


3.1

**CTE DB-HR
CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN ESPAÑOL
DOCUMENTO BÁSICO (DB) DE PROTECCIÓN FRENTE AL
RUIDO**

Ivana Rossell Turull

**Directora del Máster de Acústica Arquitectónica y Medioambiental
Profesora de Ingeniería y Arquitectura La Salle
Consultora Acústica
ivana@salle.url.edu**



Índice



- Sintaxis y nomenclatura utilizada en el CTE
- Estructura, filosofía y contenido del CTE-HR
- Terminología básica de aislamiento (CTE-HR)
- Exigencias
- Diseño y dimensionado
 - Opción simplificada
 - Opción general
- Protección contra el ruido de las instalaciones
- Otros aspectos a tener en cuenta

- Tipos de recintos:

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

- a) habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones, etc.) en edificios residenciales;
- b) aulas, bibliotecas, despachos, en edificios de uso docente;
- c) quirófanos, habitaciones, salas de espera, en edificios de uso sanitario;
- d) oficinas, despachos; salas de reunión, en edificios de uso administrativo;
- e) cocinas, baños, aseos, pasillos y distribuidores, en edificios de cualquier uso;
- f) zonas comunes de circulación en el interior de los edificios.
- g) cualquier otro con un uso asimilable a los anteriores.

En el caso en el que en un recinto se combinen varios usos de los anteriores siempre que uno de ellos sea protegido, a los efectos de este DB se considerará recinto protegido.

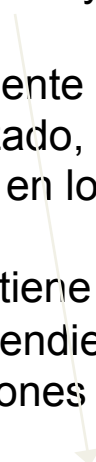
Se consideran recintos no habitables aquellos no destinados al uso permanente de personas o cuya ocupación, por ser ocasional o excepcional y por ser bajo el tiempo de estancia, sólo exige unas condiciones de salubridad adecuadas. En esta categoría se incluyen explícitamente como no habitables los garajes, trasteros, las cámaras técnicas y desvanes no acondicionados, y sus zonas comunes.

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

Recinto de actividad: Recinto en el que se realiza una actividad distinta a la realizada en el resto de los recintos del edificio en el que se encuentra integrado, por ejemplo, actividad comercial, administrativa, lúdica, industrial, etc., en edificios de vivienda, hoteles, hospitales, etc., siempre que el nivel medio de presión sonora estandarizado, ponderado A, del recinto sea mayor que 70 dBA y no sea recinto ruidoso.

Recinto ruidoso: Recinto, de uso generalmente industrial, cuyas actividades producen un nivel medio de presión sonora estandarizado, ponderado A, en el del recinto, mayor que 80 dBA, no compatible con el requerido en los recintos protegidos.

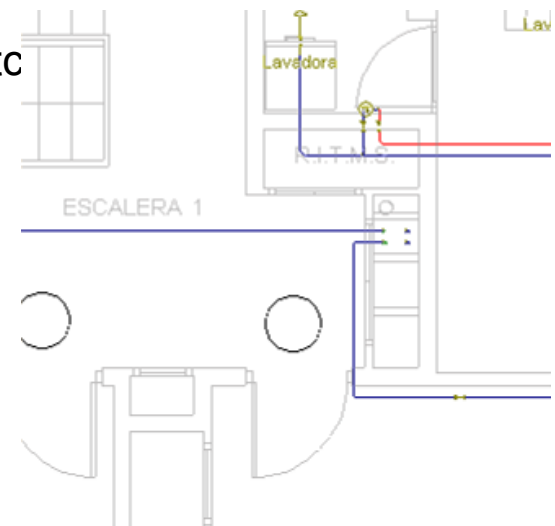
Recinto de instalaciones: Recinto que contiene equipos de instalaciones tanto individuales como colectivas del edificio, entendiéndose como tales, todo equipamiento o instalación susceptible de alterar las condiciones ambientales de dicho recinto.


$$L_{eqA,T} = L_{eqA} - 10 \cdot \lg \frac{T}{0,5}$$

• **Unidad de uso:** Edificio o parte de un edificio que se destinan a un uso específico, y cuyos usuarios están vinculados entre, sí bien por pertenecer a una misma unidad familiar, empresa, corporación, bien por formar parte de un grupo o colectivo que realiza la misma actividad. Se consideran unidades de uso entre otras, las siguientes:

- a) en edificios de vivienda, cada una de las viviendas;
- b) en hospitales, hoteles, residencias, etc., cada habitación incluidos sus anexos;
- c) en edificios docentes, cada aula, laboratorio, etc

• **Zona común:** Zona o zonas que pertenecen o
• dan servicio a varias unidades de uso, pudiendo
• ser habitables o no.



•Tipos de elementos constructivos:

•**Cubierta:** Cerramiento superior de los edificios, horizontal o con inclinación no mayor que 60° sobre la horizontal, que incluye el elemento resistente – forjado – más el acabado en su parte inferior – techo –, más revestimiento o cobertura en su parte superior. Debe considerarse cubierta tanto la parte ciega de la misma como los lucernarios.

•**Elemento de cobertura:** Conjunto de capas de pertenecientes a una cubierta que están colocadas sobre el soporte resistente, cuya función es la de impermeabilizar la cubierta y aislarla térmica y acústicamente.

•**Elemento constructivo homogéneo:** Elemento de una sola hoja de fábrica, de hormigón, productos pétreos...etc. Se consideran forjados homogéneos las losas de hormigón y los forjados con elementos aligerantes cerámicos y de hormigón.

•**Elemento constructivo mixto:** Elemento formado por dos o más partes de cuantías de aislamiento diferentes, montadas unas como prolongación de otras hasta cubrir el total de la superficie. Ejemplos: pared formada por un murete sobre el que monta una cristalera, muro de fachada con ventanas, tabique con una puerta etc.

•**Elemento de entramado autoportante (Obra seca):** Elemento formado por dos o más placas de yeso laminado, sujetos a una perfilería autoportante y con una cámara rellena de material poroso, elástico y acústicamente absorbente.

•**Elemento de flanco:** Elemento constructivo adyacente a un elemento de separación, por el cual se produce la transmisión acústica indirecta estructural o por vía de flancos.

•**Elemento de separación horizontal:** Conjunto del elemento resistente – forjado –, más el acabado en su parte inferior – techo – más el *revestimiento* en su parte superior – solado o elemento de cobertura en caso de *cubiertas*.

•**Elementos de construcción pequeños:** Elementos de área menor que 1 m², excepto ventanas y puertas, que colocados en los elementos de separación verticales, transmiten el sonido entre dos *recintos* o entre un *recinto* y el exterior, tales como:

- elementos de climatización;
- aireadores;
- ventiladores;
- conductos eléctricos;
- sistemas de estanquidad, pasamuros...etc.



- **Fachada:** Cerramiento perimétrico del edificio, vertical o con inclinación no mayor que 60° sobre la horizontal, que lo separa del exterior. Incluye tanto el muro de fachada como los huecos (puertas exteriores y ventanas).

- **Fachada ligera:** Fachada continua y anclada a una estructura auxiliar, cuya masa por unidad de superficie es menor que 200 kg/m^2 .

- **Medianería:** Cerramiento que linda en toda su superficie o en parte de ella con otros edificios ya construidos, o que puedan construirse legalmente.

- **Suelo flotante:** Elemento constructivo sobre el forjado que comprende el solado con su capa de apoyo y el elemento elástico.

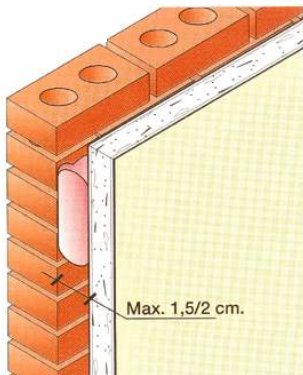
- **Tabiquería:** Particiones interiores de una unidad de uso.



- **Tabiquería de fábrica:** Tabiquería formada por unidades de
- montaje en húmedo, tales como ladrillos huecos, ladrillos
- perforados, bloques de hormigón, bloques de arcilla aligerada,
- tabiques de escayola maciza, etc.



• **Trasdosado:** Elemento suplementario del elemento constructivo vertical. Se consideran los siguientes trasdosados:



- una o varias placas de yeso laminado sujetas a un entramado;
- un panel formado por una placa de yeso y una capa de material aislante adherido al elemento base;
- al conjunto formado por una hoja de fábrica con bandas elásticas perimetrales y una cámara rellena con un material absorbente, poroso y elástico.

- Sintaxis y nomenclatura utilizada en el CTE
- ➔ • Estructura, filosofía y contenido del CTE-HR
- Terminología básica de aislamiento (CTE-HR)
- Exigencias
- Diseño y dimensionado
 - Opción simplificada
 - Opción general
- Protección contra el ruido de las instalaciones
- Otros aspectos a tener en cuenta

Índice HR

1 Generalidades

1.1 Procedimiento de verificación

2 Caracterización y cuantificación de las exigencias

2.1 Valores límite de aislamiento

2.2 Valores límite de *tiempo de reverberación*

2.3 Ruido y vibraciones de las instalaciones

3 Diseño y dimensionado

3.1 Aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos

3.2 Tiempo de reverberación y absorción acústica

3.3 Ruido y vibraciones de las instalaciones

4 Productos de construcción

4.1 Características exigibles a los productos

4.2 Características exigibles a los elementos constructivos

4.3 Control de recepción en obra de productos

5 Construcción

5.1 Ejecución

5.2 Control de la ejecución

5.3 Control de la obra terminada

6 Mantenimiento y conservación

Anejo A. Terminología

Anejo B. Notación

Anejo C. Normas de referencia

Anejo D. Cálculo del índice de reducción de vibraciones en uniones de elementos constructivos

Anejo E. Medida y valoración de la mejora del índice de reducción acústica, ΔR , y de la reducción del nivel de presión de ruido de impactos, ΔL , de *revestimientos*

Anejo F. Estimación numérica de la diferencia de niveles debido a la forma de la *fachada*

Anejo G. Cálculo del aislamiento acústico de *elementos constructivos mixtos*

Anejo H. Guía de uso de las magnitudes de aislamiento en relación con las exigencias

Anejo I. Transmisión acústica a través de elementos de flanco que contienen *puertas o ventanas*

Anejo J. Opción simplificada para vivienda unifamiliar adosada

Anejo K. Recomendaciones de diseño acústico para aulas y salas de conferencias

Anejo L. Fichas justificativas

EXIGENCIAS DB-HR

- El **CTE** es una normativa con un enfoque **basado en prestaciones o objetivos**. Esto supone la configuración de un entorno legislativo más flexible, fácilmente actualizable conforme a la evolución de la técnica y la demanda de la sociedad y basada en la experiencia de la normativa tradicional.
- A efectos prácticos este nuevo enfoque se resume en que se exigirán resultados que se podrán verificar *in situ*.
- La exigencia de verificación *in situ* es decisión de las comunidades autónomas o Ayuntamientos, en todo caso se podrá hacer la verificación y exigir el cumplimiento de los límites establecidos por el CTE-HR en todo el territorio español.
- A los valores medidos se les da una tolerancia de:
 - 3 dBA para aislamiento a ruido aéreo o de impacto
 - 0'1 s para el tiempo de reverberación



- El CTE-HR siempre se refiere a 3 aspectos a diseñar y dimensionar:

- 1.- Aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos
- 2.- Tiempo de reverberación
- 3.- Ruido y vibraciones de las instalaciones

- El CTE fija las exigencias, establece métodos de cálculo, guías para el control sobre los productos usados, la ejecución de la obra y el control de la obra finalizada (Normativas de medida).

Método general :

Idea. Arquít. →
Materiales →
Zonificación →
...

**Diseño y
dimensionado
por el método
general**



Verif. productos de construcción

Verif. construcción (Medida ?)

Verif. mantenimiento y conservación

Fichas justificativas

Opción simplificada :

**“Diseño y dimensionado
por la opción simplificada**



Verif. productos de construcción

Verif. construcción (Medida ?)

Verif. manteniment i conservació

Fichas justificatives

Ejemplo ficha justificativa

Elementos de separación horizontal y vertical entre <i>recintos</i> .						
<p>Debe comprobarse que se satisfacen las soluciones de aislamiento del apartado 3.1.2.3 para los elementos de separación vertical y horizontal situados entre:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) <i>recintos de unidades de uso diferentes;</i> b) <i>un recinto de una unidad de uso y una zona común;</i> c) <i>un recinto de una unidad de uso y un recinto de instalaciones o un recinto de actividad.</i> <p>Debe rellenarse una ficha como ésta, para cada conjunto de elementos de separación horizontal y vertical diferente, proyectados entre a), b) y c)</p>						
Solución de elementos de separación horizontal y vertical entre:						
Elementos constructivos	Tipo	Características				
		de proyecto		Exigidas en tablas		
Elemento de separación vertical	Elemento base	m (kg/m ²)=	<input type="text"/>	\geq	<input type="text"/>	
		R_A (dBA)=	<input type="text"/>	\geq	<input type="text"/>	
	<i>Trasdoso</i>		ΔR_A (dBA)=	<input type="text"/>	\geq	<input type="text"/>
Elemento de separación horizontal	Forjado	m (kg/m ²)=	<input type="text"/>	\geq	<input type="text"/>	
		R_A (dBA)=	<input type="text"/>	\geq	<input type="text"/>	
	<i>Suelo flotante</i>		ΔR_A (dBA)=	<input type="text"/>	\geq	<input type="text"/>
			ΔL_{w1} (dB)=	<input type="text"/>	\geq	<input type="text"/>
	Techo suspendido		ΔR_A (dBA)=	<input type="text"/>	\geq	<input type="text"/>
Tabiquería		m (kg/m ²)=	<input type="text"/>	\geq	<input type="text"/>	
		R_A (dBA)=	<input type="text"/>	\geq	35	
Muro con puertas y/o ventanas	Puerta	m (kg/m ²)=	<input type="text"/>	\geq	<input type="text"/>	
		R_A (dBA)=	<input type="text"/>	\geq	30	
	Muro	m (kg/m ²)=	<input type="text"/>	\geq	<input type="text"/>	
		R_A (dBA)=	<input type="text"/>	\geq	54	

- Sintaxis y nomenclatura utilizada en el CTE
- Estructura, filosofía y contenido del CTE-HR
- ➔ • Terminología básica de aislamiento (CTE-HR)
- Exigencias
- Diseño y dimensionado
 - Opción simplificada
 - Opción general
- Protección contra el ruido de las instalaciones
- Otros aspectos a tener en cuenta

Índice de reducción acústica de un elemento constructivo, **R**:

Aislamiento acústico, en dB, de un elemento constructivo medido en laboratorio. Es función de la frecuencia.

D: Diferencia de Niveles L_1-L_2

S: Área del elemento constructivo

A: área de absorción acústica equivalente del recinto receptor, [m2].

$$R = D + 10 \cdot \lg \frac{S}{A} \qquad R = 10 \log \left(\frac{W_1}{W_2} \right) dB$$

Índice global de reducción acústica, ponderado A, de un elemento constructivo, **R_A**:

Valoración global, en dBA, del índice de reducción acústica, R, para un ruido incidente rosa normalizado, ponderado A.

Los índices de reducción acústica se determinarán mediante ensayo en laboratorio.

No obstante, y en ausencia de ensayo, puede decirse que el índice de reducción acústica proporcionado por un elemento constructivo de **una hoja de materiales homogéneos**, es función casi exclusiva de su masa y son aplicables las siguientes expresiones (ley de masa) que determinan el aislamiento R_A , en función de la masa por unidad de superficie, m , expresada en kg/m^2 :

$$m \leq 150 \text{ kg/m}^2 \quad R_A = 16,6 \cdot \lg m + 5 \quad [\text{dBA}]$$

$$m \geq 150 \text{ kg/m}^2 \quad R_A = 36,5 \cdot \lg m - 38,5 \quad [\text{dBA}]$$

A partir de los valores del índice de reducción acústica R , obtenidos mediante ensayo en laboratorio, este índice R_A se puede obtener a partir del espectro del ruido rosa ponderado A (en el apéndice se explica la metodología).

Mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, de un *Revestimiento*, ΔR_A :

Aumento del índice global de reducción acústica de un elemento constructivo por adición de un tratamiento o *revestimiento* al elemento constructivo base. Se valora por la diferencia entre los valores globales del índice de reducción acústica, ponderado A, de un elemento constructivo de referencia con el *revestimiento* de mejora y el propio del elemento constructivo base de referencia.

CTE DB-HR Terminología (Anejo A)

Diferencia de niveles normalizada:

Respecto a una A_0 de referencia de 10m^2 .

$$D_n = D - 10 \cdot \log\left(\frac{A}{A_0}\right) \text{dB}$$

Diferencia de niveles estandarizada:

Respecto a un T_0 de referencia de $0,5 \text{ s}$.

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

Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, entre *recintos* interiores, $D_{nT,A}$:

Valoración global, en dBA, de la diferencia de niveles estandarizada, entre *recintos* interiores, D_{nT} , para ruido rosa. Se define mediante la expresión siguiente.

$$D_{nT,A} = -10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Ar,i} - D_{nT,i})/10} \quad [\text{dBA}]$$

siendo

$D_{nT,i}$: diferencia de niveles estandarizada en la banda de frecuencia i , [dB];

$L_{Ar,i}$: valor del espectro normalizado del ruido rosa, ponderado A, en la banda de frecuencia i [dBA];

i : recorre todas las bandas de frecuencia de tercio de octava de 100 Hz a 5 kHz.

Tabla A.5 Valores del espectro normalizado de ruido rosa, ponderado A.

f_i Hz	$L_{A,r,i}$ dBA	f_i Hz	$L_{A,r,i}$ dBA
100	-30,1	800	-11,8
125	-27,1	1000	-11,0
160	-24,4	1250	-10,4
200	-21,9	1600	-10,0
250	-19,6	2000	-9,8
315	-17,6	2500	-9,7
400	-15,8	3150	-9,8
500	-14,2	4000	-10
630	-12,9	5000	-10,5

CTE DB-HR Terminología (Anejo A)

Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, en *fachadas*, en *cubiertas* y en suelos en contacto con el aire exterior para ruido de automóviles, $D_{2m,nT,Atr}$:

Valoración global, en dBA, de la diferencia de niveles estandarizada de una *fachada*, una *cubierta*, o un suelo en contacto con el aire exterior, $D_{2m,nT}$ para un ruido exterior de automóviles.

Se define mediante la expresión siguiente:

$$D_{2m,nT,Atr} = -10 \cdot \lg \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Atr,i} - D_{2m,nT,i})/10} \quad [\text{dBA}] \quad (\text{A.6})$$

siendo,

$D_{2m,nT,i}$ diferencia de niveles estandarizada, en la banda de frecuencia i , [dB];

$L_{Atr,i}$ valor del espectro normalizado del ruido de automóviles, ponderado A, en la banda de frecuencia i , [dBA];

i recorre todas las bandas de frecuencia de tercio de octava de 100 Hz a 5 kHz.

En caso de que el ruido exterior dominante sea el de aeronaves también se utilizará este índice para la valoración global, pero usando los valores del espectro normalizado de ruido de aeronaves, ponderado A.

CTE DB-HR Terminología (Anejo A)

Tabla A.3 Valores del espectro normalizado de ruido de automóviles, ponderado A.

f_i Hz	$L_{Atr,i}$ dBA	f_i Hz	$L_{Atr,i}$ dBA
100	-20	800	-9
125	-20	1000	-8
160	-18	1250	-9
200	-16	1600	-10
250	-15	2000	-11
315	-14	2500	-13
400	-13	3150	-15
500	-12	4000	-16
630	-11	5000	-18

CTE DB-HR Terminología (Anejo A)

Diferencia de niveles normalizada de *elementos de construcción pequeños*, $D_{n,e}$:

Diferencia de niveles normalizada, en dB, atribuible a *elementos de construcción pequeños*. Se define mediante la expresión siguiente:

$$D_{n,e} = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg \frac{A_0}{A} \quad [\text{dB}]$$

siendo

- L_1 nivel medio de presión sonora en el *recinto* emisor, [dB];
- L_2 nivel medio de presión sonora en el *recinto* receptor, [dB];
- A área de absorción acústica equivalente del *recinto* receptor, [m²];
- A_0 área de absorción acústica equivalente de referencia, de valor $A_0=10 \text{ m}^2$.

CTE DB-HR Terminología (Anejo A)

Aislamiento acústico a ruido aéreo:

Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, en dBA, entre el *recinto* emisor y el receptor.

Para *recintos* interiores se utiliza el índice $D_{nT,A}$:

Para *recintos* en los que alguno de sus cerramientos constituye una *fachada* o una *cubierta* en las que el *ruido exterior dominante* es el de automóviles o el de aeronaves, se utiliza el índice $D_{2m,nT,Atr}$.

Para *recintos* en los que alguno de sus cerramientos constituye una *fachada* o una *cubierta* en las que el *ruido exterior dominante* es el ferroviario o el de estaciones ferroviarias, se utiliza el índice $D_{2m,nT,A}$.

CTE DB-HR Terminología (Anejo A)

Nivel de presión de ruido de impactos estandarizado, L'_{nT} :

Nivel de presión sonora medio, en dB, en el *recinto* receptor normalizado a un *tiempo de reverberación* de 0,5 s, cuando el elemento constructivo de separación respecto al *recinto* emisor es excitado por la **máquina de impactos normalizada**. Es función de la frecuencia.

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L'_{nT} = L - 10 \cdot \lg \frac{T}{T_0} \quad [\text{dB}]$$

siendo

- L nivel medio de presión sonora en el *recinto* receptor, [dB];
- T *tiempo de reverberación* del *recinto* receptor, [s];
- T₀ *tiempo de reverberación* de referencia; su valor es T₀=0,5 s.

CTE DB-HR Terminología (Anejo A)

Nivel global de presión de ruido de impactos estandarizado, $L'_{nT,w}$: Valoración global del nivel de presión de ruido de impactos estandarizado, L'_{nT} . (ISO 717-2)

Reducción del nivel global de presión de ruido de impactos (o mejora global del *aislamiento acústico a ruido de impactos*) de un *suelo flotante* o de un techo suspendido, ΔL_w :

Diferencia entre el nivel global de presión de ruido de impactos normalizado del forjado de referencia normalizado y el calculado para ese forjado de referencia con el *suelo flotante* o el techo suspendido.

CTE DB-HR Terminología (Anejo A)



- Sintaxis y nomenclatura utilizada en el CTE
- Estructura, filosofía y contenido del CTE-HR
- Terminología básica de aislamiento (CTE-HR)
- Exigencias
- Diseño y dimensionado
 - Opción simplificada
 - Opción general
- Protección contra el ruido de las instalaciones
- Otros aspectos a tener en cuenta

Generalidades. Procedimiento de verificación

1-Para satisfacer las exigencias del CTE en lo referente a la protección frente al ruido deben:

- a) alcanzarse los valores límite de ***aislamiento acústico a ruido aéreo*** y no superarse los valores límite de ***nivel de presión de ruido de impactos*** (*aislamiento acústico a ruido de impactos*) que se establecen en el apartado 2.1;
- b) no superarse los valores límite de ***tiempo de reverberación*** que se establecen en el apartado 2.2;
- c) cumplirse las especificaciones del apartado 2.3 referentes al ruido y a las vibraciones de las instalaciones.

2- Para la correcta aplicación de este documento debe seguirse la secuencia de verificaciones que se expone a continuación:

a) **cumplimiento de las condiciones de diseño y de dimensionado del *aislamiento acústico a ruido aéreo* y del *aislamiento acústico a ruido de impactos*** de los *recintos* de los edificios; esta verificación puede llevarse a cabo por cualquiera de los procedimientos siguientes:

-mediante la opción simplificada, comprobando que se adopta alguna de las soluciones de aislamiento propuestas en el apartado 3.1.2.

-mediante la opción general, aplicando los métodos de cálculo especificados para cada tipo de ruido, definidos en el apartado 3.1.3;

Independientemente de la opción elegida, **deben cumplirse las condiciones de diseño de las uniones entre elementos constructivos** especificadas en el apartado 3.1.4.

- b) cumplimiento de las **condiciones de diseño y dimensionado del tiempo de reverberación y de absorción acústica** de los *recintos* afectados por esta exigencia, mediante la aplicación del método de cálculo especificado en el apartado 3.2.
- c) cumplimiento de las **condiciones de diseño y dimensionado del apartado 3.3 referentes al ruido y a las vibraciones de las instalaciones.**
- d) cumplimiento de las condiciones relativas a los productos de construcción expuestas en el apartado 4.
- e) cumplimiento de las condiciones de construcción expuestas en el apartado 5.
- f) cumplimiento de las condiciones de mantenimiento y conservación expuestas en el apartado 6.

Para satisfacer la justificación documental del proyecto, deben cumplimentarse las **fichas justificativas del Anejo L**, que se incluirán en la memoria del proyecto.

Exigencias: Valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo

Caracterización y cuantificación de las exigencias

Para satisfacer las exigencias básicas contempladas en el artículo 14 de este Código **deben cumplirse las condiciones** que se indican a continuación, teniendo en cuenta que **estas condiciones se aplicarán a los elementos constructivos totalmente acabados, es decir, albergando las instalaciones del edificio o incluyendo cualquier actuación que pueda modificar las características acústicas de dichos elementos.**

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

Valores límite de aislamiento acústico a ruido aéreo:

En los recintos protegidos:

Protección frente al ruido generado en la misma unidad de uso:

El índice global de reducción acústica, ponderado A, R_A , de la tabiquería no será menor que 33 dBA.

Protección frente al ruido procedente de otras unidades de uso:

El aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{nT,A}$, entre un recinto protegido y cualquier otro del edificio, colindante vertical u horizontalmente con él, que pertenezca a una unidad de uso diferente, no será menor que 50 dBA.

Protección frente al ruido procedente de zonas comunes:

El aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{nT,A}$, entre un recinto protegido y una zona común, colindante vertical u horizontalmente con él, **siempre que no comparta puertas o ventanas**, no será menor que **50 dBA**.

Cuando sí las compartan, el índice global de reducción acústica, R_A , de éstas, no será menor que **30 dBA** y el índice global de reducción acústica, R_A , del muro no será menor que **50 dBA**.

Protección frente al ruido procedente de recintos de instalaciones y de recintos de actividad:

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

Protección frente al ruido procedente del exterior:

El aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{2m,nT,Atr}$, entre un recinto protegido y el exterior no será menor que los valores indicados en la tabla 2.1, en función del uso del edificio y de los valores del índice de ruido día, L_d , de la zona donde se ubica el edificio:

L_d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y sanitario		Cultural, docente, administrativo y religioso	
	Dormitorios	Estancias	Estancias y salas de lectura	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

El valor del índice de ruido día, L_d , **puede obtenerse en las administraciones competentes o mediante consulta de los mapas estratégicos de ruido.**

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

Cuando se prevea que algunas *fachadas*, tales como ***fachadas de patios de manzana cerrados o patios interiores, así como fachadas exteriores en zonas o entornos tranquilos***, no van a estar expuestas directamente al ruido de automóviles, aeronaves, de actividades industriales, comerciales o deportivas, se considerará un índice de ruido día, L_d , **10 dBA menor** que el índice de ruido día de la zona.

Cuando en la zona donde se ubique el edificio el ruido exterior dominante sea el de **aeronaves** según se establezca en los mapas de ruido correspondientes, el valor de *aislamiento acústico a ruido aéreo*, $D_{2m,nT,Atr}$, obtenido en la tabla 2.1 **se incrementará en 4 dBA.**

En los *recintos habitables*:

Protección frente al ruido generado en la misma *unidad de uso*:

El índice global de reducción acústica, ponderado A, R_A , de la *tabiquería* no será menor que 33 dBA.

Protección frente al ruido procedente de otras *unidades de uso*:

El *aislamiento acústico a ruido aéreo*, $D_{nT,A}$, entre un *recinto habitable* y cualquier *recinto habitable* colindante vertical u horizontalmente con él, que pertenezca a una *unidad de uso* diferente no será menor que 45 dBA.

Protección frente al ruido procedente de *zonas comunes*:

El *aislamiento acústico a ruido aéreo*, $D_{nT,A}$, entre un *recinto habitable* y una *zona común*, colindante vertical u horizontalmente con él, siempre que no comparta puertas o ventanas, no será menor que 45 dBA. Cuando sí las compartan y sean edificios de uso residencial o sanitario, el índice global de reducción acústica, R_A , de éstas, no será menor que 20 dBA y el índice global de reducción acústica, R_A , del muro no será menor que 50 dBA.

Protección frente al ruido procedente de *recintos de instalaciones* y de *recintos de actividad*:

El *aislamiento acústico a ruido aéreo*, $D_{nT,A}$, entre un *recinto habitable* y un *recinto de instalaciones*, o un *recinto de actividad*, colindantes vertical u horizontalmente con él, no será menor que 45 dBA.

En los *recintos habitables* y *recintos protegidos* colindantes con otros edificios:

El *aislamiento acústico a ruido aéreo* ($D_{2m,nT,Atr}$) de cada uno de los *cerramientos* de una *medianería* entre dos edificios no será menor que 40 dBA

o alternatively el *aislamiento acústico a ruido aéreo* ($D_{nT,A}$) correspondiente al conjunto de los dos cerramientos no será menor que 50 dBA.

Valores límite de aislamiento acústico a ruido de impactos

Aislamiento acústico a ruido de impactos

Los elementos constructivos de separación horizontales deben tener, en conjunción con los elementos constructivos adyacentes, unas características tales que se cumpla para los recintos protegidos:

Protección frente al ruido procedente de otras unidades de uso:

El nivel global de presión de ruido de impactos, $L'_{nT,w}$, en un recinto protegido colindante vertical, horizontalmente o que tenga una arista horizontal común con cualquier otro que pertenezcan a una unidad de uso diferente, no será mayor que **65 dB**.

Protección frente al ruido procedente de zonas comunes:

El nivel global de presión de ruido de impactos, $L'_{nT,w}$, en un recinto protegido colindante vertical, horizontalmente o que tenga una arista horizontal común con una zona común del edificio no será mayor que **65 dB**.

Esta exigencia no es de aplicación en el caso de los recintos protegidos colindantes horizontalmente con una escalera situada en una zona común.

Protección frente al ruido procedente de recintos de instalaciones o de recintos de actividad:

El nivel global de presión de ruido de impactos, $L'_{nT,w}$, en un recinto protegido colindante vertical, horizontalmente o que tenga una arista horizontal común con un recinto de actividad o con un recinto de instalaciones no será mayor que **60 dB**.

CTE-HR: Valores límite de tiempo de reverberación

En conjunto los elementos constructivos, acabados superficiales y *revestimientos* que delimitan un aula o una sala de conferencias, un comedor y un restaurante, tendrán la absorción acústica suficiente de tal manera que:

El *tiempo de reverberación* en aulas y salas de conferencias vacías (sin ocupación y sin mobiliario), cuyo volumen sea menor que 350 m³, no será mayor que 0,7 s.

El *tiempo de reverberación* en aulas y en salas de conferencias vacías, pero incluyendo el total de las butacas, cuyo volumen sea menor que 350 m³, no será mayor que 0,5 s.

El *tiempo de reverberación* en restaurantes y comedores vacíos no será mayor que 0,9 s.

Para limitar el ruido reverberante en las *zonas comunes* los elementos constructivos, los acabados superficiales y los *revestimientos* que delimitan una *zona común* de un edificio de uso residencial público o docente colindante con *recintos habitables* con los que comparten puertas, tendrán **la absorción acústica suficiente de manera que el área de absorción acústica equivalente, A, sea al menos 0,2 m² por cada metro cúbico del volumen del recinto.**

Datos previos y procedimiento para el control de la reverberación en proyecto

Para satisfacer los valores límite del tiempo de reverberación requeridos en aulas y salas de conferencias de volumen hasta 350 m³, restaurantes y comedores, puede elegirse uno de los dos métodos que figuran a continuación:

- el **método de cálculo general** del tiempo de reverberación a partir del volumen y de la absorción acústica de cada uno de los *recintos* del apartado [3.2.2.](#)
- el **método de cálculo simplificado** del tiempo de reverberación, apartado [3.2.3](#), que consiste en emplear un tratamiento absorbente acústico aplicado en el techo. Este método sólo es válido en el caso de aulas de volumen hasta 350 m³, restaurantes y comedores.

En el caso de aulas y salas de conferencias, ambas opciones son aplicables si los *recintos* son de formas prismáticas rectas o asimilables.

Debe diseñarse y dimensionarse, como mínimo, un caso de cada *recinto* que sea diferente en forma, tamaño y elementos constructivos.

3.2.2 Método de cálculo general del tiempo de reverberación

El tiempo de reverberación, T , de un *recinto* se calcula mediante la expresión:

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

La absorción acústica, A , se calculará a partir de la expresión:

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{w,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{O,w,j} + 4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$$

$\alpha_{m,i}$ coeficiente de absorción acústica medio de cada paramento, para las bandas de tercio de octava centradas en las frecuencias de **500, 1000 y 2000 Hz**; la dispersión de los tres valores del tiempo de reverberación obtenidos usando la citada fórmula de Sabine independientemente para cada una de las tres bandas de frecuencia citadas respecto a su valor medio no debe superar el 35 %

- $Ao_{m,j}$: área de absorción acústica equivalente media de cada mueble fijo absorbente diferente [m²]

El término $4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$ es despreciable en los *recintos* de volumen menor que 250 m³.

$\overline{m_m}$: coeficiente de absorción acústica medio en el aire, para las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz y de valor 0,006.

3.2.3 Método de cálculo simplificado del tiempo de reverberación. Tratamientos absorbentes de los paramentos

En la mayoría de los casos puede emplearse un tratamiento absorbente uniforme aplicado únicamente en el techo. Los valores mínimos del coeficiente de absorción acústica ponderado del material o techo suspendido figuran en el apartado [**3.2.3.1.**](#)

En aquellos casos en los que **no sea posible encontrar un material o un techo suspendido con el valor de coeficiente de absorción acústica ponderado requerido** en el apartado 3.2.3.1, **deben utilizarse además tratamientos absorbentes adicionales** al del techo en el resto de los paramentos, según el apartado [**3.2.3.2.**](#)

3.2.3.1 Tratamientos absorbentes uniformes del techo

Las ecuaciones que figuran a continuación expresan el valor mínimo del coeficiente de absorción acústica ponderado, $\alpha_{w,t}$, del material o del techo suspendido para los casos siguientes:

aulas de volumen hasta 350 m³:

sin butacas tapizadas:

$$\alpha_{m,t} = h \cdot \left(0,23 - \frac{0,12}{\sqrt{S_t}} \right)$$

con butacas tapizadas fijas:

$$\alpha_{m,t} = h \cdot \left(0,32 - \frac{0,12}{\sqrt{S_t}} \right) - 0,26$$

restaurantes y comedores:

$$\alpha_{m,t} = h \cdot \left(0,18 - \frac{0,12}{\sqrt{S_t}} \right)$$

(h: altura libre del recinto, St: sup. Techo)

$\alpha_{m,t}$: coeficiente de absorción acústica medio del techo

3.2.3.2 Tratamientos absorbentes adicionales al del techo

Los tratamientos absorbentes empleados en los paramentos deben cumplir la relación siguiente:

$$\alpha_{m,t} \cdot S_t = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i$$

Resumen exigencias

Recintos protegidos	Procedencia del ruido	Colindancia	Exigencia
	Misma unidad de uso	Tabiquería (H)	$R_A \geq 33\text{dBA}$
	Otras unidades de uso	V o H	$D_{nT,A} \geq 50\text{dBA}$
	Zonas comunes	V o H	$D_{nT,A} \geq 50\text{dBA}^{(1)}$
	Recintos de instalaciones o de actividades	V o H	$D_{nT,A} \geq 55\text{dBA}$
	Exterior	-	Tabla según Ld
	Otro edificio	Medianería	$D_{nT,A} \geq 50\text{dBA}$ o $D_{2m,nT,Atr} \geq 40\text{dBA}$
Recintos habitables	Misma unidad de uso	Tabiquería (H)	$R_A \geq 33\text{dBA}$
	Otras unidades de uso	V o H	$D_{nT,A} \geq 45\text{dBA}$
	Zonas comunes	V o H	$D_{nT,A} \geq 45\text{dBA}^{(3)}$
	Recintos de instalaciones o de actividades	V o H	$D_{nT,A} \geq 45\text{dBA}$
	Otro edificio	Mitjanaria	$D_{nT,A} \geq 50\text{dBA}$ o $D_{2m,nT,Atr} \geq 40\text{dBA}$

(1) Si no hay puertas ni ventanas. Si las hay, su $R_A \geq 30\text{dBA}$ y la del muro $R_A \geq 50\text{dBA}$.

(2) Cada cerramiento de la medianería.

(3) Si no hay puertas ventanas. Si las hay, su $R_A \geq 20\text{dBA}$ y la del muro $R_A \geq 50\text{dBA}$.

- Sintaxis y nomenclatura utilizada en el CTE
- Estructura, filosofía y contenido del CTE-HR
- Terminología básica de aislamiento (CTE-HR)
- Exigencias
- ➔ • Diseño y dimensionado
 - Opción simplificada
 - Opción general
- Protección contra el ruido de las instalaciones
- Otros aspectos a tener en cuenta

Diseño y dimensionado

Aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos

Datos previos y procedimiento

Para el diseño y dimensionado de los elementos constructivos, puede elegirse una de las dos **opciones, simplificada o general**.

Para la definición de los elementos constructivos deben conocerse:

- masa por unidad de superficie, **m**,
- índice global de reducción acústica, ponderado A, **R_A** ,
- el nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, **$L_{n,w}$** .
- Mejora del índice global de reducción acústica por trasdosado o mejora reducción de nivel de ruido de impacto: **ΔR_A , ΔL_n** .

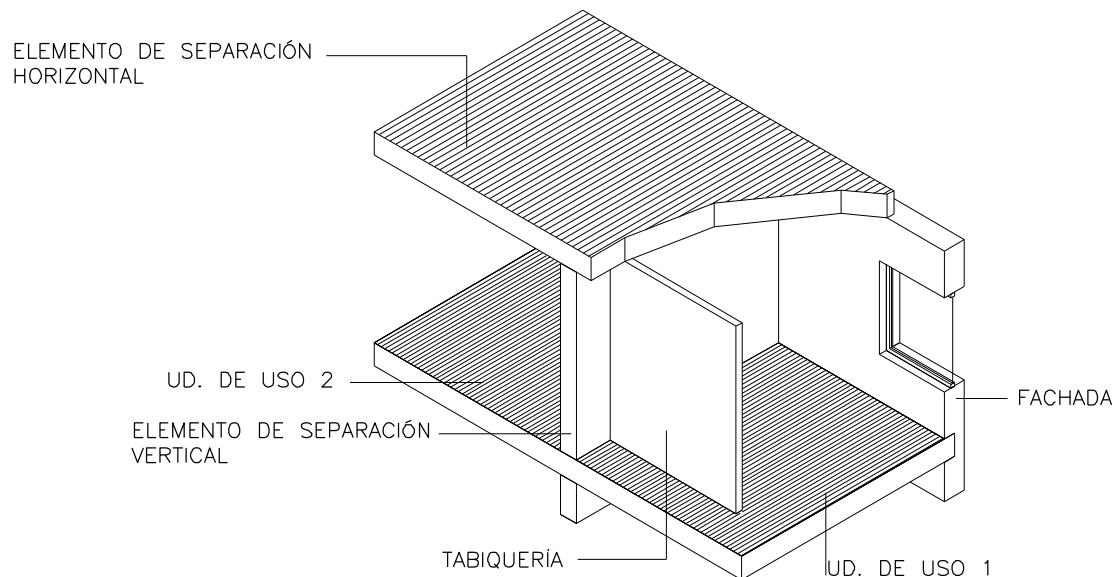
Los valores de R_A y de $L_{n,w}$ pueden obtenerse mediante mediciones en laboratorio mediante tabulaciones incluidas en Documentos Reconocidos del CTE o mediante otros métodos de cálculo sancionados por la práctica.

También debe conocerse el valor del índice de ruido día, **L_d** , de la zona donde se ubique el edificio.

3.1.2 Opción simplificada: Soluciones de aislamiento acústico

La opción simplificada proporciona soluciones de aislamiento que dan conformidad a las exigencias de aislamiento a ruido aéreo y a ruido de impactos.

Una solución de aislamiento es el conjunto de todos los elementos constructivos que conforman un *recinto* (elementos de separación verticales y horizontales, tabiquería, *medianerías*, *fachadas* y *cubiertas*) y que influyen en la transmisión del ruido y de las vibraciones entre *recintos* adyacentes o entre el exterior y un *recinto*.



A partir de la opción simplificada se dan propuestas para cada tipología de elemento constructivo:

Elementos de separación

Tabiquería

Elementos de separación verticales

Elementos de separación horizontales

Medianerías

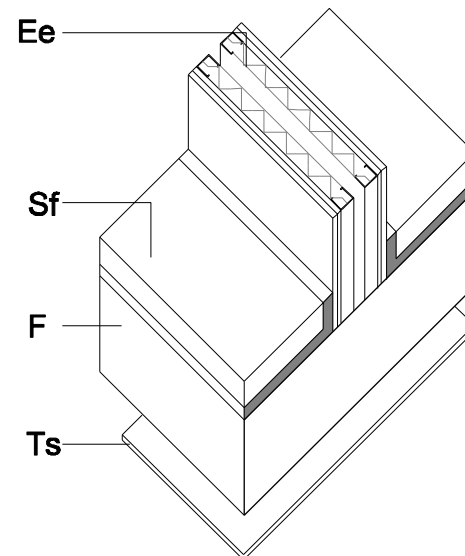
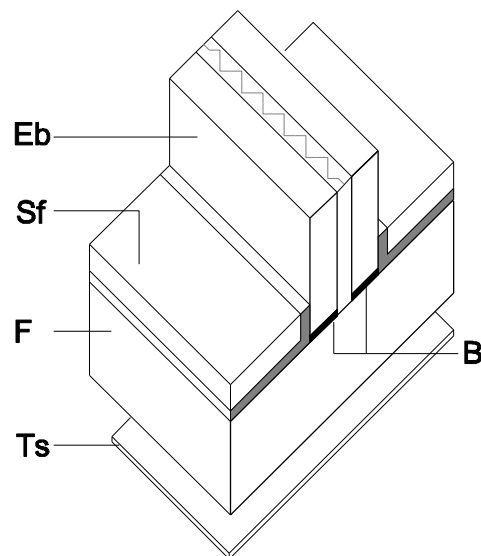
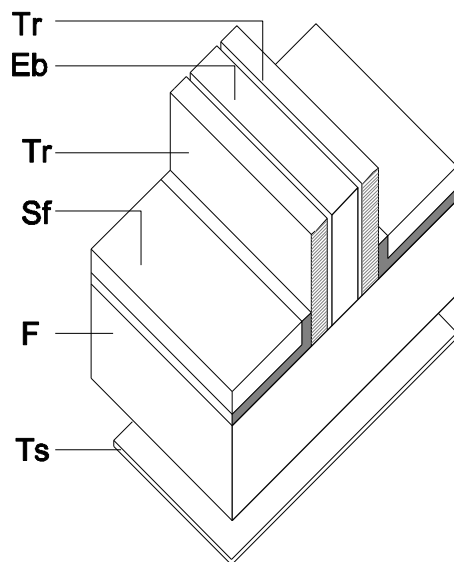
Fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior

Elementos de separación vertical

tipo 1: Elementos compuestos por un elemento base de una o dos hojas de fábrica, hormigón o *paneles prefabricados pesados* (Eb), sin *trasdosado* o con un *trasdosado* por ambos lados (Tr);

tipo 2: Elementos de dos hojas de fábrica o *paneles prefabricado pesados* (Eb), con *bandas elásticas* en su perímetro dispuestas en los encuentros de, al menos, una de las hojas con forjados, suelos, techos, pilares y *fachadas*;

tipo 3: Elementos de dos hojas de *entramado autoportante* (Ee).



Eb Elemento constructivo base de fábrica o de paneles prefabricados pesados (una o dos hojas)

Tr *Trasdoso*

Ee *Elemento de entramado autoportante*

F Forjado

Sf *Suelo flotante*

Ts *Techo suspendido*

B *Banda elástica*

3.1.2.3.4 Condiciones mínimas de los elementos de separación verticales

- 1 En la tabla 3.2 se expresan los valores mínimos que debe cumplir cada uno de los parámetros acústicos que definen los elementos de separación verticales entre *unidades de uso* diferentes o entre una *unidad de uso* y una *zona común*. Entre paréntesis figuran los valores que deben cumplir los elementos de separación verticales que delimitan un *recinto de instalaciones* o un *recinto de actividad*. Las casillas sombreadas se refieren a elementos constructivos inadecuados. Las casillas con guión se refieren a elementos de separación verticales que no necesitan *trasdosados*.
- 2 En el caso de elementos de separación verticales de tipo 1, el *trasdosado* debe aplicarse por ambas caras del elemento constructivo base. Si no fuera posible trasdosar por ambas caras y la transmisión de ruido se produjera principalmente a través del elemento de separación vertical, como es el caso de cajas de escaleras o de ascensores, podrá trasdosarse el elemento constructivo base solamente por una cara, incrementándose en 4 dBA la mejora ΔR_A del *trasdosado* especificada en la tabla 3.2.
- 3 En el caso de que una *unidad de uso* no tuviera tabiquería interior, como por ejemplo un aula, puede elegirse cualquier elemento de separación vertical de la tabla 3.2.
- 4 De acuerdo con lo establecido en el apartado 2.1.1, las puertas que comunican un *recinto protegido* de una *unidad de uso* con una *zona común*, deben tener un índice global de reducción acústica, ponderado A, R_A , no menor que 30 dBA y si comunican un *recinto habitable* de una *unidad de uso* con una *zona común*, su índice global de reducción acústica, ponderado A, R_A no será menor que 20 dBA.

- 5 Con objeto de limitar las transmisiones indirectas por flancos y en el caso de que algún elemento de separación vertical acometiera a una *medianería* o a una *fachada* de dos hojas, la hoja exterior de la misma debe tener una masa por unidad de superficie mayor que 130 kg/m^2 .

Con objeto de limitar las transmisiones indirectas por flancos y en el caso de que algún elemento de separación vertical acometiera a una *medianería* o a una *fachada* de una hoja, ventilada o *fachada* con el aislamiento por el exterior, debe cumplirse:

- a) en el caso de elementos de separación verticales de tipo 1, el índice global de reducción acústica, ponderado A, R_A , de la *medianería* o la *fachada* debe ser al menos 41 dBA y su masa por unidad de superficie, m , al menos 130 kg/m^2 ;
- b) en el caso de elementos de separación verticales de tipo 2 cuya masa por unidad de superficie, m , sea menor que 170 kg/m^2 , no está permitido que éstos acometan a *medianerías* o a *fachadas* de una sola hoja, ventiladas o que tengan el aislamiento por el exterior;
- c) en el caso de elementos de separación verticales de tipo 2 cuya masa por unidad de superficie, m , sea mayor que 170 kg/m^2 , el índice global de reducción acústica, ponderado A, R_A , de la *medianería* o la *fachada* a la que acometen debe ser al menos 50 dBA y su masa por unidad de superficie, m , al menos 225 kg/m^2 ;
- d) en el caso de elementos de separación verticales de tipo 3, índice global de reducción acústica, ponderado A, R_A , de la *medianería* o la *fachada* a la que acometen debe ser al menos 50 dBA y su masa por unidad de superficie, m , al menos 225 kg/m^2 .

Independientemente de lo indicado, las *medianerías* y las *fachadas* deben cumplir lo establecido en los apartados 3.1.2.4 y 3.1.2.5, respectivamente.

Tabla 3.2. Parámetros acústicos de los componentes de los elementos de separación verticales

Elementos de separación verticales				
Tipo	Elemento base ⁽¹⁾⁽²⁾ (Eb - Ee)		Trasdosado ⁽³⁾ (Tr) (en función de la tabiquería)	
	m kg/m ²	R _A dBA	Tabiquería de fábrica o paneles prefabricados pe- sados ⁽⁴⁾	Tabiquería de entramado autoportante
TIPO 1 Una hoja o dos hojas de fábrica con Trasdosado	67	33		16 ⁽⁸⁾⁽¹¹⁾
	120	38		14 ⁽⁸⁾⁽¹¹⁾
	150	41	16 ⁽⁸⁾	13 ⁽¹¹⁾
	180	45	13	9 ⁽¹¹⁾ (12) ⁽¹¹⁾
	200	46	11 ⁽¹¹⁾	10 ⁽¹³⁾ (10) ⁽¹¹⁾
	250	51	6 ⁽¹³⁾	4 ⁽¹³⁾ (8) ⁽¹³⁾
	300	52	3 ⁽¹³⁾ 8 (9)	3 ⁽¹³⁾ (8) ⁽¹³⁾
	300 ⁽⁷⁾	55 ⁽⁷⁾	-	-
	350	55	5 ⁽¹³⁾ (8) ⁽¹¹⁾	0 ⁽¹³⁾ (8) ⁽¹³⁾
	400	57	0 ⁽¹³⁾ 2 ⁽¹³⁾ (8) ⁽¹³⁾	0 ⁽¹³⁾ (8) ⁽¹³⁾
TIPO 2 Dos hojas de fábrica con bandas elásticas perimétricas	130 ⁽⁶⁾	54 ⁽⁶⁾	-	-
	170 ⁽⁶⁾	54 ⁽⁶⁾	-	-
	(200) ⁽⁶⁾	(61) ⁽⁶⁾	-	-
TIPO 3 Entramado autopor- tante	44 ⁽¹²⁾	58 ⁽¹²⁾		
	(52) ⁽⁹⁾	(64) ⁽⁹⁾		
	(60) ⁽¹⁰⁾	(68) ⁽¹⁰⁾		

- (1) En el caso de elementos de separación verticales de dos hojas de fábrica, el valor de m corresponde al de la suma de las masas por unidad de superficie de las hojas y el valor de R_A corresponde al del conjunto.
- (2) Los elementos de separación verticales deben cumplir simultáneamente los valores de masa por unidad de superficie, m y de índice global de reducción acústica, ponderado A , R_A .
- (3) El valor de la mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A , ΔR_A , corresponde al de un *trasdosado* instalado sobre un elemento base de masa mayor o igual a la que figura en la tabla 3.2.
- (4) La columna tabiquería de fábrica o paneles prefabricados pesados se aplica indistintamente a todos los tipos de tabiquería de fábrica o *paneles prefabricados pesados* incluidos en el apartado 3.1.2.3.1.
- (5) La masa por unidad de superficie de cada hoja que tenga *bandas elásticas* perimétricas no será mayor que 150 kg/m^2 y en el caso de los elementos de tipo 2 que tengan *bandas elásticas* perimétricas únicamente en una de sus hojas, la hoja que apoya directamente sobre el forjado debe tener un índice global de reducción acústica, ponderado A , R_A , de al menos 42 dBA.
- (6) Esta solución es válida únicamente para tabiquería de *entramado autoportante* o de fábrica o *paneles prefabricados pesados* con *bandas elásticas* en la base, dispuestas tanto en la tabiquería del *recinto de instalaciones*, como en la del *recinto protegido* inmediatamente superior. Por otra parte, esta solución no es válida cuando acometan a *medianerías* o *fachadas* de una sola hoja ventiladas o que tengan en aislamiento por el exterior.

La masa por unidad de superficie de cada hoja que tenga *bandas elásticas* perimétricas no será mayor que 150 kg/m^2 y en el caso de los elementos de tipo 2 que tengan *bandas elásticas* perimétricas únicamente en una de sus hojas, la hoja que apoya directamente sobre el forjado debe tener un índice global de reducción acústica, ponderado A, R_A , de al menos 45 dBA.

- (7) Esta solución es válida si se disponen *bandas elásticas* en los encuentros del elemento de separación vertical con la tabiquería de fábrica que acomete al elemento, ya sea ésta con apoyo directo o con *bandas elásticas*.
- (8) Estas soluciones no son válidas si acometen a una fachada o *medianería* de una hoja de fábrica o ventilada con la hoja interior de fábrica o de hormigón.
- (9) Esta solución de tipo 3 es válida para *recintos de instalaciones* o de *actividad* si se cumplen las condiciones siguientes:
- Se dispone en el *recinto de instalaciones* o *recinto de actividad* y en el *recinto habitable* o *recinto* protegido colindante horizontalmente un suelo flotante con una mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, ΔR_A mayor o igual que 6dBA;
 - Además, debe disponerse en el *recinto de instalaciones* o *recinto de actividad* un techo suspendido con una mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, ΔR_A mayor o igual que:
 - i. 6dBA, si el recinto de instalaciones es interior o el elemento de separación vertical acomete a una fachada ligera, con hoja interior de entramado autoportante;
 - ii. 12dBA, si el elemento de separación vertical de tipo 3 acomete a una *medianería* o fachada pesada con hoja interior de entramado autoportante.

Independientemente de lo especificado en esta nota, los suelos flotantes y los techos suspendidos deben cumplir lo especificado en el apartado 3.1.2.3.5.

- (10) Solución válida si el forjado que separa el recinto de instalaciones o recinto de actividad de un recinto protegido o habitable tiene una masa por unidad de superficie mayor que 400 kg/m^2 .
- (11) Valores aplicables en combinación con un forjado de masa por unidad de superficie, m , de al menos 250 kg/m^2 y un suelo flotante, tanto en el recinto emisor como en el recinto receptor, con una mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, ΔR_A mayor o igual que 4dBA;
- (12) Valores aplicables en combinación con un forjado de masa por unidad de superficie, m , de al menos 200 kg/m^2 y un suelo flotante y un techo suspendido, tanto en el recinto emisor como en el recinto receptor, con una mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, ΔR_A mayor o igual que 10dBA y 6dBA respectivamente;
- (13) Valores aplicables en combinación con un forjado de masa por unidad de superficie, m , de al menos 175 kg/m^2 .

Independientemente de lo especificado en las notas 10, 11 y 12, los suelos flotantes y los techos suspendidos deben cumplir lo especificado en el apartado 3.1.2.3.5.

Elementos de separación horizontales

3.1.2.3.5 Condiciones mínimas de los elementos de separación horizontales

- 1 En la tabla 3.3 se expresan los valores mínimos que debe cumplir cada uno de los parámetros acústicos que definen los elementos de separación horizontales.
- 2 Los forjados que delimitan superiormente una *unidad de uso* deben disponer de un *suelo flotante* y, en su caso, de un techo suspendido con los que se cumplan los valores de mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, ΔR_A y de reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, ΔL_w especificados en la tabla 3.3.
- 3 Los forjados que delimitan inferiormente una *unidad de uso* y la separan de una *zona común*, un *recinto de instalaciones* o un *recinto de actividad* deben disponer de una combinación de *suelo flotante* y techo suspendido con los que se cumplan los valores de mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, ΔR_A .
- 4 Además, para limitar la transmisión de ruido de impactos, en el forjado de una *unidad de uso*, de un *recinto de actividad* o de instalaciones o una *zona común* colindantes horizontalmente con *unidades de uso* diferentes o con una arista horizontal común con las mismas deben disponerse *suelos flotantes* cuya reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, ΔL_w , sea la especificada en la tabla 3.3. (Véase figura 3.4)
- 5 En el caso de que una *unidad de uso* no tuviera tabiquería interior, como por ejemplo un aula, puede elegirse cualquier elemento de separación horizontal de la tabla 3.3.
- 6 Entre paréntesis figuran los valores que deben cumplir los elementos de separación horizontales entre una *unidad de uso* y un *recinto de instalaciones* o de actividad.

Tabla 3.3. Parámetros acústicos de los componentes de los elementos de separación horizontales

Forjado ⁽¹⁾ (F)		Suelo flotante y techo suspendido (Sf) y (Ts) en función de la tabiquería									
		Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con apoyo directo en el forjado			Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con bandas elásticas o apoyada sobre el suelo flotante.			Tabiquería de entramado autoportante			
		Suelo flotante ⁽²⁾⁽³⁾		Techo suspendido ⁽⁵⁾	Suelo flotante ⁽²⁾⁽³⁾		Techo suspendido ⁽⁵⁾	Suelo flotante ⁽²⁾⁽³⁾		Techo suspendido ⁽⁵⁾	Condiciones de la fachada ⁽⁶⁾
		ΔL_w dB	ΔR_A dBA	ΔR_A dBA	ΔL_w dB	ΔR_A dBA	ΔR_A dBA	ΔL_w dB	ΔR_A dBA	ΔR_A dBA	
175	44				26	3 15	15 4	26	0	8	2H
									2	7	
									6	5	
									7	1	
									8	0	1H
									4	15	
									9	12	
									14	5	
									15	4	
									19	3	
200	45				25	2 8 15	15 5 2	24	(4)	(15)	2H
									(9)	(10)	
									(14)	(5)	
									(15)	(4)	
									(17)	(1)	
									(18)	(0)	1H
225	47				24	0 2 5 15 17	15 8 5 1 0	23	0	4	2H
									2	3	
									4	0	
									0	15	
									2	8	1H
									5	5	
									9	2	
									14	1	
									15	0	
									(0)	(13)	2H
					(29)	(9) (15) (19)	(15) (9) (7)	(28)	(2)	(11)	
									(8)	(5)	
									(9)	(4)	
									(12)	(1)	
									(13)	(0)	
											1H

Tabla 3.3. Parámetros acústicos de los componentes de los elementos de separación horizontales.

Forjado ⁽¹⁾ (F)		Suelo flotante y techo suspendido (Sf) y (Te) en función de la tabiquería									
		Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con apoyo directo en el forjado			Tabiquería de fábrica o de paneles prefabricados pesados con bandas elásticas o apoyada sobre el suelo flotante			Tabiquería de entramado autoportante			Condiciones de la fachada ⁽⁶⁾
		Suelo flotante ⁽²⁾⁽³⁾		Techo suspendido ⁽⁵⁾	Suelo flotante ⁽²⁾⁽³⁾		Techo suspendido ⁽⁵⁾	Suelo flotante ⁽²⁾⁽³⁾		Techo suspendido ⁽⁵⁾	
		ΔL_w dB	ΔR_A dBA	ΔR_A dBA	ΔL_w dB	ΔR_A dBA	ΔR_A dBA	ΔL_w dB	ΔR_A dBA	ΔR_A dBA	
m kg/m ²	R _A dBA										
250	49				22	0 2 9	10 5 0	21	0 2 0 9 2 5 0	2 0 9 5 0	2H 1H
					(27)	(6) (9)	(15) (10)	(26)	(0) (2) (6) (9) (11)	(11) (9) (5) (2) (0)	2H 1H
300 ⁽⁶⁾	52	18	3 8 9	15 5 4	16	0 2 4	4 1 0	16	0 0 2	0 2 0	2H 1H
					(21)	(3) (7) (8) (9)	(15) (5) (5) (4)	(21)	(0) (2) (5) (10) ⁽⁷⁾ (9)	(5) (4) (0) (0) ⁽⁷⁾ (15) (11)	2H 1H
350 ⁽⁶⁾	54	16	0 1 2 8 12	12 8 5 1 0	15	0	0	14	0 0 5 5	0 5 0	1H ó 2H
					(19)	(1) (4) (5) (8)	(11) (5) (4) (2)	(19)	(0) (2) (3) (8) ⁽⁷⁾ (5) (7) (8)	(3) (2) (0) (0) ⁽⁷⁾ (7) (5) (4)	2H 1H
400 ⁽⁶⁾	57	14	0 2 9 5 2	2 0 2 5 15	12	0	0	11	0 0 0	0 0 0	1H ó 2H
					(17)	(0) (4) (6) (10) ⁽⁷⁾	(6) (1) (0) (0) ⁽⁷⁾	(16)	(0) (5) ⁽⁷⁾ (0) (1) (4) (6) (8) (9) ⁽⁷⁾	(0) (0) (9) (7) (3) (1) (0) (0) ⁽⁷⁾	2H 1H
450	58	12	0 0 5	0 4 0	10	0	0	10	0 0 0	0 0 0	1H ó 2H
					(15)	(0) (3) (6) ⁽⁷⁾	(3) (0) (0) ⁽⁷⁾	(15)	(0) (4) ⁽⁷⁾ (0) (3) (4)	(0) (0) ⁽⁷⁾ (4) (2) (0)	2H 1H

								(7) ⁽⁷⁾	(0) ⁽⁷⁾		
500	60	12	0	0'	10	0	0'	9	0	0'	1H ó 2H
									(0) (1) ⁽⁷⁾	(0) (0) ⁽⁷⁾	2H
		(17)	(4) (5)	(7) (5)	(15)	(0) (3) ⁽⁷⁾	(0) (0) ⁽⁷⁾	(14)	(0) (1) (3) ⁽⁷⁾	(1) (0) (0) ⁽⁷⁾	1H

- (1) Los forjados deben cumplir simultáneamente los valores de masa por unidad de superficie, m y de índice global de reducción acústica ponderado A , R_A .
- (2) Los *suelos flotantes* deben cumplir simultáneamente los valores de reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, ΔL_w , y de mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A , ΔR_A .
- (3) Los valores de mejora del aislamiento a ruido aéreo, ΔR_A , y de reducción de ruido de impactos, ΔL_w , corresponden a un único *suelo flotante*; la adición de mejoras sucesivas, una sobre otra, en un mismo lado no garantiza la obtención de los valores de aislamiento.
- (4) En el caso de forjados con piezas de entrevigado de poliestireno expandido (EPS), el valor de ΔL_w correspondiente debe incrementarse en 4dB.
- (5) Los valores de mejora del aislamiento a ruido aéreo, ΔR_A , corresponden a un único techo suspendido; la adición de mejoras sucesivas, una bajo otra, en un mismo lado no garantiza la obtención de los valores de aislamiento.
- (6) Para limitar las transmisiones por flancos, en el caso de la tabiquería de entramado autoportante, en la tabla 3.3 aparecen los símbolos:
- 1H, para fachadas o *medianerías* de 1 hoja o fachadas ventiladas con la hoja interior de fábrica o de hormigón, que deben de cumplir;
 - i. la masa por unidad de superficie, m , de la hoja de fábrica o de hormigón deber ser al menos 135kg/m^2 ;
 - ii. el índice global de reducción acústica, ponderado A , R_A , de la hoja de fábrica o de hormigón debe ser al menos 42dBA.
 - 2H, para fachadas o *medianerías* de dos hojas, que deben cumplir:
 - i. para las fachadas pesadas no ventiladas con la hoja interior de *entramado autoportante*:
 - la masa por unidad de superficie, m , de la hoja exterior deber ser al menos 145kg/m^2 ;
 - el índice global de reducción acústica, ponderado A , R_A , de la hoja exterior debe ser al menos 45dBA.
 - ii. para las fachadas o *medianerías* ventiladas o ligeras no ventiladas, con la hoja interior de *entramado autoportante*:
 - la masa por unidad de superficie, m , de la hoja interior deber ser al menos 26kg/m^2 ;
 - el índice global de reducción acústica, ponderado A , R_A , de la hoja interior debe ser al menos 43dBA;

Las soluciones para fachada de dos hojas también son aplicables en el caso de que los recintos sean interiores.

- (7) Soluciones de elementos de separación horizontales específicas para el caso de garajes.

Características fachadas

L_d dBA	Uso del edificio			
	Residencial y sanitario		Cultural, docente, administrativo y religioso	
	Dormitorios	Estancias	Estancias y salas de lectura	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

Tabla 3.4 Parámetros acústicos de fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior de recintos protegidos

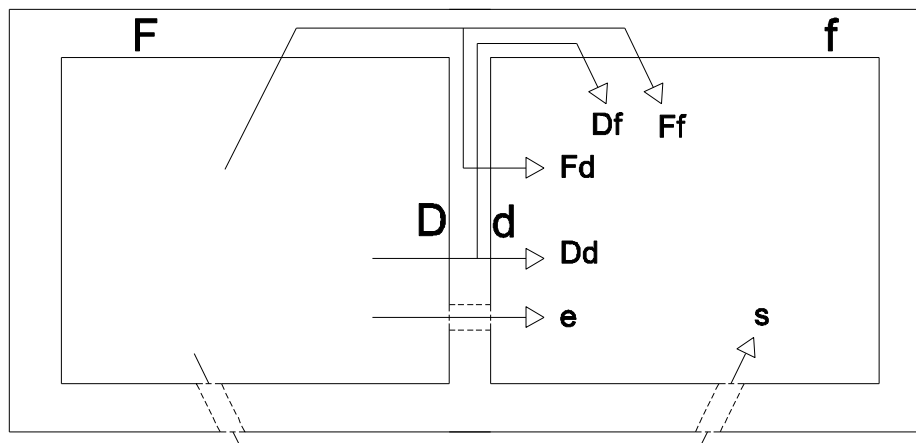
Nivel límite exigido (Tabla 2.1) $D_{2m,nT,Atr}$ dBA	Parte ciega ⁽¹⁾ 100 % R_A dBA	Parte ciega ⁽¹⁾ 100 % R_A dBA	Huecos				
			Porcentaje de huecos				
			$R_{A,T}$ de la ventana y de la caja de persiana y $D_{n,e,Atr}$ del aireador dBA				
			Hasta 15 %	De 16 a 30%	De 31 a 60%	De 61 a 80%	De 81 a 100%
$D_{2m,nT,Atr} = 30$	33	35	28	29	31	32	33
		40	25	28	30	31	
		45	25	28	30	31	
$D_{2m,nT,Atr} = 32$	35	35	30	32	34	34	35
		40	27	30	32	34	
		45	28	29	32	33	
$D_{2m,nT,Atr} = 34^{(2)}$	36	40	30	33	35	36	36
		45	29	32	34	36	
		50	28	31	34	35	
$D_{2m,nT,Atr} = 36^{(2)}$	38	40	33	35	37	38	38
		45	31	34	36	37	
		50	30	33	36	37	
$D_{2m,nT,Atr} = 37$	39	40	35	37	39	39	39
		45	32	35	37	38	
		50	31	34	37	38	
$D_{2m,nT,Atr} = 41^{(2)}$	43	45	39	40	42	43	43
		50	38	39	41	42	
		55	35	38	41	42	
$D_{2m,nT,Atr} = 42$	44	50	37	40	42	43	44
		55	36	39	42	43	
		60	36	39	42	43	
$D_{2m,nT,Atr} = 46^{(2)}$	48	50	43	45	47	48	48
		55	41	44	46	47	
		60	40	43	46	47	
$D_{2m,nT,Atr} = 47$	49	55	42	45	47	48	49
		60	41	44	47	48	
$D_{2m,nT,Atr} = 51^{(2)}$	53	55	48	50	52	53	53
		60	48	49	51	52	

- ⁽¹⁾ En el caso de que dos *unidades de uso* colindantes horizontalmente compartan una *fachada* o *cubierta ligera*, debe garantizarse el cumplimiento de los valores límite de aislamiento acústico entre *recintos*.
- ⁽²⁾ Los valores de estos niveles límite se refieren a los que resultan de incrementar 4 dBA los exigidos en la tabla 2.1, cuando el *ruido exterior dominante* es el de aeronaves.

3.1.3 Opción general. Método de cálculo de aislamiento acústico

La opción general contiene un procedimiento de cálculo basado en el modelo simplificado para la transmisión estructural de la UNE EN 12354 partes 1, 2 y 3.

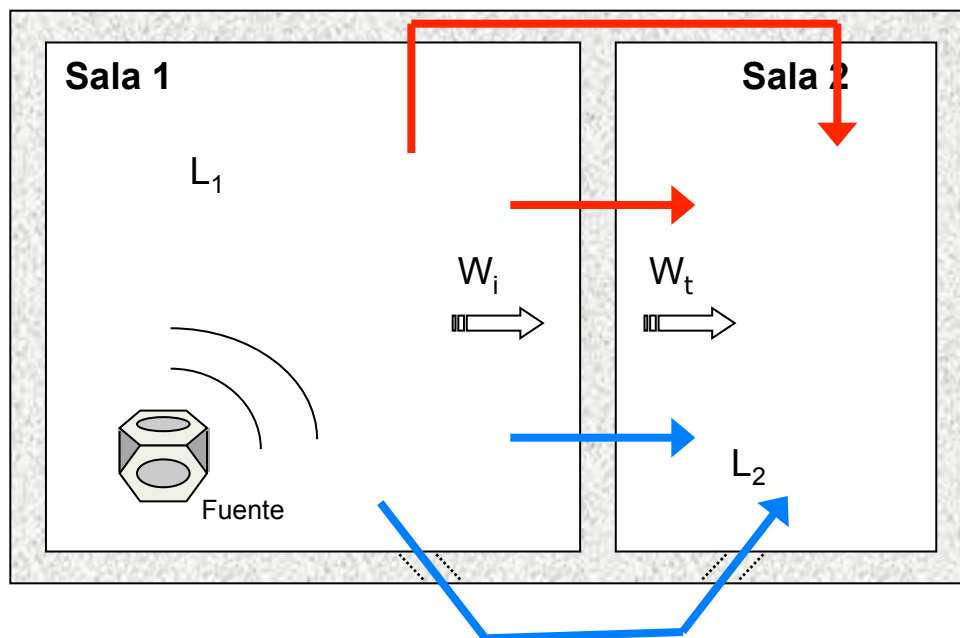
También podrá utilizarse el modelo detallado que se especifica en esa norma.



$$R'_A = -10 \cdot \lg \left(10^{-0,1R_{Dd,A}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-0,1R_{Ff,A}} + \sum_{f=1}^n 10^{-0,1R_{Df,A}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0,1R_{Fd,A}} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{ai=ei,si} 10^{-0,1D_{n,ai,A}} \right)$$

O expresado de otra forma:

$$R' = -10 \cdot \log(\tau') \quad \tau' = \tau_d + \sum_{n=1}^4 \tau_f + \sum_{e=1}^m \tau_e + \sum_{s=1}^q \tau_s$$

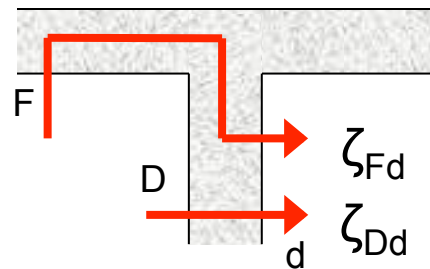


Transmisión por
vía estructural

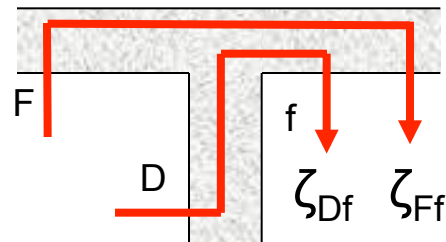
Transmisión por
vía aérea

Nomenclatura

Transmisión estructural por el elemento separador:

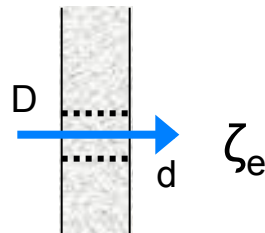


Transmisión estructural por cada flanco (hay 4, las 4 aristas):

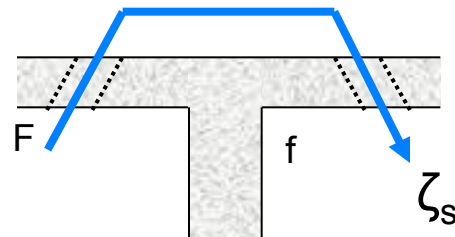


Nomenclatura

Transmisión aérea por el elemento separador:



Transmisión aérea por caminos indirectos:



Cálculo de R':

$$R' = -10 \cdot \log(\tau')$$

, se calcula en bandas de octava o tercios.

$$\tau' = \tau_d + \sum_{n=1}^4 \tau_f + \sum_{e=1}^m \tau_e + \sum_{s=1}^q \tau_s$$

Contribución directa

Contribución de los flancos

Contribución de los
caminos indirectos

Contribución de los elementos de la pared heterogenea

Obtención de los factores de transmisión:

$$\tau_{Dd} = 10^{-\frac{R_{Dd}}{10}}$$

$$\tau_{ij} = 10^{-\frac{R_{ij}}{10}}$$

ij : Ff, Df y Fd

$$\tau_e = \frac{10}{S_s} \cdot 10^{-\frac{Dn,e}{10}}$$

$$\tau_s = \frac{10}{S_s} \cdot 10^{-\frac{Dn,s}{10}}$$

donde S_s es la superficie total de la pared separadora.

Cálculo de los índices R_{Dd} y R_{ij} :

1º: ***Transformación de los valores de entrada en valores in situ:***

$$R_{Dd,situ} = R_{Dd} - 10 \cdot \underbrace{\log \frac{T_{s,situ}}{T_{s,lab}}}_{\text{, Ts: TR60 estructural}}$$

Término despreciable en estos casos:

- 1.- Elementos ligeros de doble hoja, tales como paredes prefabricadas sobre marco de madera o metal.
- 2.- Elementos con $\eta > 0,03$
- 3.- Elementos con $m' < 1/3$ la m' de los elementos estructurales que los rodean.
- 4.- Elementos que no están firmemente conectados a los elementos adyacentes.

Cálculo de los índices R_{Dd} y R_{ij} :

Los incrementos de R (ΔR) de los trasdosados o recubrimientos no hace falta transformarlos:

2º: *Obtención de R_{Dd} :*

$$\Delta R_{situ} = \Delta R$$

$$R_{Dd,A} = R_{S,A} + \Delta R_{Dd,A}$$

Un revestimiento:

$$\Delta R_{Dd,A} = \Delta R_{D,A} \quad \text{ó} \quad \Delta R_{Dd,A} = \Delta R_{d,A}$$

Dos revestimientos:

$$\Delta R_{Dd,A} = \Delta R_{D,A} + \frac{\Delta R_{d,A}}{2} \quad \text{ó} \quad \Delta R_{Dd,A} = \Delta R_{d,A} + \frac{\Delta R_{D,A}}{2}$$

Se elegirá como valor mitad para el caso de dos *revestimientos*, el menor de ellos.

Cálculo de los índices R_{ij} (según UNE):

$$R_{ij} = \frac{R_i}{2} + \Delta R_i + \frac{R_j}{2} + \Delta R_j + K_{ij} + 10 \cdot \log \frac{S_s}{L_{ij}}$$

Donde:

L_{ij} : Longitud de acoplamiento de la unión común (arista) entre el elemento i y el j .

camino de K_{ij} : Índice de reducción vibracional para el transmisión desde el elemento i al j .

Para cada flanco (según HR):
$$R_{Ff,A} = \frac{R_{F,A} + R_{f,A}}{2} + \Delta R_{Ff,A} + K_{Ff} + 10 \cdot \lg \frac{S_s}{l_0 l_f}$$

$$R_{Df,A} = \frac{R_{S,A} + R_{f,A}}{2} + \Delta R_{Df,A} + K_{Df} + 10 \cdot \lg \frac{S_s}{l_0 l_f}$$

$$R_{Fd,A} = \frac{R_{F,A} + R_{S,A}}{2} + \Delta R_{Fd,A} + K_{Fd} + 10 \cdot \lg \frac{S_s}{l_0 l_f}$$

(l_0 = longitud de la arista de unión de referencia, $l_0 = 1\text{m}$)

Un revestimiento o dos revestimientos:

$$\Delta R_{ij,A} = \Delta R_{i,A} \quad \text{ó} \quad \Delta R_{ij,A} = \Delta R_{j,A}$$

$$\Delta R_{ij,A} = \Delta R_{i,A} + \frac{\Delta R_{j,A}}{2} \quad \text{ó} \quad \Delta R_{ij,A} = \Delta R_{j,A} + \frac{\Delta R_{i,A}}{2}$$

Obtención de los índices K_{ij} :

Hay que calcular:

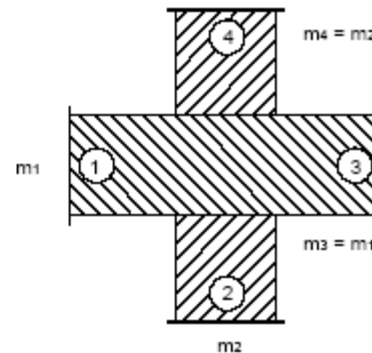
$$M = \log\left(\frac{m'_j}{m'_i}\right)$$

Y usar el valor resultante en la siguiente formulación según el tipo de unión por el que pase el flanco que se analiza.

Este índice se debe calcular para cada unión por la que pasen flancos.

Obtención de los índices K_{ij} :

Unión rígida en \oplus :

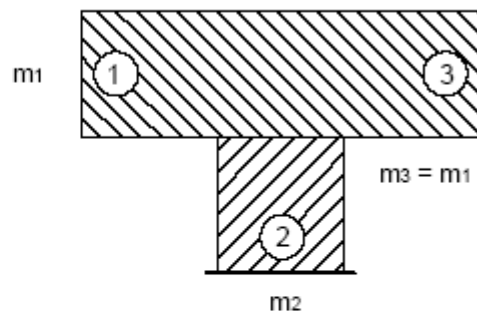


$$K_{13} = 8,7 + 17,1M + 5,7 \cdot M^2 \quad \text{dB};$$

$$K_{12} = 8,7 + 5,7 \cdot M^2 \quad (= K_{23}) \quad \text{dB};$$

Obtención de los índices K_{ij} :

Unión rígida en T:

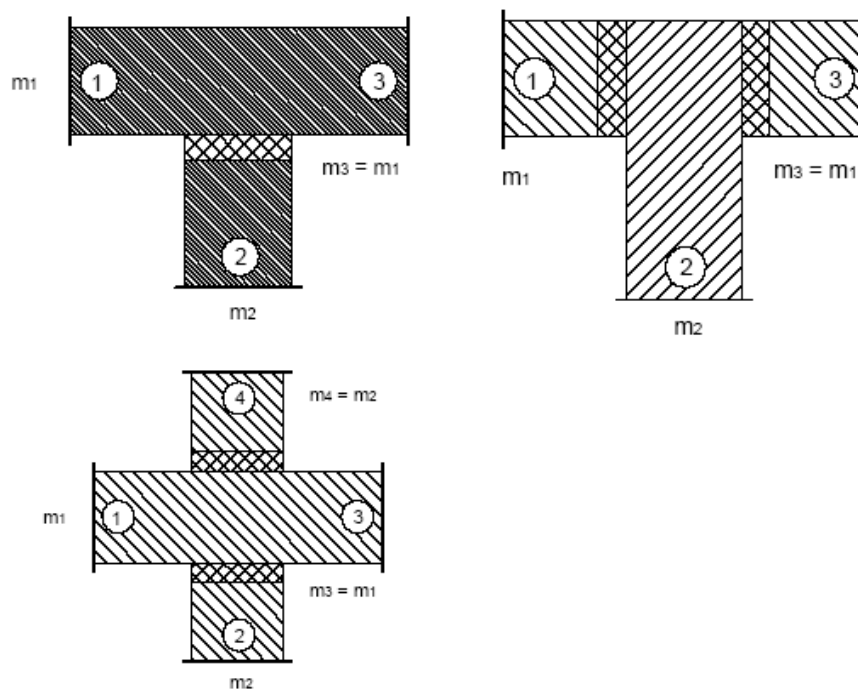


$$K_{13} = 5,7 + 14,1 M + 5,7 \cdot M^2 \quad \text{dB};$$

$$K_{12} = 5,7 + 5,7 \cdot M^2 \quad (= K_{23}) \quad \text{dB};$$

Obtención de los índices K_{ij} :

Uniones en T y + con elementos flexibles interpuestos:



Obtención de los índices K_{ij} :

Uniones en T y + con elementos flexibles interpuestos:

$$K_{13} = 5,7 + 14,1 M + 5,7 \cdot M^2 + 2 \cdot \Delta_1 \text{ dB};$$

$$K_{24} = 3,7 + 14,1 M + 5,7 \cdot M^2 \text{ dB}; \quad 0 \leq K_{24} \leq -4 \text{ dB};$$

$$K_{12} = 5,7 + 5,7 \cdot M^2 + \Delta_1 (= K_{23}) \text{ dB};$$

Siendo:

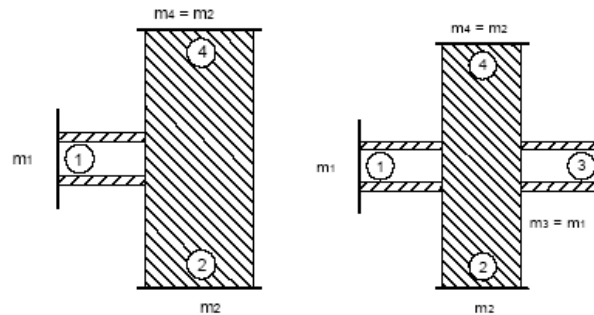
$$\Delta_1 = 10 \cdot \log(f / f_1) \text{ dB} \quad \text{para } f < f_1$$

$$f_1 = 125 \text{ Hz si } (E_1 / e_1) \approx 100 \text{ M N/m}^3$$

(E_1 es el módulo de Young y e_1 el espesor del elemento flexible interpuesto)

Obtención de los índices K_{ij} :

Unión de paredes dobles livianas y paredes homogéneas:



$$K_{13} = 10 - 20 M - 3,3 \cdot \log(f / f_o) \quad \text{dB; mínimo 10 dB}$$

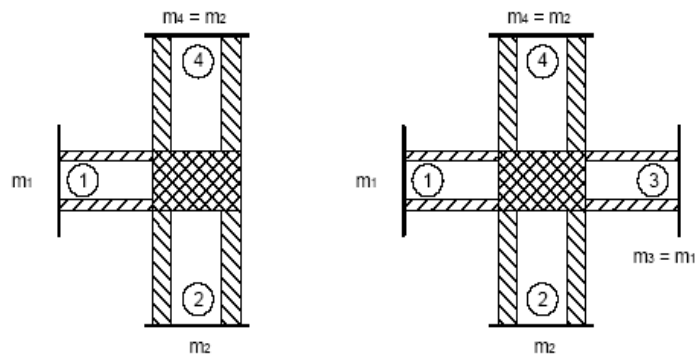
$$K_{24} = 3,0 + 14,1 M + 5,7 M^2 \quad \text{dB; } (m_2 / m_1) > 3;$$

$$K_{12} = 10 + 10|M| + 3,3 \cdot \log(f / f_o) \quad \text{dB; } (= K_{23})$$

$$f_o = 500 \text{ Hz;}$$

Obtención de los índices K_{ij} :

Uniones de doubles paredes livianas acopladas:



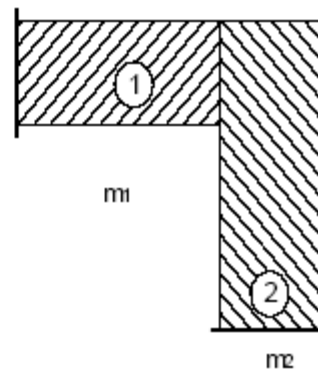
$$K_{13} = 10 + 20 M - 3,3 \cdot \log(f / f_0) \quad \text{dB; mínimo 10 dB}$$

$$K_{12} = 10 + 10 |M| - 3,3 \cdot \log(f / f_0) \quad \text{dB; } (= K_{23})$$

$$f_0 = 500 \text{ Hz;}$$

Obtención de los índices K_{ij} :

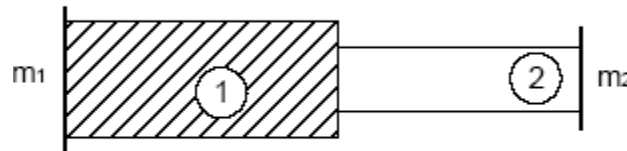
Esquinas:



$$K_{12} = 15|M| - 3 \text{ dB}; (= K_{21}); \text{ mínimo } -2\text{dB}$$

Obtención de los índices K_{ij} :

Cambio de espesor:



$$K_{12} = 5M^2 - 5 \text{ dB} \quad (=K_{21})$$

Los valores de los índices globales de reducción acústica para la transmisión por flancos se determinan mediante las expresiones:

$$R_{Ff,A} = \frac{R_{F,A} + R_{f,A}}{2} + \Delta R_{Ff,A} + K_{Ff} + 10 \cdot \lg \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad [\text{dBA}] \quad (3.12)$$

$$R_{Df,A} = \frac{R_{S,A} + R_{f,A}}{2} + \Delta R_{Df,A} + K_{Df} + 10 \cdot \lg \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad [\text{dBA}] \quad (3.13)$$

$$R_{Fd,A} = \frac{R_{F,A} + R_{S,A}}{2} + \Delta R_{Fd,A} + K_{Fd} + 10 \cdot \lg \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad [\text{dBA}] \quad (3.14)$$

siendo

$R_{F,A}$ índice global de reducción acústica del elemento de flanco F, (en dBA, para ruido rosa),

$R_{f,A}$ índice global de reducción acústica del elemento de flanco f, (en dBA, para ruido rosa),

$\Delta R_{Ff,A}$ mejora del índice global de reducción acústica, por efecto de *revestimientos* del elemento de flanco, del lado de la emisión y de la recepción, (en dBA, para ruido rosa),

$\Delta R_{Df,A}$ mejora del índice global de reducción acústica, por efecto de *revestimientos* en el elemento de separación del lado de la emisión y/o del elemento de flanco en la recepción, (en dBA, para ruido rosa),

$\Delta R_{Fd,A}$ mejora del índice global de reducción acústica, por efecto de *revestimientos* en el elemento de flanco del lado de la emisión y/o del elemento de separación en la recepción, (en dBA, para ruido rosa).

Estos valores se obtienen directamente de resultados disponibles por ensayos en laboratorio para la combinación elegida o se pueden deducir de los resultados obtenidos en cada una de las capas implicadas independientemente (ij= Ff, Fd o Df):

Un *revestimiento*: $\Delta R_{ij,A} = \Delta R_{i,A} \quad \text{ó} \quad \Delta R_{ij,A} = \Delta R_{j,A} \quad [\text{dBA}] \quad (3.15)$

Dos *revestimientos*: $\Delta R_{ij,A} = \Delta R_{i,A} + \frac{\Delta R_{j,A}}{2} \quad \text{ó} \quad \Delta R_{ij,A} = \Delta R_{j,A} + \frac{\Delta R_{i,A}}{2} \quad [\text{dBA}] \quad (3.16)$

Se elegirá como valor mitad para el caso de dos *revestimientos*, el menor de ellos.

Expresión final para el cálculo del $D_{nT,A}$:

$$R'_A = -10 \cdot \lg \left(10^{-0,1R_{Dd,A}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-0,1R_{Ff,A}} + \sum_{f=1}^n 10^{-0,1R_{Df,A}} + \sum_{F=1}^n 10^{-0,1R_{Fd,A}} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{ai=ei,si} 10^{-0,1D_{n,ai,A}} \right)$$

$$D_{nT,A} = R'_A + 10 \cdot \lg \left(\frac{0,32 \cdot V}{S_s} \right)$$

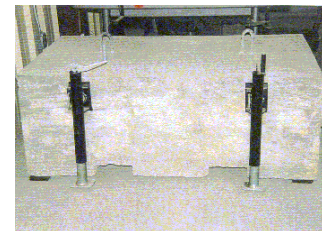
(Para el caso de fachadas, puede haber una corrección del aislamiento final de la fachada debido a la forma y la absorción de la misma)

- Sintaxis y nomenclatura utilizada en el CTE
- Estructura, filosofía y contenido del CTE-HR
- Terminología básica de aislamiento (CTE-HR)
- Exigencias
- Diseño y dimensionado
 - Opción simplificada
 - Opción general
- ➔ • Protección contra el ruido de las instalaciones
- Otros aspectos a tener en cuenta

Comentarios y recomendaciones:

- **Equipos generadores de ruido estacionario:**

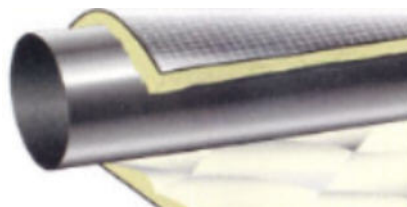
- Se instalarán sobre soportes antivibratorios o bancadas de inercia suficientemente pesadas.
- Los soportes antivibratorios deben cumplir la UNE 100153.
- Se instalarán conectores flexibles en la entrada y salida de cañerías de los equipos.
- La salida de humos de los recintos de instalaciones se hará con silenciadores.
- Las bombas de impulsión se instalarán preferentemente sumergidas.
- Se evitarán suspensiones complementarias a la general.



- **Conducciones y equipamiento:**

- 1. Hidráulicas:**

- Las instalaciones colectivas del edificio deben ir por patios aislados
 - En el paso de tuberías por elementos constructivos se usaran aislantes.
 - En les tuberías empotradas se usarán recubrimientos elásticos
 - En los bajantes vistes se usará un recubrimiento con un aislamiento a ruido aéreo superior a 15dBA.
 - La fijación de tuberías colectivas se realizará en elementos constructivos de más de 150 Kg/m².



- **Conducciones y equipamiento:**

- En casos en que se instalen colgadas del forjado deberá instalarse un techo con $R_A > 30\text{dBA}$.
- La velocidad de circulación del agua se limitará a 1 m/s en los circuitos de calefacción.
- En recintos habitables se deben usar griferías silenciosas (Grupo II / UNE EN 200).
- Se evitará utilizar cisternas elevadas y griferías a descarga de aire.
- Se pondrá especial atención en aislar las bañeras y duchas en cuanto a su vibración. Los hidromasajes deben montarse sobre suspensiones elásticas.
- Los radiadores no pueden tocar suelo y pared a la vez.

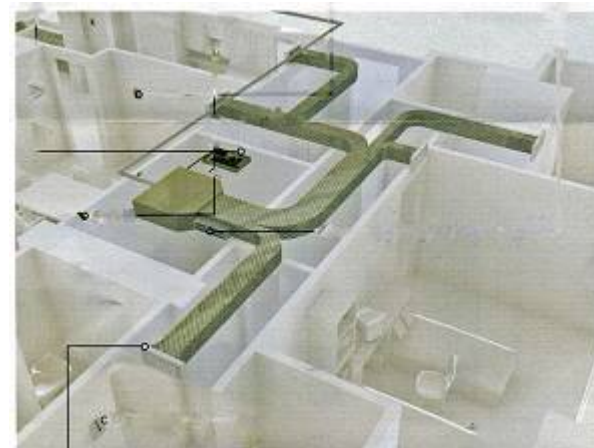
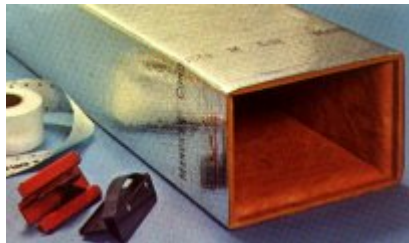


- **Conducciones y equipamiento:**



2. Aire Acondicionado:

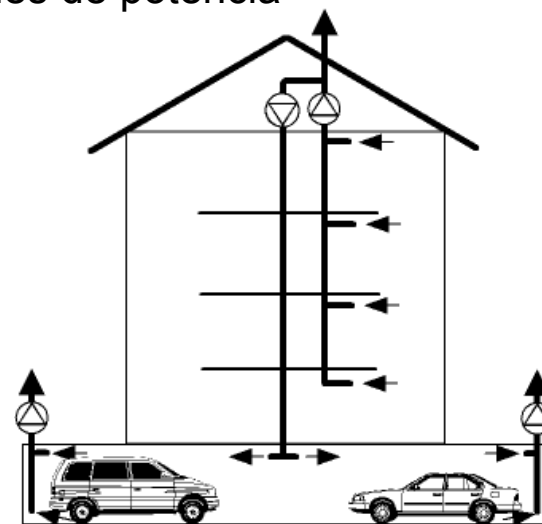
- Los conductos tienen que ir completamente aislados acústica y vibracionalmente de los elementos por donde pasan.
- El interior de los conductos debe ser absorbente y usarse silenciadores.



- **Conducciones y equipamiento:**

- **3. Ventilación:**

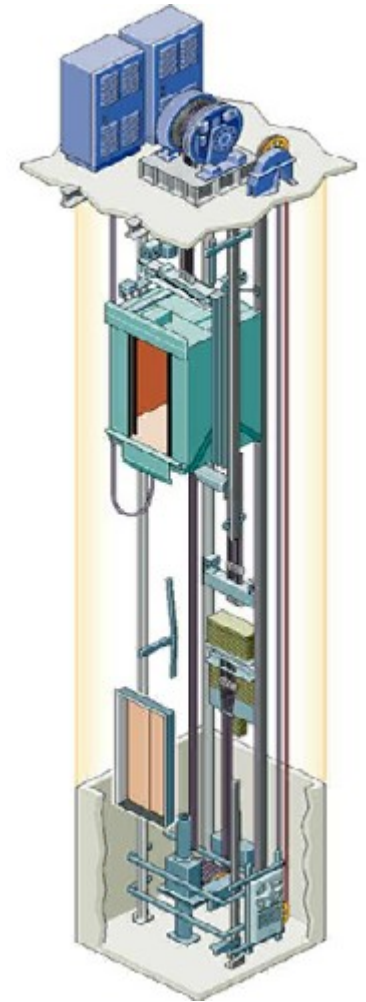
- Deben aislarse los conductos y conducciones verticales de ventilación que pasen por recintos habitables y protegidos dentro de una unidad de uso.
- En instalaciones con impulsión de aire debe considerarse con especial atención el cumplimiento de los niveles de potencia especificados.




- **Conducciones y equipamiento:**

4. Ascensores:

- Las guías se anclarán en forjados mediante elementos elásticos (nunca en separaciones verticales!)
- La maquinaria se desolidarizará de los elementos estructurales del edificio y se ubicará en una cabina independiente considerada recinto de instalaciones.
- Les puertas tendrán topes elásticos para evitar los golpes.
- El cuadro de los relés de arrancada y paro estará montado elásticamente para asegurar el aislamiento de impactos y vibraciones.



- Sintaxis y nomenclatura utilizada en el CTE
 - Estructura, filosofía y contenido del CTE-HR
 - Terminología básica de aislamiento (CTE-HR)
 - Exigencias
 - Diseño y dimensionado
 - Opción simplificada
 - Opción general
 - Protección contra el ruido de las instalaciones
-  • Otros aspectos a tener en cuenta

OTROS ASPECTOS IMPORTANTES A TENER EN CUENTA:

3.1.4 Condiciones de diseño de las uniones entre elementos constructivos

Deben cumplirse las siguientes condiciones relativas a las uniones entre los diferentes elementos constructivos, para que junto las condiciones establecidas en cualquiera de las dos opciones y las condiciones de ejecución establecidas en el apartado 5, se satisfagan los valores límite de aislamiento especificados en el apartado 2.1.

Elementos de separación verticales

Encuentros con los forjados, las fachadas y la tabiquería

Elementos de separación verticales de tipo 1

En los encuentros de los elementos de separación verticales de dos hojas de fábrica con *fachadas* de dos hojas, **debe interrumpirse la hoja interior de la *fachada***, ya sea ésta de fábrica o de entramado y **en ningún caso, la hoja interior debe cerrar la cámara del elemento de separación vertical o conectar sus dos hojas.**

En los **encuentros con la tabiquería**, ésta debe interrumpirse de tal forma que el **elemento de separación vertical sea continuo**. En el caso de elementos de separación verticales de dos hojas de fábrica, la tabiquería no conectará las dos hojas del elemento de separación vertical, ni interrumpirá la cámara. Si fuera necesario anclar o trabar el elemento de separación vertical por razones estructurales, solo se trabará la tabiquería a una sola de las hojas del elemento de separación vertical de fábrica o se unirá a ésta mediante conectores.

Elementos de separación verticales de tipo 2

Las *bandas elásticas* deben colocarse en los encuentros de los elementos de separación verticales de tipo 2 y los forjados, las *fachadas* y los pilares.

Cuando un elemento de separación vertical de tipo 2 acometa a una *fachada*, deben disponerse *bandas elásticas*: en los encuentros con la hoja principal de las *fachadas* de una hoja, ventiladas o con el de *fachadas* con el aislamiento por el exterior; en el encuentro con la hoja exterior de una *fachada* de dos hojas.

En los encuentros con *fachadas* de dos hojas, debe interrumpirse la hoja interior de la *fachada*, ya sea ésta de fábrica o de entramado y en ningún caso la hoja interior de la *fachada* debe cerrar la cámara del elemento de separación vertical.

La tabiquería que acometa a un elemento de separación vertical ha de interrumpirse, de tal forma que el elemento de separación vertical sea continuo.

En el caso de que la tabiquería sea de fábrica o de *paneles prefabricados pesados* con *bandas elásticas*, las *bandas elásticas* deben colocarse en el apoyo de la tabiquería en el forjado o en el *suelo flotante*.

Elementos de separación verticales de tipo 3

Debe interponerse una **banda de estanquidad** en el encuentro de la perfilería con el forjado, los pilares, otros elementos de separación verticales y la hoja principal de las *fachadas* de una hoja, ventiladas o con el aislamiento por el exterior, de tal forma que se consiga la estanquidad.

En los encuentros con *fachadas* de dos hojas, debe interrumpirse la hoja interior de la *fachada*, y en ningún caso, la hoja interior de la *fachada* debe cerrar la cámara del elemento de separación vertical.

La tabiquería que acometa a un elemento de separación vertical ha de interrumpirse, de tal forma que el elemento de separación vertical sea continuo. En ningún caso, la tabiquería debe conectar las hojas del elemento de separación vertical, ni interrumpir la cámara.

Encuentros con los conductos de instalaciones

Cuando un conducto de instalaciones colectivas se adose a un elemento de separación vertical, **se revestirá de tal forma que no disminuya el aislamiento acústico del elemento de separación y se garantice la continuidad de la solución constructiva.**

Elementos de separación horizontales

Encuentros con los elementos verticales

Deben eliminarse los contactos entre el *suelo flotante* y los elementos de separación verticales, pilares y tabiques con apoyo directo; para ello, se interpondrá entre ambos una capa de material elástico o del mismo material aislante a ruido de impactos del *suelo flotante*.

Los techos suspendidos o los suelos registrables no serán continuos entre dos recintos pertenecientes a unidades de uso diferentes. La cámara de aire entre el forjado y un techo suspendido o un suelo registrable debe interrumpirse o cerrarse cuando el techo suspendido o el suelo registrable acometa a un elemento de separación vertical entre unidades de uso diferentes.

Encuentros con los conductos de instalaciones

En el caso de que un conducto de instalaciones, por ejemplo, de instalaciones hidráulicas o de ventilación, atraviese un elemento de separación horizontal, se recubrirá y se sellarán las holguras de los huecos efectuados en el forjado para paso del conducto con un material elástico que impida el paso de vibraciones a la estructura del edificio.

Deben eliminarse los contactos entre el *suelo flotante* y los conductos de instalaciones que discurren bajo él. Para ello, los conductos se revestirán de un material elástico.