

ECOPHON

# GUÍA ACÚSTICA

ARQUITECTURA  
DISEÑO  
SONIDO  
ACONDICIONAMIENTO  
ACÚSTICO

EDUCACIÓN | SANIDAD | OFICINAS | RESTAURANTES | INDUSTRIA | ESPACIOS DEPORTIVOS | ACÚSTICA PRÁCTICA

Requisitos  
normativos

Edificios  
docentes

Espacios  
sanitarios

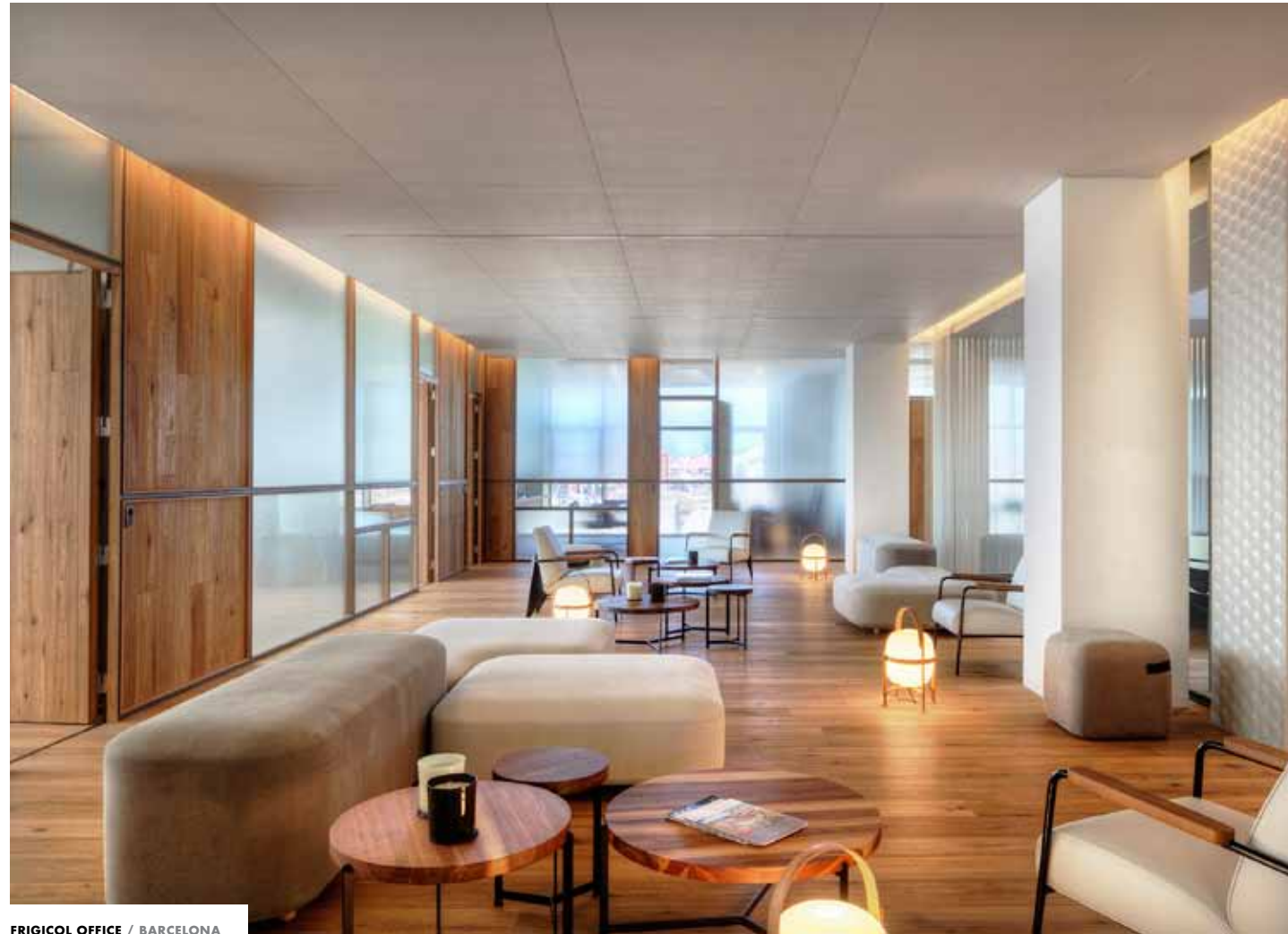
Oficinas

Restaurantes

Industria  
Instalaciones deportivas  
Vivienda

Acústica  
básica

Contacto



FRIGICOL OFFICE / BARCELONA

## CONTENIDO

■ REQUISITOS NORMATIVOS .....	PÁGINA 4
■ EDIFICIOS DOCENTES .....	PÁGINA 10
ESCUELAS & UNIVERSIDADES .....	PÁGINA 10
GUARDERÍAS .....	PÁGINA 18
■ ESPACIOS SANITARIOS .....	PÁGINA 24
■ OFICINAS .....	PÁGINA 30
■ RESTAURANTES & RETAIL .....	PÁGINA 40
■ INDUSTRIA .....	PÁGINA 46
■ INSTALACIONES DEPORTIVAS .....	PÁGINA 50
■ VIVIENDA .....	PÁGINA 54
RESIDENCIAL/HOTELERO .....	PÁGINA 56
RESIDENCIAS DE ANCIANOS .....	PÁGINA 58
■ ACÚSTICA BÁSICA .....	PÁGINA 60
ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO Y REQUISITOS NORMATIVOS .....	PÁGINA 62
DISEÑO ACÚSTICO DE ESPACIOS .....	PÁGINA 62
OPTIMIZACIÓN DE LA ACÚSTICA DE RECINTOS .....	PÁGINA 64
PSICOACÚSTICA .....	PÁGINA 66
CONTROL DE CALIDAD .....	PÁGINA 68
GLOSARIO ACÚSTICO .....	PÁGINA 72
■ EJEMPLOS DE CÁLCULO .....	PÁGINA 78
■ ANEXO: ISO 22955: CALIDAD ACÚSTICA EN OFICINAS ABIERTAS .....	PÁGINA 84
□ CONTACTO .....	PÁGINA 88
□ REFERENCIAS .....	PÁGINA 90
□ NOTAS .....	PÁGINA 94



## 1

## GUÍA ACÚSTICA

**El contenido de esta guía está basado en el Código Técnico de la Edificación (CTE DH-HR), en las normas NIDE, así como en las recomendaciones de Ecophon. Su objetivo es ser una referencia fácil para la interpretación de las normas vigentes de acondicionamiento acústico, así como sugerir recomendaciones para aquellas tipologías de espacios presentes en cualquier proyecto y que no están contemplados en las normas actuales. Además, la guía contiene conocimientos teóricos básicos y de diseño sobre acústica de salas.**

Esta guía expone los detalles de las normas de acondicionamiento acústico para diferentes tipologías de espacios. Concretamente, se exponen aquellas incluidas en el Documento Básico de Protección contra el Ruido del Código Técnico de la Edificación (CTE DB-HR) y en las Normas NIDE (Normativa para Instalaciones Deportivas y de Esparcimiento) del Consejo Superior de Deportes (CSD). Asimismo, debido a que existen tipologías de espacios y usos comunes no incluidas en ninguna de las normas vigentes, esta guía propone recomendaciones acústicas y de diseño basadas, o bien en la experiencia de Ecophon, o en normas de otros países.

Los requisitos acústicos vienen estipulados en términos del tiempo de reverberación (T) y área de absorción equivalente (A), que son los parámetros de acondicionamiento acústico más básicos (definidos en la página 64). No obstante, muy a menudo se pueden cumplir las recomendaciones acústicas pertinentes sin que esto implique que el ambiente y el confort acústicos sean los adecuados. Debido a esto, en la guía se complementan estas normativas con consejos de diseño y otros parámetros acústicos distintos al tiempo de reverberación, con el objetivo de optimizar el acondicionamiento acústico de un espacio.

Para facilitar el seguimiento y lectura de la guía al lector, cada tipología de espacio tiene su propia sección al lado izquierdo del libro, y la recomendación acústica correspondiente enfrentada, en el lado derecho, en formato de columnas.

La última sección de esta guía contiene explicaciones, recomendaciones y un glosario de acústica en el que poder consultar cualquier duda que le surja como lector durante el estudio. Le recomendamos incluso que se familiarice con esos conceptos previamente antes de empezar la lectura de la guía. También nos encantaría poder asesorarle en relación con los retos acústicos que pueda encontrar en cualquiera de sus proyectos. Para ello, contáctenos por teléfono (**917707706**) o busque más información en [www.ecophon.es/](http://www.ecophon.es/)

Ecophon desea agradecer a Juan Negreira (director técnico y de marketing de Ecophon Iberia) su trabajo en el desarrollo de esta guía.

Esta es la versión 2 de la Guía Acústica en español.

## NORMAS Y REGULACIONES DE REFERENCIA

CTE DB-HR &amp; Normas NIDE



## Tipologías de edificios en esta guía

## ESCUELAS

El ambiente sonoro es fundamental para que tanto el aprendizaje como la enseñanza sean satisfactorios y de calidad. Es crucial tanto para la comunicación entre alumnos y profesores como para la concentración. Numerosos estudios científicos han demostrado la importancia de un buen ambiente sonoro para actividades pedagógicas, entre los que se pueden destacar:

## Estudios científicos demuestran que:

- La percepción e inteligibilidad del mensaje por parte de los alumnos mejora hasta un 25% en un aula con un buen acondicionamiento acústico (1).
- Un buen acondicionamiento acústico reduce el ritmo cardíaco de los profesores 10 pulsaciones por minuto (2).
- El 80% de los profesores tienen, al menos una vez en su carrera, problemas de voz y/o garganta. Para la población general, este porcentaje es del 5% (3).
- Un aula bien acondicionada acústicamente puede hacer que los alumnos hablen con un volumen de 10 dB menos (equivalente a una percepción de la mitad del volumen) (4).
- Si el nivel de ruido en un aula aumenta 10 dB, las notas medias empeoran un 7% (5).

## GUARDERÍAS

Grupos de niños jugando, corriendo y gritando simultáneamente hacen que las guarderías suelen tener niveles de ruido alarmantemente altos. Sin un buen acondicionamiento acústico es difícil que los niveles de ruido se reduzcan, ya que los niños tienen que alzar más la voz para comunicarse y jugar. Para los niños, que son por naturaleza más vulnerables, esta exposición a niveles elevados de ruido podría traducirse, en el peor de los casos, no solo en problemas de socialización y aprendizaje, sino de desarrollo cognitivo a largo plazo. Al mismo tiempo, el personal suele estar expuesto permanentemente al ruido con un gran número de consecuencias.

## Estudios científicos demuestran que:

- En edades tempranas, la audición de los niños aún se está desarrollando y, por lo tanto, tienen un riesgo mayor de desarrollar un trastorno auditivo si están expuestos a niveles de ruidos elevados (6).
- En guarderías, el nivel de ruido puede superar los 80 dB durante una jornada lectiva, lo que equivale aproximadamente a estar a 1 m de distancia de una autopista muy transitada (7).
- Si los niños están constantemente expuestos al ruido, pueden experimentar problemas de aprendizaje, retrasando su desarrollo mental debido al deterioro del poder de concentración, motivación y dificultades de comunicación (8).

**OFICINAS**

Existen estudios que demuestran que las personas se ven fuertemente afectadas por el entorno sonoro en el espacio de trabajo. De hecho, el ruido es la causa número 1 de descontento en oficinas, pudiendo producir estrés. Las personas que están estresadas cometen más errores y se desconcentran con mayor frecuencia. Por tanto, un tratamiento acústico puede ser una de las mejores inversiones que puede realizar una empresa.

**Estudios científicos demuestran que:**

- La exposición a niveles de ruido elevados está fuertemente asociada con bajas laborales por enfermedad. Esta relación es mayor cuanto más compleja es la tarea que desarrolla el trabajador/a (9).
- 60% del tiempo que pasamos en la oficina está dedicado a tareas que requieren concentración (10).
- 25 minutos es el tiempo que tarda un trabajador/a de oficina tipo en volver al mismo nivel de concentración que tenía antes de ser interrumpido/a (11).
- Un buen acondicionamiento acústico puede reducir los niveles de adrenalina de un trabajador/a hasta un 30% y aumentar la motivación ante una tarea un 66% (12).

**HOSPITALES**

La mayor parte de comunicación entre el personal sanitario es verbal. Los errores médicos son una causa potencial de muerte del paciente y, por lo tanto, proporcionar espacios donde sea posible una comunicación clara es de vital importancia en el segmento sanitario. El ruido también afecta a la recuperación de los pacientes, porque impide la conciliación del sueño. Además, los hospitales están sujetos a requisitos estrictos de higiene, lo que exige demandas técnicas especiales a los productos acústicos.

**Estudios científicos demuestran que:**

- Niveles elevados de ruido en instalaciones sanitarias impiden la conciliación del sueño, aumentan el estrés, aumentan el tiempo de recuperación, empeoran los síntomas físicos y producen inquietud y agitación (13).
- Un buen acondicionamiento acústico reduce la necesidad de ingesta de medicamentos (14).
- Niveles elevados de ruido crean problemas de comunicación entre el personal sanitario que puede llevar a cometer errores graves en la atención al paciente (15).

**RESIDENCIAS DE ANCIANOS**

La pérdida de audición reduce la calidad de vida. La deficiencia auditiva relacionada con la edad (presbiacusia) afecta al 60% de las personas de 71 a 80 años. Una combinación de discapacidad auditiva y mal acondicionamiento acústico crea problemas de comunicación que llevan a la introversión y, en el peor de los casos, a depresión. La pérdida auditiva también afecta a la orientación espacial y aumenta el riesgo de caídas en espacios con muchas reflexiones indeseadas de sonido que desorientan a los usuarios, como escaleras, pasillos y baños.

**RESTAURANTES**

Bares y restaurantes son lugares identificados no solo con la socialización, la amistad, la diversión y la relajación, sino también y cada vez más a menudo, hacen la función de lugares de trabajo e inspiración, donde se forjan relaciones comerciales. El negocio de la restauración es una parte importante del motor económico del país, así como una parte fundamental de nuestra cultura y nuestra forma de entender la vida. Desafortunadamente, no es inusual visitar bares o restaurantes donde los niveles de ruido son de tal magnitud que tener una conversación con otros comensales se vuelve casi imposible sin tener que forzar la voz. De hecho, el ruido supera al mal servicio como la queja más habitual entre los usuarios de restaurantes. Estos niveles de ruido en ocasiones superan valores que podrían ser perjudiciales para nuestra salud y provocar daños auditivos.

**Estudios científicos demuestran que:**

- Un buen acondicionamiento acústico puede mejorar la satisfacción de los clientes.
- Una buena acústica aumenta la facturación del establecimiento un 11% (16).

**ESPACIOS DEPORTIVOS**

La mayoría de espacios deportivos (piscinas, pabellones...) albergan a un elevado número de personas, realizando a menudo actividades de naturaleza ruidosa, pero que a la vez necesitan de una buena inteligibilidad para, por ejemplo, facilitar la comunicación entre un entrenador y sus pupilos, o para que las personas que estén nadando escuchen las indicaciones del socorrista. Además, muchos de estos espacios a menudo se usan para otros fines para los cuales no fueron diseñados (por ejemplo, cuando se realizan conciertos en polideportivos). Por eso, el acondicionamiento acústico se antoja crucial en este tipo de recintos, no solo para favorecer el desarrollo de actividades que en ellos se llevan a cabo, sino también por un tema de salud e incluso seguridad.

**FÁBRICAS / INDUSTRIA**

En la industria, es importante elegir superficies que absorban el ruido y sean suficientemente robustas para que no se deterioren debido, por ejemplo, a impactos. Asimismo, debido a su naturaleza, podemos encontrarnos con una tipología de fábricas muy diferentes (desde la industria alimentaria o la producción de microchips, donde a menudo se imponen grandes exigencias en la clasificación de las superficies para salas blancas, hasta la del acero pesado). No obstante, la maquinaria y altos niveles de ruido son comunes a la mayor parte de tipos de industria. El acondicionamiento acústico es crucial para proporcionar a los trabajadores un ambiente de trabajo saludable.





Requisitos  
normativos

Edificios  
docentes

Espacios  
sanitarios

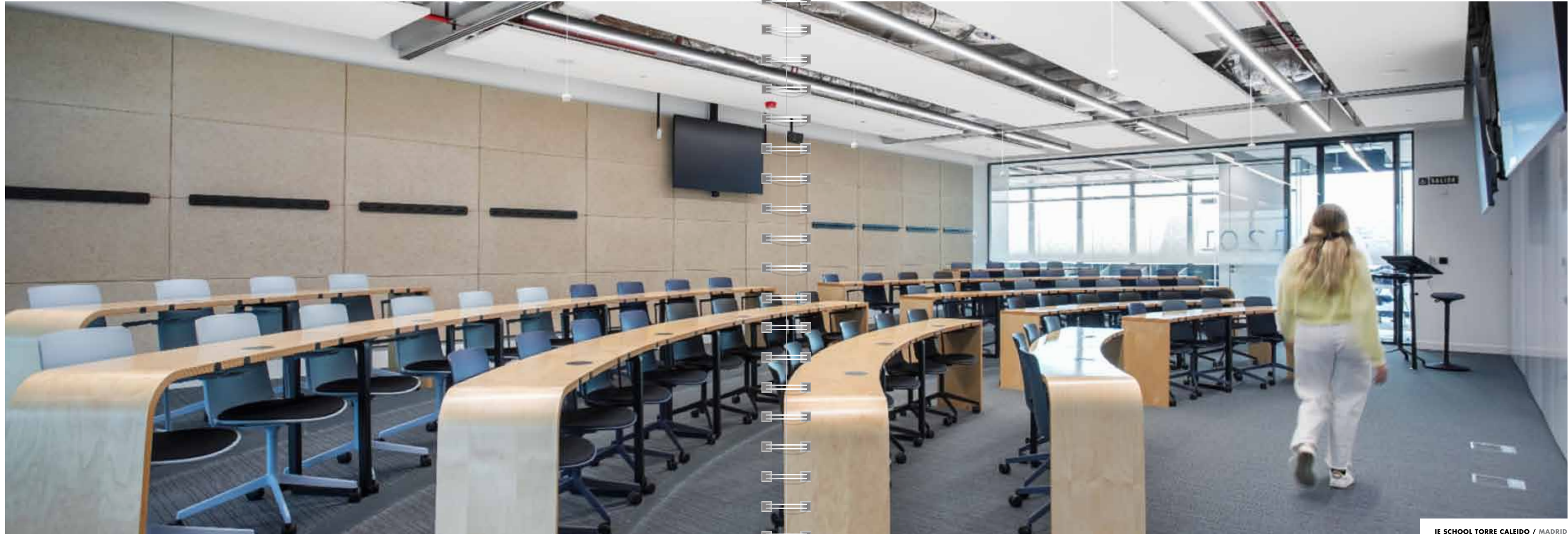
Oficinas

Restaurantes  
& retail

Industria  
Instalaciones deportivas  
Vivienda

Acústica  
básica

Contacto



IE SCHOOL TORRE CALEIDO / MADRID

# 1 EDIFICIOS DOCENTES · ESCUELAS & UNIVERSIDADES

## TIPOLOGÍA DE ESPACIO

## DESCRIPCIÓN

### GENERAL

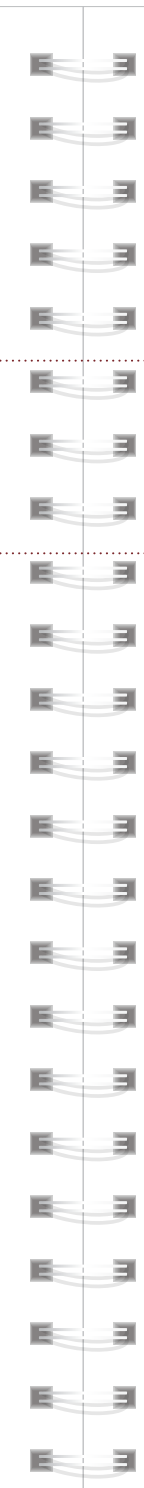
El entorno sonoro de este tipo de espacios debe diseñarse de acuerdo con su uso, con el fin de garantizar que los usuarios no experimenten ninguna molestia o alteración auditiva. En aulas o salas de conferencia, no solamente es importante que el tiempo de reverberación sea lo suficientemente corto, sino también que los niveles de ruido sean bajos y que la claridad del habla (inteligibilidad) sea alta. Esto es esencial tanto para el aprendizaje y el bienestar de los alumnos y oyentes, como para la comodidad y los niveles de estrés del personal docente.

### Aulas

El uso principal de las clases tradicionales es todavía la instrucción verbal; esto implica un grupo de estudiantes sentados escuchando la voz del profesor. Por lo tanto, las aulas tradicionales deberían ser consideradas principalmente como espacios de escucha, lo que indudablemente convierte al acondicionamiento acústico en un factor fundamental de diseño.

Las aulas tienen normalmente ventanas en al menos una de sus paredes, así como pupitres y suelo fabricados de materiales “acústicamente duros” que potenciarán las reflexiones de sonido. Si estas no se tratan ni se absorben apropiadamente, las reflexiones tardías/detrimentales reducirán la inteligibilidad y contribuirán a aumentar tanto la reverberación como el nivel de ruido general en el aula.

Aunque es cierto que el aula tradicional es todavía la más común, cada vez más se debería pensar, durante el diseño, en espacios flexibles que favorezcan tanto el trabajo en grupo como individual. Para este último caso, consulte la sección “Espacios comunes, escaleras y pasillos”.



## REQUISITOS NORMATIVOS

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T) & ÁREA DE ABSORCIÓN (A)

Los siguientes requisitos están incluidos en el Documento Básico de Protección contra el Ruido del Código Técnico de la Edificación (CTE DB-HR). Asimismo, se dan recomendaciones de normas extranjeras cuando el CTE no contempla determinados usos.

$T \leq 0.7$  s. para las bandas de frecuencia 500-2000 Hz para aulas y salas de conferencias vacías, sin ocupación y sin mobiliario, de  $V < 350$  m<sup>3</sup>.

$T \leq 0.5$  s. para las bandas de frecuencia 500-2000 Hz para aulas y salas de conferencias, incluyendo las butacas, de  $V < 350$  m<sup>3</sup>.

## COMENTARIOS

“Los valores máximos se aplican a cada una de las bandas de 1/1 de octava de 500 Hz a 2000 Hz. Para calcular el tiempo de reverberación y área de absorción, deben utilizarse los valores del coeficiente de absorción acústica medio,  $\alpha_m$  (si no se dispone de este se podrá usar el coeficiente ponderado  $\alpha_w$ ), de los acabados superficiales, revestimientos y elementos constructivos, y el área de absorción acústica equivalente media  $A_{o,m}$ , de cada mueble fijo.

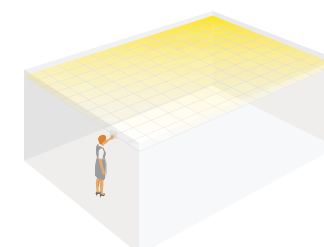
Esquema recomendado de diseño de un aula tradicional (ver figura inferior):

- 1) Techo pared-a pared Clase A
- 2) Ecophon Extra-Bass (absorción bajas frecuencias)
- 3) Solución fonoabsorbente en pared posterior
- 4) Reflectante sobre la posición del docente

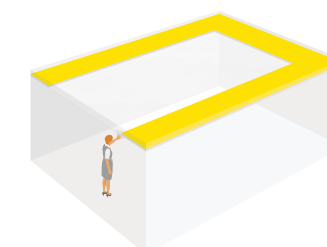
Ecophon recomienda que todas las clases se diseñen para  $T \leq 0.5$  s. Si el aula va a acomodar a estudiantes con discapacidad auditiva o necesidades especiales, entonces  $T \leq 0.4$  s (según norma danesa). Cabe señalar que es mucho más caro el re-diseñar un aula para  $T \leq 0.4$  s que incluir este parámetro como objetivo en la fase de inicio del proyecto.

Actualmente (en España) no existen requisitos oficiales para la claridad del habla, aun siendo la inteligibilidad clave en el desarrollo de la actividad de un aula. Si se quisiese contemplar en fase de diseño este requisito, el valor recomendado por Ecophon es de  $C_{50} \geq 2$  dB.

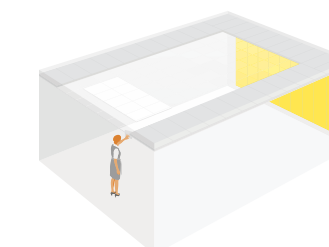
## OPTIMIZAR EL ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO AYUDARÁ A POTENCIAR UNA DOCENCIA Y APRENDIZAJE DE CALIDAD



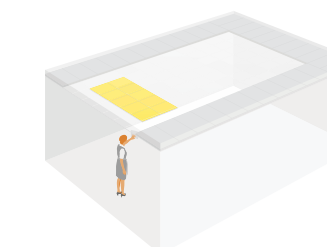
1 Bajar niveles sonoros



2 Balance habla & frecuencias audibles



3 Aumentar inteligibilidad del discurso



4 Mejorar el confort del hablante





## 2 EDIFICIOS DOCENTES · ESCUELAS & UNIVERSIDADES

### TIPOLOGÍA DE ESPACIO

### DESCRIPCIÓN

#### Espacios comunes, escaleras y pasillos

En los espacios comunes de edificios docentes se genera un nivel de ruido generalmente mayor que en un aula tradicional debido a la naturaleza del mismo. Lo principal es, por lo tanto, absorber tanto sonido como sea posible. Al contrario que en una clase tradicional, aquí las fuentes sonoras suelen estar distribuidas por la superficie en planta del espacio. Los elementos fonoabsorbentes deberían por lo tanto estar también distribuidos uniformemente. Es importante considerar qué funciones va a tener el espacio común: por ejemplo, asambleas escolares, fiestas, ocasiones especiales, etc. Las salas comunes suelen tener diferentes propósitos y, por lo tanto, a menudo se beneficiarían de un diseño acústico especial.

Se incluyen en esta categoría, además de los espacios comunes, las escaleras y pasillos (ya sea los que están directamente conectados con salas de trabajo en grupo, con otros espacios comunes, con áreas docentes abiertas o con otros pasillos).

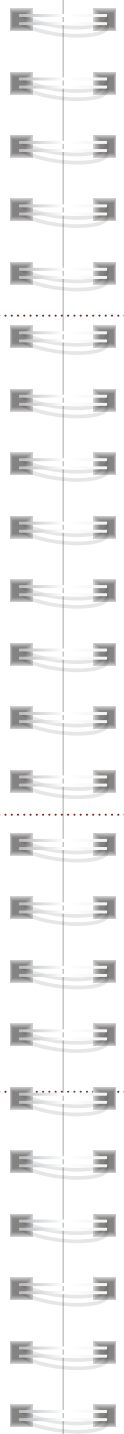
#### Espacios docentes abiertos

Los espacios docentes abiertos (o parcialmente abiertos, con pocas particiones fijas) están ganando popularidad. Esto permite más flexibilidad para así poder implementar otros métodos pedagógicos.

La coexistencia de varias actividades simultáneas en un espacio abierto conlleva la posibilidad de que estas actividades interfieran acústicamente. Además, los espacios más voluminosos suelen tener tiempos de reverberación más elevados y niveles de ruido potencialmente crecientes. Las áreas docentes abiertas a menudo requieren un diseño/planificación acústica especial para así poder garantizar un resultado satisfactorio – ver comentarios.

#### Salas de música y canto de menos de 250 m<sup>3</sup> (música coral y clásica)

Salas de música y canto son casos especiales donde un tiempo de reverberación más largo de lo habitual puede ser beneficioso. Dependiendo del género de música, existen valores diana recomendados, por lo que de forma ideal este tipo de salas tendrían “acústica variable”, pudiendo ajustar así el tiempo de reverberación idóneo para cada tipo de música – ver comentarios.



### REQUISITOS NORMATIVOS

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T) & ÁREA DE ABSORCIÓN (A)

$A/V \geq 0.2$  para las bandas de frecuencia 500-2000 Hz.

Tipología de espacio no incluida en la norma.

$A \geq 1.3 \cdot S$  (siendo S la superficie en planta del espacio) en las bandas de frecuencia 125-4000 Hz (recomendación basada en la norma danesa SBI 216).

Tipología de espacio no incluida en la norma.

$0.8 \leq T \leq 1.1$  s. para bandas de frecuencia de 125-4000 Hz (recomendación basada en la norma danesa SBI 216).

### COMENTARIOS

CTE DB-HR: “En zonas comunes de un edificio de uso residencial público, docente y hospitalario colindante con recintos protegidos con los que comparten puertas y con el objeto de limitar el ruido reverberante, los acabados superficiales y los revestimientos de los elementos constructivos que delimitan el espacio tendrán la absorción acústica suficiente de tal manera que el área de absorción acústica equivalente, A, sea al menos 0,2 m<sup>2</sup> por cada metro cúbico del volumen del recinto”.

Se recomienda repartir los materiales absorbentes lo más uniformemente que se pueda, siendo la mejor opción un techo pared-a-pared con una clase de articulación alta (AC>180) y una clase de absorción A (ver glosario). Los pasillos donde hay mucha aglomeración de gente y/o donde se realizan trabajos en grupo deberían proveerse de puertas (correderas) aislantes para dar flexibilidad al espacio a la par que se reduce la propagación del sonido y la fuerza sonora:  $D_{2,S} \geq 4$  dB,  $G \leq 17$  dB. En casos donde se complique la colocación de absorción debido a ventanales (que podrían inclinarse para redireccionar reflexiones hacia materiales fonoabsorbentes) se puede añadir una absorción adicional en forma de elementos acústicos suspendidos.

La altura libre del espacio, como regla general, debe mantenerse lo más baja posible, aconsejándose evitar las alturas superiores a 3.5 metros. La contaminación acústica entre áreas adyacentes se puede reducir colocando estratégicamente materiales fonoabsorbentes y pantallas acústicas. Para garantizar un entorno sonoro satisfactorio, se pueden agregar al proyecto requisitos especiales para la propagación del sonido:  $D_{2,S} \geq 5$  dB. El diseño interior debe organizarse teniendo en cuenta las distintas actividades y fuentes de ruido. Además del tratamiento acústico de techos y paredes, también se recomiendan unidades acústicas suspendidas cerca de las fuentes de ruido, paneles divisorios, separadores de ambientes suspendidos y mobiliario apropiado para este tipo de espacios.

Se podría crear una acústica variable, por ejemplo, equipando la habitación con cortinas pesadas que se puedan correr delante de elementos más duros. Ecophon recomienda que cualquier diseño de acústica variable se realice en estrecha colaboración con un consultor acústico. En estos tipos de salas, se recomienda que el tiempo de reverberación se mantenga a uniforme en todas las bandas de frecuencia. Esto podría conseguirse, por ejemplo, con trampas de graves u otro tipo de absorbentes. Salas de más de 250 m<sup>3</sup> requieren un diseño/planificación acústica especial.

## TIPOLOGÍA DE ESPACIO

## DESCRIPCIÓN

**Salas de música y canto de menos de 250 m<sup>3</sup> con amplificación electrónica**

En este tipo de salas se generan a menudo altos niveles de ruido debido a la amplificación de los instrumentos. Por ello, la acústica de la sala puede contribuir significativamente a controlar el nivel general de ruido. Además de esto, los amplificadores y mezcladores generalmente tienen la capacidad de introducir reverberación artificial a los instrumentos. Por lo tanto, la acústica del espacio sigue siendo muy importante para la percepción de la música. Las salas para música amplificada electrónicamente deben tener tiempos de reverberación muy similares en todo el espectro de frecuencias (respuesta en frecuencia lo más plana posible). También es importante tener en cuenta que, aunque las salas de ensayo pequeñas tengan un tiempo de reverberación relativamente bajo, aún así pueden amplificar significativamente (debido a la fuerza sonora) el nivel general de ruido.

**Talleres/laboratorios**

Los talleres (a menudo construidos con superficies duras y antimpactos) suelen contener maquinaria ruidosa y/o peligrosa y las actividades que albergan suelen ser por lo tanto también de naturaleza ruidosa. Enseñar y trabajar en este tipo de espacios requiere concentración, y el docente debe poder transmitir su mensaje de forma clara para garantizar la seguridad.

**Otros espacios pedagógicos**

En algunas escuelas, existen espacios dedicados a fomentar actividades pedagógicas como el autoaprendizaje, el trabajo multimedia e incluso la relajación (por ejemplo, bibliotecas). Estos espacios se deberían diseñar teniendo como prioridad la necesidad de concentrarse en un entorno tranquilo. Un espacio de este tipo se puede comparar, en términos de diseño acústico, con una oficina diáfana o espacio docente abierto.



## REQUISITOS NORMATIVOS

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T) & ÁREA DE ABSORCIÓN (A)

Tipología de espacio no incluida en la norma.  
 $T \leq 0.6$  s. para bandas de frecuencia de 125-4000 Hz (recomendación basada en la norma danesa).

Tipología de espacio no incluida en la norma.  
 $T \leq 0.4$  s. para bandas de frecuencia de 250-4000 Hz (recomendación basada en la norma sueca SS25268).  
 En la octava de 125 Hz, se permite una desviación de 0.1 s respecto a 0.4 s.

Tipología de espacio no incluida en la norma.

## COMENTARIOS

Ecophon recomienda un tiempo de reverberación  $T \leq 0.4$  s. en este tipo de espacios, que idealmente debería ser uniforme en todas las bandas de frecuencia. Esto se puede lograr, por ejemplo, con trampas de graves y/u otro tipo de absorbentes. Se podrían agregar requisitos especiales para la fuerza sonora al proyecto ( $G \leq 13$  dB), ya que el tiempo de reverberación no garantiza necesariamente un nivel de ruido bajo, particularmente en habitaciones pequeñas.

Las habitaciones con actividades ruidosas no deberían colocarse cerca de espacios destinados a desarrollar actividades tranquilas. Ecophon recomienda un tiempo de reverberación de  $T \leq 0.4$  s. Los materiales acústicos (que podrían requerir ser antiimpactos dependiendo de la naturaleza del taller) se pueden instalar cerca de maquinaria ruidosa para absorber el ruido directo lo más cerca de la fuente posible. Se pueden agregar requisitos especiales para la fuerza sonora ( $G \leq 25$  dB) al proyecto, ya que el tiempo de reverberación no garantiza necesariamente un nivel de ruido bajo, particularmente en habitaciones pequeñas.

Se recomienda que los espacios de este tipo se consideren comparables a los espacios abiertos de aprendizaje en lo que respecta a las recomendaciones acústicas. Se refiere el lector a la tipología "espacios docentes abiertos".







Edificios  
docentes

Espacios  
sanitarios

Oficinas

Restaurantes  
& retail

Industria  
Instalaciones deportivas  
Vivienda

Acústica  
básica

Contacto



UNIVERSIDAD POPULAR DE ALCOBENDAS / MADRID



1

## EDIFICIOS DOCENTES · GUARDERÍAS

**Incluso contemplando el acondicionamiento acústico en todos los espacios, el ruido puede seguir siendo un problema en muchas guarderías. Si es un profesional que trabaja en una guardería, es importante tener una descripción detallada de los problemas junto con las herramientas adicionales disponibles para reducir el ruido.**

### GENERAL

La audición de los niños no se desarrolla completamente hasta la adolescencia. Por lo tanto, los niños ni comprenden su entorno sonoro en la misma medida que los adultos ni el efecto que su comportamiento (al generar ruido cuando juegan, por ejemplo) puede tener en los demás. La actividad física y los juegos han demostrado tener efectos positivos en el desarrollo mental y físico de los niños. Obviamente, estas actividades reducirán la problemática del ruido si se realizan al aire libre. Ciertas actividades son más ruidosas que otras y, aunque no se puede esperar que los niños siempre consideren su entorno, a menudo pueden aprender rutinas que de por sí implican un comportamiento menos ruidoso.

### NIÑOS MENORES DE 6 AÑOS

Aunque los niños a menudo no parecen verse afectados por niveles altos de ruido, esto no significa que la exposición a niveles elevados no influya en su audición y niveles de estrés. Más bien, implica que no tienen la capacidad de registrar, autoinformarse y actuar sobre la exposición al ruido. Algunos niños pueden ser particularmente sensibles al ruido y pueden responder distanciándose física y socialmente e incluso volviéndose agresivos. Los niños con este tipo de comportamiento pueden beneficiarse en muchos casos de alguna orientación para encontrar actividades y entornos más tranquilos.

### EXPOSICIÓN AL RUIDO DEL PERSONAL

En algunos casos, el personal de las guarderías puede estar expuesto a niveles de ruido de igual magnitud que los trabajadores de las fábricas. Sin embargo, debido a la naturaleza de su trabajo, no pueden usar protección auditiva. Por tanto, es importante que el ruido se considere específicamente en la planificación diaria y que se deleguen responsabilidades. Nuestra audición no solo se ve afectada por ruidos particularmente fuertes, sino también por el período de exposición. Por lo tanto, puede ser beneficioso planificar las formas en que el personal se turna para coordinar o asistir a actividades o espacios particularmente ruidosos. De esta forma, es posible distribuir la “carga de ruido” para evitar daños auditivos con el tiempo.

### PLANIFICACIÓN DEL ESPACIO Y RUIDO

Al planificar el uso de la guardería, puede resultar beneficioso considerar cómo se distribuyen las actividades ruidosas por el edificio. El uso de espacios se puede planificar, por ejemplo, para que los usuarios puedan pasar gradualmente de actividades ruidosas a actividades menos ruidosas. De esta manera, los niños y el personal pueden descansar del ruido en las partes más tranquilas de la instalación. Se recomienda instalar, en todos los espacios de las guarderías, de un techo acústico; también incluso en las salas más pequeñas, donde el tiempo de reverberación no excede necesariamente los requisitos reglamentarios.

Para reducir la propagación de ruido a través de un espacio, una separación completa en forma de puerta (con el coeficiente de aislamiento adecuado según el caso) es, por supuesto, la medida más eficaz. La propagación de ruido por toda la instalación también se puede reducir mediante la instalación de materiales absorbentes acústicos en las paredes de los pasillos, y especialmente en las superficies de las paredes directamente opuestas a las puertas de las habitaciones más ruidosas. Todas estas medidas pueden resultar ventajosas para reducir la exposición al ruido de empleados y, al mismo tiempo, mantener cierto grado de supervisión y control sobre los niños.



### DISEÑO INTERIOR Y RUIDO

También se recomienda instalar materiales de alta absorción acústica en las superficies de las paredes en los espacios con una ocupación esperada de más de 4 niños. Deben instalarse a la misma altura que la fuente de ruido e, idealmente, deben integrarse en la instalación de la habitación, por ejemplo, como tabloncillos de anuncios, en los laterales de armarios o estanterías, espalderas, etc.

Es un error común pensar que los acabados interiores tradicionales, como alfombras, sofás y cortinas, son suficientes a la hora de acondicionar acústicamente. Lo cierto es que en la mayoría de los casos tienen un efecto minúsculo en comparación con las soluciones acústicas fonoabsorbentes. El llamado “mueblario acústico” está ganando popularidad, y en algunos casos será útil para crear un área tranquila y agregar cierta absorción adicional a la habitación, que junto con el tratamiento adecuado fonoabsorbente de techos y paredes, producirá el efecto deseado en la sala. Antes de invertir en muebles acústicos, debe asegurarse de que tengan una alta clase de absorción (consulte la página 71 para más información sobre clases de absorción).



COL-LEGI MONTSERRAT / BARCELONA

## 2 EDIFICIOS DOCENTES · GUARDERÍAS

### TIPOLOGÍA DE ESPACIO

### DESCRIPCIÓN

#### GENERAL

Debido a la naturaleza de las actividades desarrolladas en ellas y a sus usuarios finales, las guarderías merecen un epígrafe aparte. El ambiente sonoro debe diseñarse de acuerdo con su uso, para garantizar que los usuarios no experimenten ninguna molestia o alteración auditiva. Para los empleados y los niños, una acústica inadecuada puede resultar en problemas de audición, de voz y afectar al bienestar. Y para los niños podría implicar incluso también riesgos de desarrollo y aprendizaje.

#### Espacios comunes

Los niveles de ruido generados cuando los niños juegan y hablan entre ellos son generalmente altos. Para garantizar unas buenas condiciones acústicas, todos los espacios de las guarderías deberían tratarse acústicamente. Esto incluye, pero no limita a: salas comunes, talleres, salas para juegos, pasillos, guardarropas, salas de descanso, etc.

Como se describe en la página 60, el volumen de una habitación tiene un gran efecto en su tiempo de reverberación. Por lo tanto, es particularmente importante considerar la acústica en salas voluminosas con techos altos, tanto en lo que respecta a los materiales acústicos como a la decoración, la pedagogía y las actividades.



EL "JUICIO FINAL" DE CUALQUIER ENTORNO SONORO SE BASA SIEMPRE EN LA EXPERIENCIA SUBJETIVA DE LOS USUARIOS FINALES. POR LO TANTO, ES IMPORTANTE PRESTAR ATENCIÓN A LAS CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE CADA ESPACIO, INCLUSO YENDO MÁS ALLÁ DE LAS DIRECTRICES REGLAMENTARIAS / BØRNEHUSET BROBÆKKEN, ODENSE, DINAMARCA



### REQUISITOS NORMATIVOS

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T) & ÁREA DE ABSORCIÓN (A)

El CTE no contempla requisitos de acondicionamiento acústico específicos para guarderías (el ámbito docente se cubre con el caso de aulas y zonas comunes expuestos en la página 12-13). No obstante, la guía expone directrices de otros países que consideramos importantes contemplar.

$A/V \geq 0.2$  para las bandas de frecuencia 500-2000 Hz (CTE DH-HR)

### COMENTARIOS

Se recomienda instalar materiales de alta absorción acústica en las superficies de las paredes en todas las habitaciones con una ocupación esperada de más de 4 niños para que las recomendaciones acústicas se respeten en todo momento, ya que los niveles de ruido en guarderías tienden a aumentar considerablemente

Ecophon recomienda un tiempo de reverberación, para espacios de menos de 350 m<sup>3</sup> y donde haya niños presentes, de  $T \leq 0.4$  s (para las frecuencias 125-4000 Hz – se permite una desviación máxima del 20% a 125 Hz en el cálculo). Se recomienda que el 10-15% del área de absorción introducida sea en superficies verticales. Se podrían añadir requisitos de fuerza sonora al proyecto, ya que el tiempo de reverberación no asegura niveles de sonido bajos. Se recomienda como máximo  $G = 19$  dB, especialmente en estancias pequeñas de menos de 12 m<sup>2</sup>.

En espacios comunes de gran volumen (de más de 350 m<sup>3</sup>), el tiempo máximo de reverberación no debería exceder los 0.6 s. En espacios oblongos como pasillos y áreas de planta abierta, es recomendable agregar requisitos de propagación de sonido al proyecto:  $D_{2,S} \geq 5$  dB.



DIFERENTES ESPACIOS Y ACTIVIDADES IMPLICAN DIFERENTES NECESIDADES CON RESPECTO AL RUIDO. DEBE CONSIDERAR PARA QUÉ SE VA A UTILIZAR LA ESTANCIA Y QUÉ SE NECESITA EN TÉRMINOS DE NIVEL DE RUIDO, TIEMPO DE REVERBERACIÓN E INTELIGIBILIDAD / GUARDERÍA WALKENRIED, ALEMANIA





Edificios docentes

Espacios sanitarios

Oficinas

Restaurantes & retail

Industria Instalaciones deportivas Vivienda

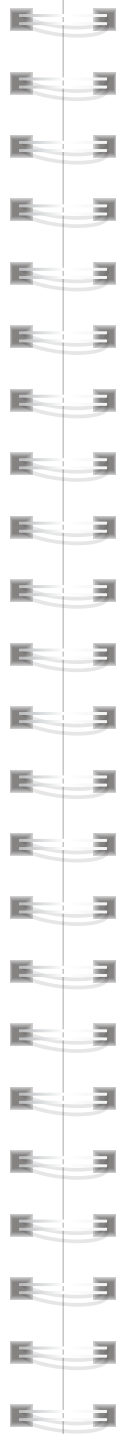
Acústica básica

Contacto

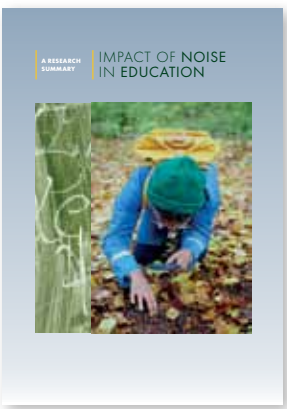
### 3 EDIFICIOS DOCENTES · GUARDERÍAS



UNA BUENA SOLUCIÓN ACÚSTICA A MENUDO REQUIERE UNA COMBINACIÓN CORRECTA DE PANELES ACÚSTICOS TANTO EN EL TECHO COMO EN LA PARED. LOS PANELES DE PARED SE PUEDEN UTILIZAR, TAMBIÉN, PARA COLGAR DOCUMENTOS / ESCUELA EN GRUNDTVIGSVEJ, COPENAGUE.



EL ENTORNO ACÚSTICO ES CRUCIAL PARA FOMENTAR UNA ENSEÑANZA Y UN APRENDIZAJE DE CALIDAD. ES CRUCIAL PARA FACILITAR LA COMUNICACIÓN ENTRE ESTUDIANTES Y PROFESORES, Y ES UN FACTOR IMPORTANTE PARA APOYAR LA CONCENTRACIÓN / ZAKLADNI SCHOOL, DOLNI BREZANY, REPÚBLICA CHECA



#### ¿Quiere saber más sobre cómo el ruido influye en el aprendizaje y la enseñanza?

Se sabe que los niveles de ruido en las escuelas pueden ser lo suficientemente altos como para afectar negativamente a estudiantes y maestros. Pero, ¿cuánto y en qué medida? Basándose en una extensa revisión de la literatura científica realizada por la profesora Bridget Shield, Ecophon ha creado un breve resumen con una amplia selección de estudios.



Este resumen explora la evidencia científica que vincula el impacto de la acústica y el ruido en los entornos de aprendizaje y la capacidad de los estudiantes para aprender.

La publicación está disponible aquí:  
<https://www.ecophon.com/globalassets/media/pdf-and-documents/knowledge/education/research-studies/ecophonresearch-summary-education-2022.pdf>



# 1 ESPACIOS SANITARIOS

## TIPOLOGÍA DE ESPACIO

## DESCRIPCIÓN

### GENERAL

**Hospitales, centros de salud, clínicas, etc.**

El entorno sonoro en los diferentes espacios debe diseñarse de acuerdo con su uso, para garantizar que los usuarios no experimenten ninguna molestia o alteración auditiva. Dado que las instalaciones sanitarias suelen estar sujetas a requisitos de higiene extremadamente estrictos, la mayoría de las superficies de las habitaciones están formadas por materiales reflectantes duros y fáciles de limpiar. Como resultado, estos espacios pueden tener tiempos de reverberación altos acompañados de niveles de ruido elevados y baja inteligibilidad. Además, los hospitales contienen una amplia variedad de tipologías de espacios diseñados específicamente para cada tipo de actividad: diagnóstico, tratamiento, rehabilitación, cirugía... cuyo equipamiento se instala en paredes y techos. Debido a esto, no queda mucho espacio para el tratamiento acústico, por lo que los materiales acústicos deben ser siempre muy absorbentes. A pesar de estos desafíos, un buen ambiente acústico interior es crucial para la rehabilitación de los pacientes y para el bienestar de los trabajadores.

### Habitaciones de pacientes

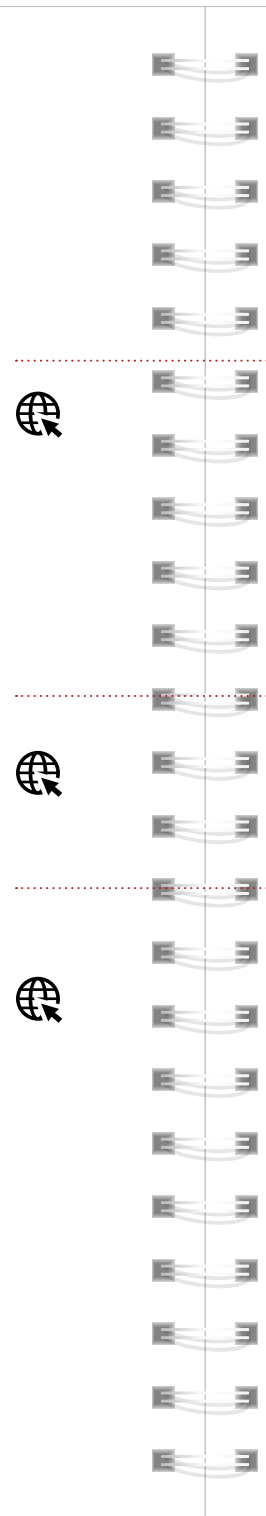
Estos espacios a menudo acomodan a varios pacientes, lo que significa que la sala debe poder adaptarse a las necesidades acústicas de varias personas, como por ejemplo la necesidad de descanso, comunicación o comprensión. Existen estudios que demuestran que cuando pacientes con una necesidad particular de descanso se ven perturbados por el ruido, su período de enfermedad aumenta (es decir, se demora el tiempo de recuperación).

### Salas de exploración, operación y tratamiento

Esencialmente la comunicación en hospitales y centros sanitarios se realiza de forma verbal. Por lo tanto, es de suma importancia que el mensaje se entienda claramente en todos y cada uno de los espacios del hospital, pero especialmente en las salas utilizadas para operaciones, exploraciones y tratamiento.



SATAKUNTA HOSPITAL / FINLAND



## REQUISITOS NORMATIVOS

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T) & ÁREA DE ABSORCIÓN (A)

Los siguientes requisitos están tomados del Documento Básico de Protección contra el Ruido del CTE (CTE DB-HR). Asimismo, se dan recomendaciones de normas extranjeras cuando el CTE no contempla determinados usos.

Además, Ecophon recomienda consultar las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre niveles de ruido en espacios sanitarios.

Tipología de espacio no incluida en la norma  $T \leq 0.5$  s. para bandas de frecuencia de 250-4000 Hz. (recomendación basada en la norma sueca SS 25268).

Tipología de espacio no incluido en la norma  $T \leq 0.5$  s. para bandas de frecuencia de 250-4000 Hz. (recomendación basada en la norma sueca SS 25268).



VALL D'HEBRON HOSPITAL CORRIDOR / BARCELONA

## COMENTARIOS

“Los valores máximos se aplican a cada una de las bandas de 1/1 de octava de 500 a 2000 Hz. Para calcular el tiempo de reverberación y área de absorción, deben utilizarse los valores del coeficiente de absorción acústica medio,  $\alpha_m$  (si no se dispone de este se podrá usar el coeficiente ponderado  $\alpha_w$ ), de los acabados superficiales, revestimientos y elementos constructivos, y el área de absorción Acústica equivalente media  $AO_m$ , de cada mueble fijo.

A continuación, también encontrará las recomendaciones generales de Ecophon. Cabe señalar que los requisitos de tiempo de reverberación y área de absorción no son necesariamente suficientes para garantizar buenas condiciones acústicas en estos espacios.

Para reducir las alteraciones innecesarias durante la recuperación y rehabilitación de los pacientes, Ecophon recomienda un tiempo de reverberación de  $T \leq 0.5$  s. Cabe señalar que la mayoría de las cortinas que se utilizan en las habitaciones de los pacientes proporcionan poca o ninguna separación acústica y deben considerarse principalmente como una medida de privacidad visual. Por el contrario, las pantallas acústicas y las paredes móviles entre camas pueden tener un efecto notable en la privacidad y las perturbaciones acústicas.

Ecophon recomienda un tiempo de reverberación de  $T \leq 0.5$  s. Se pueden agregar requisitos especiales para la claridad del habla para garantizar la inteligibilidad, y así evitar errores de en la comunicación durante los procedimientos:  $C_{50} \geq 2$  dB.

Espacios sanitarios

Oficinas

Restaurantes & retail

Industria Instalaciones deportivas Vivienda

Acústica básica

Contacto



## 2 ESPACIOS SANITARIOS

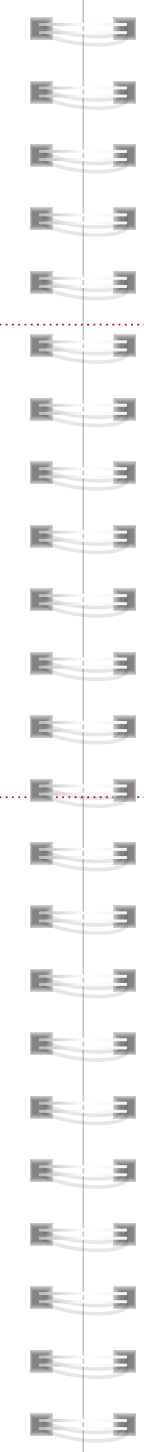
### TIPOLOGÍA DE ESPACIO

### DESCRIPCIÓN

#### Pasillos y escaleras

Los pasillos y las escaleras son áreas muy concurridas en los espacios sanitarios. Gran parte del mantenimiento y la coordinación entre el personal se lleva a cabo en los pasillos. Si la claridad del habla es baja, aumenta el riesgo de malentendidos y errores en el trabajo.

Además, debido a la forma oblonga de la mayoría de los pasillos, el sonido se propaga de forma efectiva afectando a todas las habitaciones que están conectadas directamente con los mismos. Esto plantea desafíos para los pacientes que intentan descansar y dormir, así como falta de privacidad.



### REQUISITOS NORMATIVOS

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T) & ÁREA DE ABSORCIÓN (A)

$A/V \geq 0.2$  para las bandas de frecuencia 500-2000 Hz.

### COMENTARIOS

CTE DB HR: “Para limitar el ruido reverberante en las zonas comunes de una zona común de un edificio de uso residencial publico, docente y hospitalario colindante con recintos protegidos con los que comparten puertas; los elementos constructivos, los acabados superficiales y los revestimientos que delimitan esos espacios tendrán la absorción acústica suficiente de tal manera que el área de absorción acústica equivalente, A, sea al menos 0.2 m<sup>2</sup> por cada metro cúbico del volumen del recinto”.

Los materiales absorbentes deberían estar lo más uniformemente repartidos que se pueda, siendo la mejor opción un techo pared-a-pared con una clase de articulación alta ( $AC > 180$ ) y una clase de absorción A (ver glosario). Los pasillos donde hay mucha aglomeración de gente y/o donde trabaja personal (p.ej. controles de enfermería) deberían proveerse de puertas (correderas) aislantes para dar flexibilidad al espacio a la par que se reduce la propagación del sonido. Puede resultar beneficioso especificar requisitos para la propagación del sonido para minimizar la contaminación acústica entre habitaciones de pacientes:  $D_{2,s} \geq 3$  dB. Los materiales fonoabsorbentes se deberían colocar lo más cerca posible de espacios/actividades ruidosas para reducir el ruido cerca de la fuente.



UCI HOSPITALARIA – LA REDUCCIÓN DE RUIDO BENEFICIA TANTO EL AMBIENTE LABORAL DE LOS SANITARIOS COMO LA RECUPERACIÓN DE LOS PACIENTES



ÁNGELHOLM HOSPITAL / SWEDEN





HOSPITAL DE SUNDSVALL / SUECIA

Espacios  
sanitarios

Oficinas

Restaurantes  
& retail

Industria  
Instalaciones deportivas  
Vivienda

Acústica  
básica

Contacto

# 1 OFICINAS

## TIPOLOGÍA DE ESPACIO

## DESCRIPCIÓN

### GENERAL

Independientemente de las leyes y normas, los diferentes espacios de una oficina siempre deberían adaptarse acústicamente (mediante los parámetros pertinentes) de acuerdo a su uso, de modo que quienes lo utilicen no se vean afectados negativamente por el ruido. En los edificios de oficinas, los costes de construcción, remodelación y mantenimiento suponen un pequeño porcentaje en comparación con los salarios de los empleados. Por lo tanto, desde una perspectiva empresarial es de suma importancia que la oficina esté diseñada para ser propicia para la concentración, la comunicación, la cooperación, etc. para así disminuir bajas laborales y aumentar la productividad.

A pesar de esto, el diseño de las oficinas está impulsado principalmente por factores como el económico, la estética, o el marketing, en vez de tratar de acomodar de manera óptima a los empleados. No priorizar lo realmente importante puede acarrear consecuencias económicas debido a los necesarios ajustes posteriores.

Las oficinas modernas (a menudo diáfanas) son entornos acústicamente complejos que pueden incluir una gran variedad de espacios y actividades que deberían poder coexistir en sinergia. El diseño acústico de oficinas, por lo tanto, puede ser una tarea difícil y siempre debe incluirse en la fase inicial de diseño de cualquier proyecto de construcción.



OFICINAS EMT / MADRID



## REQUISITOS NORMATIVOS

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T) & ÁREA DE ABSORCIÓN (A)

Los siguientes requisitos están tomados del Documento Básico de protección contra el ruido del CTE (CTE DB-HR).

Asimismo, se dan recomendaciones de otras normas cuando el CTE no contempla determinados usos.

Las normas ISO 3382-3 e ISO 22955 son estándares internacionales relacionados específicamente con la propagación de ruido y el diseño de oficinas abiertas.

## COMENTARIOS

Los valores máximos se aplican a cada una de las bandas de 1/1 de octava de 500 a 2000 Hz. Para calcular el tiempo de reverberación y área de absorción, deben utilizarse los valores del coeficiente de absorción acústica medio,  $\alpha_m$  (si no se dispone de este se podrá usar el coeficiente ponderado  $\alpha_w$ ), de los acabados superficiales, revestimientos y elementos constructivos, y el área de absorción Acústica equivalente media  $A_{0,m}$ , de cada mueble fijo.

El nuevo estándar internacional ISO 22955 trata de dar solución, desde un punto de vista acústico, a la convivencia de las dos realidades teóricamente contradictorias en la oficina: la comunicación oral y el trabajo individual de concentración. El objetivo de este documento es “ofrecer principios, descriptores y métodos de medición acústica, que sean de fácil manejo y se correlacionen bien con la percepción del entorno acústico por parte de los usuarios”. La norma da recomendaciones de diferentes parámetros acústicos según la actividad que se desarrolle en esa parte de la oficina”. Así, se pretende que el documento “ayude a los diferentes actores que trabajan en la planificación, diseño y construcción de oficinas a proporcionar a los usuarios un buen nivel de confort acústico”.



OFICINAS REAL PAGE / BARCELONA





## 2 OFICINAS

### TIPOLOGÍA DE ESPACIO

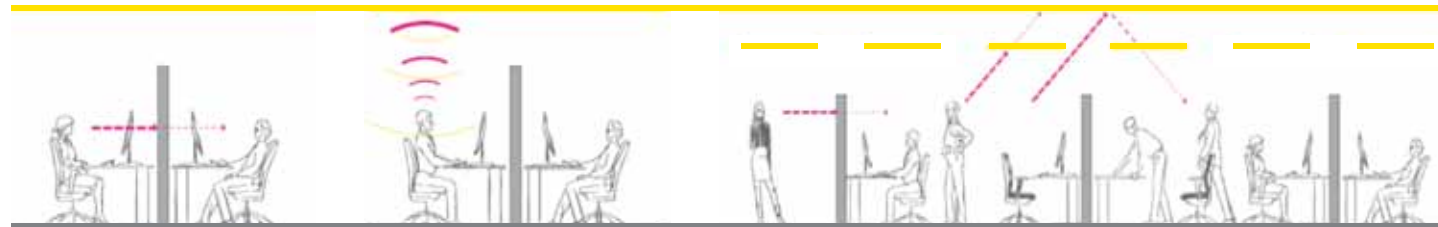
#### Oficinas abiertas

### DESCRIPCIÓN

Para promover la comunicación y el intercambio de conocimiento, las oficinas a menudo se diseñan con un diseño de planta abierta. Esto supone un reto acústico importante debido a conversaciones espontáneas entre empleados y ruidos de actividades que se propagan libremente a través del espacio y que produce interrupciones a otros compañeros. A menudo surge un conflicto entre el intercambio de conocimiento y la privacidad acústica en oficinas cuyo acondicionamiento acústico no es el adecuado, ya que cualquier tipo de ruido puede perturbar potencialmente a un gran número de trabajadores.

No es raro encontrarse con oficinas abiertas con grandes ventanales o particiones de vidrio cuya intención es dar mucha luz y transparencia al espacio. Estos factores, combinados con un mobiliario interior relativamente escaso, permiten que el sonido se propague de forma efectiva.

Estudios de investigación muestran que el ruido es la causa número 1 de molestia en oficinas. Una buena estrategia, por lo tanto, sería agrupar tareas de trabajo similares así, como crear rutinas de comportamiento para que los empleados comprendan e interioricen acciones para con los demás.



### REQUISITOS NORMATIVOS

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T) & ÁREA DE ABSORCIÓN (A)

Tipología de espacio no incluida en la norma  $A \geq 1.1 \cdot S$  para bandas de frecuencia 125-4000 Hz (recomendación basada en la norma danesa SBI 216).

$T \leq 0.4$  s. para bandas de frecuencia de 250-4000 Hz. (recomendación basada en la norma sueca). norma sueca SS 25268).

Según la primera versión de la norma ISO 3382-3, los parámetros que garantizarían una buena acústica serían:  $D_{2,S} \geq 7$  dB  $L_{p,A,S,4m} \leq 48$  dB  $r_D \leq 5$  m.

El nuevo estándar internacional ISO 22955 trata de dar solución, desde un punto de vista acústico, a la convivencia de las dos realidades teóricamente contradictorias en la oficina: la comunicación oral y el trabajo individual de concentración. El objetivo de este documento es "ofrecer principios, descriptores y métodos de medición acústica, que sean de fácil manejo y se correlacionen bien con la percepción del entorno acústico por parte de los usuarios". La norma da recomendaciones de diferentes parámetros acústicos según la actividad que se desarrolle en esa parte de la oficina.

### COMENTARIOS

En general, para los espacios de trabajo, el entorno sonoro debe diseñarse de acuerdo con la función de la sala. Se debe enfatizar que los requisitos de tiempo de reverberación y área de absorción no son necesariamente suficientes para garantizar buenas condiciones acústicas en oficinas, especialmente en oficinas con varias personas.

Ecophon recomienda un área de absorción mayor a 1.3 veces la superficie en planta, para oficinas diáfanas. Casi siempre es beneficioso especificar requisitos para la propagación del sonido según la norma ISO 3382-3 e ISO 22955. Para minimizar la propagación, se recomienda incorporar en el diseño de interiores pantallas acústicas, separadores de zonas y muebles. Asimismo, las paredes y fachadas de vidrio se pueden inclinar (inclinación  $\geq 7^\circ$ ) para evitar reflexiones entre superficies duras paralelas y redireccionarlas hacia donde se localizan materiales fonoabsorbentes. Además de esto, la disposición de la oficina debe planificarse cuidadosamente, de modo que las áreas para actividades ruidosas (como áreas de descanso), estén separadas por espacios y particiones de las áreas de trabajo donde se requiera concentración.

#### De forma general se recomienda (ver figura):

- 1) usar techos acústicos pared-a-pared (clase A y  $AC \geq 180$ )
- 2) instalar mamparas aislantes y absorbentes entre puestos de trabajo y
- 3) para reforzar más la absorción, descolgar islas sobre los puestos de trabajo más ruidosos.

También se recomienda que se involucre a los usuarios al decidir cómo moverse en un espacio abierto para acceder a diferentes lugares. Así se favorecerá la creación de una cultura o política sólida que garantice que los colegas no se molesten entre sí y que el comportamiento ruidoso se restrinja a ciertas áreas.

Idealmente, se debe proteger en la medida de lo posible el área de trabajo de máquinas o equipos ruidosos (máquinas de café, fotocopiadoras...). Las zonas de circulación pueden equiparse con moquetas para minimizar el ruido de impacto al caminar y otros ruidos de tráfico interior. La ventilación tradicional podría sustituirse por una ventilación difusa silenciosa para minimizar el ruido de fondo.

Para más información sobre la norma ISO 22955, por favor consulte la página 86.



### 3 OFICINAS

#### TIPOLOGÍA DE ESPACIO

##### Salas de conferencias & oficinas celulares

#### DESCRIPCIÓN

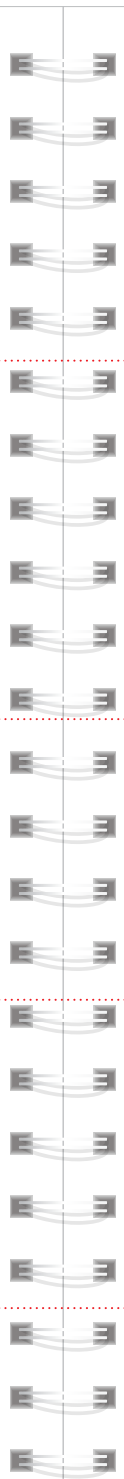
Las oficinas celulares son adecuadas para puestos que requieren un alto grado de concentración: protegen contra sonidos no deseados, pero también aíslan al usuario del exterior. Las salas de conferencias están pensadas para potenciar y favorecer la comunicación verbal, pero, lamentablemente, el diseño no es a menudo óptimo para este propósito. Esto cobra especial importancia con el creciente uso de las videoconferencias, ya que el espacio donde tienen lugar tiene que ser simultáneamente una buena sala de reuniones, de grabación, y de escucha. Por lo tanto, no solo el audio sino también el acondicionamiento acústicos son de especial importancia.

##### Recepción

La recepción es la imagen pública de la empresa, tanto para visitas presenciales como telefónicas. En recepciones, se suelen utilizar superficies duras por motivos de diseño y mantenimiento. Esto implica que la absorción acústica debe implementarse en el techo. Este espacio es un lugar de trabajo con “uso intensivo de teléfono”, y la percepción de la voz a través del mismo se ve muy afectada por las condiciones acústicas de la sala. El área de recepción también es un lugar donde los invitados son bienvenidos y deben poder esperar cómodamente ya que, de forma habitual, es donde se genera la primera impresión de una empresa.

##### Zonas silenciosas

Algunas tareas requieren más concentración que otras. Para evitar distracciones debidas al ruido en oficinas, a veces se opta por habilitar áreas silenciosas. El requisito fundamental de una habitación tranquila es, ante todo, estar aislada de las otras áreas de trabajo, tanto física como socialmente. Es decir, que la sala debe estar ubicada en un lugar lo más remoto posible, estar suficientemente insonorizada y ser fonoabsorbente. Asimismo, debe ser aceptada, respetada y entendida dentro de la organización como un área destinada a concentración en silencio.



#### REQUISITOS NORMATIVOS

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T) & ÁREA DE ABSORCIÓN (A)

$T \leq 0.7$  s. para las bandas de frecuencia 500-2000 Hz para aulas y salas de conferencias vacías, sin ocupación y sin mobiliario, de  $V < 350$  m<sup>3</sup>.

$T \leq 0.5$  s. para las bandas de frecuencia 500-2000 Hz para aulas y salas de conferencias, incluyendo las butacas, de  $V < 350$  m<sup>3</sup>.

Tipología de espacio no incluida en la norma.

$A/V \geq 0.2$  para las bandas de frecuencia 500-2000 Hz (según el CTE DH-HR, en caso de tratarse de una recepción abierta).

Tipología de espacio no incluida en la norma.

$T \leq 0.6$  s. para las bandas de frecuencia 500-2000 Hz según norma sueca SS 25268).

#### COMENTARIOS

Ecophon recomienda un tiempo de reverberación y una claridad del habla de:  $T \leq 0.5$  s. y  $C_{50} \geq 2$  dB. En salas destinadas a videoconferencia se recomienda un tiempo de reverberación de  $T \leq 0.4$  s. (para el rango de frecuencia 125-4000 Hz) con una desviación permitida del 40% a 125 Hz y del 15% a 250 Hz. Para mejorar la claridad del habla, si es posible, al menos una de cada par de paredes opuestas debería proveerse de paneles fonoabsorbente de pared, además del techo acústico Clase A.

Las oficinas privadas celulares tradicionales de mayor tamaño (p.ej. los despachos de directivos) a menudo se usan también para reuniones. Por lo tanto, el diseño de estos espacios debe garantizar una buena inteligibilidad y evitar las reflexiones (potencialmente molestas) de pared a pared (paralelas a suelo y techo) mediante el uso de absorbentes de pared.

Ecophon recomienda un tiempo de reverberación de 1 segundo para las bandas de frecuencia de 125 a 4000 Hz. En los casos en que la recepción constituya una pequeña parte de una sala más grande, los requisitos deben cumplirse localmente para el espacio de trabajo real. Idealmente, las llamadas telefónicas confidenciales y personales no deben escucharse desde el área de entrada. Por tanto, se recomienda el uso de pantallas acústicas cerca de la recepción, hacia las cuales el recepcionista pueda dirigir su voz para que la mayor parte de la conversación (ruido directo) sea absorbida. Asimismo, unidades descolgadas fonoabsorbentes sobre el trabajador evitarán la propagación del sonido, garantizando la privacidad.

Se recomienda un tiempo de reverberación no superior a 0.5 s. en el rango de frecuencias 125-4000 Hz. Sin embargo, acústicamente lo más importante es que la sala silenciosa esté aislada. Idealmente, este espacio estará lo más lejos posible de otros puestos de trabajo y de actividades/instalaciones ruidosas. Además, se recomienda el uso de particiones con un aislamiento acústico a ruido aéreo de  $R_A \geq 48$  dB. La sala debe diseñarse para que se permitan generar ciertas reglas y conductas básicas basadas en el respeto por la calma y la concentración (como hay, por ejemplo, en una biblioteca). En casos donde la partición vertical no llegue hasta el forjado, deberían utilizarse soluciones fonoabsorbentes de techo con una buenas capacidades de atenuación (aislamiento) lateral a través del plenum, como por ejemplo la familia Ecophon Combison





## 4 OFICINAS

### TIPOLOGÍA DE ESPACIO

### DESCRIPCIÓN

#### Comedores/Cafeterías

Este tipo de espacios suelen ser tener una volumetría elevada y muchas superficies duras para (teóricamente) facilitar su limpieza. Los comedores corporativos son espacios donde los empleados deberían poder tener un descanso muy necesario durante su jornada laboral y socializar, ya que ambas son actividades que ayudan a aumentar su productividad después de la pausa. La gran mayoría de los diseños acústicos de los comedores excluyen estas necesidades, ya que en ellos se producen niveles sonoros elevados, que pueden ser incluso perjudiciales para la salud. En particular, las personas con deficiencias auditivas verán más acentuada la dificultad para interactuar y socializar (ver sección restaurantes).

#### Escaleras y pasillos

Los pasillos y escaleras que están conectados directamente con oficinas, recepciones, zonas silenciosas o comedores, podrían producir un aumento considerable del nivel de ruido en este tipo de espacios debido a la contaminación acústica, así como una reducción de la privacidad.



### REQUISITOS NORMATIVOS

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T) & ÁREA DE ABSORCIÓN (A)

$T \leq 0.9$  s. para las bandas de frecuencia 500-2000 Hz.

$A/V \geq 0.2$  para las bandas de frecuencia 500-2000 Hz.

### COMENTARIOS

Al tratarse de zonas muy ruidosas, la opción preferente de techo pared-a-pared puede complementarse con paneles acústicos descolgados (preferiblemente encima de áreas con actividades particularmente ruidosas, para absorber el sonido cerca de la fuente). Asimismo, pueden disponerse elementos verticales en pared para mejorar la inteligibilidad y en el medio del espacio para mejorar la privacidad y la propagación de ruido (ver sección restaurantes).

Además del requisito del CTE, se recomienda, para escaleras, asegurarse que existe un tiempo de reverberación de 0.8 s. (según norma sueca), en el rango de frecuencias 500-4000 Hz. Para pasillos, se recomienda especificar criterios de propagación:  $D_{2,S} \geq 3$  dB.



OFICINAS BANCO SANTANDER / MADRID



OFICINAS KING / BARCELONA





SOLUCIONES ESTÉTICAS QUE ACONDICIONAN ACÚSTICAMENTE / BIURO ARCHITEKTONICZNE DDJM, POLONIA

# 1 RESTAURANTES & RETAIL

## TIPOLOGÍA DE ESPACIO

## DESCRIPCIÓN

### GENERAL

Además de una mala planificación acústica (o inexistente) durante la fase de diseño, existen otras causas que pueden contribuir a que el ambiente acústico en los restaurantes se considere generalmente desagradable: nuevas tendencias de diseño que a menudo priorizan espacios abiertos con superficies muy reflectantes, techos expuestos con instalaciones vistas, cocinas abiertas, música en vivo, densidad de mesas elevada y propietarios que buscan atmósferas animadas/ruidosas como señal de popularidad de su negocio. No hay una buena solución acústica que se adapte a todos los establecimientos. El diseño acústico es interdisciplinario y engloba conocimientos de física, arquitectura, psicología, higiene, etc. donde entran en juego muchos factores (económicos, científicos, diferencias individuales, etc.) y participantes (propietarios, clientes, instituciones, etc.). Además, el habla es una fuente de sonido individual, dinámica e impredecible que es percibida de forma diferente por diferentes personas. Por último, hay muchos tipos diferentes de restaurantes con diferentes características y necesidades que dificultan la generalización.

No obstante, se puede generalizar diciendo que es de vital importancia: limitar el tiempo de reverberación y los niveles de presión sonora, que la claridad del habla sea aceptable en todo el recinto, y que la privacidad entre mesas sea buena.



RESTAURANTE CA LA NURI / BARCELONA

## REQUISITOS NORMATIVOS

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T) & ÁREA DE ABSORCIÓN (A)

Los siguientes requisitos están tomados del Documento Básico de protección contra el ruido del CTE (CTE DB-HR).

Asimismo, se dan recomendaciones de otras normas cuando el CTE no contempla determinados usos.

## COMENTARIOS

Los valores máximos se aplican a cada una de las bandas de 1/1 de octava de 500 a 2000 Hz. Para calcular el tiempo de reverberación y área de absorción, deben utilizarse los valores del coeficiente de absorción acústica medio,  $\alpha_m$  (si no se dispone de este se podrá usar el coeficiente ponderado  $\alpha_w$ ), de los acabados superficiales, revestimientos y elementos constructivos, y el área de absorción acústica equivalente media  $A_{O,m}$ , de cada mueble fijo.



CENTRO COMERCIAL VALLE REAL / CANTABRIA



## TIPOLOGÍA DE ESPACIO

## DESCRIPCIÓN

**Comedores**

Este tipo de espacios suelen tener una volumetría elevada y muchas superficies duras debido a razones estéticas, entre otras. Además, suelen ser espacios donde la gente va a relajarse y a socializar, por lo que el ambiente distendido aumenta la predisposición a elevar el tono de voz que, combinado con superficies reflectantes, hace que el nivel de ruido aumente. Es muy común que en espacios de hostelería se active el efecto Lombard, que es la tendencia involuntaria de las personas a incrementar el esfuerzo vocal cuando se habla en un lugar ruidoso para mejorar la audibilidad e inteligibilidad. La solución a este fenómeno es un diseño acústico adecuado. En espacios diáfanos, habrá que prestar especial atención a la privacidad entre mesas y propagación de ruido.

**Cocinas**

Estos espacios suelen tener una volumetría elevada y muchas superficies duras para (teóricamente) facilitar su limpieza. Además de las voces de los propios trabajadores, los fogones, campanas extractoras, y ruidos de utensilios de cocina hacen que los niveles ruidos puedan ser incluso perjudiciales para la salud de los trabajadores, durante largos períodos de exposición. Además de la acústica, se deberá prestar atención a los requisitos de limpieza, higiene y salubridad.



## REQUISITOS NORMATIVOS

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T) & ÁREA DE ABSORCIÓN (A)

$T \leq 0.9$  s. para las bandas de frecuencia 500-2000 Hz

Tipología de espacio no incluida en la norma.

$T \leq 0.4$  s. para las bandas de frecuencia 500-2000 Hz.

## COMENTARIOS

La introducción de la absorción en la sala por medio de un techo acústico y paneles de pared Clase A ha demostrado ser muy importante y es la primera medida inmediata a considerar. Así ayudaremos a cumplir con el CTE. Además, una clase de articulación alta ( $AC > 180$ ) favorecerá la privacidad a través de limitar la propagación de ruido. Puede resultar beneficioso especificar en proyecto requisitos para la propagación:  $D_{2,S} \geq 3$  dB.

Se recomienda separar las áreas potencialmente ruidosas (cocina, sala de HVAC, máquinas expendedoras si las hay...) del área del comedor. Se debería limitar el ruido de fondo mediante diferentes acciones: reducir la densidad de las mesas para que haya menos fuentes presentes en el espacio, uso de materiales "blandos" en las áreas de circulación para minimizar el ruido de impacto al caminar y otros ruidos de tráfico interior, control (si hay) del volumen de la música que se está reproduciendo, uso de almohadillas debajo de las sillas y patas de mesas, valorar la posible sustitución de la ventilación tradicional por una ventilación difusa silenciosa para minimizar el ruido de fondo, etc. Para minimizar la propagación todavía más, se recomienda incorporar en el diseño de interiores pantallas acústicas, separadores de zonas y muebles. Asimismo, las paredes y fachadas de vidrio se pueden inclinar (inclinación  $\geq 7^\circ$ ) para evitar reflexiones entre superficies duras paralelas y redireccionarlas hacia donde se localizan materiales fonoabsorbentes. Determinadas zonas con concentración de gente potencialmente ruidosas podrían requerir una actuación extra en forma de, por ejemplo, elementos fonoabsorbentes descolgados sobre las fuentes de ruido.

Ecophon recomienda un tiempo de reverberación menor a 0.13 veces la altura del espacio (recomendación basada en la norma noruega NS 8175).

Además de un techo pared-a-pared que asegure los niveles adecuados de reverberación, habrá que escoger soluciones acústicas de fácil mantenimiento, gran durabilidad, salubres (que no permitan la proliferación de moho y bacterias), que resistan limpieza y desinfección frecuente con detergentes y químicos, y que tengan resistencia a las manchas y repelan las partículas. Ecophon recomienda un tiempo de reverberación  $T \leq 0.4$  s. en este tipo de espacios. Se podrían añadir requisitos de fuerza sonora al proyecto ( $G \leq 15$  dB), ya que el tiempo de reverberación no garantiza necesariamente un nivel de ruido bajo, particularmente en habitaciones pequeñas.





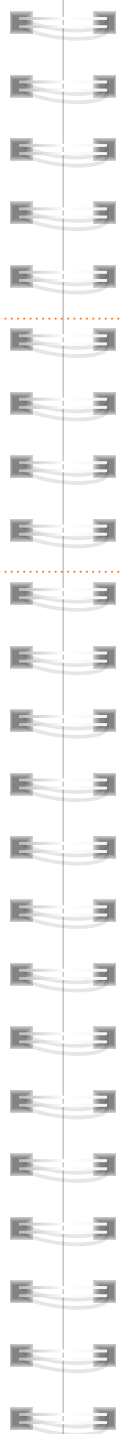
### 3 RESTAURANTES & RETAIL

#### TIPOLOGÍA DE ESPACIO

#### DESCRIPCIÓN

##### Centros comerciales.

Los centros comerciales son frecuentados no solo por personas que realizan actividades comerciales, sino también con fines sociales y de ocio. Esto hace que exista una gran circulación en los distintos espacios del centro comercial, que por lo general son de gran volumen, diáfanos, y con techos altos. Además, también existe a menudo un área de restauración donde se aglomera un gran número de personas, lo que puede generar niveles de ruido elevados que pueden crear ambientes sonoros incómodos e incluso perjudiciales para la salud de los usuarios, como ha alertado la OCU (Organización de Consumidores y Usuarios) en alguna ocasión.



#### REQUISITOS NORMATIVOS

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T) & ÁREA DE ABSORCIÓN (A)

Tipología de espacio no incluida en la norma.

#### COMENTARIOS

El “espacio acústico” de un centro comercial está orquestado por la gerencia del mismo, para promover un sentido estimulante y placentero del lugar propicio para sus propósitos económicos, políticos y sociales: hacer que las personas gasten tiempo y dinero dentro del establecimiento. Solo mediante un diseño acústico adecuado podremos asegurarnos que el nivel de ruido no exceda los límites recomendados, reduciendo así los efectos negativos de la exposición al ruido en la salud (auditivos o no auditivos). Existen estudios que dicen que algunos clientes evitan espacios comerciales “ruidosos” y otros informan haber comprado más rápido de lo que les hubiese gustado.



CENTRO COMERCIAL GARBERA / SAN SEBASTIÁN



TECHO ACÚSTICO CONTINUO EN ÁREA PÚBLICA



CENTRO COMERCIAL DIAGONAL MAR / BARCELONA



# 1 INDUSTRIA

## TIPOLOGÍA DE ESPACIO

**INDUSTRIA GENERAL:**  
Alimentaria  
Farmacéutica  
Electrónica  
Producción

Espacios  $\leq 200 \text{ m}^3$

Espacios de  $1000 \text{ m}^3$

Espacios de  $200-1000 \text{ m}^3$

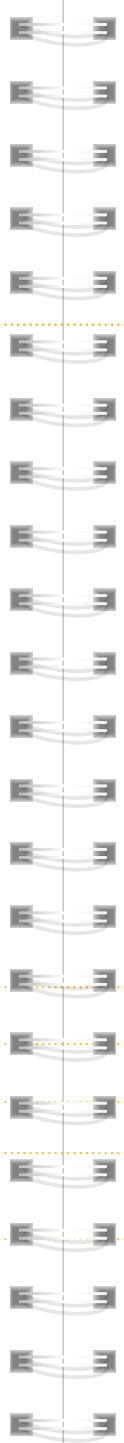
Espacios  $\geq 1000 \text{ m}^3$

Espacios  $\geq 1000 \text{ m}^3$  (y altura  $> 5 \text{ m.}$ )

## DESCRIPCIÓN

Los espacios en los edificios industriales pueden variar ampliamente en cuanto a uso, requisitos funcionales, diseño, características de ruido, etc. Dentro de los sectores alimentario y farmacéutico, existen altas exigencias en cuanto a limpieza e higiene (posibilidad de lavado diario a alta presión de techo y paredes, requisitos especiales para clasificaciones de salas blancas, etc.), mientras que en las áreas de producción más tradicionales puede haber requisitos como la resistencia al impacto. Los locales industriales suelen tener superficies muy grandes con muchas superficies reflectantes, techos altos y maquinaria ruidosa. En consecuencia, a menudo se producen niveles de ruido muy elevados con altas exigencias de superficies absorbentes en techo y, en muchos casos, también en paredes.

Si el nivel de ruido excede los 80 dBA, el empleador debe proporcionar protección auditiva a los empleados. Sin embargo, esto solo debe considerarse como una medida adicional y/o temporal hasta que se haya implementado una atenuación acústica efectiva (aislamiento y acondicionamiento) en el lugar de trabajo. Solo en los casos en los que el ruido directo de la maquinaria y las actividades supere los 80 dBA y no se pueda amortiguar, conviene utilizar protección auditiva como medida permanente.



## REQUISITOS NORMATIVOS

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T) & ÁREA DE ABSORCIÓN (A)

RD 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Regula actuaciones cuando el  $L_{Aeq,d}$  supera 80 dBA, fijando un  $L_{Aeq,d}$  máximo de 87 dBA.

Se incluyen también recomendaciones de la norma danesa. El lector se refiere también, en caso de querer consultar otra normativa, a la regulación alemana "TRLV Lärm".

Tipología de espacio no incluida en la norma.

Tipología de espacio no incluida en la norma.

Tipología de espacio no incluida en la norma.

Tipología de espacio no incluida en la norma.

Tipología de espacio no incluida en la norma.

PRIMERA PÁGINA | [HAGA CLIC AQUÍ](#)

## COMENTARIOS

Dado que puede haber una variación considerable entre este tipo de locales, es más relevante hacer recomendaciones generales para la reducción del ruido de las líneas de producción. Se estipulan 5 pasos, en orden de prioridad:

**Paso 1:** aisle/encapsule la fuente de ruido. Tenga en cuenta que un aislamiento acústico eficaz requiere métodos de construcción especiales, y que no debe impedir la refrigeración de la maquinaria, ya que esto puede provocar sobrecalentamiento.

**Paso 2:** amortigüe la fuente de ruido. Con el tiempo, las piezas de las máquinas pueden aflojarse y comenzar a vibrar, produciendo ruido. Revise la maquinaria en busca de piezas sueltas y utilice elementos elásticos para así amortiguar las vibraciones mecánicas. Así evitará la propagación, por ejemplo, a través del suelo.

**Paso 3:** coloque materiales fonoabsorbentes alrededor de maquinaria ruidosa. Cuanto más cerca esté el material de la fuente de sonido y cuanto mayor sea la superficie de cobertura, más efectiva será la reducción de ruido.

**Paso 4:** reduzca el nivel de ruido en los receptores (trabajadores). Aísle los puestos de trabajo con paredes apropiadas o apantállelos en la medida de lo posible con material fonoabsorbente. De forma alternativa, se pueden utilizar protecciones auditivas o auriculares con cancelación de ruido.

**Paso 5:** planificar e informar. Desde el principio, debe planificar la línea de producción teniendo en cuenta las estrategias de reducción de ruido. Para algunas líneas de producción, ciertas posiciones de trabajo son particularmente ruidosas y otras no. Asimismo, los niveles de ruido varían a lo largo del día para determinadas líneas de producción. Se recomienda dotar el lugar de trabajo de señales visuales que muestren a los empleados si deben usar protección auditiva en las distintas áreas.

Se recomienda  $T \leq 0.8 \text{ s.}$  para las bandas de frecuencia 125-2000 Hz (según norma danesa).

Se recomienda  $T \leq 1.3 \text{ s.}$  para las bandas de frecuencia 125-2000 Hz (según norma danesa).

Deberá calcularse un valor del tiempo de reverberación acorde al volumen.

Se recomienda  $A \geq 0.6 \cdot S$  (siendo S la superficie en planta) para las bandas de frecuencia 125-4000 Hz (según norma danesa).

Se recomienda  $A \geq 0.7 \cdot S$  (siendo S la superficie en planta) para las bandas de frecuencia 125-4000 Hz (según norma danesa).







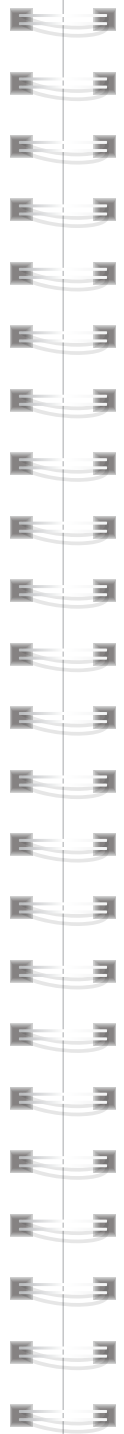
Industria  
Instalaciones deportivas  
Vivienda

Acústica  
básica

Contacto



VOLVO INDUSTRIES / SUECIA



SCHEELE LABORATORY KAROLINSKA INSTITUTET / SUECIA



# 1 INSTALACIONES DEPORTIVAS

## TIPOLOGÍA DE ESPACIO

## DESCRIPCIÓN

### GENERAL

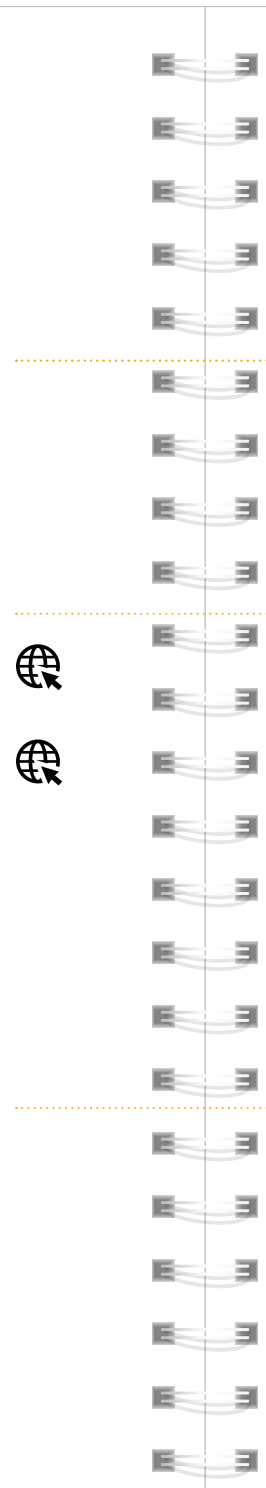
En instalaciones deportivas, el nivel de ruido puede ser muy alto y la inteligibilidad del habla muy pobre, debido no solo a la gran volumetría, sino también a los revestimientos y a las actividades que se desarrollan en su interior. Por lo tanto, el techo y/o las paredes deberían de estar total o parcialmente revestidas de materiales fonoabsorbentes. Todos los materiales acústicos aplicados deben ser resistentes a los impactos y estar directamente instalados o fijados en una perfilera segura y estable.

### Pabellones y piscinas

Además de lo expuesto anteriormente relativo a espacios deportivos (presencia de niveles de ruido potencialmente altos debido a la morfología de estos espacios y a las actividades desarrolladas en su interior), las piscinas cubiertas son ambientes químicamente corrosivos que requieren materiales durables y limpiables (que a menudo se asocian con materiales “duros”). Además, el agua también refleja las ondas sonoras, por lo que las actividades que se desarrollan en estos espacios suelen generar un entorno sonoro muy ruidoso, molesto e incluso desorientador.

### Deportes de hielo y atletismo en pista cubierta

Al igual que otros espacios deportivos, las actividades llevadas a cabo en estos espacios producirán niveles de ruido a menudo excesivos que, si no se controlan mediante un buen acondicionamiento acústico, pueden no solo comprometer el confort sino resultar perjudiciales para la salud y seguridad de los usuarios.



## REQUISITOS NORMATIVOS

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T) & ÁREA DE ABSORCIÓN (A)

Los siguientes requisitos están tomados de las normas NIDE (Normativas de Instalaciones Deportivas y de Esparcimiento) elaboradas por el Consejo Superior de Deportes (CSD).

Asimismo, se dan recomendaciones apoyadas en otras normas.

- $T \leq 1.1$  s ( $V < 2000$  m<sup>3</sup>)
- $T \leq 1.2$  s ( $2000$  m<sup>3</sup> –  $5000$  m<sup>3</sup>)
- $T \leq 1.4$  s ( $5000$  m<sup>3</sup> –  $7000$  m<sup>3</sup>)
- $T \leq 1.5$  s ( $7000$  m<sup>3</sup> –  $9000$  m<sup>3</sup>)
- $T \leq 1.6$  s ( $V > 9000$  m<sup>3</sup>)

NOTA: no estipula bandas de frecuencia  
Leq.ventilación = 45 dBA

$T \leq 2.3$  s.

NOTA: no estipula bandas frecuencia  
Leq.ventilación = 45 dBA

## COMENTARIOS

Las normas NIDE tienen como objetivo definir las condiciones reglamentarias, de planificación y de diseño que deben considerarse en el proyecto y la construcción de instalaciones deportivas para que se puedan homologar (dimensiones, tipos de superficies, iluminación... y también de acústica. “Son de aplicación obligatoria en todos aquellos proyectos que se realicen total o parcialmente con fondos del CSD y en instalaciones deportivas en las que se vayan a celebrar competiciones oficiales regidas por la Federación Deportiva nacional correspondiente (siendo competencia de dicha Federación la homologación de la instalación).”

El NIDE estipula que “para conseguir estos valores se dispondrán paramentos y techos absorbentes del sonido que cumplirán el resto de características. Se dispondrá el aislamiento acústico necesario para impedir las emisiones de ruido al exterior o a otras zonas de la instalación deportiva, de acuerdo con CTE”. Además, “se debe cuidar que la instalación de ventilación no produzca ruidos molestos; cuyo nivel de ruido medio será inferior a 45 dBA”. Debido a que estos espacios tienen habitualmente una gran altura, se recomienda revestir (además de parte o totalidad del techo según el proyecto requiera) al menos dos paredes adyacentes de algún tipo de material fonoabsorbente (preferiblemente antiimpactos). Esto es debido a que el sonido, en espacios de tal altura, rebota antes de llegar al techo entre superficies paralelas verticales, empeorando mucho la inteligibilidad. Los frentes de vidrio y las ventanas se pueden inclinar para evitar reflejos de pared a pared y reducir el tiempo de reverberación. Los absorbentes se pueden integrar en otros elementos del diseño interior, por ejemplo, detrás de espalderas, porterías, canastas, etc. Ecophon, independientemente del volumen, recomienda (según la norma sueca) un tiempo de reverberación inferior a 1 s. dentro del área de frecuencias 250-4000 Hz para facilitar la audibilidad de las instrucciones de los entrenadores y socorristas y la comunicación entre los deportistas durante actividades ruidosas, como deportes de equipo.

El NIDE estipula que “la acústica de las pistas de hielo permitirá que se oigan claramente los mensajes o la información hablada, así como la música, provenientes de los equipos de sonido y del sistema de megafonía y en cualquier caso evitará la existencia de ecos y ruidos. Para ello,  $T \leq 2.3$  segundos, con la pista vacía de deportistas y de espectadores. Para conseguir estos valores se dispondrán paramentos y techos fonoabsorbentes. Además, se dispondrá el aislamiento acústico necesario para impedir las emisiones de ruido al exterior o a otras zonas de la instalación, de acuerdo con el CTE DB-HR”. Ecophon recomienda un tiempo de reverberación inferior a 1.4 segundos en las bandas de frecuencia 250-4000 Hz.





POLIDEPORTIVO UNIVERSIDAD FRANCISCO DE VITORIA / MADRID



CENTRO DEPORTIVO ALUCHE / MADRID





## 1 VIVIENDA

**Las viviendas (ya sean nuevas o renovadas) con grandes espacios abiertos, techos altos y un diseño interior minimalista son estéticamente atractivas. Sin embargo, estos hermosos espacios luminosos a menudo terminan siendo una especie de “infierno acústico”.**

El ambiente sonoro es un factor fundamental a la hora de cómo los usuarios finales experimentan un espacio interior. Con las nuevas tendencias constructivas, hoy en día no es raro encontrar casas con espacios muy luminosos, modernos y estéticamente atractivos. Sin embargo, a menudo el ruido producido por las actividades desarrolladas dificulta el día a día. Esto es cierto particularmente en la zona de la cocina-comedor y la sala de estar. El problema suele radicar en todas las superficies lisas y duras presentes en el espacio: paredes, techos, pisos y ventanas. Estas superficies reflejan de forma efectiva todos los sonidos presentes: voces, cubiertos y platos, sonidos de televisión, utensilios de cocina... que se acentúa incluso más cuando hay invitados. Los sonidos existentes no desaparecen antes de que se mezclen con nuevos sonidos.

El resultado son espacios muy ruidosos y con una reverberación muy elevada. Esto resulta especialmente incómodo a medida que pasa el tiempo. Se vuelve difícil entender lo que dicen los demás. Para eliminar los problemas de ruido, se podría instalar en al menos una de las superficies de la habitación paneles acústicos. Por norma general es mejor cubrir el techo, aunque también podría cubrir algunas superficies de pared, en los que incluso se puede imprimir (con microgota para no tapan el poro fonoabsorbente), la imagen deseada.

### RECOMENDACIONES ACÚSTICAS EN VIVIENDA:

Por lo general, no existen requisitos de acondicionamiento acústico en vivienda. En caso de ser un tema que preocupe al usuario final, Ecophon recomienda un tiempo de reverberación de un máximo de 0.6 s. para espacios amueblados.

En los últimos años, ha habido un claro aumento en la demanda de materiales acústicos para residencias privadas. Esto se debe a que muchas personas se han vuelto más conscientes del valor de un buen ambiente acústico interior.

En la actualidad existen soluciones acústicas en el mercado que pueden encajar perfectamente en un ambiente residencial: enlucidos acústicos continuos, telas tensadas, etc.



VIVENDA PRIVADA / DINAMARCA



## 2 VIVIENDA · RESIDENCIAL/HOTELERO

### TIPOLOGÍA DE ESPACIO

### DESCRIPCIÓN

#### General

El tiempo de reverberación debe regularse de acuerdo con el uso del espacio, de modo que las personas que estén utilizando la sala no se sientan molestas debido a la acústica de la misma.

En este contexto, la vivienda también incluye hoteles, residencias de estudiantes, pensiones, apartamentos tipo estudio, internados... Aunque por norma general no existen requisitos para el tiempo de reverberación de viviendas; sí que puede haber para pasillos, salas comunes y escaleras que forman parte de viviendas de apartamentos. En los últimos años, ha habido un claro desarrollo en la demanda de materiales acústicos para residencias privadas. Esto se debe en parte a que muchas personas se han vuelto más conscientes del valor de un buen ambiente sonoro interior y en parte a las tendencias de construcción con espacios abiertos más grandes y techos altos.

#### Espacios comunes

Áreas de estar comunes cuyo uso puede ser: comer, socializar, entretenimiento (TV, juegos de mesa...) y actividades recreativas. Todo lo anterior puede causar un nivel de ruido relativamente alto, por lo que se debería tener en cuenta la acústica.

#### Escaleras y pasillos con acceso a más de 2 residencias o unidades comerciales

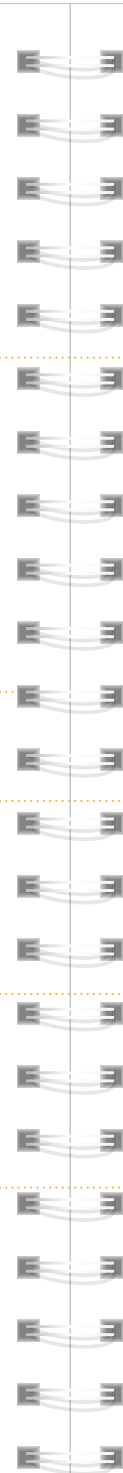
Las escaleras y los pasillos suelen ser parques en mobiliario y también están conectados con muchos apartamentos/unidades adyacentes. Por lo tanto, las actividades pueden molestar a muchos usuarios debido a la propagación y a los niveles de ruido producidos por las mismas.

#### Pasillos usados para desarrollar actividades cotidianas

Cuando, además de circulación, en el pasillo se llevan a cabo en cierta medida actividades como socialización o aglomeración de gente, los niveles de ruido existentes pueden propagarse de forma más efectiva, debiendo de ser controlados.

#### Habitaciones

Aunque no suele haber mucha aglomeración de gente, a menudo (y especialmente en hoteles) es importante dotar estos espacios de buen acondicionamiento acústico para, por ejemplo, poder disfrutar de una buena experiencia viendo películas.



### REQUISITOS NORMATIVOS

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T) & ÁREA DE ABSORCIÓN (A)

Los siguientes requisitos (los que apliquen) están tomados del Documento Básico de protección contra el ruido del CTE (CTE DB-HR).

Tipología de espacio no incluida en la norma.

$A/V \geq 0.2$  para las octavas de 500-1000-2000 Hz.

$A/V \geq 0.2$  para las octavas de 500-1000-2000 Hz.

Tipología de espacio no incluida en la norma.

### COMENTARIOS

“Los valores máximos se aplican a cada una de las bandas de 1/1 de octava de 500 a 2000 Hz. Para calcular el tiempo de reverberación y área de absorción, deben utilizarse los valores del coeficiente de absorción acústica medio,  $\alpha_m$  (si no se dispone de este se podrá usar el coeficiente ponderado  $\alpha_w$ ), de los acabados superficiales, revestimientos y elementos constructivos., y el área de absorción Acústica equivalente media  $A_{O,m}$ , de cada mueble fijo”.

Según expuesto en la introducción, Ecophon recomienda un tiempo de reverberación de un máximo de 0.6 s. para espacios amueblados como estos.

CTE DB HR: “Para limitar el ruido reverberante en las zonas comunes de una zona común de un edificio de uso residencial público, docente y hospitalario colindante con recintos protegidos con los que comparten puertas; los elementos constructivos, los acabados superficiales y los revestimientos que delimitan esos espacios tendrán la absorción acústica suficiente de tal manera que el área de absorción acústica equivalente, A, sea al menos 0.2 m<sup>2</sup> por cada metro cúbico del volumen del recinto”.

Se recomienda que este tipo de espacio también esté diseñada para actividades distintas al tránsito, ya que todas las áreas de la vivienda deben ser seguras y acogedoras, especialmente si los habitantes incluyen niños.

Además de los requisitos del CTE indicados, es recomendable estipular requisitos de propagación de sonido para pasillos en el proyecto:  $D_{2,S} \geq 3$  dB.

Se recomienda un tiempo de reverberación inferior a 0.5 segundos con el espacio amueblado. Existen soluciones de mercado como telas tensadas, enlucidos acústicos... que nos permitirán alcanzar estos valores.





3

## VIVIENDA · RESIDENCIAS DE ANCIANOS

### TIPOLOGÍA DE ESPACIO

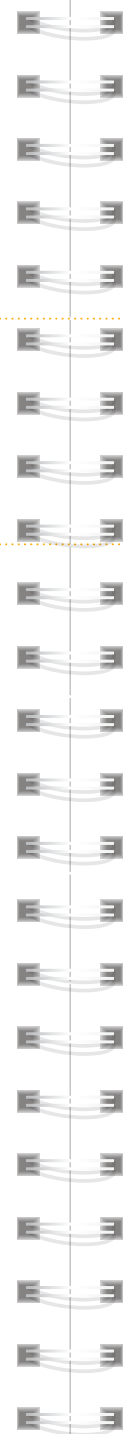
### DESCRIPCIÓN

#### Residencias de ancianos

Las personas mayores son particularmente sensibles al ruido debido a la pérdida de audición relacionada con la edad, la demencia y otros trastornos. Además de esto, varios estudios sugieren que niveles elevados de ruido están asociados con comportamientos “no deseados” de los residentes de los hogares de ancianos, tales como el aislamiento social, la agresividad, la confusión, etc. Se ha demostrado también que la acústica está directamente relacionada con la demencia, ya que los síntomas se agravan por el estrés y disminuyen con la interacción social, los cuales se ven afectados directamente por las condiciones acústicas.



EL RUIDO AFECTA A TODOS, PERO A ALGUNOS MÁS QUE OTROS. ES IMPORTANTE UN ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO EFICIENTE QUE GARANTICE UN RUIDO DE FONDO REDUCIDO Y UNA BUENA INTELIGIBILIDAD DEL HABLA / RESIDENCIA ANCIANOS ONNELANPOLKU, FINLANDIA



### REQUISITOS NORMATIVOS

TIEMPO DE REVERBERACIÓN (T) & ÁREA DE ABSORCIÓN (A)

### COMENTARIOS

Ecophon recomienda requisitos acústicos muy exigentes para este tipo de espacios: las salas comunes deberían tratarse igual que ese tipo de estancias en centros docentes, y el ambiente en las habitaciones asimilarse a la de los hospitales, para garantizar una comunicación clara ( $T \leq 0.5$  s. y  $C_{50} \geq 3$  dB). Se recomienda que los pasillos se limiten a un tiempo de reverberación de 0.9 s. dentro del área de frecuencia 250-4000 Hz para minimizar la contaminación acústica. Asimismo, podrían especificarse requisitos de propagación de sonido en pasillos:  $D_{2,S} \geq 3$  dB.



UNA BUENA ACÚSTICA EN UNA RESIDENCIA DE ANCIANOS ES MUY IMPORTANTE. LOS FRECUENTES PROBLEMAS DE COMUNICACIÓN Y LOS MALENTENDIDOS LLEVAN A LA INTROVERSIÓN, LA FALTA DE CONFIANZA EN SÍ MISMO Y LA DEPRESIÓN. LA PÉRDIDA DE AUDICIÓN CON LA EDAD (PRESBIACUSIA) TAMBIÉN AFECTA AL SENTIDO ESPACIAL Y AUMENTA EL RIESGO DE CAÍDAS / RESIDENCIA VERPLEEGHUIS WILLBRORD, HOLANDA





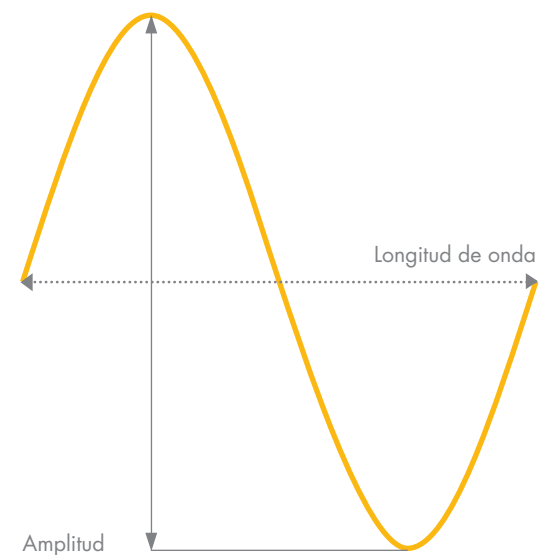
1

# ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO Y REQUISITOS NORMATIVOS

## Una breve introducción a conceptos básicos

**El sonido se produce cuando se ponen en movimiento las partículas de aire. Esto sucede, por ejemplo, al hablar. Los movimientos de estas partículas crean ondas de presión que se transportan a través del aire a una velocidad aproximada de 343 metros por segundo. Las ondas sonoras se pueden describir (de forma simplificada) mediante dos términos: la amplitud (“volumen”), que nos indica la cantidad de energía que contiene un sonido, y la longitud de onda, que determina la frecuencia del sonido.**

### ONDA SONORA



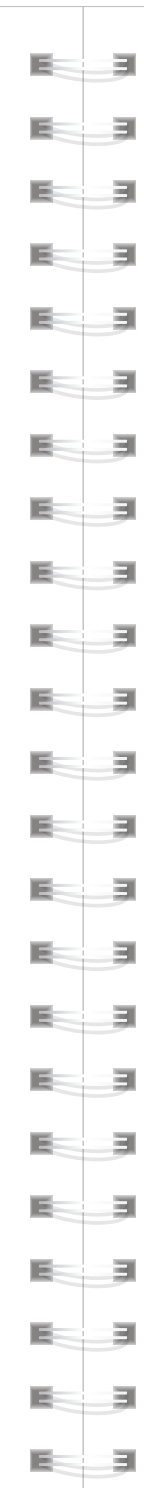
### NIVEL SONORO

La cantidad de energía contenida en una onda determina la distancia entre el pico y el valle de la misma. Se denomina amplitud y determina el nivel sonoro, que se mide en decibelios (dB). La escala de los decibelios no es lineal, sino logarítmica. Esto significa, entre otras cosas, que las personas percibimos una diferencia de 10 dB como el doble del volumen. Los niveles audibles abarcan (aproximadamente) desde 0 (umbral de audición) a 120 dB (denominado umbral del dolor), siendo 60 dB un nivel de conversación típico a una distancia de 1 metro. Exposición prolongada a valores superiores a 80 dB son perjudiciales para la salud.

### FRECUENCIA Y BANDA DE FRECUENCIA

Un sonido consta de muchas ondas “mezcladas”, cada una con diferente longitud de onda, que juntas forman el timbre de un sonido determinado. El número de longitudes de onda (ciclos) por segundo se llama frecuencia, medido en Herzios (Hz). El espectro audible está aproximadamente entre 20 y 20000 Hz, de sonidos graves a agudos. Por simplicidad, este espectro a menudo se divide en bandas de frecuencia, donde cada banda representa un promedio de un rango de frecuencia. Dentro de la acústica de las salas, normalmente se trabaja con las bandas de frecuencia de 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz.

Un tono (es decir, una onda compuesta de una sola frecuencia), se escucharía (simplificando) como el sonido que suena al tocar una sola tecla de un piano. Al hablar o tocar música, se excitan muchas frecuencias simultáneamente.

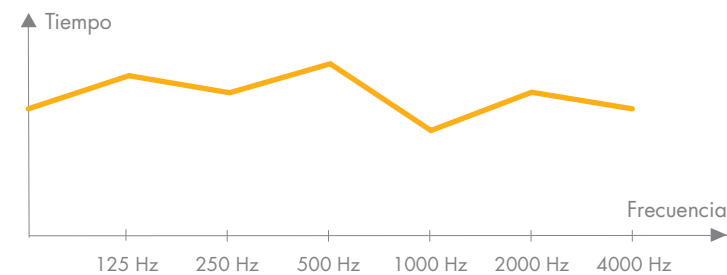


### TIEMPO DE REVERBERACIÓN

El parámetro principal dentro de la acústica de salas es el tiempo de reverberación. El tiempo de reverberación (T) indica el tiempo que tarda la energía sonora en disiparse dentro de un recinto. De forma sencilla, representa lo ruidoso que es un espacio (el eco). El tiempo de reverberación se mide en segundos para una banda de frecuencias específica. Por ejemplo, el requisito reglamentario establecido por el CTE para aulas o salas de conferencias vacías es de  $T \leq 0.7$  segundos dentro del rango de frecuencia de 500-2000 Hz, lo que significa que el tiempo de reverberación medio para las bandas de frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz debe ser de 0.7 segundos o menos.

El tiempo de reverberación depende de la relación entre el volumen de una estancia y el área de absorción (ver el ejemplo de cálculo en la página 82). Cuanto más volumen tenga la habitación, más elevado será el tiempo de reverberación. Esto es especialmente importante si, por ejemplo, se trata de habitaciones con doble altura y entornos abiertos. Por otro lado, la reverberación disminuirá cuanto mayor sea el área de absorción presente en un espacio. El tiempo de reverberación de una habitación a menudo se representará como un gráfico donde el eje vertical representa el tiempo de reverberación y el eje horizontal es la banda de frecuencia correspondiente:

### TIEMPO DE REVERBERACIÓN



### ÁREA DE ABSORCIÓN

El área de absorción de un espacio (A) es una expresión de la cantidad total de absorción acústica que contiene un espacio. Cuanto mayor sea el área de absorción de una habitación, más rápido se extinguirá el sonido. Los materiales absorben el sonido de manera diferente según la frecuencia (generalmente se absorben mejor las frecuencias altas que las bajas o graves, debido a su menor longitud de onda), por lo que los requisitos reglamentarios establecen requisitos de área de absorción en un rango de frecuencia determinado (CTE: 500-2000 Hz).

Para espacios amplios, como espacios de aprendizaje abiertos, zonas comunes o entornos de oficina, algunas normas establecen demandas en el área de absorción por volumen, en lugar del tiempo de reverberación. Para obtener una contribución significativa al área de absorción del recinto se necesitará instalar materiales fonoabsorbentes, ya que los materiales de construcción típicos “duros” y la decoración interior contribuyen sorprendentemente poco a la misma. Cuando se trata de materiales acústicos, es importante tener en cuenta que su área física (real) no es necesariamente igual a su área de absorción. Esta última depende de la “calidad acústica” de los materiales, medida a través de la clase de absorción de los productos acústicos, que se clasifican de la clase A a la E. Cuanto mejor sea la calidad del material acústico, más contribuirá al área de absorción y se necesitarán menos metros cuadrados físicos de material fonoabsorbente (consulte la página 72-76)

### CÁLCULO DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN (LEY DE SABINE)

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

V = Volumen

A = Área de absorción

(ver ejemplo de cálculo en página 82)



# DISEÑO ACÚSTICO DE ESPACIOS

## Estrategia en 4-pasos

**Desafortunadamente, en muchos casos, el cumplimiento de los requisitos normativos no garantiza un buen entorno sonoro. Por lo tanto, siempre se recomienda adoptar un enfoque holístico. Es necesario considerar todos los elementos que afectan el entorno sonoro en un orden de prioridad. El diseño acústico de recintos podría verse como una pirámide, dividida en cuatro niveles. El nivel inferior de la pirámide es el más importante y básico. Cada nivel por encima se vuelve menos importante y más ineficiente, si los niveles anteriores no se han resuelto.**

### 1: MATERIALES Y GEOMETRÍA

Este es el nivel más importante y fundamental dentro del diseño acústico de salas. En primer lugar, se debe considerar qué soluciones acústicas deben usarse en el espacio. Aquí, es importante tener en cuenta que no todos los materiales acústicos son de la misma "calidad". Consulte la página 61 para obtener más información sobre el área de absorción, y la página 63 para saber más sobre la influencia de la geometría de la habitación.

### 2: DISEÑO FUNCIONAL, DECORACIÓN Y USO

Es importante diseñar los espacios de una manera funcional, desde una perspectiva acústica. Las fuentes de ruido deben, en la medida de lo posible, aislarse de las actividades sensibles al ruido. En relación con el diseño en planta, deben ubicarse las actividades organizadas de más silenciosas a más ruidosas. Los muebles y materiales acústicos se pueden utilizar para crear, de forma más efectiva, áreas con privacidad acústica.

### 3: PERSONAS Y COMPORTAMIENTO

Cuando un espacio y su decoración se han optimizado acústicamente, es entonces cuando puede considerarse el diseño desde la perspectiva humana.

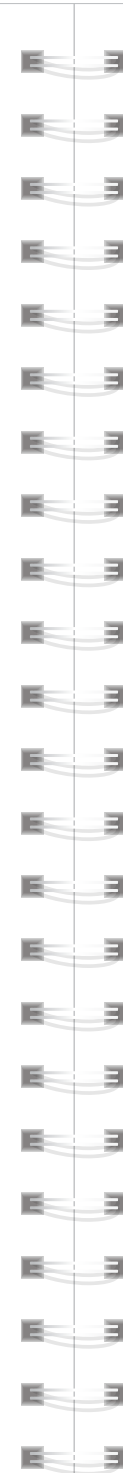
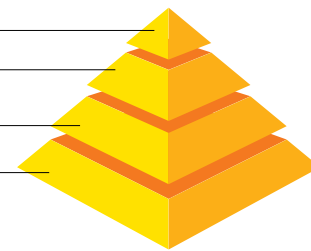
El comportamiento de las personas presentes en una habitación puede tener un gran efecto en el nivel de ruido del espacio; y podría incluso requerir un cambio en la "cultura acústica" en muchos aspectos. Para más información sobre personas y psicoacústica, consulte la página 66.

### 4: ACTUACIONES TECNOLÓGICAS Y SONORAS

Si los tres niveles anteriores están completamente optimizados, o si desea tener un entorno de sonido único y diferente, podría considerar agregar elementos tecnológicos relacionados con el sonido: paisajismo sonoro y señalización, enmascaramiento de sonido...

### DISEÑO ACÚSTICO DE ESPACIOS | 4 NIVELES

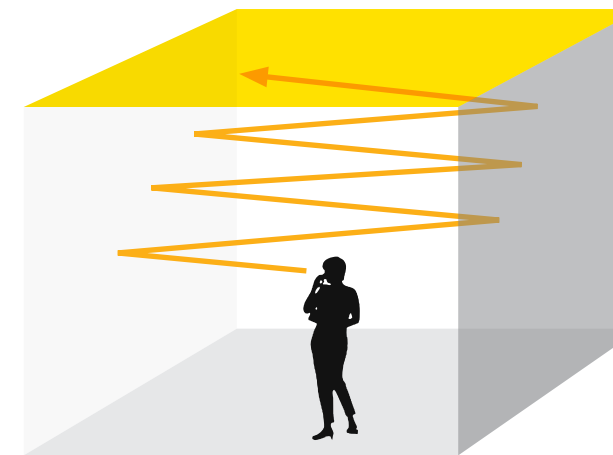
- 4 Actuaciones tecnológicas y sonoras
- 3 Personas y comportamiento
- 2 Diseño funcional, decoración y uso
- 1 Materiales y geometría



## Geometría y reflexiones

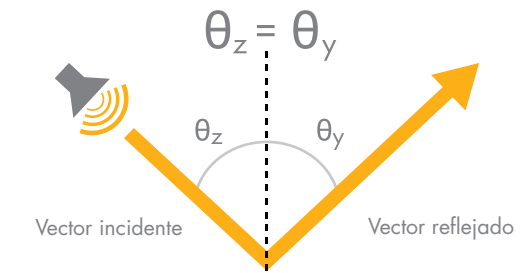
Para poder visualizar las reflexiones del sonido en un espacio a la hora de diseñar acústicamente, podríamos imaginarnos las ondas sonoras como vectores. Así, el ángulo de incidencia de una onda incidente es igual al ángulo de reflexión, tal y como se ilustra en los diagramas de esta página. Se puede ver fácilmente cómo teniendo en cuenta este fenómeno se pueden inclinar superficies o colocar absorbentes de forma estratégica para reducir las reflexiones de pared a pared, y por tanto la contaminación acústica. En general (simplificando), cuanto más se "des-regularice" el diseño, más favorable será desde el punto de vista acústico. Nótese que esta es una simplificación operativa válida para abordar el diseño conceptualmente, ya que el sonido son ondas cuya propagación es mucho más compleja que la dinámica vectorial básica mostrada aquí.

### REFLEXIONES PARED-A-PARED | TECHOS ACÚSTICOS

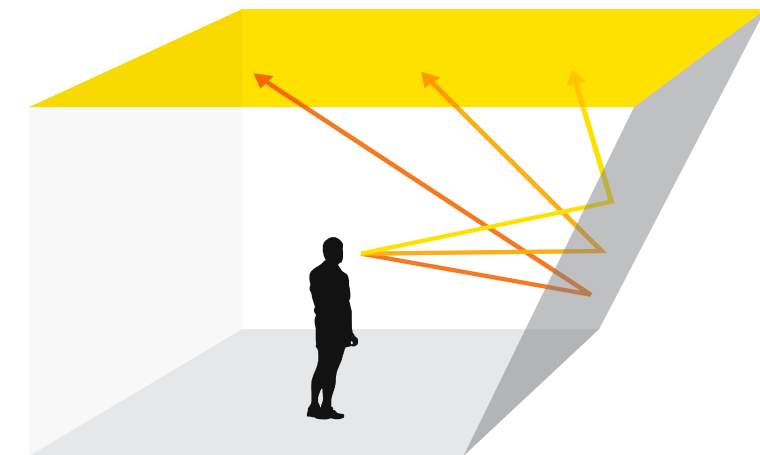


PRIMERA PÁGINA | [HAGA CLIC AQUÍ](#)

## REFLEXIÓN DE LAS ONDAS SONORAS



### INCLINACIÓN DE PAREDES | TECHOS ACÚSTICOS



PÁGINA 63 | ECOPHON | GUÍA ACÚSTICA





# OPTIMIZACIÓN DE LA ACÚSTICA DE RECINTOS

## Parámetros acústicos

**La acústica de recintos tiene muchos más matices de los que se pueden cubrir en requisitos y normas. Si, por ejemplo, desea crear un buen entorno sonoro en un espacio de oficinas abiertas, a menudo es mejor considerar varios parámetros y no solo el área de absorción. Los 4 parámetros técnicos fundamentales que se deberían tener en cuenta son: reverberación, inteligibilidad del habla, fuerza sonora y propagación del sonido. Combinados, estos parámetros describen el confort acústico de una sala.**

En muchas circunstancias, es ventajoso asegurar la calidad de un diseño acústico mediante múltiples parámetros objetivos. Al especificar diversos parámetros acústicos desde la fase de concepción, se podrá asegurar que cualquier proyecto pueda cumplir su propósito desde el primer día que se pone en funcionamiento.

### REVERBERACIÓN (ISO 3382-1 & 2)

La reverberación es el parámetro acústico más básico e indica el tiempo que tarda en desaparecer un sonido de la sala; es decir, indica el tiempo durante el cual las ondas sonoras se reflejan entre las superficies de un espacio cerrado. Las iglesias, por ejemplo, suelen tener una reverberación relativamente larga. El tiempo de reverberación se especifica para varias bandas de frecuencia. Depende del tamaño, tipos de revestimientos, objetos presentes en la habitación... (ver página 61).

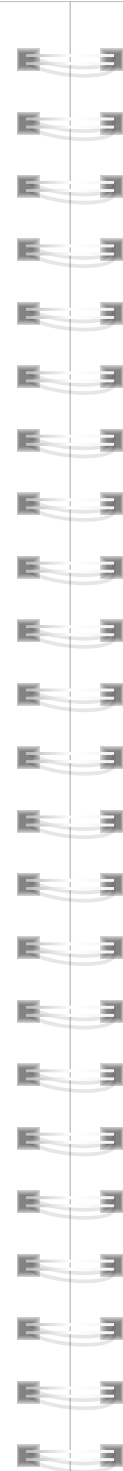
### CLARIDAD DEL HABLA (ISO 3382-1 & EIC 60268-16)

La claridad del habla caracteriza la "nitidez" con la que se percibe el discurso. En una habitación con tiempos de reverberación prolongados y ruidos de fondo molestos, puede resultar difícil entender lo que se quiere decir.

Las ondas sonoras que viajan directamente desde la fuente al receptor se denominan sonido directo. Le siguen las primeras reflexiones de las superficies más cercanas. Las primeras reflexiones que llegan al oyente dentro de los primeros 50 milisegundos se perciben (debido a cómo está "cableado" nuestro sistema auditivo) integradas con el sonido directo y, por tanto, tienen un efecto positivo en la inteligibilidad del habla. Las reflexiones que llegan después son disruptivas y degradan la inteligibilidad.

La claridad del habla (*speech clarity* del inglés o  $C_{50}$ ) es un parámetro que cuantifica la diferencia (relación) entre la energía sonora que llega al receptor en forma de reflexiones tempranas y tardías. Se expresa en dB, donde un valor negativo indica poca inteligibilidad, y valores positivos una claridad aceptable. Valores superiores a 5 dB implican una excelente claridad.

Otra medida de la inteligibilidad es el índice de transmisión de voz o STI (*speech transmission index*). Cuantifica el porcentaje de habla comprensible. STI = 1 corresponde al 100% de comprensión, STI = 0.75 corresponde al 75%, etc.



### FUERZA SONORA (ISO 3382-1)

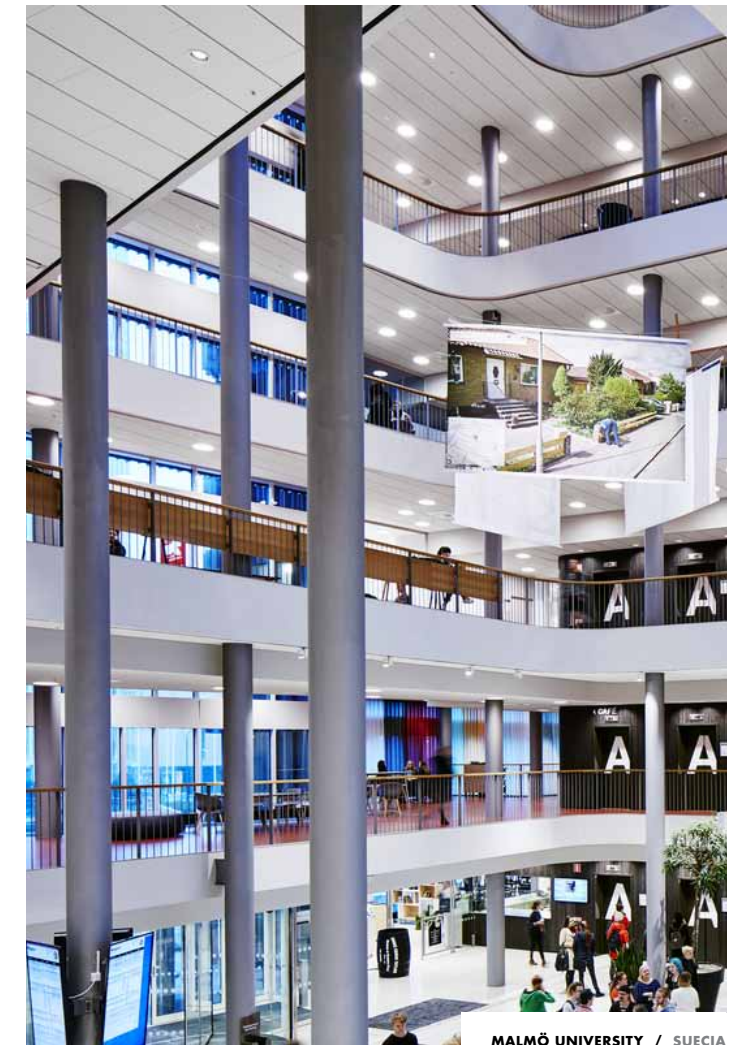
La fuerza sonora (denotada con la letra G y cuya unidad es el dB) es una medida que indica cuánto contribuye la acústica de una habitación a los niveles de ruido generales. Cuantifica la diferencia en los niveles de ruido entre una habitación determinada y una cámara anecoica (ver página 75) medida en las mismas condiciones (misma fuente, posición de micro...). Por lo tanto, representa cuánto más altos serán los niveles de sonido en una habitación debido a las reflexiones en sus paramentos. Se podría definir como la "amplificación natural" de un espacio debido a su morfología, materiales, volumen...

Es importante considerar la fuerza sonora en recintos donde se lleven a cabo actividades particularmente ruidosas, ya que un valor de G alto podría implicar que el nivel de ruido en la sala aumentase fácilmente. Del mismo modo, es especialmente importante considerar la fuerza sonora en espacios pequeños con un tiempo de reverberación bajo. Una habitación puede tener un tiempo de reverberación corto y aún así contribuir significativamente a los niveles de ruido, por lo que no se tratará adecuadamente si solo se sigue la regulación basada en el tiempo de reverberación.

### PROPAGACIÓN DEL SONIDO (ISO 3382-3)

En espacios diáfanos u oblongos, como pasillos o entornos abiertos, los requisitos de tiempo de reverberación o absorción a menudo no son suficientes para garantizar un buen entorno sonoro. Un parámetro mucho más relevante es la propagación del sonido o  $D_{2,S}$ , que determina cuánto decaen los niveles de sonido (en dB) cuando se duplica la distancia a la fuente.

La forma más eficaz de reducir la propagación del sonido es mediante pantallas conformadas con materiales acústicos como paneles independientes.





**Desde truenos hasta niños llorando: las ondas sonoras tienen una gran variedad de efectos físicos, fisiológicos y psicológicos en las personas. Estos efectos, más que la onda sonora en sí, afectan el confort acústico. En el diseño acústico de recintos, a menudo no es suficiente medir cómo lograr los mejores parámetros técnicos posibles. Además de esto, siempre se debe tener en cuenta el uso y los usuarios de un espacio determinado para garantizar una acústica satisfactoria, ya sea para el trabajo, el aprendizaje o la curación. Se recomienda un Diseño Acústico Basado en la Actividad™.**

El “tema” del ruido no es nada nuevo. Ya en la época de los sumerios (3500-1750 a.C.), se contaban historias sobre el dios Enlil, que se molestó tanto con el ruido de una ciudad superpoblada que la inundó para que cesase. Afortunadamente, hoy tenemos otras formas de combatir el ruido. Sin embargo, este sigue siendo uno de los principales motivos de insatisfacción, estrés y pérdida de productividad.

#### CONFORT ACÚSTICO EN LA OFICINA

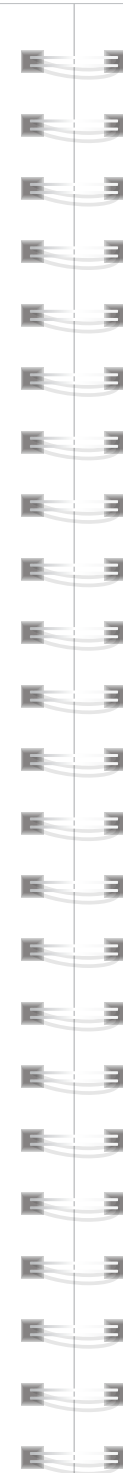
El impacto psicológico del ruido se percibe con mayor frecuencia en espacios donde las personas permanecen más tiempo, como oficinas, que se utilizarán como ejemplo para esta introducción a la psicoacústica. El ruido causa irritación, aumenta los niveles de estrés y reduce el rendimiento. Para los empleados que trabajan con tareas cognitivamente “desafiantes”, el ruido es particularmente perturbador y frustrante. Hay evidencia de que el estrés causado por el ruido afecta al rendimiento incluso después de que haya cesado la exposición.

Anteriormente, los esfuerzos por controlar el ruido en los edificios solo se centraban en soluciones físicas, como techos acústicos y barreras verticales.

Sin embargo, los requisitos para los lugares de trabajo del siglo XXI, especialmente en lo que respecta a los entornos de oficina abiertos, requieren un enfoque más holístico que incluya soluciones psicológicas, fisiológicas y físicas.

#### ACÚSTICA, ESTRÉS Y BIENESTAR

Paige Hodsman de Saint-Gobain Ecophon y el Dr. Nigel Oseland de Workplace Unlimited publicaron una revisión exhaustiva de la literatura científica sobre acústica en lugares de trabajo. Se evaluaron más de 100 informes de investigación desde la década de 1950 hasta hoy con el objetivo de compilar una descripción general para que los acústicos, arquitectos, diseñadores de interiores y promotores inmobiliarios trabajen junto con gerentes y empleados con el fin de proporcionar entornos de trabajo más saludables, felices y productivos para todos. Su análisis y recomendaciones se han publicado en el informe *Planning for Psychoacoustics: A Psychological Approach to Resolving Office Noise Distraction*. El informe presenta los aspectos teóricos del ruido, la acústica y la psicoacústica, y analiza cómo se puede utilizar este conocimiento para crear entornos de trabajo centrados en el ser humano.



#### LOS CUATRO FACTORES CLAVE “NO FÍSICOS”

La publicación citada anteriormente identifica cuatro factores no físicos importantes que afectan la estimulación y la percepción del ruido y, por lo tanto, el rendimiento:

##### 1. NATURALEZA DEL TRABAJO

Las personas y los equipos suelen realizar una serie de actividades laborales a lo largo del día, pero generalmente solo tienen un entorno de trabajo. De acuerdo con los principios sobre entornos de trabajo basados en la actividad (flexibles), se podrían proporcionar una serie de marcos diseñados a medida para satisfacer diversas necesidades.

##### Aspectos a considerar:

- Naturaleza del trabajo
- Complejidad de las tareas
- ¿Se requiere realización de tareas simultáneas?
- ¿Requieren “silencio” las tareas llevadas a cabo?

##### 2. CONTEXTO DEL RUIDO

La percepción del sonido está influenciada por la relación con la fuente de ruido. En general, tendemos a sentirnos menos perturbados por fuentes de ruido que “comprendemos” y con las que nos sentimos cómodos. Pueden ser conversaciones que sean relevantes para el grupo de trabajo o conversaciones entre colegas cercanos.

##### Aspectos a considerar:

- Actitud de los empleados que crean el ruido
- ¿Se considera el ruido necesario?

##### 3. CONTROL Y PREDICTIBILIDAD

Es fundamental para el bienestar de los empleados que tengan la sensación de poder controlar su entorno sonoro.

En muchos casos, no se recomienda dejar “la lucha” contra el ruido únicamente en manos de los empleados; especialmente en entornos

de oficinas abiertas. Las personas más sensibles al ruido a menudo también tienden a evitar los enfrentamientos. Por lo tanto, se recomienda una “política acústica corporativa”. Esta puede contener desde descripciones de conductas hasta recomendaciones de uso mediante señales visuales, como pequeñas banderas de “estoy ocupado” en el escritorio, o el uso de auriculares.

##### Aspectos a considerar:

- ¿Las fuentes de ruido son esporádicas o continuas?
- ¿El ruido es predecible?
- ¿Las personas expuestas al ruido tienen control sobre el mismo o pueden evitarlo o reducirlo?

##### 4. PERSONALIDAD Y TEMPERAMENTO

Existe evidencia científica de que los equipos más productivos tienen una rica mezcla de tipos de personalidad. No obstante, la mayoría de los espacios de trabajo son más adecuados para las personas extrovertidas debido a la prevalencia de espacios abiertos de oficinas. El “perfil psicológico” se utiliza a menudo para determinar si una persona tiene la personalidad y la actitud adecuadas para unirse a una organización o equipo, pero también se podría utilizar para agrupar y ubicar a las personas que prefieren y funcionan mejor en determinados entornos acústicos. Crear espacios adecuados para diferentes tipos de personalidad y permitir que los empleados elijan dónde quieren trabajar es una estrategia que ha probado ser efectiva.

##### Aspectos a considerar:

- ¿Quiénes son los más sensibles al ruido?
- ¿Quién busca estímulo? ¿Quién busca aislamiento/soledad?
- ¿Cuál es el efecto en el espacio al cambiar el estado de ánimo?



5

## CONTROL DE CALIDAD

### Cálculos acústicos, simulaciones y medidas

#### CONTROL DE CALIDAD

A pesar de que el CTE DB-HR ha establecido valores límite para determinados usos, lamentablemente a menudo el espacio acabado no cumple estos requisitos marcados. Es mucho más caro y difícil realizar una renovación acústica en un edificio a posteriori, que garantizar un buen entorno acústico desde el principio del proyecto. Por lo tanto, es una buena idea familiarizarse con cómo se puede garantizar la calidad acústica de su proyecto.

#### CÁLCULOS Y SIMULACIONES

La predicción del tiempo de reverberación se realiza a menudo mediante el método de cálculo estandarizado UNE-EN ISO 12354-6:2018, también conocido como cálculo de Sabine. Este método de cálculo es relativamente simple y pedagógico, pero lamentablemente algo impreciso. La ley de Sabine se puede usar para calcular el área de absorción equivalente en casos en los que el área de absorción se distribuye uniformemente en la habitación y cuando los muebles (que dispersan sonido) también se incluyen en el cálculo (es decir, en presencia de un campo difuso) – ver ejemplo en la página 82. Debido a que esto no es lo habitual (ya que por ejemplo, en espacios ordinarios, la absorción se suele concentrar normalmente en el techo), se recomienda utilizar simulaciones 3D a través de un software acústico avanzado para asegurarse así que el edificio cumplirá con los requisitos proyectados para el tiempo de reverberación en un estado con mobiliario. Además de esto, Ecophon también proporciona una calculadora acústica avanzada de forma gratuita en nuestra web: <https://bit.ly/3irF0BF>

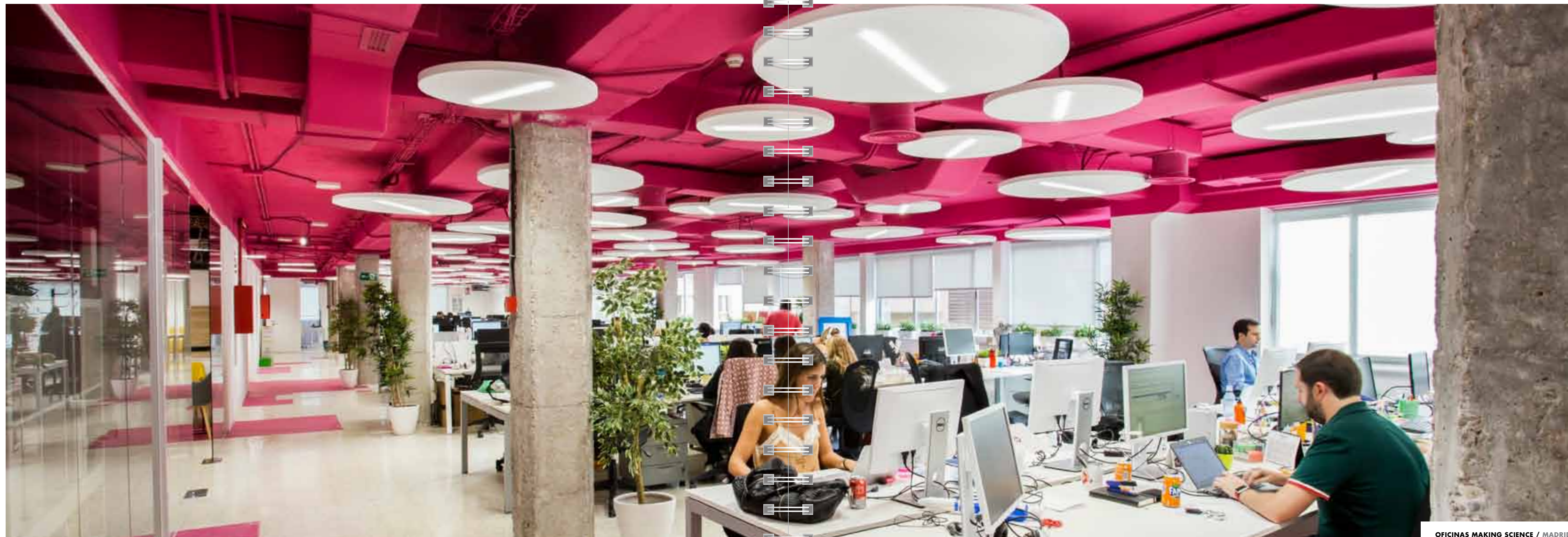


#### MEDIDAS DE CONTROL

Las mediciones de control son una forma de garantizar la calidad del entorno acústico de un proyecto tras su ejecución. Las medidas de control incentivan la diligencia y pueden identificar cualquier problema imprevisto. Las mediciones deben realizarse de acuerdo con la serie normativa UNE-EN ISO 3382. Además, es recomendable que se realicen en al menos un espacio seleccionado al azar de cada tipología de estancia incluida en el proyecto, de modo que se midan todos los tipos de espacios. Siempre se debe enfatizar que las mediciones no deben realizarse en *showrooms* o *mockups*.



DISEÑO BIOFÍLICO / OFICINAS CENTRALES DE GOOGLE, DUBLIN, IRLANDA



OFICINAS MAKING SCIENCE / MADRID

# GLOSARIO ACÚSTICO

## ABSORBENTE

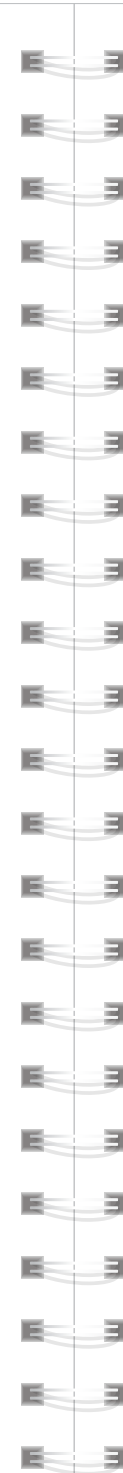
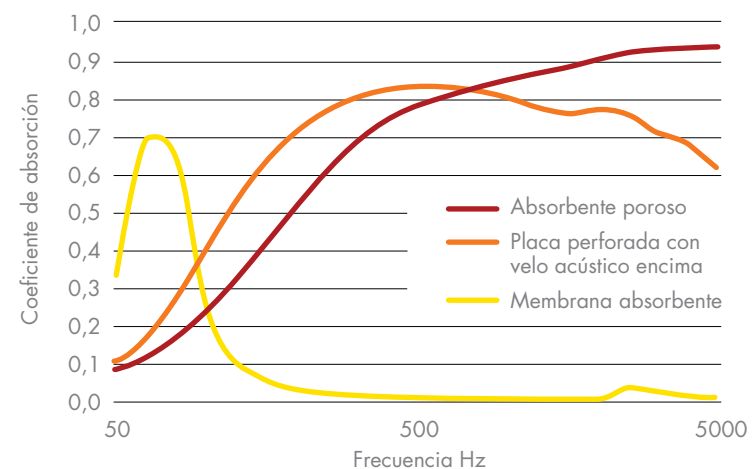
Material que tiene algún tipo de capacidad para convertir la energía del sonido incidente en energía calorífica (residual); es decir, de “retener” parte de la energía sonora que impacta sobre él en su interior y no devolverla a la sala. Podemos distinguir, a grandes rasgos:

- **Absorbentes porosos:** compuestos por un esqueleto sólido de celda abierta (por ejemplo, lana de vidrio) rodeado de aire, por donde el sonido puede viajar de un extremo al otro. Cuando el sonido incide en un absorbente poroso, penetra en él debido a las pequeñas dimensiones de los poros. Las pérdidas, es decir, la absorción, se producen debido a la conducción térmica y la fricción viscosa. Son absorbentes muy eficaces, especialmente en frecuencias medias y altas; en bajas frecuencias, el grosor del material y/o la profundidad total del sistema debe aumentarse para ganar absorción y compensar las longitudes de onda más altas. Su absorción depende del espesor, las condiciones de montaje, la porosidad, la densidad y la resistividad del flujo de aire. Estos son los absorbentes más versátiles y más utilizados para espacios ordinarios.
- **Membranas absorbentes:** consisten en un panel flexible y no poroso colocado a una cierta distancia del tabique o piso. Al utilizar las propiedades resonantes de la membrana, pueden absorber el sonido en un rango de frecuencia estrecho cuando la energía del sonido se disipa por medio de la vibración de la placa. Su absorción depende de la masa por unidad de superficie de la membrana, la distancia entre apoyos de la misma, y la distancia entre la membrana y la superficie rígida.
- **Resonadores:** también conocidos como resonadores de Helmholtz. Compuestos por un volumen de aire (comportándose como un resorte) contenido en una cavidad con al menos una abertura conectada a la habitación a través de un cuello (cuyo aire se comporta como una masa). Estos dos elementos (resorte-masa) dan lugar a un sistema resonante, que presentará un pico de absorción a esa frecuencia de resonancia particular. Su principio es el mismo que el de una botella de vidrio cuando se sopla aire en ella (es decir,

la frecuencia de “absorción efectiva” es la que se puede escuchar cuando se sopla aire en la botella. Los absorbentes de lamas también comparten el mismo mecanismo de absorción. Su frecuencia óptima de absorción depende del área del cuello/perforación, la longitud del mismo, y del volumen de la cavidad. El rango de absorción es estrecho fuera de esta frecuencia de resonancia.

- **Resonadores múltiples/placas perforadas:** Consiste en una placa plana delgada con pequeños agujeros perforados en ella. Su principio de absorción es similar al de los resonadores descritos anteriormente. Sin embargo, a menudo se instala un velo acústico poroso en la parte superior de la placa para ampliar el ancho de banda de absorción. La absorción depende del diámetro y porcentaje de perforaciones, las condiciones de montaje y la calidad del velo acústico.

En la siguiente gráfica se puede ver de forma esquemática el comportamiento de cada tipo de absorbente. Nótese que los absorbentes porosos son los más versátiles debido a que absorben en un amplio ancho de banda de frecuencias



## ABSORCIÓN SONORA

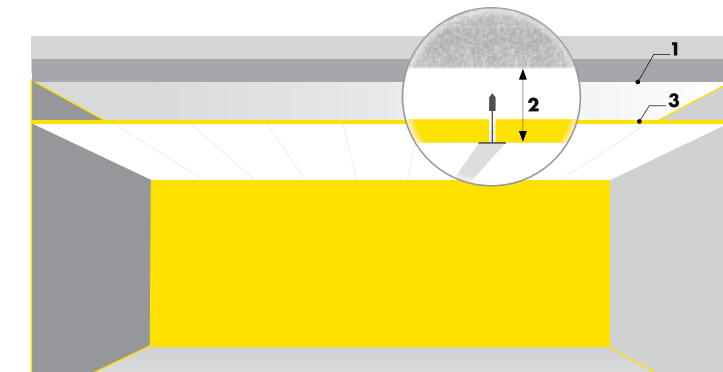
La fonoabsorción se produce cuando la energía sonora se convierte en energía cinética o térmica, debido a la fricción en la microestructura del material. La capacidad de absorción acústica de un material se cuantifica según la norma ISO 11654 mediante el coeficiente de absorción acústica indicado por la letra griega  $\alpha$  (alfa). El coeficiente de absorción representa el porcentaje de energía acústica incidente que se absorbe al impactar en la superficie de un paramento. Varía entre 0 (material totalmente reflectante) y 1 (material 100% absorbente). Es decir, que un material (solución constructiva) tenga un coeficiente de absorción  $\alpha=0.75$ , significa que el 75% de la energía sonora que incide sobre el material será absorbida a esa frecuencia específica.

Dado que las capacidades de absorción acústica de los materiales varían según la frecuencia, los coeficientes se presentan normalmente en 8 bandas de frecuencia de 125 Hz a 4000 kHz. Estos se denominan coeficientes de absorción prácticos ( $\alpha_p$ ), donde p es un subíndice que indica una determinada banda de frecuencia. Es decir, si un material dado tiene un coeficiente de absorción de  $\alpha_{125}=0.25$ , este indica que este material absorbe un promedio del 25% de la energía incidente en la banda de frecuencia de 125 Hz.

Para facilitar la comunicación entre profesionales, los rendimientos de absorción de los materiales también se pueden simplificar, de acuerdo con la norma ISO 11654, en un valor único promedio ponderado denotado  $\alpha_w$ . Este valor ponderado nos permite definir diferentes clases de absorción acústica (consultar definición de “clases de absorción”).

Dado que los coeficientes de absorción dependen en gran medida del método de instalación, estos valores del coeficiente de absorción ponderado siempre deben ir acompañados de una profundidad general especificada del sistema indicada como p.g.s./g.t.s u o.d.s. (ver definición correspondiente), para poder comparar diferentes soluciones acústicas en igualdad de condiciones.

PRIMERA PÁGINA | [HAGA CLIC AQUÍ](#)

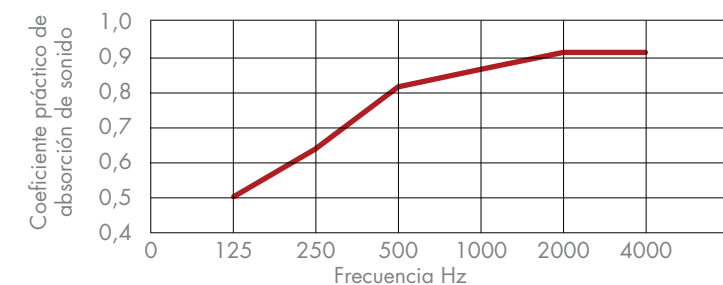


1. Losa/forjado
2. Profundidad general del sistema (p.g.s./g.t.s./o.d.s.)
3. Material fonoabsorbente

## ACÚSTICA

Acústica es el término para la rama de la ciencia (física) que estudia el sonido en todos sus ámbitos (generación, propagación, control, cómo se experimenta...). La palabra acústica tiene su origen en la palabra griega *akoustikos* (“sobre” el oído”) y *akouo* (“oír”).

Espectro de absorción de sonido de la solución Ecophon Combison dB42. Resultados de ensayo según EN ISO 354. Clasificación según EN ISO 11654.  $\alpha_w=0.95$  (con ods de 200 mm).”



**AISLAMIENTO**

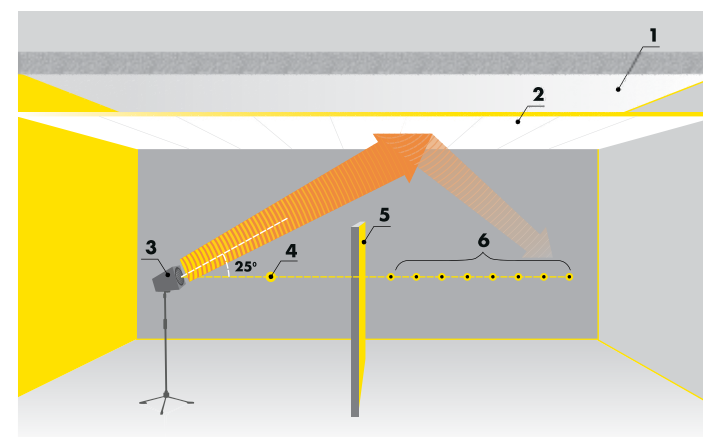
Capacidad de una construcción o elemento constructivo para evitar que la energía sonora se transmita o penetre de un espacio a otro. El aislamiento acústico de un cierto elemento constructivo puede ensayarse de dos formas, correspondientes a dos tipos de transmisión: ruido aéreo (por ejemplo, cuando la gente habla y se escucha en la habitación adyacente) o ruido de impacto (cuando por ejemplo una persona camina en el piso superior). En el CTE, los resultados se expresan a diferentes frecuencias, generalmente entre 50 Hz (o 100 Hz según el país) y 5000 Hz.

- El aislamiento acústico aéreo se expresa, en decibelios, como un valor único ponderado  $R_A$  (medición en laboratorio) o  $D_{nTA}$  (in-situ). Estos valores son mejores cuando mayores sean (ya que denotan un índice de reducción de ruido). A modo de ejemplo, el CTE exige a los paramentos un  $R_A$  superior a 33 dBA entre recintos de la misma unidad de uso, y un  $D_{nTA}$  del conjunto mayor a 50 dBA entre un recinto protegido y otra unidad de uso.
- El aislamiento acústico de impacto se expresa, en decibelios, como un valor único  $L_{nT,w}$  o  $L'_{nT,w}$ , según sea en el laboratorio o in-situ, respectivamente. El aislamiento a ruido de impacto será mejor cuanto menor sea el valor de sus índices (ya que indican un nivel de ruido, no una reducción como en el caso del ruido aéreo). A modo de ejemplo, el CTE exige a los paramentos un  $L'_{nT,w}$  inferior a 65 dBA entre un recinto protegido y otra unidad de uso.

Los índices expuestos anteriormente pueden variar según el país. Para falsos techos, se suele proporcionar en las hojas de características de producto, la atenuación lateral (aislamiento a través del plenum), que se expresa mediante el índice ponderado  $D_{n,f,w}$  en decibelios. Ecophon recomienda valores de la atenuación lateral superiores a 40 dB, especialmente en casos de espacios donde se requiera privacidad y las particiones verticales no lleguen de techo a losa superior. Este parámetro se mide según la norma ISO 10848-2.

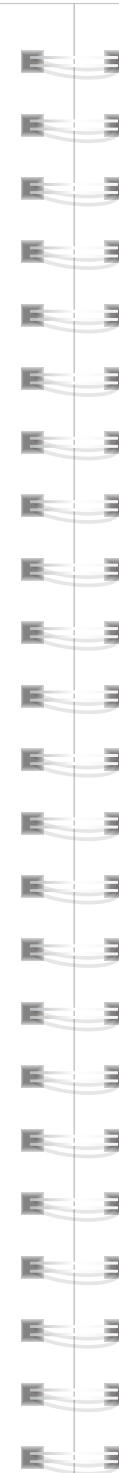
**ATENUACIÓN INTERZONAL (INTERZONE ATTENUATION)**

La medición de la atenuación interzonal (según la ASTM E111M-14, donde también se determina la "Clase de articulación") describe las características "fonorefectantes" de los sistemas de techo cuando se utilizan junto con mamparas verticales. Esta solución se utiliza normalmente en oficinas para lograr la privacidad del habla entre puestos de trabajo.



1. Plenum
2. Techo ensayado
3. Fuente sonora
4. Posición referencia (fuente)
5. Mampara
6. Puntos de micrófono

La configuración de medición para la atenuación entre zonas se realiza mediante un montaje estandarizado con una mampara divisoria de 1.5 m. de altura y define los lugares para la fuente (altavoz) y los receptores (micrófonos). La atenuación entre zonas se calcula realizando una substracción de presiones sonoras entre la fuente y el receptor para cada 3 bandas de octava en el área de frecuencia de 200 a 5000 Hz y en cada distancia. De este procedimiento de medidas se obtiene el índice Clase de Articulación - ver definición correspondiente en el glosario.

**BAFLES**

Unidad fonoabsorbente suspendida verticalmente.

**CÁMARA ANECOICA**

Espacio especializado diseñado para minimizar las reflexiones de sonido y los niveles de ruido de fondo en todas sus superficies (paredes, techo y suelo). Para ello, todos sus paramentos están revestidos con material altamente fonoabsorbente en todo el rango de frecuencias (normalmente los revestimientos poseen una absorción superior al 95% de 200 Hz a 20 kHz). A su vez, la carcasa exterior de la habitación tiene niveles de aislamiento muy elevados, de tal forma que no existe influencia sonora externa. La combinación de estos dos factores implica que la sala emule las condiciones acústicas que se darían en un teórico campo libre, ajeno a cualquier tipo de efecto o influencia de la habitación fruto de dichas reflexiones. Este tipo de salas se construyen para hacer ensayos y experimentos acústicos especiales (test de escucha, directividad de fuentes sonoras, etc.). Los requisitos que debe cumplir una cámara anecoica están expuestos en las normas ISO 3744 y 3745.

**CEILING ATTENUATION CLASS**

(CAC) – CLASE DE ATENUACIÓN DEL TECHO

Descriptor ponderado para el aislamiento acústico entre dos habitaciones de un falso techo medido en laboratorio de acuerdo con la norma americana ASTM E 1414. Esta medición solo se refiere a la transmisión del sonido a través del techo/plenum. Es el equivalente americano al  $D_{n,f,w}$  descrito en la definición de Aislamiento.

**CLASES DE ABSORCIÓN**

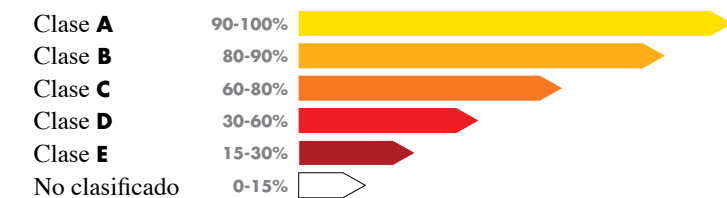
Clasificación de materiales en categorías o clases de absorción (de la A a la E), según la norma internacional EN ISO 11654. Mediante la conversión del coeficiente de absorción ponderado  $\alpha_w$  en una escala de letras fácilmente comprensible, se facilita la comunicación entre profesionales. Clase A representa excelentes cualidades fonoabsorbentes (por ejemplo, una lana de vidrio) mientras que Clase E representa cualidades de absorción insignificantes (por ejemplo,

hormigón visto o escayola). Cuanto más alta sea la clase de absorción, mejor aprovechamiento del material con el que revestimos un paramento tendremos. El rango de frecuencias analizado es 250-4000 Hz (ver gráfico).

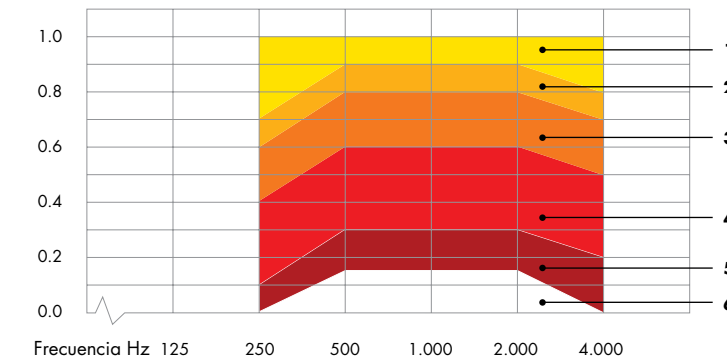
No obstante, aunque la absorción de una solución acústica depende de la frecuencia (por un tema de espesor – simplificando, a mayor espesor y/o descuelgue de un falso techo mejor se absorberán fre-

**CANTIDAD DE ENERGÍA SONORA ABSORBIDA**

Valores indicativos según ISO 11654 entre 500-2000Hz



$\alpha_P$  Práctico



- |            |                   |
|------------|-------------------|
| 1. Clase A | 4. Clase D        |
| 2. Clase B | 5. Clase E        |
| 3. Clase C | 6. No clasificado |

## GLOSARIO ACÚSTICO

cuencias bajas debido a su mayor longitud de onda) habitualmente se usa un coeficiente de absorción ponderado  $\alpha_w$ . El objetivo de este es determinar, mediante un solo índice, el “rendimiento global de absorción”. Así, si revestimos un forjado de 10 m<sup>2</sup> con un falso techo Clase A con  $\alpha_w=0.95$ , el área de absorción efectiva será  $A=0.95 \cdot 10=9.5\text{m}^2$ , mientras que si el falso techo es Clase C (por ejemplo  $\alpha_w=0.60$ ), el área de absorción efectiva serían 6 m<sup>2</sup>. Por lo tanto, el tiempo de reverberación (y otros parámetros acústicos) serían peores instalando un material Clase C que usando un material Clase A. Otros índices de absorción ponderados, además del  $\alpha_w$  son el NRC, SAA o  $\alpha_m$  (ver definiciones en el glosario).

### CLASE DE ARTICULACIÓN (AC)

Clasificación de un falso techo según su capacidad para contribuir a la privacidad acústica entre espacios de trabajo. Cuanto más alta sea la AC mejor será la privacidad en una oficina abierta. Esto es debido a que se incrementa el radio de la “esfera de confidencialidad”, fundamental en tareas que requieran concentración. La AC se calcula en función de la capacidad del techo para absorber sonido entre espacios de acuerdo con la norma americana ASTM E-1110 (mediante la medida del parámetro de atenuación interzonal midiendo la acción colaborativa entre el techo y una mampara vertical). Los valores de la AC se pueden utilizar como una herramienta para clasificar y comparar sistemas de techos acústicos. Esto es especialmente útil para espacios abiertos/diáfanos. Se recomienda utilizar un falso techo con una clase de articulación de mínimo 180 para así lograr un nivel aceptable de privacidad en las comunicaciones.

### COEFICIENTE DE ABSORCIÓN MEDIO ( $\alpha_m$ )

Indicador de la absorción acústica de una solución fonoabsorbente o material, obtenido como la media aritmética de las 3 octavas de frecuencia: 500, 1000 y 2000 Hz. Es el coeficiente usado para el cálculo según el CTE, aunque este también recomienda, que en desconocimiento del  $\alpha_m$  se use el  $\alpha_w$  (ver definición de “absorción sonora” y “clase de absorción”).

### DIFRACCIÓN

Fenómeno mediante el cual las ondas sonoras se “doblan” o se “curvan” alrededor de obstáculos como esquinas o pantallas.

### DISTANCIA DE CONFORT

La distancia de confort corresponde a la distancia a la que el nivel de presión sonora cae a un nivel de confort aceptable predefinido.

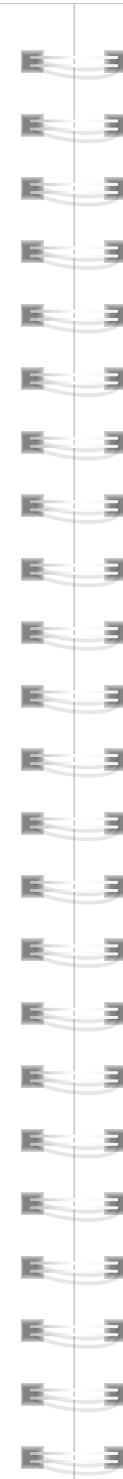
### ECO FLUTTER / ECO RASANTE

Efecto sonoro característico que se produce entre dos paredes lisas, paralelas y reflectantes en un corto período de tiempo. Esto puede causar un eco muy rápido que puede causar incomodidad y degradar la claridad del habla. El riesgo de no predecir este eco flutter en cálculos o simulaciones acústicas es alto. Se recomienda, para remediarlo, que todas las superficies paralelas del espacio en cuestión tengan un grado de absorción acústica, o bien que no sean paralelas (por ejemplo, inclinando particiones).

### ESTÁNDARES

Las normas internacionales facilitan, a través de una regulación, recomendación o definición de métodos de ensayo o cálculo, que las cosas funcionen y/o sean hechas como se pretende, a la vez que proporcionan especificaciones reconocidas mundialmente para productos, servicios y sistemas por igual. Los estándares también aseguran que las empresas operen de manera segura, eficiente y brinden un producto o servicio de alta calidad a sus clientes. En acústica, son relevantes (entre muchos otros):

- **ASTM C 423**  
Método de prueba estandarizado estadounidense con respecto a la absorción acústica y los coeficientes de absorción acústica. Título: “Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method.”
- **ASTM E-1110 - 06**  
Determinación de la clase de articulación (estandar americano). Título: “Standard Classification for Determination of Articulation Class.”



- **ASTM E-1414 / E-1414 - 16**  
Estándar estadounidense que especifica el método de ensayo para la atenuación del ruido aéreo entre habitaciones que comparten un plenum de techo compartido. Título: “Standard Test Method for Airborne Sound Attenuation Between Rooms Sharing a Common Ceiling Plenum.”
- **EN ISO 354**  
Estándar para medir la absorción acústica en cámaras reverberantes. La norma describe un método para determinar el coeficiente de absorción acústica de los materiales mediante la diferencia de la medida del tiempo de reverberación en cámara reverberante (tiempo de reverberación de la cámara con el material que se ensaya menos el tiempo de reverberación con la cámara vacía). Título: “Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante.”
- **UNE-EN ISO 717-1**  
Título: “Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo .”
- **UNE-EN ISO 10848-2**  
Título: “Medición en laboratorio y sobre el terreno de la transmisión por flancos del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido del equipo técnico de edificios entre recintos adyacentes. Parte 2: Aplicación a elementos de tipo B cuando la unión tiene una influencia pequeña.”
- **UNE-EN ISO 11654**  
Evaluación de la absorción acústica. Esta norma especifica un método para describir la absorción acústica dependiente de la frecuencia mediante un solo valor numérico ponderado. Título: “Absorbentes acústicos para su utilización en edificios. Evaluación de la absorción acústica”. Consultar la definición de “Clases de absorción”.
- **UNE-EN ISO 12354-6**  
Norma relativa a la estimación del tiempo de reverberación. Particularmente relevante para propósitos de diseño. Basado en el método de cálculo inventado por Wallace Clement Sabine. Debe

usarse con precaución ya que puede ser impreciso en muchas condiciones prácticas (ver definición de “Clases de absorción”). Título: “Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 6: Absorción sonora en espacio cerrados”.

- **UNE-EN ISO 3382-1**  
Estándar que describe el método de medida de los parámetros de acústica de salas en recintos de espectáculo y salas para comunicación, incluida la fuerza sonora G y la claridad del habla  $C_{50}$ . Describe el procedimiento, el equipo necesario, el método de evaluación de datos y la formulación del informe de prueba. Título: “Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 1: Recintos de espectáculos”.
- **UNE-EN ISO 3382-2**  
Estándar que describe el método de medida, los equipos necesarios, el método de evaluación de datos y la forma de reportar los resultados, del tiempo de reverberación para espacios ordinarios. Título: “Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: tiempo de reverberación en recintos ordinarios. Consulte la página 64.”
- **UNE-EN ISO 3382-3**  
Norma relativa a la medición de parámetros acústicos de en oficinas abiertas, centrada en la propagación del sonido. Describe el procedimiento, el equipo necesario, el método de evaluación de datos y la forma de reportar los resultados. Título: “Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 3: Oficinas diáfanos”. Consulte la página 64.
- **ISO 22955:**  
Norma recientemente publicada en mayo del 2021 donde se trata de dar solución, desde un punto de vista acústico, a la convivencia de actividades diferentes en la oficina. Integra la perspectiva cognitiva del sonido, y da recomendaciones de valores de parámetros acústicos adecuados entre diferentes tipos de espacios donde se llevan a cabo diferentes actividades Título: “Acoustics - Acoustic quality of open office spaces.” Consulte en anexo sobre esta norma en página 86.

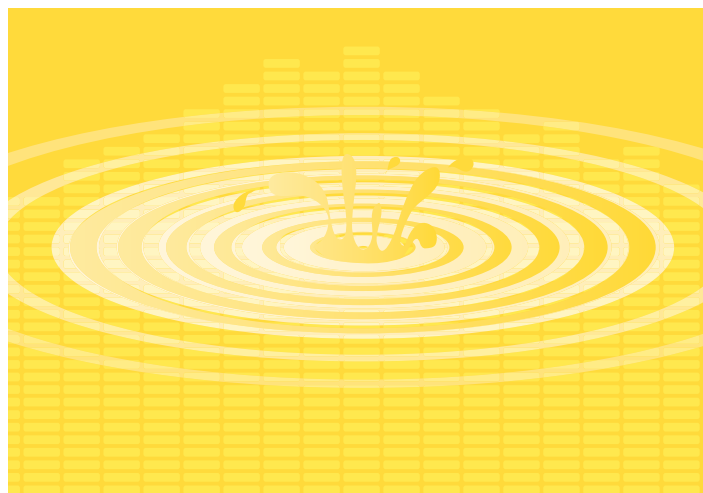
## GLOSARIO ACÚSTICO

### FÓRMULA DE SABINE

El físico Wallace Clement Sabine (1869-1919) creó en Riverbank, al oeste de Chicago, la conocida fórmula de Sabine ( $T = 0,16 * V / A$ ), que muestra la relación entre el tiempo de reverberación ( $T$  [s]), el volumen de la habitación ( $V$  [m<sup>3</sup>]) y la cantidad de absorción ( $A$  [m<sup>2</sup>]). Para más información, consulte las páginas 61 y 82.

### FRECUENCIA (Hz)

Número de ciclos por segundo, expresado en Hercios (Hz), que oscila una partícula. Cuando mayor es, más agudo o alto se escuchará el tono, y a menor frecuencia, más bajo o grave. El intervalo de frecuencia que generalmente escuchan los humanos está entre 20 y 20000 Hz.



### FUERZA SONORA (G)

Medida de la amplificación natural de un espacio. Por favor consulte la página 65.

### ISLAS ACÚSTICAS

Paneles fonoabsorbentes suspendidos horizontalmente. Normalmente, la absorción de las islas se da (como en el caso del mobiliario) en área de absorción equivalente por objeto. Es decir, el fabricante comunica el valor de  $A_{obj}$ , que es el resultado de la “multiplicación teórica” de la superficie física de la isla por su coeficiente de absorción. Esto es así debido a que las islas (debido al descuelgue) absorben sonido tanto por la parte anterior como la posterior. Lo anterior puede variar según la distancia entre piezas en la instalación in-situ; si las islas están muy juntas se calcularía como un techo pared-a-pared (ver ejemplo de cálculo en la página 82).

### MATERIAL FONOABSORBENTE

Material, elemento de construcción o solución constructiva con capacidad para absorber energía sonora y transformarla en otra forma de energía (generalmente calor, debido a la fricción interna). Los absorbentes de sonido mejoran la acústica de la habitación al reducir las reflexiones de ruido en el espacio: reducen el nivel de ruido y el tiempo de reverberación y mejoran la inteligibilidad. Ejemplos de materiales fonoabsorbentes son una isla, un baffle, un panel de techo o pared, un resonador, una membrana, etc. Consulte también la definición de “absorción sonora”.

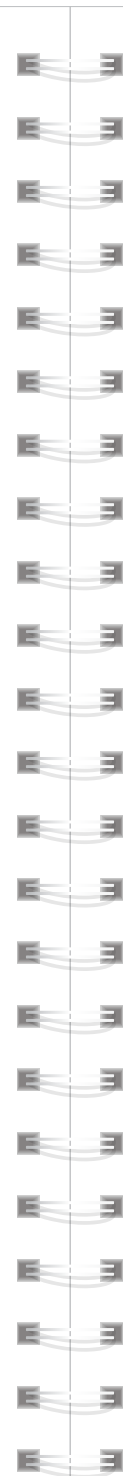
### NOISE REDUCTION COEFFICIENT (NRC)

– COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE RUIDO

Valor medio de la absorción acústica de un material medido según la norma americana ASTM C 423. Se obtiene como la media aritmética de las 4 octavas de frecuencia: 250, 500, 1000 y 2000 Hz. Es el “equivalente” americano del  $\alpha_w$  y el  $\alpha_m$ . Para más información ver la definición de “clases de absorción”.

### PANEL ACÚSTICO

Elemento de construcción plano para uso en espacios interiores y cuyo fin es absorber sonido para así mejorar la acústica del espacio. Su absorción se clasifica según lo indicado en la definición “Clase de absorción”.



### PERCEPCIÓN (DEL HABLA)

La percepción del habla depende directamente del nivel del ruido de fondo, el tiempo de reverberación y la morfología del espacio. Existen varios métodos para medir la percepción del habla. Los más comunes son  $C_{50}$ , RASTI, STI y %-ALCons, que están definidos en el glosario.

### PÉRDIDA DE ARTICULACIÓN DE CONSONANTES (%-ALCons)

Método para medir la inteligibilidad del habla de manera objetiva. %-ALCons indica el porcentaje de consonantes perdidas. Las consonantes juegan un papel más importante en la comprensión verbal que las vocales, debido al hecho de que las consonantes contienen la información del mensaje, mientras que las vocales poseen el volumen del discurso. El ruido de la reverberación “enmascara” las consonantes, por lo que las habitaciones con un tiempo de reverberación prolongado también suelen tener un valor de %-ALCons alto.

### PRESIÓN SONORA & DECIBELIO (dB & dBA)

Forma de expresar las variaciones de presión que crean las ondas sonoras en el aire. Indica el “volumen” de un sonido, y se mide en decibelios.

La escala de decibelios no es lineal, sino logarítmica. Esta unidad se utiliza para expresar un cambio de valor con respecto a una referencia, que en acústica (al calcular el nivel de presión sonora –SPL) se considera  $p_{ref} = 20 \mu Pa = 2 \cdot 10^{-5} Pa$  (correspondiente a la diferencia de presión mínima que nuestro sistema auditivo teóricamente puede detectar alrededor de 1 kHz). Esto último se hace para paliar el hecho de que nuestro sistema auditivo es capaz de percibir una amplia gama de diferencias de presión, es decir, no sería práctico trabajar con unidades de presión. Además, nuestro sistema auditivo reacciona de forma logarítmica a los sonidos (por ejemplo, una diferencia de 10 dB los humanos lo percibimos como el doble del volumen).

El nivel de presión sonora más bajo que teóricamente se puede oír es de 0 dB y se denomina umbral de audición. El nivel más alto que podemos tolerar antes de sufrir daños auditivos irreversibles (umbral

del dolor) es alrededor de 120 dB. Una conversación a 1 metro de distancia y a un volumen normal tendrá alrededor de 60 dB.

A veces, en lugar de dB, los niveles de presión sonora se expresan en unidades de dBA. Dado que el oído humano no es igualmente sensible a todas las frecuencias (es decir, siente diferentes frecuencias de manera diferente aunque el nivel teórico / “volumen” sea el mismo), las señales de sonido se filtran para imitar las propiedades del oído humano. Por lo tanto, las frecuencias bajas se ponderan favorablemente (las personas no son tan sensibles a ellas) mientras que las frecuencias de tono alto son “castigadas”.

### PRIVACIDAD

La privacidad acústica es un término que describe el grado en el que alguien puede concentrarse libremente sin ser molestado o escuchado, además de estar protegido del ruido intrusivo de personas en el mismo entorno. Esto es sobre todo relevante en entornos abiertos (por ejemplo de oficinas o edificios docentes). Un tipo más específico de privacidad acústica se relaciona con la privacidad del habla, que a menudo se aumenta mejorando parámetros como la propagación del sonido o la atenuación interzonal, o eligiendo soluciones de techo con valores de clase de articulación más altos (de más de 180).

### PROFUNDIDAD GENERAL DEL SISTEMA (p.g.s)

– GROSOR TOTAL DEL SISTEMA (g.t.s)

– también ods - *Overall Depth of System* (en inglés)

Distancia entre la solución acústica suspendida y el forjado/losa superior. Para productos de fijación directa, la p.g.s./g.t.s coincide con el espesor del producto (más el de la lámina de adhesivo). Es muy importante, a la hora de comparar soluciones acústicas de techo, asegurarse de que las medidas en laboratorio están realizadas usando las mismas condiciones: montaje, p.g.s., etc.). Generalizando (y obviando fenómenos como resonancias en la cavidad, por ejemplo), al aumentar la ods estaremos mejorando la absorción a bajas frecuencias.



## 5 GLOSARIO ACÚSTICO

### PROPAGACIÓN DE SONIDO (D<sub>2,s</sub>)

Velocidad a la que decae el nivel sonoro cuando se duplica la distancia a la fuente de sonido.

### RELACIÓN SEÑAL-RUIDO (SNR)

Del inglés, *signal to noise ratio* (SNR). Un parámetro que indica la relación entre la señal (sonido relevante – por ejemplo el habla) y ruido (parte del ruido irrelevante – ruido de fondo como ventilación). Para lograr una buena inteligibilidad del habla, se considera que una señal debe de estar al menos 15 dB por encima del nivel de ruido. Para las personas con problemas de audición, la necesidad es mayor; una diferencia de al menos 20 dB suele ser lo recomendado. Un valor bajo de la relación señal/ruido hará que la señal se oculte parcialmente; de este modo, se puede lograr también cierta privacidad (así es como funcionan los sistemas de enmascaramiento de ruido), aunque hay que tener cuidado al aplicar estas técnicas para no elevar mucho el nivel de ruido (ver página 62).

### RUIDO

Sonido no deseado. El ruido a menudo puede ser una percepción individual de un sonido específico.

### RUIDO DE FONDO

El ruido de fondo puede ser el habla, el ruido de las sillas, el silbido de la ventilación, el zumbido del tráfico, el ruido de las máquinas e instrumentos, el ruido de los pasillos, las habitaciones adyacentes y los patios de la escuela. El aumento de los niveles de ruido de fondo puede tener efectos negativos a largo plazo, como fatiga, disminución de productividad y eficiencia; o incluso patologías varias. Por lo tanto, se recomienda no intentar lograr una mejor privacidad solamente aumentando el ruido de ventilación o utilizando otros sistemas electroacústicos; las personas son muy sensibles al ruido en general.

### SOUND ABSORPTION AVERAGE (SAA)

– MEDIA DE ABSORCIÓN SONORA

Índice ponderado de absorción sonora, calculado según la norma americana ASTM C 423. SAA es la media de los coeficientes de absorción prácticos de los tercios de octava (12 en total) que van de 200 a 2500 Hz. Es un índice similar al NRC (ver definición correspondiente), con la diferencia de que la media se calcula con tercios de octava en vez de con bandas de octava (es decir, tiene más “resolución”).

### SPEECH TRANSMISSION INDEX (STI)

– ÍNDICE DE TRANSMISIÓN DEL HABLA

Parámetro objetivo que mide la inteligibilidad del habla. Consulte la página 64.

### TRANSMISIÓN SONORA

Transmisión de sonido a través de un material. Está relacionado con el nivel de aislamiento del mismo.



ESTA UNIVERSIDAD TIENE TECHO ALTO Y SUELOS DE HORMIGÓN. UTILIZANDO CÁLCULOS Y MEDIDAS, INSTALAMOS LA CANTIDAD ADECUADA DE ABSORCIÓN ACÚSTICA PARA CREAR UN AMBIENTE ACÚSTICO CÓMODO / MFA + HOGESCHOOL ZUYD LIGNE, SITTARD HOLLAND

# CÁLCULO DE ACONDICIONAMIENTO

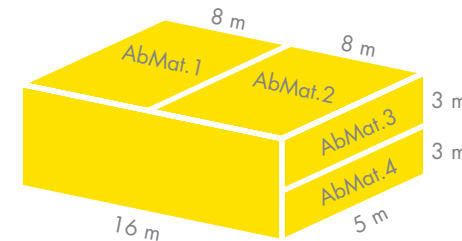
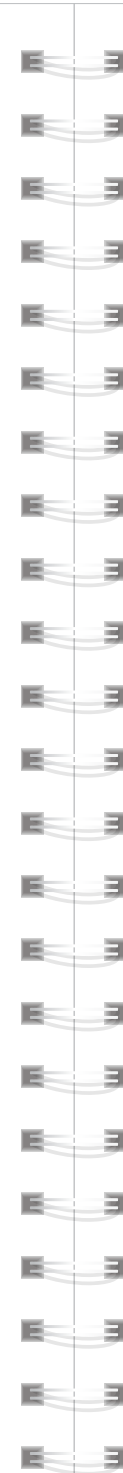
## EJEMPLO DE ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Una habitación rectangular tiene las dimensiones indicadas en la figura. El techo está cubierto de dos materiales diferentes, *AbMat.1* y *AbMat.2*, mientras que la pared trasera está revestida de dos materiales, *AbMat.3* y *AbMat.4*. Los coeficientes de absorción ponderados de los materiales se presentan en la tabla. Las superficies que no están cubiertas con ninguno de dichos materiales pueden considerarse totalmente reflectantes. Se pide:

- ¿Cuál es el tiempo de reverberación según la fórmula de Sabine?
- Si el tiempo de reverberación previamente calculado se debiese reducir (por ejemplo, debido a cierta norma) un 35%, y solamente se dispone de un material (*AbMat.5*) cuyo coeficiente de absorción ponderado es  $\alpha_w = 0.65$ , para revestir las paredes largas, ¿qué superficie de las mismas se debería de cubrir?
- Si el tiempo de reverberación anterior tuviese que alcanzarse mediante la instalación de islas acústicas en lugar de revestir con el material *AbMat.5*, ¿cuántas habría que descolgar, si su coeficiente de absorción por objeto es  $1.2 \text{ m}^2$ ?



ALFREDO KRAUSS AUDITORIUM / LAS PALMAS DE GRAN CANARIA



Material	Coefficiente de absorción $\alpha_w$
AbMat.1	0.24
AbMat.2	0.37
AbMat.3	0.15
AbMat.4	0.22

El área de absorción equivalente ( $A[\text{m}^2]$ ) se puede calcular como:

$$A_{\text{ParedesLargas}} = A_{\text{Suelo}} = A_{\text{ParedFrontal}} = 0 \text{ (superficies totalmente reflectantes, } \alpha = 0)$$

$$A_{\text{Techo}} = \alpha_{\text{AbMat.1}} \cdot \frac{S_{\text{Techo}}}{2} + \alpha_{\text{AbMat.2}} \cdot \frac{S_{\text{Techo}}}{2} = (8 \cdot 5 \cdot 0.24) + (8 \cdot 5 \cdot 0.37) = 24.4 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{ParedTrasera}} = \alpha_{\text{AbMat.3}} \cdot \frac{S_{\text{Pared}}}{2} + \alpha_{\text{AbMat.4}} \cdot \frac{S_{\text{Pared}}}{2} = (3 \cdot 5 \cdot 0.15) + (3 \cdot 5 \cdot 0.22) = 5.55 \text{ m}^2$$

$$\text{Por lo que el área efectiva de absorción total es: } A = \sum_{i=1}^n \alpha_{w,i} \cdot S_i = 24.4 + 5.55 = 29.95 \text{ m}^2$$

$$\text{El volumen de la sala es: } V = 16 \cdot 5 \cdot 6 = 480 \text{ m}^3$$

Entonces, el tiempo de reverberación se calcula sencillamente (según la fórmula de Sabine)

$$T_{60} = 0.16 \cdot \frac{V}{A} = 0.16 \cdot \frac{480}{29.95} = 2.56 \text{ s}$$

Si se tiene que reducir el tiempo de reverberación un 35% entonces:

$$T_{60,\text{Nuevo}} = 0.65 \cdot T_{60,\text{Antiguo}} = 0.65 \cdot 2.56 = 1.66 \text{ s}$$

El área de absorción equivalente para este segundo caso sería (teniendo en cuenta que  $\alpha_{\text{AbMat.5}} = 0.65$ ):

$$A_{\text{Nuevo}} = A_{\text{Techo}} + A_{\text{ParedTrasera}} + A_{\text{AbMat.5}} = 24.4 + 5.55 + 0.65 \cdot S_{\text{AbMat.5}}$$

$$\text{Donde } A_{\text{Nuevo}} \text{ se puede obtener como: } T_{60,\text{Nuevo}} = 0.16 \cdot \frac{V}{A_{\text{Nuevo}}} \Rightarrow A_{\text{Nuevo}} = 0.16 \cdot \frac{480}{1.66} = 46.26 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, tendríamos que instalar la siguiente área:

$$24.4 + 5.55 + 0.65 \cdot S_{\text{AbMat.5}} = 46.26 \Rightarrow S_{\text{AbMat.5}} = \frac{(46.26 - 5.55 - 24.40)}{0.65} = 25.1 \text{ m}^2$$

Si tenemos que alcanzar el nuevo tiempo de reverberación (1.66 segundos) con islas acústicas en lugar de con el *AbMat.5*, y sabiendo (según calculado previamente) que el área de absorción a introducir es  $A_{\text{Nuevo}} = 46.26 \text{ m}^2$ , Entonces:

$$A_{\text{Nuevo}} = A_{\text{Techo}} + A_{\text{ParedTrasera}} + A_{\text{Islas}} \Rightarrow 46.26 = 24.4 + 5.55 + N^{\circ}_{\text{Islas}} \cdot 1.2$$

$$N^{\circ}_{\text{Islas}} = \frac{(46.26 - 5.55 - 24.40)}{1.2} = 13.59 \approx 14 \text{ Islas}$$

$$T_{60} = 0.16 \cdot \frac{V}{A} \quad \text{con} \quad A = \sum_{i=1}^n \alpha_{w,i} \cdot S_i$$

## Ejemplos de coeficientes de absorción de materiales

Material	$\alpha_w / \alpha_m$
Hormigón visto	0,04
Hormigón pintado	0,07
Ladrillo visto	0,04
Ladrillo pintado	0,02
Enlucido de yeso	0,01
Piedra	0,02
Madera	0,08
Parquet	0,05
Corcho	0,06
Tela	0,17
Alfombra $\leq 10 \text{ mm}$	0,17
Alfombra $\geq 10 \text{ mm}$	0,30
PVC	0,05
Linóleo	0,03
Terrazo	0,02
Vidrio	0,04
Metal	0,02

NOTA: Datos tomados del catálogo de elementos constructivos del CTE DB-HR

## 1 EJEMPLO CÁLCULO BAFLES

Calcula el número de baffles (1200x300x40 a cc/400mm) que se necesitan introducir en un recinto de 300 m<sup>3</sup> de volume y 100 m<sup>2</sup> de planta, sabiendo que el tiempo de reverberación del espacio actual sin tratar acústicamente es de 1 segundo, y que se quiere alcanzar, después de instalar baffles, 0.4 segundos. Calcúlalo suponiendo (i) que se estudia como un techo continuo (es decir, mediante el coeficiente de absorción  $\alpha$ ) y (ii) como si fuesen tratados como objetos individuales (y en este último caso considerando baffles 1200x600x40 a cc/600).

1: NOTA: A distancias de aproximadamente 600 mm o menos, se calcularán los baffles como un techo continuo

$$A_{antes} = 0.161 \cdot V/T = 0.161 \cdot 300/1 = 48 \text{ m}^2 \text{ Sabine}$$

$$A_{después} = 0.161 \cdot 300/0.4 = 121 \text{ m}^2 \text{ Sabine}$$

Para alcanzar 0.4 s necesitamos:  $121 - 48 = 73 \text{ m}^2 \text{ Sabine}$

Dato: Si  $\alpha_p$  para Solo baffle es por ejemplo 0.80, el área necesaria es  $73/0.80 = 91 \text{ m}^2$

Dato: Para distancias entre baffles cc 400 mm, el número de baffles por m<sup>2</sup> es 2.09 baffles/m<sup>2</sup>  
Por lo tanto, la cantidad de baffles necesarios para alcanzar 0.4s es  $91 \times 2.09 = 190$

2: NOTA: A distancias de aproximadamente 600 mm o más, el área de absorción por unidad corresponderá a la de una sola unidad.

El área de absorción equivalente (Aeq) media (ver tabla adjunta) es 1.1 m<sup>2</sup> Sabine

El número requerido de Solo Baffle es entonces  $1200 \times 600 \times 40$  is  $73/1.1 = 67$ .

A per baffle, m<sup>2</sup> sabin

125	0,4
250	0,7
500	1,0
1000	1,4
2000	1,4
4000	1,3



CENTRO COMERCIAL HALLARNA / SUECIA



OFICINAS BANCARIAS CORPORATIVAS / MADRID



# 1 ISO 22955:2021







## Calidad acústica en oficinas abiertas

### “Chuleta”/resumen con instrucciones para el diseño acústico de oficinas abiertas

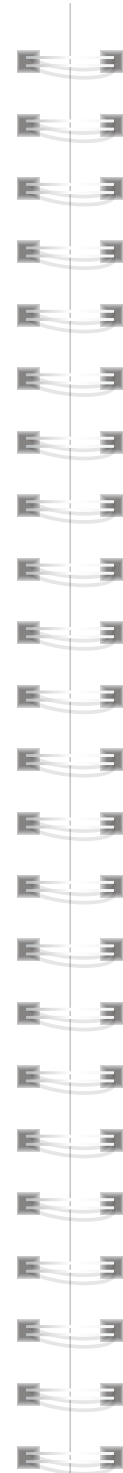
Acondicionar una oficina abierta acústicamente mediante la instalación de soluciones fonoabsorbentes de alta calidad en techo y pared es una condición necesaria para su éxito de cara a los usuarios finales; pero no suficiente. Existen muchos retos arquitectónicos a la hora de plantear un buen diseño acústico de una oficina abierta. Además del meramente técnico/acústico, se encuentra la necesidad de hablar varios “idiomas”; es decir, hay que acomodar diferentes tareas y también diferentes personalidades, que a menudo desarrollan tareas en espacios abiertos que presentan potenciales distracciones.

El nuevo estándar internacional ISO 22955 (publicado en mayo de 2021) trata de dar solución, desde un punto de vista acústico, a la convivencia de las dos realidades teóricamente contradictorias en la oficina: la comunicación oral y el trabajo individual de concentración. Es decir, integra la perspectiva cognitiva del sonido en el diseño. El objetivo de este documento es “ofrecer principios, descriptores y métodos de medición acústica, que sean de fácil manejo y se correlacionen bien con la percepción del entorno acústico por parte de los usuarios”. Así, se pretende que el documento “ayude a los diferentes actores que trabajan en la planificación, diseño y construcción de oficinas a proporcionar a los usuarios un buen nivel de confort acústico”.

Para ello, se trata de limitar las molestias entre puestos de trabajo adyacentes, así como optimizar la inteligibilidad en las conversaciones a corta distancia. Lo anterior se lleva a cabo clasificando las actividades que típicamente se desarrollan en una oficina abierta en 6 categorías:

-  **1** Espacio diáfano: actividad aún desconocida.
-  **2** Telecomunicación y vídeo: principalmente para comunicación externa.
-  **3** Trabajo colaborativo intenso: comunicación verbal frecuente con compañeros cercanos.
-  **4** Trabajo colaborativo moderado: comunicación verbal esporádica con colegas cercanos.
-  **5** Áreas de entrada: recepción del público.
-  **6** Espacios mixtos: combinación de dos o más actividades en el mismo espacio.

Basándose en la anterior clasificación, la norma establece, para cada una de las 6 tipologías, los diferentes retos acústicos presentes en cada “espacios de actividad”, y sugiere valores de parámetros acústicos que se deben cumplir en cada uno de esos. Estos parámetros no solo se reducen a la propagación de sonido (según la ISO 3382-3) sino que también incluyen otros definidos en otras normas (niveles de ruido, reverberación, aislamiento entre actividades adyacentes...). La ISO 22955 también detalla algunas recomendaciones generales sobre el diseño y distribución en planta de la oficina, así como una metodología sobre el flujo de trabajo y el análisis de los espacios, que se resumen a continuación:



HO TEL IBIS BARA JAS / MADRID



OFICINAS GABELEX / PORTUGAL

### CONSEJOS DE DISEÑO ISO 22955:



#### General:

El diseño acústico de espacios implica fundamentalmente revestir los paramentos de las estancias expuestos al sonido con materiales fonoabsorbentes para limitar las reflexiones. Cuanto más absorbente sea un material (por ejemplo, mayor coeficiente de absorción), mejor. Deberían priorizarse las áreas del espacio expuestas directamente al sonido.



#### Tratamiento de techo:

El techo es el paramento del espacio más importante a tratar en oficinas abiertas y deberá de ser tan absorbente como sea posible. Se recomienda un techo acústico pared-a-pared.

NOTA: En caso de que no sea posible la instalación de un techo pared-a-pared y se opte por elementos suspendidos (islas), debería cubrirse un 50%-60% de la superficie en planta con elementos descolgados altamente absorbentes.



#### Tratamiento de paredes:

Los absorbentes verticales de pared son una buena forma de reducir el tiempo de reverberación si la oficina abierta está escasamente amueblada (sin difusión). Asimismo, minimizan los ecos “flutter” y las reflexiones de sonido en puestos de trabajo ubicados cerca de paredes y esquinas en zonas abiertas. Los absorbentes de pared deben instalarse a la altura de los oídos de los usuarios.



#### Tratamiento de suelo:

En general, el efecto del tratamiento acústico en el suelo de oficinas abiertas es poco significativo; al menos que se instalen soluciones altamente especializadas como suelos técnicos perforados. Los suelos blandos solo contribuyen con una ligera absorción a frecuencias altas. El beneficio acústico principal de las soleras blandas es minimizar el ruido de impacto de pisadas y mobiliario.



#### Pantallas acústicas:

Las pantallas acústicas mejoran la privacidad en una oficina abierta. Lo hacen minimizando la distancia a la cual se propaga el sonido. El efecto de las pantallas acústicas depende de la calidad del diseño acústico del espacio. Cuantas menos superficies reflectantes haya, mayor será su efecto. Además, las pantallas acústicas que sobresalen tanto por encima como por debajo de los escritorios, proporcionan un mejor efecto acústico.



#### Mobiliario:

Como regla general, los muebles no serán suficiente para satisfacer las necesidades acústicas de un espacio de oficina abierto. En su lugar, se debería priorizar el diseño a través del revestimiento y tratamiento acústico de las superficies de la estancia.

## CONTACTO

En Ecophon, dedicamos mucho tiempo y recursos a adquirir nuevos conocimientos sobre acústica de salas y cómo nos afecta el sonido a las personas, ya sea realizando nuestros propios estudios y proyectos de investigación o supervisando y recopilando investigaciones realizadas por otros.

Ecophon cuenta con Concept Developers en todo el mundo que trabajan principalmente para difundir, concienciar y ampliar el conocimiento acústico en beneficio de todos.

¡Ellos son nuestros expertos!

### CONOCIMIENTO ACÚSTICO

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

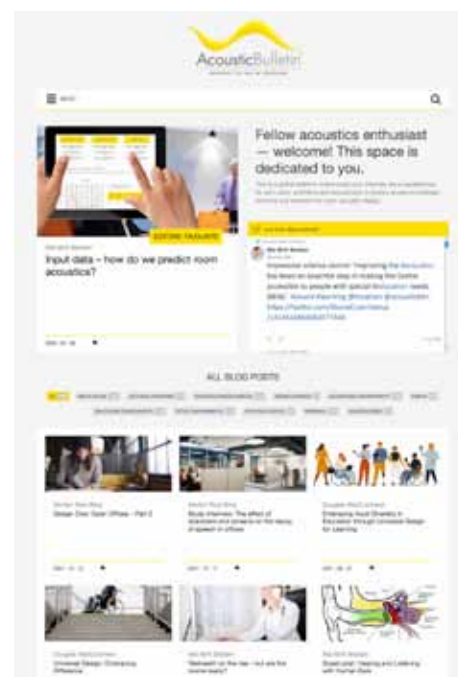
En nuestra web, puede leer sobre cómo nos afecta el ruido y una acústica no apropiada. Puede leer cómo diseñamos espacios donde las personas se sientan bien, cómo prestar atención a la función de la habitación y su carácter físico. Y puede leer más sobre cómo funcionan los diferentes tipos de soluciones Ecophon.

### ACOUSTIC BULLETIN

[www.acousticbulletin.com](http://www.acousticbulletin.com)

Acoustic Bulletin es una plataforma internacional donde usuarios finales, arquitectos e ingenieros acústicos tienen acceso a conocimiento, opiniones y soluciones sobre acondicionamiento acústico. En el blog:

- Compartimos investigación
- Analizamos tendencias
- Discutimos normas y regulaciones
- Presentamos casos de estudio
- Invitamos a personas relevantes de todo el mundo a compartir su experiencia y opiniones



### CONOZCA A JUAN NEGREIRA – DOCTOR INGENIERO ACÚSTICO

Obtenga más información sobre materiales acústicos, parámetros, opciones de diseño y, no menos importante, la importancia del diseño acústico para el bienestar de las personas. ¿Dónde surgen los problemas, qué podemos hacer al respecto y cómo podemos combinar el diseño arquitectónico y acústico?

Ecophon proporciona soluciones acústicas basadas en la investigación y nos gustaría compartir nuestro conocimiento sobre cuestiones acústicas con todos los actores de la industria de la construcción. Esta asistencia la realizan los Concept Developers de Ecophon, quienes lo ayudarán a lograr el mejor resultado acústico para cada proyecto y a mejorar las competencias acústicas en el sector de la construcción. Juan Negreira es doctor ingeniero acústico e ingeniero industrial, y ofrece asesoramiento gratuito. Con mucho gusto le asesorará en cuestiones de diseño de edificios, selección de materiales, geometría de la sala, legislación, normas, parámetros acústicos, tipos de espacios, necesidades especiales de los usuarios, etc.

### Contacto Juan Negreira:

Móvil: (+34) 660759566

E-mail: [juan.negreira@saint-gobain.com](mailto:juan.negreira@saint-gobain.com)



### CONTACTE CON ECOPHON

Para nosotros es de suma importancia que tenga todos los conocimientos que necesita sobre acústica a la hora de abordar un proyecto para así poder planificarlo adecuadamente desde el principio.

Consúltenos sobre cualquier información que necesite, preferiblemente en la fase inicial de proyecto, donde es más sencillo asegurar el éxito acústico de un diseño.

Estamos a su servicio y estaremos encantados de atenderle.



### Contacto Ecophon:

Teléfono: (+34) 917707706

E-mail: [ecophon.es@saint-gobain.com](mailto:ecophon.es@saint-gobain.com)

Web: [www.ecophon.es](http://www.ecophon.es)

### Dirección: Saint-Gobain Ecophon

C/ Príncipe de Vergara, 132 - Planta 8

28002 Madrid



## REFERENCIAS

1. **Klatte, M.; Lachmann, T.:** A lot of noise about learning: Acoustic conditions in classrooms and what they mean for teaching, Germany (2009).
2. **Tiesler, G., Oberdörster, M.:** Acoustic ergonomics in schools, Bremen University, Germany (2006).
3. **Classroom Acoustics:** A New Zealand Perspective, Oticon Foundation in New Zealand (2002).
4. **MacKenzie, D. J., Airey, S.:** Classroom Acoustics – A Research Study, Heriot-Watt University, United Kingdom (1999).
5. **Shield, B.M. & Dockrell, J.E.:** The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children, Journal of the Acoustical Society of America, USA (2008).
6. **Passchier-Vermeer W:** Noise from toys and the hearing of children. Leiden, Germany (1991).
7. **Louis Clément:** Støj i børnehaver kræver høreværn, Ingeniøren, Danmark (1996).
8. **Sundhedsstyrelsen:** Støj i dagtilbud til børn (forebyggelse heraf), Danmark (2009).
9. **Fried et al:** The joint effects of noise, job complexity and gender on employee sickness absence, Journal of Occupational and Organizational Psychology, USA (2002).
10. **Brill, Weidemann,** Disproving Widespread Myths about workplace design, BOSTI associates, 2001.
11. **Mark, Gonzalez:** No Task Left Behind? Examining the Nature of Fragmented Work, University of California, USA (2005).
12. **Evans, Johnson:** Stress and open office noise, Cornell University, Journal of Applied Psychology, USA, (2000).
13. **CH. Weise:** Investigation of patient perception of hospital noise and sound level measurements: before, during and after renovations of a hospital wing, Durham School of Architectural Engineering, – Dissertations and Student Research, Nebraska (USA 2010).
14. **Minckley,** “A study of noise and its relationship to patient discomfort in the recovery room”, Nursing Research, USA (1968).
15. **Mahmood et al.,** “Nurses’ perception of how physical environment affects medication errors in acute care settings”, Applied Nursing Research (2011).
16. **J. Negreira et al.,** Good acoustics as an extra source of income in restaurants – A case study, Proceedings of Internoise



SOLUCIÓN ACÚSTICA ESTÉTICA Y FUNCIONAL QUE SE ADAPTA AL DISEÑO / DOMAINE LA CAVALE, CUCURON FRANCE

# OFERTA DE SOLUCIONES ACÚSTICAS ECOPHON



**Soluciones acústicas para techos y paredes**  
Soluciones acústicas premium



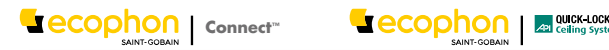
**Sistema de enlucido acústico**  
Acústica invisible, perfectamente integrada en el diseño arquitectónico



**Placas acústicas**  
Gama de techos acústicos para segmentos de volumen



**Sistema de tejido acústico**  
Un innovador concepto de tejido acústico para paredes y techos



**Perfilería y accesorios para techos**  
Una gama completa de perfiles y accesorios de alta calidad



**Techos metálicos**  
Especialista en techos acústicos metálicos para el mercado ibérico, desde la idea hasta la ejecución





ECOPHON

# GUÍA ACÚSTICA

EN ESTA GUÍA, ENCONTRARÁ  
LOS REQUISITOS NORMATIVOS  
ACÚSTICOS, SEGÚN LA TIPOLOGÍA  
DE ESPACIO. LA GUÍA TAMBIÉN  
INCLUYE RECOMENDACIONES  
PARA LA MAYORÍA DE ESPACIOS  
TIPO EXISTENTES EN CUALQUIER  
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.  
LA GUÍA HA SIDO FORMULADA DE  
ACUERDO CON LA NORMATIVA  
VIGENTE

**ECOPHON** Teléfono: (+34) 917707706  
E-mail: [ecophon.es@saint-gobain.com](mailto:ecophon.es@saint-gobain.com)  
Web: [www.ecophon.es](http://www.ecophon.es)