

ARTICULOS

ACTUALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

John Martin Evans

Centro de Investigación Hábitat y Energía-Secretaría de Investigaciones
Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo-Universidad de Buenos Aires
E-mail: evansimartin@gmail.com

Resumen

Este trabajo analiza una nueva iniciativa de comercialización de 'ladrillos ecológicos' fabricados con tierra cruda, presentados como producto convencional en el mercado de materiales de la construcción. En este marco, varias empresas fabricantes de ladrillos de Inglaterra, Escocia y Alemania comercializan este nuevo producto para muros interiores no portantes en la construcción convencional. Este trabajo estudia las características principales, la forma de presentación al mercado y las recomendaciones planteadas para su incorporación en obra. Se evalúa además la promoción del producto, considerando particularmente las ventajas ecológicas, las características térmicas y otros datos físicos, y se analizan las condiciones interiores con simulaciones térmicas a fin de comparar distintas alternativas de muros interiores. En las conclusiones, se presenta una síntesis de las ventajas y dificultades encontradas en la promoción de nuevas alternativas de construcción con tierra y los conflictos de su integración en la edificación convencional.

Introducción

La larga historia de la construcción con tierra demuestra la resistencia y durabilidad de este material tradicional. En muchas partes del mundo, la construcción con tierra se mantiene vigente como alternativa real para importantes sectores de la población, por su bajo costo, disponibilidad de materia prima y posibilidades de auto-construcción. Sin embargo, muchos consideran que la construcción con tierra presenta ciertas desventajas, las que provocan reacciones contrarias, tanto por parte de las autoridades responsables del desarrollo de códigos de construcción, como de los habitantes, tales como:

- El material, sin refuerzos adecuados, presenta un comportamiento estructural deficiente, frente a movimientos sísmicos, factor muy importante en la zona andina.
- Con una calidad constructiva inadecuada, puede requerir más mantenimiento que algunos materiales 'convencionales'.
- Al igual a cualquier construcción con grietas, pueden ofrecer zonas propicias para el crecimiento de insectos vectores de enfermedades tales como el mal de Chagas.

- El espesor de muros de adobe es mayor que los construidos con materiales convencionales, y las posibilidades de construcción son menos flexibles.
- El material está visto como una alternativa de construcción para sectores de bajos recursos, zonas rurales o simplemente 'antiguo' no apto para edificios modernos.

En general, las principales líneas de las investigaciones de construcción con tierra se han orientado a mejorar su resistencia estructural y su durabilidad, desarrollar terminaciones que ofrezcan protección de los impactos climáticos y lograr mejor calidad general de la construcción. Sin embargo, para muros interiores no portantes, los ladrillos de tierra cruda ofrecen una solución interesante, sin las desventajas normalmente asociadas con la construcción con tierra. En este marco, se analiza en este trabajo la iniciativa de comercializar este producto como material 'convencional', y se estudian sus características y argumentos de venta expuestos en el mercado por los fabricantes.

Ladrillos de tierra cruda en Europa

En 2006, la empresa Ibstock, uno de los fabricantes de ladrillos y materiales de la construcción más importantes de Inglaterra, ha lanzado un 'nuevo' producto bajo el nombre 'Ecoterre' (Ibstock, 2007), mientras la empresa alemana Claytec (2007) fabrica un ladrillo de tierra no cocida y comercializa revoques de arcilla, y Errol-brick en Escocia (Morton, 2005) también fabrica un ladrillo similar denominado Eco-brick.

Ecoterre y Ecobrick son ladrillos de tierra cruda, para muros interiores no portantes, entre cuyas características (Ibstock, 2007) se destacan las siguientes ventajas:

- Muy baja demanda de energía para su fabricación con un ahorro de hasta 86 % comparado con ladrillos cocidos.
- Reducido desperdicio de material en fabricación y obra.
- Material totalmente reciclable.
- Fabricación local, reduciendo el transporte.

Adicionalmente, las características del material incluyen:

- Proporcionan mayor capacidad térmica a la construcción, para lograr temperaturas internas más estables.
- Ofrecen muy buena aislación acústica, debido a su alta densidad, 25 % mayor que ladrillos cocidos.
- Moderan la variación de humedad en interiores y reducen la incidencia de condensación. El material absorbe humedad del aire, cuando es alta, reduciendo el riesgo de condensación. Los revoques y pinturas permeables, necesarios con este producto, son las capas principales que contribuyen a esta característica.

Los ladrillos se fabrican en dos tamaños (Ibstock, 2006b):

- Ladrillo de tamaño normal, semejante a los ladrillos convencionales: 220 x 105 x 67 mm y 3 kg. de peso.
- Ladrillo de tamaño grande con mayor altura: 220 x 105 x 133 mm y 6 kg. de peso.



Figura 1. Ladrillos de tierra cruda, en dos tamaños: normal y grande (Ibstock, 2006).

La densidad de los ladrillos sin mortero es 1940 kg/m³, mayor a la de ladrillos cocidos comunes, entre 1400 y 1500 kg/m³ de densidad, resultado del proceso de fabricación, con material extruído bajo presión a través de moldes que forman ranuras en los costados para lograr mejor adherencia del mortero. Los ladrillos se entregan en obra en pallets para simplificar su descarga y reducir la manipulación. Cada pallet tiene una envoltura de plástico tipo 'Shrink-wrap' para lograr protección de la lluvia, recomendándose evitar apilar los pallets, aunque se pueden colocar en pilas de dos sobre terreno firme y nivelado. Con ladrillos cocidos, la envoltura de plástico es optativa, y las pilas pueden llegar a tres pallets.

Características

La comercialización de ladrillos de tierra cruda por empresas modernas implica el desarrollo de servicios técnicos y de asesoramiento, con las siguientes ventajas para su difusión e introducción en el mercado:

- Todo producto comercializado en la Unión Europea debe contar con una hoja que indique los potenciales peligros y requisitos para lograr salud y seguridad.
- El producto cuenta con asesoramiento técnico y folletos con instrucciones para la manipulación en obra y recomendaciones para la construcción.
- Estas instrucciones incluyen detalles de morteros apropiados, terminaciones, revoques y tipos de fijaciones, especificando mechas de taladros y tipo de tacos.

Salud y seguridad

Dos peligros potenciales para la salud están asociados con el uso de ladrillos de tierra cruda, según la 'hoja de salud y seguridad':

- Accidentes durante el manipuleo de pallets, los que pesan hasta 1,67 Tn, dado que estos ladrillos son 25 % mas densos que los ladrillos comunes.
- El polvo de silicio, producido cuando se utiliza un taladro para fijaciones, representa un peligro potencial para la salud. Se recomienda, por lo tanto, utilizar un barbijo para reducir el ingreso de polvo de silicio en los pulmones (OSHA, 2002), y trabajar con material húmedo para reducir el polvo. Cabe aclarar que los ladrillos cocidos, por su mayor dureza, son aún más peligrosos en este aspecto.

Características térmicas

En la Tabla 1 se presentan datos estimados de las características térmicas, según la densidad de ladrillos de tierra cruda de 1900 kg/m³, con las relaciones establecidas en Evans (2004). Dichas características son similares a las de muros ‘tapial’, con suelo estabilizado con cemento (Patrone y Evans, 2006).

Tabla 1. Características térmicas de ladrillos de tierra cruda extruída

Variable	Valor	Unidades	Fuente
Densidad	1900	Kg/m ³	Fabricante
Conductividad térmica	1,90	Watts/m ² K	Patrone y Evans, 2006
Capacidad térmica	0,84	KJ /kg K	Evans, 1980

La Tabla 2 indica las siguientes características térmicas de muros construidos con tierra cruda extruída de 15 y 30 cm de espesor nominal, incluyendo un revoque permeable a la cal:

- **Transmitancia térmica:** El muro de 30 cm no es apto para exteriores, a menos que se agregue una capa aislante con valores de K superiores a 2 (IRAM, 1996)
- **Admitancia:** El material tiene alta capacidad de absorber, retener y restituir calor al interior cuando la temperatura oscila. Ello permite lograr temperaturas más bajas en verano y acumular calor de la radiación solar con ganancias directas en invierno. La admitancia de 4,5 a 4,7, según espesor, es levemente mayor a la de los ladrillos macizos que alcanzan valores respectivamente 4,3 y 4,5 con 15 y 30 cm de espesor.
- **Atraso térmico:** El atraso de 8 horas es muy bueno para lograr reducción del impacto de las temperaturas picos.

Tabla 2. Características térmicas estimadas: muros de ladrillos de tierra cruda extraída

Variable	Valor	Unidades	Notas
Muro de 15 cm nominal			
Transmitancia térmica	2,89	W/m ² K	No apta para exteriores
Admitancia	4,5	W/m ² K	
Atraso térmico	4,4	Hours	
Muro de 30 cm nominales			
Transmitancia térmica	2,16	W/m ² K	No apta para exteriores
Admitancia	4,7	W/m ² K	
Atraso térmico	8 horas	hours	

La Tabla 3 compara distintas alternativas de muros interiores no portantes, a fin de evaluar las ventajas y desventajas de cada una. Si bien el peso de los ladrillos de tierra cruda representa una doble ventaja, térmica y acústica, requiere mayor resistencia en estructuras de varios niveles. Sin embargo, la alta admitancia y la gran inercia térmica pueden resultar desfavorables en edificios en climas fríos sin ganancias solares, donde el tiempo de respuesta es más largo al iniciar la calefacción.

Tabla 3. Análisis comparativo de las características térmicas de muros interiores

Construcción	Peso Kg/m ²	Espesor mm	Transmitancia W/m ² K	Admitancia W/m ² K	Inercia Horas
Ladrillo de tierra cruda	258	150	2,890	4,5	4,4
Ladrillo común macizo	226	150	2,770	4,3	4,1
Ladrillo de cerámico hueco	113	100	2,356	3,2	2,5
Placa de yeso con bastidor	20	100	2,625	2,7	0,3

A fin de evaluar los beneficios de muros interiores con mayor capacidad térmica, se realizaron simulaciones de las temperaturas interiores de un estar de 3 m de frente por 6 m de profundidad y 2,80 m de altura, con piso de alfombra sobre parquet, techo liviano aislado con 100 mm de aislante liviano, ganancias interiores correspondientes a dos personas durante varias horas con artefactos eléctricos típicos de este espacio, puerta ventana de 4 m² de vidrio simple, muro exterior liviano y aislado, y una tasa de ventilación de 2 cambios de aire por hora en invierno y 4 en verano. En invierno, las diferencias de temperatura son mínimas, obteniéndose menor amplitud en la construcción de ladrillos de tierra, Figura 2. Sin embargo, en verano, la temperatura máxima interior con la construcción en ladrillos de tierra cruda es un grado menor que la construcción liviana con placa de yeso, mostrando un calentamiento más lento, Figura 3.

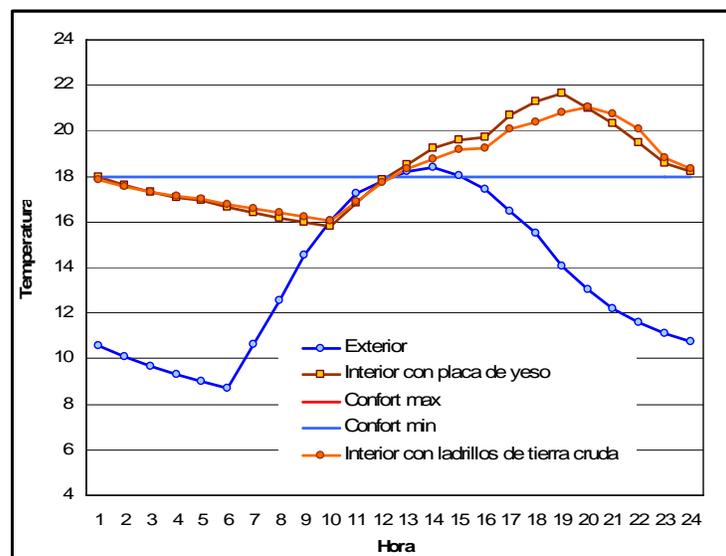


Figura 2. Simulación de la temperatura interior en invierno, con muros interiores de placa de yeso o ladrillo de tierra cruda.

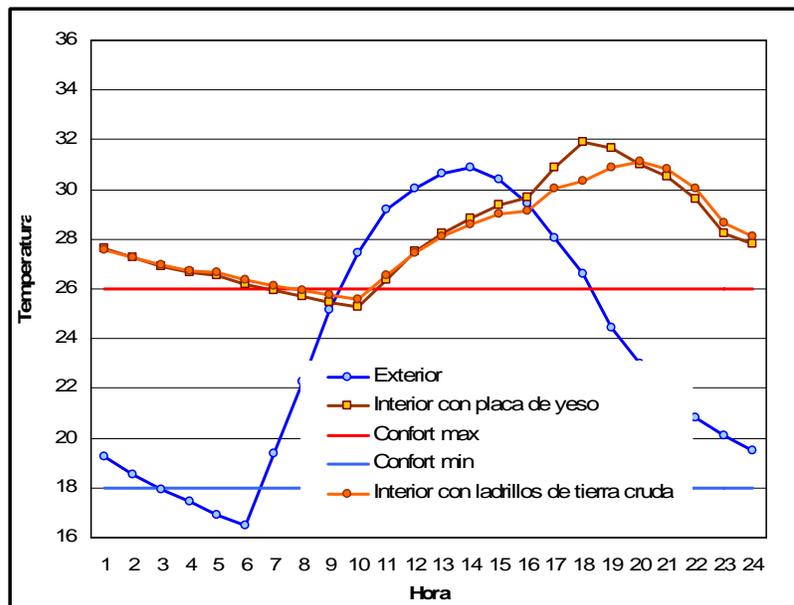


Figura 3. Simulación de la temperatura interior en invierno, con muros interiores de placa de yeso o ladrillo de tierra cruda.

Cabe aclarar que la ventilación nocturna es una estrategia de refrescamiento muy eficaz en este caso, la cual permite enfriar por la noche y mantener la temperatura mínima más baja.

Condiciones de fabricación y control de calidad

La fabricación de ladrillos comunes en Argentina es una actividad realizada en pequeña escala, sin altos niveles de tecnificación. En general, los hornos de ladrillos no tienen alta eficiencia y el combustible, leña o gas-oil, provoca notable polución aérea en las zonas de producción. Además, la materia prima es la capa fértil de limo superficial, provocando degradación de suelos.

Por esta razón, se considera que la gran mayoría de los fabricantes de ladrillos macizos comunes en Argentina no tienen la capacidad de desarrollar y comercializar ladrillos de tierra cruda extruída, con adecuados servicios de asesoramiento y efectivo control de calidad y uso de materia prima de bajo impacto.

La fabricación de bloques cerámicos huecos es una industria con mayor eficiencia energética, empresas de mayor tamaño y equipamiento mas sofisticado, incluyendo maquinas de extrusión. Sin embargo, varias fabricas se encuentran ubicadas mas lejos de las zonas de consumo del producto, una posibilidad económicamente factible debido a la menor densidad del bloque con huecos y el mayor valor agregado.

Los fabricantes de ladrillos cerámicos huecos tienen en general el tamaño y la capacidad técnica para producir este producto, siempre que cuenten con la disponibilidad de la materia prima y que la distancia entre la fábrica y el destino en obra no resulte excesiva.

Cabe agregar que los ladrillos de tierra cruda pueden utilizar materia prima no apta para ladrillos cocidos, reduciendo los desperdicios y logrando así mejor aprovechamiento de la materia prima extraída en la fabricación de ladrillos convencionales, factor importante para su adecuada utilización en el sector de la construcción convencional.

Ventajas y desventajas

Si bien los ladrillos de tierra cruda extruída constituyen una interesante alternativa para muros interiores no portantes, es importante considerar que, para lograr su introducción en el medio y una adecuada integración en la práctica constructiva, se requirieren las siguientes condiciones:

- Empresas con voluntad de innovar en nuevas tecnologías y capacidad de mantener el control de calidad y ofrecer asesoramiento técnico para su exitosa aplicación.
- Fábricas con acceso a la materia prima, ubicadas a distancias reducidas de los centros donde se entrega el producto.

En ese marco, se considera que los ladrillos de tierra cruda presentan gran potencial de desarrollo y aplicación en el sector de la construcción, requiriendo actualización normativa y revalorización en el medio social, reconociendo sus ventajas y desventajas.

Entre las principales ventajas se encuentran:

- Bajo costo de producción.
- Reducido uso de energía, emisiones de gases efecto invernadero y contaminación aérea.
- Muy buena aislación acústica proporcionada por su alta densidad.
- Importante capacidad térmica, que ofrece temperaturas más confortables en verano.
- Material totalmente inerte y degradable.
- Control de variación de humedad relativa por su capacidad de absorción, reduciendo el riesgo de condensación superficial.

Entre las desventajas de estos ladrillos, se incluyen:

- No son aptos para construcción en altura debido a su mayor densidad y peso.
- Requieren manipuleo cuidadoso en obra para evitar roturas o daños producidos por agua. Sin embargo, son más resistentes al agua que las placas de yeso.

- Para uso en muros exteriores, requieren capas adicionales de aislantes térmicos y eficaz protección de la humedad.
- Los revoques permeables requieren más tiempo para el secado, comparado con los revoques convencionales de yeso.

Potencial de inserción en la construcción convencional

Atendiendo las ventajas y desventajas que presenta el material, se considera que hay tres maneras efectivas y eficientes de incorporar ladrillos de tierra cruda en la construcción convencional:

- **Muros interiores no portantes:** esta aplicación no requiere variaciones de diseño, cambios tecnológicos o innovaciones constructivas.
- **Muros interiores y exteriores no portantes,** con una estructura independiente y capas constructivas exteriores de aislantes térmicos y terminación exterior resistente a la intemperie y permeable al vapor de agua. La construcción exterior 'respirable' es importante para evitar condensación intersticial en un material muy vulnerable a la acumulación de agua. La casa presentada por Morton (2005) tiene una estructura de madera, con capa interior de ladrillo de tierra cruda, y revestimiento exterior de madera.
- **Muros interiores y exteriores portantes** para edificios en planta baja. En este caso, aunque no sea necesario incorporar una estructura independiente, se requiere agregar capas exteriores aislantes y resistentes a la intemperie.

La primera alternativa tiene ventajas importantes, ya que no requiere cambios de proyecto o modificaciones constructivas, además de ofrecer una manera inmediata y directa de aprovechar los beneficios de construcción con tierra cruda, sin riesgos para el proyectista, el constructor o el comitente.

Como ejemplo de las posibilidades que ofrece el material, es interesante notar que el logro de un 10 % de nuevas viviendas con muros interiores de ladrillos de tierra cruda extruída tendrá mayor beneficio ecológico que un 2 % de viviendas nuevas totalmente de tierra, con muros interiores portantes o no portantes de tierra cruda o tierra estabilizada, tanto de adobes como tapial.

La última aplicación no está todavía prevista por los fabricantes de ladrillos de tierra cruda en Europa. Sin embargo, la tradición en Buenos Aires de utilizar ladrillos cocidos con mortero de barro, cuyo ejemplo típico es la 'casa chorizo', demuestra el gran potencial y alta resistencia de la tierra incorporada en la construcción portante convencional en zonas urbanas, contándose con gran cantidad de ejemplos de más de cien años de vida útil.

Conclusiones

El aspecto más relevante de esta innovación radica en el desarrollo de una adecuada infraestructura comercial para introducir ladrillos de tierra cruda como material de uso convencional, asegurar la calidad del producto y ofrecer el asesoramiento técnico necesario para superar la posible reacción adversa en el medio social respecto a un material no considerado suficientemente apto en construcciones modernas.

En la búsqueda de aportes a la construcción sustentable, este material plantea una interesante alternativa de muy bajo impacto ambiental al ofrecer características especiales particulares de sustentabilidad económica, social y ambiental.

Reconocimientos

Este trabajo forma parte de las investigaciones desarrolladas en el marco del proyecto de investigación UBACyT A020 'Certificación de edificación sustentable y el Mecanismo de Desarrollo Limpio aplicado al sector edilicio', 2004-2008, financiado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad de Buenos Aires.

Referencias

- Calytec (2007) <http://www.greenspec.co.uk/html/product-pages/clytecbrk.php>
- Evans, J. M. (1980) **Housing, climate and comfort**, Architectural Press, Londres.
- Evans, J. M. (2004) **Construcción en tierra: aporte a la habitabilidad**, pags 12-17, en Cabezón, M., Patrone, J. C., y Rotondaro, R., (2004) Construcción con Tierra, FADU-UBA, Buenos Aires.
- Ibstock (2006) **Ecoterre Earth Bricks, ideas into action**, Ibstock,
- Ibstock (2007) <http://www.ibstock.com/>.
- IRAM, (1996) **Norma IRAM 11.605**, Acondicionamiento térmico de edificios: condiciones de habitabilidad en viviendas, valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos, IRAM Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires.
- Morton, T., (2005) **Unfired earth brick building, Building for the Future**, pp 24-27, Autumn, 2005.
- OSHA (2002) **Crystalline Silica Exposure; Health Hazard Information for Construction Employees**, US Department of Labour Occupational Safety and Health Administration, Washington D. C. Disponible en: <http://www.floorfinishingvacuums.com/articles-info/osha-crystalline%20silica.pdf>
- Patrone, C y Evans, J. M. (2006) **Evaluación térmica de una vivienda de suelo cemento en Florencio Varela**, AVERMA, Avances en Energías Renovables y Ambiente.