

# Bloques de tierra comprimida y tapia: dos técnicas con capacidad portante

Rodolfo Rotondaro (FADU UBA / CONICET)

María Rosa Mandrini (CIECS- CONICET / FAUD-UNC)

## Tecnología de construcción con tierra: diversidad y potencial

En la construcción del hábitat en todas sus escalas, usos y complejidades, la arquitectura de tierra fue y sigue siendo una protagonista importante desde hace miles de años. Desde ciudades enteras hasta edificios, estructuras templarias, escuelas, hospitales, hoteles, cabildos, bodegas, barrios de interés social, viviendas y equipamientos productivos, la construcción con tierra es revalorizada a escala global en las últimas décadas. Se desarrolla en la autoconstrucción popular, la infraestructura estatal, la vivienda individual y

masiva, y también es producida de manera empresarial. Se adapta a lo rural y a lo urbano, existe en todos los climas y regiones en cuatro continentes. Forma parte de las opciones posibles de arquitectura sostenible para cualquier tipo de edificación, y puede obtener costos económicos competitivos. En su materialidad, la arquitectura de tierra presenta una amplia diversidad de diseños espaciales, formas, técnicas y elementos constructivos, siempre a partir del empleo de un material base: los suelos naturales modificados, es decir la “tierra”.

Esta diversidad tecnológica incluye varios grupos de técnicas constructivas: (1) las mamposterías, que incluye el

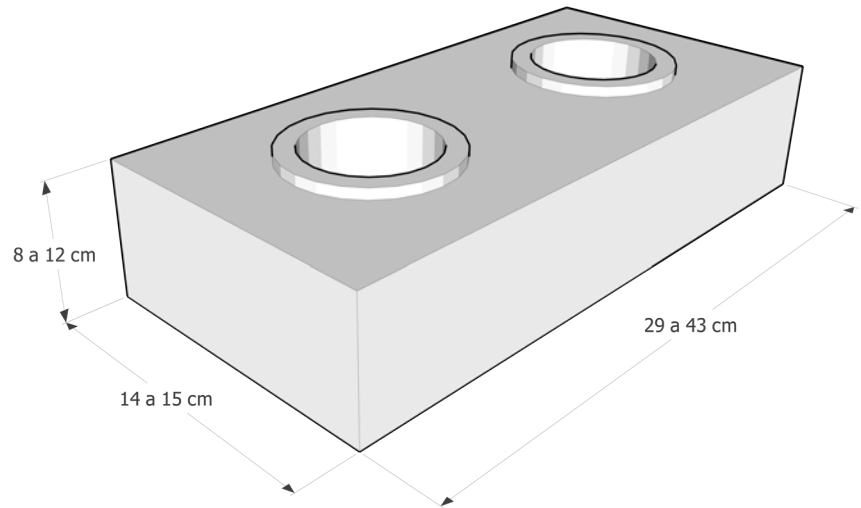
adobe, los bloques de tierra comprimida (BTC), los bloques cortados en el piso o “champas” y los bloques de tierra aligerada; (2) los sistemas considerados monolíticos en su comportamiento estructural, tales como el moldeo directo y la tapia; (3) las técnicas mixtas o de entramado, que comprende a una gran variedad de formas de construir basadas en uno o más esqueletos de madera, cañas o mallas metálicas, con varillajes más cerrados que permiten su relleno con morteros de barro y fibras vegetales y son revocados luego con un material similar. Dentro de estas técnicas también se incluye a la paja embarrada apisonada, el bloque de tierra aligerada (BTA) y la tierra aligerada con gran densidad de fibras.

Hay dos técnicas que en las últimas décadas se han venido modificando, investigando y normalizando, el BTC y la tapia, esta última a partir de los procedimientos originarios. Se están convirtiendo en alternativas para el mercado formal de la construcción y desarrollando diferentes obras públicas y privadas en países como Francia, España, Australia, India, Colombia, Brasil y Argentina.

## Bloques de tierra comprimida (BTC)

El BTC es un bloque de mampostería que se emplea en la construcción de muros, dinteles, arcos, bóvedas de cañón corrido, hiperboloides y cúpulas. Puede ser macizo, semihueco, con agujeros completos y de intertraba (con salientes y huecos para que se traben mecánicamente). Las medidas de los BTC oscilan entre 8 y 12 cm de espesor, por 14 a 15 cm de ancho y 29 a 34 cm de largo, dependiendo del modelo de bloquera utilizado.

El material del BTC es una mezcla de suelo natural areno-arcilloso tamizado en malla de 3 a 4 mm, un aglomerante industrial que puede ser cemento (en dosificaciones que pueden variar entre el 5% y el 12 % en volumen) o cal (porcentaje en volumen un poco mayor, entre 8% y 15%) y un 10% de agua en volumen total. El mortero del BTC se prepara primero secando el suelo, se tamiza, se mezcla con el aglomerante y luego se va humedeciendo de manera paulatina hasta lograr un estado óptimo para compactar. Se vierte en la bloquera, quien compacta de manera mecánica y fabrica el bloque. Luego se desmolda y traslada al área de curado, donde se lo apila generalmente en tarimas o pallets, bajo techo, y durante una se-



BTC, dimensiones

mana se humedece. El tiempo de secado oscila entre los 20 y 30 días posteriores obteniéndose un BTC listo para ser utilizado en obra. Hay una gran cantidad de modelos de bloqueras, desde la CINVA-RAM originaria (de 1956) hasta las de mayor productividad, neumáticas o hidráulicas, más sofisticadas. Con éstas se pueden fabricar entre 1500 a 8000 bloques diarios, dependiendo de su diseño y cantidad de operarios.

Los muros se construyen con las leyes tradicionales del oficio, cuidando la nivelación y el aplomado hilada por hilada, y empleando un mortero de igual composición que la del bloque, en estado plástico. En el caso de los intertrabados no es necesario mortero de juntas, pero se usa la misma mezcla más plástica para pegar entre hiladas. Las resistencias a compresión de los BTC en general son altas, superan las exigencias de la normativa IRAM y pueden llegar a superar los 8 MPa o más. El BTC es un bloque que logra una densidad importante producto de la compactación, y dicha densificación le otorga su ventaja resistente a esfuerzos de compresión. No es totalmente impermeable pero se puede trabajar a la vista en exteriores, con una aplicación impermeable con hidrófugos naturales o industriales en zonas húmedas y lluviosas.

En cuanto a su capacidad resistente, los muros



Prensa manual  
CINVA-RAM



BTC de  
suelo-cemento  
macizo de  
10x14x29 cm

Presna manual  
doble con  
tolva, BTC con  
agujeros



BTC fabricados  
por la empresa  
"Mobak",  
empleados en  
la construcción  
de la vivienda  
de Arroyo Leyes,  
Sta. Fe.  
colaboración del  
Ing. Santiago  
Cabrerá, UTN,  
Sta. Fe



de BTC, con espesores entre 30 cm y 45 cm, soportan, en la generalidad de los casos, techos livianos de madera con terminaciones de tejas o de cubierta vegetal requiriendo la realización de una viga superior para evitar concentraciones locales de cargas. Cuando las luces y las sobrecargas no son muy grandes, pueden soportar incluso hasta losas de hormigón con viguetas pretensadas.

También con BTC se pueden construir cúpulas con hiladas por avance o inclinadas, cuidando que los empujes estén controlados por muros con contrafuertes o bien combinados con tensores metálicos y bóvedas de cañón corrido, empleando encofrados curvos.

Las posibilidades potenciales para el desarrollo de construcciones con BTC en nuestro país son relevantes, existen diversos barrios de vivienda social construidos con esta tecnología (en Jujuy, Salta, Tucumán, Buenos Aires), obras particulares de vivienda, microemprendimientos de BTC y fabricantes de prensas (en Córdoba y Tucumán).

En cuanto a su utilización en zonas sísmicas en el reglamento INPRES-CIRSOC 103 parte III, si bien especifica en su capítulo 2.1 como mampuestos permitidos a los ladrillos cerámicos macizos (LCM), los bloques huecos portantes cerámicos (BHPC) y los bloques huecos portantes de hormigón, admite *la utilización de mampuestos elaborados con materiales distintos de los especificados, siempre que satisfagan los requisitos que en este reglamento se establecen para los mampuestos cerámicos y de hormigón, lo que deberá comprobarse mediante ensayos...y especialmente la adherencia entre morteros y mampuestos*. Por lo tanto, de cumplir con las certificaciones técnicas y garantizar



su aptitud ante las acciones sísmicas, se deberían tener las mismas consideraciones estructurales que para un muro de mampostería.

En dicho reglamento el dimensionado de los encadenados verticales y horizontales depende de las características del proyecto y de la zona sísmica en la que se encuentre la obra y el material especificado para su materialidad es el hormigón armado.

En el caso de los muros de BTC, siguiendo las lógicas de la mampostería encadenada, se colocan arriostramientos y refuerzos a modo de encadenados horizontales y verticales distribuidos según el criterio del proyectista. En zonas de elevada peligrosidad sísmica se suele aumentar la cantidad de estos refuerzos. Para la realización de los mismos se utilizan materiales compatibles con la tierra utilizando secciones que verifiquen a tracción y corte según se requiera.

Existen normas técnicas no oficiales que fijan protocolos normalizados para la fabricación del BTC con suelos estabilizados con cemento tipo Portland, su mortero y los ensayos mecánicos, en especial para compresión simple, en Brasil, Colombia, México y para BTC de suelo-cal, en España, Francia, USA y Nueva Zelanda. En Argentina se consultan dichas normas y también algunos documentos referentes al tema fruto de investigaciones que establecen recomendaciones para construir con adobe, BTC y tapia como por ejemplo de la red de integración y cooperación técnica y científica iberoamericana de arquitectura y construcción con tierra (PROTERRA, <http://www.redproterra.org/>).

## Tierra comprimida en encofrado o tapia

La tapia es un tipo de muro de comportamiento monolítico que se construye in situ, sobre cimientos o sobrecimientos definitivos, con empleo de una moldería específica (moldes tapialeros) y un pisón. Dentro de este molde se colocan sucesivas capas de mortero preparado, que se van apisonando hasta que comienza a rebotar el pisón (rechazo), hasta completar el molde. Los muros se pueden construir de manera horizontal o vertical, y no es necesario ningún mortero de unión entre tapia y tapia, es decir, no tiene juntas. Si el procedimiento es horizontal se realiza por hiladas sucesivas, una tapia a continuación de la otra, tratando de dejar secar de un día para el otro entre hiladas. Se construye cuidando que la línea de unión entre dos bloques de tapia se ubique al medio de la unión de bloques de la tapia inferior (traba),

evitando que las uniones verticales coincidan, asegurando un comportamiento estructural eficiente y seguro. El molde es colocado y ajustado mediante sujetadores verticales y horizontales que permiten su armado y desarmado continuo para fabricar cada tapia y es nivelado y aplomado antes de comenzar a apisonar.

Si el procedimiento es vertical, se construyen sucesivas tapias desde el cimiento hacia el dintel, ajustando dos tableros laterales sobre guías verticales (de madera o metálicas), hasta completar el sector de muro.

Los pisones pueden ser manuales o neumáticos, dependiendo de las posibilidades económicas de cada obra y del entrenamiento de los constructores.

Es habitual, aunque no está comprobada su efectividad, que en las zonas de alta peligrosidad sísmica se utilicen molderías que permiten fabricar tapias con machihembrados verticales, y también que se incluyan refuerzos verticales (que atraviesan las tapias) y horizontales (en la unión de tapia con tapia), de madera o acero. El objetivo es doble: lograr trabas mecánicas que mejoren el comportamiento estructural del sistema absorbiendo adecuadamente los esfuerzos de corte y confinar el muro mediante refuerzos que resistan a tracción.

Las dimensiones de cada tapia se pueden ajustar o modular según el proyecto, dependiendo de si se quiere lograr un muro resistente y de las características de producción de la obra. Se pueden construir muros resistentes para alturas promedio a los 2.50 metros a partir de los 25 cm de espesor, siendo entre 40 cm y 60 cm los espesores más utilizados.

El material de la tapia es idéntico al de los BTC, donde la preparación del mortero y la cantidad de humedad agregada debe permitir de manera óptima apisonar por capas sucesivas.



Molde simple de tapia horizontal  
(30 cm x 70 cm x 120 cm)





Muro de tapia. Amayuela de Abajo, España.  
Colaboración del Ing. Santiago Cabrera, UTN, Sta. Fe

También se realiza un curado de una semana, permitiendo que cada tapia vaya secando lentamente para evitar fisuras por secado. La resistencia a compresión de la tapia, determinada mediante ensayos (no normalizados), es en general alta al igual que la del BTC, y de acuerdo a la exigencia estructural del proyecto se pueden superar los 5 MPa para compresión simple.

Tanto con pisones manuales como neumáticos se logran densidades altas del material, pudiendo alcanzar 2000 kg/m<sup>3</sup> o más. Al igual que los muros con BTC, los de tapia no son totalmente impermeables, y es necesaria una aplicación con productos que agreguen la impermeabilización adecuada sobre todo cuando los muros son exteriores.

En cuanto a su capacidad resistente, los muros de ta-

pia con espesores de 40 cm, soportan, en la generalidad de los casos, techos livianos de madera con terminaciones de tejas o de cubierta vegetal requiriendo la realización de una viga superior para la distribución uniforme de las cargas. Cuando las luces y las sobrecarga no son muy grandes, pueden soportar incluso losas de hormigón con viguetas pre-tensadas.

La tapia es una técnica popular con importantes antecedentes en nuestro país y ofrece posibilidades potenciales excelentes para la construcción civil en todo el territorio. Hay viviendas, capillas, iglesias y otros edificios construidos con tapia de suelo-cemento, revocadas y a la vista, principalmente en el Noroeste y Cuyo.

Para tapia y construcciones con adobe se consultan



Tapia de 30 cm. de espesor

las mismas normas técnicas y documentos elaborados por redes internacionales que para las construcciones con BTC donde se fijan protocolos normalizados para su fabricación y ensayos.

Como se mencionó anteriormente y teniendo en cuenta los resultados de ensayos realizados, es importante destacar que la técnica de tapia y la de BTC son factibles de ser utilizadas aún en lugares donde se producen eventos sísmicos

requiriendo, al igual que para el resto de los materiales, los cálculos y diseños estructurales adecuados.