



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.

ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL BTC Y SU INFLUENCIA EN EL TIPO DE JUNTAS

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

Carlos Jiménez Pose, Arquitecto. Universidad de Salamanca.

PALABRAS CLAVE: btc, ensayos, absorción, juntas.

1. Antecedentes.

Cuando se nos propuso la realización de tres viviendas de protección pública, estábamos en pleno proceso constructivo de unos apartamentos de turismo rural con estructura de madera y cerramientos de adobe, después de haber pasado por otras experiencias gratificantes con la construcción y rehabilitación con tierra.

Como continuidad de estas experiencias realizadas, con unos resultados satisfactorios, y con el ánimo de poder contribuir al conocimiento y la divulgación

de la construcción con tierra, nos pareció una oportunidad inmejorable, el proponer la construcción de estas viviendas con BTC como experiencia piloto, basada en la recuperación de técnicas artesanales y tipologías tradicionales.

Por una parte el conjunto está constituido por dos viviendas en dos alturas con patio central en un solar, por otra parte una tercera vivienda en dos alturas y patios sucesivos en otro solar.

Se eligió la técnica del BTC por sus características de fabricación y proceso de

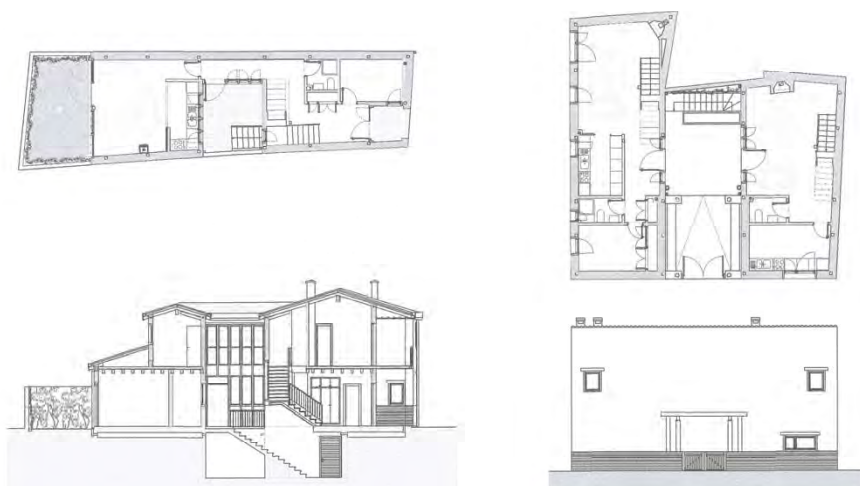


Figura 1: Planta baja, sección de una vivienda y planta baja, alzado principal de dos viviendas

construcción que permitía el aprovechamiento de periodos más largos para el proceso de ejecución.

Desde un punto de vista formal, el BTC nos proporciona una imagen de materialidad derivada de su textura que ayuda a su integración tanto en el paisaje natural como en el urbano. Al tratarse de un lugar en el que el adobe ha sido tradicionalmente el material característico de la construcción.

Desde el punto de vista tipológico optamos por unas casas con patio, a la manera que tradicionalmente se construían adaptándose a las necesidades del campo y de los animales domésticos utilizados para estas tareas y el propio sustento.

En la actualidad ha perdido sentido desde este punto de vista puramente funcional pero adquiere nuevo valor como un elemento de estancia y de prolongación de la vivienda. Se trata de un elemento arquitectónico que analizado desde este punto de vista resulta muy interesante frente a la compacidad de la vivienda actual y además ayuda generando formas de relación social entre sus habitantes, antes habituales y necesarios, hoy casi perdidos.

En la propuesta se plantea una recuperación de usos y forma sociales de convivencia que se concretan con sistemas constructivos y formas arquitectónicas, tratando de evitar que esta actitud se quede en la simple recuperación de formas del pasado fuera de contexto.

2. La elección del material

Para la realización de los bloques de BTC se procedió a la elección del material para lo que se utilizó los métodos tradicionales y un ensayo de laboratorio acreditado.

Ensayo del royo es una prueba que sirve para analizar en lugar el suelo y si este en principio puede tener unas cualidad adecuadas para su utilización, se hace un pequeño rollito de barro usando las dos manos, y si la longitud del rollito sin romperse está entre 5 y 15 cm, el suelo puede ser utilizado.

Ensayo de las bolas, se realizan unas bolitas de unos dos centímetros de diámetro y se las deja secar y agarrándola con el pulgar sobre el índice se aplastan y si no se rompen el suelo puede ser utilizado.



Figura 2: Ensayos tradicionales de reconocimiento.

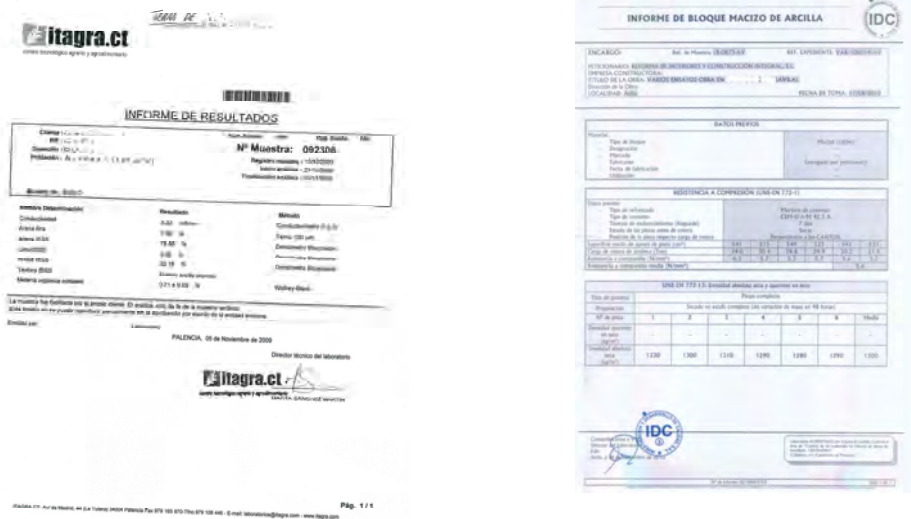


Figura 3: Ensayos en laboratorio acreditado.

Todos los bloques que se han utilizado no incluyen ningún tipo de estabilizante. Se puede apreciar que en el ensayo de resistencia a compresión de la serie de seis piezas utilizadas todas han sido superiores a 5N/mm² siendo validos para calificarlos de tipo BTC5, siendo la resistencia media de 5,6 N/mm².

Se recomienda que se lea la ponencia "Ensayos de erosión hídrica sobre muros de tierra (fábrica de BTC). Método, resultados y discusión" presentada en el VII congreso por Félix Jové Sandoval, David Muñoz y Luís Pahíno.

En estos ensayos se anticipan conclusiones que he podido comprobar en la práctica.

Como conclusión al ensayo de resistencia hago notar que si bien todas las piezas se pueden considerar clasificado como BTC5, esto no es suficiente, que su granulometría y contenido de arcilla es adecuado, a la hora de su puesta en obra, se puede llegar a valores inferiores a 0,5 N/mm² hasta llegar a la pérdida de su capacidad resistente, situación que nos compromete su capacitación para ser utilizados.

Si nos encontramos ante una situación de un terreno sin suficiente porcentaje de arcillas o aún cuando estos estén dentro de los límites recomendados, no hay que dudar en utilizar un estabilizante para mejorar las condiciones de absorción.

Esta pérdida de capacidad portante frente a la presencia de agua, nos advierte de los cuidados que hay que tener en los recubrimientos que garanticen su estanquidad y su mantenimiento.

3. La fabricación del BTC

Para la fabricación del BTC se utilizó una maquina de pistón horizontal.



Figura 4: Fabricación del BTC.

4. El ensayo de absorción

El ensayo se ha realizado en el Laboratorio de Construcción de la Escuela de Arquitectura de Valladolid.

Ensayo Absorción de agua por capilaridad:
NORMA UNE-EN 772-11:2001

4.1. Datos previos

La norma UNE 41410, de Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques, determina los ensayos a realizar para que el fabricante determine las especificaciones de los BTC fabricados para fábrica de albañilería. Esta norma, en su apartado 5.9, expone que el fabricante debe declarar el valor del coeficiente Cb de absorción de agua por capilaridad de una muestra de piezas si éstas están destinadas a elementos exteriores con la cara vista.

Los BTC que estamos ensayando, al no tener ningún tipo de estabilizante, no están diseñados en un principio para un acabado visto al exterior, pero de todos modos realizaremos este ensayo para conocer, además del coeficiente de absorción, otros datos como el contenido de humedad, o las diferentes capacidades de absorción, otros datos como el contenido de humedad, o las diferentes capacidades de absorción de las caras de las piezas, una vez conocido que estamos ante un material heterogéneo.

Se utilizan seis bloques de tierra comprimida sin estabilizar que se encuentran acopiados en el Laboratorio de Construcción de la ETS de Arquitectura de Valladolid.

4.2. Procedimiento

La determinación de la absorción de agua por capilaridad en los BTC se realiza conforme la norma UNE-EN 772-11:2001, utilizando como probetas 6 bloques enteros.

Previo a la realización del ensayo, se realiza un examen visual de las muestras, además estas se miden y se pesan. El peso que tienen en condiciones de laboratorio lo compararemos con el peso seco, para conocer la humedad natural que contienen los BTC en condiciones generales de laboratorio.

Una vez pesados, introducimos las seis

muestras en un horno a una temperatura constante de 70°C, durante 72 horas. Este tiempo es sobradamente suficiente para considerar que las muestras han sufrido un secado total, y por tanto su humedad al salir del horno será nula.

Después de ser sacados del horno, dejamos que se establezca la temperatura del bloque hasta las condiciones de laboratorio. La elevada inercia térmica que muestran los BTC hace que nos veamos obligados a dejar los bloques en reposo durante 24 horas, antes de poder realizar el ensayo.

Sumergimos los bloques en un contenedor con agua, con una profundidad de 5mm, durante 10 minutos.

Después los damos la vuelta y procedemos a su pesado, para conocer la cantidad de agua que han absorbido.

La diferencia de peso entre el bloque seco y el bloque humedecido nos dará el valor del coeficiente de absorción.



Bloques en condiciones de laboratorio

Nº	SOGA MM	TIZÓN MM	GRUESO MM	VOLUMEN mm³	VOLUMEN M3	MASSA KG	DENSIDAD KG/m³	SUPERFICIE bruta mm² cara sum
1,00	309,00	144,00	108,00	4.805.568,00	0,004805568	10,13480	2.113,96	33.372,00
2,00	309,00	156,00	108,00	5.206.032,00	0,0052060320	10,70770	2.056,79	33.372,00
3,00	309,00	154,00	108,00	5.139.288,00	0,0051392880	10,70170	2.082,33	33.372,00
4,00	309,00	145,00	108,00	4.838.940,00	0,0048389400	10,25640	2.119,51	33.372,00
5,00	309,00	149,00	108,00	4.972.428,00	0,0049724280	10,45540	2.102,67	33.372,00
6,00	309,00	153,00	108,00	5.105.916,00	0,0051059160	10,76990	2.109,18	33.372,00
promedio	309,00	150,17	108,00	5.011.362,00	0,0050113620	10,50818	2.097,41	33.372,00

Resultados

Medimos y pesamos la serie completa de 6 bloques, en condiciones estándar de laboratorio, 25,2% humedad ambiental y una temperatura de 24,1°C.

Podemos ver que las dimensiones de los tizones son muy variables, con variaciones de más de 10mm entre unos bloques y otros.

Bloques sacados del horno 72 horas

Nº	SOGA MM	TIZÓN MM	GRUESO MM	VOLUMEN mm³	VOLUMEN M3	MASSA KG	DENSIDAD KG/m³	SUPERFICIE bruta mm² cara sum
1,00	309,00	144,00	108,00	4.805.568,00	0,004805567	9,99120	2.079,09	33.372,00
2,00	309,00	156,00	108,00	5.206.032,00	0,00520603	10,53580	2.023,77	33.372,00
3,00	309,00	154,00	108,00	5.139.288,00	0,00513929	10,53110	2.049,14	33.372,00
4,00	309,00	145,00	108,00	4.838.940,00	0,00483894	9,88450	2.044,53	33.372,00
5,00	309,00	149,00	108,00	4.972.428,00	0,00497243	10,28710	2.068,83	33.372,00
6,00	309,00	153,00	108,00	5.105.916,00	0,00510592	10,59840	2.075,71	33.372,00
promedio	309,00	150,17	108,00	5.011.362,00	0,00501136	10,33542	2.063,51	33.372,00

Tras una estancia de 72 horas en un horno de aire caliente a 70°C, medimos y pesamos la serie completa de 6 bloques. Realizamos un examen visual de las muestras, apreciando que no se perciben fisuraciones o cambios notables en la geometría general del bloque, así como ningún desconchado ni cambio de tonalidad.

Antes de introducir los bloques en el recipiente con agua, la temperatura de las muestras debe estabilizarse con la temperatura ambiente.

Comprobamos que la pérdida de temperatura se produce de una manera muy lenta, por lo que se decide posponer la inmersión en agua de los bloques 24 horas, para asegurarnos que la temperatura del bloque se ha estabilizado con la temperatura ambiental de laboratorio (unos 25°C).

Pasadas 24 horas, se realiza una nueva toma de temperaturas de los bloques, comprobando que la temperatura de sus caras se ha estabilizado con la ambiental del laboratorio, por lo que procedemos a realizar el ensayo.

En este ensayo, dividimos las muestras en dos subseries:

Subserie 1-2-3: El canto que va a ser humedecido es el *más comprimido* por la prensa.

Subserie 4-5-6: El canto que va a ser humedecido es el *menos comprimido* por la prensa.

De este modo, obtendremos dos coeficientes de absorción, que deberán ser declarados por el fabricante en sus fichas técnicas, aclarando a que canto se refieren.

En todas las muestras, una vez sacadas del recipiente y dadas la vuelta, se anotan las Alturas secas: Nos da idea de la facilidad que ha tenido el agua de ascender por capilaridad en la muestra.



nr	n seca	promedio series	peso después ensayo
1,00	9,00		9,876600
2,00	9,50	9,33	10,431600
3,00	9,50		10,458300
4,00	7,50		10,222300
5,00	8,50	8,33	10,396700
6,00	9,00		10,709400
promedio	8,83		10,348817

Una vez sacados los bloques del contenedor, procedemos a su pesado.

Según la norma, una vez realizado este paso, el ensayo habría concluido, comparando esta última pesada con la de los bloques recién sacados del horno.

Pero en el caso de los BTC que estamos ensayando, debemos tener en cuenta un factor fundamental: el bloque, al estar compuesto únicamente de tierra cruda, sin ningún tipo de estabilizante, al entrar en contacto con el agua se disgrega y pierde material, de manera que el peso que obtenemos al pesar el bloque húmedo, no se corresponde con el *peso seco del bloque + agua absorbida*, sino que es el *peso seco del bloque + agua absorbida – tierra del bloque disgregada*.

No debemos olvidar que la normativa de BTC tiene en común casi todos sus apartados con diferentes normas de ladrillo cocido, que es un material “inerte”, al que no le afecta físicamente las inmersiones en agua de la misma manera que a los bloques de tierra.

Por tanto no estamos en condiciones de comparar ambos pesos, por lo que decidimos introducir los bloques de nuevo en el horno durante 72 horas, de manera que una vez vuelvan a ser secados, obtendremos los siguientes resultados:

PESOS COMPARADOS	DATO QUE OBTENEMOS
PESO DESPUÉS DE INTRODUCIR AL HORNO 72 HORAS Y ANTES DE INTRODUCIR AL RECIPIENTE - PESO DESPUÉS DE SACAR DEL RECIPIENTE Y ESTAR 72 HORAS EN EL HORNO SECÁNDOSE	PÉRDIDA DE MASA DEL BLOQUE
PESO DESPUÉS DE SACAR DEL RECIPIENTE - PESO DESPUÉS DE SACAR DEL RECIPIENTE Y ESTAR 72 HORAS EN EL HORNO SECÁNDOSE	GANANCIA DE AGUA POR CAPILARIDAD DEL BLOQUE

	1	2	3	1-3,		2-3,	
nr	MASA KG	MASA KG	MASA KG	MASA KG	PROMEDIO SERIES		PROMEDIO SERIES
1	9,99120	9,87660	9,62600		0,3652		0,2506
2	10,53580	10,43160	10,14690		0,3889	0,3601	0,2847
3	10,53110	10,45830	10,20480		0,3263		0,2535
4	10,08690	10,22230	9,76230		0,3246		0,4600
5	10,28710	10,39470	10,00660		0,2805	0,3186	0,3881
6	10,59840	10,70940	10,24770		0,3507		0,4617
promedio	10,33842	10,34882	9,99905		0,3394		0,3498
	SECO	HUMEDO	SECO		PERDIDA MASA		GANANCIA AGUA
	ANTES	DESP	DESP				

*Nota: En rojo aparecen las muestras que se quedaron sin agua en el recipiente a falta de unos tres minutos de inmersión, de modo que los valores obtenidos no son correctos.

Debido a la gran disgregación de los bloques al introducirlos en el agua, el fondo de los recipientes se llenó rápidamente de tierra disgregada (barro), factor que posiblemente dificultara la absorción de agua en el bloque.

Para que el ensayo tenga más fiabilidad, deberá usarse un recipiente de mayores dimensiones, y el bloque debe asentarse sobre una superficie de más de 20mm, para asegurar que el barro desprendido precipite en el fondo del recipiente y no interceda en la entrada de agua.

Gracias a esta operación de volver a secar los bloques, conocemos el valor exacto de la ganancia de agua por capilaridad, así como el valor de la pérdida de masa al introducir la muestra 10 minutos en 5mm de agua.

El valor de la pérdida de material no se menciona en la normativa de BTC, y consideramos un dato importante a la hora de caracterizar los bloques.

A los resultados globales e independientes de cada una de las probetas, sumamos los resultados de las dos subseries, señalando que la serie 4-5-6 pierde más material y absorbe más agua que la subserie 1-2-3. Esta afirmación solo la podemos realizar después del segundo secado en el horno.

5. Conclusiones del ensayo de absorción

Esta claro que aún cuando la tierra cumplan con las condiciones de la norma punto 5.5.2 en cuanto a materia orgánica, sales solubles, la granulometría, la plasticidad el tipo de arcilla, estas condiciones por si solas no son suficientes.

Nos puede suceder como es nuestro caso, que el ensayo de resistencia a compresión sea el adecuado y este dentro de los tipificados por la norma, pero el ensayo de absorción nos indica que estos bloques sin un aditivo no se pueden utilizar por su alto grado de absorción.

6. Tipos de juntas

La norma Une 41410 hace referencia a las juntas en el apartado 5.3.3 estableciendo:

5.3.3.1 la junta vertical o llaga , donde dice que los bloques a ser colocados con junta de mortero deben permitir la ejecución de una junta de vertical continua de 15 mm, pudiéndose considerar un espesor de 10mm cuando la coordinación modular lo permita.

5.3.3.2 la junta horizontal o tendel, donde se limita a decir que las caras horizontales deben permitir la ejecución de juntas horizontales continuas.

Durante el proceso de fabricación de los muros y viendo los resultados que se obtenían, se utilizaron dos tipos de morteros para las juntas, una lechada fluida y un mortero mas compacto.

Para la fábrica de los muros se utiliza en las juntas de asiento de los bloques la misma tierra que la utilizada para los bloques. Este mortero debe tener una trabajabilidad similar a la de cualquier otro usado en albañilería. Las juntas de mortero deberán tener entre 10 y 15 mm de espesor.

En condiciones normales los bloques se deben humedecer antes de su colocación para evitar la absorción del agua de mortero y mejorar la adherencia. Recomendando que no se deberá levantar muros de más de 1,20 m de altura por día.

1. Lechada fluida

Con la utilización en la junta de la lechada fluida se nos plantearon varias patologías, una de ellas era que como el grado de absorción del BTC era muy alto al verter la lechada esta la absorbía inmediatamente el bloque y fraguaba muy rápido formando irregularidades y falta de cohesión entre los bloques, a su vez no se extendía suficientemente sobre toda la superficie.

Para solucionar este problema optamos por hacer más fluida la lechada y extenderla con llana sobre toda la superficie, solucionando el problema del fraguado y cohesión.

En el transcurso de la obra se produjeron colapsos de parte de los muros que estábamos haciendo, fundamentalmente los de medio pie. Atribuimos estas caídas a la concentración



Figura 5: Junta con lechada fluida.

de agua en las lechadas, que junto con la exagerada absorción del bloque, hacían que los bloques no resistieran su propio peso, antes de llegar a fraguar.

2. Mortero

Al ver los resultados obtenidos con la lechada fluida, se decidió la utilización de un mortero de barro, con menos cantidad de agua, a la vez que nos permitía poder hacer la junta vertical y horizontal, pues con la lechada no se podía realizar la junta vertical.

Se utilizó el mortero en primer lugar sin ningún aditivo, viendo que su comportamiento no era satisfactorio, se decidió añadir una pequeña proporción de cemento, comprobando que funciona mejor.

A pesar del mejor comportamiento que tenía este tipo de junta no fue lo suficientemente

eficaz, pues el grado de absorción era tan alto y el tiempo de fraguado era muy largo por las condiciones climatológicas, que se seguían produciendo altas concentraciones de humedad en las fábricas, comprometiendo su estabilidad.

Otra de las consecuencias que tiene la gran absorción que presentaban los bloques es que la presencia del agua de lluvia le afectaba de una manera muy considerable, aún cuando se tomaban las medidas de protección de los muros.

Para terminar indicaremos que la resistencia a compresión se reduce considerablemente con al humedecer los bloques y que esta pérdida de resistencia nos tiene que poner sobre aviso para realizar un recubrimiento adecuado y lo que es mas importante el tener un mantenimiento continuado del muro y su recubrimiento.



Figura 6: Junta con mortero.

