$ (dBA)	R_A (dBA)	ΔR (dB)
	Hueco 1	31,9422	30	34	-3
	Hueco 2	2	0	0	0
	Hueco 3	3	0	0	0
	Hueco 4	4	0	0	0

Vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Vías de transmisión aérea	transmisión directa I	$D_{n,e1,A}$ (dBA)	40
	transmisión directa II	$D_{n,e2,A}$ (dBA)	-
	transmisión indirecta	$D_{n,s,A}$ (dBA)	-

Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
fachada - suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	15,80	34,56	15,80
fachada - techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	15,80	34,56	15,80
fachada - pared	Unión de elementos homogéneos y fachadas ligeras (orientación 2)	16,49	11,49	16,49
fachada - pared	Unión de elementos homogéneos y fachadas ligeras (orientación 2)	16,49	11,49	16,49

Transmisión de ruido del exterior				
		Cálculo	Requisito	
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{2m,nT,Atr}$ (dBA)	36	30	CUMPLE



Cálculo de Aislamiento Acústico a ruido aéreo en fachadas

Datos de Entrada

Sección de Fachada Directa

Superficie S_s (m²) **31,9422**

REF	Elemento constructivo base	m'_i (kg/m ²)	R_{Atr}	R_A	REF	Forma de la fachada	α_w	h_{lm}	ΔL_{fs}	REF	Revestimiento Interior	$\Delta R_{d,A}$
F.16.1.d	UVA 8-(12...20)-6	35,0	29,0	33,0	FF 1	Plano de Fachada	0	2,78	0	R.0.0	Sin Revestimiento	0

REF	S (m ²)	Ventanas/Capialzados	R_{Atr}	R_A	ΔR
V.30	31,9422	Ventana sencilla OSC/NP6-(6...16)-8	30	34	-3
V.00	2	Sin Ventana	0	0	0
V.00	3	Sin Ventana	0	0	0
V.00	4	Sin Ventana	0	0	0

Transmision Aérea Directa I $D_{n,e1,Atr}$ **40** (aireadores con tratamiento acústico...)
 Transmision Aérea Directa II $D_{n,e2,Atr}$ **0** (aireadores sin tratamiento acústico)
 Transmision Aérea Indirecta $D_{n,s,Atr}$ **0** (techos suspendidos, conductos, pasillos...)

L_d (dBA)	Tipo de Ruido
60	Automóviles

$D_{2m,nT,Atr}$	Requisito CTE
36	30 CUMPLE

Secciones de Fachada de Flanco

Elemento	REF	Elemento constructivo base	m'_i (kg/m ²)	$R_{f,Atr}$	S_i (m ²)	I_i (m ²)
Elemento F1 (Fachada)	F.16.1.d	UVA 8-(12...20)-6	35,0	29,0	31,9422	11,49
Elemento F2 (Fachada)	F.16.1.d	UVA 8-(12...20)-6	35,0	29,0	31,9422	11,49
Elemento F3 (Fachada)	F.16.1.d	UVA 8-(12...20)-6	35,0	29,0	31,9422	2,78
Elemento F4 (Fachada)	F.16.1.d	UVA 8-(12...20)-6	35,0	29,0	31,9422	2,78

Recinto Receptor

Tipo de Recinto

Cultural, sanitario, docente y administrativo Aulas

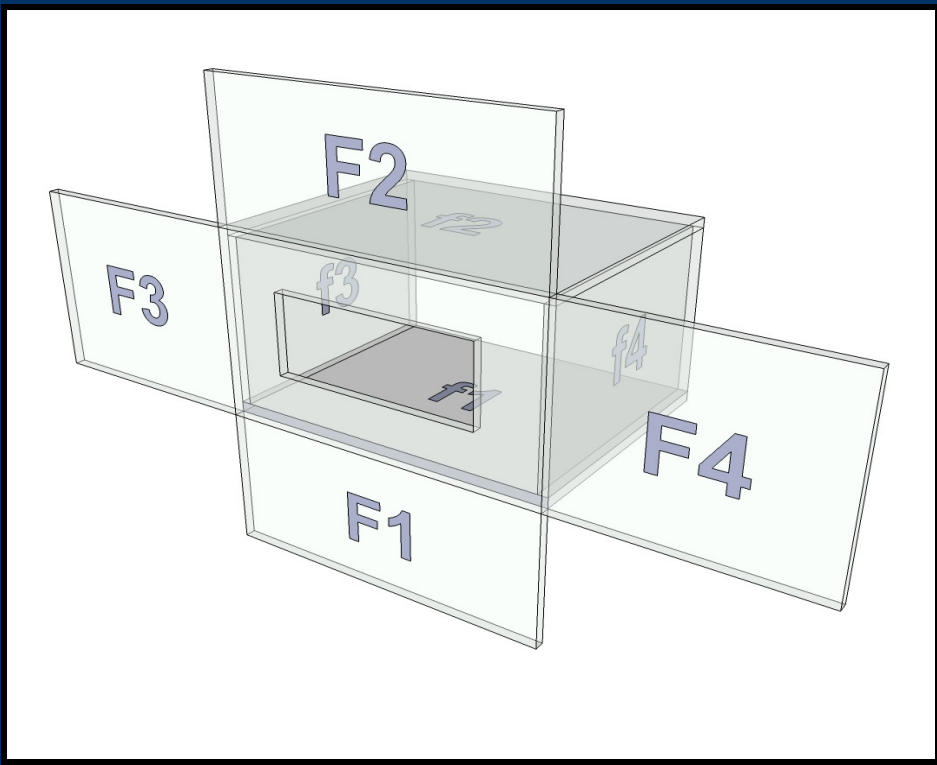
Volumen V_r (m³) **400**

Elemento	REF	Elemento constructivo base	m'_i (kg/m ²)	$R_{f,A}$	S_i (m ²)	I_i (m ²)	REF	Revestimiento	$\Delta R_{f,A}$
Elemento f1 (Suelo)	Fo.LM.3	LM 300 mm	750,0	67,0	162,33	11,5	S1.d.1	AC + M 50 + AR PE-E 3	7

Elemento f2 (Techo)	Fo.LM.3	LM 300 mm	750,0	67,0	162,33	11,5	T.3.a	YL 15 + C [≥ 48]	0
Elemento f3 (Pared)	F.8.1.a	RE + CV + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)	156,0	42,0	41,7	2,8	TR.1.i	YL 15 + MW 48 + SP (300<m \leq 350kg/m2)	8
Elemento f4 (Pared)	F.8.1.a	RE + CV + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)	156,0	42,0	41,7	2,8	TR.1.i	YL 15 + MW 48 + SP (300<m \leq 350kg/m2)	8

Uniones de los Elementos Constructivos

REF	Tipo de unión	K _{Ff}	K _{Fd}	K _{Df}		
Arista 1 (Unión Fachada-Suelo)	T 0.3 Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	15,8	34,6	15,8		Vista en sección
Arista 2 (Unión Fachada-Techo)	T 0.3 Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 3)	15,8	34,6	15,8		Vista en sección
Arista 3 (Unión Fachada-Pared)	T 0.22 Unión de elementos homogéneos y fachadas ligeras (orientación 2)	16,5	11,5	16,5		Vista en planta
Arista 4 (Unión Fachada-Pared)	T 0.22 Unión de elementos homogéneos y fachadas ligeras (orientación 2)	16,5	11,5	16,5		Vista en planta



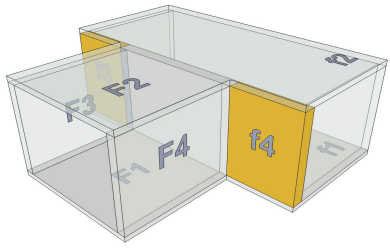
Esta herramienta facilita la aplicación del método de cálculo de la opción general del DB HR Protección frente al ruido, del CTE.

v 2.0 Diciembre 2009

Documento Básico HR Protección frente al ruido

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

Caso: Recintos adyacentes con 2 aristas comunes. Transmisión horizontal. Caso A

Proyecto		
Autor		
Fecha		
Referencia		

Características técnicas del recinto 1							
Tipo de recinto como emisor	Unidad de uso						
Tipo de recinto como receptor	-	Volumen	451,5 m ³				
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Suelo F1	LM 300 mm						
Techo F2	LM 300 mm						
Pared F3	RE + CV + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared F4	RE + CV + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S _i (m ²)	l _i (m)	m' _i (kg/m ²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador	35,71	-	127	40	-	15	-
Suelo F1	162,33	12,84	750	67	63	7	16
Techo F2	162,33	12,84	750	67	63	0	0
Pared F3	37,5	2,78	156	42	-	-	-
Pared F4	37,5	2,78	156	42	-	-	-

Características técnicas del recinto 2							
Tipo de recinto como emisor	Otros recintos(*)						
Tipo de recinto como receptor	Habitable	Volumen	71,28 m ³				
Soluciones Constructivas							
Separador	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Suelo f1	LM 300 mm						
Techo f2	LM 300 mm						
Pared f3	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Pared f4	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores mínimos)						
Parámetros Acústicos							
	S _i (m ²)	l _i (m)	m' _i (kg/m ²)	R _A (dBA)	L _{n,w} (dB)	ΔR _A (dBA)	ΔL _w (dB)
Separador	35,71	-	127	40	-	42	-
Suelo f1	25,45	12,84	750	67	63	7	16
Techo f2	25,45	12,84	750	67	63	0	0
Pared f3	8	2,78	127	40	-	42	-
Pared f4	8,26	2,78	127	40	-	42	-

Huecos en el separador y vías de transmisión aérea directa o indirecta			
Ventanas, puertas y lucernarios	superficie	S (m ²)	7,73
	índice de reducción	R _A (dBA)	30
Vías de transmisión aérea	transmisión directa	D _{n,e,A} (dBA)	0
	transmisión indirecta	D _{n,s,A} (dBA)	0

Documento Básico HR Protección frente al ruido

Ficha justificativa del cálculo de aislamiento a ruido aéreo y de impactos entre recintos interiores.
Caso: Recintos adyacentes con 2 aristas comunes. Transmisión horizontal. Caso A

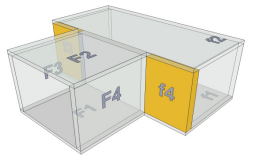
Tipos de uniones e índices de reducción vibracional				
Encuentro	Tipo de unión	K_{Ff}	K_{Fd}	K_{Df}
separador - suelo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	-1,78	9,09	9,09
separador - techo	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	-1,78	9,09	9,09
separador - pared	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 9)	5,75	5,75	7,00
separador - pared	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 9)	5,75	5,75	7,00

Transmisión del recinto 1 al recinto 2			
		Cálculo	Requisito
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	35	-
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	27	-

Transmisión del recinto 2 al recinto 1			
		Cálculo	Requisito
Aislamiento acústico a ruido aéreo	$D_{nT,A}$ (dBA)	43	50
Aislamiento acústico a ruido de impacto	$L'_{nT,w}$ (dB)	28	65

NO CUMPLE

CUMPLE



Cálculo de Aislamiento Acústico a ruido aéreo entre recintos interiores. Recintos Adyacentes con 2 aristas comunes. Caso A.

Datos de Entrada

Elemento Separador

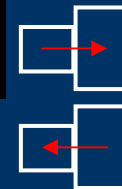
Superficie S_s (m²) **35,71**

REF	Elemento constructivo base	m' _i (kg/m ²)	R _{i,A}	REF	Revestimiento Recinto 1	ΔR _{D,A}	REF	Revestimiento Recinto 2	ΔR _{d,A}
P.1.3.a	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores mínimos)	127,0	40,0	TR.1.c	YL 15 + MW 48 + SP (100<m≤140kg/m2)	15	TR.1.d	RF + YL 15 + MW 48 + SP (100<m≤140kg/m2)	42

S (m ²)	R _A	
Ventanas, puertas y lucernarios	7,73	30

Transmision Aérea D_{n,ai,A}

directa	indirecta
D _{n,e,A}	D _{n,s,A}



D _{nT,A}	Requisito CTE	L' _{nT,w}	Requisito CTE
35	-	27	-
43	50 NO CUMPLE	28	65 CUMPLE

Recinto 1

Tipo de recinto como emisor		Tipo de recinto como receptor		Volumen V ₁ (m ³) 451,5									
Unidad de uso		Protegido											
Elemento	REF	Elemento constructivo base	m (kg/m ²)	R _A	L _{n,w}	S _i (m ²)	l _r (m)	Como flanco		REF	Revestimiento	ΔR _{F,A}	ΔL _w
								m' _F (kg/m ²)	R _{F,A}				
Elemento F1 (Suelo)	Fo.LM.3	LM 300 mm	750,0	67,0	63,0	162,33	12,84	750,0	67,0	S1.d.1	AC + M 50 + AR PE-E 3	7	16
Elemento F2 (Techo)	Fo.LM.3	LM 300 mm	750,0	67,0	63,0	162,33	12,84	750,0	67,0	T.3.a	YL 15 + C [≥ 48]	0	0
Elemento F3 (Pared)	F.8.1.a	RE + CV + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)	156,0	42,0	-	37,5	2,78	156,0	42,0		solución conjunta	-	-
Elemento F4 (Pared)	F.8.1.a	RE + CV + AT + LP 115 + Enl 15 (valores mínimos)	156,0	42,0	-	37,5	2,78	156,0	42,0		solución conjunta	-	-

Recinto 2

Tipo de recinto como emisor		Tipo de recinto como receptor		Volumen V ₂ (m ³) 71,28									
Otros recintos(*)													
Elemento	REF	Elemento constructivo base	m' _i (kg/m ²)	R _{f,A}	L _{n,w}	S _i (m ²)	l _r (m ²)	REF	Revestimiento	ΔR _{f,A}	ΔL _w		
												Elemento f1 (Suelo)	Fo.LM.3

(*) no pertenecientes a la unidad de uso, que no sean de instalaciones o de actividad

Elemento f2 (Techo)	Fo.LM.3	LM 300 mm	750,0	67,0	63,0	25,45	12,8	T.3.a	YL 15 + C [≥ 48]	0	0
Elemento f3 (Pared)	P.1.3.a	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores mínimos)				8	2,8	TR.1.d	RF + YL 15 + MW 48 + SP (100<m≤140kg/m2)	42	-
Elemento f4 (Pared)	P.1.3.a	Enl 15 + LHD 115 + Enl 15 (valores mínimos)				8,26	2,8	TR.1.d	RF + YL 15 + MW 48 + SP (100<m≤140kg/m2)	42	-

Uniones de los elementos constructivos

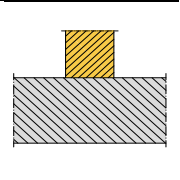
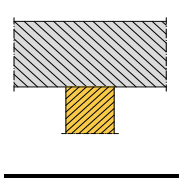
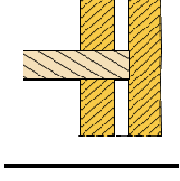
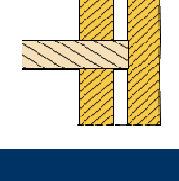
	REF	Tipo de unión	K _{Ff}	K _{Fd}	K _{Df}		
Arista 1 (Unión Elemento-Suelo)	T 0.2	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 2)	-1,8	9,1	9,1		Vista en sección
Arista 2 (Unión Elemento-Techo)	T 0.1	Unión rígida en T de elementos homogéneos (orientación 1)	-1,8	9,1	9,1		Vista en sección
Arista 3 (Unión Elemento-Pared)	T 0.40	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 9)	5,7	5,7	7,0		Vista en planta
Arista 4 (Unión Elemento-Pared)	T 0.40	Unión en T de doble hoja y elementos homogéneos (orientación 9)	5,7	5,7	7,0		Vista en planta

Diagrama 3D de un elemento constructivo con paredes f3, f4 y f2, y techo E2, E1.



Esta herramienta facilita la aplicación del método de cálculo de la opción general del DB HR Protección frente al ruido, del CTE.

v 2.0 Diciembre 2009

CONCLUSIONES

FONDO

Se han representado los valores de nivel de presión de fondo en decibelios frente a la frecuencia tomados en distintas posiciones. De ellos destacar su tendencia decreciente cuando aumenta la frecuencia, y en las medidas correspondientes a las posiciones 2 y 1 en torno a las frecuencias de 1000 Hz, además de otro pico en la posición 4 en 2000 Hz. Estas variaciones probablemente se deban a influencias externas como el ruido exterior de tráfico y el viento, los conductos de ventilación del edificio, el tránsito de personas por los pasillos y las clases que estaban siendo impartidas en las aulas adyacentes.

NC

Las curvas de referencia Noise Criteria NC establecen los niveles máximos de ruido que pueden estar llegando a un aula, para que las actividades de clase se desarrollen adecuadamente. Representando esas curvas y el ruido de fondo se puede establecer por comparación a qué nivel corresponde el aula, puede observarse que se trata de un NC-35 al encontrarse el nivel promedio de fondo por debajo de esa curva.

ESTUDIO POR PARTICIONES

Se han denominado a las particiones de la siguiente manera:

Partición	Local emisor	Local receptor
A	Pasillo	aula
B	Terraza 1	aula
C	Terraza 2	aula
D	Fachada	aula

Se ha representado para cada una de ellas los promedios de nivel de fondo B_2 , el nivel L_1 en el local emisor y el nivel L_2 en el local receptor (aula).

$D_{n,T}$ AISLAMIENTO ACÚSTICO NORMALIZADO

Partiendo del promedio de niveles L_2 y B_2 se calcula el nivel L_2 corregido de la siguiente manera:

$$L_2^{corr} = L_2 \oplus B_2 = 10 \cdot \log \left\{ 10^{\frac{L_2}{10}} + 10^{\frac{B_2}{10}} \right\}$$

$$D = L_1 - L_2^{corr}$$

$$D_{n,T} = D + 10 \cdot \log \left(\frac{T_2}{0.5} \right)$$

De ahí, conociendo el aislamiento puede calcularse el coeficiente de absorción despejando de la fórmula de Sabine:

$$A_2 = \frac{0.162 \cdot V}{T_2}$$

donde T_2 es el tiempo de reverberación, promediado a partir de una serie de medidas tomadas en el aula. De las 6 que se tomaron, 2 tenían una elevada dispersión, por lo que se descartaron. De las 4 restantes, se observa cierta uniformidad entre ellas, excepto en dos valores correspondientes a las frecuencias de 100 Hz y 200 Hz, probablemente debidas a la frecuencia de las luminarias y sus múltiplos y a que los paneles de pladur actúan como una membrana, por lo que al promediar las medidas en esas frecuencias, se eliminó el valor más disperso.

Una vez se tiene el Dn,T , se representa para cada partición junto con la referencia de la ISO 717 y la curva de referencia ajustada para el valor de 500 Hz, de modo que pueda apreciarse de forma gráfica el aislamiento entre el local emisor y el local receptor.

Al calcular la absorción por Sabine se observa que a bajas frecuencias se obtienen valores muy elevados, debidos a que en ellas los paramentos de pladur absorben al tratarse de un material poroso. A frecuencias más altas, va disminuyendo la absorción.

Y al aplicar la normativa del Código Técnico HR Protección frente al ruido, vemos que de los 4 paramentos del aula ensayada, la fachada, las 2 medianeras recayentes en patio interior y la partición interior del aula con el pasillo, la única que no cumple con la normativa de aislamiento acústico frente a ruido aéreo, si cumpliendo en el caso de aislamiento frente a ruido de impacto, es la partición del aula con el pasillo, y tras realizar varias simulaciones detectamos que es debido a tener una doble puerta, por lo que la solución a adoptar si queremos que cumpla con los requisitos del Código Técnico sería:

- Anular y cegar la puerta 1, que es la pequeña
- Revestir con alguna membrana aislante las puertas para reforzar la pérdida de aislamiento que se producen por la puertas

BIBLIOGRAFIA.

“Estudio para mejorar la insonorización de las aulas”

Estudio realizado por el Departamento de Tecnologías Audiovisuales Sección de

Acústica de la Escuela Universitaria La Salle

NBE CA-88 – Condiciones Acústicas en los Edificios.

Normas UNE-EN ISO 717:

UNE-EN ISO 717-1

UNE-EN ISO 717-2

Normas UNE-EN ISO 140: UNE-EN ISO 140-4

UNE-EN ISO 140-5

UNE-EN ISO 140-7

CTE: DB-HR – Protección frente al ruido

Ordenanza de ruidos y vibraciones de Valencia

RD-1367- Ley del ruido desarrollo

Ley 7/2002 G.V. Contaminación acústica

Mathias Meisser – Acústica de los Edificios; Editores Técnicos Asociados S.A.

Diseño acústico de espacios arquitectónico. Antoni Carrión Isbert

Guía Acústica de la construcción. Fco Javier Rodríguez Rodríguez, Javier de la Puente Crespo

www.jjriveroehijos.com – Instalaciones Juan José Rivero e Hijos S. L.

www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_01_02/estudios_de_grabacion
- Juan Ignacio Arribas, Ph.D.

<http://acusticarquitectonicaymedioambiental.blogspot.com/2009/03/materiales-absorbentes.html>

<http://portal.danosa.com>

http://www.isover.net/asesoria/manuales/edificacion/Acustica_absorbentes.pdf

http://www.acusticaintegral.com/absorbentes_acusticos_index.htm