



Construcción con Tierra Patrimonio y Vivienda X CIATTI 2013

Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos
2013.

Coordinadores: José Luis Sáinz Guerra, Félix Jové
Sandoval.

ISBN: 978-84-617-0473-6

DL: VA 470-2014

Impreso en España

Junio de 2014

Publicación online.

Para citar este artículo:

ROMERO GIRÓN, Ana, RODRÍGUEZ GARCÍA, Reyes, CANIVELL, Jacinto, et al. "Iniciación al análisis del cumplimiento del Código Técnico de la edificación mediante el empleo del BTC como material de construcción". *En: Construcción con tierra. Patrimonio y Vivienda. X CIATTI. Congreso de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2013. [online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. P. 295-306. Disponible en internet:*

<http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2014/295-306-romero.pdf>

URL de la publicación: <http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones.html>

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.

INICIACIÓN AL ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN MEDIANTE EL EMPLEO DEL BTC COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

X CIATTI 2013. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra
Cuenca de Campos, Valladolid.

*Ana Romero Girón , Departamento de Construcciones Arquitectónicas 1.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.
Reyes Rodríguez García , Departamento de Construcciones Arquitectónicas 1.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.
Jacinto Canivell, Departamento de Construcciones Arquitectónicas 2.
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Edificación. España.
Ana González Serrano, Departamento de Construcciones Arquitectónicas 1.
Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla. España.*

PALABRAS CLAVE: bloque de tierra, protocolo, normativa.

1. Antecedentes

Son múltiples los investigadores que han desarrollado estudios sobre diversos aspectos de la construcción en tierra, de hecho cada vez son más numerosas las líneas de investigación que enfocan la temática hacia aspectos relacionados con el BTC¹ como producto de aplicación en la edificación con amplias opciones de ejecución.

Por otro lado, desde la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación (CTE) en 2.006, las Normas Básicas de la edificación (NBE) han sido sustituidas por el CTE en base a la ley de Ordenación de la Edificación

de 1.999. En él, se desarrollan las exigencias mínimas para cada uno de los requisitos básicos establecidos en el artículo 3 de la Ley de Ordenación de la edificación (LOE): Seguridad Estructural, Seguridad en caso de incendios, Seguridad de utilización y accesibilidad, Higiene, salud y protección del medio ambiente, Protección contra el ruido y Ahorro de energía y aislamiento térmico.

La construcción en tierra, y en su defecto el BTC, puede ser utilizado en España, siempre que se garantice las características exigibles establecidas por el CTE aunque para éste no se contemple un apartado específico dentro del documento básico DB-F para fabricas pesadas

en la construcción. De hecho, en la Parte I de CTE, concretamente en el art. 5, se enuncian dos procedimientos para el cumplimiento del material: aportar soluciones técnicas basadas en los documentos básicos del CTE (DB) o soluciones alternativas que se justifiquen por sus prestaciones, al menos, equivalentes a las que se obtendrían por la aplicación del DB correspondiente.

La primera respuesta práctica se encuentra a nivel empresarial, donde diversas empresas elaboradoras de BTC han desarrollado sus propias fichas técnicas del material en las que describen las características básicas del producto basadas, de manera aproximada, en la norma UNE 41410:2008. Concretamente, esta UNE específica para el BTC, establece la evaluación de la conformidad del producto en base al aspecto, resistencia a compresión, ensayo de humectación/secado, ensayo de erosión acelerada Swinburne y ensayo de absorción de agua por capilaridad. En ocasiones, las fichas técnicas de las marcas comerciales incluyen datos relativos a algunas características exigibles por la normativa vigente e incluso, no basan sus resultados en la UNE 41410:2008, sino en la normativa ASTM 1633-96 Suelo-Cemento, como es el caso de Bioterre.

La iniciativa de los emprendedores que han apostado por fabricar o diseñar con BTC no ha evitado un descontrol en la justificación del material en proyecto y en su ejecución en obra. La problemática descansa en varios factores que pueden vincularse al déficit de formación del técnico competente, al vacío de conocimiento en muchas de las características del material y a la incompleta información en dichas fichas técnicas que serán en un futuro, la fuente de consulta del técnico redactor para la justificación del uso del producto.

El análisis del presente trabajo de investigación se orienta hacia la viabilidad real de las soluciones aportadas dentro del marco actual de la construcción y la rehabilitación, con el propósito de mediar en la futura integración del producto en el mercado. Por tanto, es necesario realizar una aproximación del BTC al cumplimiento de la normativa actual, el Código Técnico de la Edificación (CTE).

2. Objetivos y metodología

Para establecer hasta qué punto el BTC satisface las exigencias de la normativa vigente, se establece un proceso que consiste en 3 fases, que se aplicarán a cada una de las exigencias básicas del CTE:

-Fase I: En esta fase se examinan las características exigibles del producto según CTE, para el cumplimiento del BTC como material de construcción. Además, dicha información será comparada con la normativa específica del BTC (UNE 41410:2008), con el fin de determinar sus puntos en común y sus divergencias.

-Fase II: Se recopilan y evalúan las últimas aportaciones científicas, así como las fichas técnicas sobre el producto de las distintas marcas comerciales de BTC existentes en España. Para ello, se han seleccionado tres productos que actualmente están disponibles en el mercado y cuyas fichas técnicas están a disposición pública. Estas son: Cannabric, Bioterre y Solbloc. Adicionalmente, y aunque su disponibilidad en España es restringida, ha sido necesario recurrir a otros productos comerciales extranjeros, ya que son los únicos que incluyen ciertos aspectos técnicos específicos. En esta segunda fase, los valores mostrados en las distintas tablas han sido seleccionados según las características exigibles por la normativa. Es decir, todas aquellas características no reflejadas en este apartado, significará que no han sido localizadas en las distintas investigaciones.

-Fase III: Según los resultados de las dos fases anteriores, se evalúa el alcance actual del cumplimiento del BTC según el CTE, en función de los productos actuales en el mercado español y de los resultados científicos más destacados.

A continuación, se muestran los resultados todas las exigencias básicas del CTE, menos la exigencia de utilización y accesibilidad que se considera que por no tratar sobre el material de construcción no concierne en la evaluación del producto y su cumplimiento.

3. Resultados

El CTE se compone de dos partes que han sido estudiadas para la enumeración de las

Apartado del CTE	Documento exigibles al producto según CTE	Referencia en CTE	Disponibilidad empresarial		
			1	2	3
General	Certificado de conformidad	Parte I	c	c	c
	Prestaciones finales	Art. 4	a	b	b
	Evaluaciones técnicas		a	b	b
Justificación del cumplimiento de las exigencias básicas que se establecen en el CTE.	Soluciones técnicas basadas en los documentos básicos del CTE.	Parte I	c	c	c
	Soluciones alternativas que se justifiquen y sean equivalentes a los que se obtendrían por la aplicación del DB.	Art. 5	b	c	c
	Marcado CE del producto.	Parte I Art. 5	c	c	c
Recepción de productos y satisfacción de lo exigido en proyecto	Documentación de suministros	Parte I Art. 7	c	c	c
	Distintivos de calidad	Parte I	c	c	c
	Evaluaciones técnicas de idoneidad	Parte I	c	c	c
	Control mediante ensayos	Parte I	b	b	c

Tabla 1. Disponibilidad de documentación vía web (a=disponible, b=insuficiente, c=no disponible) (Créditos: Los autores).

características exigibles del material. La primera de ellas se refiere a los aspectos generales del producto y del proyecto, mientras que en la segunda parte, se exponen los Documento Básicos con los aspectos de Seguridad que deberían ser establecidos por el CTE: Habitabilidad, Ahorro de Energía, Estructural, etc. Cada uno de ellos ha sido analizado según la metodología propuesta. Previamente, se ha desarrollado una relación de documentos, certificados y soluciones (tabla 1) que avala la conformidad del material con el CTE, así como la existencia de los mismos en las distintas empresas elaboradoras de BTC analizadas: Cannabric (1), Bioterre (2) y Solbloc (3).

Como puede observarse en la tabla 1, es posible extraer de las fichas técnicas de las empresas, aspectos relacionados con las prestaciones finales y evaluaciones técnicas del producto. Aunque cabe destacar que el número de datos obtenidos de las mismas no es suficiente para el completo cumplimiento de la normativa vigente. Sólo Cannabric aporta al técnico competente, soluciones técnicas a modo de detalle constructivo, que mejoran el uso y aplicación del producto. El resto de documentos aún no se encuentran disponibles.

Seguridad Estructural (CTE DB SE y CTE DB SE F)		UNE 41410:2008	
Característica exigible		Referencia	Referencia
Piezas	Resistencia a compresión	DB SE F Art. 4.1	UNE-EN 772-1:2002
	Volumen de los huecos, de cada hueco y espesor combinado	DB SE F Art. 4.1	-
Fábrica	Juntas de movimiento en la fábrica	DB SE F Art. 2.2	-
	Durabilidad (Clase de exposición/ adecuación de los materiales)	DB SE F Art. 3	-
	Resistencia del mortero	DB SE F Art. 4.2	Anexo B (Sólo agua de amasado)
	Categorías de ejecución	DB SE F Art. 8.2.1	-
	Resistencia a compresión	DB SE F Art. 4.6.2 - UNE EN 1052	-
	Resistencia a cortante	DB SE F Art. 4.6.3.	-
	Resistencia a flexión	DB SE F Art. 4.6.4.	-
	Deformabilidad	DB SE F Art. 4.6.5.	-
	Sección de cálculo (Rozas)	DB SE F Art. 4.6.6.	-
	Desplome de la fábrica total o local	DB SE	-
	Comportamiento sísmico de la edificación	DB SE	-
	Efectos reológicos	DB SE	-

Tabla 2. Determinaciones del CTE DB SE, CTE DB SE F y comparación con lo existente en UNE 41410:2008. (Créditos: Los autores).

3.1. Seguridad estructural

Según la fase I, si analizamos la normativa española vigente para el BTC según la UNE 41410:2008 (AENOR 2008), algunas de las características que el fabricante debe declarar son la resistencia normalizada a compresión

del BTC en el momento del suministro según UNE-EN 772-1:2002², así como el agua de amasado del mortero utilizado. Del mismo modo en el CTE, como soporte fundamental de la Seguridad Estructural se destacan las características resumidas en la tabla 2, las cuales que han sido comparadas con la UNE 41410:2008 para conocer su disponibilidad:

En la fase II sólo se han evaluado los parámetros de la pieza o de la fábrica recogidos en los trabajos de investigación o en las fichas de los productos (resistencia a compresión de la pieza y de la fábrica, Resistencia a cortante y flexión de la fábrica, rozas y juntas de dilatación), por lo que el resto de exigencias del CTE están aún por investigar y justificar en profundidad. Así, a nivel nacional autores como Cid (2011), Jové (2011), Ruiz Mazarrón y Cañas (2011), o Walker (1997), Galíndez (2009) a nivel internacional, han evaluado los parámetros antes mencionados, por lo que servirá de punto de partida para la segunda etapa de la presente evaluación. En ellos se desarrollan algunos aspectos interesantes de especial relevancia de los cuales se destacan: A parte, otros autores como Romero y Vela Cossío (2012), emplean los parámetros resistentes de una fábrica de ladrillo convencional, para justificar de forma aproximada el cumplimiento del BTC ante la seguridad estructural de la fábrica. Para ello, toman los parámetros físicos y estructurales de Bioterre.

En la fase III, se constata como, solamente, la resistencia a compresión de la pieza y los componentes del agua de amasado del mortero están reflejadas en la UNE 41410:2008, por lo que no existirían determinaciones del BTC aun, para las características exigibles no desarrolladas en la UNE. Por otro lado, se observa en las tablas 3 y 4, como los valores obtenidos en cada uno de los tipos de resistencia a compresión y cortante, flexión, tanto de la pieza como de la fábrica, son dispares, es decir, no todas las características exigibles han sido analizadas tanto a nivel de investigación como empresarial.

3.2. Seguridad contra incendios

El CTE en su documento básico de Seguridad contra incendios “establece las condiciones de reacción al fuego y de resistencia al fuego de los elementos constructivos conforme a las

Autores	Pieza		Fábrica	
	Resistencia a compresión de la pieza (Mpa)	Resistencia a compresión de la fábrica (Mpa)	Resistencia a cortante de la fábrica (Mpa)	Resistencia a flexión de la fábrica (Mpa)
Jové, (2011) ³	7,19	-	-	-
Boscarello, (2009)	2,02 a 4,98	-	-	0,18 a 0,77
Juárez, (2010)	-	9,12	-	0,59
Aláveiz-Ramírez, (2012)	0,78 a 24,6*	-	-	0,12 a 2
Medjo, (2006)	2,25 a 3,5	-	-	0,38
Galíndez, (2009)	3,7	-	-	-
Arteaga-Medina, (2011)	-	-	0,193	-
K'Pla, (2002)	3 a 5	-	-	-
Guettala, (2006)	-	15,4 a 19,5	-	-
Lima - Varum, (2012)	-	5 a 25	-	1 a 4

Tabla 3. Relación de características y valores de las investigaciones analizadas (Créditos: Los autores).

Empresas	Piezas			Fábrica		
	Resistencia a comp. de la pieza (Mpa)	Resistencia a compresión de la fábrica (Mpa)	Resistencia a cortante de la fábrica (Mpa)	Resistencia a flexión de la fábrica (Mpa)	Juntas de dilatación	Espesor máx. de rozas
Cannabric	1,3	-	-	0,61	-	-
BIOTERRE	-	7,18	0,71	1	<40 m y <20 m en morfología L	25 mm en tramos <1,5m
Solbloc	5	-	-	-	-	-

Tabla 4. Datos de las fichas técnicas comerciales. (Créditos: Los autores).

Empresas	Piezas
	Reacción al fuego
Cannabric	RF120
BIOTERRE	M0
Solbloc	-

Tabla 5. Valores de reacción al fuego de las piezas según las fichas técnicas. (Créditos: Los autores).

CTE DB HS - Características exigibles		Normativa de referencia según CTE	UNE 41410 :2008
Hoja principal	Absorción de agua por capilaridad [$\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0,5})$ ó $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$];	UNE-EN 772-11:2001 y UNE-EN 1745:2002	UNE-EN 772-11:2001/A1:2006
	Succión o tasa de absorción de agua inicial [$\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$]; (en el caso de falta de revestimiento)	UNE-EN ISO 12572.	-
	Absorción al agua a largo plazo por inmersión total (% ó g/cm^3);	UNE-EN 772-11:2001 UNE-EN 1745:2002	-

Tabla 6. Características y métodos de ensayo exigibles al producto según CTE y UNE. (Créditos: Los autores)

Autores	Absorción de agua por capilaridad (%)	Succión o tasa de absorción de agua inicial (%)	Absorción al agua a largo plazo por inmersión total (%)
Guettala, 2006	2,5 a 3,7	-	5,3 a 9,8
Boscarello, 2009	3,20 a 6,78	-	-
Jové, 2011	2,74	-	-
Walker, 1997*	-	3,6 a 4,6	13,1 a 25,9
Meukam, 2003	0,6 a 4,5	-	-
Villamizar, 2012	26,63 a 31,57	-	-
Mbumbia, 2000	26,63 a 29,73	-	-
Kerali, 2002	-	-	16,5

Tabla 7. Datos extraídos de las investigaciones estudiadas. (Créditos: Los autores)

Empresas	Absorción de agua por capilaridad (%)	Succión o tasa de absorción de agua inicial	Absorción al agua a largo plazo por inmersión total (%)
Cannabric	31,5	0,41g/ $\text{cm}^2 \times 5 \text{ min}$	-
Bioterre	-	-	-
Solbloc	-	-	-

Tabla 8. Comparación de exigencias del BTC ante el DB HS. (Créditos: Los autores).

nuevas clasificaciones europeas establecidas mediante el Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo y a las normas de ensayo y clasificación que allí se indican.”

Por lo tanto, según R.D. 312/2005, para justificar el cumplimiento del BTC, es necesario en primer lugar definir la clase de

reacción al fuego del producto en función de las características de reacción al fuego, la cual se realiza según una caracterización basada en métodos de ensayo y unos criterios de clasificación, establecidos por el propio Decreto y por sus UNE correspondientes. Asimismo, el CTE establece que cada clase de reacción al fuego corresponde a un uso y

posición determinados. En este sentido, la UNE 41410:2008, declara que debe ser el fabricante el que indique la clasificación de reacción al fuego de los bloques.

Siguiendo el proceso metodológico propuesto, en la fase II, podemos añadir que muy escasos autores han realizado aportaciones en este campo, y los pocos estudios disponibles se han basado en las normativas vigentes en otros países según su procedencia. Así destacamos el estudio realizado de Buson et al. (2012), que considera las normativas vigentes de Brasil (NBR 5628, NBR 14432 y NBR 10636), así como el Eurocódigo 6, para hacer una comparativa entre dichas normativas y los valores determinados en las European Standards (UNE EN 1363-1 y UNE EN 1364-1). Además establece los valores de resistencia al fuego de una fábrica de bloques de tierra realizados con suelo-cemento y Krafterra, por lo que dichos valores podrían ser asimilables a la normativa vigente, debido a que han sido comparadas con las normas UNE.

Ante a la falta de información establecida en la normativa del BTC (UNE 41410) y asociado a la exposición de valores establecidos en el R. D. 312/2005 para el cumplimiento del CTE DB SI, ha obligado a Romero & Vela Cossío (2012) a establecer una similitud entre BTC y una fábrica de ladrillo macizo, como ya se ha realizado para la seguridad estructural, debido a su similar composición. Así, estos autores determinan una resistencia REI-120 para espesores comprendidos entre 110 y 200 y REI-240 para espesores mayores de 200 en fábrica sin revestir, según la tabla F1 del Anejo F del CTE DB SI. Consecuentemente, la justificación se basa sólo en una supuesta similitud entre materiales y no en el cumplimiento del real y contrastado del propio material.

Por otro lado, las fichas técnicas existentes desarrollan valores dispares, en el caso de Cannabric, un valor RF 120, mientras que otras justifican según valores asociados a otras normativas no vigentes, como es el caso de BIOTERRE, que presenta un valor M0 en su ficha técnica según la norma derogada, CT-79. Dado que sólo debemos obtener la clase de reacción al fuego del producto, si analizamos los valores obtenidos, sería necesaria una actualización de los parámetros expuestos, en función del CTE, permitiendo así establecer comparaciones más fiables. Además, independientemente del buen comportamiento

de la tierra frente al fuego, serán necesarios más parámetros de resistencia al fuego para establecer las distintas clases de reacción al fuego.

3.3. Salubridad

En relación a las exigencias básicas de salubridad, “se limitará el riesgo previsible de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones, disponiendo medios que impidan su penetración o, en su caso permitan su evacuación sin producción de daños”, por lo que así solventará el requisito de Higiene, salud y protección del medio ambiente. (CTE DB HS). De hecho, el DB HS1 “se aplica a los muros y los suelos que están en contacto con el terreno y a los cerramientos que están en contacto con el aire exterior (fachadas y cubiertas) de todos los edificios incluidos en el ámbito de aplicación general del CTE”, por lo que se entiende que afecta notablemente al BTC en lo referente al cumplimiento del CTE.

En el caso de las fachadas, estas condiciones vienen precedidas por el concepto de grado de impermeabilidad³ exigido a las fachadas frente a la penetración de las precipitaciones que se obtiene en función de la zona pluviométrica de promedios⁴ y del grado de exposición al viento⁵. En base al grado de impermeabilidad y el uso del revestimiento exterior, será posible obtenerse las condiciones constructivas mínimas de cada uno de los componentes de la fachada. Una composición de fachada con un grado de impermeabilidad de nivel 1, además del tipo de revestimiento, poseerá unas características exigibles diferentes al de nivel máximo, 5. Este hecho potencia la diferenciación de la composición de las capas del cerramiento en función del lugar geográfico, es decir, localizaciones con climatologías secas como Almería, Murcia o Alicante deben componer las capas con un grado de impermeabilidad de tipo 1, mientras que en otros ambientes con características opuestas con climas más húmedos y frescos, como Galicia o Asturias, deben basar sus composiciones en un grado de impermeabilidad 5.

Sobre dichas condiciones constructivas mínimas, se considera que el BTC es la hoja principal de la composición, por lo que a tal efecto, el producto debe garantizar

CTE DB Ahorro de Energía- Limitación de demanda energética			UNE 41410:2008
Características exigibles		Referencias	Referencias
Transmitancia térmica (U) ⁶ (W/m ² K) $U=1/R_T$	Resistencia térmica (R) (m ² K/W) $R = e/\lambda$; $R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n$; R_T = Resistencia térmica total; R_n = Resistencia de una capa; e = espesor de la capa	UNE EN ISO 10 456:2001	UNE-EN 1745:2002
	Conductividad térmica (λ)		UNE-EN 1745:2002
Condensaciones	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ_n)	UNE EN ISO 10 456: 2012	UNE-EN 1745:2002
Otros	Calor específico c_p (J/kg.K)	UNE EN ISO 10 456: 2012	-
	Densidad ρ (kg/m ³)	-	UNE-EN 77212:2001
Propiedades higrotérmicas	Permeabilidad al vapor de agua	-	UNE-EN ISO 12572
	Permeancia al vapor de agua	-	UNE-EN ISO 12572
	Resistencia al vapor de agua	-	UNE-EN ISO 12572
	Densidad de flujo del vapor de agua	-	UNE-EN ISO 12572
	Flujo de vapor de agua	-	UNE-EN ISO 12572

Tabla 9. Características exigibles para la exigencia de Ahorro de energía. (Créditos: Los autores)

Materiales artificiales o suelos tratados				
Material	HE			
	ρ	(λ)	c_p	μ_n
Tierra apisonada, adobe o bloques de tierra comprimida	1770 < ρ < 2000	1,1	-	-

Tabla 10. Catálogo de elementos constructivos CTE.

Autores	Resistencia térmica	Transmitancia térmica	Conductividad térmica	Densidad	Factor de resistencia*	Calor específico
Goodhew, 2005	-		0,24	800	-	750
Rapisarda, 2009	0,448	2,235 a 0,89		1750-1900	1,12	1465-1590
Meukam, 2003	-	-	0,50 a 1,15			816 a 1013

Tabla 11. Valores de las investigaciones. *Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua

los parámetros establecidos en la tabla 6. Además, para ello, será necesario determinar los parámetros que determina la normativa específica del BTC.

En cuanto a las investigaciones en este campo, son numerosas las que desarrollan aspectos relacionados con la presente exigencia. Aun siendo dispares entre sí, se observa que la absorción de agua por capilaridad es con diferencia el parámetro más estudiado y la succión, el que menos.

De manera similar, ocurre en los datos comerciales, dado que sólo ha sido posible localizar una ficha técnica que hiciera alusión a dichos datos, Cannabric. De hecho, sólo sería posible obtener, al igual que en algunas investigaciones, el dato de absorción de agua por capilaridad o succión con lo que la disponibilidad de datos en cuanto a absorción a largo plazo por inmersión total sería prácticamente nula.

3.4. Ahorro de Energía

Las exigencias básicas del DB HE se basan en el objetivo del requisito básico "Ahorro de energía" que consiste en lograr "un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento".

En primer lugar, el CTE DB HE limita la demanda energética del edificio en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zonificación climática y de la carga interna en sus espacios. Por otro lado, en este apartado de ahorro de energía, al igual que en la reacción al fuego, la UNE 41410:2008 establece que el fabricante debe facilitar la información sobre propiedades térmicas del producto en base a la UNE-EN 1745:2002. Por lo que se hace necesaria la enumeración de características exigibles según el CTE y comparadas con la UNE, así como sus referencias:

Además para la obtención de datos, es posible extraer de la documentación aportada por el Catálogo de elementos constructivos⁷, valores de densidad y conductividad térmica.

Por otro lado, en las investigaciones sobre este aspecto, destaca la llevada a cabo por el CRIATIC, sobre el comportamiento térmico de muros de tierra en la provincia de

Tucumán (Argentina), que trata de analizar el comportamiento térmico (transmitancia térmica y retardo térmico) de muros de tierra (BTCC de suelo-cemento con espesores 0,14 y 0,29 m y adobes de 0,20 y 0,30 m) comparados con otros materiales industrializados: bloques de huecos de hormigón y ladrillos cerámicos macizos (Arias et al. 2007). Como datos relevantes de esta investigación, es posible extraer los valores de transmitancia térmica para los espesores de 0,14 y 0,29 m, la cual corresponde con 1,53 y 0,89 W/m²C, respectivamente. En su comparativa con respecto a la normativa vigente en Argentina, dichos valores se establecen por encima del mínimo requerido en la normativa IRAM N°11.605. Asimismo, otros investigadores han determinado valores como los que se exponen a continuación:

En la fase III es posible añadir que los datos extraídos, al igual que en apartados anteriores, vuelven a ser dispares, pero mucho más abundantes que en los documentos anteriores. De hecho, es posible determinar valores de conductividad térmica desde 0,24 como es el caso de Goodhew hasta 1,15 de Meukam en función de la composición del producto. Igualmente, ocurre con los valores extraídos de las fichas técnicas de las empresas, tanto nacionales como internacionales.

3.5 Protección frente al ruido

Según el CTE, los productos utilizados en edificación y que contribuyen a la protección frente al ruido se caracterizan por sus propiedades acústicas y además, deben ser proporcionadas por el fabricante. Por otro lado, no hay las aportaciones de la normativa específica del BTC, UNE 41410:2008.

En este sentido, son nulas las investigaciones llevadas a cabo al respecto. En cambio, las fichas técnicas del producto determinan de "aislamiento acústico" de 54 db como es el caso del Bioterre o Cannabric, este último para un muro de carga o en su defecto, de 30 cms mínimo. En la fase III se constata un vacío de información, difusión y aplicación en dichos aspectos que avalen el cumplimiento del CTE en este apartado.

4. Conclusiones

El BTC como material de construcción es una realidad, de hecho, la base de su elaboración, la tierra, ha sido utilizada a lo largo de la

Empresas		Resistencia térmica	Transmitancia térmica	Conductividad térmica	Densidad	Factor de resistencia*	Calor específico
Nacional	Cannabric	0,57 a 1,75	0,56	0,19	1100	-	1113
		0,80 a 1,79	0,99				
	Solbloc	-	-	0,87	1700-2200	-	-
	Bioterre	-	1,06	0,41	-	-	-
-		1,3	0,54	-	-	-	
Int	Claytec	-	-	0,95	1500	-	-
	Akterre	-	-	1,05	2000	-	-

Tabla 13. Comparativa de valores de las empresas nacionales e internacionales. (Créditos: Los autores)

CTE DB Protección contra el ruido (HR)		
Productos	Resistividad al flujo de aire, r, en kPa s/m ²	UNE EN 29053
	Rigidez dinámica, s', en MN/m ³	UNE EN 29052-1
	Coeficiente de absorción acústica para las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz	
	Coeficiente de absorción acústica medio α_m	
coeficiente de absorción acústica ponderado, α_w		
Elementos constructivos	Índice global de reducción acústica	
	Índice global de reducción acústica, ponderada y para ruido de automóviles	
	Término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para ruido rosa incidente C y de automóviles y aeronaves.	

Tabla 14. Características exigibles según DB HR.

historia. Por eso, podemos determinar que el BTC no es un material completamente nuevo. En cambio, su elaboración y puesta en obra distan de los productos antecesores realizados en tierra y aplicados en el patrimonio construido. Es más, debido a la composición de su materia base, el lugar o zona de obtención de la materia prima, su proceso de fabricación y heterogeneidad es todas sus caras, manifiesta un comportamiento mecánico diferente según su posición, colocación e incluso método técnico de aplicación según las tradiciones constructivas.

Con respecto a la normativa vigente, la construcción en Tierra, y en su defecto el BTC, puede ser utilizado en España, dentro de un marco prescriptivo incompleto que no siempre permite garantizar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos por el CTE. Actualmente, el CTE no contempla un documento específico para la tierra, pero cabe destacar la UNE 41410:2008, la cual define, especifica y realiza algunos métodos de ensayo que evalúan la conformidad del material. La información aportada por la UNE 41410:2008 es insuficiente dado el grado de información sobre el material requerido

por el CTE. De hecho, tal y como se ha expresado con anterioridad, son muchas las características exigibles al material que aún no han sido determinadas ni científicamente ni técnicamente para acogerse a determinados valores admisibles. Asimismo, el número de valores obtenidos para el cumplimiento del CTE, se establece de manera desigual entre los distintos documentos básicos. De hecho, los valores menos estudiados para el BTC son los determinados por el documento básico de Protección frente al ruido. Por otro lado, este análisis destaca como distintos autores comparan el BTC con un material similar que si se encuentre reflejado en el CTE. Esta solución no es la recomendable, ya que se debe investigar este producto específico.

En el campo comercial, las empresas dedicadas a la fabricación del BTC, poseen fichas técnicas

incompletas que no facilitan información suficiente y necesaria al técnico competente. Además, que tratan de manera desigual los distintos documentos básicos, por lo que aún son numerosos los vacíos de conocimiento en cuanto a algunas características exigibles.

En base a lo expuesto, será necesario solventar los vacíos de conocimiento establecidos en la presente investigación, así como potenciar el uso de fichas técnicas del material específicas del lugar de procedencia. Éstas deben reflejar las características exigibles por la normativa vigente, la evaluación de conformidad de la UNE 41410:2008 y de esa manera, fomentar el BTC como otro material más de la construcción en España.

Citas y Notas

¹ Denominamos BTC al Bloque de Tierra Comprimido.

² UNE-EN 772-1:2002 "Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte I: Determinación de la resistencia a compresión en N/mm²".

³ El grado de impermeabilidad es número indicador de la resistencia al paso del agua característica de una solución constructiva definido, de tal manera, que crece al crecer dicha resistencia y, en consecuencia, cuanto mayor sea la sollicitación de humedad mayor debe ser el grado de impermeabilidad de dicha solución para alcanzar el mismo resultado. (CTE DB HS Anejo)

⁴ La zona pluviométrica de promedios es la zona geográfica que engloba todos los puntos que tienen un índice pluviométrico anual. La zona pluviométrica oscila entre del I al V (CTE DB HS Anejo)

⁵ Grado de exposición al viento, correspondientes al lugar de ubicación del edificio, en función de la altura de coronación del edificio sobre el terreno de la zona

eólica correspondiente al punto de ubicación y de la clase del entorno en el que está situado el edificio. Se denomina V1, V2 y V3.

La zona pluviométrica y el grado de exposición al viento generan que, en función de la altura del edificio y la clase del entorno del edificio (A, B y C) junto al tipo de terreno E0 o E1, obtengamos el grado de impermeabilidad que oscila entre 1 a 5.

⁶ La transmitancia térmica es el flujo de calor, en régimen estacionario, dividido por el área y por la diferencia de temperaturas de los medios situados a cada lado del elemento que se considera. (CTE DB HE).

⁷ El catálogo de elementos constructivos está concebido como un instrumento de ayuda para el cumplimiento de las exigencias generales de diseño de los requisitos de Habitabilidad: Salubridad, Protección frente al ruido y Ahorro de Energía, establecidas en el Código Técnico de la Edificación (CTE).

Bibliografía

- ALAVEZ-RAMÍREZ et al. *The use of sugarcane bagasse ash and lime to improve the durability and mechanical properties of compacted soil blocks. Construction and building materials.* 2012. UK
- ARTEAGA et al. *Bloque de tierra comprimido como material constructivo. Revista de Facultad de Ingeniería, UPTC. CEDEC.* 2011. Colombia
- BOSCARELLO et al. *Caracterización físico-química de suelos de Soledad y Ciudad Bolívar para la fabricación de bloques de tierra estabilizada y compactada (BTCC). Geominas.* 2009. Venezuela.
- BUSON et al. *Fire resistance of walls made of soil-cement and Krafterra compressed earth blocks. Fire and materials.* 2012
- CTE Documentos Básicos SE - SE A- SI - HS - HE – HR. *Actualizaciones desde 2006-2012*
- Fichas técnicas: CANNABRIC (<http://www.cannabric.com>, 2009), BIOTERRE (http://www.bioterre.es/images/ficha_bioterre.pdf) , SOLBLOC (www.solbloc.es, 2013), AKTERRE (www.akterre.com) Y CLAYTEC (<http://www.constructionresources.com/products/pdfs/envelope/Claytec%20unfired%20clay%20bricks.pdf>, 2013).
- GALINDEZ, F. *Aportes a la tecnología para la fabricación del BTCC. Siacot.* 2007. Uruguay.
- GUETTALA et al. *Durability study of stabilized earth concrete under both laboratory and climatic conditions exposure. Construction and building materials.* 2004. UK
- GUILLAUD et al. *Blocs de terre comprimée. Volume II. Manuel de conception et de construction. Ed. Gate,* 1995. Alemania.
- JOVÉ, F. & SÁINZ, J.L. *Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura. Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2010/2011. España*
- JUÁREZ et al. *Ventajas del reforzamiento de muros de bloques de tierra compactos (BTCC) como opción para el rescate de viviendas rurales. Informes de la Construcción.* 2010. España.
- LIMA et al. *Analysis of the mechanical properties of compressed block masonry using the sugarcane bagasse ash. Construction and building materials.* 2012. UK
- MEDJO et al. *Some hidralic, mechanical and physical characteristics of three types of compressed earth blocks. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal Manuscript.* 2006
- MILETO et al. *Rammed Earth Conservation. CRC Press. Taylor & Francis Group.* 2012. UK.
- MBUMBIA et al. *Performance characteristics of lateritic soil bricks fired at low temperatures: a case study of Cameron. Construction and building materials.* 2010. UK
- UNE 41410:2008. *Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.*
- VILLAMIZAR et al. *Effect of the addition of coal-ash and cassava peels on the engineering properties of compressed earth blocks. Construction and building materials.* 2012. UK
- WALKER, P. & STACE, S. *Properties of some cement stabilized compressed earth blocks and mortars. Material and Structures.* 1997.