



Código Técnico de la Edificación

Documento preliminar HR Protección contra el ruido

Nota:

El presente borrador es para uso exclusivo de la persona o entidad a la que está dirigido, el receptor le concederá con carácter general la calificación de información reservada y restringida. Los contenidos o ideas recogidas en el mismo pertenecen a sus autores y no reflejan necesariamente el punto de vista de la Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo del Ministerio de Fomento, ni del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. CSIC. Como documento preliminar de trabajo no tiene carácter reglamentario. Los autores no se hacen responsables del uso indebido del mismo.

Redacción: Ponencia IV GT-HR 1
Departamento de Acústica Ambiental I.A. CSIC

Archivo:

Documento preliminar: febrero 2002

Nº páginas: 52

Índice

1. Exigencias
2. Ámbito de aplicación
3. Conformidad con las exigencias
4. Niveles de aislamiento acústico y de acondicionamiento interior
5. Método de predicción del aislamiento acústico
 - 5.1. Generalidades
 - 5.2. Aislamiento frente a ruido aéreo
 - 5.2.1. Aislamiento acústico a ruido aéreo en divisiones interiores
 - 5.2.2. Aislamiento acústico a ruido aéreo en fachadas y cubiertas
 - 5.3. Aislamiento frente a ruido de impactos
 - 5.3.1. Locales superpuestos
 - 5.3.2. Locales al mismo nivel y en diagonal
 - 5.3.3. Cálculo de las magnitudes del ruido de impactos in situ
 - 5.4. Herramienta informática para la predicción del aislamiento acústico en edificios
 - 5.4.1. Estructura general del programa informatizado
 - 5.4.2. Entrada de datos constructivos del edificio y de las propiedades acústicas de los elementos constructivos
 - 5.4.3. Núcleo operacional y resultados del aislamiento acústico en el edificio
 - 5.4.4. Recomendaciones de uso con aplicaciones de diseño
 - 5.4.5. Base de datos del programa y base de datos del usuario
6. Método de predicción del tiempo de reverberación
7. Soluciones aceptadas basadas en elementos constructivos y tecnologías habituales
 - 7.1. Paredes separadoras de propiedades o usuarios distintos
 - 7.1.1. Paredes de una capa
 - 7.1.2. Paredes de dos capas de albañilería
 - 7.1.3. Paredes de una capa de albañilería y otra blanda a la flexión
 - 7.1.4. Paredes de elementos blandos a la flexión
 - 7.2. Paredes separadoras de zonas comunes
 - 7.3. Fachadas
 - 7.4. Divisores horizontales
 - 7.5. Cubiertas
8. Verificación de conformidad con las exigencias
 - 8.1. Verificaciones en el proyecto
 - 8.1.1. Garantías y verificaciones de los productos y elementos constructivos
 - 8.1.2. Verificaciones en el caso de adoptar soluciones aceptadas en este CTE
 - 8.1.3. Verificaciones de las soluciones basadas en el método predictivo
 - 8.2. Verificación acústica experimental en edificios terminados
 - 8.2.1. Verificaciones a instancias del usuario
 - 8.2.2. Controles a instancias de la administración
 - 8.2.3. Tolerancias de las mediciones in situ

1 EXIGENCIAS

Con este requisito se pretende *evitar* que los *usuarios* de los edificios, dentro de éstos, padezcan enfermedades o molestias causadas por el ruido.

HR 1. Las paredes que configuran y separan cada *recinto habitable* deben tener unas características tales que le proporcionen un *aislamiento acústico al ruido aéreo adecuado* frente al ruido de cada recinto colindante, tanto si ambos pertenecen a una misma *unidad de uso*, como si pertenecen a unidades diferentes.

HR 2. Las paredes que configuran y separan recintos que contienen instalaciones deben tener unas características tales que proporcionen un *aislamiento acústico al ruido aéreo adecuado* respecto a cada recinto habitable colindante.

HR 3. Las paredes que configuran y separan *recintos comunes* deben tener unas características tales que proporcionen un *aislamiento acústico al ruido aéreo adecuado* a cada recinto habitable colindante.

HR 4. Las paredes que configuran y separan un *recinto habitable* de un *recinto de actividad*, tanto si ambos pertenecen a una misma *unidad de uso*, como si pertenecen a unidades diferentes, deben tener unas características tales que proporcionen a aquél un *aislamiento acústico al ruido aéreo adecuado*.

HR 5. Las paredes que separan un *recinto habitable* del exterior del edificio deben tener unas características tales que le proporcionen un *aislamiento acústico al ruido aéreo adecuado*.

HR 6. Los *elementos de separación horizontales* situados entre dos *recintos habitables*, o entre un *recinto habitable* y un recinto común del edificio, pertenecientes o no a una misma *unidad de uso*, deben tener unas características tales que en conjunción con los elementos verticales limítrofes les proporcionen un *aislamiento acústico al ruido aéreo* y un *aislamiento acústico al ruido de impactos adecuados*.

HR 7. Los *elementos de separación horizontales* situados entre un *recinto habitable* y otro que contiene instalaciones deben tener unas características tales que en conjunción con los elementos verticales limítrofes proporcionen respecto al *recinto habitable* un *aislamiento acústico al ruido aéreo* y un *aislamiento acústico al ruido de impactos adecuados*.

HR 8. Los *elementos de separación horizontales* situados entre un *recinto habitable* y un *recinto de actividad* deben tener unas características tales que proporcionen a aquél un *aislamiento acústico al ruido aéreo* y un *aislamiento acústico al ruido de impactos adecuados*.

HR 9. Los *elementos de separación horizontales* situados entre un *recinto habitable* y el exterior deben tener unas características tales que le proporcionen un *aislamiento acústico al ruido aéreo adecuada*. Si se trata de una cubierta transitable, estos elementos deben proporcionarle además un *aislamiento acústico al ruido de impactos adecuado*.

HR 10. Las paredes y *elementos de separación horizontales*, que delimiten un *local de enseñanza*, por sí mismos o con ayuda de revestimientos deben tener la absorción acústica necesaria para que no se sobrepase el tiempo de reverberación adecuado

HR 11. Las paredes y *elementos de separación horizontales* que delimiten un comedor de un edificio de uso docente o de un restaurante de un edificio de uso reunión, por sí mismos o con ayuda de revestimientos, deben tener la *absorción acústica* necesaria para que no se sobrepase el *tiempo de reverberación* adecuado.

HR 12. Las conexiones a los *elementos de separación horizontales* y verticales de las instalaciones de calefacción, u otras que usen bombas de impulsión o dispositivos semejantes, deben garantizar niveles de ruido y de vibraciones transmitidos a los distintos recintos del edificio que no aumenten *perceptiblemente* los niveles debidos a las restantes fuentes de ruido.

HR 13. Las exigencias de los apartados anteriores se aplican a los elementos constructivos totalmente acabados es decir albergando las instalaciones del edificio, o incluyendo cualquier otra actuación que pueda modificar las características acústicas de dichos elementos.

BORRADOR DE TRABAJO

2 AMBITO DE APLICACIÓN

Deben excluirse del ámbito de aplicación de este CTE las edificaciones industriales o de uso industrial, exceptuando en ellas los recintos donde se desarrollen actividades administrativas o de gestión, tales como despachos, oficinas, salas de reuniones etc.

3 CONFORMIDAD CON LAS EXIGENCIAS

La conformidad con las exigencias establecidas para los distintos requisitos debe conseguirse antes de la ocupación del edificio por los individuos. Es por tanto en los edificios construidos y previamente a la concesión de los permisos de habitabilidad, donde deben aplicarse las reglas y procedimientos de conformidad definitiva, en el caso de edificios de nueva construcción. En el caso de edificios rehabilitados, la conformidad debe conseguirse antes de iniciar el nuevo uso.

Siendo los edificios el resultado de un conjunto de acciones sobre unos elementos constructivos, la consecución de la conformidad con las exigencias se facilita utilizando verificaciones de los elementos constructivos, de los equipamientos e instalaciones generales e individuales, de los diseños y proyectos, y de la ejecución de las obras.

Para conseguir un mejor ordenamiento de la conformidad, las verificaciones se realizarán a nivel de proyecto y de obra terminada:

- a nivel de proyecto se verificarán los productos y el diseño
- a nivel de obra terminada se realizarán las verificaciones experimentales

La verificación de los **elementos y productos constructivos**, así como la de los **equipamientos e instalaciones generales e individuales**, se establece en este CTE mediante la certificación de las propiedades acústicas de los mismos, en la forma que se indica más adelante en el apartado 8.

La **verificación del diseño** se realizará mediante el uso de soluciones aceptadas (apartado 7) o mediante cálculos de acuerdo con los métodos de predicción del aislamiento acústico y del acondicionamiento interior de recintos, establecidos en este CTE y descritos más adelante en los apartados 5, 6 y 8.

La **conformidad del edificio terminado** requiere la verificación experimental in situ del edificio terminado a instancias del comprador o de la Administración siguiendo lo indicado en el apartado 8. Para el caso de adoptar soluciones constructivas de entre las aceptadas como válidas en este CTE, esta verificación in situ no será necesaria, salvo en reclamaciones específicas por parte del usuario.

En las verificaciones relativas al ruido reverberante excesivo, el comprador o la Administración puede optar, a su conveniencia, por usar el tiempo de reverberación o el índice de inteligibilidad RASTI.

4 NIVELES DE AISLAMIENTO ACUSTICO Y ACONDICIONAMIENTO INTERIOR

HR Protección contra el ruido

Para satisfacer las exigencias contempladas en la parte I de este Código, cuyas magnitudes se definen en el Anejo 1, es suficiente cumplir las especificaciones indicadas a continuación o adoptar cualquiera de las soluciones aceptadas que se especificarán más adelante:

Protección contra el ruido

1. El aislamiento acústico a ruido aéreo entre dos recintos habitables, colindantes vertical u horizontalmente, ambos pertenecientes a la misma unidad de uso, no será menor que 30 dBA.
2. El *aislamiento acústico a ruido aéreo* entre un *recinto habitable* y cualquier otro del edificio, colindantes vertical u horizontalmente, que pertenezcan a distinta *unidad de uso*, no será menor que 50 dBA.
3. El *aislamiento acústico a ruido aéreo* entre un *recinto habitable* y otro, colindante vertical u horizontalmente con él, en el que se alojen instalaciones o cualquier otro dispositivo que constituya una fuente de ruido necesario para el funcionamiento del edificio, no será menor que 55 dBA.
4. El *aislamiento acústico a ruido aéreo* entre un *recinto habitable* y un recinto común del edificio, colindantes vertical u horizontalmente, no será menor que 50 dBA.
5. El *aislamiento acústico a ruido aéreo* entre un *recinto habitable* y un *recinto de actividad*, colindantes vertical u horizontalmente, que pertenezcan a distinta *unidad de uso*, no será menor que 60 dBA.
6. El *aislamiento acústico a ruido aéreo* entre un *recinto habitable* y el exterior del edificio no será menor que 30 dBA, cuando predomine el ruido de tráfico rodado, ni menor que 32 dBA, cuando predomine el ruido de aeronaves, ni menor de 32 dBA cuando predomine el ruido el ruido de tráfico ferroviario o de estaciones ferroviarias, valorados éstos como ruido interior.
7. El *nivel (de presión) de ruido de impactos* en un *recinto habitable* colindante verticalmente con otro también *habitable* o con un recinto común del edificio no será mayor que 65 dB.
8. El *nivel (de presión) de ruido de impactos* en un *recinto habitable* colindante verticalmente con un *recinto de actividad* o con un recinto en el que se alojen instalaciones o cualquier otro dispositivo que constituya una fuente de ruido necesario para el funcionamiento del edificio, no será mayor que 60 dB.
9. El *nivel (de presión) de ruido de impactos* en un *recinto habitable* subyacente a una cubierta transitable no será mayor que 65 dB.
10. El *tiempo de reverberación* en *recintos habitables* de edificios de uso docente, independientemente del volumen del recinto, no debe ser mayor que 0.6 s, en condiciones de ocupación menores o iguales que el 60%. Alternativamente, puede utilizarse el índice de *inteligibilidad RASTI*, e independientemente del volumen del recinto, su valor no será menor que 0.75, en condiciones de ocupación menores o iguales que el 60%. En todos los casos se aceptará como válida la opción del proyectista o del constructor.
11. El *tiempo de reverberación* en restaurantes y comedores, en edificios de pública concurrencia (Reunión), independientemente del volumen del recinto, no debe ser mayor que 0.8 s, en condiciones de ocupación menores o iguales que el 60%.
12. El *nivel sonoro continuo equivalente*, ponderado A, $L_{eq,A}$, procedente de los equipamientos colectivos o individuales del edificio, no deberá exceder, en los *recintos habitables* del edificio, de los valores dados en la tabla 1, en función del uso del edificio, del tipo de recinto y del tramo horario.

Tabla 1

Tipo de edificio	Local	Nivel L_{eq} máximo de inmisión recomendado en dBA

Protección contra el ruido

		Durante el día (8-22 H)	Durante la noche (22-8 H)
Residencial privado	Estancias	40	35
	Dormitorio	40	30
	Servicios	50	-
	Zonas comunes	50	-
Residencial público	Zonas de estancia	40	30
	Dormitorios	40	30
	Servicios	50	-
	Zonas comunes	50	-
Administrativo y de oficinas	Despachos profesionales	40	-
	Oficinas	45	-
	Zonas comunes	50	-
Sanitario	Zonas de estancia	45	40
	Dormitorios	30	25
	Zonas comunes	50	40
Docente	Aulas	40	40
	Sala lectura	35	35
	Zonas comunes	50	50

13. El *aislamiento respecto a vibraciones*, k , en los *recintos habitables*, no debe sobrepasar los valores indicados en la tabla 2, en función del uso del recinto, el periodo y el tipo de ocurrencia.

Tabla 2

Valores máximos recomendables del índice global de vibraciones k			
Area	Periodo	Tipo de ocurrencia	
		Permanente	Transitoria
Sanitario (quirófanos)	Día y noche	1	1
Vivienda, Residencial y Hospitalario	Día	4	90 (*)
	Noche	1,4	20
Comercial y Administrativo	Día y noche	4	128 (*)
Industrial	Día y noche	8	128 (*)

(*)Para un máximo de 3 diarios.

5 METODO DE PREDICCIÓN DEL AISLAMIENTO ACUSTICO

La predicción del aislamiento acústico que se encontrará en la obra terminada deberá hacerse a partir de las propiedades acústicas de los elementos constructivos y productos usados en el diseño del edificio.

La caracterización adecuada de las propiedades acústicas de los productos, requiere se hará a partir de mediciones en el laboratorio, siguiendo métodos adecuados que eliminan o minimizan las influencias ajenas a ellos.

La contribución de las características geométricas y del sistema constructivo al aislamiento resultante in situ se contabilizarán de acuerdo a métodos conforme a los principios de la norma UNE EN 12354, partes 1, 2 y 3. Es decir se tendrán en cuenta las transmisiones acústicas indirectas por todos los caminos secundarios posibles, además de las transmisiones directas a través de los elementos constructivos compartidos.

5.1 Generalidades

La transmisión sonora desde el exterior a un local de un edificio, entre dos locales de un edificio, etc. se produce siguiendo los caminos directos y los indirectos o por vía de flancos. Se admite que las transmisiones por los diferentes caminos son independientes entre sí.

Llamando τ_i a la relación entre la energía transmitida por el camino i y la energía total incidente, el aislamiento acústico resultante en obra, para esa situación, se estima mediante la fórmula:

$$R' = -10 \lg \left(\sum_{i=1}^n t_{d,i} + \sum_{j=1}^m t_{f,j} \right)$$

expresión en la que se han diferenciado n caminos directos y m caminos indirectos. Esta fórmula, resulta tanto más adecuada cuanto más aleatorias entre sí sean las energías transmitidas por los diferentes caminos, y más fácil sea conocer la energía total incidente. Por tanto será más idónea para bandas de octava que para bandas de tercio de octava. Cuando las magnitudes τ_i sean poco variables con la frecuencia dará muy buenos resultados por las valoraciones globales del aislamiento acústico. En el método que aquí se adopta y por mayor sencillez, admitiremos que esta situación es dominante siendo conscientes que para situaciones de fuertes variaciones de τ_i con la frecuencia, la ventaja teórica de gran anchura de banda de la señal se compensa negativamente con la alinealidad de las transformaciones logarítmicas y en ocasiones convendría obtener primero el aislamiento en función de la frecuencia y pasar a continuación al valor global correspondiente.

La previsión resulta en general muy buena para frecuencias superiores a la frecuencia crítica de los paramentos disminuyendo para frecuencias inferiores.

Conviene distinguir el aislamiento a ruido aéreo del aislamiento a ruido de impactos.

Además hay que indicar que el éxito de la aplicación de este método a cada caso concreto depende de la adecuada identificación de los diferentes caminos directos y por vía de flancos. Importante es también la identificación y conocimiento del tipo real de acoplo entre los distintos elementos de construcción.

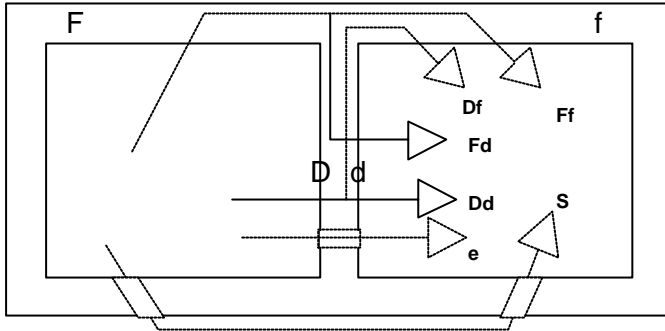
5.2 Aislamiento frente al ruido aéreo

Son *transmisiones directas* las que implican exclusivamente al elemento separador. Comprenden las debidas al sonido que incidiendo en el elemento separador es radiado por éste hacia el receptor, y las transmitidas, en forma de ruido aéreo, a través de partes del elemento separador, tales como rendijas, dispositivos de aire acondicionado, respiraderos, etc.

Son transmisiones indirectas todas las demás. Conviene distinguir entre *transmisiones indirectas por vía aérea*, tales como sistemas de ventilación, techos suspendidos, corredores etc., y *transmisiones indirectas por vía sólida*, tales como paredes, techos, suelos, etc.

5.2.1 Aislamiento acústico a ruido aéreo en divisiones interiores

La diversidad de situaciones encontradas en el interior de los edificios, principalmente de viviendas, aconseja, diferenciar las contribuciones de los distintos caminos directos y de flancos que se indican en la Figura



El aislamiento se desarrolla explícitamente en el sumatorio siguiente:

$$R' = -10 \lg \left(\tau_d + \sum_1^m \tau_f + \sum_1^n \tau_e + \sum_1^q \tau_s \right)$$

donde τ es la potencia radiada por cada elemento del local o recinto receptor:

τ_d incluye los caminos Dd y Fd

τ_f incluye los caminos Ff y Df;

τ_e es la fracción de potencia de ruido aéreo transmitida a través del elemento separador;

τ_s es la fracción de potencia de ruido aéreo transmitida a través del algún sistema por vía indirecta

m es el número de elementos de flancos, usualmente cuatro;

n es el número de elementos con transmisión directa del ruido aéreo;

q es el número de sistemas con transmisión indirecta de ruido aéreo.

El factor de transmisión del elemento separador, τ_d , consiste en las contribuciones de la transmisión directa más las r transmisiones indirectas

$$\tau_d = \tau_{Dd} + \sum_{F=1}^r \tau_{Fd}$$

El factor de transmisión de cada uno de los elementos de flanco en el local receptor se compone de las contribuciones de dos caminos de transmisión indirecta

$$\tau_f = \tau_{Df} + \tau_{Ff}$$

En general los caminos indirectos más importantes entre dos locales contiguos son Ff y Df por cada pared.

Los factores de transmisión de los caminos por vía sólida se relacionan con los aislamientos para la transmisión directa R_{Dd} , y para la transmisión indirecta R_{ij} , según las expresiones respectivas siguientes:

$$t_{Dd} = 10^{-R_{Dd}/10}$$

$$t_{ij} = 10^{-R_{ij}/10}$$

Los factores de transmisión de ruido aéreo por los caminos directo y de flancos están relacionados con las diferencias de niveles normalizados $D_{n,e}$ y $D_{n,s}$, según las expresiones respectivas siguientes:

$$t_e = \frac{A_o}{S_s} 10^{-D_{n,e}/10}$$

$$t_s = \frac{A_o}{S_s} 10^{-D_{n,s}/10}$$

siendo

S_s el área del elemento separador en metros cuadrados

A_o el área de absorción equivalente de referencia, en metros cuadrados

Este esquema general de previsión del aislamiento a ruido aéreo se aplicará a los índices globales de los elementos de construcción, R_A (R_W+C , en la terminología de la norma UNE EN ISO 717/1), dando como resultado los correspondientes valores de aislamiento in situ.

$$R'_A = -10 \lg \left(10^{-0.1R_{Dd,A}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{0.1R_{Ff,A}} + \sum_{f=1}^n 10^{0.1R_{Df,A}} + \sum_{F=1}^n 10^{0.1R_{Fd,A}} + \sum_{ai=ei, Si} 10^{0.1D_{ai,A}} \right)$$

donde

$R_{Dd,A}$ es el índice global de aislamiento acústico para la transmisión directa, en decibelios (dBA, para ruido rosa);

$R_{Ff,A}$ es el índice global de aislamiento acústico para la transmisión indirecta, del camino Ff , en decibelios (dBA, para ruido rosa);

$R_{Df,A}$ es el índice global de aislamiento acústico para la transmisión indirecta, del camino Df , en decibelios (dBA, para ruido rosa);

$R_{Fd,A}$ es el índice global de aislamiento acústico para la transmisión indirecta, del camino Fd , en decibelios (dBA, para ruido rosa);

$D_{ai,A}$ es el índice global de aislamiento acústico para la transmisión de ruido aéreo por vía directa ei o indirecta Si de todos los sistemas instalados (usualmente de pequeñas dimensiones)

n el número de elementos de flancos del local, que normalmente es 4 pero puede ser diferente según el diseño del local.

El índice global de aislamiento acústico para la transmisión directa se determina a partir de los datos del elemento separador según la fórmula que sigue:

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

donde,

$R_{S,A}$ es el valor del índice global de aislamiento del elemento separador, en dBA, para ruido incidente rosa;

$\Delta R_{Dd,A}$ es la mejora total del índice global de aislamiento a ruido aéreo, por efecto de tratamientos de superficie adicionales del lado de la emisión y de la recepción, en dBA, para ruido rosa.

Los valores de los índices globales de aislamiento por flancos se determinan mediante las fórmulas

$$R_{Ff,A} = \frac{R_{F,A} + R_{f,A}}{2} + \Delta R_{Ff,A} + K_{Ff} + 10 \lg \frac{S_S}{l_o l_f}$$

$$R_{Df,A} = \frac{R_{S,A} + R_{f,A}}{2} + \Delta R_{Df,A} + K_{Df} + 10 \lg \frac{S_S}{l_o l_f}$$

$$R_{Fd,A} = \frac{R_{F,A} + R_{S,A}}{2} + \Delta R_{Fd,A} + K_{Fd} + 10 \lg \frac{S_S}{l_o l_f}$$

donde,

$R_{F,A}$ es el aislamiento global del elemento de flanco F, (en dBA, para ruido rosa);

$R_{f,A}$ es el aislamiento global del elemento de flanco f, (en dBA, para ruido rosa);

$\Delta R_{Ff,A}$ es la mejora total del índice global de aislamiento acústico, por efecto de tratamientos de superficie adicionales del elemento de flanco, del lado de la emisión y de la recepción, (en dBA, para ruido rosa);

$\Delta R_{Fd,A}$ es la mejora total del índice global de aislamiento acústico, por efecto de tratamientos de superficie adicionales en el elemento de flanco del lado de la emisión y/o del elemento separador en la recepción, (en dBA, para ruido rosa);

$\Delta R_{Df,A}$ es la mejora total del índice global de aislamiento acústico, por efecto de tratamientos de superficie adicionales en el elemento separador del lado de la emisión y/o del elemento de flanco en la recepción, (en dBA, para ruido rosa);

K_{Ff} es el índice de reducción de vibraciones para el flanco Ff, en dB;

K_{Fd} es el índice de reducción de vibraciones para el flanco Fd, en dB;

K_{Df} es el índice de reducción de vibraciones para el flanco Df, en dB;

S_S es el área del elemento separador, en metros cuadrados;

l_f la longitud común de acoplo de la unión entre el elemento separador y los elementos de flancos F y f, en dBA, para ruido rosa;

$l_o = 1$ m, la longitud de acoplo de referencia.

5.2.2 Aislamiento a ruido aéreo en fachadas y cubiertas

A efectos de aislamiento acústico de un recinto frente al exterior, se entiende por fachada el conjunto del cerramiento del edificio visto desde el recinto, partes ciegas, partes acristaladas, practicables o no y la parte de la cubierta, en el caso de locales del último piso, sin techo-forjado. Cuando el tejado constituya directamente parte de la separación del local con el exterior se considerará como una parte de la fachada a todos los efectos.

La superficie, S , de fachada a considerar corresponde al total observado desde el interior del local.

La diferencia de niveles estandarizada de la fachada viene dada por la expresión:

$$D_{2m,nT} = -10 \lg \left(\sum_{i=1}^n t_{d,i} + \sum_{j=1}^m t_{f,j} \right) + \Delta L_{fs} + 10 \lg \frac{V}{6T_o S} \quad \text{dBA}$$

siendo $\tau_{d,i}$ la fracción de energía radiada por el elemento de transmisión directa i ; $\tau_{f,j}$ la fracción de energía radiada al local por el flanco j de transmisión; V el volumen del local en metros cúbicos, S el área total de la fachada, vista desde el interior como se ha dicho, en metros cuadrados; ΔL_{fs} la mejora del aislamiento o diferencia del nivel por la forma de la fachada, en decibelios.

Para relacionar la magnitud de aislamiento in situ $D_{2m,nT}$, con las propiedades acústicas de los elementos o productos de construcción, hay que sustituir los valores de $\tau_{d,i}$ y $\tau_{f,j}$ usando las expresiones siguientes:

$$t_{d,i} = \frac{S_i}{S} 10^{-R_i/10} \quad \text{para elementos genéricos}$$

donde R_i es el aislamiento normalizado, del elemento i , en decibelios; S_i y S son las áreas del elemento y total de la fachada, en metros cuadrados

$$t_{d,i} = \frac{S_i}{S} 10^{-D_{n,d,i}/10}$$

para elementos pequeños (UNE EN ISO 140/10)

donde $D_{n,d,i}$ es la diferencia de nivel estandarizada, del elemento pequeño i , en decibelios; S el área total de la fachada, en metros cuadrados. Para tomas de aire o respiraderos sin tratamiento acústico puede tomarse $D = -10 \lg(S_o/10)$, siendo S_o la superficie del respiradero.

La transmisión vía flancos, $\tau_{f,j}$, del elemento j , corresponde a la suma de las transmisiones de todos los caminos indirectos de ese elemento. En general hay elementos de fachada correspondientes al local considerado y elementos de fachada que no pertenecen a dicho local.

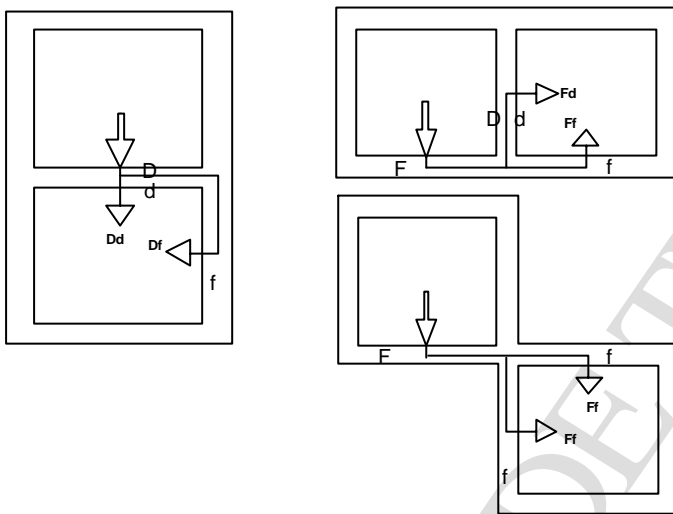
Las transmisiones indirectas respecto al aislamiento de fachadas son generalmente pequeñas. Sin embargo se incluyen en los cálculos para evitar los casos en que este no sea así, principalmente cuando los elementos rígidos de la fachada están conectados a elementos rígidos del local.

Las correcciones por la forma de la fachada ΔL_{fs} son muy variadas, situándose entre -1 dB y $+6$ dB, en las formas habituales de balconadas (balcones corridos) y galerías. Los efectos positivos se deben a apantallamientos por los suelos, petos u otros objetos y los negativos por las reflexiones en los bajo-suelos de las galerías superiores. El valor -1 dB, corresponde a apantallamientos (visuales desde la fuente de ruido) de menos de la mitad de la altura del elemento separador del local respecto al exterior, con coeficientes de absorción, del *sofíto*, inferiores a 0,3. La mejora de $+6$ dB, corresponde a galerías casi cerradas, con respiraderos en la parte superior que dan apantallamientos visuales de más de 2.5 m de altura y absorciones en el *techo* de 0.9 o superiores. En construcciones en terrazas sucesivas retranqueadas las mejoras son superiores, entre 1 y 5 dB para locales abiertos y entre 3 y 7 dB, para cerrados, en las mismas condiciones de apantallamiento visual y de absorción acústica indicadas para las galerías.

A diferencia del aislamiento entre recintos interiores, en que la identidad entre R_A y R_W es total, en el caso de fachadas, arrastrar los índices globales R_A o R_W desde el principio puede acarrear un error debido a la considerable dispersión entre los valores de estos índices y el establecido para el caso del ruido de tráfico dominante. Dispersión atribuible fundamentalmente a la influencia de la forma de la curva de aislamiento. Para ello se aprovecha la relación $D_{2m,nT,Atr} = D_{2m,nT,A} + C_{tr}$ calculando C_{tr} para el elemento de fachada de mas débil aislamiento, que generalmente es la ventana o la cajas de persiana o las rendijas si las hubiese.

5.3 Aislamiento frente al ruido de impactos

También para estos ruidos se admite que las distintas vías de comunicación ocasionan ruidos en el local receptor que se pueden considerar independientes



Las situaciones con transmisiones más importantes del ruido de impactos corresponden a locales superpuestos, locales adyacentes y locales con una arista común formando diedros opuestos por la arista.

5.3.1 Locales superpuestos

En este caso el nivel total de presión sonora de impactos viene dado por:

$$L'_n = 10 \lg \left(10^{0.1L_{n,d}} + \sum_{j=1}^n 10^{0.1L_{n,ij}} \right) \quad \text{dB}$$

siendo

$L_{n,d}$ el nivel de presión sonora de impactos normalizado, debido a la transmisión directa, en decibelios;

$L_{n,ij}$ el nivel de presión sonora de impactos normalizado, debido a la transmisión indirecta, o por flancos, en decibelios;

n el número de flancos o de elementos de flancos, generalmente 4.

La transmisión directa en forma explícita vale:

$$L_{n,d} = L_{n,situ} - \Delta L_{situ} - \Delta L_{d,situ} \quad \text{dB}$$

siendo

$L_{n,situ}$ el nivel de ruido de impactos normalizado in situ, en dB;

ΔL_{situ} la mejora del aislamiento por revestimientos del lado de la emisión, (p.e. suelos flotantes), en dB;

$\Delta L_{d,situ}$ la mejora del nivel de ruido de impactos por revestimientos del lado de la recepción (p.e. techos suspendidos), en dB.

La transmisión indirecta desde el elemento i al j en forma explícita vale:

$$L_{n,ij} = L_{n,situ} - \Delta L_{situ} + \frac{R_{i,situ} - R_{j,situ}}{2} - \Delta R_{j,situ} - \overline{D_{v,ij,situ}} - 10 \lg \sqrt{\frac{S_i}{S_j}} \quad \text{dB}$$

siendo

S_i el área del elemento excitado, en metros cuadrados;

S_j el área del elemento en la recepción, en metros cuadrados;

y donde los restantes símbolos corresponden a las magnitudes ya indicadas medidas en las unidades igualmente indicadas con anterioridad.

5.3.2 Locales al mismo nivel y en diagonal

En estos casos no existen transmisiones directas. Las expresiones resultantes son inmediatas a la vista de las figuras correspondientes y de las relaciones para los distintos caminos de transmisión indirecta señalados en el punto anterior para $L_{n,ij}$:

$$R'_A = 10 \lg \left(\sum_{j=1}^n 10^{0,1L_{n,ij}} \right) \quad \text{dB}$$

5.3.3 Cálculo de las magnitudes del ruido de impactos in situ

De manera semejante a lo indicado para el ruido aéreo, y dado que en las fórmulas precedentes las transmisiones por vía directa y de flancos se refieren a transmisiones in situ, la primera operación consiste en convertir los valores de laboratorio, característicos de los productos, en valores in situ.

Aunque de manera rigurosa solamente es válido en el rango de frecuencias de transmisión resonante, puede admitirse que los valores de aislamiento a ruido aéreo in situ se relacionan con los valores de laboratorio según la expresión:

$$R_{situ} = R_{lab} - 10 \lg \frac{T_{s,situ}}{T_{s,lab}} \quad \text{dB}$$

siendo

$T_{s,situ}$ el tiempo de reverberación estructural in situ del elemento considerado, en segundos;

$T_{s,lab}$ el tiempo de reverberación estructural del mismo elemento en el laboratorio, en segundos.

De igual manera para el nivel de impactos se tiene:

$$L_{n,situ} = L_{n,lab} + 10 \lg \frac{T_{s,situ}}{T_{s,lab}} \quad \text{dB}$$

siendo

$T_{s,situ}$ el tiempo de reverberación estructural in situ del elemento considerado, en segundos;

$T_{s,lab}$ el tiempo de reverberación estructural del mismo elemento, en el laboratorio, en segundos.

Los valores in situ de R y L_n se igualan a los valores de laboratorio cuando se trata de elementos de construcción mucho más livianos que los circundantes (un factor 3 como mínimo) o con factores de pérdidas internas mayores que 0.03. También se procede así cuando se trate de elementos ligeros de doble capa.

Las mejoras de aislamiento a ruido aéreo y de impactos de capas de revestimiento dan valores in situ análogos a los de laboratorio.

Para las longitudes de absorción equivalentes de elementos de construcción mucho más livianos que los circundantes, con factores de pérdidas internas mayores de 0.03 o cuando se trata de elementos ligeros de doble capa se puede tomar $a_{i,situ} = S_i$ y $a_{j,situ} = S_j$, en las estimaciones de la transmisión de vibraciones en la unión de elementos de construcción. En todo caso este valor medio de la diferencia de nivel de vibraciones en la unión debe ser positivo.

Las mejoras del nivel de ruido de impactos ΔL medida para un forjado macizo, tal como se especifica en la norma UNE EN ISO 140-8, no deben usarse para forjados livianos o de vigas de madera.

Carentes en el momento presente de un conocimiento preciso de las transmisiones indirectas de los sistemas y tecnologías de la construcción española se usarán para K_{ij} las expresiones empíricas que aparecen en dicha norma, adaptadas lo más fielmente posible a la casuística del edificio proyectado.

5.4 Herramienta informática para la predicción del aislamiento acústico en edificios

Parte de las características intrínsecas de los productos y elementos de edificación, para, en función del diseño, hacer una estimación del aislamiento en el edificio. Para minimizar errores de predicción usa los valores de aislamiento de los productos y elementos constructivos determinados en laboratorios, no considerando las propiedades derivadas de modelos teóricos, por los márgenes de error que les son imputables.

Considera los recintos constitutivos del edificio por parejas, permitiendo recorrer las distintas combinaciones posibles de recintos tanto en formas como en situación, y esto tanto para el aislamiento a ruido aéreo como de impactos. El edificio se describe mediante la aplicación sucesiva a las distintas parejas de recintos posibles motivadas por el edificio que se considere.

Permite modificaciones parciales de los datos de entrada de manera que puedan encontrarse soluciones constructivas más ventajosas aunque es siempre conveniente, por los márgenes de error de la predicción, usar combinaciones que mejoren en dos o tres decibelios los aislamientos requeridos. Solamente la experiencia real, con verificaciones in situ, permitirá al proyectista aquilatar más y usar combinaciones con márgenes más ajustados. El almacenamiento en archivos

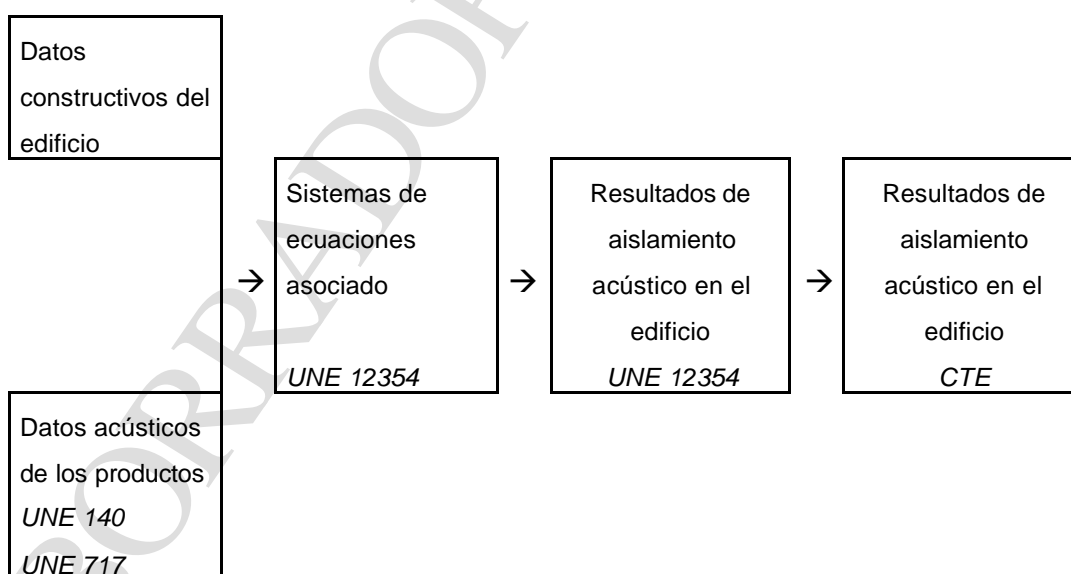
específicos de los casos resueltos, permite el uso diferido en el tiempo de las soluciones satisfactorias.

El método de la norma UNE EN 12354/1/2, en el que se basa el adoptado en el CTE, combina la estructura formal de la solución del SEA, con mediciones experimentales y las expresiones de la transmisión de vibraciones derivadas de modelos simplificados de transmisión entre parejas de elementos de materiales homogéneos e isotrópos en placa, resultando un modelo semiempírico que ha sido considerado como una aproximación del método SEA propiamente dicho, en el que desaparecen y/o se simplifican considerablemente los factores de acoplo y los sistemas de ecuaciones lineales resultan "particularmente tratables"

La mayor precisión se obtiene cuando todas las magnitudes implicadas se determinan en el laboratorio, a excepción de los factores K_{ij} , para cuya determinación se ofrece un conjunto de fórmulas o ábacos, que resuelve los tipos de uniones, propios de la edificación, uniones en $+$, en T , en L etc.

5.4.1 Estructura general del programa informatizado

En el siguiente diagrama de flujo se recoge la secuencia de transformaciones que relacionan las características de los elementos de edificación con las del edificio en términos de las exigencias establecidas en el CTE:



5.4.2 Entrada de datos constructivos del edificio y de las propiedades acústicas de los elementos constructivos

La descripción del edificio se hace mediante parejas de recintos contiguos. Resulta evidente que todas las parejas de recintos iguales pueden resolverse con una sola entrada.

La **secuencia de entrada de datos** y selección de los mismos es como sigue:

- ruido aéreo/impactos
- nivel o planta donde se sitúan los recintos
- situación dentro de la planta
- forma genérica de la planta de los recintos y disposición de las paredes(secciones principales verticales en el caso de ruido de impactos)
- dimensiones de planta (incluidas puertas y ventanas, si las hubiere)
- datos acústicos (incluidos puertas, ventanas y revestimientos si los hubiere)
- secciones verticales para cada pareja de paredes opuestas diferentes (planta de los recintos)
- dimensiones en alzados
- datos acústicos de forjados y/o cubiertas (incluidos revestimientos si los hubiere)
- balcones y terrazas (con sofitos)
 - datos geométricos y dimensiones
 - datos acústicos del soffito

En las secciones de planta y de alzado oferta un número elevado de formas capaces de describir las distintas posibilidades de combinaciones de la forma de las uniones (o encuentros de los divisorios) que afectan las transmisiones indirectas.

Para divisorios dobles considera las distintas posibilidades de trabazón de las hojas en los encuentros.

5.4.3 Núcleo operacional y resultados del aislamiento acústico en el edificio

Introducidos los datos constructivos (geometría, dimensiones y naturaleza de todos los elementos constructivos), y los acústicos correspondientes, **el kernel** o **núcleo del programa** identifica para el caso concreto todos los caminos de comunicación acústica directa, D_d , y de flancos F_f , D_f y F_d así como a través de los elementos de pequeñas dimensiones y de conexiones vía aérea en esos mismos caminos, y asocia los términos de transmisión correspondientes. Resuelve a continuación el sumatorio de contribuciones obteniendo el valor del aislamiento a ruido aéreo entre recintos R'_{A} , o frente al exterior $R'_{2m,nT,Atr}$ (si domina el ruido de tráfico automóvil o de aviones, o R'_{A} si domina el ruido de estaciones ferroviarias).

Finalmente se transforman en los valores de los índices correspondientes (R_A , D_A , o $D_{2m,nT,Atr}$), usados en el CTE y se comparan con los niveles de exigencias establecidos, con una **presentación en pantalla estos resultados** y comparaciones señalando con estridencia los casos de incumplimiento.

5.4.4 Recomendaciones de uso con aplicaciones de diseño

La interactividad del usuario con las pantallas de datos y la posibilidad de cambios y enmiendas en cualquier punto de recorrido de la ejecución del programa y la facilidad de observación del efecto que estos cambios tienen en el resultado final facilita las actuaciones más eficaces en cada caso.

El diseño del recorrido del programa y el modo de entrada de los datos hace asequible el uso a profesionales no expertos en acústica si bien es lógico que la mayor eficacia de uso de todas las peculiaridades del programa la consigan los usuarios con un cierto nivel de formación en acústica de los edificios.

Hasta encontrar las combinaciones de diseño y elementos constructivos definitivos debe procederse estudiando las situaciones más desfavorables, para una vez obtenidas las soluciones aproximadas más adecuadas pasar a la resolución de las parejas restantes aprovechando las consecuencias extraídas sabiendo ya de entrada que podemos ensayar soluciones menos exigentes.

En la elección de estos casos es conveniente proceder separando los distintos tipos genéricos de aislamiento, y aunque a veces el propio diseño plantea dudas fundamentadas de cuáles serán estas situaciones, se pueden señalar genéricamente las siguientes:

Protección contra el ruido

fachadas	ultimo piso	mayores transmisiones indirectas
	primer piso	mayor incidencia del ruido exterior
	recinto con mayor área de acristalamiento	menor aislamiento
cubiertas	solamente si son de una capa o si hay ventanas o claraboyas practicables	débil aislamiento
separaciones interiores	lindando a fachadas	detectan fachadas livianas corridas (hoja interior si hay cámara) conexiones aéreas vía ventanas o similar
	lindando a juntas de dilatación	hojas componentes de débil aislamiento pueden influir en aislamiento en sentido vertical
	lindando a chimeneas o conductos de aireación o aire acondicionado	formación de vías de transmisión aérea fácil
	lindantes con sala de máquinas y recintos de actividad	por necesitar mayor aislamiento
	lindantes con escaleras empotradas en zonas comunes	débil aislamiento a ruido de impactos
	entre recintos grandes con mucha tabiquería perimetral	menor aislamiento a ruido de impactos

	lindantes con recintos estrechos	menor aislamiento a ruido aéreo
--	----------------------------------	---------------------------------

5.4.5 Base de datos del programa y base de datos del usuario

El programa contiene una base de datos acústicos protegida y esta preparado para que el usuario pueda formar su propias base de datos.

La **base de datos acústicos protegida**, constituida por unos trescientos componentes, se ha formado a partir de resultados experimentales obtenidos en laboratorios que siguen prácticas experimentales rigurosas según la norma UNE EN ISO 140 (en todas las partes afectadas) y generalmente se han elegidos cuando se disponía de varios resultados, los mas bajos, para aumentar el margen de seguridad. Cubren divisorios horizontales y verticales de productos nacionales. Incluyen elementos de fábrica, así como prefabricados de amplio uso. Se incluyen elementos de revestimiento contrastados, tanto para paredes como para divisorios horizontales. Por carencia de datos nacionales en algunos elementos clave (destacan las cubiertas) se incluyen datos de algunos elementos genéricos medidos en un laboratorio extranjero de la máxima solvencia, por estimar que son fácilmente realizables en nuestro país, habiendo rechazado otros que se han estimado totalmente desconocidos del mercado y de fabricantes españoles.

Los datos incluyen valores de aislamiento por octavas y por tercios de octava, así como los índices globales correspondientes. También incluye la masa por metro cuadrado, determinada en casi el 100% de los casos a partir de probetas sacadas de los elementos medidos gradación de los datos del usuario y constituye un elemento complementario de identificación de la realidad constructiva, muchas veces bien distinta de la nominal recogida en las normas.

El usuario puede introducir sus propios datos para constituir la **base de datos acústicos del usuario**. Puede hacerlo por bandas de 1/3 octava, por bandas de octava, o en el peor de los casos por su masa por metro cuadrada. En este ultimo caso la predicción será, evidentemente, de inferior fiabilidad. De estos datos el programa obtiene el valor de los índices globales pertinentes y activa un señalizador de dato ajeno a la base del programa que indicara de forma patente en la presentación de resultados.

Para el caso de paredes mixtas con dos o más componentes, una combinación de murete de fábrica con acristalamiento en la parte superior o una ventana en una fachada, el programa calcula el aislamiento global para lo cual reclama datos suplementarios de áreas y situaciones de las partes.

Aunque se ha usado un sistema muy intuitivo de entrada de todos los datos que describen el caso del interés para el usuario el programa informático incluye una **Ayuda**, que puede ser consultada en cualquier momento de la ejecución del programa, bien de forma completa o mediante un índice temático.

6 METODO DE PREDICCIÓN DEL TIEMPO DE REVERBERACIÓN

El cálculo predictivo del tiempo de reverberación en los recintos del edificio, afectados por esta exigencia dentro del CTE, se hará mediante la fórmula de Sabine, a partir del volumen y de la absorción sonora del local.

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

donde V es el volumen del recinto en metros cúbicos y A la absorción total del recinto expresada en metros cuadrados.

La absorción sonora se calculará a partir de la ecuación

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i + \sum_{j=1}^N A_{o_j}$$

en donde S_i es el área, en metros cuadrados, de la parte de paramentos cuyo coeficiente de absorción es α_i , n el número total de absorbentes caracterizados por un coeficiente diferenciado, A_{o_j} del área de absorción sonora equivalente de cada objeto diferenciado, en número total de N.

Los valores del coeficiente de absorción sonora y del área de absorción sonora equivalente de objetos deberán estar determinados conforme a la norma UNE EN ISO 354.

En locales de volumen superior a 250 m^3 , hay que considerar además la absorción en el seno del aire, y añadirla a la absorción anterior para obtener la absorción total. El cálculo se hará mediante la ecuación

$$A_{aire} = 4mV$$

siendo V el volumen del local expresado en metros cúbicos y m el coeficiente de atenuación en el aire expresado en m^{-1} , dados en la norma ISO 9613.

7 SOLUCIONES ACEPTADAS BASADAS EN ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y TECNOLOGIAS HABITUALES

En este apartado se describen un conjunto de soluciones genéricas cuyo uso debe garantizar el cumplimiento de esta normativa. Se supone que la realización de los elementos constructivos satisface los requisitos de una buena práctica constructiva. Con las precauciones que se indican, cuando procede, pueden combinarse entre sí dando un conjunto relativamente amplio de soluciones, que solamente abarcan soluciones clásicas contrastadas suficientemente.

Las soluciones de aislamiento acústico que se indican corresponden a divisorios netos, carentes de elementos perturbadores que faciliten transmisiones indirectas, o directas, que mermen su eficacia. Puede perturbarse el aislamiento por

- conductos de aire acondicionado o de ventilación natural comunes al edificio,
- anclajes de los conductos de calefacción, de gas etc. a los divisorios, de manera inadecuada,
- empotramientos de cajas registradoras eléctricas, interruptores, etc.,

El paso desde R' hasta $D_{hT,A}$ para el aislamiento a ruido aéreo, implica un término correctivo que se puede expresar como $+10 \log h$, en que h es la profundidad de la habitación en sentido perpendicular al divisorio separador referida a 3 m, ($h = \text{profundidad}/3 \text{ m}$), por lo que aumentar la profundidad de la habitación respecto a 3 m representa mejorar el aislamiento y disminuirla empeorarlo.

7.1 Paredes separadoras de propiedades o usuarios distintos

7.1.1 Paredes de una capa

Se trata de paredes portantes, semiportantes o de relleno. Elegidas adecuadamente son las que de manera más sencilla y contundente permiten satisfacer la normativa. Se requiere que la masa por unidad de superficie, parámetro que define fundamentalmente su aislamiento, sea de 360 Kg/m^2 como mínimo. Se requiere también una buena estanquidad. Ejemplos son:

- fábrica de ladrillo perforado de asta con revoco y enlucido de 1.5 cm a cada lado
- fábrica de bloques de hormigón de 29 cm, con revoco y enlucido de 1.5 cm a cada lado
- fábrica de hormigón armado de 15 cm, con revoco y enlucido de 1.5 cm a cada lado

7.1.2 Paredes de dos capas de albañilería

Hay que usarlas con precaución para minimizar las transmisiones indirectas.

La anchura de la cavidad entre capas debe ser de 2 cm, por lo menos, y si se usan solamente divisorios de este tipo cada capa puede ser de 180 Kg/m^2 , como límite inferior, y cada hoja debe estar guarnecida y enlucida en una de sus caras como mínimo. Ejemplos son.

- dos hojas iguales de fábrica de ladrillo perforado de citara, con revoco y enlucido de 1.5 cm a cada lado
- dos hojas iguales de fábrica de bloques de hormigón de 14 cm, con revoco y enlucido de 1.5 cm a cada lado
- dos hojas iguales de fábrica de hormigón armado de 10 cm, con revoco y enlucido de 1.5 cm a cada lado

Si se combinan para separar edificios con una junta de dilatación común, lo que es una situación constructiva habitual, cada capa, de las dos que forman la separación, debe tener una masa de 200 kg/m^2 , por lo menos.

7.1.3 Paredes de una capa de albañilería y otra blanda a la flexión

La capa de albañilería debe pesar 150 kg/m^2 , como mínimo, y asegurar una adecuada estanquidad, lo cual se asegura en general con un revoco y enlucido por una de las caras y un buen montaje de la capa blanda a la flexión (frecuencia crítica superior a 2500 Hz). La hoja blanda a la flexión no debe tener uniones rígidas con la hoja de albañilería, y estar separada de esta un número de centímetros superior al cociente ($100/m$), en donde m es la masa de la capa, en kg/m^2 . La cavidad debe estar rellena de material absorbente acústico. Las paredes, suelo y techo a los que se une, deben pesar 360 kg/m^2 como mínimo. Como ejemplos de capas blandas a la flexión eficaces se pueden citar:

- yeso-cartón de 13 mm
- escayola de 15mm, armada con malla tupida
- aglomerados de fibras o partículas, de 20mm

Aunque en principio hay que descartar los tabiques de albañilería como capas blandas a la flexión se están usando con éxito tabiques de ladrillo montados flotantes tanto respecto de la capa pesada de albañilería como de los divisorios perimetrales a los que se unen. Esta solución debe garantizarse expresamente por los constructores, por las especiales exigencias del montaje y lo escaso de su difusión en nuestro país.

7.1.4 Paredes de elementos blandos a la flexión

Formadas por dos o más paredes simples, de montaje en seco, constituidas por elementos blandos a la flexión, tales como fibras o virutas aglomeradas, yeso-cartón, etc.

En orden a conseguir la máxima eficacia con este tipo de paramentos, se establecen las siguientes recomendaciones:

- Cada hoja estará soportada por elementos independientes entre sí, incluso en el perímetro
- La separación d , en cm, entre ambas hojas debe cumplir la siguiente expresión en la que m_1 y m_2 , son las masas de las hojas expresadas en kg/m^2 :

$$d \geq 100 \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)$$

- La cámara debe albergar un material poroso no rígido, acústicamente absorbente
- El conjunto debe ser estanco al aire

Su aislamiento acústico se justificará exclusivamente mediante ensayo. Para garantizar un aislamiento adecuado deben usarse combinaciones que medidas en laboratorio den valores de aislamiento en torno a 60 dB o superiores.

7.2 Paredes separadoras de zonas comunes

Cuando no albergan puertas, es válida cualquiera de las soluciones indicadas para separar propiedades o usuarios distintos. Como en esos casos puede resultar muy significativo en el aislamiento final el término $+10 \lg h$, en que h es la profundidad de la habitación en sentido perpendicular al divisorio separador referida a 3 m ($h = \frac{\text{profundidad}}{3}$).

Para garantizar el aislamiento acústico por los accesos a las viviendas, deben usarse puertas de entrada con los valores de aislamiento exigidos, o bien si se usan puertas con valores R_A de 33 dBA, como mínimo, incluido el marco, mediante la interposición de un local distribuidor, con una alta absorción (3 a 4 m² de absorción), seguido de otras puertas acústicas, con aislamiento acústico no inferior a 20 dBA, en los accesos a los locales inmediatos.

7.3 Fachadas

Las **partes ciegas** de las fachadas de uso habitual en el país cumplen generalmente con el aislamiento acústico requerido. No obstante su combinación con ventanas y puertas, requiere aumentar adecuadamente el nivel de estas prestaciones. En este sentido hay que tener presente que para relaciones del área total de fachada al de ventana de 100, 10 y 3, el aislamiento de la fachada completa no supera al de la ventana en más de 20, 11 y 6 dBA, respectivamente, independientemente del aislamiento de la parte ciega.

Se enfatiza por tanto la necesidad de usar ventanas de calidad, y su calificación debe hacerse incluyendo marco y contramarco de manera que estén presentes todos los elementos que pueden disminuir su aislamiento acústico. El uso de carpinterías malas no compensa el uso de buenos acristalamientos, y de hecho no suelen dar satisfacción carpinterías de clase inferior a A3. Las ventanas o puertas correderas son poco o nada recomendables cuando se usan en montajes que no sean dobles, y aun en éstos no hay que olvidar que siempre son de comportamiento acústico muy inferior a las abatibles de carpintería análoga.

En el supuesto de buenas carpinterías se pueden conseguir mejoras significativas, de hasta 3 dB respecto a vidrios normales del mismo espesor, usando vidrios laminados especiales debidamente certificados mediante ensayo.

En todo caso se recomienda usar ventanas cuyo aislamiento acústico se garantice mediante informes de laboratorios acreditados.

También las persianas son de primordial interés en fachadas, sobre todo por las pérdidas de aislamiento acústico que pueden ocasionar caso de que sean externas pero con la caja interior, en cuyo caso las de obra dan siempre malos resultados y las comercializadas completas deben usarse con las debidas garantías de buen montaje. La pérdida de aislamiento hay que atribuirla por

una parte a la rendija, generalmente grande, entre la persiana y la fabrica, y por otro al débil aislamiento acústico de la propia caja de la persiana.

Los retranqueos y el uso de balconadas con petos y soffitos absorbentes aportan incrementos de aislamiento frente al ruido exterior que pueden alcanzar varios dB de aislamiento suplementario (3 dB son valores fácilmente alcanzables). Los soffitos reflectantes, por el contrario, suelen producir pérdidas de aislamiento.

No hay que olvidar tampoco que se han establecido índices de valoración global del aislamiento acústico diferentes, según el ruido dominante que generalmente es el tráfico, a fin de tener en cuenta la influencia realista en las personas y que los valores de estos índices son más bajos (alrededor de 4 dBA para el ruido de tráfico automóvil) que los correspondientes a los índices de aislamiento para ruidos interiores, para los que se acepta como representativo el ruido rosa.

Las fachadas cortina, de elementos livianos, que cumplan el requisito de aislamiento exigido a la fachada relativo al ruido exterior, pueden destruir, sin embargo, el posible buen aislamiento acústico de las paredes separadoras de viviendas o propiedades distintas previstas, por lo que deben tomarse las precauciones de diseño adecuadas para que no ocurra esto (cuando cumplan el aislamiento exigido a fachadas, generalmente basta con romper la continuidad física de la fachada cortina al llegar a los divisorios verticales entre cada dos recintos contiguos).

Se está en una situación parecida a la anterior cuando se pretende usar dobles paredes en la fachada, con la parte interior liviana y corrida de unas propiedades a otras, por lo que no se recomienda el uso de estas soluciones constructivas.

Combinaciones aceptables con ventanas abatibles, carpintería clase A3 y vidrios sencillos de 8 mm, para relaciones de área total de fachada a ventana igual a 3 o superiores, son:

- hoja exterior de ladrillo cerámico (o silicocalcáreo), macizo (o perforado) de medio pie enfoscada una cara, cámara de 5 cm o superior, rellena de absorbente acústico poroso, y hoja interior de ladrillo hueco sencillo guarnecido y enlucido por una cara
- hoja exterior de ladrillo cerámico (o silicocalcáreo), macizo (o perforado) de medio pie enfoscada una cara, cámara de 4 cm o superior, rellena de absorbente acústico poroso, y hoja interior de yeso-cartón de 13mm, con perfilera soporte independiente de la hoja externa

- hoja exterior de bloques de hormigón de 19 cm, enfoscadas ambas caras, cámara de 4 cm o superior, rellena de absorbente acústico poroso, y hoja interior de yeso-cartón de 13mm, con perfilera soporte independiente de la hoja externa
- hoja exterior formada por aplacado de piedra de 30 mm, cámara de 50 mm rellena de absorbente acústico poroso y hoja interior análoga a las exteriores de los tres casos anteriores.

Es casi imposible conseguir el aislamiento acústico exigido a las fachadas con acristalamientos de inferior aislamiento al de la casuística anterior, salvo que los huecos practicables se reduzcan dando relaciones de áreas de 10 o superiores, lo cual no será aceptable, en general, mas que en baños. Es de señalar también en este sentido que los acristalamientos aislantes térmicos con cavidad interpuesta y sellamiento perimetral suelen tener aislamientos acústicos equivalentes a los de vidrios monolíticos del mismo espesor total de vidrio.

7. 4 Divisores horizontales

El requisito acústico determinante de los forjados es el nivel de ruido de impactos ya que resulta mas restrictivo que el aislamiento a ruido aéreo. La exigencias requeridas para éste se satisfacen generalmente eligiendo conjuntos forjado+solado+techo con aislamientos a ruido aéreo R_A superiores a 53 dBA, lo cual no es difícil conseguir con conjuntos de cualquier tipo de unos 350 Kg/m².

La protección frente al ruido de impactos, por el contrario, requiere cuidados y soluciones especiales. Para un forjado tipo de los indicados como satisfactorios contra el ruido aéreo, significaría un nivel de ruido de impactos del orden de 80 dB, que está muy por encima del nivel exigido. (Recuérdese la relación teórico-empírica entre el aislamiento acústico a ruido aéreo y el nivel de impactos, $R_w + L_{nT,w} = 133,5$). Conseguir bajar este nivel al máximo permitido de 65 dB, requiere soluciones reductoras adicionales de unos 15 dB, que para solados duros (tipo cerámico) solamente se puede conseguir con suelos flotantes. Si no es privativo el uso de solados duros es posible utilizar soluciones híbridas mediante flotaciones mas pobres y solados "blandos", o bien mediante cubiertas amortiguadoras tipo moqueta, que tienen escasas repercusiones estructurales.

En todo caso se recomienda partir de forjados de aislamiento a ruido aéreo superiores a 55 dBA (pesos de unos 350 kg/m²), que por otra parte tienen un efecto muy beneficioso en la minimización de todas las transmisiones indirectas del edificio. Los elementos complementarios de reducción no necesitan entonces ser tan importantes.

Combinaciones aceptables son las siguientes:

- forjado unidireccional de hormigón armado, con bovedillas cerámicas de 35 cm, mas 4 cm de mortero pobre, con terminación de moqueta (espesor superior a 6 mm). La cara inferior está enlucida con 15 mm de yeso.
- forjado unidireccional de hormigón armado, con bovedillas cerámicas de 25 cm, mas suelo flotante de terrazo sobre 4 cm de hormigón armado, sobre capa de lana mineral de 35 mm. La cara inferior está enlucida con 15 mm de yeso.
- forjado unidireccional de hormigón armado, con bovedillas cerámicas de 20 cm de espesor con una capa de compresión de 70 mm sobre la que yacen, con una manta de polietileno interpuesta, una capa de mortero pobre de 50 mm y un terrazo de 30 mm. La cara inferior está enlucida con 15 mm de yeso.
- forjado análogo a cualquiera de los tres anteriores, intercambiando las bovedillas cerámicas por bovedillas de hormigón, de 28 cm, 20 cm y 18 cm respectivamente.
- forjado análogo a cualquiera de los tres primeros, pero con forjado reticular y bovedillas de 28 cm, 20 cm y 18 cm respectivamente.
- forjado de losa de hormigón armado de 14 cm y terminaciones análogas a las de los tres primeros casos indicados.

7.5 Cubiertas

En el caso de cubiertas formadas por **terrazas transitables**, como en el caso de forjados, el único problema previsible es el adecuado aislamiento frente al ruido de impactos, en donde son aplicables las observaciones y ejemplos de soluciones dadas para forjados.

En el caso de cubiertas formadas por **terrazas no transitables**, pueden adoptarse soluciones análogas a los forjados, pudiendo disminuir el canto de 5 a 10 cm en términos generales. Quede claro que en estos divisorios son aplicables las mejoras de aislamiento aportadas por revestimientos, principalmente los constituidos por elementos blandos a la flexión.

En **cubiertas inclinadas tipo forjado** separando la zona habitable del exterior sigue siendo válida la indicación anterior de poder reducir en 10 cm el canto indicado para los forjados, pero proveyendo la capa vierteaguas correspondiente. Si incluyen claraboyas, la carpintería debe ser A3 e incluir vidrios de espesor no inferior a 8 mm, los cantos del forjado deben recuperar los valores indicados para forjados, cumpliendo las proporciones de área total a área acristalada apropiadas, tal como se indicó para las fachadas. También aquí son aplicables las mejoras de aislamiento acústico proporcionadas por revestimientos blandos a la flexión.

En el caso de **cubiertas ligeras formando cámara con techos ligeros** la solución consiste en proveer combinaciones adecuadas con suficiente estanqueidad e inclusión de materiales absorbentes en la cámara para favorecer que el aislamiento del conjunto se aproxime a la suma aritmética de los aislamientos del techo más la cubierta propiamente dicha.

- tejas sobre rasillones con capa de hormigón de 40 mm y techo de placas de escayola de 40 mm, con capa de lana mineral de 50 mm (60 Kg/m^3 como mínimo) en toda la cavidad.
- panel de dos capas metálicas de 1 mm, y alma de espuma plástica de 30 mm y techo de análoga constitución, con capa de lana mineral de 50 mm (60 Kg/m^3 como mínimo) en toda la cavidad. Los paneles del techo deben interrumpirse al llegar a cada divisorio vertical.
- tejas sobre rasillones con capa de hormigón de 40 mm y techo formado por un forjado unidireccional con bovedillas de 150 mm con enlucido de yeso de 15 mm en su cara inferior.

En el caso de **cubiertas ligeras sin complementar con techos** se debe elegir un material que en sí mismo proporcione el aislamiento requerido, lo cual implica necesariamente dobles capas (del tipo panel sandwich indicado como mínimo), con una cavidad de 50 mm, o superior, rellena de lana mineral. Si incluyen claraboyas, además de las especificaciones anteriormente señaladas para las carpinterías, deben ser de doble hoja separadas 100 mm como mínimo.

8 VERIFICACION DE CONFORMIDAD CON LAS EXIGENCIAS

8.1 Verificaciones en el proyecto

8.1.1 Garantías y verificaciones de los productos y elementos constructivos

La Memoria Técnica del Proyecto de ejecución debe recoger claramente las características acústicas de los productos y elementos utilizados, determinadas en el laboratorio, especificando:

- los valores globales del aislamiento acústico a ruido aéreo de los divisorios horizontales y verticales usados y de las mejoras de aislamiento de revestimientos o tratamientos adicionales, si se usan,
- los valores globales del nivel del ruido de impactos de los divisorios horizontales, y las reducciones de este ruido de impactos de los revestimientos o tratamientos adicionales, si se usan
- los niveles de potencia acústicas de los equipamientos
- los coeficientes de absorción de los absorbentes utilizados
- las peculiaridades de montaje cuando se trata de productos o elementos constructivos que se apartan de los tradicionales, particularmente sus incidencias en las uniones a los divisorios
- las dimensiones y pesos por metro cuadrado de todos los elementos constructivos horizontales y verticales que constituyen cada uno de los recintos del edificio,

La justificación de las propiedades acústicas de los elementos constructivos utilizados, diferentes de los indicados en las soluciones tradicionales aceptadas, se hará mediante certificaciones emitidas por un Ente o Laboratorio Acreditado al respecto. Los materiales y equipamientos que vengan avalados por Sellos o Marcas de Calidad no necesitan justificantes ya que deberán tener la garantía, por parte del fabricante, del cumplimiento de los requisitos y características mínimas exigidas en este Código Técnico.

8.1.2 Verificaciones en el caso de adoptar soluciones aceptadas en este CTE

Cuando la solución constructiva utilizada constituya una solución de las incluidas en este CTE como satisfactorias deberán enumerarse fehacientemente todas las combinaciones de elementos constructivos elegidas, a cuyo fin debe seguirse las indicaciones de casuística mencionadas en el apartado 8.1.3 que sigue. Se deberán incluir también las soluciones adoptadas para que la inclusión de tuberías, cajas de registros, enchufes y tomas eléctricas etc., en los divisorios verticales y horizontales, no afecten el aislamiento acústico.

Cuando los edificios contengan recintos para los que este CTE establece exigencias relativas al tiempo de reverberación, se incluirá una declaración expresa de los mismos y los valores de

calculos resultantes de aplicar el procedimiento descrito en el apartado 6 para predicción del tiempo de reverberación

8.1.3 Verificaciones de las soluciones basadas en el método predictivo

Cuando el proyecto constructivo se haya definido con ayuda del método predictivo adoptado en este CTE, se incluirán los **valores predictivos** de las exigencias establecidas para los distintos requisitos, conseguibles in situ para todas las situaciones de aislamiento diferentes.

Deberá incluir, como mínimo, un caso representativo del aislamiento a ruido aéreo de

- todos y cada uno de los casos de recintos diferentes en formas, tamaños y elementos constructivos, lindantes a fachadas, a cubiertas y a espacios comunes,
- un caso representativo de todos y cada uno de los casos diferentes en formas, tamaños y elementos constructivos, de parejas de recintos colindantes de áreas de uso diferentes
- todos y cada uno de los aislamientos de los recintos lindantes a las salas de máquinas y a los recintos de actividad., en caso de co-existir en el edificio.

Igualmente deberá incluir, como mínimo, un caso representativo del aislamiento a ruido de impactos de

- un caso representativo de todos y cada uno de los casos diferentes en formas, tamaños y elementos constructivos, de parejas de recintos colindantes verticalmente de áreas de uso diferentes
- un caso representativo de todos y cada uno de los casos diferentes en formas, tamaños y elementos constructivos, de recintos que comparten un divisorio vertical con escaleras
- todos y cada uno de los aislamientos de los recintos lindantes verticalmente a las salas de máquinas y a los recintos de actividad., en caso de coexistir en el edificio

Se incluirán también los cálculos predictivos del tiempo de reverberación, siguiendo el método desarrollado en el apartado 6, para todos aquellos recintos sujetos a este tipo de exigencias conforme a este CTE.

8.2 Verificación acústica experimental en edificios terminados

Por razones de lentitud y carestía de los controles acústicos sistemáticos en todas y cada una de las obras realizadas se diferencian dos situaciones genéricas:

- controles a instancias del usuario y
- controles a instancias de la Administración

8.2.1 Verificaciones a instancias del usuario

El comprador de un edificio o parte del mismo, podrá exigir justificación fehaciente del cumplimiento de esta Norma.

Después de la compra podrá encargar ensayos in situ, a una entidad acreditada, que si resultan demostrativos del incumplimiento de la Norma, le darán derecho a la reparación de los defectos y reembolso de gastos de los ensayos por parte del vendedor.

De igual modo el comprador podrá reclamar que las instalaciones y equipos causen niveles de ruido dentro de los permitidos en este CTE, que podrán verificar experimentalmente a través de las entidades acreditadas pertinentes, con derechos de reparación y reembolso de gastos, análogamente a lo indicado en el párrafo anterior.

Este tipo de controles, a instancias del usuario, se realizarán, por una entidad acreditada al efecto, usando métodos de los denominados de ingeniería que conlleven mayor precisión en la determinación de valores de las magnitudes acústicas (norma UNE EN ISO 140, por ejemplo).

Los informes técnicos de los controles experimentales in situ deberán contener inexcusablemente todos los requisitos contemplados en las normas establecidas al efecto.

8.2.2 Controles a instancias de la Administración

Los Departamentos Administrativos competentes en el tema podrán encargar los controles pertinentes de aislamiento, absorción y niveles de ruido de instalaciones y equipamiento, cuando lo estimen pertinente, con al menos los mismos derechos que los concedidos a los compradores en los párrafos anteriores. Tales controles serán de particular interés en las edificaciones a las que se otorguen beneficios fiscales. La realización de los controles se llevará a cabo por entidades debidamente acreditadas.

En la realización de este tipo de controles puede resultar ventajoso, en aras de abaratar y agilizar el proceso, realizar controles de tipo prospectivo, con menores precisiones que los citados métodos de ingeniería. A partir de los resultados de estas prospecciones podrá requerirse la realización de mediciones más precisas, en aquellas situaciones en que se superen desviaciones adversas de 3 dB o superiores.

La selección de la muestra representativa se hará incluyendo todas las tipologías de situaciones diferentes tal como se indica para los datos predictivos en el punto 8.1.3. De cada una de estas tipologías se elegirán, al azar, un número de casos no inferior al 10% del total de los existentes, o el número entero superior, en caso de que sea fraccionario, y en todo caso superior a 2.

8.2.3 Tolerancias de las mediciones in situ

Para el cumplimiento de las exigencias de este CTE se admiten tolerancias entre los valores de aislamiento y absorción acústicos medidos in situ y los valores exigenciales establecidos en este CTE, que se establecen en 2 dBA para el aislamiento acústico y en 0,2 s para el tiempo de reverberación (o de 5 % en el valor RASTI, en caso de usar esta opción).

Para los niveles de ruido de los equipamientos e instalaciones se establecen tolerancias de 3 dBA.

BORRADOR DE TRABAJO

ANEXO 1. GLOSARIO

BORRADOR DE TRABAJO

A los efectos de este Código Técnico de la Edificación, se establecen las siguientes definiciones de los conceptos fundamentales que en ella aparecen, ordenados de modo que se facilite su comprensión.

G1. CONCEPTOS GENERALES

Perturbación acústica aérea

Es una vibración del aire caracterizada por variaciones rápidas de presión respecto a la presión estática del aire.

Presión acústica

Símbolo: P

Unidad: pascal, Pa (1 Pa = 1 N/m²)

Es la diferencia entre la presión total instantánea en un punto determinado, en presencia de una perturbación acústica y la presión estática en el mismo punto.

Frecuencia

Símbolo: f

Unidad: hercio, Hz

Es el número de pulsaciones de una onda acústica senoidal ocurridas en un segundo.

Octava, tercio de octava

Octava es el intervalo de frecuencias comprendido entre una frecuencia determinada y otra igual al doble de la anterior. Tercio de octava es el intervalo de frecuencias comprendido entre una frecuencia determinada f1 y una frecuencia f2 relacionadas por $(f2/f1)^3 = 2$.

Espectro de frecuencias

Es una representación de la distribución de energía de un sonido en función de sus frecuencias componentes. Normalmente se expresa mediante niveles de presión o de potencia en bandas de tercio de octava o de octava.

Ruidos blanco y rosa

Son ruidos utilizados para efectuar las medidas normalizadas. Se denomina ruido blanco al que contiene todas las frecuencias con la misma amplitud. Su espectro expresado como niveles de presión o potencia, en bandas de tercio de octava, es una recta de pendiente 3 dB/octava. El ruido se denomina ruido rosa cuando esta representación espectral consiste en una recta de pendiente 0 dB/octava.

Potencia acústica

Símbolo: W

Unidad: vatio, W

Es la energía emitida en la unidad de tiempo por una fuente acústica determinada.

Nivel de presión sonora o presión acústica

Símbolo: L_p

Unidad: decibelio, dB

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_p = 10 \lg \left(\frac{P}{P_o} \right)^2 = 20 \lg \frac{P}{P_o}$$

Donde:

P es la presión acústica considerada, en Pa.

P_0 es la presión acústica de referencia que se establece en $2 \cdot 10^{-5}$ Pa

Nivel de potencia acústica

Símbolo: L_w

Unidad: decibelio, dB

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_w = 10 \lg \frac{W}{W_0}$$

donde:

W es la potencia acústica considerada, en W.

W_0 es la potencia acústica de referencia, que se establece en 10^{-12} W

Sonoridad

Es un atributo subjetivo del sonido que representa la cuantía o intensidad de la sensación sonora producida por el mismo. Depende fundamentalmente del nivel y del espectro del sonido.

Para su medida se usa, generalmente, el nivel de sonoridad, cuya unidad es el fonio. A un tono puro de 1000 Hz, le corresponde un valor del nivel de sonoridad igual al valor del nivel de presión sonora. Sonidos de distinta frecuencia requieren distintos niveles de presión sonora para producir la misma sensación subjetiva de sonoridad. Las curvas que unen sonidos de distinta frecuencia e igual sonoridad se denominan líneas isófonas o isofónicas.

Ponderación espectral A

La ponderación espectral A, es una aproximación con signo menos de la línea isofónica con un nivel de sonoridad igual a 40 fonios. En el margen de frecuencias de aplicación de esta Norma, la curva de ponderación A viene definida por los siguientes valores:

Frecuencia Hz	Ponderación A dB	Frecuencia Hz	Ponderación A dB
100	-19,1	800	-0,8
125	-16,1	1.000	0
160	-13,4	1.250	0,6
200	-10,9	1.600	1,0
250	-8,6	2000	1,2
315	-6,6	2.500	1,3
400	-4,8	3.150	1,2
500	-3,2	4.000	1,0
630	-1,9	5.000	0,5

Se utiliza la ponderación espectral A para compensar las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo. (Norma UNE EN 60651).

Nivel de presión acústica ponderado A

Símbolo: L_{pA}

Unidad: decibelio, dB ponderado A

Para un ruido de espectro conocido, en bandas de tercio de octava o de

octava, se obtiene mediante la expresión siguiente:

$$L_{pA} = 10 \lg \sum_i 10^{(L_i + A_i)/10}$$

donde:

L_i es el nivel de presión acústica en la banda de frecuencia i

A_i es el valor de la ponderación A en la banda de frecuencia i

Valora un ruido complejo mediante un valor único y constituye uno de los índices globales de valoración de ruidos más difundido.

NOTA. Los sonómetros u otros instrumentos semejantes provistos de la red de ponderación A, pueden medir directamente los ruidos en decibelios, ponderados A.

Nivel sonoro continuo equivalente (ponderado A)

Símbolo: L_{eq}

Unidad: decibelio, dB ponderado A

Para ruidos de nivel variable en el tiempo se define mediante la expresión:

$$L_{eq} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T 10^{L(t)_{pA}/10} dt$$

donde:

$L(t)_{pA}$ es el nivel de presión acústica, ponderado A, en el instante t

T es el intervalo temporal considerado.

Cuando los niveles de un ruido, L_{pA_i} , se mantienen prácticamente constantes (± 2 dB) en cada intervalo temporal t_i , ($T = \sum_i t_i$), se puede usar la fórmula

$$L_{eq} = 10 \lg \frac{1}{T} \sum_i 10^{L_{pA,i}/10} t_i$$

Composición de niveles

Cuando los distintos niveles L_i a componer, ponderados A o no, proceden de fuentes no coherentes, caso habitual en los ruidos complejos, el nivel resultante viene dado por la siguiente expresión:

$$L = 10 \log \sum_i 10^{L_i/10}$$

donde:

L_i es el nivel de presión o potencia acústica del componente i en dB.

Nivel medio de presión sonora en un recinto

Símbolo: L

Unidad: decibelio, dB

Es el nivel correspondiente al promedio temporal y espacial del cuadrado de la presión acústica, extendiendo el promediado espacial al interior del recinto exceptuando las zonas de radiación directa de las fuentes y las próximas a las paredes, suelo y techo.

Para exploraciones de la presión a lo largo de trayectorias continuas representativas que se barren en un tiempo T se calcula mediante la siguiente expresión:

$$L = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_0^2} dt$$

donde $p(t)$ es el valor de la presión acústica en el instante t y $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa, la presión acústica de referencia.

Para exploraciones de la presión en puntos discretos se calcula mediante la siguiente expresión:

$$L = 10 \lg \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_{pi}/10}$$

donde L_{pi} es el nivel de presión sonora medido en el punto i .

Cuando las diferencias entre los valores componentes son inferiores a 4 dB, se puede tomar como nivel medio la media aritmética de los niveles componentes

G2. PRODUCTOS

Coefficiente de absorción acústica

Símbolo: α

Es la relación entre la energía acústica absorbida por un material, usualmente plano, y la energía acústica incidente sobre el mismo, referida a la unidad de superficie. Suele ser función de la frecuencia.

Absorción acústica

Símbolo: A

Unidad: metro cuadrado, m^2 .

Es función de la frecuencia

Esta magnitud cuantifica la energía acústica absorbida del campo acústico por una superficie o por un objeto.

Puede calcularse, para una frecuencia o banda de frecuencia f , mediante la siguiente expresión:

$$A_f = \alpha_f S$$

donde:

A_f es la absorción acústica para la frecuencia o banda de frecuencia f , en m^2 .

α_f es el coeficiente de absorción del material para la frecuencia o banda de frecuencia f

S es la superficie del material, en m^2 .

Cuando la absorción acústica corresponde a un elemento volúmico o de superficie no definida se denomina área de absorción equivalente de dicho elemento, ya que numéricamente corresponde a la absorción de una superficie de coeficiente de absorción igual a 1 y de área igual a la absorción total del elemento.

Aislamiento acústico normalizado a ruido aéreo de un elemento constructivo

Símbolo: R

Unidad: decibelio, dB

Es función de la frecuencia

Es el aislamiento acústico de un elemento constructivo medido en laboratorio en condiciones señaladas en la Norma UNE EN ISO 140-3 y valorado mediante la siguiente expresión:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A}$$

Donde:

L_1 es el nivel medio de presión acústica en el recinto emisor, en dB

L_2 es el nivel medio de presión acústica en el recinto receptor, en dB

S es el área del elemento constructivo, en m^2

A es el área de absorción sonora equivalente del recinto receptor, en m^2

Aislamiento acústico normalizado a ruido aéreo de un elemento constructivo in situ

Símbolo: R'

Unidad: decibelio, dB

Es función de la frecuencia

Aislamiento acústico de un elemento constructivo medido in situ en las condiciones señaladas en las normas UNE EN ISO 140-3 y UNE EN ISO 140-4, incluidas las transmisiones indirectas y calculado mediante la siguiente expresión:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A}$$

Donde:

L_1 es el nivel medio de presión acústica en el recinto emisor, en dB

L_2 es el nivel medio de presión acústica en el recinto receptor, en dB

S es el área del elemento constructivo, en m^2

A es el área de absorción sonora equivalente del recinto receptor, en m^2

Mejora del aislamiento a ruido aéreo de un revestimiento

Símbolo: ΔR

Unidad: decibelio, dB

Aumento del aislamiento normalizado a ruido aéreo de un divisorio por adición de un tratamiento o revestimiento al divisorio base. Se valora por la diferencia entre el aislamiento de un divisorio de referencia con el revestimiento de mejora y el propio del divisorio base. Es función de la frecuencia.

Aislamiento acústico global o índice global de aislamiento acústico a ruido aéreo de un elemento constructivo en dBA

Símbolo: R_A

Unidad: decibelio A, dBA

Es la valoración global, en dBA, del aislamiento acústico normalizado a ruido aéreo R , para un ruido incidente rosa, tal como se contemplaba en la NBE-CA 88.

Se calcula mediante la siguiente expresión

$$R_A = -10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{(L_{rA,i} - R_i)/10}$$

donde

R_i es el valor del aislamiento acústico normalizado en la banda de frecuencia i ,

$L_{rA,i}$ es el valor del espectro del ruido rosa ponderado A, en la banda de frecuencia i ,

i recorre todas las bandas de frecuencia de tercio de octava de 100 Hz a 5 KHz,

Equivalente a $R_w + C_{100-5000}$ de UNE EN ISO 717-1:1997

El conjunto de valores $L_{rA,i} = L_{r,i} + A_i$ cumple la condición $10 \lg \sum_i 10^{L_{rA,i}/10} = 0$, por lo que se le llama ruido rosa normalizado ponderado A.

Más adelante se dan los valores del espectro del ruido rosa normalizado ponderado A, para bandas de tercio de octava y de octava, en el intervalo 100 – 5000 Hz.

Aislamiento acústico global aparente o índice global aparente de aislamiento acústico a ruido aéreo de un elemento constructivo en dBA

Símbolo: R'_A

Unidad: decibelio A, dBA

Es la valoración global, en dBA, del aislamiento acústico normalizado aparente a ruido aéreo R'_i , para un ruido incidente rosa, ponderado A, normalizado.

Se calcula mediante la siguiente expresión

$$R'_A = -10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{(L_{rA,i} - R'_i)/10}$$

donde

R'_i es el aislamiento acústico aparente normalizado en la banda de frecuencia i

$L_{rA,i}$ es el valor del espectro del ruido rosa normalizado ponderado A, en la banda de frecuencia i i recorre todas las bandas de frecuencia de tercio de octava de 100 Hz a 5 KHz

El conjunto de valores $L_{rA,i} = L_r + A_i$ cumple la condición $10 \lg \sum_i 10^{-L_{rA,i}/10} = 0$, por lo que se le llama espectro normalizado del ruido rosa ponderado A.

Más adelante se dan los valores del espectro del ruido rosa, ponderado A, normalizado, para bandas de tercio de octava y de octava, en el intervalo 100 – 5000 Hz.

Aislamiento acústico global a ruido aéreo o índice global de aislamiento a ruido aéreo según UNE-EN ISO 717-1 (1997)

Símbolo: R_w

Unidad: decibelio, dB

Es el valor en decibelios de la curva de referencia, a 500 Hz, ajustada a los valores experimentales R según el método especificado en la norma UNE-EN ISO 717-1 (1997).

Aislamiento acústico global a ruido aéreo aparente o índice global de aislamiento a ruido aéreo aparente según UNE-EN ISO 717-1 (1997)

Símbolo: R'_w

Unidad: decibelio, dB

Es el valor en decibelios de la curva de referencia, a 500 Hz, ajustada a los valores experimentales R' según el método especificado en la norma UNE-EN ISO 717-1 (1997).

Término de adaptación espectral

Símbolo: C_x

Unidad: dB

Es la diferencia entre un índice global de aislamiento a ruido aéreo ponderado A, de subíndice x , y el índice global de aislamiento a ruido aéreo según la norma UNE-EN-ISO 717-1. Es por tanto lo que le falta al índice global de aislamiento R_w (o R'_w) para convertirse en los índices globales en dBA correspondientes al ruido de que se trate, y por tanto para adaptarse a los distintos tipos de ruido incidente. Cada índice global ponderado A, da lugar a un término de adaptación espectral del índice R_w (o R'_w). De hecho la norma UNE EN ISO 717 al definir el ruido rosa normalizado y el ruido de tráfico normalizado, en bandas de tercio de octava y de octava, con números enteros y con un decimal difiere ligeramente de las definiciones anteriores establecidas mediante la curva A. Se incluye aquí a título informativo, con relación a otras normativas europeas.

Cuando el ruido incidente es rosa se usa el símbolo C y cuando es ruido de tráfico el símbolo es C_{tr} .

Mejora global del aislamiento a ruido aéreo de un revestimiento s/UNE EN ISO 717

Símbolo: ΔR_w

Unidad: decibelio, dB

Aumento del aislamiento global normalizado a ruido aéreo de un divisorio por adición de un tratamiento o revestimiento al divisorio base. Se valora por la diferencia entre los valores globales de aislamiento a ruido aéreo, s/ISO717-1, de un divisorio de referencia con el revestimiento de mejora y el propio del divisorio base.

Mejora global del aislamiento a ruido aéreo rosa de un revestimiento, en dBASímbolo: ΔR_A

Unidad: decibelio ponderado A, dBA

Aumento del aislamiento normalizado a ruido aéreo de un divisorio por adición de un tratamiento o revestimiento al divisorio base. Se valora por la diferencia entre los valores globales del aislamiento a ruido aéreo en dBA, de un divisorio de referencia con el revestimiento de mejora y el propio del divisorio base.

Es equivalente a $\Delta R_w + C_{100-5000}$ de UNE EN ISO 717-1

Nivel (normalizado) del ruido de impactos de un elemento constructivo horizontalSímbolo: L_n

Unidad: dB

Es función de la frecuencia

Es el nivel de presión sonora medio en el recinto receptor referido a una absorción de 10 m^2 , con el elemento constructivo horizontal montado como elemento separador respecto al recinto superior es excitado por la máquina de impactos normalizada según se describe en la Norma UNE EN ISO 140-6, en condiciones de laboratorio (carencia de transmisiones indirectas).

Se definen mediante la siguiente expresión:

$$L_n = L + 10 \lg(A/10)$$

Donde:

L es el nivel medio de presión en el recinto, en dB.

A es el área de absorción equivalente del recinto receptor, en m^2

Mejora del aislamiento acústico a ruido de impactos de un suelo flotante, de un revestimiento de suelos, o de un techo suspendido (o también reducción del nivel de ruido de impactos)Símbolo: DL

Unidad: decibelio, dB

Es función de la frecuencia.

Es la diferencia entre el nivel normalizado del ruido de impactos de un suelo pesado de referencia con el revestimiento de mejora y el propio del suelo de referencia.

También se denomina reducción del nivel de ruido de impactos.

Nivel global de ruido de impactos de un elemento constructivo horizontalSímbolo: $L_{n,w}$

Unidad: decibelio, dB

Es el valor a 500 Hz de la curva de referencia ajustada a los valores experimentales L_n según el método especificado en la norma UNE -EN ISO 717-2. Si los niveles experimentales están dados para bandas de octava, hay que reducir en 5 dB el valor a 500 Hz.

Mejora global del aislamiento acústico a ruido de impactos de un suelo flotante, de un revestimiento de suelos o de un techo suspendidoSímbolo: DL_w

Unidad: decibelio, dB

Es la diferencia entre el nivel normalizado del ruido de impactos del suelo de referencia normalizado (78 dB) y el calculado para ese suelo de referencia con el suelo flotante, el revestimiento de mejora o del techo suspendido.

Los valores, en dB, del nivel de ruido de impactos del suelo de referencia normalizado, en los tercios de octava desde 100 a 3200 Hz, ambos inclusive, son: 67, 67.5, 68, 68.5, 69, 69.5, 70, 70.5, 71, 71.5, 72, 72, 72, 72, 72, 72.

G3. RECINTOS Y EDIFICIOS

Reverberación

Es el fenómeno de persistencia del sonido en el interior de un recinto una vez que la fuente sonora ha dejado de emitir.

Tiempo de reverberación

Símbolo: T

Unidad: segundo, s

Es el tiempo en el que la presión acústica se reduce a la milésima parte de su valor inicial (decremento de 60 dB en el nivel de presión acústica) una vez cesada la emisión de la fuente sonora. En general es función de la frecuencia.

Puede calcularse mediante la siguiente expresión:

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

donde:

V es el volumen del recinto, en m³

A es la absorción del recinto, en m².

En este CTE, los valores de las exigencias establecidos como límite, se entenderán como la media de los valores a 500 Hz, 1000 Hz y 2000 Hz.

Inteligibilidad en un recinto

Está relacionado con el grado de comprensión de la palabra.

En este CTE se valora a través del índice RASTI (Norma CEI 268-16), que simplifica y abrevia un índice de inteligibilidad más general que comprende la totalidad del espectro. Se obtiene a partir de los índices de transmisión de la conversación para las frecuencias de 1.02, 2.03, 4.07 y 8.14 hercios en la banda de 500 Hz y de los índices de transmisión de la conversación a las frecuencias de 0.73, 1.45, 2.90, 5.81 y 11.63 hercios en la banda de 2000 Hz.

Diferencia, estandarizada, de niveles de presión acústica entre recintos, (o aislamiento acústico bruto entre recintos)

Símbolo: D

Unidad: decibelio, dB

En general es función de la frecuencia.

Es la diferencia entre los niveles medios de presión acústica producidos en dos recintos por la acción de una o varias fuentes de ruido emitiendo en uno de ellos, que se toma como recinto 1.

Se define mediante la siguiente expresión:

$$D = L_1 - L_2$$

donde:

L₁ es el nivel medio de presión acústica en el recinto emisor, en dB

L₂ es el nivel medio de presión acústica en el recinto receptor, en dB

Diferencia, estandarizada, de niveles de presión entre recintos a ruido aéreoSímbolo: D_{nT}

Unidad: decibelio, dB

En general es función de la frecuencia.

Es la diferencia entre los niveles medios de presión acústica producidos en dos recintos por una o varias fuentes de ruido emitiendo en uno de ellos, normalizada al valor 0,5 s del tiempo de reverberación.

Se define mediante la siguiente expresión:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \lg \left(\frac{T}{0,5} \right)$$

donde:

 L_1 es el nivel medio de presión acústica en el recinto emisor, en dB L_2 es el nivel medio de presión acústica en el recinto receptor, en dB,

T es el tiempo de reverberación del recinto receptor, en segundos.

Aislamiento acústico a ruido aéreo por vía de flancosSímbolo: R_j

Unidad: decibelio, dB

Diferencia entre los niveles sonoros de los recintos emisor y receptor, debida a la transmisión acústica por vías indirectas o por los flancos

Aislamiento acústico de fachadas para incidencia difusaSímbolo: R'

Unidad: decibelio, dB

Aislamiento acústico aparente normalizado de una fachada, supuesta montada como divisorio interior en un edificio. Coincide con la definición de aislamiento acústico aparente normalizado de un elemento constructivo de igual símbolo

Diferencia estandarizada de niveles de presión acústica en fachadas (o aislamiento acústico a ruido aéreo de fachadas)Símbolo: $D_{2m,nT}$

Unidad: decibelio, dB

Corresponde al aislamiento acústico de fachadas cuando la medida del nivel de ruido exterior, $L_{1,2m}$, se hace a 2 metros frente a la fachada según la norma UNE EN ISO 140-5, según la ecuación

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \lg \frac{T}{T_0}$$

donde los símbolos tienen el mismo significado de los apartados anteriores de este CTE.

Mejora del aislamiento acústico a ruido aéreo de fachadas (o diferencia de niveles de presión de fachadas) por adaptación de formaSímbolo: $\Delta L_{f,s}$

Unidad: decibelio, dB

Es la mejora del aislamiento acústico de fachadas por efecto de apantallamientos debidos a petos, formas especiales y retranqueos, que se valora mediante la expresión

$$\Delta L_{f,s} = L_{1,2m} - L_{1,s} + 3$$

donde

 $L_{1,2m}$ es el nivel de ruido exterior medido a 2 metros frente a la fachada $L_{1,s}$ es el nivel de ruido exterior medido en el plano de la fachada

Diferencia normalizada de niveles de presión acústica de elementos constructivos pequeñosSímbolo: $D_{n,e}$

Unidad: decibelio, dB

Corresponde a la diferencia de nivel normalizado atribuible a elementos de aireación, registros eléctricos empotrados y similares según la norma UNE EN ISO 140-10. Se calcula mediante la ecuación:

$$D_{n,e} = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{A_0}{A}$$

donde

 L_1 es el nivel de ruido en el recinto emisor L_2 es el nivel de ruido en el recinto receptor

A es la absorción sonora equivalente del recinto receptor y

$$A_0 = 10 \text{ m}^2$$

Diferencia normalizada de niveles de transmisión de ruido aéreo por flancosSímbolo: $D_{n,f}$

Unidad: decibelio, dB

Valora el aislamiento acústico de estas vías laterales de transmisión

Índice normalizado de reducción de vibraciones en uniones de elementos de construcciónSímbolo: K_{ij}

Unidad: decibelio, dB

Es una magnitud relacionada con la transmisión de energía en una unión de dos elementos de construcción.

Es la diferencia entre los niveles medios de velocidad entre ambos lados de la unión, promediada en las dos direcciones, normalizada a la longitud de la unión y a la longitud equivalente de absorción de los elementos a cada lado. Se expresa mediante la fórmula

$$K_{ij} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} + 10 \lg \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i a_j}} = \overline{D_{v,ij}} + 10 \lg \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i a_j}}$$

siendo

$D_{v,ij}$ la diferencia entre los niveles de velocidad de los elementos i y j, cuando se excita el elemento i;

$D_{v,ji}$, la diferencia entre los niveles de velocidad de los elementos j e i, cuando se excita el elemento j;

l_{ij} la longitud común de la unión entre los elementos i y j, en metros;

a_i la longitud de absorción equivalente del elemento i, en metros;

a_j la longitud de absorción equivalente del elemento j, en metros;

$\overline{D_{v,ij}}$ el valor medio de la diferencia de niveles del elemento i al j y del j al i

Tiempo de reverberación estructural de un elemento de construcciónSímbolo: ΔT_s

Unidad: segundo, s

Es el tiempo correspondiente a una caída del nivel de vibración de 60 dB, a partir del cese de la excitación.

Hay que distinguir entre los valores en el laboratorio, $DT_{s,lab}$ y los valores in situ, $DT_{s,situ}$ para el mismo elemento.

Longitud de absorción equivalente de vibraciones, de un elemento de construcción

Símbolo: a

Unidad: metro, m

Es la longitud, en metros, equivalente a la absorción de vibraciones de un elemento de construcción.

Se expresa mediante la formula siguiente:

$$a = \frac{2,2p^2S}{C_0T_S} \sqrt{\frac{f_{ref}}{f}}$$

siendo

T_S el tiempo de reverberación estructural del elemento, en segundos;

S el área del elemento en metros cuadrados;

f la frecuencia, en hercios;

$f_{ref} = 1000$ Hz es la frecuencia de referencia.

c_0 la velocidad de propagación

Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos (o índice global de aislamiento a ruido aéreo entre recintos), ponderado A

Símbolo: $D_{nT,A}$

Unidad: decibelio, dB

Es la valoración global, en dBA, del aislamiento acústico interior, a ruido aéreo, estandarizado, D_{nT} , para un ruido incidente rosa.

Se calcula mediante la siguiente expresión.

$$D_{nT,A} = -10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{(L_{rA,i} - D_{nT,i})/10}$$

donde

$D_{nT,i}$ es la diferencia de niveles de presión aparente estandarizada en la banda de frecuencia i

$L_{rA,i}$ es el valor del espectro normalizado del ruido rosa, ponderado A, en la banda de frecuencia i i recorre todas las bandas de frecuencia de tercio de octava de 100 Hz a 5 KHz

Es equivalente a $D_{nT,w} + C_{100-5000}$ de UNE EN ISO 717-1.

El conjunto de valores $L_{rA,i} = L_r + A_i$ cumple la condición $10 \lg \sum_i 10^{L_{rA,i}/10} = 0$, por lo que se le llama espectro normalizado del ruido rosa ponderado A.

Mas adelante se dan los valores del espectro del ruido rosa, ponderado A, normalizado, para bandas de tercio de octava y de octava, en el intervalo 100 – 5000 Hz.

Aislamiento acústico frente al ruido de tráfico (o índice global de aislamiento acústico frente al ruido de tráfico), ponderado A

Símbolo: $D_{2m,nT,Atr}$

Unidad: dB

Es la valoración global, en dBA, del aislamiento acústico a ruido aéreo de fachas, $D_{2m,n}$, para un ruido exterior de tráfico.

Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$D_{2m,nT,Atr} = -10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Atr,i} - D_{2m,nT,i})/10}$$

donde

$D_{2m,nT,i}$ es aislamiento acústico a ruido aéreo de fachadas, en la banda de frecuencia i

$L_{Atr,i}$ es el valor del espectro normalizado del ruido de tráfico, ponderado A, en la banda de frecuencia i

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

Es equivalente a $D_{2m,nT,w} + C_{tr100-5000}$ de UNE EN ISO 717-1.

El conjunto de valores $L_{Atr,i} = L_{tr,i} + A$ cumple la condición $10 \lg \sum_i 10^{L_{Atr,i}/10} = 0$, por lo que se le llama ruido de tráfico automóvil normalizado ponderado A.

Más adelante se dan los valores del espectro de ruido de tráfico, ponderado A, para bandas de tercio de octava y de octava, en el intervalo 100 – 5000 Hz.

Aislamiento acústico frente al ruido de aviones, ponderado A

Símbolo: $D_{2m,nT,Aav}$

Unidad: dB

Es la valoración global, en dBA, del aislamiento acústico de fachadas o cubiertas, $D_{2m,nT}$, para un ruido exterior de aviones.

Se calcula mediante la siguiente expresión.

$$D_{2m,nT,Aav} = -10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Aav,i} - D_{2m,nT,i})/10}$$

donde

$D_{2m,nT,i}$ es aislamiento acústico a ruido aéreo de fachadas, en la banda de frecuencia i

$L_{Aav,i}$ es el valor del espectro normalizado del ruido de aviones, ponderado A, en la banda de frecuencia i

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

El conjunto de valores $L_{Aav,i} = L_{av,i} + A$ cumple la condición $10 \lg \sum_i 10^{L_{Aav,i}/10} = 0$, por lo que se le llama ruido de aviones normalizado ponderado A.

Más adelante se dan los valores del espectro del ruido de aviones, ponderado A, para bandas de tercio de octava y de octava, en el intervalo 100 – 5000 Hz.

La estadística de las diferencias entre el aislamiento acústico frente el ruido de tráfico automóvil y frente al ruido de aviones permite establecer con buena aproximación la siguiente ecuación:

$$D_{2m,nT,Aav} = D_{2m,nT,Atr} + 2 \text{ dBA}$$

por lo que en este CTE se establecen las exigencias de aislamiento frente al ruido de aviones como $D_{2m,nT,Atr} + 2$ dBA, quedando el índice específico para ruido de aviones en forma tácita, reflejado por el nivel de exigencia de aislamiento.

Aislamiento acústico frente al ruido de estaciones ferroviarias (y de trenes), ponderado A

Símbolo: $D_{2m,nT,Aef}$

Unidad: dB

Es la valoración global, en dBA, del aislamiento acústico de fachadas, estandarizado, $D_{2m,nT}$, para un ruido exterior de estaciones ferroviarias. (Frente al ruido de trenes, de espectro tan variable, representa sin embargo una buena opción)

Se calcula mediante la siguiente expresión.

$$D_{2m,nT,Aef} = -10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Aef,i} - D_{2m,nT,i})/10}$$

donde

$D_{2m,nT,i}$ es aislamiento acústico a ruido aéreo de fachadas, en la banda de frecuencia i

$L_{Aef,i}$ es el valor del espectro normalizado del ruido de trenes, ponderado A, en la banda de frecuencia i

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

El conjunto de valores $L_{Aef,i} = L_{ef,i} + A_i$ cumple la condición $10 \lg \sum_i 10^{L_{Aef,i}/10} = 0$, por lo que se le llama ruido de estaciones ferroviarias normalizado ponderado A.

Más adelante se dan los valores del espectro de ruido de estaciones ferroviarias, ponderado A, para bandas de tercio de octava y de octava, en el intervalo 100 – 5000 Hz.

La estadística de las diferencias entre el aislamiento acústico frente al ruido de estaciones ferroviarias (y en cierta medida del ruido de trenes) y frente al ruido rosa permite establecer con buena aproximación la siguiente ecuación:

$$D_{2m,nT,Aef} = D_{2m,nT,A} - 2 \text{ dBA}$$

por lo que en este CTE se establecen las exigencias de aislamiento frente al ruido de estaciones ferroviarias en el mismo valor numérico que para aviones pero valorado con $D_{2m,nT,A}$. También queda el índice específico para ruido de estaciones ferroviarias en forma tácita, reflejado únicamente por el nivel de exigencia de aislamiento.

Predominio de los ruidos de aeronaves y de estaciones ferroviarias (o de tráfico ferroviario) sobre el ruido de tráfico automóvil

A efectos de este Código, se considera que los ruidos de aeronaves, de estaciones ferroviarias (o de tráfico ferroviario) son dominantes respecto al ruido de tráfico automóvil cuando el perfil del espectro medido en el lugar considerado es análogo (difiere en menos de 1 dB) al ruido de aeronaves, o de estaciones ferroviarias, respectivamente, en la mitad de los tercios de octava, como mínimo. (En general, esta condición equivale a que los ruidos citados superan en unos 6 dB al ruido de tráfico rodado).

Nivel normalizado del ruido de impactos en edificios

Símbolo : L'_n

Unidad: dB

Es función de la frecuencia

Es el nivel de presión sonora medio en el recinto receptor normalizado a una absorción sonora de 10 m², cuando el divisorio separador respecto al recinto superior es excitado por la máquina de impactos normalizada según se describe en la Norma UNE EN ISO 140-6

Se definen mediante la siguiente expresión:

$$L'_n = L + 10 \lg(A/10)$$

Donde:

L es el nivel medio de presión en el recinto, en dB.

A es el área de absorción equivalente del recinto receptor, en m²

T es el tiempo de reverberación del recinto receptor, en segundos

Nivel global de ruido de impactos en edificios

Símbolo: L'_w

Unidad: decibelio, dB

Es el valor a 500 Hz de la curva de referencia ajustada a los valores experimentales L'_n según el método especificado en la norma UNE -EN ISO 717-2. Si los niveles experimentales están dados para bandas de octava, el valor a 500 Hz se reduce en 5 dB

Espectro normalizado del ruido rosa ponderado A

Protección contra el ruido

En la tabla que sigue se dan los valores numéricos del espectro normalizado del ruido rosa, ponderado A, para el caso de espectros en bandas de tercio de octava y de octavas, a los que se refiere esta CTE.

1/1 Octava		1/3 Octava	
F_i Hz	$L_{rA,i}$ dB	F_i Hz	$L_{rA,i}$ dB
		100	-30,1
125	-22,4	125	-27,1
		160	-24,4
		200	-21,9
250	-14,9	250	-19,6
		315	-17,6
		400	-15,8
500	-9,5	500	-14,2
		630	-12,9
		800	-11,8
1.000	-6,3	1.000	-11
		1.250	-10,4
		1.600	-10
2.000	-5,1	2.000	-9,8
		2.500	-9,7
		3.150	-9,8
4.000	-5,3	4.000	-10
		5.000	-10,5

Espectro normalizado del ruido de tráfico ponderado A

En la tabla que sigue se dan los valores numéricos del espectro normalizado del ruido de tráfico, ponderado A, para el caso de espectros en bandas de tercio de octava y de octavas, a los que se refiere esta CTE.

1/1 Octava		1/3 Octava	
F_i Hz	$L_{Atr,i}$ dB	F_i Hz	$L_{Atr,i}$ dB

125	-15,7	100	-20
		125	-20
250	-10,7	160	-18
		200	-16
		250	-15
		315	-14
500	-7,7	400	-13
		500	-12
		630	-11
		800	-9
1.000	-3,7	1.000	-8
		1.250	-9
		1.600	-10
2.000	-6,7	2.000	-11
		2.500	-13
		3.150	-15
		4.000	-16
4.000	-11,7	4.000	-16
		5.000	-18

Espectro normalizado del ruido de aviones, ponderado A

En la tabla que sigue se dan los valores numéricos del espectro normalizado del ruido de aviones, ponderado A, para el caso de espectros en bandas de tercio de octava y de octavas, a los que se refiere este CTE.

1/1 Octava		1/3 Octava	
F_i Hz	$L_{avA,i}$ dB	F_i Hz	$L_{avA,i}$ dB
125	-16,2	100	-23,8
		125	-20,2
250	-8,2	160	-15,4
		200	-13,1
		250	-12,6
		315	-10,4
500	-5	400	-9,8
		500	-9,5
		630	-8,7
		800	-9,5
1.000	-5,4	1.000	-10,5
		1.250	-11
		1.600	-12,5
2.000	-8	2.000	-14,9
		2.500	-15,9
		3.150	-18,6
		4.000	-23,3
4.000	-12,2	4.000	-23,3
		5.000	-29,9

Espectro normalizado del ruido de estaciones ferroviarias, ponderado A

En la tabla que sigue se dan los valores numéricos del espectro normalizado del ruido de estaciones ferroviarias, ponderado A, para el caso de espectros en bandas de tercio de octava y de octavas, a los que se refiere esta CTE.

1/1 Octava		1/3 Octava	
F _i Hz	L _{efA,i} dB	F _i Hz	L _{efA,i} DB
125	-18,9	100	-27,9
		125	-26,8
250	-13,1	160	-20,4
		200	-22,3
		250	-17,9
500	-7,1	315	-15,8
		400	-11
		500	-13,2
		630	-11,7
1.000	-3,6	800	-9,3
		1.000	-8,7
		1.250	-7,3
2.000	-5,8	1.600	-8,6
		2.000	-10,7
		2.500	-13,9
4.000	-13,4	3.150	-16,7
		4.000	-17,9
		5.000	-21,1

Índice global de percepción de vibraciones K

Es un parámetro que tiene en cuenta los efectos más adversos de percepción subjetiva de la intensidad de las vibraciones en las tres direcciones principales de un sistema cartesiano con el eje Y perpendicular al torso, en el margen de 1 a 80 Hz.

A los efectos de esta CTE se define el valor del índice de percepción de vibraciones, K_i, en la banda de tercio de octava de frecuencia f_i, mediante la siguiente expresión empírica (Norma ISO 2631-2:1989):

$$K_i = a_i \frac{b}{\sqrt{1 + (f_i / f_o)^2}}$$

donde:

b es un coeficiente de ajuste de valor 282,5 s²/m

f₀ vale 5,6 Hz

f_i toma los valores de las bandas de tercio de octava de frecuencias centrales desde 1 a 80 Hz

a_i es el valor eficaz de la aceleración en m/s², en la banda de frecuencia f_i, que se obtiene a partir de la expresión:

$$a_i = \sqrt{(1,4a_{i,x})^2 + (1,4a_{i,y})^2 + a_{i,z}^2}$$

donde

a_{i,x}, a_{i,y}, y a_{i,z}, son los valores rms de las aceleraciones medidos en los tres ejes, en la banda de frecuencia f_i

Se toma como valor del índice global K, el mayor de los valores K_i.

ANEXO 2

Normas UNE de Aplicación

BORRADOR DE TRABAJO

En ocasiones, las normas referidas a continuación requieren satisfacer exigencias, particularmente instrumentales, establecidas en otras normas, que aunque no se citan aquí se consideran del mismo rango e igualmente exigibles a los efectos de este CTE.

2.1 Normas aplicables en el laboratorio

UNE EN ISO -140/1-97 Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos constructivos. Parte 1. Requisitos de las instalaciones del laboratorio sin transmisiones indirectas

UNE EN ISO -140/2-91 Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos constructivos. Parte 2. Determinación, verificación y aplicación de datos de precisión

UNE EN ISO -140/3-84 Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos constructivos. Parte 3. Medición en laboratorio del aislamiento al ruido aéreo de los elementos constructivos

UNE EN ISO -140/6-84 Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos constructivos. Parte 6. Medición en laboratorio del aislamiento de suelos a ruido de impactos

UNE EN ISO -140/8-97 Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos constructivos. Parte 8. Medición en laboratorio de la reducción del ruido de impactos transmitido a través de revestimientos de suelos sobre un forjado normalizado pesado

UNE EN ISO -140/9-97 Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos constructivos. Parte 8. Medición en laboratorio del aislamiento a ruido aéreo entre recintos de un techo suspendido con plenum

UNE EN ISO -140/10-97 Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos constructivos. Parte 8. Medición en laboratorio del aislamiento al ruido aéreo de los elementos de construcción pequeños.

UNE EN ISO -354-93 Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante

ISO 717/1-96 Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.

ISO 717/2-96 Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos

UNE EN ISO -3822/1/2/3/4-95 Medición en laboratorio del ruido emitido por la grifería y los equipamientos hidráulicos utilizados en las instalaciones de abastecimiento de agua

2.2 Normas aplicables a edificios terminados

UNE EN ISO -140/4-97 Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos constructivos. Parte 4. Medición <<in situ>> del aislamiento al ruido aéreo entre recintos

UNE EN ISO -140/5-97 Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos constructivos. Parte 5. Medición <<in situ>> del aislamiento al ruido aéreo de las fachadas y de sus componentes

UNE EN ISO -140/7-97 Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos constructivos. Parte 8. Medición <<in situ>> del aislamiento de suelos al ruido de impactos.

ISO 717/1-96 Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.

ISO 717/2-96 Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impactos

CEI 268-16: 1988 Evaluación objetiva de la inteligibilidad de la palabra en salas de conferencias por el método RASTI (Título adaptado del original).

ISO 2631-2:1989 Evaluación de la exposición del cuerpo humano a vibraciones – Parte 2: Vibraciones permanentes e inducidas por choques en edificios. (Título adaptado del original)

UNE EN ISO -354-93 Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante Para la medición del tiempo de reverberación en recintos de edificios terminados

(Carentes de normas nacionales para la medición de ruidos de equipamiento e instalaciones en edificios se recomienda usar procedimientos conforme al proyectos de norma siguiente:)

prEN ISO 16032-98 Medición del nivel de presión sonora de equipamientos de servicios en edificios. (Título adaptado del original)

2.3 Normas para predicción del aislamiento en edificios

UNE EN 12354-1: 2000 2001 Acústica de la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 1: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos.

UNE EN 12354-2: 2001 2001 Acústica de la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 2: Aislamiento acústico a ruido de impactos entre recintos.

UNE EN ISO 12354-3 : 2001 Acústica de la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 3: Aislamiento acústico a ruido aéreo contra el ruido del exterior.

2.4 Normas para operaciones de prospección

Se recomienda usar métodos conforme al siguiente proyecto de norma

prEN ISO 10052 Medición in situ del aislamiento acústico del ruido aéreo y de impactos, y del ruido de equipamientos – Método de prospección. (Título adaptado del original)

ANEXO 3

Ejemplo del Informe de Aislamiento Predictivo en Edificios que proporciona la Herramienta Informática

BORRADOR DE TRABAJO

PREDICCIÓN DE AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AEREO EN EDIFICIOS

IMPRESO DE RESULTADOS

Tipo y función del divisorio compartido: Tabique en una unidad de uso.

Descripción:

Geometría del caso

La planta corresponde a : 1a. El divisorio une 2 nudos en T (1)
Geometría del Alzado Planta intermedia (1). Los tabiques coinciden en plantas
Anchura del divisorio 4 m **Volumen local emisor** 37.5 m³
Altura del divisorio 2.5 m **Volumen local receptor** 50 m³

Elementos constructivos utilizados

Divisorio			Divisorio		
·Lateral Dcho. Emisor	Ra = 48.1dBA	247Kg/m ²	·Lateral Dcho. Receptor	Ra = 48.1 dBA	247Kg/m ²
*Lateral Izq. Emisor	Ra = 41 dBA	130Kg/m ²	·Lateral Izq. receptor	Ra = 41 dBA	130Kg/m ²
·Separador	Ra = 55 dBA	221Kg/m ²	·Suelo emisor	Ra = 58 dBA	584Kg/m ²
·Suelo receptor	Ra = 58 dBA	584Kg/m ²	·Techo emisor	Ra = 58 dBA	584Kg/m ²
·Techo receptor	Ra = 58 dBA	584Kg/m ²			

Resultados

	Aislamiento en esta situación	Aislamiento en la situación recíproca	Aislamiento Requerido
DnT,A	52 Dba	51 dBA	30 dBA
Apto	Sí	Sí	

* Este impreso debe ir acompañado de un justificante de las características acústicas de los elementos señalados.