

## PROYECTO TERRA URUGUAY. MONTAJE DE PROTOTIPOS DE VIVIENDA A TRAVÉS DE LA UTILIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS EN TIERRA: ADOBE, FAJINA Y BTC.

Rosario Etchebarne\*, Gabriela Piñeiro y Juan Carlos Silva

### Resumen

En este trabajo se presenta una síntesis de los trabajos realizados en el Uruguay en el campo de la vivienda construida con técnicas de fajina y bloques de tierra comprimida, BTC. Se describen la experiencia con los BTC en la Facultad de Arquitectura Regional Norte, Salto, y el prototipo con fajina realizado con la Cooperativa de viviendas Vaimaca. Se detallan los procesos de selección de tierras, los ensayos físico-mecánicos, y se mencionan las ventajas de los sistemas aplicados. Se describen además las características de la técnica tradicional de la fajina en Uruguay, así como también generalidades del bloque de tierra comprimida, BTC.

Palabras clave: prototipos de vivienda, fajina, bloque de tierra comprimida

---

### FAJINA

#### Introducción

La fajina se ubica en el sinóptico de la geo-construcción dentro del grupo de las técnicas mixtas de construcción con tierra procesada, con estructuras portantes diversas y con osamentas que sostienen un relleno a base de tierra. Este grupo comprende varias técnicas constructivas muy difundidas en América Latina. La técnica de fajina se ha constituido en la actualidad en una importante y viable alternativa constructiva. Dentro de los objetivos del PDT se encuentra la capacitación y transferencia del conocimiento y experiencia adquiridos en esta técnica, respondiendo a los recursos y potencialidades técnicas y económicas de la comunidad desarrollando las capacidades de sus integrantes. El proyecto PDT 16/15, construye un prototipo de 50 m<sup>2</sup> en Villa Teresa, CCZ 14 en la ciudad de Montevideo, en acuerdo de trabajo con la Intendencia Municipal de ese departamento.



Montevideo – Construcción Prototipo en Fajina – año 2005

\* Arquitecta, Unidad del Hábitat, Programa de Desarrollo Tecnológico, Proyecto 16/15, Universidad de la República, Facultad de Arquitectura – Regional Norte. E-mail: [ruetche@adinet.com.uy](mailto:ruetche@adinet.com.uy)

La **Fajina** es una técnica constructiva artesanal basada en la utilización de materiales naturales, conocida con nombres varios: encañizado, quincha o bahareque. El término bahareque es una voz que proviene de Guatemala y Honduras, el sinónimo más antiguo es quincha que proviene de la voz quichua “quinzha” que significa seto de varas de madera, barrera o cerca. En Latinoamérica se ha utilizado desde tiempos precolombinos (600 D.C.), en construcciones rurales y urbanas incorporando luego algunas técnicas traídas por los conquistadores; y se sigue empleando hoy día como un sistema constructivo que resuelve técnicamente la necesidad de vivienda tanto de sectores de bajos ingresos económicos que autoconstruyen sus viviendas, como sectores de clase media y alta, asistidos técnicamente por profesionales especializados en el tema.

En nuestro país la fajina fue utilizada de manera generalizada en construcciones rurales aunque también en áreas urbanas en asociación a otras técnicas, siendo las paredes externas construidas en adobe y las internas en esta técnica. Aún se mantienen viviendas rurales construidas con fajina en algunas zonas del país.



Tacuarembó



Rivera

### Paneles de Fajina

Este sistema consiste en prefabricar juegos de paneles modulares generalmente autoportantes y que, uniéndose entre sí, permiten armar muros con los vanos deseados. Esto posibilita preparar paneles para muchas casas a la vez.

Se puede diseñar para los muros exteriores y divisiones internas diversos tipos de paneles como por ejemplo :

- paneles ciegos (de cerramiento)
- paneles de ventanas
- paneles de puertas
- paneles específicos, etc.

Los paneles están generalmente previstos para ser fabricados, manipulados y montados por dos hombres (o a veces por uno solo) sin la necesidad de grúas y maquinaria pesada. El prefabricado de paneles modulares da la posibilidad de producir paneles con diversos grados de mecanización, desde la producción artesanal en pequeños talleres (con mucho trabajo manual, pocas herramientas y poca capacidad de almacenamiento), talleres semi-industriales con un nivel relativo de mecanización, racionalización, capacidad de almacenamiento y transporte adecuado, hasta industrias con infraestructura, personal y maquinaria sofisticada para una alta producción. El **Panel de fajina** consiste en una estructura de madera que recibe una trama de cañas o listones, a la cual se aplica un relleno de barro estabilizado en estado plástico.

### La Estructura

Conformada por una estructura principal independiente cuyos componentes son piezas de madera natural (rolos o varejones) o aserradas (escuadrías), verticales y horizontales. Se habla de estructura independiente porque se construyen paneles individuales que unidos a otros iguales conforman una habitación.

### La Trama

Enrejado o trama de cañas, listones o ramas, atadas o clavadas, dispuestas generalmente en dos sentidos: "horizontal y vertical" o "diagonal y diagonal". Esta trama también puede estar constituida por mallas metálicas del tipo usado para gallinero o de descarte de tapas de botellas.

### El Relleno

Los espacios de la trama se rellenan con una mezcla de tierra trabajada en estado plástico, con adición de estabilizantes, recubriendo la trama en sucesivas capas por una o ambas caras.



Estructura del panel

Trama

Relleno

Lo ideal es poder utilizar la tierra del lugar, pero para ello es imprescindible conocer las características de la tierra disponible para determinar si es necesario estabilizarla y definir las dosificaciones más adecuadas a utilizar.

### Ventajas de la Fajina

1. La idea de diseñar un sistema constructivo a partir de paneles de fajina, se basa en una experiencia de investigación y experimentación tecnológica desarrollada con la finalidad de obtener procedimientos en base a tierra – madera, que permitan ofrecer alternativas constructivas eficientes.
2. Es una alternativa de racionalización, donde se simplifica el trabajo artesanal en obra a partir de la prefabricación de paneles. Esto permite configurar una estructura articulada e independiente, priorizando el uso de materiales locales de bajo costo y mano de obra no especializada. Se requiere un proceso de capacitación en la técnica.
3. Economía, durabilidad y eficiencia (control higrotérmico y acústico).
  - Economía: es un sistema apto para sustituir la escasez de recursos económicos por recursos humanos. Con el dimensionado adecuado y estrictamente necesario de los componentes, el sistema propuesto utiliza secciones mínimas de material, de fácil obtención y traslado, de fácil fabricación dentro de la comunidad.

- Estabilidad: se obtiene a través de una estructura articulada de paneles y diseño de sus puntos críticos:
    - unión a la cimentación
    - impermeabilización (capilaridad – condensación - pluviales)
    - interfases barro – madera
    - unión cerramiento superior, aberturas
    - acondicionamientos (sanitario y eléctrico)
  - Eficiencia: Utiliza, aprovecha, potencia los recursos materiales de la zona, minimizando gastos de traslado.  
Revaloriza el uso de maderas y cañas en la trama.  
Por sus cualidades termofísicas, el barro facilita la amortización térmica entre interior y exterior.
4. Intervención del propio usuario en el proceso de diseño y construcción. Las técnicas empleadas son de fácil apropiación por las personas de una comunidad a partir de una mínima capacitación.  
Por su simplicidad permite la participación de hombres, mujeres y niños.  
El sistema propuesto puede ser desarrollado en procesos de autoconstrucción o en programas de construcción de conjuntos de viviendas, porque se puede prescindir de mano de obra especializada así como de maquinaria pesada, herramientas y equipos sofisticados.  
Utiliza técnicas apropiadas y eficientes que permiten sistematizar los procesos constructivos, posibilitando la flexibilidad y el crecimiento.  
Permite la prefabricación de componentes, ya sea in situ o en talleres, reduciendo así el trabajo artesanal de obra.  
Por sus características modulares, permite la sustitución de componentes, o de su totalidad con un mínimo desperdicio de material en el caso de no ser estructura portante.

### **La experiencia de la Facultad de Arquitectura Regional Norte - Salto**

#### VAIMACA – MODELO DE GESTION Y MODELO DE TRANSFERENCIA

Este prototipo se monta enmarcado en las actividades del PDT: PROGRAMA DE DESARROLLO TECNOLÓGICO N° S/C/OP/16/15, en el predio municipal en custodia de la Cooperativa de viviendas Vaimaca, en el CCZ 14 – Villa Teresa, Montevideo.

Técnica: Fajina

Institución Ejecutora: Facultad de Arquitectura Regional Norte

Responsable Científico: Arq. Rosario Etchebarne

Investigadora: Arq. Gabriela Piñeiro

Director de Obra: Arq. Héctor Dupuy

Duración prevista de la Obra: 3 meses

Duración real de la obra: 3 meses ( existieron interrupciones)

Fecha de inicio: mayo de 2005 Fecha de finalización: abril de 2006

Objetivo general del PDT s/c/op/16/15: mejorar los actuales procesos de gestión, diseño y construcción con tierra en el Uruguay.

Objetivos que se han logrado con la construcción del prototipo:

1. Se diseña (anteproyecto, proyecto y proyecto ejecutivo) y construye el prototipo Vaimaca utilizando tecnología de fajina, con un modelo de gestión y transferencia tecnológica tendientes a mejorar los existentes en nuestro país actualmente. La idea de diseñar un sistema constructivo a partir de paneles de fajina, se basa en la

experiencia de investigación y experimentación tecnológica desarrollada con la finalidad de obtener alternativas constructivas eficientes. Es uno de los objetivos del PDT la capacitación y transferencia del conocimiento y experiencia adquiridos en esta técnica, respondiendo a los recursos y potencialidades técnicas y económicas de la comunidad, desarrollando las capacidades de sus integrantes.

*Este objetivo se cumple con el montaje de este prototipo ya que se realiza con mano de obra de los cooperativistas, posibilitando la intervención de los mismos en el proceso de diseño y construcción, prescindiendo de mano de obra especializada así como de maquinaria pesada, herramientas y equipos sofisticados. Esta técnica es de fácil apropiación por las personas de la comunidad a partir de **instancias de capacitación programadas** donde se transfiere la tecnología a hombres, mujeres y niños, constituyéndose en una importante y viable alternativa constructiva, que promueve el desarrollo de aptitudes y posibilidades laborales.*

Incentiva el compromiso de los participantes en la construcción de su propio hábitat, y se logra capacitar a un grupo para repetir esta experiencia. Por encima de la expresión material del proyecto queda la satisfacción de un grupo de personas que con sus propias manos levantaron el prototipo, fruto de su organización lo que posibilitó un trabajo compartido y de ayuda mutua. La capacitación recibida los habilita para construir y afrontar nuevos emprendimientos donde encaren tareas de construcción.

2. Se da confiabilidad al sistema constructivo en Tierra, respetando las condicionantes de diseño, a través del dimensionado adecuado de los componentes y cuidando el diseño de puntos críticos: unión a la cimentación, impermeabilización (capilaridad – condensación - pluviales), interfases barro – madera, unión cerramiento superior, aberturas, acondicionamientos (sanitario y eléctrico), garantizando las condiciones de habitabilidad de los locales. Este prototipo salva exitosamente el tornado ocurrido en el mes de agosto de 2005 en Montevideo.

3. Los costos de construcción que se obtienen son de U\$S 4.000 = UR 330 correspondientes a materiales para 55m<sup>2</sup>., adquiriendo los materiales en “ la barraca del barrio” y para una sola casa. Si se construyen 20 casas y se utilizan materiales del lugar, en el caso de la vivienda rural el monto de materiales es de 250UR. La mano de obra es aportada por los cooperativistas.

La Dirección de obra, la capacitación y la transferencia tecnológica está a cargo de arquitectos integrantes del equipo de investigadores del PDT. Es un sistema apto para sustituir la escasez de recursos económicos por recursos humanos, utilizar y potenciar recursos materiales naturales renovables de la zona minimizando gastos de traslado y revalorizar el uso de la madera y la caña. Este modelo de gestión conduce a una solución concreta, viable, con bajos niveles de financiamiento, contribuye a crear fuentes de trabajo y revertir el proceso de marginación.

4. Se sistematizan procesos de montaje con la prefabricación de componentes en taller, reduciendo el trabajo artesanal de obra. Permite flexibilidad por la sustitución de componentes con un mínimo desperdicio de material. Para el caso de la vivienda rural, un grupo se capacita en confeccionar los paneles y otro en realizar el montaje, luego de colocado el techo. Se presenta este prototipo ante el PIAI, MEVIR, Intendencias, MIDES. Como resultado concreto se construirá un prototipo Vaimaca +2 (de 110 m<sup>2</sup>.) en la ciudad de Rivera, Asentamiento La Arenera, en acuerdo de trabajo con el PIAI y la Intendencia Municipal de Rivera y un prototipo en BTC y fajina en la ciudad de Artigas en acuerdo de trabajo con la IMA.

Galería de fotos

<p>Planificación del Cronograma de obra con los cooperativistas – abril 2005</p>	<p>Replanteo de obra – mayo 2005</p>	<p>Excavaciones</p>
<p>Encofrado viga cimentación</p>	<p>Posicionado de pilares</p>	<p>Cimiento, sobrecimiento y pilares</p>
<p>Llenado de sobrecimiento</p>	<p>Ganchos para recibir paneles de fajina</p>	<p>Contrapiso</p>
<p>Confección de paneles de fajina por grupo de mujeres en un Taller de Carpintería</p>	<p>Posicionado de paneles</p>	<p>Losetas aislación térmica techo</p>
<p>Posicionado vigas horizontales</p>	<p>Estructura del techo y paneles – junio 2005</p>	<p>Techo de chapas galvanizadas</p>

Paneles interiores – instalación eléctrica por cielorraso	Preparación y pisado del barro	Primer embarado exterior – 25 de agosto 2005
		
Embarado exterior – octubre 2005	Paneles interiores e instalación eléctrica por paneles.	Primer embarado interior. Segundo embarado exterior
		
Preparación de superficie para revocar – y revoque interior	Barro y paja para sellado de fisuras	Sellado de fisuras e imperfecciones

## BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDA

### Introducción

La tecnología del bloque comprimido de tierra estabilizada se ha constituido en la actualidad en una importante y viable alternativa constructiva. El rigor científico y técnico aplicado en las investigaciones realizadas a nivel internacional, permiten hoy garantizar la calidad de esta técnica constructiva. Dentro de los objetivos del PDT se encuentra la capacitación y transferencia del conocimiento y experiencia adquiridos en esta técnica, respondiendo a los recursos y potencialidades técnicas y económicas de la comunidad desarrollando las capacidades de sus integrantes.

El proyecto PDT 16/15, prevé la construcción de un prototipo de dos dormitorios (50 m<sup>2</sup>) en la localidad de Cerro del Ejido, al sur de la ciudad de Artigas, teniendo como Institución asociada a la Intersectorial de Artigas.



Australia – Construcción en BTC

### Bloques de Tierra Comprimida

Es el producto resultante de la mezcla de tierra, agua y eventualmente cemento en proporciones adecuadas, que se somete a compresión en una máquina con el fin de obtener altas densidades, y que luego es sometido a un proceso de curado para que

se produzca su endurecimiento efectivo. La prensa puede ser accionada de forma manual o mecánica.

Tierra + Cemento + Agua + Compresión = BLOQUE

La compresión se realiza con una máquina llamada prensa o bloquera. Una de las prensas que ha sido más utilizada es la Prensa CINVA – RAM. Las dimensiones y forma del bloque dependerán de las medidas de la caja de la máquina y de las placas que permitirán formar bloques huecos. La prensa construida para la Facultad en Salto permite confeccionar bloques de 10 x 14 x 29 cm. Los bloques huecos permiten aliviar el bloque y alojar armaduras de hierro o caña.



Prensa nueva



Prensa vieja



Prensa en España

Los bloques de tierra comprimida permiten construir edificaciones de dos pisos y podrían alcanzar inclusive un tercer nivel. Lo ideal es poder utilizar la tierra del lugar, dado que de ese modo se abaratan los costos, pero para ello es imprescindible conocer las características de la tierra disponible para determinar si es necesario estabilizarla y definir las dosificaciones más adecuadas a utilizar.

### Tierra

Es el material básico que interviene en mayor proporción en la conformación del bloque. ¿Qué tierra utilizamos entonces? El suelo debería tener una constitución tal que requiera el menor contenido de cemento. Debemos desechar la capa superficial que posee restos orgánicos. Es preferible la capa que está por debajo de 30 a 60 cm según el terreno.

Los componentes de la tierra son: arena (grano grueso sin cohesión), limo (grano fino sin cohesión) y arcilla (grano fino con gran cohesión). Las arcillas son el aglutinante natural de las partículas más grandes, y los limos y las arenas conforman el esqueleto resistente que soportan las cargas y evitan la fisuración. Si tenemos exceso de arena el bloque puede deshacerse al desmoldarlo. Si el porcentaje de arcilla es excesivo el bloque se pega al molde y al tratar de desmoldarlo se desprenden pedazos de las caras del bloque o incluso puede llegar a romperse. Esto mismo sucede cuando hay un exceso de humedad en la mezcla. La proporción óptima de cada uno de ellos podríamos establecerla en:

Arcilla	5 a 35 %
Limo	0 a 20 %
Arena	40 a 80 %



Tierra utilizada en Artigas

La granulometría debería ser:

Tamiz	Porcentaje que pasa
Nº 4 (4,8 mm)	100
Nº 40 (0,42 mm)	70-15
Nº 200 (0,075 mm)	50-10

Límite líquido < 45 %

Índice de plasticidad < 18 %

IP < 15 – 20 %

PH del suelo < 5,4

Porcentaje de materia orgánica < 2 %

Luego de realizados los ensayos para conocer qué tipo de suelo tenemos, procedemos a determinar el porcentaje de cemento.

Ver Anexo: Ensayos de Suelos.

### Cemento

Los efectos del cemento en el suelo son:

- disminuye el peso específico seco
- aumenta la resistencia a la compresión
- disminuye la sensibilidad a la acción del agua
- disminuye la retracción por secado
- aumenta la resistencia a la erosión

La cantidad de cemento a agregar dependerá del tipo de suelo disponible. En general se trabaja con un porcentaje del 8 al 12 % en peso. Cuando trabajamos en volúmenes se utilizan de 8 a 12 volúmenes de tierra por cada uno de cemento. Las dosificaciones recomendadas son las de 1 a 8 y 1 a 9. No se emplearán contenidos de cemento inferiores a 5 % en peso (puede llegar a ser incluso contraproducente) y no se recomienda superar el 12 % (por una razón económica). Para determinar la cantidad de cemento es aconsejable preparar tres mezclas de prueba con los siguientes contenidos de cemento en peso: 5, 8 y 12 %. Con cada una de estas mezclas se fabricarán 15 bloques, los que se someterán a ensayos de compresión y absorción.

El cemento actuará principalmente sobre las arenas y las gravillas, como en el hormigón, y los mejores resultados se obtendrán con las tierras arenosas. De hecho es inútil, casi nefasto, utilizarlo en tierras muy arcillosas (>20%). Por eso el índice de plasticidad debe ser bajo: de 15 a 20%.

Para tierras arcillosas (20 a 40% y hasta 70% con IP de 18 a 30%) el estabilizante adecuado es la cal aérea. A modo de referencia diremos que:

- dosificaciones de 20:1 (arena / cemento) en volumen corresponden a un 4,5 % de cemento en peso
- dosificaciones de 14:1 (arena / cemento) en volumen corresponden a un 8% de cemento en peso
- dosificaciones de 8:1 corresponden a un 11,1 % de cemento en peso

### Agua

La cantidad de agua a agregar a la mezcla dependerá del contenido natural de humedad que posea la tierra utilizada. Lo correcto es guiarnos por el Contenido de Agua Óptimo (CAO), que es determinado por la prueba de Proctor, que nos indica la humedad óptima de compactación de un suelo, aquella que nos permite alcanzar la densidad más elevada, es decir, los bloques más pesados. De una manera práctica podemos determinar la humedad óptima mediante la Prueba de la Bola. Se toma una porción de tierra mezclada con agua y se amasa una pelota de 5 cm de diámetro, se la deja caer de una altura de 1,2 m. Si se disgrega completamente significa que necesita más agua. Si se aplasta sin desarmarse, la mezcla tiene más agua de la necesaria. Si se desarma en pocas partes (3 o 4) la mezcla tendrá la humedad óptima. La mezcla deberá ser siempre húmeda, no pastosa ni diluida; en general la humedad óptima anda en el entorno del 12 %. Una forma práctica de ir ajustando la humedad de la mezcla es, nuevamente, por ensayos sucesivos, pesando los bloques a medida que se van confeccionando. Por ejemplo, se confeccionan 10 bloques con una cierta dosificación de agua y se obtiene su peso medio. Posteriormente se fabrica una segunda partida con un contenido de agua mayor pesándose nuevamente.

Si el peso medio de esta partida es superior al de la anterior se procede a una nueva mezcla agregando más agua, y así sucesivamente hasta que el peso disminuya. Si el peso medio de la segunda partida fuera menor, se procede a disminuir el contenido de agua, probando hasta que el peso comience a disminuir. En resumen, la humedad óptima de la mezcla será aquella que nos permita obtener los bloques más pesados, es decir, los más densos.

### Fabricación

Extraída la tierra (estando seca o con muy poca humedad) se procede al zarandeo para romper los terrones que puedan haber. Se recomienda que la tierra se encuentre lo más seca posible ya que ello permite el correcto mezclado de la tierra con el cemento. De lo contrario el cemento formará grumos y perjudicará la homogeneidad de la mezcla. La zaranda que se usa es de abertura de malla de 4 a 5 mm. Se agrega el cemento al suelo de acuerdo a las proporciones establecidas. Se mezcla a pala tantas veces como sea necesario hasta lograr un color uniforme de la mezcla.



Tamizado



Adición de cemento



Adición del agua

Se abre el montón al centro y con una regadera se vierte el agua en forma uniforme y de a pequeñas cantidades, tratando de esparcirla. Se mezcla hasta formar una pasta homogénea, desarmando los grumos que se pudieran formar. Se efectúa la prueba de la bola. Una vez que determinemos que la humedad es la correcta estamos prontos para pasar a la etapa del prensado.

### Prensado

Hoy en día existen numerosos tipos de prensas pero una de las más conocidas es la denominada CINVA – RAM, diseñada en 1956 por el Ing. chileno Raúl Ramírez, del Centro Interamericano de Vivienda (CINVA), Bogotá, Colombia.



Australia - Prensa mecánica

Esta máquina consiste en una caja metálica de acero, con un pistón operado manualmente por medio de un brazo de compresión que al hacer palanca eleva la plataforma inferior comprimiendo el bloque contra la tapa. Produce un bloque por vez y alcanza una productividad de unos 40 a 60 bloques por hora. Al fondo del molde se le pueden atornillar matrices de madera con lo cual se conforman distintos tipos de bloques huecos. Como la compactación, en este caso, se hace sobre una sola cara la altura máxima del bloque compactado será de 100 mm (10 cm).

El prensado implica varias tareas:

- Aceitar la caja, colocar la tierra y correr la tapa. No se debe presionar la tierra con las manos antes de prensar. Solo se presiona ligeramente las esquinas del molde.
- Mover la palanca de modo de sacar la traba
- Mover la palanca para proceder al prensado
- Regresar la palanca a la posición inicial
- Correr la tapa y mover la palanca
- Retirar el bloque y acopiar



El bloque acopiado se cubre con plástico o paja para mantener la humedad. Hay que mantenerlos protegidos del sol y del viento. Después de 4 a 6 horas de fabricados se inicia el proceso de curado. Para ello se riega de 2 a 3 veces por día durante una semana como mínimo. La edad mínima recomendada para el empleo de los bloques en la construcción es de 21 días, luego que ha ocurrido la mayor parte de la retracción del material. Una vez utilizada, la máquina puede limpiarse con kerosen o aceite usado de motor, que ayuda a evitar la oxidación.



### Características de los Bloques

Los bloques deberán presentar caras lo más planas posibles, sin oquedades y con una distribución pareja de los granos; si las superficies recibirán revoques podrán presentar cierta rugosidad, pero si no se revocarán deberán ser lisas y la tolerancia será de 1 mm. Los bloques deberán cumplir, a los 7 días, con las siguientes especificaciones mínimas:

Característica	Promedio	Valores individuales
Resistencia a compresión	> 2 MPa (20 kg/cm <sup>2</sup> )	> 1,7 MPa (17 kg/cm <sup>2</sup> )
Absorción	< 20 %	< 22 %

Se deberán controlar las dimensiones resultantes de los bloques. Las tolerancias son de +1, -3 mm en el ancho, +1, -2 mm en el largo, y +2, -1 mm en el alto. El peso mínimo seco del bloque debe ser 6,32 kg, lo que supone una densidad de 1700 kg/m<sup>3</sup>. El peso seco aconsejado sería de 7,43 kg por bloque que se corresponde a una densidad de 2000 kg/m<sup>3</sup>. Al momento de desmoldar los bloques el peso mínimo será de 6,95 kg (1870 kg/m<sup>3</sup>) siendo lo aconsejado un peso de 8,18 kg (2200 kg/m<sup>3</sup>).

En lo que hace a sus aspectos térmicos los bloques presentan una transmitancia térmica que oscila entre 1,7 y 2,2 W/m<sup>2</sup>°C. En este sentido lo que interesa destacar es su capacidad térmica que les otorga una buena inercia térmica.

Para el levantamiento de los muros se utiliza en las juntas de asiento de los bloques la misma tierra con un porcentaje de cemento a determinar. Este mortero debe tener una trabajabilidad similar a la de cualquier otro usado en albañilería. Como regla general su contenido de cemento debe ser un 4 % mayor al usado para fabricar los bloques, con un contenido mínimo que deberá ser del 10 %. Las juntas de mortero deberán tener entre 10 y 15 mm de espesor. Los bloques se deben humedecer antes de su colocación para evitar la absorción del agua de mortero y mejorar la adherencia. No se deberá levantar muros de más de 1,20 m de altura por día.

## Rendimiento

Los datos que se ofrecen a continuación son a modo de orientación y responden a determinados parámetros, por lo que en función de las condicionantes de cada situación los mismos pueden variar sensiblemente.

### Materiales

Para un bloque macizo de 10 x 14 x 29 cm y con una proporción de 1:10 (cemento – tierra)

Tierra	1 m <sup>3</sup> = 160 bloques
Cemento	1 bolsa de 50 Kg = 100 bloques
Mampostería	1 m <sup>2</sup> = 30 bloques

### Producción

Se considera una jornada de 8 hs por día de 2 personas sin experiencia previa

Bloques por día	250 unidades
Mampostería por día	16 m <sup>2</sup>

## Ventajas del Bloque de Tierra Comprimida

Los bloques de tierra comprimida presentan las siguientes ventajas:

Los bloques presentan una forma regular y aristas vivas. La elevación de densidad por compactación mejora la resistencia a la compresión, a la erosión y a la acción nefasta del agua.

El costo del material tierra es nulo y no requiere gastos de flete o energía para su fabricación.

La fabricación de los bloques se puede realizar en el mismo lugar en donde se construirá la vivienda, sea en el medio rural o urbano, no requiere mano de obra especializada por lo que pueden ser realizados por los propios interesados, generando como consecuencia mayor economía. La posibilidad de escalonar la producción en un largo período de tiempo.

Disminución de fisuras en el muro ya que la contracción se efectúa durante el secado en cada bloque.

Mayor flexibilidad en el diseño arquitectónico y en la construcción.

La terminación superficial lisa de los bloques y de la mampostería resultante no hacen necesario la ejecución de revocos lo que implica menores costos.

Pueden aplicarse pinturas directamente sobre la superficie no revocada.

El costo de la mampostería de tierra cemento es un 50 % menos que la de ladrillo cerámico o bloques de hormigón, sin considerar los gastos de fletes.

La resistencia o aislamiento térmico de un muro de tierra cemento comprimido es mayor que la del ladrillo cerámico y más aún que la del bloque de hormigón.

Respecto a los adobes los bloques tienen las siguientes ventajas:

- Mayor posibilidad de inmediato almacenamiento
- Area de fabricación y de secado más pequeña y con cubierta
- Piezas más regulares
- Posibilidad de fabricar bloques de formas especiales (con huecos, etc)
- Limitar la estabilización a la superficie del bloque
- Mayor resistencia a la compresión
- Mejor acabado

## La experiencia de la Facultad de Arquitectura en Salto

El Proyecto 16/15 del PDT comprende diversos objetivos, entre ellos la construcción de un prototipo en BTC. Con ese fin se realizaron distintas actividades de capacitación y experimentación, tanto para los integrantes del equipo como para diversos sectores de público interesado. En la Facultad de Arquitectura en Salto, se desarrollaron jornadas de fabricación de bloques con los estudiantes como manera de permitir un acercamiento a esta técnica de construcción.

La experiencia fue demostrando que a lo largo de las prácticas los estudiantes fueron mejorando sensiblemente su desempeño, logrando bloques sin roturas en las esquinas, ni aristas deterioradas. El manejo de la prensa CINVA-RAM mostró que no requiere personal calificado para su manejo y con la práctica se mejora notablemente la eficiencia en la producción de BTC logrando en menos tiempo mayor cantidad de unidades. Las mismas conclusiones surgen de las jornadas realizadas con estudiantes de UTU, integrantes de comisiones vecinales y público en general.



Estudiantes de Facultad

Vecinos de diferentes barrios

Estudiantes de UTU

Del mismo modo también resultó fácil la operación de las máquinas rompebloques que permitió un mayor acercamiento (aunque no sea de gran precisión) al conocimiento de las características de los mismos. Los bloques fabricados, a través de los ensayos, mostraron buenos valores de resistencia a la compresión y de absorción de agua, según las recomendaciones internacionales (CYTED).

En Artigas se realizaron varias jornadas de producción de BTC con estudiantes de UTU, ladrilleros y público en general. Allí también se pudo comprobar que se trata de una técnica fácilmente aprensible por los usuarios. Los ladrilleros apreciaron las ventajas del BTC en cuanto a su fabricación, ya que insume menos tiempo, menos mano de obra, menos insumos y requiere menos cuidado que el ladrillo. Se pudo verificar también la importancia de que la tierra esté seca porque se hicieron experiencias con tierras húmedas con malos resultados.



Máquina rompebloques de madera



Jornada en Artigas

Los bloques fabricados han resultado piezas con superficies homogéneas, sin oquedades, lisas, con aristas vivas, bien definidas. Los valores de resistencia a la compresión rondan los 40 kg/cm<sup>2</sup>, lo que es considerado aceptable ya que son muy superiores a los mampuestos tradicionales.

### Galería de fotos



## Bibliografía

- Pfenniger, F. y Sologuren, M.: *“Autoconstrucción con madera y barro.”*, Ed. CETAL; Chile; 1993.
- Viñuales, G. y Neves, C.: *“Arquitecturas de Tierra en Iberoamérica.”*, Ed. Sudamérica; Argentina; 1994.
- Andrade Delgado, R.: *“Bahareque.”*, Ed. Litotac; Venezuela; 1996.
- Doat, Hays, Houben, Matuk y Vitoux: *“Construir con Tierra.”*, Ed. CRAterre; Grenoble, Francia; 1990.
- Stulz, R.: *“Construyendo con materiales de bajo costo.”*, Ed. CETAL; Chile.
- Ing. Hernández Ruiz, L. E. y Arq. Márquez Luna, J. A.: *“Cartilla de pruebas de campo para selección de tierras en la fabricación de adobes.”*, Ed. CONESCAL; México; 1983.
- ITDG: *“Construyamos con quincha mejorada.”*, Ed. ITDG; Perú; 1993.
- Salas, J.: *“La Tierra, material de construcción.”*, Ed. ; España; 1987.
- Basauri, V.: *“Tabiquería con tierra.”*, Ed. ; Chile; .
- Proterra – Proyecto XIV.6: *“Técnicas mixtas de construcción con tierra.”*, Ed.; Brasil; 2003.
- Houben,H. Y Dota,P.: *“Construir en Tierra.”*, Ed. CRAterre; Francia; 1982.
- Blocs de Terre Comprimée. Volume I. Manuel de Production. Vincent Rigassi. CRAterre – EAG. Escuela de Arquitectura de Grenoble. Francia. 1995.
- Fabricación de Bloques de Tierra – Cemento. Cartilla Técnica. Taller de Capacitación. Arq. Mirta Sosa, Ing. Carlos Alderete. Grupo Tierra Tucumán; Facultad de Arquitectura y Urbanismo; Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
- Máquina Bloquera para fabricar bloques de suelo – cemento. Serie Documentos Técnicos Nº 2. Organización de Estados Americanos. Centro de Tecnología Apropiada; Facultad de Ciencias y Tecnología; Universidad Católica de Asunción; Paraguay. 1999.
- Construir con Tierra. Doat, Hays, Houben, Matuk y Vitoux. CRAterre, Grenoble, Francia. 1996.
- Mejoras de bajo costo para muros de tierra cruda. Etapas I y II. Rotondaro, Mellace, Latina, Arias, Alderete y Sosa. Grupo Tierra Tucumán; Facultad de Arquitectura y Urbanismo; Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. 2003.
- Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificaciones de adobe, tapial, ladrillos y bloques de suelo cemento. Red HABITERRA, CYTED. Bolivia. 1995.
- Seminario Materiales de Construcción Alternativos y Hábitat Rural. OEA. Centro de Tecnología Apropiada – Facultad de Ciencias y Tecnología de la UC de Asunción. Mayo de 1994.
- Cartilla de pruebas de campo para selección de tierras en la fabricación de adobes. Mexico – 1983. Ing. Luis Enrique Hernández Ruiz – Arq. José Antonio Márquez Luna.

Esta bibliografía se encuentra disponible en la Biblioteca de la Unidad Regional de Estudios y Gestión del Hábitat – Facultad de Arquitectura – Regional Norte - Salto.