

AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO EN PARTICIONES VERTICALES. EVOLUCIÓN Y PRESTACIONES

Amelia Romero Fernández¹, M^a Teresa Carrascal García², M^a Belén Casla Herguedas³

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. IETcc – CSIC
C/ Serrano Galvache 4. 28033 Madrid. España.
Telf.: 34913020440; Fax: 34913020700

¹ aromero@ietcc.csic.es, ² tcarrascal@ietcc.csic.es, ³ belench@ietcc.csic.es

Resumen

El Documento Básico DB HR Protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación requiere un aislamiento acústico a ruido aéreo mínimo de $D_{nT,A} \geq 50$ dBA entre usuarios diferentes. Estas nuevas exigencias han hecho necesaria la evolución de los sistemas constructivos empleados en los edificios para alcanzar prestaciones acústicas mayores.

Este trabajo analiza, desde el punto de vista del aislamiento acústico a ruido aéreo, la evolución de las soluciones constructivas para elementos de separación verticales; desde muros de fábrica sencillos y ligeros sin capacidad portante de segunda mitad del siglo XX, hacia particiones más pesadas con enlucidos e incluso de doble hoja para cumplir con la antigua NBE-CA 88, finalizando con las soluciones constructivas más utilizadas en nuestros días y que satisfacen los requisitos acústicos actuales.

Para ello, se han estudiado datos procedentes de ensayos de aislamiento acústico in situ y se muestran en esta comunicación.

Palabras clave: aislamiento acústico a ruido aéreo, requisitos acústicos, elementos de separación verticales.

Abstract

Basic Document DB HR Protection against noise of the Building Code requires a minimum airborne sound insulation of $D_{nT,A} \geq 50$ dBA between two adjoining dwellings. These new requirements have made necessary the evolution of the construction systems used in buildings to achieve enhanced acoustic performance.

This paper analyses, focusing on airborne sound insulation, the evolution of the types and construction of separating walls; from lightweight single leaf masonry walls with no bearing capacity of the 2nd half of the 20th century, to heavier partitions with plasters and even double leaf walls to comply with the old standard NBE-CA 88, ending with the most used construction systems that meet current acoustic requirements at present.

For this, data from in situ sound insulation tests have been studied and it is shown in this paper.

Keywords: airborne sound insulation, acoustic requirements, separating walls.

PACS nº. 43.55.-n

1 Introducción

El Documento Básico de Protección frente al ruido, DB HR [1], es el marco normativo para la acústica de la edificación en España, dentro de su Código Técnico de la Edificación [2]. Fue publicado y entró en vigor en abril de 2009, actualizando los requisitos de aislamiento acústico existentes desde 1981 [3] y actualizados en los años 1982 y 1988 (NBE-CA 88) [4].

El DB HR estableció nuevos requisitos acústicos para el diseño y construcción de nuevos edificios o rehabilitaciones importantes. Estos nuevos requisitos no sólo aumentaban los valores de los aislamientos acústicos sino que también supusieron un cambio de enfoque al estar regulados mediante descriptores de aislamiento in situ que caracterizan el rendimiento acústico una vez que el edificio está terminado; a diferencia de la norma básica NBE-CA 88 que regulaba valores de las soluciones constructivas en laboratorio. Con ello, la normativa acústica española se acercó a los niveles exigidos en otros países europeos.

Como consecuencia de los cambios normativos la calidad de las viviendas ha ido aumentando y, lógicamente, ha supuesto la necesaria y consecuente evolución de los sistemas constructivos empleados para alcanzar prestaciones acústicas mayores, adaptándose a los requisitos establecidos en cada época.

Este trabajo analiza la evolución de los diferentes tipos de particiones verticales en las viviendas españolas; desde muros de fábrica sencillos y ligeros sin capacidad portante de segunda mitad del siglo XX ante la inexistencia de requisitos acústicos del momento; hacia particiones más robustas que cumplieran con la NBE-CA 88; terminando en las soluciones constructivas más empleadas en la actualidad y que satisfacen los requisitos acústicos establecidos en el DB HR.

Para ello se han analizado las prestaciones de aislamiento acústico a ruido aéreo de diferentes tipos de elementos de separación verticales en edificación a partir de datos procedentes de ensayos realizados in situ. Se han analizado 106 mediciones de aislamiento acústico a ruido aéreo in situ realizadas en edificios de vivienda entre los años 2002 y 2020.

Por último comentar que, aunque este trabajo se centra en las prestaciones de aislamiento acústico, indudablemente la evolución de las soluciones constructivas implementadas en los edificios también ha sido impulsada por otras tendencias actuales del sector como los criterios de eficiencia energética y sostenibilidad, la industrialización o la rehabilitación.

2 Breve descripción de la evolución de los elementos de separación verticales en España

Es posible establecer cuatro períodos diferentes para agrupar la evolución de los sistemas constructivos para particiones verticales desde el punto de vista del aislamiento acústico:

I. La construcción de los siglos pasados hasta aproximadamente 1940 (1850-1940)

Este período estuvo marcado por estructuras de muros de carga de fábrica, mampuesto, sillería, tapial, adobe, etc., incluidos también los muros de entramado de madera compuestos de pies derechos y carreras que estaban rellenos de yesones, piedra, ladrillo, etc.

El espesor de las particiones dependía de qué piso se construyera ya que, generalmente, el espesor disminuía con la altura del edificio [5]. Ejemplos de muros de carga pesados en este período son las particiones de 1 pie (24 cm) o 1 pie y medio (36 cm) de espesor y, con ello, de aislamiento acústico a

ruido aéreo aceptable, suficiente como para no causar molestias graves cuando se trataba de una actividad vecinal normal.

II. Segunda mitad del siglo XX hasta 1981

Durante el siglo XX, las estructuras de los edificios experimentaron una gran evolución morfológica. Durante el primer cuarto de siglo se empezaron a emplear las estructuras reticulares de acero, pero fue en la década de 1940 [6] cuando el hormigón se hizo popular en España y comenzó a usarse ampliamente en la edificación.

II.1 Desde 1940 a 1960/70

En un principio las particiones verticales seguían siendo de carga; por ejemplo, muros de ladrillo de 1 pie (24 cm) o 1 pie y $\frac{1}{2}$ (36 cm) de espesor; más adelante se aligeraría la edificación pasando a usarse la partición de $\frac{1}{2}$ pie (12,5 cm).

II.2. Desde 1960/70 a 1981

Este período corresponde con la popularidad del concepto “planta libre” del Movimiento Moderno en el que la estructura del edificio quedaba totalmente independiente de las particiones verticales que eran meras divisoras de los espacios. Con esta concepción las estructuras con muros de carga fueron sustituidas, a partir de la década de 1960, por las estructuras de pilares y vigas de hormigón armado, en los que los muros de fábrica perdían su función portante y estructural, y eran, por tanto, más ligeras y de peores prestaciones de aislamiento acústico [7].

En este período se construyó cerca de un 20% de nuestro parque actual de edificios (más de 5 millones de viviendas) [8], correspondiendo a la expansión de la mayoría de las capitales españolas para absorber la demanda de vivienda debida a la emigración desde las zonas rurales. Los edificios de viviendas se construyeron rápidamente y en ausencia de regulaciones estructurales y acústicas.

Generalmente, las particiones entre unidades de uso diferentes están formadas por una única hoja de ladrillo hueco de 60 a 120 mm y su aislamiento acústico a ruido aéreo suele ser deficiente.

III. Período desde 1981/88 hasta 2009

Hasta la fecha no habían existido requisitos de aislamiento acústico pues la primera regulación sobre acústica de edificios se publicó en España en 1981 (Norma Básica de la Edificación NBE CA 81 sobre condiciones acústicas) y luego se revisó en 1982 y 1988 (NBE-CA 88).

Esta normativa establecía los requisitos acústicos para los elementos constructivos de los edificios en términos de parámetros y ensayos de laboratorio; si bien fue un inicio para regular las prestaciones acústicas en la edificación, no fue muy exitosa desde el punto de vista de la protección frente al ruido de los usuarios.

Para las particiones verticales se exigió un aislamiento acústico a ruido aéreo (índice de reducción acústica) de $R_A \geq 45$ dBA, entre usuarios diferentes o entre un usuario y una zona común. Aunque no es objeto de estudio en esta publicación, cabe recordar que el aislamiento mínimo requerido para las particiones interiores quedó establecido en $R_A \geq 30$ dBA o 35 dBA, según compartimentaran áreas del mismo uso o de usos distintos, respectivamente.

La NBE supuso una mejora ligera del aislamiento acústico de las particiones verticales, que para cumplir con la exigencia establecida debían tener una masa por unidad de superficie de, al menos, 200 – 250 kg/m² en particiones de una hoja. Las particiones más comunes eran el muro de $\frac{1}{2}$ pie de ladrillo perforado (11,5 cm u otros formatos de 12 cm, catalán de 14 cm, o variantes de ladrillos “acústicos”) y

enlucido por las dos caras, y el tabique de dos hojas de ladrillo hueco de 70 mm a 110 mm de espesor cada una, separadas por una cámara de, al menos, 20 mm, que no solía rellenarse de ningún material absorbente acústico.

Sin embargo, al tratarse de índices que expresan aislamiento acústico de elementos constructivos obtenido en laboratorio, no existía una correlación entre el aislamiento acústico obtenido de una medición in situ y los valores de aislamiento acústico exigidos en la norma básica, por lo que el aislamiento acústico in situ era siempre menor que el valor exigido y, dependiendo de las condiciones de ejecución, este aislamiento seguía siendo deficiente.

En relación a esto último, era frecuente estimar la pérdida de aislamiento acústico in situ en unos 5 dBA respecto al aislamiento en laboratorio, aproximación que, a fecha de hoy, sabemos no es acertada, sino que puede incluso alcanzar los 10 dBA [9], dados los numerosos factores que influyen en los mecanismos de transmisión del sonido.

IV. Período desde 2009 hasta la fecha

El año 2009 fue el año en que se aprobó el Documento Básico DB HR Protección frente al ruido. A partir de este momento el aislamiento acústico se exige in situ, es decir, la prestación acústica final del edificio. Las exigencias básicas para las particiones verticales exigen un aislamiento acústico a ruido aéreo mínimo de $D_{nT,A} \geq 50$ dBA entre usuarios diferentes y $D_{nT,A} \geq 55$ dBA entre usuarios y recintos de instalaciones o de actividad.

Esta reglamentación, que ha supuesto tanto un aumento en los niveles de aislamiento requeridos como un cambio de enfoque en cuanto a la consideración de los mecanismos de propagación de sonido entre recintos mediante exigencias in situ, ha provocado la evolución de los sistemas constructivos usados en edificación y ha dejado patente la importancia tanto de las condiciones de proyecto y de diseño previas como las condiciones de ejecución posteriores de cara al cumplimiento de los requisitos.

En el DB HR se establecen 3 tipos de soluciones constructivas, a grandes rasgos: una o dos hojas de fábrica, con o sin trasdosados, dos hojas de fábrica con bandas elásticas, dos hojas de entramado autoportante.

A pesar de la evolución del sector para dar cumplimiento a los nuevos requisitos, debido a la entrada en vigor del DB HR en el inicio de la crisis económica y del sector de la construcción, con una fuerte caída en la obra nueva, se estima que en el período 2010-2020 solamente se construyeron en torno a un millón de viviendas nuevas [10]; por tanto, son pocas las viviendas que cumplirían en la actualidad las nuevas exigencias.

3 Soluciones constructivas habituales por períodos para las particiones verticales

A continuación se muestran algunos ejemplos concretos de las particiones más características de cada período, junto sus propiedades de espesor, masa por unidad de superficie y aislamiento acústico a ruido aéreo (R_A).

Tabla 1 – Elementos de separación verticales más comunes en las viviendas españolas según los períodos de construcción.

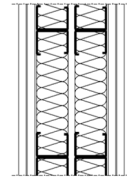
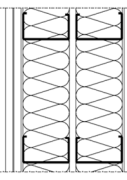
(I) 1850-1940				
Descripción	Esquema	Espesor (mm)	Masa (kg/m²)	R_A (dBA)
Muros de carga de mampostería: Mampostería y relleno de arena, cascotes, etc.		400-700	700-1000	65-70
Muros de entramado de madera: Pie derecho de madera, relleno de cascote, yeso y con revoco de cal y arena		200	300-380	52-56
Muros de carga de ladrillo de pie y medio de espesor		395	400-450	56-58
(II.1) 1940-1960/70⁽¹⁾				
Descripción	Esquema	Espesor (mm)	Masa (kg/m²)	R_A (dBA)
Muros de ladrillo macizo/perforado de 250 mm o 125 mm, enlucidos por ambos lados.		270	280-320	50-53
		150-170	200-250	43-46
(II.2) 1960/70-1981				
Descripción	Esquema	Espesor (mm)	Masa (kg/m²)	R_A (dBA)
Tabiques de una hoja de ladrillo hueco de 70, 80, 115 mm. enlucidos por ambos lados.		145	130-160	37-42
		100	70-100	33-38

(III) 1981/88-2009

Descripción	Esquema	Espesor (mm)	Masa (kg/m ²)	RA (dBA)
Muros de ladrillo perforado de 125 mm, enlucidos por ambos lados.		150-170	200-250	43-46
Muros de bloque cerámico de 240-290 mm, enlucidos por ambos lados		270-320	230-290	50-55
Muros de doble hoja de ladrillo hueco de 70, 80 mm. Sin aislante en la cámara.		210-240	130-170	42-46
Muros de doble hoja de ladrillo hueco de 70, 80 mm. Con aislante en la cámara.		210-240	130-170	44-48

(IV) 2009-actualidad

Descripción	Esquema	Espesor (mm)	Masa (kg/m ²)	RA (dBA)
Tipo 1: Una hoja de fábrica con uno o dos trasdosados:		134	104	61
PYL 15+48 (LM)+LHD8+48 (LM)+PYL 15		265	190	69
PYL 15+48 (LM)+GY12+LP11,5+ GY12+48 (LM)+PYL 15		210-240	130-170	54-56
Tipo 2: Dos hojas de fábrica con bandas elásticas.		235	180-240	61-62

(IV) 2009-actualidad				
Descripción	Esquema	Espesor (mm)	Masa (kg/m²)	RA (dBA)
Tipo 3: Dos hojas de entramado autoportante. 2xPYL 12,5+48 (LM)+d+48 (LM)+2xPYL 12,5		151	44	62,8
2xPYL 12,5+70 (LM)+d+70 (LM)+2xPYL 12,5		195	46	64,4

⁽¹⁾ El uso de algunas particiones se extiende a lo largo de varios períodos; es el caso de la partición de 1 pie o ½ pie de ladrillo perforado. En el caso de los ensayos estudiados correspondientes a soluciones de una hoja de ½ pie de ladrillo perforado, éstos se han agrupado en el período III.

4 Datos analizados

Los datos de entrada para este trabajo corresponden a ensayos de aislamiento acústico a ruido aéreo realizados in situ en edificios de vivienda de obra nueva entre los años 2002 y 2020. Se han analizado 106 mediciones realizadas entre recintos protegidos (salones y/o dormitorios) colindantes horizontalmente pertenecientes a distinta unidad de uso. Las tablas 2 y 3 muestran el número de ensayos disponibles por período de construcción y tipología constructiva.

Los ensayos se realizaron conforme a las normas de referencia en el DB HR, tanto las normas actuales UNE-EN ISO 16283 [11], como las derogadas UNE-EN ISO 140 [12] en los ensayos más antiguos. A efectos de este trabajo se ha estudiado el índice de aislamiento acústico utilizado para establecer las exigencias de aislamiento a ruido aéreo en el DB HR, el $D_{nT,A}$, diferencia de niveles estandarizada ponderada A. Este parámetro se define dentro del margen de frecuencias entre 100 y 5000 Hz.

Este trabajo forma parte de los trabajos de investigación prenormativa llevada a cabo por la Unidad de Calidad en la Construcción del IETcc para el Ministerio de Fomento. El objeto de la realización de estas mediciones en edificios de nueva construcción es la recopilación de datos de ensayos acústicos con fines de investigación en el ámbito del CTE-DB HR (prestaciones acústicas de soluciones constructivas, grado de cumplimiento del DB HR, estudio del comportamiento acústico desde baja frecuencia, clasificación acústica, etc.). Parte de los datos empleados son anteriores al DB HR y corresponden con estudios de investigación prenormativa que se realizaron durante la redacción de este documento normativo [13, 14].

Tabla 2 – Número de ensayos por período de construcción analizados en este trabajo.

Período	Nº de ensayos disponibles
I 1850-1940	1
II.1 1940-1960/70	0
II.2 1960/70-1981	9
III 1981/88-2009	37
IV > 2009	59
Total	106

Tabla 3 – Número de ensayos por período y tipología constructiva.

Período	Tipología constructiva	Nº de ensayos disponibles
I 1850-1940	Muro de entramado de madera con fábrica de ladrillo	1
II.1 1940-1960/70	Muros de carga de 1 pie y ½, 1 pie y ½ pie de espesor	0
II.2 1960/70-1981	Tabiques de una hoja de ladrillo hueco de 60 a 120 mm de espesor	9
III 1981/88-2009 (NBE-CA-88)		37
III.1	Pared de 1 hoja de fábrica de ½ pie de ladrillo perforado o bloque cerámico, con enlucidos	22
III.2	Pared de 2 hojas de fábrica con cámara de aire	4
III.2++ ⁽¹⁾	Pared de 2 hojas de fábrica con aislante	11
IV > 2009 (CTE-DB HR)		59
IV.1A	Pared de una hoja de fábrica con 2 trasdosados	25
IV.1B	Pared de una hoja de fábrica con 1 trasdosado	13
IV.2A	Pared de 2 hojas de fábrica con bandas elásticas en ambas hojas	5
IV.2B	Pared de 2 hojas de fábrica con bandas elásticas en una de las hojas	3
IV.3	Pared de 2 hojas de entramado autoportante	13
Total		106

⁽¹⁾ Se trata de soluciones constructivas de doble hoja de fábrica que suponen una evolución o mejora dentro del período III.2 (NBE-CA-88). Son soluciones con material absorbente acústico y en las que empiezan a utilizarse suelos flotantes y/o techos suspendidos, en lo que sería la transición hacia el futuro DB HR del CTE.

5 Aislamiento acústico a ruido aéreo en particiones verticales

Las siguientes gráficas muestran los resultados del aislamiento a ruido aéreo de las 106 mediciones in situ analizadas en este trabajo. Los resultados se agrupan por períodos de construcción (figura 1), indicando además una estimación del número de viviendas del parque edificatorio correspondiente a cada período.

Más en detalle, la figura 2 muestra los resultados ordenados por tipología constructiva para los períodos III y IV, indicando además el porcentaje de ensayos de cada tipología constructiva: una hoja de fábrica con o sin trasdosados (Tipo 1), doble hoja de fábrica con o sin bandas elásticas (Tipo 2), y doble hoja de entramado autoportante (Tipo 3).

El eje horizontal continuo en color rojo representa la exigencia actual para el aislamiento a ruido aéreo. En trazo discontinuo se muestran los requisitos para las regulaciones anteriores [1, 2]. El trazo azul continuo marca los valores promedio para cada uno de los períodos y/o tipologías constructivas. Estos valores promedio de aislamiento para las particiones verticales en los diferentes períodos se indican numéricamente en la tabla 4 junto con los valores máximos y mínimos.

Tabla 4 – Valor promedio del aislamiento acústico a ruido aéreo en los 106 casos estudiados.

Período	Aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{nT,A}$ (dBA)			
	Nº de ensayos	Promedio	Máx.	Mín.
I 1850-1940	1	43,6	-	-
II.2 1960/70-1981	9	35,2	40,1	31,7
III.1	22	46,5	54,6	39,9
III.2 NBE CA 88	4	43,9	44,7	43,1
III.2 ++	11	47,7	55,5	40,3
IV.1A	25	57,4	64,8	47,3
IV.1B	13	54,9	58,3	50,6
IV.2A CTE DB HR	5	51,8	54,5	44,8
IV.2B	3	51,2	51,7	50,4
IV.3	13	55,6	59,3	50,4

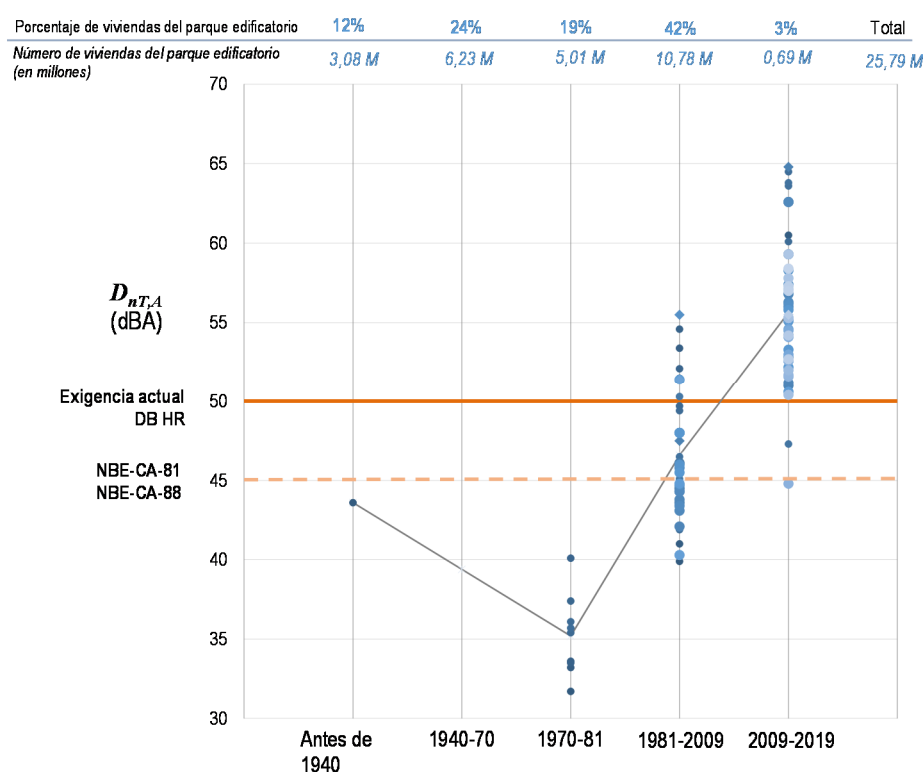


Figura 1 – Aislamiento acústico a ruido aéreo de las paredes españolas por período de construcción, $D_{nT,A}$ (dBA).

A la vista de los resultados en la figura 1 se aprecia que hay una correlación entre el valor de aislamiento y el período de construcción de la partición, con una mejora de las prestaciones acústicas con el período de construcción y con un aumento significativo del aislamiento a partir de 1981. Puede verse cómo en el período 1981-2009 hay una tendencia clara de aumento del aislamiento acústico e incluso se aprecia, a fecha de hoy, valores que satisfacen la exigencia in situ actual. Evidentemente, a partir de 2009 la densidad de casos con prestaciones de aislamiento $D_{nT,A} \geq 50$ dBA es muy elevada, cumpliendo la exigencia la mayoría de los casos (97%). A groso modo podemos afirmar que el DB HR supuso una mejora de unos 10 dBA en el aislamiento acústico respecto de la normativa anterior.

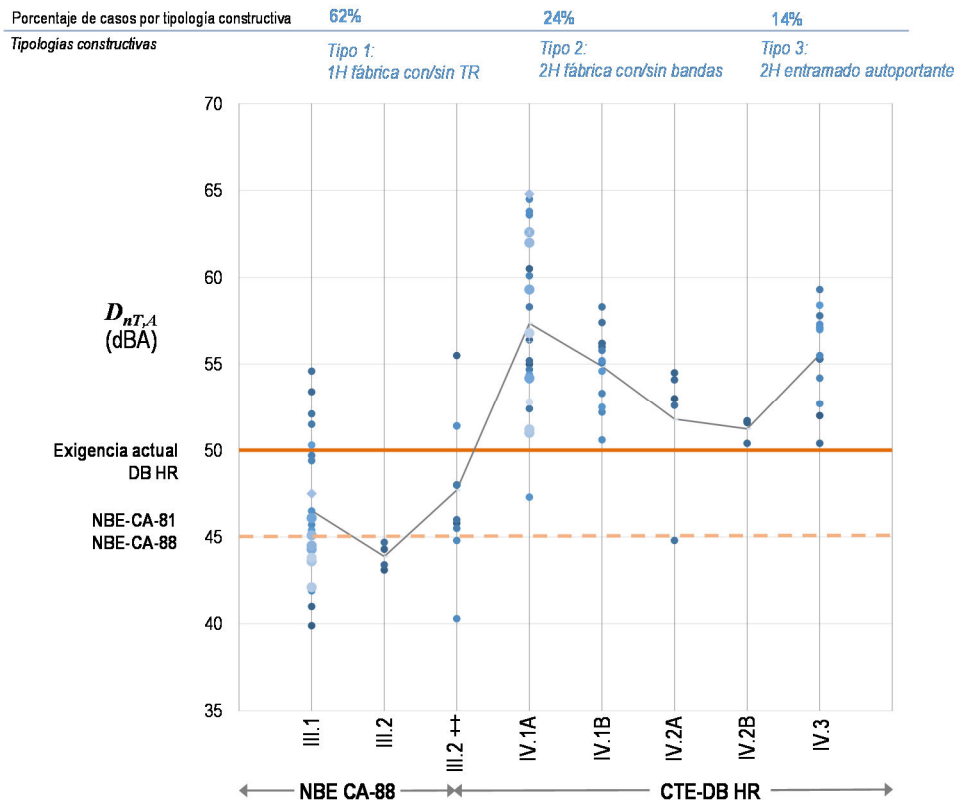


Figura 2 – Aislamiento acústico a ruido aéreo de las tipologías constructivas de los períodos III y IV, $D_{nT,A}$ (dBA).

Si analizamos los resultados de aislamiento correspondientes a los períodos III (NBE-CA 88) y IV (CTE-DB HR) en más detalle (figura 2) y considerando todos los valores en términos de $D_{nT,A}$, se aprecia que todas las particiones de una hoja (III.1) satisfacían la exigencia del momento, teniendo en cuenta que ésta se expresaba en términos de R_A . Por su parte, las soluciones de doble hoja sin material absorbente (III.2) tenían un rendimiento acústico pobre y no fue hasta que utilizó material absorbente en la cavidad entre las hojas e incluso suelos flotantes (III.2++) que empiezan a elevarse las prestaciones de aislamiento acústico, quedando de esta forma por encima de las exigencias de la época. La evolución final de este tipo de soluciones llegaría con las soluciones de doble hoja con bandas elásticas (IV.2A y IV.2B) que, interrumpiendo las transmisiones por flancos, supondrían una mejora adicional en el aislamiento acústico in situ de unos 5 dBA en promedio. Existen pocos ensayos de esta tipología de soluciones constructivas y serían el foco donde centrar futuros ensayos y estudios.

Continuando con el análisis de las soluciones constructivas del período IV, las mayores prestaciones de aislamiento corresponden siempre con tipologías de una hoja de fábrica con dos trasdosados (IV.1A). Por otra parte, a partir de 2009 empieza a extenderse el uso del sistema constructivo de entramado autoportante (IV.3) también con prestaciones acústicas muy satisfactorias.

6 Ejemplos de aislamiento acústico de particiones verticales. Comparativa

Para ilustrar la evolución en el aislamiento acústico de las particiones verticales en las viviendas españolas desde 1960 hasta la fecha actual se han seleccionado, de entre los 106 ensayos disponibles,

los datos correspondientes a la misma tipología constructiva pero perteneciente a diferentes períodos para comparar sus espectros de aislamiento y prestaciones globales entre sí.

Las figuras 3 y 4 muestran la comparación entre las prestaciones de aislamiento acústico de particiones verticales entre distintos usuarios, construidas antes y después de 2009 (publicación del DB HR) para las soluciones constructivas de Tipo 1 y de Tipo 2. En el caso de las particiones de Tipo 3 (figura 5) se comparan dos ensayos correspondientes a edificios posteriores a 2009 ya que no contamos con ensayos de esta tipología constructiva en edificios de la norma básica.

En la tabla 5 se muestran los detalles de cada partición, el período de construcción, un código, que también se utiliza en las figuras y el valor de $D_{nT,A}$ de cada una de ellas.

Tabla 5 – Descripción de las particiones de los ejemplos seleccionados y aislamiento acústico a ruido aéreo ($D_{nT,A}$).

		Código	Descripción	$D_{nT,A}$ (dBA)
Antes de 2009	Tipo 1	[II.2]_LHD_70_2enl	1. Enlucido yeso 10 mm 2. Ladrillo hueco doble 70 mm 3. Enlucido yeso 10 mm	31,7
		[III.1]_1/2p_LP_2enl	1. Enlucido yeso 15 mm 2. ½ pie ladrillo perforado 115 mm 3. Enlucido yeso 15 mm	47,5
	Tipo 2	[III.2]_1/2p_LHD_C.Aire_1/2p_LHD	1. Guarnecido y enlucido yeso 10 mm 2. ½ pie ladrillo hueco doble 115 mm 3. Cámara de aire 40 mm 4. ½ pie ladrillo hueco doble 115 mm 5. Guarnecido y enlucido yeso 10 mm	44,3
		[III.2_++]_LHD_70_LM_LHD_70	1. Enlucido yeso 15 mm 2. Ladrillo hueco doble 70 mm 3. Multicapa 30 mm 4. Ladrillo hueco doble 70 mm 5. Enlucido yeso 15 mm	48,0
		[III.2_++]_1/2p_LHD_LM_1/2p_LHD	1. Enlucido yeso 10 mm 2. ½ pie ladrillo hueco doble 115 mm 3. Multicapa 30 mm 4. ½ pie ladrillo hueco doble 115 mm 5. Enlucido yeso 10 mm	51,4
Después de 2009 (CTE-DB HR)	Tipo 1	[IV.1B]_1/2p_LP_1TR	1. Trasdoso autoportante de placa de yeso laminado 15 mm y lana mineral 40 mm 2. ½ pie ladrillo perforado 115 mm 3. Enfoscado cemento 15 mm	53,3
		[IV.1A]_LHD_70_2TR	1. Trasdoso autoportante de placa de yeso laminado 15 mm y lana mineral 40 mm 2. Ladrillo hueco doble 70 mm 3. Trasdoso autoportante de placa de yeso laminado 15 mm y lana mineral 40 mm	52,8
		[IV.1A]_1/2p_LP_2TR	1. Trasdoso autoportante de placa de yeso laminado 15 mm y lana mineral 40 mm 2. ½ pie ladrillo perforado 115 mm 3. Trasdoso autoportante de placa de yeso laminado 15 mm y lana mineral 40 mm	54,2

Código		Descripción ⁽¹⁾	D _{nT,A} (dBA)
Después de 2009 (CTE-DB HR)	Tipo 2		
	[IV.2B]_LHS_40b_LM_1/2p_LP	1. Enlucido yeso 15 mm 2. Ladrillo hueco sencillo 40 mm con banda elástica 3. Lana mineral 40 mm 4. ½ pie ladrillo perforado 115 mm 5. Enlucido yeso 15 mm	51,6
	[IV.2A]_LHD_80b_LM_LHD_80b	1. Enlucido yeso 15 mm 2. Ladrillo hueco doble 80 mm con banda elástica 3. Lana mineral 40 mm 4. Ladrillo hueco doble 80 mm con banda elástica 5. Enlucido yeso 15 mm	54,1
	Tipo 3		
[IV.3]_Doble_estr_PYL_12,5_LM_48	1. Doble placa de yeso laminado 12,5 mm 2. Perfilería metálica con lana mineral 48 mm 3. Placa interior de yeso laminado 12,5 mm 4. Perfilería metálica con lana mineral 48 mm 5. Doble placa de yeso laminado 12,5 mm Estructuras arriostradas	57,0	
[IV.3]_Doble_estr_PYL_15_LM_70	1. Doble placa de yeso laminado 15 mm 2. Perfilería metálica con lana mineral 70 mm 3. Placa interior de yeso laminado 15 mm 4. Perfilería metálica con lana mineral 70 mm 5. Doble placa de yeso laminado 15 mm Estructuras arriostradas	58,4	

En las figuras 3 a 5 se representan en colores diferentes los espectros de las diferentes particiones según el período de construcción:

- El color **negro** se utiliza para las particiones construidas antes de 2009 que son habituales de la norma NBE-CA 88 o anteriores a ésta;
- El color **azul** se utiliza para las particiones construidas antes de 2009 que, aun estando vigente la norma NBE-CA 88, suponen una evolución o mejora de las soluciones constructivas tipo de dicho período;
- El color **rojo** se utiliza para las particiones construidas después de 2009 con el CTE-DB HR en vigor.

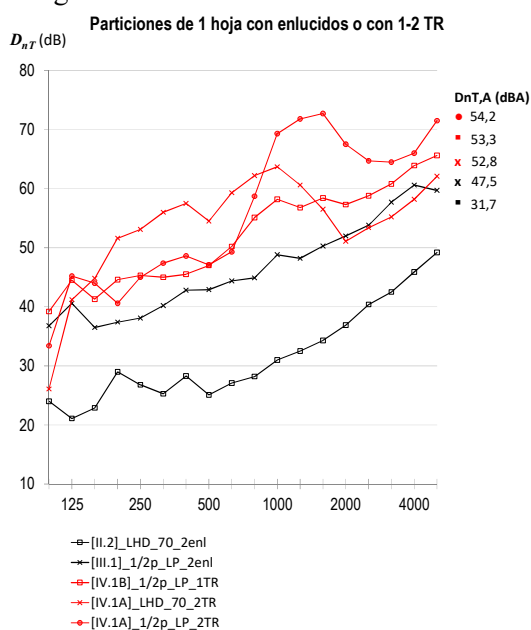


Figura 3 – Espectro de aislamiento acústico a ruido aéreo in situ (D_{nT}) en las particiones de una hoja.

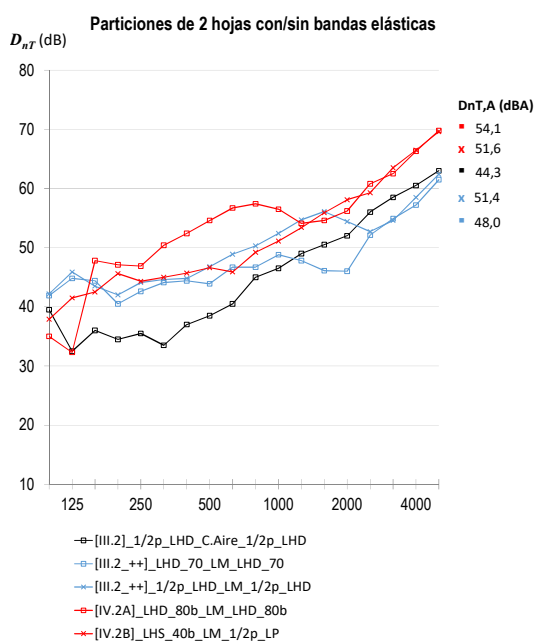


Figura 4 – Espectro de aislamiento acústico a ruido aéreo in situ (D_{nT}) en las particiones de doble hoja.

Como se puede comprobar en estos ejemplos, el incremento de aislamiento acústico es importante al pasar a la NBE CA-88 respecto de la etapa constructiva anterior por el mero hecho de utilizarse soluciones constructivas de una hoja de mayor espesor y masa. Esta mejora de aislamiento acústico es aún más clara y relevante a partir del momento en que se empiezan a utilizar los trasdosados; se trata de soluciones CTE en las que, además de este refuerzo del elemento base, los recintos cuentan con suelo flotante instalado, lo que contribuye a la mejora del aislamiento global controlando las transmisiones indirectas a través del forjado.

En el caso de las particiones de dos hojas de fábrica (Tipo 2) se aprecia claramente y de forma significativa la mejora del aislamiento acústico con el período de construcción, pasando desde dobles hojas de fábrica sin material absorbente en su cavidad (NBE-CA 88), a particiones de doble hoja con material absorbente en la cavidad (NBE-CA 88 mejorada) hasta llegar a las configuraciones con bandas elásticas (DB HR) que ya alcanzan unas prestaciones de aislamiento acústico mayores compatibles con las exigencias actuales.

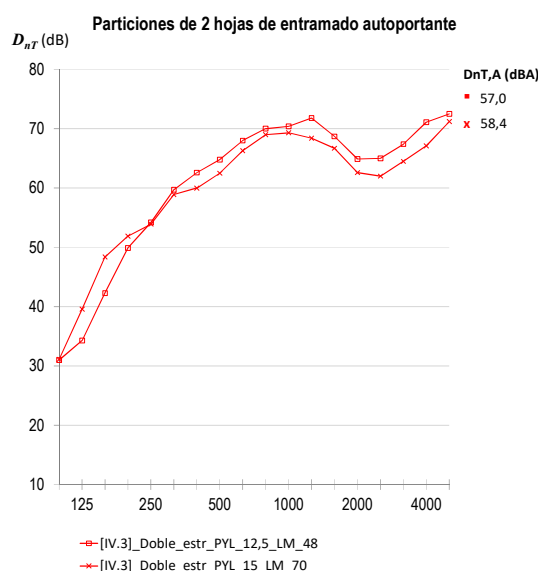


Figura 5 – Comparativa del espectro de aislamiento acústico a ruido aéreo in situ (DnT) en las particiones de doble hoja de entramado autoportante.

Las particiones de doble hoja de entramado autoportante (Tipo 3) tienen una presencia importante a partir de 2009 con la implantación progresiva del DB HR y dan una respuesta muy favorable a los requisitos acústicos aportando diferentes configuraciones de soluciones constructivas. Lógicamente soluciones de mayor espesor de perfilaría y material absorbente presentan mayor rendimiento acústico.

7 Conclusiones

En esta ponencia se analizan los datos de aislamiento de 106 ensayos in situ realizados sobre elementos de separación verticales entre recintos colindantes horizontalmente en edificios de vivienda. De esta forma se ha podido estudiar cómo ha sido la evolución del aislamiento acústico en función del período de construcción del edificio y la tipología constructiva de las diferentes particiones.

Existe una correspondencia entre las técnicas de construcción, las normativas de edificación vigentes y las prestaciones de aislamiento acústico in situ.

Las soluciones constructivas para los elementos de separación verticales pasaron de ser grandes particiones de carga (fábrica, mampuesto, sillería), pesadas y de gran espesor con un aislamiento acústico aceptable, a muros de fábrica sencillos y más ligeros, sin capacidad portante bajo el auspicio del concepto de “planta libre” del Movimiento Moderno de la segunda mitad de siglo XX. El aislamiento acústico de este período, en el que se construyó cerca del 20% de nuestro parque edificatorio actual, se caracteriza por ser de prestaciones muy pobres.

No fue hasta el año 1981 que se publicaría la primera reglamentación en construcción que contuviera requisitos acústicos (revisada en 1988 – NBE-CA 88). De esta forma, y para satisfacer las nuevas exigencias establecidas, las particiones volvieron nuevamente a mayores espesores y masas, popularizándose soluciones constructivas basadas en ½ pie de ladrillo perforado y las soluciones de doble hoja de fábrica. Éstas no tenían la obligación de contar con material aislante en su interior, condición que no llegaría hasta la publicación del CTE en 2006 o 2009 (DB HR). Este período implica mejoras de aislamiento acústico respecto al período anterior pero quedaban lejos aún de las prestaciones actuales.

Esta evolución del marco normativo en España en materia de acústica de la edificación culmina en el año 2009 con la publicación del actual Documento Básico de Protección frente al Ruido del CTE. El DB HR ha supuesto un gran avance en esta materia, tanto cualitativa como cuantitativamente, con un incremento de los niveles de exigencia y un cambio de enfoque en la concepción del aislamiento acústico entre recintos (prestaciones in situ). Las soluciones constructivas han tenido necesariamente que evolucionar y adaptarse a las nuevas exigencias reglamentarias en algunos casos o incluso se han desarrollado nuevas soluciones mejoradas o alternativas en otros.

Este es el caso de las soluciones constructivas de dos hojas de fábrica (Tipo 2) en las que, en una primera etapa empieza a rellenarse la cavidad con un material absorbente acústico y posteriormente, con la llegada del DB HR, se hace imprescindible además la desolidarización de los cerramientos mediante bandas elásticas perimetrales. En el caso de las soluciones constructivas de una hoja de fábrica (Tipo 1) se hace necesario el uso de uno o dos trasdosados para alcanzar el nivel de aislamiento de las exigencias.

Sin embargo, a pesar de esta evolución clara en las soluciones constructivas y en las prestaciones de aislamiento acústico, a la vista de las cifras que se desprenden del análisis de nuestro parque edificatorio, sólo el 3% de las viviendas corresponde al período 2009-2020 [10]; siendo más del 75% anteriores a la NBE-CA 88 [8]. Esto significa que gran parte de nuestros edificios existentes, edificios construidos entre los años 40 y 80, cuenta con un aislamiento acústico bastante deficiente, estimado en $D_{nT,A} \leq 40$ dBA en promedio [15].

De los 106 ensayos analizados, el 56% (59) corresponden al período CTE-DB HR (>2009), el 35% (37) al período NBE-CA 88 (1981-2009) y el 9% (10) corresponden al período anterior a 1981.

De la totalidad de ensayos de los períodos NBE-CA 88 y CTE-DB HR, es decir, aquellas particiones de fechas 1981-2020 (96 casos), el 68% presenta un valor de aislamiento $D_{nT,A} \geq 50$ dBA que satisface la exigencia de aislamiento acústico actual. De estos casos, el 88% son casos correspondientes al DB HR, frente a un 12% de los casos NBE-CA 88.

Agradecimientos

Las autoras agradecen al Ministerio de Fomento por la financiación y apoyo a la investigación sobre aislamiento acústico en la edificación realizada por la Unidad de Calidad en la Construcción, en el Instituto Eduardo Torroja.

Asimismo se agradece la colaboración de muchas entidades que o bien han cedido sus edificios para la realización de ensayos o han facilitado datos y ensayos acústicos de muchas soluciones constructivas (promotoras, laboratorios de ensayo, empresas fabricantes, etc.)

Referencias

- [1] Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico *DB-HR Protección frente al ruido*.
- [2] Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el *Código Técnico de la Edificación*. Actualizado en el Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, de modificación del Código Técnico de la Edificación.
- [3] Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, *Norma Básica de la Edificación NBE-CA 81 sobre condiciones acústicas en los edificios*, vol. BOE-A-1981-19978. 1981, pp. 20556-20577.
- [4] España, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, *Norma Básica de la Edificación. NBE-CA 88 sobre Condiciones Acústicas en los edificios*. Orden de 29 de septiembre de 1988 por la que se aclaran y corrigen diversos aspectos de los anexos a la Norma Básica de la Edificación NBE-CA-82 sobre “Condiciones Acústicas en los Edificios”. vol. BOE-A-1988-23328. 1988, pp. 29222-29223.
- [5] Barberot, E. *Tratado Práctico de Edificación*. Traducido de la 5ª edición francesa por Lino Álvarez Valdés, 2ª Edición, Gustavo Gili Editor, Barcelona, 1927.
- [6] Paricio Ansuategui, I. *La fachada de ladrillo*. Bisagra, 2000.
- [7] Carrascal García, M. T.; Casla Herguedas, M. B.; Romero Fernández, A. Rehabilitación acústica. *4º Congreso de patología y rehabilitación de edificios*. Santiago de Compostela. Abril 2012.
- [8] INE. Instituto Nacional de Estadística, *Censos de Población y Viviendas 2011*.
- [9] Carrascal García, M. T.; Romero Fernández, A. Caracterización acústica de elementos constructivos habituales en la edificación residencial española, mediante ensayos en obra y en laboratorio. *I Jornadas de Investigación en Construcción*, Madrid, 2 a 4 de junio de 2005, pp. 1093-1103.
- [10] Boletín estadístico “on line” del Ministerio de Fomento, “Estimación del parque de viviendas”. <https://apps.fomento.gob.es/BoletinOnline2/?nivel=2&orden=33000000>
- [11] AENOR, UNE-EN ISO 16283-1:2015. *Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo*. (ISO 16283-1:2014). Madrid: AENOR, 2015.
- [12] AENOR, UNE EN ISO 140-4:1999: *Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos constructivos. Parte 4: Medición “in situ” del aislamiento al ruido aéreo entre locales* (Reemplazada por UNE EN ISO 16283-1). Madrid: AENOR, 1999.

- [13] *Resumen y conclusiones de los ensayos realizados en el proyecto prenormativo del CTE-HR. Protección frente al ruido. GI-HR-1 Acústica en la edificación.* IETcc y Ministerio de Fomento en colaboración con AECOR. Diciembre de 2003.
- [14] Estudio de apoyo para el Código Técnico de la Edificación del Ministerio de Fomento. *Aislamiento acústico en edificios: Valores medidos in situ versus valores de predicción numérica.* Instituto de Acústica (CSIC) y Arquilav (ETS. de Arquitectura de Madrid). Junio de 2002.
- [15] Carrascal García, M. T.; Romero Fernández, A.; Casla Herguedas, M. B. Noise requirements in existing buildings in Spain: New proposals and the Existing Building Evaluation Report, *in: EuroNoise 2015*, Maastricht, n.d.
- [16] Carrascal García, M. T.; Romero Fernández, A.; Casla Herguedas, M. B. The Evolution in the Sound Insulation of Spanish Floors. Typical Performance and their Potential for Improvement. *Proceedings of Internoise 2019*. Madrid.