



Construcción con Tierra

Investigación y Documentación

XI CIATTI 2014

Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos
2014.

Coordinadores: Félix Jové Sandoval, José Luis Sáinz
Guerra.

ISBN: 978-84-606-9543-1

D.L.: VA 758-2015

Impreso en España

Julio de 2015

Publicación online.

Este artículo sólo puede ser utilizado para la investigación, la docencia y para fines privados de estudio. Cualquier reproducción parcial o total, redistribución, reventa, préstamo o concesión de licencias, la oferta sistemática o distribución en cualquier otra forma a cualquier persona está expresamente prohibida sin previa autorización por escrito del autor. El editor no se hace responsable de ninguna pérdida, acciones, demandas, procedimientos, costes o daños cualesquiera, causados o surgidos directa o indirectamente del uso de este material.

This article may be used for research, teaching and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, re-distribution, re-selling, loan or sub-licensing, systematic supply or distribution in any form to anyone is expressly forbidden. The publisher shall not be liable for any loss, actions, claims, proceedings, demand or costs or damages whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with or arising out of the use of this material.

Copyright © Todos los derechos reservados

© de los textos: sus autores.

© de las imágenes: sus autores o sus referencias.

DESEMPEÑO ACÚSTICO DE VIVIENDA TRADICIONAL EN TIERRA.

XI CIATTI 2014. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra
Cuenca de Campos, Valladolid.

*Carolina Rodrigues Alves Monteiro, Arquitecta. Estudiante de
Doctorado en UVa/Napier, España/U.K.*

*Guillermo Quiroga Pérez, Arquitecto Técnico. Estudiante de
UEMC, Valladolid, España.*

*Verónica Coca Zancajo, estudiante de arquitectura en UVa,
Valladolid, España.*

*e-mails: carolarqurb@gmail.com, g.quirogaperez@gmail.com,
verocacoca@gmail.com*

PALABRAS CLAVE: aislamiento acústico, vivienda, tapial.

1. Introducción

La contaminación acústica es una de las principales causas de malestar dentro de los hogares. El ruido, que puede provenir tanto del exterior (de tráfico aéreo, circulación de coches, por actividades en locales de ocio, o por actividades domésticas de los vecinos) como del interior de la propia vivienda, genera unas molestias que, en caso de sobrepasar unos límites aceptables, pueden tener consecuencias graves directamente sobre la salud; produce malestar, dificulta la atención, afecta a la duración y la calidad del sueño, y por tanto al rendimiento. En niveles

altos y reiterados puede llegar a producir un estado crónico de estrés. El estudio LARES¹ llevado a cabo por la Organización Mundial de la Salud ha concluido que es necesaria una política de mejora del desempeño acústico en las viviendas para minimizar los efectos nocivos relacionados al ruido doméstico.

El Documento Básico de Protección frente al ruido (DB-HR) del Código Técnico de la Edificación², aprobado por el Ministerio de la Vivienda en Septiembre de 2009, tenía por objetivo principal solucionar las carencias de la legislación anterior en cuanto a las condiciones acústicas de la edificación. El

DB-HR se implantó al cierre de un ciclo de expansión inmobiliaria. La consecuencia directa es que muchos de los edificios construidos durante ese periodo no cumplen los requisitos mínimos, a pesar de ser de nueva construcción. La legislación más reciente da un impulso fuerte a la rehabilitación, tanto la *Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas*,³ como los planes *Renove*, pero parecen olvidar la importancia de valorar el aislamiento acústico con un proyecto integral que no sólo tenga en cuenta la eficiencia energética. Aunque la ley dice:

En suma, la actividad de rehabilitación en su conjunto debe buscar áreas que permitan aplicar políticas integrales que contemplen intervenciones no solo en el ámbito físico-espacial, sino también en los ámbitos social, económico, ambiental y de integración de la ciudad.

deja a un lado los temas de salud y de convivencia. También se desestima la cantidad de viviendas que existen construidas con anterioridad a la década de 1950, mayoritariamente construidas con alguna técnica de tierra. La única posibilidad de rehabilitar o construir con tierra cumpliendo con las exigencias del CTE, no parece viable económicamente, ya que son necesarios estudios laboriosos realizados por laboratorios/profesionales acreditados. El apartado 3.1.1 del DB-HR dice:

“...Los valores de R_A y de $L_{n,w}$ pueden obtenerse mediante mediciones en laboratorio según los procedimientos indicados en la normativa correspondiente contenida en el Anejo C, del Catálogo de Elementos Constructivos u otros Documentos Reconocidos o mediante otros métodos de cálculo sancionados por la práctica.”

Para rehabilitación, y para el caso descrito arriba, la norma ofrece una cierta flexibilidad cuando el edificio está protegido, o cuando el coste de aplicación es inviable.

2. Objetivos

Se presenta la implementación de un proyecto piloto de medida de aislamiento acústico con los objetivos de:

- verificar la viabilidad de la realización

de medidas en viviendas construidas con técnicas tradicionales en tierra y ocupadas por los usuarios;

- obtener datos preliminares de aislamiento a ruido aéreo para evaluar el comportamiento acústico de estas construcciones frente a los requisitos establecidos por el DB-HR del CTE.

Los resultados obtenidos pueden ser una variable más a tener en cuenta, no solo en la decisión de construir con tierra, sino también para ajustar los proyectos de rehabilitación a las necesidades reales.

3. Caso de estudio

Se ha realizado el ensayo en una vivienda en Madrigal de las Altas Torres (Ávila), para conocer los valores de aislamiento interior y de aislamiento de fachada frente al ruido aéreo. Se descartó la medición de aislamiento frente a ruido de impactos, por tratarse de una vivienda de una única planta, donde los forjados de madera no reciben impactos por falta de uso.



Figura 1. Planta original de la vivienda.
Fuente: Los autores.

La vivienda puede considerarse un tipo standard en el contexto del municipio⁴. Se trata de una vivienda tradicional de labrador modesto, construida a finales del siglo XIX, integrada en la morfología de la manzana, con fachada principal alineada a la calle, con planta baja y sobrado bajo cubierta, accesible sólo para mantenimiento; cuenta con dos medianeras,

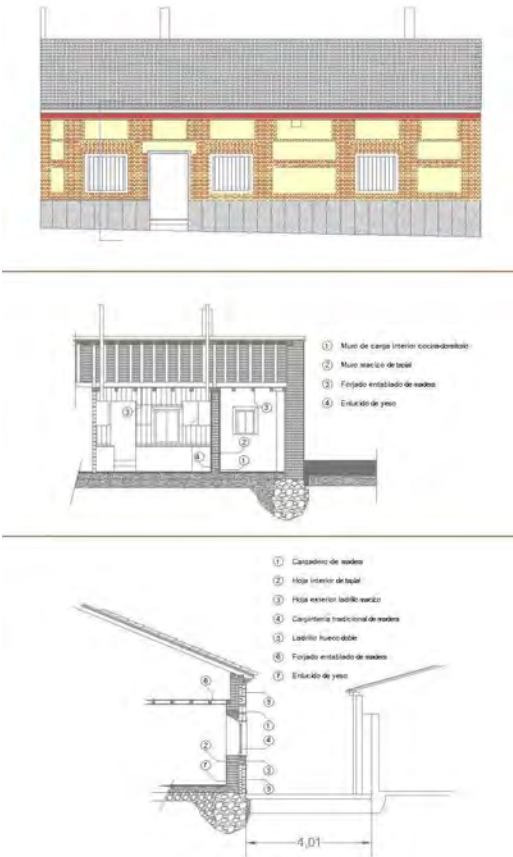


Figura 2. Fachada y secciones constructivas de la vivienda. Fuente: Los autores.

una al oeste que por reforma ya no está compartida, y una al este que sí está compartida. La calle principal dista de ser regular, la vivienda se encuentra en la zona más estrecha, apenas 4 metros de ancho, con calzada compartida y tráfico en ambos sentidos.

La casa está realizada con técnica mixta, incluyendo adobe, tapial, y ladrillo, como es habitual en la comarca ^{5,6}. Su estructura de muros de carga está apoyada en una cimentación creada mediante zanja rellena de mampostería con mortero de cal. La vivienda no posee bodega, gloria ni cámara sanitaria.

Los muros elegidos para la medición no son elementos constructivos homogéneos ni pueden considerarse muros de tierra puramente tradicionales, ya que han vivido numerosos cambios, el precio de adaptar el uso a las nuevas necesidades de los usuarios.

4. Metodología

Para la realización de las medidas se siguieron

los procedimientos descritos en la norma UNE EN ISO 140-4 ⁷ que describe el proceso de medida in situ de ruido aéreo entre recintos de edificios y la norma UNE EN ISO 140-5 ⁸, que se refiere a la medida in situ del aislamiento al ruido aéreo de fachadas. En ambas normas se describen la cantidad de medidas, así como el número de repeticiones necesarias y la duración de éstas. Además se definen las distancias mínimas de las posiciones de micrófono y altavoz con respecto a las superficies límite de los recintos donde se realizan las medidas.

En España, en la actualidad se utiliza el parámetro $D_{nT,A}$ como valor global para caracterizar el aislamiento a ruido aéreo entre los recintos de un edificio y $D_{2m,nT,Atr}$ para el aislamiento de fachadas. Dado que en muchos países de Europa se utiliza el parámetro $D_{nT,w}$ para caracterizar el aislamiento, se ha calculado este parámetro siguiendo las especificaciones de la norma UNE EN ISO 717-1 ⁹ and in octave bands in accordance with that option in ISO 140-7 for field measurements only; c.

4.1. Zonificación acústica y requisitos mínimos

Según el DB-HR, todos los elementos constructivos interiores de separación vertical, así como las fachadas, cubiertas y medianeras, tienen que alcanzar unos valores mínimos de aislamiento acústico.

La primera etapa, realizada previamente a la medida, ha consistido en diferenciar cada uno de los recintos bajo estudio y establecer esos requisitos mínimos entre ellos, como se puede observar en la Figura 3.

- El ensayo A se ha llevado a cabo entre la cocina (recinto habitable) y el dormitorio 1 (recinto protegido) – Medida de aislamiento a ruido aéreo entre recintos (UNE EN ISO 140-4)

	Valores límite de aislamiento – ruido aéreo entre recintos de una misma unidad de uso
Recinto Protegido	RA ≥ 33dBA
	Valores límite de aislamiento – ruido aéreo entre un recinto y el exterior
Recinto Protegido	Para $L_{d\leq 60}$ dBA , $D_{2m,nT,Atr} \geq 30$ dBA

Tabla 1. Valores límite de aislamiento según DB-HR



Figura 3. Elementos verticales y recintos elegidos para la medición.



Figura 4. Posiciones de las fuentes y los micrófonos durante el ensayo A y el ensayo B.
Fuente: Los autores.

- El ensayo B se ha llevado a cabo entre el dormitorio 2 (recinto protegido) y la vía pública – Medida de aislamiento a ruido aéreo de fachadas.

4.2. Ensayo A

Tras el calibrado de los equipos de medida se han comprobado las condiciones de excitación de la fuente sonora utilizada. Seguidamente se ha llevado a cabo el muestreo espacial de los recintos bajo estudio con cinco posiciones de micrófonos para cada posición de fuente, en este caso, dos, como se puede observar en la Figura 4.

Se ha realizado el conjunto de cuatro sub medidas: ruido de fondo; nivel de presión sonora en el recinto emisor; nivel de presión sonora en el recinto receptor; y medida del tiempo de reverberación T60 en el recinto receptor, para aplicar la corrección necesaria en el cálculo del aislamiento. Estas cuatro sub medidas conforman una medición.

4.3. Ensayo B

Se ha llevado a cabo según el método global con altavoces de la norma UNE EN ISO 140-5. El altavoz se ha instalado en una posición fuera del edificio a una distancia d de la fachada, con el ángulo de incidencia sonora igual a $(45 \pm 5)^\circ$. La distancia r desde la fuente sonora al centro de la muestra ha superado los 7 metros, según Figura 5.

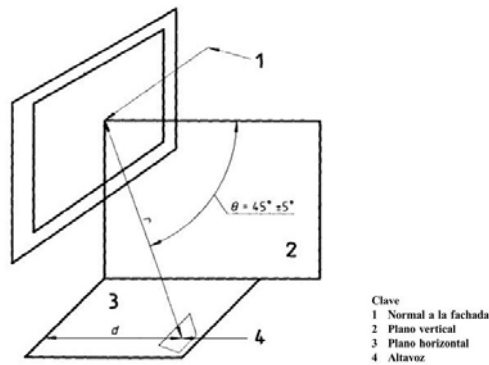


Figura 5: Geometría del método del altavoz para ensayos de fachada. Fuente: UNE EN ISO 140-5.

Se ha medido el nivel de presión sonora de emisión a 2 metros frente a la fachada así como el nivel de presión en el recinto receptor, el ruido de fondo y el tiempo de reverberación T60.

4.4. Instrumentación utilizada

- Analizador sonoro SOLO 01 dB, correctamente calibrado tras comprobación.
- Calibrador sonoro.
- Fuente dodecaédrica de patrón difuso sobre trípode.
- Generador de señal y amplificador sonoro inalámbrico.

- Cable Speak-on
- Cinta métrica y marcadores para señalar las posiciones de muestreo).
- Globos (para calcular el T60).

Los principales parámetros calculados a partir de los resultados de las mediciones han sido los siguientes:

- Diferencia de niveles estandarizada, D_{nT}
- Diferencia global de niveles estandarizada y términos de adaptación espectral, $D_{nT,w}(C, C_{tr})$
- Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A $_{(100-5000\text{Hz})}$, D_{nTA}
- Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, en fachadas y en cubiertas, para ruido exterior dominante de automóviles, $D_{2m'nT Atr}$

informes de la normativa de medida utilizada (UNE EN ISO 140-4 y UNE EN ISO 140-5), añadiendo los valores únicos de D_{nTA} y $D_{2m'nT Atr}$

Los resultados del Ensayo A (Figura 7) se han demostrado satisfactorios en lo que se refiere a los requisitos mínimos para aislamiento a ruido aéreo entre recintos de una misma unidad de uso, con un D_{nTA} de 48 dBA. Como se observa en la Tabla 1, el DB-HR establece que para estos casos el índice global de reducción acústica, ponderado A, R_{A^*} , de la tabiquería no será menor que 33 dBA. Este parámetro es determinado en laboratorio para el elemento separador y no tiene en cuenta las transmisiones indirectas.

A través de la ecuación 1, correlación descrita en ¹⁰, se puede obtener una aproximación al índice de reducción acústica aparente ponderado A, R'_A y así compararlo con lo establecido en el DB-HR:

$$R'_A = 0,91 D_{nTA} + 6,35$$

Para este caso, $R'_A = 52$ dBA, superando con un amplio margen el requisito mínimo.

Cabe destacar las caídas en la curva de aislamiento presentes alrededor de las frecuencias de 200Hz y 4000Hz, probablemente relacio-

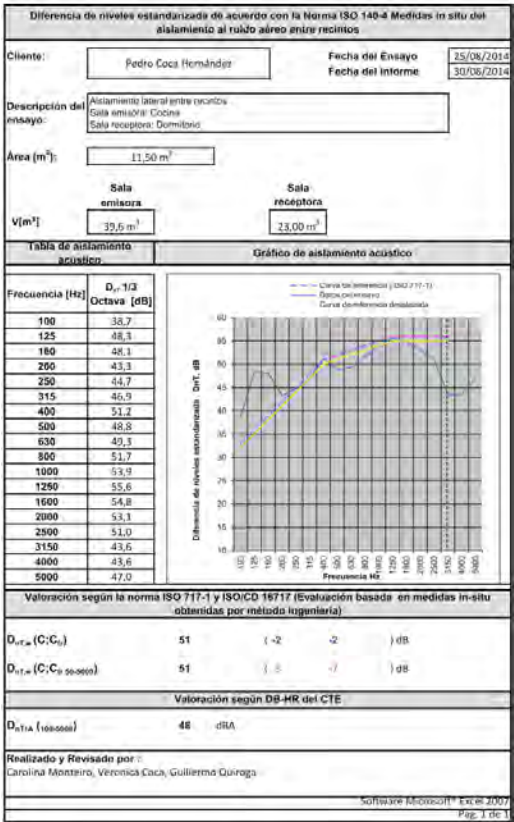


Figura 7. Informe de Ensayo A. Fuente: Los autores.

nadas a modos propios de la pared.

En cuanto a los resultados del ensayo B (Figura 8), el valor de aislamiento acústico a ruido aéreo obtenido para la fachada, $D_{2m'nT,AtR} = 26$ dBA, no cumple con los requisitos mínimos presentados en la Tabla 1. Es necesario observar que el desempeño acústico de una fachada es muy dependiente de las condiciones de cerramiento del hueco. La carpintería existente es de madera sin rotura de puente térmico y vidrio sencillo, no permite el cierre herméticamente y puede ser la responsable por los valores bajos de aislamiento.

Por otra parte, los valores límite de aislamiento entre un recinto protegido (dormitorio) y el exterior, para un índice de ruido día $L_d \leq 60$ dB, están asignados para áreas residenciales urbanas. Como en el municipio bajo estudio no hay mapa de ruido, no es posible obtener los datos precisos de L_d de la vía pública donde está ubicada la vivienda, pero es muy probable que estos valores sean hasta 10 dB más bajos y que el aislamiento existente sea

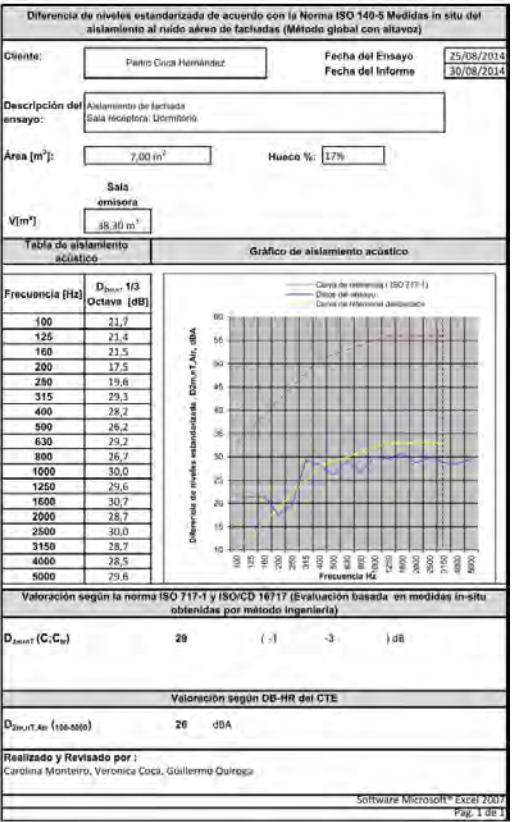


Figura 8. Informe de Ensayo B. Fuente: Los autores.

suficiente para cumplir con los criterios de inmisión establecidos en la Ley del Ruido ^{11,12}.

4.6. Evaluación Subjetiva - Encuestas

Para comparar los resultados objetivos fruto del ensayo con la percepción subjetiva de los habitantes del hogar, se ha procedido a realizar una encuesta a los habitantes sobre su percepción de la molestia acústica. Dicha encuesta es un modelo estandarizado para toda Europa, a través del proyecto europeo COST Action TU0901[10,13].

La encuesta se ha realizado a dos perfiles distintos de residentes del mismo hogar, uno con edad comprendida entre 30 y 35 años y otro con edad comprendida entre los 40 y los 64, y se puede apreciar en los resultados la distinta sensibilidad al ruido en función de la edad.

5. Conclusiones

La acústica arquitectónica está en un momento de renovación en muchos de sus campos de investigación. Como resultado de la interacción entre las nuevas técnicas y las demandas sociales, uno de los principales retos en acústica arquitectónica y de salas es alcanzar, por parámetros objetivos, por una parte el desempeño acústico de las estructuras edificatorias y por otra parte el confort acústico en el interior de los edificios.

El ensayo ha llevado a concluir que el desempeño acústico de los muros de tapial del caso estudiado cumple satisfactoriamente los valores mínimos exigidos por el DB-HR para elementos verticales de separación interior. Con respecto al desempeño de las fachadas, los valores obtenidos son más bajos de lo esperado, muy probablemente debido a las características insuficientes de la ventana, aunque se requiere un estudio más amplio.

Se pretende continuar realizando ensayos, tanto de ruido aéreo como de ruido de

impacto, ya que existe una falta de datos para las viviendas tradicionales, tan sólo una pequeña referencia a rehabilitación por el Instituto Eduardo Torroja [14].

Se observa un correcto funcionamiento de la técnica constructiva en tierra para garantizar un aislamiento acústico según la normativa vigente. Con más datos sobre el comportamiento frente al ruido y sobre la adecuación de la inercia térmica a los climas locales [15,16], la arquitectura tradicional estaría en una posición privilegiada para alcanzar los requisitos mínimos exigidos por las normas, tan sólo mejorando elementos puntuales. Se necesitarían datos de laboratorio para la justificación de soluciones de obra nueva. Se abre una vía de investigación para el futuro, iniciando una serie de ensayos y consultas en un ámbito espacial mayor, con usuarios de diversas edades y con viviendas de distinta tipología, que incluyeran edificaciones realizadas con las nuevas técnicas de tierra, como el BTC, ya que los datos existentes son escasos.

Agradecimientos

Al Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Valladolid, por los equipos de medición y el apoyo prestado.

A los residentes de la vivienda, por su amabilidad y comprensión ante los perjuicios que han supuesto las mediciones realizadas.

Bibliografía

1. NIEMANN, H; MASCHKE, C. WHO LARES Final report Noise effects and morbidity. 2004.
2. Código Técnico de la Edificación. Documento Básico DB-HR Protección frente al Ruido. Madrid: Ministerio de Fomento; 2009.
3. Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas. Madrid: Jefatura del Estado; 2013.
4. CARRICAJO CARBAJO, C. 50+1 construcciones vernáculas en la provincia de Valladolid. Valladolid: Diputación de Valladolid; 2010.
5. NAVARRO BARBA, JA. Arquitectura Popular en la provincia de Ávila. Ávila: Institución Gran Duque de Alba; 2004.
6. DE LA TORRE, JD. De paneras y casonas. Ávila: Asodema; 2001.
7. ISO 140-4:1998 Acoustics Measurement of sound insulation in buildings and of building elements Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 1998.
8. ISO 140-5:1998 Acoustics Measurement of sound insulation in buildings and of building elements Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 1998.
9. ISO 717-2:2013 Acoustics Rating of sound insulation in buildings and of building elements Part 2: Impact sound insulation. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 2013.
10. RASMUSSEN, B; MACHIMBARRENA, M. COST TU0901. Building acoustics throughout Europe. Volume 1: Towards a common framework in building acoustics throughout Europe. DiScript Preimpresion, S. L.; 2014.
11. Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. Madrid: Jefatura del Estado; 2003.
12. Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. Madrid: Jefatura del Estado; 2007.
13. COST Action TU0901: Integrating and Harmonizing Sound Insulation Aspects in Sustainable Urban Housing Constructions. <http://www.costtu0901.eu/> n.d.
14. RASMUSSEN, B, MACHIMBARRENA, M; COST TU0901. Building acoustics throughout Europe Volume 2: Housing and construction types country by country. DiScript Preimpresion, S. L.; 2014.
15. MALDONADO RAMOS, L; CASTILLA PASCUAL, F; VELA COSSÍO, F. Rendimiento y coste energético en la construcción de cerramientos de fábrica de adobe y bloque de tierra comprimida. Inf La Construcción 2001;53:27–37.
16. CASTELLS BESTRATEN, S; HORMIAS LAPERAL, E. Informes de la Construcción, nº523 monográfico de la tierra. Manual de construcción, una aproximación contemporánea. Congr. Arquitecta en Cuenca Campos, Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva; 2011.