

Aplicación de los criterios de aislamiento acústico del CTE a los edificios existentes

M^a Teresa Carrascal García, Arquitecto, Amelia Romero Fernández, Ingeniero de Telecomunicaciones y Belén Casla Herguedas, Ingeniero Técnico Agrícola del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. CSIC

Resumen

El objetivo lógico de toda intervención en los edificios existentes debe ser la mejora progresiva de las condiciones de la edificación para adaptarla a estándares de calidad actuales. En este sentido, la parte I del CTE aprobada en 2013 establece que debe aplicarse el CTE a las obras en edificios existentes, y se dan dos criterios generales: El criterio de flexibilidad, que permite adecuar la actuación al mayor grado de aproximación a las prestaciones del CTE cuando la intervención sea urbanística, técnica y económicamente inviable o no sea compatible con el grado de protección del edificio, y el criterio de no empeoramiento, que no permite rebajar las condiciones existentes.

El objetivo de esta ponencia es ahondar en los fundamentos de dichos criterios, y mostrar un procedimiento para la fase de proyecto cuyo fin es mejorar el aislamiento acústico en los edificios existentes y orientar a los proyectistas sobre los niveles de aislamiento que pueden obtenerse según el tipo de intervención.

1 CRITERIOS GENERALES DE APLICACIÓN DEL DB HR EN EDIFICIOS EXISTENTES

En la parte I del Código Técnico de la Edificación, CTE, se establece la obligación de aplicar el CTE a las intervenciones en edificios existentes y se establecen dos criterios generales comunes a todo el código que han de cumplirse en todos los requisitos y en todas las intervenciones, estos criterios están fundamentados en el hecho de que el objetivo de una obra de rehabilitación es la mejora de los edificios hasta alcanzar el estándar actual o próximos al estándar actual. Estos criterios generales son:

- **Criterio de no empeoramiento**, que implica que las actuaciones que se realicen no deben suponer una merma en las prestaciones del edificio y sus elementos por debajo de un límite, que es el que se establece el CTE o es el preexistente antes de la intervención para aquellos casos en los que el edificio no llega a satisfacer los requisitos del CTE. Un ejemplo de cómo se aplicaría este criterio a las condiciones acústicas de un edificio existente sería la instalación de un ascensor accesible, que es una de las intervenciones más frecuentes en edificios de viviendas. En estos casos, el hecho de mejorar la accesibilidad no debe suponer un empeoramiento de los niveles de inmisión de ruido interiores de los recintos colindantes al nuevo ascensor, especialmente si se trata de recintos protegidos, como dormitorios, despachos, etc. Por ello, es necesario realizar un correcto montaje del ascensor según se indica en el apartado 3.3.3.5 del DB HR y en algunos casos será necesario trasdosar el muro que conforma el hueco del ascensor.
- **Criterio de flexibilidad**, que permite limita la intervención al mayor grado de adecuación si el cumplimiento de los requisitos del CTE es urbanística, técnica o económicamente inviable o la intervención es incompatible con el grado de protección del edificio.

En el caso del Documento Básico DB HR de protección frente al ruido, cuando no se alcancen los niveles exigidos en el mismo, debe dejarse constancia en la documentación final de la obra del nivel de prestación alcanzado y los condicionantes de uso y mantenimiento.

En las intervenciones en edificios existentes, la determinación del nivel de aislamiento acústico que puede alcanzarse tras una intervención siempre es compleja, por varios motivos:

- Los edificios existentes suelen estar contruidos con elementos que no son habituales en la actualidad, cuyas técnicas pueden haber desaparecido y de los que apenas existe información. Dependiendo del tipo de edificación y año de construcción, es frecuente encontrar elementos constructivos que no han sido nunca caracterizados acústicamente, ya que no han sido ensayados y no suelen figurar en manuales, el catálogo de elementos constructivos... etc. Se trata por ejemplo, de aquellos edificios contruidos con anterioridad a 1940 cuya estructura suele estar formada por forjados con viguetas de madera y entrevigado relleno de yesones o cascotes y muros de entramado de madera a base de pies derechos y carreras rellenos de fábrica, cascotes, yesones o adobe. El hecho de desconocer las prestaciones de estos elementos suele dificultar el diagnóstico acústico de los edificios, a menos

que se realicen mediciones de aislamiento acústico.

- El aislamiento acústico depende también de las formas de unión y de la ejecución. En este sentido, pueden existir flancos dominantes que dificulten la mejora de los niveles de aislamiento obtenidos. Por otro lado, la inspección de los edificios puede revelar la existencia de instalaciones comunes pasantes entre recintos que reduzcan el aislamiento acústico.

En aquellos casos, como los enumerados anteriormente en los que no sea posible determinar el aislamiento final in situ, para reflejar en la documentación final de obra el nivel de prestación alcanzado, puede optarse por las siguientes opciones:

- Especificar los índices de reducción acústica, el nivel global de presión de ruido de impactos, masas por unidad de superficie...etc. de los nuevos elementos constructivos ejecutados, que pueden obtenerse en el Catálogo de Elementos Constructivos o en la documentación sobre los productos.
- Prescribirse la realización de mediciones in situ al final de la obra, de tal forma que sí se tenga constancia del aislamiento acústico final alcanzado. Las mediciones in situ en rehabilitación son una herramienta de trabajo que permiten una caracterización precisa del estado inicial y de las mejoras realizadas al finalizar la obra. No deben utilizarse como método de verificación del cumplimiento de las exigencias de aislamiento acústico cuando en los recintos se encuentren elementos constructivos que no se han modificado en la intervención, ya que puede haber elementos de flanco sobre los que no se ha podido actuar, instalaciones pasantes que comuniquen recintos sobre los que no se ha podido actuar o alguna otra circunstancia que impida haber conseguido los niveles de aislamiento acústico establecidos en el DB HR.

1.1 Criterios particulares de aplicación del DB HR a edificios existentes

En la actualidad y debido en parte por las subvenciones, la mayoría de las intervenciones en edificios buscan la adaptación del edificio a las condiciones de accesibilidad o la rehabilitación energética de su envolvente y de sus instalaciones, sin embargo, cualquier intervención puede ser una buena oportunidad de mejorar las deficientes condiciones acústicas de los edificios existentes.

El ámbito de aplicación del DB HR recogido en el apartado II sólo es aplicable a obras de rehabilitación integral y quedan excluidas de su cumplimiento otras obras de rehabilitación, ampliación, modificación o reforma, lo que implica que no es obligado aplicar el DB HR a la mayoría de las intervenciones en edificios existentes. Esta circunstancia es muy insatisfactoria, más si se tiene en cuenta que según las encuestas de condiciones de vida del INE, el 15% de los hogares españoles se queja de problemas de ruidos producidos por sus vecinos o en el exterior de sus viviendas.

Las intervenciones en edificios existentes comprenden una gran cantidad de actuaciones de mejora, que van desde las simples operaciones de mantenimiento en los edificios, hasta las reformas integrales. En función del tipo de intervención, se puede y se debe conseguir el aislamiento acústico establecido en el DB HR Protección frente al ruido. A continuación se exponen una serie de criterios lógicos de aplicación del DB HR a edificios existentes, que se refieren en la mayoría de los casos a las exigencias de aislamiento acústico.

- 1.1.1. **Ampliaciones:** Cuando se realice una ampliación a un edificio existente, las zonas ampliadas deben cumplir las exigencias establecidas en el DB HR, ya que la ampliación puede asimilarse una obra nueva, incluso los elementos constructivos que separan la parte ampliada de la parte existente, son considerados pertenecientes a la obra nueva y deben cumplir los requisitos del DB HR, a menos que sea técnicamente inviable o que se trate de un edificio de valor histórico o arquitectónico reconocido. En estos casos, se aplicará el criterio de flexibilidad, es decir, deben adoptarse las soluciones constructivas que consigan un acercamiento a los niveles de aislamiento acústico del CTE, aunque no lleguen a cumplirlos.

1.1.2 Cambios de uso. Deben diferenciarse dos casos:

- a **Cambio de uso característico de un edificio**, por ejemplo, el cambio de uso de vivienda a hotel. Se trata de una intervención asimilable a una obra nueva y por tanto, deberían aplicarse las exigencias del DB HR, salvo que sea técnicamente inviable o si en edificios con valor histórico o arquitectónico reconocido, esto pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto, se permitirá limitar la intervención al mayor nivel de adecuación compatible con tales condiciones.
- b **Cambio de uso parcial**. Si se trata del cambio de uso de uno o varios recintos de un edificio, debería cumplirse el DB HR en los siguientes casos:
 - i **Siempre que se generen recintos de actividad o de instalaciones colindantes con unidades de uso**. Si se trata de un recinto ruidoso, entonces se cumplirá lo establecido en las ordenanzas y reglamentaciones específicas.
 - ii **Cambio de uso a vivienda**, salvo que sólo pueda actuarse por el interior de una vivienda y ésta no sea colindante con un recinto ruidoso, de actividades o de instalaciones. En tal caso se permite aplicar el criterio de flexibilidad.

1.1.3 **Intervenciones de gran envergadura**, son aquellas intervenciones en las que reforman simultáneamente todos los elementos constructivos que conforman los recintos (forjados, fachadas, particiones interiores, ventanas, etc.). Este tipo de obras son asimilables a un proyecto de obra nueva donde se trata de encajar las nuevas actuaciones en la arquitectura preexistente, de ahí que se exija el cumplimiento de las exigencias del DB HR. Los casos en los que se permite adecuar el edificio lo más posible, aunque no se lleguen a alcanzar los niveles de aislamiento acústico del DB HR, son aquellos casos en los que el grado de protección patrimonial del edificio impida el cumplimiento del DB HR o aquellos casos en los que el cumplimiento del DB HR sea técnicamente inviable.

1.1.4 **Reformas parciales. En las reformas parciales debe buscarse la adecuación puntal de cada uno de los elementos constructivos (particiones, elementos de separación verticales, horizontales, ventanas, puertas de entrada a viviendas, etc.) al DB HR**, pero siempre se puede aplicar el criterio de flexibilidad en los siguientes casos:

- a en edificios de valor histórico o arquitectónico de carácter reconocido, si la adopción de soluciones para el cumplimiento del DB HR pudiera alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto;
- b cuando su aplicación no suponga la mejora efectiva de las condiciones de protección frente al ruido;
- c cuando no sea técnica o económicamente viable;
- d cuando la aplicación de las exigencias del DB HR, especialmente las exigencias de aislamiento acústico, implique cambios sustanciales en otros elementos que delimitan los recintos sobre los que no se fuera a intervenir inicialmente.

La modificación y sustitución de los siguientes elementos constructivos supone fácilmente el cumplimiento de las exigencias de aislamiento acústico del DB HR:

- Las ventanas o lucernarios: La sustitución de ventanas y lucernarios es a veces suficiente para el cumplimiento de las exigencias de fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior, a menos que la parte opaca sea muy ligera y que el edificio esté situado en una zona con unos niveles de ruido día elevados;
- Las puertas de acceso a unidades de uso, como por ejemplo, las viviendas.

Como se expondrá en los siguientes apartados, el caso de los elementos de separación verticales y horizontales es más complejo, ya que el aislamiento acústico conseguido en los edificios depende no sólo de su composición, sino a los diferentes elementos constructivos (forjados, cubierta, fachadas, etc.) que forman el recinto y sus uniones, de forma tal, que una intervención parcial puede o no alcanzar los niveles de aislamiento acústico exigidos en el DB HR. Es por ello que, siempre que esto sea compatible con la intervención, se perseguirá la mejora de los mismos (mayor nivel de adecuación a las exigencias), a pesar de que puedan o no satisfacerse las exigencias de aislamiento acústico establecidas en el DB HR.

2 INSPECCIÓN, TOMA DE DATOS Y DIAGNÓSTICO

Como en cualquier obra de rehabilitación, es necesaria una correcta evaluación del estado inicial del edificio. Tratándose del aislamiento acústico, la toma de datos debe centrarse en identificar los focos de ruido, identificar aquéllos recintos o áreas del edificio que deben ser protegidas del ruido, tales como viviendas, dormitorios o zonas de trabajo, y finalmente identificar los elementos constructivos que separan recintos.

- **Identificación de los focos de ruido**. Es imprescindible situar el edificio dentro del mapa de ruido de la localidad (si está disponible), con esta información puede saberse cuál es el nivel de ruido día de la zona, L_{d} , y cuáles son las necesidades de aislamiento acústico de las fachadas y cubiertas.

Además deben identificarse los recintos de instalaciones, cuartos húmedos, ascensores y recintos de actividad y ruidosos, que generalmente son el origen de ruidos y vibraciones y causa frecuente de quejas por molestias debidas a ruidos.

En este sentido, no debe descartarse la utilización de **encuestas** para identificar no sólo el tipo de ruido, sino el grado de molestia. Generalmente, los usuarios de los edificios son los más indicados para identificar los problemas acústicos.

- **Identificación de los elementos constructivos. La inspección del edificio, la toma de datos, realización de fotografías, catas, etc.** y todos aquéllos procedimientos que sirvan para documentar el estado del edificio, son de gran utilidad para identificar los elementos constructivos del edificio.

Además de la descripción de los elementos constructivos, es necesario saber qué circunstancias pueden disminuir el aislamiento acústico de los elementos constructivos: Presencia de tuberías pasantes de instalaciones, el estado general de los elementos constructivos, grietas, etc.

Con la descripción de los elementos constructivos puede realizarse una primera valoración del estado del mismo, utilizando las siguientes herramientas:

- a Ensayos de aislamiento acústico de los elementos constructivos existentes, ya sean ensayos realizados en laboratorio o realizados in situ. Esta opción es posible si se dispone de ensayos de obras similares o ensayos realizados en laboratorio de soluciones constructivas similares.
- b El Catálogo de Elementos Constructivos del CTE.
- c Simulaciones mediante software.
- d Ensayos de aislamiento acústico realizados in situ. Los ensayos de aislamiento acústico son la herramienta que mejor permite determinar cuál es el aislamiento in situ de los recintos y cuáles son las mejoras más efectivas.
- **Identificación de los recintos protegidos**, tales como viviendas, dormitorios, etc. En este sentido cabe recordar lo que se ha mencionado en el apartado 1.1. respecto a aquellas circunstancias en las que es conveniente que se aplique el DB HR, como en el caso de ampliaciones, reformas integrales o cambios de uso globales.

Por otro lado, el proyectista o la propiedad pueden determinar qué zonas han de ser protegidas en virtud de su uso específico, ya que hay determinados usos para los que el DB HR no establece unas exigencias, pero a los que sería conveniente dotar de una cierta protección acústica, como por ejemplo es el caso de edificios de uso administrativo de un único propietario, en los cuales no hay una exigencia, pero que dependiendo del uso de cada recinto, sería necesario aislar.

Con todos estos datos, puede realizarse una valoración del aislamiento acústico inicial del edificio y de las necesidades de mejora.

3 ACTUACIONES Y GRADOS DE MEJORA ACÚSTICA

No se puede hablar de actuaciones de mejora acústica, si no se tienen en cuenta los siguientes tres factores:

- **La planificación de los espacios**. Es primordial la ubicación de los recintos sensibles al ruido alejados de los recintos más ruidosos como cuartos húmedos, cocinas, recintos de instalaciones o locales comerciales. Esto no siempre es posible, ya que en muchos casos la distribución de los espacios ya está determinada por el estado del edificio existente, sin embargo, cuando sea posible, ésta es la mejor manera de evitar quejas de los usuarios.
- **El tipo de elementos constructivos existentes**. El aislamiento acústico entre recintos depende en gran medida de los elementos constructivos de separación entre recintos, sin embargo, a veces no es suficiente con proyectar un elemento constructivo muy aislante entre dos recintos, siendo

las uniones entre unos elementos y otros igualmente importantes. Por ello, deben considerarse las uniones entre los elementos constructivos que forman los recintos, especialmente la fachada y la tabiquería, ya que de esa manera se evitan transmisiones por flancos dominantes. (Véase figura 1).

- **Una ejecución correcta.** No puede dejar de mencionarse que un buen diseño y una correcta elección de materiales y sistemas constructivos no son suficientes si no están acompañados de una ejecución cuidada que no menoscabe las prestaciones acústicas de los materiales.

A continuación, se enumeran las actuaciones en los elementos de separación verticales, horizontales y la envolvente, junto con una guía de las mejoras que pueden llegar a obtenerse.

3.1 Actuaciones en elementos de separación verticales

En general, las actuaciones en los elementos de separación verticales comprenden la aplicación de capas de yeso o mortero para aumentar la estanquidad de las soluciones existentes de fábrica, la instalación de un trasdosado ya sea de placa de yeso o de ladrillo, la inserción de materiales absorbentes en las cámaras y el sellado del perímetro de los trasdosados.

La mayoría de estas actuaciones conllevan una reducción de la superficie útil de los recintos en al menos 6 cm y hacen que sea necesario el replanteo de las instalaciones de calefacción o de las cajas para mecanismos eléctricos, tales como enchufes e interruptores. Incluso en algunos casos pueden acarrear cambios en los acabados de los edificios, que pueden ser inviables si se trata de edificios protegidos.

Además, muchas veces los trasdosados no pueden aplicarse por las dos caras, debido a, por ejemplo, la imposibilidad, de actuar por alguno de los lados.

Este tipo de mejoras en los elementos de separación verticales, pueden ser suficientes cuando los niveles de ruido generados son los propios de la actividad vecinal (conversaciones, radio y TV con niveles moderados, etc.). En el caso de que se requiera un nivel de aislamiento acústico mayor, debido a que los recintos colindantes sean de instalaciones o de actividad, se debe proceder a realizar una solución de más aislamiento acústico en la que la mejor opción es conseguir la desconexión estructural de los recintos ruidosos, actuándose de forma conjunta en los elementos de separación vertical, horizontal y tabiquería.

3.1.1 Uniones entre los elementos de separación verticales y la fachada o tabiquería

Uno de los factores decisivos en el aislamiento acústico es la forma en la que se realiza el encuentro entre elementos constructivos, ya que las transmisiones indirectas que se producen cuando los elementos constructivos a los que está unido un elemento de separación (fachada, forjados, particiones, cubierta...etc.) vibran y transmiten estas vibraciones a los recintos colindantes, resultando el aislamiento acústico final obtenido inferior al teórico.

En una obra de rehabilitación, la casuística de soluciones constructivas encontrada es muy variada y dependiendo del alcance de la misma, podrán llevarse a cabo trabajos en los elementos constructivos que contribuyan a mejorar el aislamiento acústico. En el caso de los elementos de separación verticales, deben cuidarse las uniones con:

1. **Fachada y tabiquería interior:** Para limitar las transmisiones indirectas es necesario que la hoja interior de la fachada no sea continua y no conecte los recintos. La misma idea es de aplicación a la tabiquería. Véase apartado 3.1.1.1
2. **Unión con techo:** Siempre que se instale un falso techo, este no debe ser continuo entre dos unidades de uso diferentes. La cámara entre el forjado y el techo debe interrumpirse.
3. **Unión con suelo:** Siempre que se instale un suelo flotante, el suelo flotante no debe entrar en contacto con las particiones o pilares. Entre el suelo y los paramentos debe interponerse una capa de material aislante a ruido de impactos.

3.1.1.1 Ejemplos de mejoras de aislamiento acústico tras modificar las uniones

Para expresar la influencia de las uniones, se describe el siguiente trabajo experimental que se ha realizado en la Unidad de Calidad de la Edificación del IETcc. Se trata de una serie de ensayos de aislamiento acústico realizadas en las cámaras del laboratorio Acusttel. Se recurrió a dicho laboratorio porque contaban con unas cámaras formadas tres forjados soportados por una estructura de pilares de hormigón y cuyos cerramientos están formados por paredes de medio pie de ladrillo perforado. Por tanto, no se utilizaron las cámaras destinadas para ensayos acústicos normalizados, sino que se intentó que la disposición de los elementos ensayados simulase las condiciones de un edificio de viviendas. La figura 1 muestra la disposición de cámaras y el montaje base efectuado. A partir de dicho montaje

base, se trasdosaron con fábrica de ladrillo, se modificaron las uniones con el flanco de fachada (unión 1) y con la tabiquería (flanco 2) y se realizaron los ensayos de aislamiento acústico

Se realizaron dos series de montajes. En la primera serie, denominada serie 2, se partía de una partición de medio pie de ladrillo perforado que dividía las cámaras en dos (Detalles del montaje en la figura 2. Montaje base 2.0). Posteriormente se trasdosó con ladrillo hueco sencillo apoyado en bandas elásticas y separado 4 cm de la partición base. La cámara se rellenó de lana mineral. (Montaje 2.1). Posteriormente se fueron variando los montajes y variando las uniones de la siguiente forma.

- Montaje 2.1. Trasdoso de ladrillo hueco sencillo apoyado en bandas elásticas y lana mineral. El trasdosado se instaló sin ninguna intervención en los elementos de flanco: Fachada y tabiquería.
- Montaje 2.2. Modificación de la unión entre el trasdosado y el tabique (flanco 2), para minimizar la transmisión acústica entre el tabique y el elemento base.
- Montaje 2.3. Modificación de la unión entre el trasdosado y la fachada (flanco 1), para minimizar la transmisión acústica entre la fachada y el elemento base.
- Montaje 2.4. Modificación de la unión de fachada. Véase figura 2.

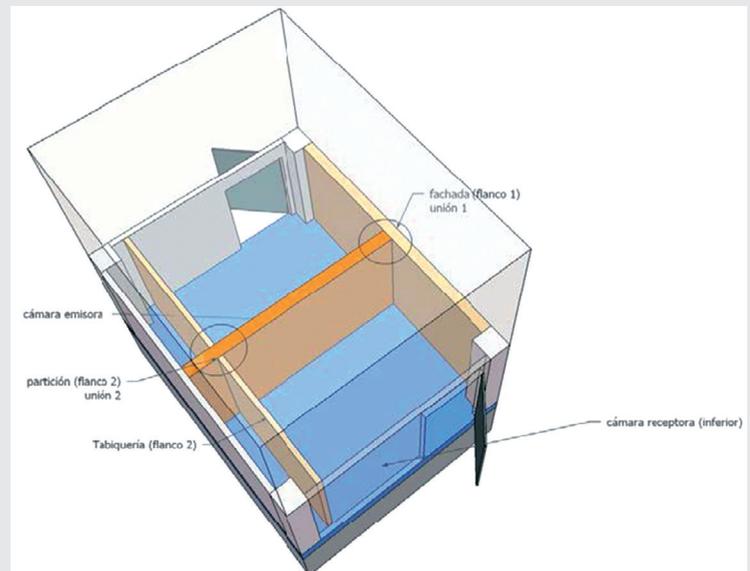
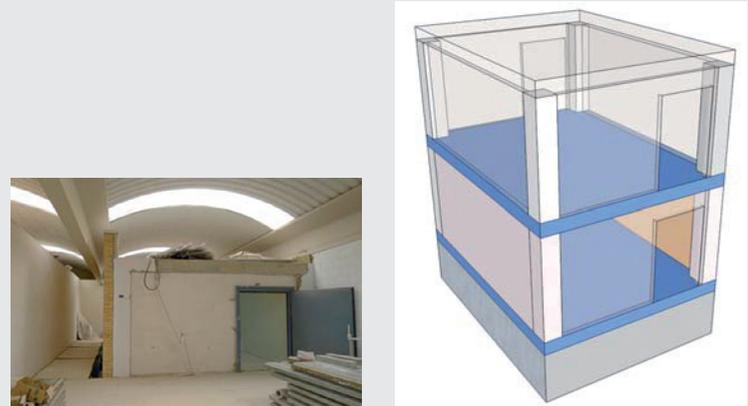


Figura 1. Situación de las cámaras y montaje base.

Figura 2. Serie de montajes. Sección horizontal por fachada y tabique.

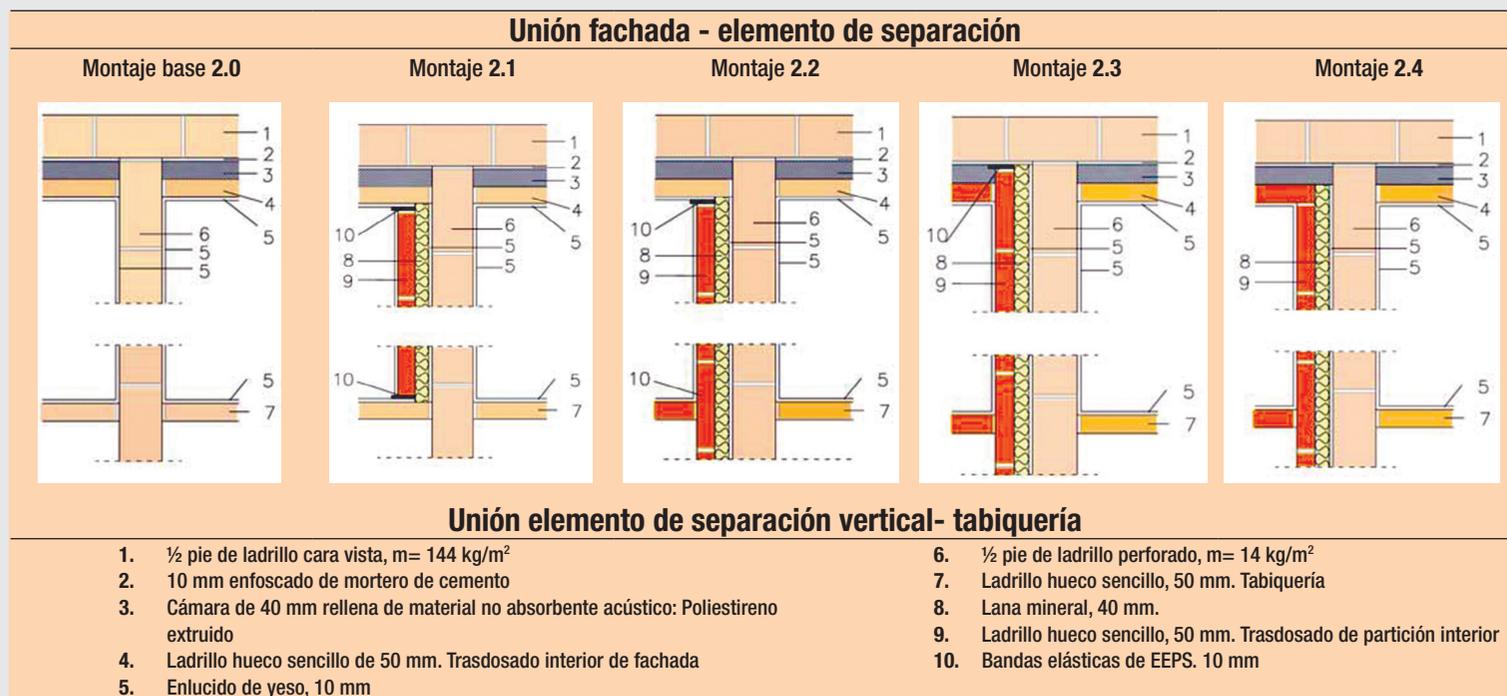


Tabla 1. Resultados de los ensayos de aislamiento acústico realizados. Montajes realizados a partir de ½ pie de ladrillo perforado.

	Base 2.0	Montaje 2.1	Montaje 2.2	Montaje 2.3	Montaje 2.4
$D_{nT,A}$	40,0	43,0	45,0	52,0	52,0
Mejora					
$\Delta D_{nT,A} = D_{nT,A, montaje} - D_{nT,A, BASE}$		+3	+5	+12	+12

La tabla 1 muestra los resultados de aislamiento acústico obtenidos. Como puede apreciarse la mejora de aislamiento acústico es progresiva. La mejora obtenida al ejecutar un trasdosado con ladrillo hueco no es elevada, sólo 3 dB en cada caso. Sin embargo, tras las sucesivas intervenciones en cada uno de los flancos (fachada y tabique) se ha llegado a una mejora de aislamiento de hasta 12 dB. Estos resultados prueban la importancia de ejecutar bien los encuentros para minimizar las transmisiones indirectas entre recintos.

3.1.2 Las instalaciones y los elementos de separación verticales.

En general, cualquier trasdosado que se instale sobre una partición existente, conlleva algún trabajo de replanteo de las redes de instalaciones que estaban en los elementos constructivos iniciales (electricidad, teléfono, calefacción, etc.). Hay una serie de recomendaciones que deben seguirse en rehabilitaciones, así como en obra nueva, que son:

- Colocación de las cajas para mecanismos eléctricos no pasantes, si es posible, que no sean coincidentes a menos que entre ellas exista una placa de yeso o un elemento de fábrica interpuestos.
- El trazado independiente de redes de instalaciones en los recintos que se quiere aislar, es decir, es recomendable que las redes de instalaciones (saneamiento descolgado, climatización, etc.) no atraviesen los elementos de separación verticales en los que se está proyectando una mejora del aislamiento acústico.

3.1.3 Mejoras obtenidas al actuar en los elementos de separación verticales

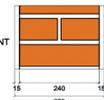
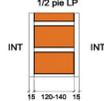
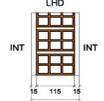
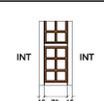
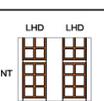
La tabla 2 muestra la mejora en términos de incremento de aislamiento acústico $D_{nT,A}$ obtenidas al efectuar cada una de las diferentes actuaciones comentadas en el apartado anterior.

En la columna bajo el término “pared base”, se recogen una serie de elementos de separación verticales tradicionales y muy comunes en los edificios existentes. Estos elementos están caracterizados mediante su índice de reducción acústica, R_A , y el valor de diferencia de niveles estandarizada ponderada A, $D_{nT,A}$, que puede obtenerse en un edificio con forjados de hormigón.

En la primera fila, podemos ver un esquema de las diferentes actuaciones que pueden darse:

- Actuación 0. No se lleva a cabo ninguna actuación.
- Actuación 1. Instalación de un trasdosado autoportante formado por una placa de yeso laminado anclada a una perfilera de 48 mm por una cara y cámara rellena de lana mineral, espesor 40 mm.
- Actuación 2. Instalación de dos trasdosados autoportantes formados por una placa de yeso laminado anclada a una perfilera de 48 mm por ambas caras y cámaras rellenas de lana mineral, espesor 40 mm.
- Actuación 3. Trasdosado a una cara con un ladrillo hueco de 5 cm, con bandas elásticas en su perímetro de 1 cm de espesor de poliestireno elastificado, EEPS, y cámara de 40 mm rellena de lana mineral.
- Actuación 4. Sustitución de la partición existente por una solución de dos hojas de ladrillo hueco doble de 70 mm de espesor como mínimo, apoyadas sobre bandas elásticas y separadas por una cámara de 40 mm rellena de lana mineral.
- Actuación 5. Sustitución de la partición existente por una solución de dos hojas de entramado autoportante, formada por una doble estructura metálica de 48 mm, a la que se anclan dos placas de yeso laminado 12,5 mm de espesor cada una. Las dos cámaras están rellenas de lana mineral.

Tabla 2. Mejoras de aislamiento acústico a ruido aéreo obtenidas tras la intervención en distintos elementos de separación verticales existentes

Pared base		Aislamiento acústico a ruido aéreo Horizontal							
Descripción	Estado inicial		Mejoras obtenidas in situ según tipo de actuación (dBA)					4	5
	R _A (dBA) ⁽¹⁾	D _{nT,A} (dBA)	0	1	2	3			
 1 pie LP	49,6	46	0	3	6	NP	NP	NP	
 1/2 pie LP	42	39	0	5	9	8 - 15 ⁽²⁾	NP	NP	
 LHT	40	38	0	5	8	6 - 15 ⁽²⁾	8 - 15 ⁽²⁾	9 - 13 ⁽³⁾	
 LHD	36	34	0	7	10	12 - 16 ⁽²⁾	12 - 14 ⁽²⁾	13 - 17 ⁽³⁾	
 2xLHD	44	40	0	4	7	NP	6 - 10 ⁽²⁾	3 - 7 ⁽³⁾	

⁽¹⁾ Valores mínimos del CEC

⁽²⁾ Valores calculados con K_y del DB HR

⁽³⁾ Valores sustituyendo la tabiquería interior existente y la hoja interior de fachada de fábrica por otra de entramado autoportante

⁽⁴⁾ Valores obtenidos cuando se aplican trasdosados a una partición y no se modifican las uniones con la fachada y el tabique de fábrica existentes. En estos casos no se ha contemplado la sustitución de la hoja interior de fachada o de la tabiquería.

NP: No procede. Generalmente estas soluciones suelen ser muros portantes, por lo tanto, la sustitución de las mismas está descartada.

LEYENDA PARTICIONES:

LP: Ladrillo perforado

LHT: ladrillo hueco triple, 115 mm

LHD: Ladrillo hueco doble, 70 mm

LEYENDA aislamiento acústico a ruido aéreo obtenido in situ,

D_{nT,A} (dBA)

	≥ 50
	45 - 49
	40-45
	< 40

Los valores de esta tabla deben tomarse de forma orientativa ya que el aislamiento acústico entre recintos depende de otros factores, como son los elementos de flancos, sus uniones y la ejecución de cada una de las soluciones. Los valores expresados en la tabla son valores típicos obtenidos mediante cálculos y refrendados en algunos casos mediante ensayos de aislamiento acústico en edificios que contaban con forjados homogéneos de hormigón y sin suelos flotantes. Cuando se ha indicado un rango de aislamiento acústico, el valor inferior corresponde a valores de aislamiento obtenidos cuando no se ha modificado la unión con fachada o tabique, y el valor mayor corresponde al valor de aislamiento cuando se ha producido una pequeña intervención en la fachada o en la forma de unión de tabiques con el elemento de separación vertical. (Véase apartado 3.1.1 como ejemplo).

Los números bajo el campo "Mejoras obtenidas in situ según el tipo de actuación" expresan la mejora de las prestaciones finales de los edificios (D_{nT,A} final - D_{nT,A} inicial). En colores, pueden verse las prestaciones finales obtenidas en relación con las exigencias establecidas en el DB HR.

Como puede observarse en la tabla 2, las actuaciones propuestas mejoran sensiblemente el aislamiento acústico de los edificios existentes hasta niveles próximos a los del DB HR.

3.2 Actuaciones en elementos de separación horizontales

Los elementos de separación horizontal deben proveer suficiente aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos entre unidades de uso.

En edificios existentes anteriores a 1940 es común encontrar forjados de madera, generalmente formados por vigas y viguetas de madera con el entrevigado relleno de yesones, cascotes, capas de arena, etc. No existen apenas trabajos sobre las prestaciones acústicas de forjados de madera en España, pero si se puede decir que su aislamiento acústico a ruido aéreo depende de las capas de relleno que tengan. Además, la existencia de un falso techo de escayola o cañizo también influye positivamente en su aislamiento acústico.

En el caso de los forjados de hormigón, su aislamiento acústico a ruido aéreo depende fundamentalmente de su masa. De tal forma, que a menos que trate de un forjado muy ligero, por ejemplo, un forjado de menos de 200 - 250 kg/m², el aislamiento acústico a ruido aéreo es razonable, pero el aislamiento a ruido de impactos es muy deficiente.

El mejor modo de aumentar el aislamiento acústico a ruido de impactos es:

- Colocar sobre la cara superior del forjado un elemento elástico flexible, como una moqueta, revestimiento de caucho, linóleo, tarima, etc. lo cual reduce la energía transmitida al forjado. Esta medida no mejora el aislamiento acústico a ruido aéreo, pero es eficiente al aumentar el aislamiento a ruido de impactos.
- Instalar un suelo flotante, es decir, colocar una lámina elástica intermedia entre el pavimento o recrecido y la estructura horizontal del edificio, con lo que se provoca una discontinuidad perpendicular a la dirección del recorrido de las ondas de vibración y por tanto se transmite una menor energía al recinto colindante. Las siguientes soluciones son ejemplos de suelo flotante:
 - Solera seca, compuesta por dos o más placas de yeso laminado solapadas y pegadas entre sí, dispuestas sobre un material aislante a ruido de impactos como lana mineral o poliestireno expandido elasticado.
 - Suelo flotante de mortero, compuesto por una capa de mortero de al menos 50 mm, dispuesta sobre un material aislante a ruido de impactos, como la lana mineral, el polietileno o el poliestireno expandido elasticado.

Si además es necesario incrementar el aislamiento acústico a ruido aéreo, debe actuarse en el techo del recinto colindante. La instalación de un falso techo rebaja además los niveles de ruido de impactos. Cuando se trata de pequeñas reformas en una vivienda dentro de un bloque, estas actuaciones suelen ser inviables, pues implica actuar en el suelo de la vivienda del piso superior.

3.2.1 Mejoras obtenidas al actuar en los elementos de separación horizontales

La tabla 3 muestra el nivel de aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{nT,A}$ y a ruido de impactos, $L'_{nT,w}$ obtenidas al efectuar cada una de las diferentes actuaciones comentadas en el apartado anterior sobre forjados de hormigón.

En la columna “Estado inicial Forjado”, aparece el intervalo de masas de forjados y las prestaciones in situ de los mismos en colores. Se ha indicado la prestación final mediante un rango puesto que las prestaciones in situ de los forjados pueden variar según el tipo de elementos constructivos de flanco, disposición de recintos, ejecución y uniones.

Hay que mencionar que la columna estado inicial no sólo hace referencia a forjados homogéneos, sino también a elementos constructivos homogéneos. Una de las intervenciones habituales es la instalación de suelos flotantes encima de un solado o de un recrecido existente. En estos casos, para utilizar la tabla, se debe estimar el peso del forjado y el de las capas de mortero, arena, solado, etc. que se han instalado encima. Por el contrario, si se prevé la demolición de todas las capas de relleno para instalar el suelo sobre el forjado, entonces el valor de entrada de la tabla es el de la masa del forjado únicamente.

En la columna “intervenciones” aparecen las intervenciones a las que se ha hecho referencia en el apartado anterior:

- Intervención A: Instalación de suelo flotante de mortero y a su vez, instalación de un falso techo.
- Intervención B: Instalación de una solera seca y a su vez, instalación de un falso techo.
- Intervención C: Instalación de una tarima y a su vez, instalación de un falso techo.

En colores puede verse cuál es el grado de mejora en relación a las exigencias establecidas en el DB HR. Bajo cada columna aparecen los valores estimados de aislamiento a ruido aéreo y de impactos, $D_{nT,A}$ y $L'_{nT,w}$. Estos valores deben tomarse de forma orientativa ya que el aislamiento acústico entre recintos depende de otros factores, como son los elementos de flancos, sus uniones y la ejecución de cada una de las soluciones.

Tabla 3. Mejoras de aislamiento acústico a ruido aéreo y de impactos obtenidas tras la intervención en distintos elementos de separación horizontales existentes

Estado inicial. Forjado			Tipo de intervención											
Intervalo masas	Prestaciones	A				B				C				
		Suelo flotante mortero				solera seca				Tarima				
		PAVIMENTO SUELO FLOTANTE DE MORTERO FORJADO		PAVIMENTO SUELO FLOTANTE DE MORTERO FORJADO FALSO TECHO		PAVIMENTO SOLERA SECA FORJADO		PAVIMENTO SOLERA SECA FORJADO FALSO TECHO		TARIMA FLOTANTE FORJADO		TARIMA FLOTANTE FORJADO FALSO TECHO		
kg/m ²	aéreo	impactos	SF		SF+techo		solera seca		solera seca+ techo		tarima		tarima+techo	
			$D_{nT,A}$ (dBA)	$L'_{nT,w}$ (dB)	$D_{nT,A}$ (dBA)	$L'_{nT,w}$ (dB)	$D_{nT,A}$ (dBA)	$L'_{nT,w}$ (dB)	$D_{nT,A}$ (dBA)	$L'_{nT,w}$ (dB)	$D_{nT,A}$ (dBA)	$L'_{nT,w}$ (dB)	$D_{nT,A}$ (dBA)	$L'_{nT,w}$ (dB)
200-225			44	70 ⁽³⁾ -65	45-50	≤ 65	41-43	67-65 ⁽²⁾	45-50	≤ 65	40	71-75 [65 ⁽¹⁾]	45-50	70-65 ⁽¹⁾
225-250			46	66 ⁽³⁾ - ≤65	≥50 ⁽⁴⁾	≤ 65	44-45	≤ 65	45-50	≤ 65	43-45	67-71 [65 ⁽¹⁾]	45-50	≤ 65
250-275			46-47	≤ 65	≥50 ⁽⁶⁾	≤ 65	45	≤ 65	45-50	≤ 65	44-45	67-71 [65 ⁽¹⁾]	45-50	≤ 65
300-325			46-48	≤ 65	≥ 50	≤ 65	45-46	≤ 65	45-50 ⁽⁹⁾	≤ 65	45	70 ⁽⁶⁾ -65	45-50	≤ 65
325-350			48-49	≤ 65	≥ 50	≤ 65	46-47	≤ 65	≥ 50	≤ 65	46-47	70-65	≥50	≤ 65
350-375			49-50 ⁽⁷⁾	≤ 65	≥ 50	≤ 65	48-49	≤ 65	≥ 50	≤ 65	48	67 ⁽⁸⁾ -65	≥50	≤ 65
400-425			≥ 50	≤ 65	≥ 50	≤ 65	49-50	≤ 65	≥ 50	≤ 65	49	≤ 65	≥50	≤ 65
425-450			≥ 50	≤ 65	≥ 50	≤ 65	49-50	≤ 65	≥ 50	≤ 65	50	≤ 65	≥50	≤ 65

⁽¹⁾ Valores de $L'_{nT,w}$ si se instala una tarima sobre una lana mineral de 30 mm

⁽²⁾ Valores obtenidos con una solera seca con una ΔL_w de al menos 20 dB

⁽³⁾ Valores obtenidos con un suelo flotante con una mejora $\Delta R_A=6$ dBA, como por ejemplo, un suelo flotante formado por una capa de 5 cm

⁽⁴⁾ Se verifican estos valores siempre que el suelo flotante que se instale tenga un $\Delta R_A \geq 9$ dBA

⁽⁵⁾ Se verifican estos valores siempre que el suelo flotante que se instale tenga un $\Delta R_A \geq 5$ dBA

⁽⁶⁾ Valor de $L'_{nT,w}$ obtenido si se instala una tarima con un $\Delta L_w \geq 15$ dB

⁽⁷⁾ Valor de $D_{nT,A}$ obtenido si se instala un suelo flotante con un $\Delta R_A \geq 5$ dBA, como por ejemplo, un suelo flotante de lana mineral o de poliestireno elasticado

⁽⁸⁾ Valor de $L'_{nT,w}$ obtenido si se instala una tarima con un $\Delta L_w \geq 15$ dB

⁽⁹⁾ Valor de $D_{nT,A}$ obtenido si se instala un falso techo con lana mineral en la cámara.

LEYENDA

Aéreo, $D_{nT,A}$ (dBA)		Impactos, $L'_{nT,w}$	
	≥ 50		≤ 65
	45 – 49		70 – 66
	40-45		75 – 71
	< 40		> 75

De la tabla 3 se desprende que:

- La mejor manera de actuar frente al ruido de impactos es la colocación de láminas antiimpacto debajo del pavimento. Los niveles obtenidos permiten en la mayoría de los casos la superación de los niveles de aislamiento acústico a ruido de impactos del DB HR.
- Por otro lado, los niveles de aislamiento acústico a ruido aéreo en forjados de hormigón existentes pueden estar por debajo de lo exigido, dependiendo de las características de los forjados, la posibilidad de añadir recercos o techos, etc. Los niveles de aislamiento acústico exigidos en el DB HR pueden alcanzarse si se emplean suelos flotantes más aislantes, como son los de mortero.

La superación de ambos niveles está condicionada a la buena ejecución de los suelos flotantes y a la correcta resolución de todos los encuentros del suelo con paramentos y pilares.

3.3 Actuaciones en la envolvente

Actualmente, la mayoría de actuaciones sobre la envolvente están promovidas por las ayudas a la rehabilitación energética promovidas por las administraciones y su objetivo es la mejora de la eficiencia energética de los edificios. En la mayoría de los casos se sustituyen las ventanas antiguas por otras de mayor aislamiento térmico y más estanquidad. Esta actuación en muchos casos conlleva una mejora del aislamiento acústico.

Para aumentar el aislamiento acústico de una fachada debe actuarse en las ventanas y capialzados, que por lo general, tienen índices de reducción acústica menores que el muro de fachada. A menos que la fachada o cubierta sea ligera (paneles sándwich, madera, etc.) y esté situada en una zona muy contaminada acústicamente ($L_a \geq 70$ dB), las intervenciones en el muro de fachada o en la parte opaca de la cubierta no conducen a un aumento significativo del aislamiento acústico.

El aislamiento acústico de una ventana depende del espesor de sus vidrios y de aspectos que mejoran el grado de estanquidad de la misma, tales como la existencia de juntas de estanquidad en el marco, sellados de silicona en los vidrios y los puntos de cierre en la misma, etc. Cuanto más estanca es la ventana, mayor es su aislamiento acústico y por tanto, menos infiltraciones de aire se ocasionan en los edificios.

En el caso de las cajas de persiana, que son el sistema de sombreamiento más extendido en nuestro país, el principal problema es que a través del orificio de entrada y salida de la persiana, también penetra aire y ruido, lo que disminuye notablemente el aislamiento acústico de las fachadas.

Entre todas las actuaciones, la más eficiente es la sustitución de las ventanas y capialzados por ventanas prefabricadas con vidrios dobles y capialzado monobloque. El espesor de los vidrios se determinará en función de las necesidades térmicas y acústicas. Se recomiendan los vidrios con cámara de 12 mm y vidrios con espesores distintos en cada hoja o incluso, con alguna de las hojas formada por un vidrio laminado.

En el caso de zonas muy contaminadas acústicamente, puede valorarse la sustitución de la ventana por otra más estanca junto con la sustitución del capialzado por otro sistema que no afecte al aislamiento acústico, tales como lamas, persianas venecianas exteriores, las mallorquinas, etc. o incluso, la instalación de una segunda ventana.

De todos los elementos constructivos, el caso de las ventanas es en el que se demuestra de forma más notable que una ejecución cuidadosa es crucial para asegurar las prestaciones acústicas en los edificios. Las holguras entre la ventana y el muro de fachada deben rellenarse con espuma y el perímetro debe sellarse con masilla. Si la unión entre la ventana y el precerco instalado no se ejecuta bien, las prestaciones de la ventana serán mucho menores.

Son frecuentes las actuaciones en el muro fachada para aumentar el aislamiento térmico y en este caso, deben mencionarse que ya se aisle térmicamente por el exterior con un sistema SATE, se inyecte un material en la cámara o se utilice un trasdosado interior, la mejora en el aislamiento acústico es despreciable a menos que se cambien las ventanas por unas de mayor calidad.

4 CONCLUSIONES

Cada intervención en un edificio existente, por pequeña que sea, puede ser una oportunidad de mejorar las deficientes condiciones acústicas de los edificios dentro de lo viable técnica y económicamente.

En el caso de la mejora de las condiciones acústicas de viviendas, las principales intervenciones son:

- La mejora de paredes mediante la instalación de trasdosados de fábrica o yeso laminado.
- La disminución del ruido de impactos mediante la colocación de suelos flotantes.
- La colocación de falsos techos para mejorar el aislamiento acústico a ruido aéreo.
- La sustitución de ventanas.

Cuando se llevan a cabo una o varias de estas intervenciones, el aislamiento resultante en el edificio puede no alcanzar los niveles requeridos en el DB HR, pero puede suponer una mejora considerable en las condiciones acústicas.

El aislamiento in situ depende de diversos factores, entre ellos de las condiciones de los elementos de flanco, sus uniones, la ejecución y las tolerancias de los ensayos de aislamiento acústico. Desde el proyecto deben especificarse los detalles constructivos de las uniones de los trasdosados y los elementos constructivos existentes, ya que un buen diseño puede influir significativamente en los niveles de aislamiento obtenidos en el edificio.

En el caso concreto de las particiones entre viviendas, las medidas expresadas en este documento permiten llegar a niveles similares a los del CTE, si bien, es cierto que es muy importante la influencia de los elementos de flanco, tales como techos suspendidos, fachadas, etc.

En el caso de los forjados, el ruido de impactos ocasionado por pisadas, caídas de objetos, etc. puede ser fácilmente solventado con la colocación de láminas antiimpacto, consiguiéndose unos niveles que superan los establecidos en el CTE.

En el caso de las fachadas, el aislamiento acústico depende fundamentalmente de las ventanas y en la mayoría de los casos, las intervenciones se centran en la sustitución de las mismas.

REFERENCIAS

- Catálogo de Elementos Constructivos del CTE. Marzo 2010.
http://www.codigotecnico.org/cte/opencms/web/galerias/archivos/CAT-EC-v06.3_marzo_10.pdf
 Cyril M. Harris. Noise Control in buildings. Ed. Mc. Graw-Hill, 1994.
 Documento Básico DB HR Protección frente al ruido con comentarios.
http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/HR_comentado.pdf
 Encuesta de condiciones de vida del Instituto Nacional de Estadística. www.ine.es
 Guía de aplicación del DB HR protección frente al ruido.
http://www.codigotecnico.org/cte/opencms/web/galerias/archivos/GUIADB_HR.pdf
 Herramienta de cálculo del Documento Básico de protección frente al ruido del Ministerio de Vivienda.
http://www.codigotecnico.org/web/recursos/aplicaciones/contenido/texto_0011.html
 Lord, Peter; Templeton, Ducan. Detailing for acoustics. Taylor & Francis. 1996.
 Parte I del Código Técnico de la Edificación.
http://www.codigotecnico.org/cte/export/sites/default/web/galerias/archivos/Parte_I_28jun2013.pdf
 Romero Fernández, Amelia; Carrascal García, M^a Teresa; Muzio, Giovanni. (2013) Aislamiento acústico de forjados de madera en la rehabilitación de un edificio histórico. Valladolid: Tecniacústica 2013.
 Seminario de Rehabilitación acústica en la Edificación. Soluciones y casos prácticos. Seminario Satélite Tecniacústica 2011. Cáceres.
http://www.codigotecnico.org/web/galerias/archivos/SeminarioREHABILITACIONACUSTICA_WEB.pdf
 UNE EN 12354-1: 2000 Acústica de la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 1: Aislamiento acústico del ruido aéreo entre recintos. (EN 12354-1:2000)
 UNE EN 12354-2: 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. (EN 12354-2:2000)
 UNE EN 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. (EN 12354-3:2000)



Los artículos técnicos son facilitados por Hispalyt (asociación española de fabricantes de ladrillos y tejas de arcilla cocida) y forman parte de los programas de investigación que desarrolla sobre los distintos materiales cerámicos y su aplicación.