

CONTART 2018: VII Convención de la Edificación
30 mayo - 1 junio 2018; Zaragoza (Spain): Colegio Oficial de
Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Zaragoza. Escuela
Universitaria Politécnica de La Almunia, p.759-768

074

COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO Y ACÚSTICO DE LOS EDIFICIOS EXISTENTES

MONZÓN CHAVARRÍAS, MARTA¹; LÓPEZ-MESA, BELINDA²

¹ Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España

E-mail: monzonch@unizar.es

² Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España

E-mail: belinda@unizar.es

PALABRAS CLAVE: rehabilitación, demanda energética, inercia térmica, acústica.

RESUMEN

Para poder alcanzar los estándares actuales, es preciso fomentar la rehabilitación energética y acústica de los edificios existentes. Esta comunicación analiza el comportamiento térmico y acústico de diferentes soluciones constructivas de la envolvente de edificios de vivienda social construidos durante la posguerra española, comparándola con estándares. Se calcula el comportamiento estático, transmitancia térmica, y dinámico, inercia térmica, de forma que se constata la importancia de ambos factores. En cuanto al comportamiento acústico se analiza su índice de reducción acústica. Se comprueba cómo, en edificios existentes, las fachadas de muros de carga, el comportamiento energético y acústico puede ser, en ocasiones, adecuado.

1. INTRODUCCIÓN

En la Unión Europea, el sector de la edificación residencial es el responsable de más de un 21% del consumo de energía total [1]. Para alcanzar los objetivos de eficiencia energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, es imprescindible la mejora

energética de las viviendas que existen hoy en día, ya que éstas continuarán muchos años en el mercado. En España, la mayor parte del parque edificatorio existente, el 56% de los edificios[2], son anteriores a la Normativa Básica de Edificación sobre Condiciones Térmicas en los edificios -NBE-CT- de 1979 [3]. Para conseguir los objetivos de ahorro energético y emisiones de CO₂ marcados por Europa, es imprescindible rehabilitar energéticamente los edificios existentes hoy en día.

El ruido fue declarado como contaminante ambiental por la Organización Mundial de la Salud a principios de los años 70, y pronto se consideró como una de las formas de contaminación más comunes en las zonas urbanas que afecta a la calidad de vida de las personas que viven en ellas [4]. La Comunidad Europea reconoce que el ruido de tráfico rodado es la mayor fuente ruido exterior, alejado de las fuentes que ocupan las siguientes posiciones. De hecho, el 65% de los europeos que viven en grandes zonas urbanas están expuestos a niveles de ruido elevados y más del 20% están expuestos a niveles sonoros nocturnos que con frecuencia tienen efectos perjudiciales en la salud [5]

Los edificios construidos antes de la Norma Básica de Edificación sobre Condiciones Térmicas y sobre Condiciones Acústicas en los Edificios, se construían sin aislamiento térmico o material absorbente en la cámara. Sin embargo, en ocasiones eran soluciones muy masivas, siendo con ellos suficiente para mantener unas condiciones de térmicas y acústicas relativamente altas. Esta comunicación tiene el objetivo de evaluar las características energéticas y acústicas de diferentes soluciones de la envolvente térmica y acústica, de forma que se concluya su comportamiento.

En cuanto a las condiciones energéticas, se calculan su comportamiento estático y dinámico. La demanda energética de los edificios está condicionada tanto por la transmitancia térmica de los cerramientos, el comportamiento estático, como por su inercia térmica, el dinámico. En cuanto al comportamiento acústico, se evalúa su índice de reducción acústica respecto a ruido exterior predominante de automóviles (R_{Atr}).

Como caso de estudio se utilizan las soluciones constructivas de los bloques de los conjuntos vivienda social construidos durante la posguerra española. El caso de estudio 19 Conjuntos Urbanos de Interés utilizando como criterio de selección que estén protegidos por el régimen de Conjuntos Urbanos de Interés, que hayan sido construidos en el periodo 1945-1975, y que sean considerados como barrios vulnerables. Se excluyen de este estudio las viviendas unifamiliares, dado que su alta revalorización los excluye del concepto de vulnerabilidad. El estudio se centra en 19 conjuntos, que albergan 7.981 viviendas repartidas en 228 bloques, en su mayoría de media altura –entre 3 y 6 plantas– y torres de hasta 12 plantas. Estas soluciones constructivas son ampliamente utilizadas en otros edificios de la misma época, a nivel nacional, por lo que el estudio resulta aplicable.

Después estos valores de comportamiento energético de cada elemento, se compara con los valores de demanda energética de calefacción y refrigeración según el método descrito en [6], constatando su comportamiento en el conjunto del edificio.

2. METODOLOGÍA

2.1 Metodología

En el estudio previo [7] presenta un estudio de las soluciones constructivas de fachada, suelo y cubierta de los Conjuntos urbanos de la ciudad de Zaragoza. En base a las solu-

ciones presentadas, se caracterizan térmicamente calculando su comportamiento estático y dinámico. Para el comportamiento estático de los elementos opacos de la envolvente se calcula la transmitancia térmica de los de la envolvente conforme a la metodología en el Documento de Apoyo DA DB-HE / 1 [8] con los valores límite de transmitancia recogidos en la sección HE1 Limitación de la demanda energética del Documento Básico DB-HE Ahorro de energía (DB-HE1) para las rehabilitaciones. Los valores de conductividad térmica de los materiales se han obtenido del Catálogo de Elementos Constructivos del CTE [9] Protección frente al ruido y Ahorro de Energía, establecidas en el Código Técnico de la Edificación (CTE).

Las dos propiedades principales en las variaciones periódicas del flujo de calor asociadas a variaciones periódicas de temperatura son las propiedades de transmisión de calor dinámicas y la admitancia térmica. Las primeras relacionan las variables físicas en una de las caras del componente con las de la otra cara del mismo. La admitancia térmica, por su parte, es una propiedad que relaciona el flujo de calor con la variación de temperatura en la misma cara del componente (AENOR-CEN 2007). Para caracterizar el comportamiento dinámico de los cerramientos se utiliza el método descrito en la norma UNE-EN ISO 13786:2011 Prestaciones térmicas de los productos y componentes para edificación. Características térmicas dinámicas. Métodos de cálculo [10].

Para la predicción del Índice global de reducción acústica, ponderado A, para ruido exterior dominante de automóviles o de aeronaves ($R_{A,w}$) de los elementos opacos de la envolvente se ha utilizado la ley de masas con las mejoras de Cremer, Sewer y Sharp para sistemas constructivos sin cámara de aire y las ecuaciones de Sharp, Fahy y Rindel para sistemas con cámaras [11] mediante el uso del software de predicción acústica Insul 7.0.6.

Por último se repasa los resultados de demanda energética obtenidos con HULC en los bloques estudiados, haciendo referencia a los elementos de la envolvente.

3. CARACTERIZACIÓN HIGROTÉRMICA Y ACÚSTICA

Para cuantificar el comportamiento térmico de los cerramientos de las envolventes de los Conjuntos Urbanos se estudia el comportamiento estático y dinámico de cada solución constructiva. Se utilizan las soluciones constructivas publicadas en [7]. Al tratarse de viviendas sociales antiguas, los cerramientos exteriores no tienen aislamiento térmico, y en muchos casos son soluciones muy masivas. Es por ello que la inercia térmica de algunos de dichos cerramientos es importante, y por tanto, es un elemento diferenciador entre los diferentes tipos de cerramientos. Entre las diferentes propiedades para cuantificar la inercia térmica de los paramentos, utilizaremos el concepto de retraso térmico o desfase, que hace referencia al tiempo que tarda el calor en atravesar la capa del material.

En los puntos siguientes se presentan las soluciones constructivas estudiadas y su análisis térmico y acústico.

3.1 Fachadas

Los edificios de los conjuntos urbanos de vivienda social construidos durante la posguerra española en la ciudad de Zaragoza tienen 15 tipos de fachada diferentes. Algunos de los bloques están compuestos por una de las fachadas, mientras que otros combinan varios tipos.

F1	Fábrica de ladrillo macizo CV de un pie y medio con ensabanado de mortero, cámara de aire sin ventilar de 3cm, y trasdosado interior de ladrillo hueco simple de 4cm.
F2	Fábrica de ladrillo macizo CV de un pie con ensabanado de mortero, cámara de aire sin ventilar de 3cm, y trasdosado interior de ladrillo hueco simple de 4cm.
F3	Ladrillo hueco doble de 24cm con revoco exterior y ensabanado interior, cámara de aire sin ventilar de 3cm, y trasdosado interior de ladrillo hueco simple de 4cm
F4	Fábrica de ladrillo macizo de un pie y medio, enlucido por el interior
F5	Fábrica de ladrillo macizo de un pie y medio, enlucido por el interior y revocado por el exterior.
F6	Fábrica de ladrillo macizo de un pie, enlucido por el interior
F7	Fábrica de ladrillo macizo de un pie, enlucido por el interior y revocado por el exterior.
F8	Fábrica de ladrillo macizo de hormigón
F9	Fábrica de ladrillo macizo de medio pie con ensabanado interior, cámara de aire de 3cm, y trasdosado interior de ladrillo hueco simple de 4cm.
F10	Ladrillo hueco doble revocado por el exterior cámara de aire y trasdosado interior de ladrillo hueco simple de 4cm.
F11	Adobe de tierra sentado con barro, revocado por el exterior,
F12	Pared de ladrillo hueco doble de 24cm, revocado por el exterior.
F14	Fábrica de ladrillo hueco gigante con aplacado cerámico.
F15	Ladrillo hueco simple de 9cm, revestido.

Tabla 1. Soluciones constructivas de fachada.

En la Tabla 1 se muestran las soluciones de fachada.

a) Comportamiento térmico

En la Figura 1 representan las soluciones constructivas según su comportamiento energético, pudiendo diferenciar claramente tres grupos atendiendo a su comportamiento estático y dinámico. En la Figura 1, se posicionan las fachadas estudiadas y se indican las exigencias para obra nueva de la primera normativa de ahorro energético que se redactó en España, NBE CT79, dado que en ningún caso se cumplen los criterios de la normativa actual para rehabilitación, el CTE, que es 1,20 ó 1,60 W/m²·K según la fachada sea ligera o pesada. También se representa el límite que el CTE establece para los casos de rehabilitación, 0,66 W/m²·K, de forma que se contextualizan los resultados.

Respecto al límite de referencia del desfase, en [12] se establece el límite en 8 horas de desfase para agrupar los cerramientos con mejor comportamiento, diciendo que un valor aceptable es a partir de 6,5. Se indican ambos límites en la Figura 1.

Por tanto, se distinguen tres grupos: el primer grupo corresponde a las fachadas cuya parte ciega tiene valores de transmitancia menores a los marcados por la Norma NBE CT79 pero con un desfase mayor a ocho horas. Aunque los valores de transmitancia son altos, se trata de muros con mucha inercia que compensarán las oscilaciones térmicas exteriores y, presumiblemente, tendrán mejor comportamiento entre todas las soluciones constructivas de estos bloques. El segundo grupo tienen un valor de transmitancia mayor al marcado

por la normativa, pero en cambio un valor alto de desfase, o al revés, tienen un valor de transmitancia menor al marcado por la norma, pero tienen un desfase menor de ocho horas. En el tercer grupo se engloban las fachadas, en este caso solo una, en la que los valores de transmitancia están por encima de los establecidos por la Norma Básica, y los valores de desfase son menores a ocho e incluso a seis horas y media. Por tanto los grupos de fachadas que se establecen son, de mejor a peor comportamiento térmico:

- Fachada grupo 1 F1, F2, F3, F4, F5, F11, F12, F13, F14.
- Fachada grupo 2 F6, F7, F8, F9, F10.
- Fachada grupo 3 F15.

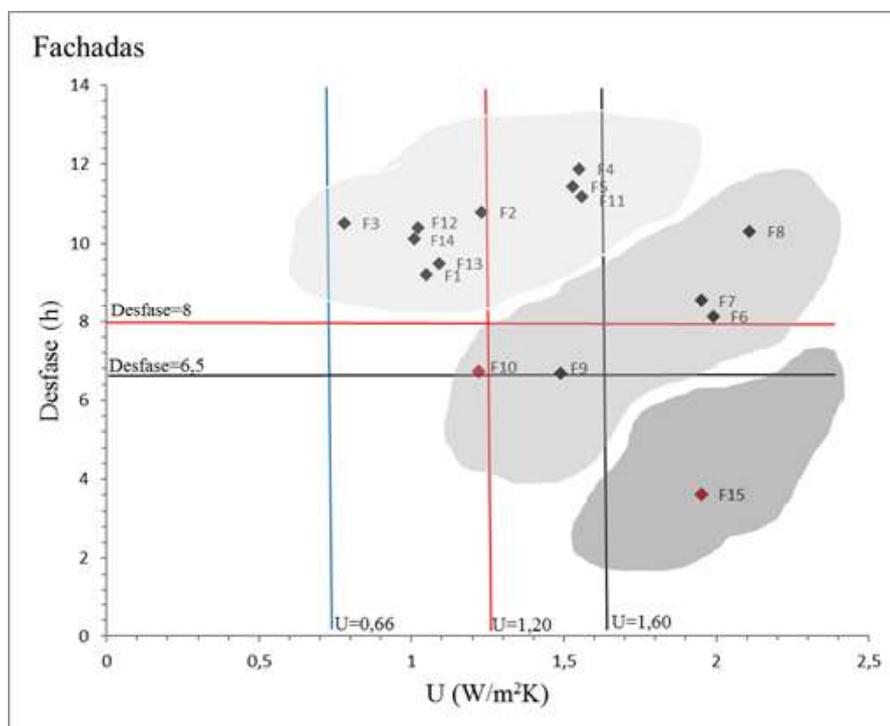


Figura 1. Caracterización de energética de las fachadas.

b) Comportamiento acústico

El índice de reducción acústica para ruido exterior predominante de automóviles de los elementos de fachada se muestra en la Tabla 1.

Fachada	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
R _{A,tr} (dBA)	54	60	48	61	61	57	57	57	56	44	59	48	45	46	39

Tabla 2. Índice de reducción acústica de la parte ciega de fachada (dBA).

3.2 Cubiertas

Los bloques tienen 9 tipos diferentes de solución de cubierta, que se muestran en la Tabla 3.

C1	Cubierta inclinada con forjado horizontal de viguetas cerámicas armadas, cámara de aire muy ventilada, y forjado inclinado con viguetas cerámicas armadas y teja tipo árabe
C2	Cubierta inclinada con forjado inclinado de rollizos de madera, torta de barro y cañizo cubierto con teja, cámara no ventilada y cosirones de madera atirantados a la cubierta, teja de caña y enlucido.
C3	Cubierta inclinada con forjado inclinado de viguetas cerámicas armadas con tablero de rasilla, cámara de aire no ventilada y cosirones de madera atirantados a la cubierta, teja de caña y enlucido
C4	Cubierta inclinada con forjado de hormigón armado, cámara muy ventilada, tablero cerámico machihembrado, capa de compresión de hormigón y teja
C5	Cubierta inclinada con forjado inclinado de rollizos de madera, torta de barro y cañizo, cámara no ventilada, y bóveda tabicada.
C6	Cubierta inclinada con forjado horizontal de viguetas cerámicas, cámara de aire muy ventilada, y tablero machihembrado cerámico con capa de compresión y teja.
C7	Cubierta inclinada con forjado inclinado de hormigón armado y teja.
C8	Cubierta plana con forjado de viga metálica, cámara muy ventilada, tablero de rasilla y plaqueta cerámica
C9	Cubierta plana con forjado de viga hormigón, cámara muy ventilada, tablero de rasilla y plaqueta cerámica

Tabla 3. Soluciones constructivas de cubierta.

a) Comportamiento térmico

Las cubiertas tienen un deficiente comportamiento energético tanto en valores de transmitancia, mayor a las exigencias de NBE CT 79, como en valores de desfase. Sin embargo se realiza una división de las cubiertas estableciendo un límite de transmitancia de $2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, que coincide con la división de las cubiertas que tienen cámara de aire no ventilada y las que carecen de ella (Figura 2).

Por tanto, la división en las cubiertas de los bloques de los Conjuntos Urbanos se realiza entre las que tienen cámara de aire no ventilada y las que tienen cámara de aire muy ventilada. Así tenemos, de mejor a peor comportamiento térmico:

- Cubiertas con cámara de aire sin ventilar C2, C3, C5, C7
- Cubiertas con cámara de aire muy ventilada C1, C4, C6, C8, C9

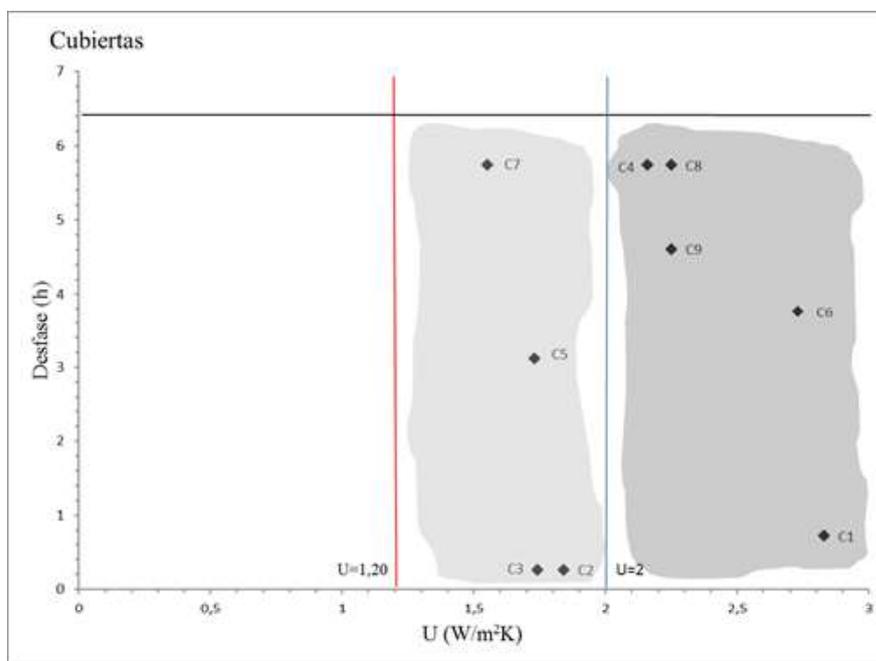


Figura 2. Comportamiento energético de las cubiertas.

a) Comportamiento acústico

El índice de reducción acústica para ruido exterior predominante de automóviles de los elementos de cubierta se muestra en la Tabla 4. Este método no es lo suficientemente preciso para predecir el aislamiento acústico de las cubiertas con cámara de aire ventilada, y por ello se muestran los resultados en forma de rango.

Fachada	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
R _{A,uf} (dBA)	31-59	60	59	50-64	65	50-64	54	52-68	50-63

Tabla 4. Índice de reducción acústica de las cubiertas (dBA).

3.3 Suelos

En los bloques de los conjuntos encontramos 6 tipos de suelo de la envolvente térmica diferentes (Tabla 5).

S1	Solera de hormigón sobre el terreno con baldosa hidráulica y camisa de mortero.
F.TS.1	Forjado de viguetas in situ sobre espacio ni habitable, con baldosa hidráulica y camisa de mortero.
F.TS.2	Forjado de viguetas prefabricadas sobre cámara sanitaria, con baldosa hidráulica y camisa de mortero.
F.TB.1	Forjado de viguetas metálicas sobre espacio no habitable, con baldosa hidráulica y camisa de mortero.
F.TB.2	Forjado de viguetas in situ sobre espacio no habitable, con baldosa hidráulica y camisa de mortero.

Tabla 5. Soluciones de suelos.

a) Comportamiento térmico

Los suelos se dividen en tres grupos atendiendo a su comportamiento energético. En la Figura 3, se observa claramente estos tres grupos. El primero está formado solo por la solución S1, la cual tiene un bajo valor de transmitancia térmica y un valor alto de desfase, siendo el suelo que mejor comportamiento térmico tiene. El grupo formado por los suelos TB1, TB2, FTS1 y FTS2 tienen en común un bajo valor de transmitancia térmica y un bajo valor de desfase. Por último, el suelo FS1 tiene un alto valor de transmitancia térmica y un bajo valor de desfase, caracterizándolo como el suelo que peor comportamiento energético tiene.

Suelo grupo 1 S1

Suelo grupo 2 TB1, TB2, FTS1, FTS2

Suelo grupo 3 FS1

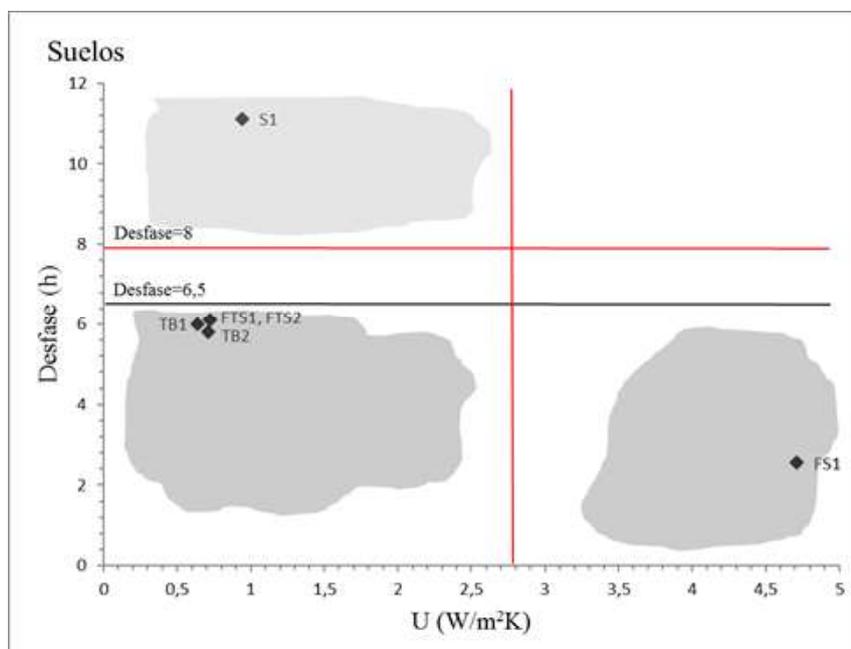


Figura 3. Comportamiento energético de los suelos.

No se ha evaluado su comportamiento frente al ruido, ya que no hay exigencia en esta partición.

4. RESULTADOS DE DEMANDA Y AISLAMIENTO ACÚSTICO

De acuerdo a [13] la fachada es la variable que interviene en la demanda energética, tanto de calefacción como de refrigeración, que más influye. Del grupo de edificios estudiado, las demandas más altas corresponden con los bloques que tienen F15. La demanda energética de los bloques que disponen de parte de su solución de fachada F15, con porcentajes que varían entre el 16 y el 34%, la demanda energética de calefacción varía entre 110,68 y 148,22 Kw/m²·año. Además estos bloques tienen cubierta con cámara de aire y suelo del grupo 2. En cuanto a la demanda energética de refrigeración, estos bloques también corresponden con los valores más altos del caso de estudio con valores entre 14,22 y 21,52 Kw/m²·año.

En cuanto a aislamiento acústico, suponiendo la misma solución de hueco para todos los recintos, los peores resultados de diferencia de niveles estandarizada $D_{2m,nt,Atr}$ no los obtiene los bloques con la fachada F15 como cabría esperar, posiblemente por las dimensiones de los recintos interiores y las dimensiones de los huecos.

5. CONCLUSIONES

En la demanda energética de los edificios intervienen muchos factores como aspectos geométricos, de soleamiento y constructivos. En cuanto al comportamiento acústico de los edificios, es determinante tanto los elementos de la envolvente acústica como el nivel de ruido exterior. Es de sobra comprobado que es preciso rehabilitar energéticamente y acústicamente los edificios existentes para poder obtener adecuarse a los estándares actuales. Sin embargo, esta comunicación quiere constatar los diferentes comportamientos que podemos encontrarnos en los edificios existentes, que sería conveniente conocer a la hora de plantear una rehabilitación energética y acústica.

Se ha comprobado cómo algunas soluciones de la envolvente, sobretodo de fachada, son muy masivas y tienen comportamientos aceptables si analizamos su comportamiento dinámico además del estático. Además, estos elementos masivos tienen un comportamiento acústico óptimo, por lo que podrían conseguirse buenos niveles de aislamiento acústico únicamente cambiando el hueco.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (Y CITAS EN EL TEXTO)

- [1] International Energy Agency (IEA), Energy consumption by sector, (2015). <http://www.iea.gov/totalenergy/data/annual/> (accessed September 30, 2016).
- [2] INE, Censo de Población y Vivienda 2011, Madrid, 2011.
- [3] Presidencia del Gobierno, Norma Básica de Edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios, (1979).
- [4] World Health Organization, World Health Organization, (2016).
- [5] Parlamento Europeo y el consejo de la Union Europea, Decisión Número 1386/2013/UE Des Parlamento Europeo y del Consejo relativa al Programa General de Acción de la Unión en materia de Medio Ambiente hasta 2020«Vivir bien, respetando los límites de nuestro planeta», (2013).
- [6] M. Monzón, B. López-Mesa, Buildings performance indicators to prioritise multi-family housing renovations, *Sustain. Cities Soc.* 38 (2018) 109–122. doi:10.1016/j.scs.2017.12.024.
- [7] F. Kurtz, M. Monzón, B. López-Mesa, Obsolescencia de la envolvente térmica y acústica de la vivienda social de la postguerra española en áreas urbanas vulnerables. El caso de Zaragoza, *Inf. La Construcción.* 67 (2015) m021. doi:10.3989/ic.14.062.
- [8] Ministerio de Fomento, Documento de Apoyo DA DB-HE1, (2013).
- [9] Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Catálogo de elementos constructivos del CTE, 3 (2010) 141. http://www.codigotecnico.org/web/recursos/aplicaciones/contenido/texto_0012.html.
- [10] AENOR-CEN, Prestaciones térmicas de los productos y componentes para edificación. Características térmicas dinámicas. Métodos de cálculo. (ISO 13786: 2011), (2011).
- [11] K.O. Ballagh, Accuracy of Prediction Methods for Sound Transmission Loss, in: 3rd Int. Congr. Expo. Noise Control Eng., Prague, n.d.
- [12] S. Dominguez Amarillo, S.S. J., I. Oteiza San Jose, La envolvente energética de la vivienda social en el periodo 1939-1979. El caso de Sevilla, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, Sevilla, 2015.
- [13] M. Monzón, B. López-Mesa, Simplified model to determine the energy demand of existing buildings. Case study of social housing in Zaragoza, Spain, *Energy Build.* 149 (2017) 483–493. doi:10.1016/j.enbuild.2017.04.039.