

Bloque de tierra comprimida como material constructivo

Compressed earth blocks, as construction material

Fecha de recepción: 23 de agosto de 2011
 Fecha de aprobación: 6 de noviembre de 2011

Karen Tatiana Arteaga Medina*, Óscar Humberto
 Medina**, Óscar Javier Gutiérrez junco***

Resumen

La construcción con tierra es poco usada en la actualidad debido a la falta de difusión e investigación, y a que es relacionada con la pobreza; por ende, se desaprovechan muchas de sus ventajas, como la abundancia de materia prima, la localización, la disponibilidad, el reciclaje, la producción sin consumo de energía (calorífica), el bajo costo y la resistencia –con un adecuado estudio del material tierra, de la estructuración y del suelo de fundación–; otras de sus ventajas son el aislamiento térmico y acústico. Con el paso del tiempo se han mejorado las técnicas constructivas con tierra, realizando estabilizaciones e implementando el uso de maquinaria y herramienta mecánica para elaborar

Abstract

Construction work with earth is hardly used nowadays due to the lack of diffusion and research done on the material. Earth is therefore at a low value and related to poverty. Since it is a non popular material, most of its benefits are unknown such as the abundance as a raw material, its location, the availability, the reusable quality, the energy productivity (heat energy), the low cost, and its high resistance after running studies on earth, its structure, and soil foundation. Other benefits are the thermal and acoustic isolation.

With passing times, building techniques for working with land have been improved. Carrying out soil stabilization, using machinery and implementing

* Ingeniera Civil, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación en Construcción Antisísmica GICA. ktam_88@hotmail.com

** Ingeniero Civil, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación en Construcción Antisísmica GICA. Coordinador Empresa Tierra Cruda, tecnologías con tierra para el desarrollo. Ingeniero asesor estructural, Corporación Santa Clara La Real. Vegachi250@gmail.com

*** Ingeniero Civil. Especialista en Estructuras, Magíster en Ingeniería Civil, Estructuras y Sísmica. Docente Investigador Grupo de Investigación en Construcción Antisísmica GICA. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Javier.gutierrez@uptc.edu.co

bloques de tierra comprimida, y así facilitar el trabajo y obtener mayor rendimiento. Este artículo presenta la tierra como material constructivo, las técnicas o sistemas constructivos, los bloques de tierra comprimida (BTC) y algunos ensayos realizados a estos bloques.

Palabras clave: Bloque de tierra comprimida, Construcción en tierra, Muretes, Ensayos de materiales de construcción.

different sorts of mechanic tools to make compressed earth blocks, which facilitates work and increases its performance. Here earth is presented as a building material, its techniques and constructive systems, the earth compressed blocks (CBE), and some tests run on these blocks.

Key words: Compressed Earth Block, Construction on the Ground, Walls and Trials on Building Materials.

I. INTRODUCCIÓN

La tierra es el material de construcción utilizado con mayor antigüedad por la humanidad, y es la base de una de las tecnologías que mejor se adaptan al medioambiente y a formas contemporáneas de concebir la construcción sostenible.

El impacto que genera la construcción en el medioambiente hace que la humanidad busque alternativas para aprovechar de forma adecuada los recursos que ofrece la naturaleza, aún más si se consideran las actuales proporciones de contaminación. A través de la construcción con tierra se disminuye este impacto, dado que se evita la alteración de los ecosistemas.

Algunos de los materiales utilizados desde el inicio de la construcción eran el lodo, grumos de barro, piedras, madera y fibras naturales, que corresponden con sistemas constructivos tradicionales y dignos. La implementación de los materiales dependía del lugar en el cual se realizaba la construcción, pero siempre se utilizaba la tierra o el barro [1], cuya granulometría y estado de humedad determina el sistema constructivo.

El bloque de tierra comprimida (BTC) es de fácil producción, y su utilización es una técnica de mayor eficiencia y rapidez; para que su desempeño estructural tenga mayor estabilidad se mezcla con una parte de cemento y arena, y se realizan ensayos para determinar los límites de consistencia y granulometría. Los bloques se pueden fabricar con diversas geometrías, desde bloques macizos hasta mejorando la unión estructural.

La construcción con tierra se aplica en diversos lugares, pero es poca la investigación que se genera sobre ella, razón por la cual el Grupo de Investigación en Construcción Antisísmica –GICA–, de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, busca promover e incrementar la investigación en este tipo de construcción y en la utilización de materiales naturales en general, realizando un estudio a los bloques de tierra comprimida usados en el Claustro Santa Clara la Real, cuya importancia

patrimonial radica en distintos elementos arquitectónicos en conjunto con la capilla adyacente.

El objetivo de este artículo es dar a conocer algunos de los materiales de construcción fabricados con tierra y usados en construcciones ancestrales, como el bloque de tierra comprimido; al igual que algunos de los ensayos realizados para obtener un producto de mayor rango de uso, coherente con los materiales constructivos originales de edificios patrimoniales y para vivienda nueva.

II. GENERALIDADES DEL MATERIAL

La tierra es un material que predomina en cualquier lugar; en la actualidad, su utilización se ha incrementado, debido a la conciencia ecológica, bajo costo y por ser un material reciclable y adaptable a las condiciones climáticas en donde se encuentre. Al adicionarle algún agregado, el material es moldeado para que tenga las características que se desean. La tecnificación de esta modalidad da a conocer el resurgimiento de la ingeniería y arquitectura con tierra.

El suelo ideal para la construcción es aquel que tenga bajo contenido de material orgánico y de arcilla expansiva, ya que con la absorción y secado del agua la arcilla expansiva altera su volumen y no lo recupera.

En cuanto a la composición granulométrica, se dice que la tierra tiene arena, limo y arcilla, y su composición general incluye agua y aire; por esta composición es posible su uso, ya que puede ser estabilizada adecuadamente, de acuerdo con el rango de cohesión, para ser mejorado. Dependiendo del sistema constructivo que se emplee, se tiene en cuenta qué tipo de arcilla se puede usar, según la humedad óptima de compactación [2].

Para mejorar el material tierra se realizan estabilizaciones con algunos agregados, clasificados en procesos homogéneos y heterogéneos. Los procesos homogéneos consisten en agregar el material faltante: si la tierra es poco cohesiva, arcilla, y si es muy cohesiva, arena; los materiales se

incorporan en seco y deben ser semejantes al material por estabilizar. En los procesos heterogéneos ocurre incorporación de otro tipo de materiales que cumplen con la función de brindar estabilidad al material natural; este proceso se divide en estabilizantes por consolidación, fricción e impermeabilizantes.

A. Procesos heterogéneos

1) Consolidantes: Los estabilizantes por consolidación se enlazan con los limos y las arenas para mantenerlos unidos. La cal es uno de los mejores estabilizantes por consolidación, debido a que liga las partículas del suelo, aumentando su resistencia a los esfuerzos compresión y cortante; también disminuye la absorción del agua. La cal no modifica la porosidad, y la tierra no pierde su adherencia. En cuanto a sustancias orgánicas, algunas cumplen la función de aglutinantes, presentes en vegetales como las cactáceas y las suculentas, en coloides orgánicos, en la leche y huevos.

2) Fibras: Con los estabilizantes por fibras se controla el comportamiento de dilatación y retracción o contracción durante el fraguado; este consiste en la adherencia de material fibroso a la tierra, formando redes al unirse. Estas fibras pueden ser de origen vegetal, como paja, diferentes gramíneas, virutas de madera, acículas de pináceas, cáscaras de coco, tallos del maíz y fibras de pita o fique, o de origen animal, como lana, crines de caballo, pelo de llama. El material agregado debe estar seco, para evitar que se descomponga.

Las fibras como estabilizantes impiden la aparición de fisuras y siguen actuando con el tiempo; también cumplen la función de articular la estructura y volverla flexible ante movimientos sísmicos.

3) Impermeabilizantes: Su función es aislar el exceso de agua por capilaridad y por lluvia. Los impermeabilizantes actúan como una capa sobre las arcillas, regulando el paso del agua y evitando así que las arcillas expansivas actúen. Las grasas, de tipo vegetal, animal o fósil, son parte de los materiales usados como impermeabilizantes. La cantidad debe ser la apropiada para que no interfieran con el comportamiento de las arcillas.

En la producción de los materiales con tierra para el Claustro Santa Clara la Real, se realizaron bloques de tierra comprimida con el material reciclado para su restauración. Una parte de este material se obtuvo de la cubierta, y otro, de los adobes que se retiraron de la construcción. En el lugar se encontró un material limo-arenoso de plasticidad baja y color café, cuya caracterización es:

Los límites de consistencia
Límite líquido, LL (%): 19,20
Límite plástico, LP (%): 0
Índice de plasticidad, IP (%): NP
Clasificación: ML

La gravedad específica del material es de 2,67, valor característico de arenas y limos arcillosos.

B. Tecnología de construcción con tierra

Las técnicas de construcción con tierra, consideradas ahora sistemas constructivos, son: adobe (sin estabilizar, estabilizado), bahareque y tierra pisada (muros, bloque). Algunos de estos sistemas constructivos han sido objeto de mejoras, y otros se han dejado de utilizar, debido a la vulnerabilidad que tiene el material tierra con respecto a esfuerzo a tracción. Se debe tener en cuenta que las cargas que afectan la estructura afectan los materiales que la componen, por lo cual es importante tener conocimiento del trabajo en conjunto que realiza la tierra con algún agregado.

1) Adobe: El adobe se elabora con barro, mide 35x25x10 cm y pesa, en promedio, 14 kg. El material debe tener mayor porcentaje de arena que de arcilla. Estos ladrillos, en su comienzo, eran confeccionados a mano, y luego se utilizaban moldes, con las dimensiones mencionadas, para lograr una mayor producción. La tierra debe permanecer húmeda durante dos días, para fermentar la tierra y lograr que los aglomerantes actúen. Para elaborar el ladrillo, el barro se arroja dentro del molde humedecido, para luego comprimirlo con la mano o los pies, repartiendo uniformemente el material; posteriormente se enrasa la superficie, y se desmolda cuidadosamente para que las aristas permanezcan en buen estado. Estos

ladrillos son secados durante dos a cuatro días, con protección especial para que el secado sea uniforme. Para que el secado no sea aparente y el adobe se

conserva, el producto es almacenado. Algunos investigadores estiman que la producción de adobes se debe realizar en una época adecuada del año [3].



Foto 1. Adobe del Claustro Santa Clara la Real

Si el adobe se raja al secarse es porque presenta mucha arcilla. La estabilización del adobe, en el caso de fibras naturales, se debe hacer antes de humedecer la tierra; para la aplicación de grasas o emulsión asfáltica, la tierra debe tener la humedad requerida, para luego realizar la estabilización.

2) Bahareque: Este sistema constructivo es también conocido en el medio con los nombres de bajareque, enjarre o embarrado. El bahareque se compone de un esqueleto en material vegetal relleno con tierra. Los esfuerzos constructivos aplicados en estado plástico sobre la tierra son absorbidos por el esqueleto o estructura.

Se puede decir que el bahareque consiste en una estructura de pies derechos de madera que se

empotran a la cimentación o al suelo natural, a la cual se le fijan travesaños de caña, pero de menor sección, con separaciones de entre cañas de 80 y 120 mm. Posteriormente se incorpora el tejido de varas, cañas, carrizos u otro tipo de bambúseas que, según su diámetro, se pueden entramar enteras o seccionadas en toda su longitud. Esta estructura es revestida por ambas caras con barro adicionado con fibras vegetales en dos o tres capas sucesivas de espesor decreciente [4].

En el proceso de construcción con bahareque se observa que para los entramados deben tomarse materiales que no presenten mal estado o se estén deteriorando. Por lo general como forma de sellado se utiliza cal.

3) Tapia pisada: También conocida como tapial o tierra apisona; es un método que utiliza una formaleta de madera, llamado tapial. La tierra usada para la tapia debe mantener la humedad óptima de compactación; cuando no es así se humedece uniformemente, evitando excesos. Sin que se trate de una regla estricta, normalmente los rangos de humedad que se requieren para elaborar tapias giran en torno a un valor de 10% [4]. La tierra debe ser cernida para quitar rocas de gran tamaño, y posible material orgánico, como raíces, ya que puede descomponerse y alterar las características de los muros o los bloques construidos.

Para observar el grado de humedad que tiene el material, basta con tomar un puñado de tierra y oprimirlo; si la tierra no se compacta, formando una bola firme, es porque le hace falta humedad; si la tierra es pegajosa, el contenido de humedad es alto, y el suelo no servirá para compactar. “La tierra compactada a mano se puede dejar caer sobre una superficie firme desde una distancia de aproximadamente un metro. Si la bola se rompe, el contenido de humedad es adecuado, si no, hay demasiada humedad presente” [5].

Los muros pueden ser construidos de diversas formas; la diferencia radica en el soporte y movimiento del tapial [6]. En el primero, se fijan mediante una serie de estacas clavadas en el suelo, que son reforzadas por puntales y horcones atados en la parte superior para evitar su separación, y con barros transversales en el interior, con el objeto de mantener un grosor uniforme del muro. En el segundo procedimiento, el cajón queda libre para ser desplazado, y se soporta por su propio peso mediante travesaños a los cimientos o a la hilada de tapias ya terminada [4]. Esta técnica requiere que el material

sea extendido y pisado, para compactarlo formando capas de 15 a 25 cm de espesor.

4) Bloques de tierra comprimida (BTC): Se obtienen a partir de la mezcla de tierra (82,75%), arena (6,20%) y cemento (11,03%), para luego ser compactada. El material debe ser cernido previamente al mezclado y estabilizado. La máquina utilizada para la compactación es conocida como prensa o bloquera; la más conocida es la CINVA-RAM (foto 2), que tiene una caja metálica de 16 cm de alto, 29 cm de largo y 14 cm de ancho. Se compone también de una barra metálica o palanca, la cual es accionada por un operador humano. Para realizar un bloque se debe preparar el material, abrir la caja e introducir la tierra estabilizada. La caja es cerrada para poner la barra metálica, se aplica la presión necesaria hasta que la barra baja. Posteriormente el bloque es sacado del molde y trasladado para el curado o secado, en el que puede durar de dos días a una semana, dependiendo del contenido de humedad que presente el bloque luego de la compactación. Las dimensiones de los bloques son 9.5 x 14 x 29 cm (foto 3).

Los bloques presentan diversas características según su elaboración, ya que la máquina facilita el empleo de moldes; pueden ser perforados, lo cual los hace más ligeros, teniendo la posibilidad de reforzarlos; también pueden presentar curvaturas, para ser utilizados estructural y arquitectónicamente.

Además se puede realizar tableta de tierra comprimida estabilizada, con dimensiones 5.5 x 14 x 29 cm (foto 4). Otros materiales constructivos de tierra son los pañetes estabilizados con fibra natural, que le dan a las estructuras acabados estéticos y duraderos (foto 5).

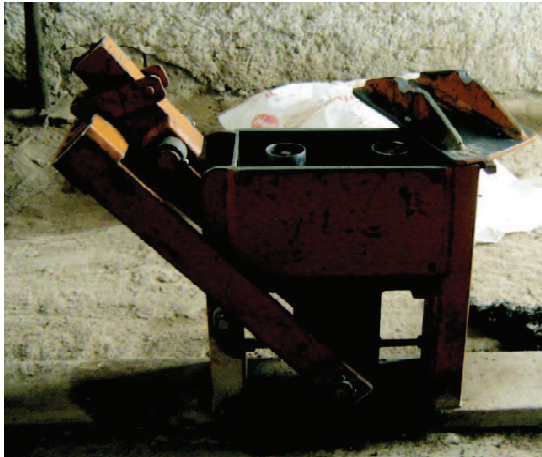


Foto 2. Máquina CINVA- RAM



Foto 3. Bloques de tierra perforados



Foto 4. Tableta de tierra comprimida

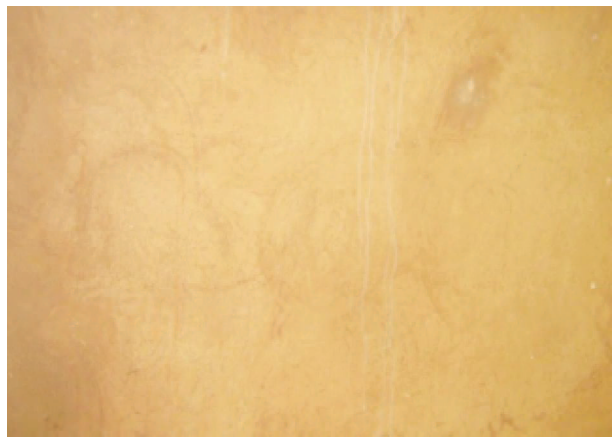


Foto 5. Pañetes naturales

III. ENSAYOS

Para obtener un bloque de tierra comprimida resistente y de calidad es necesario seguir la norma establecida para bloque suelo cemento NTC 5324, y realizarle a dicho bloque algunos ensayos de desempeño. En cuanto a normativa, las dimensiones más conocidas son 14 cm x 9.5 cm x 29,5 cm (E x h x L) o 22 cm x 9.5 cm x 22 cm (E x h x L) [5]. Se especifica que luego de realizada una producción y posterior curado, se deben observar las características físicas de los bloques, como el aspecto, la textura y sus dimensiones, ya que los bloques aceptados no deben presentar rotura, fisuras, desportillos en las

puntas o en las aristas y deformaciones. Algunos de los ensayos que se deben realizar a los BTC son capilaridad, resistencia a la compresión, variaciones de dimensiones entre estados convencionales extremos, resistencia a la compresión húmeda y resistencia a la abrasión de acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC 5324.

A. Ensayo Compresión seca, NTC 5324, para bloques suelo cemento [7]

Su finalidad es medir la resistencia de los bloques a la compresión; en la probeta se les aplica tensión longitudinal. Los bloques deben estar secos hasta que

su masa sea constante, se dejan estabilizar durante dos horas, se pesa cada bloque, luego se cortan transversalmente con un cuchillo de acero sobre una de las caras y se da un golpe de masetta, obteniendo dos medios bloques. Se sobreponen las dos mitades en el mismo plano de corte, la cara destinada a pega debe estar humedecida. Entre las caras se coloca mortero de 10 mm de espesor. Se realiza limpieza de las caras de apoyo y de pega. Después del endurecimiento del mortero, por lo menos 48 horas antes de realizar el ensayo, medir las dimensiones de la superficie alta y baja de las probetas y calcular para cada una de las probetas el promedio entre estas dos superficies. Impregnar cada una de las caras con un pañete, ubicar el centro verificando cada una de las distancias entre los bordes de las probetas y los extremos de la bandeja. Para finalizar se aplica la carga de manera continua y sin movimientos bruscos a una velocidad constante de 0.02 mm/s o la correspondiente de un aumento de presión de 0.15 Mpa/s y 0.25 Mpa/s hasta la rotura completa de la probeta. En la norma se especifica la fórmula para hallar esfuerzos de rotura R en Mpa:

$$R = \frac{C}{Sb \times 10} \quad (1)$$

En donde c es la carga de rotura del bloque, y Sb es la sección mínima del bloque.

B. Ensayos realizados a las muestras

La empresa TIERRA CRUDA, Tecnologías para el Desarrollo y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia fueron de gran apoyo para la realización de estos ensayos de investigación, pues nos facilitaron el material, las instalaciones y la maquinaria, junto con el personal capacitado para guiar el buen desarrollo de tales ensayos

Debido a la poca experimentación con los materiales para la construcción con tierra, la falta de implementación de la NTC 5324 para bloques suelo cemento y la poca normativa para dichos materiales, se realizaron ensayos de compresión simple, tomando como referencia uno de los ensayos usados para determinar la resistencia de ladrillos y otros materiales.

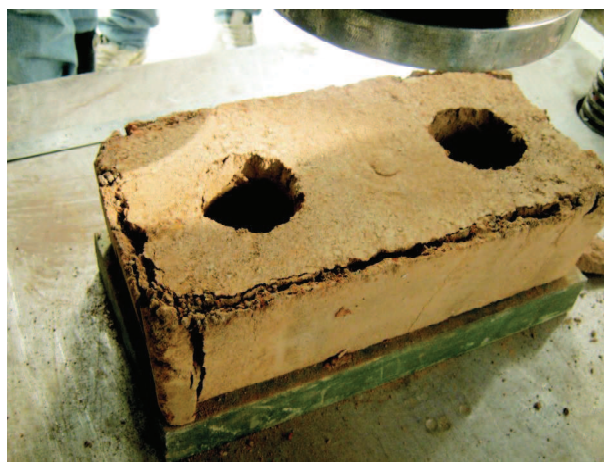


Foto 6. Ensayo de compresión

Este ensayo tiene como procedimiento lo siguiente:

- Se selecciona el material, ya sea por edades o por las características que presente.
- Se numera el material, se toman las dimensiones largo, ancho, alto y diámetro, si este es perforado o curvo.
- Luego se emplean placas para poner los bloques en la maquina universal. Las placas deben estar debidamente centradas con el bloque en medio.
- Se ingresan las dimensiones del bloque en el programa trapezium y la velocidad de 1.3 mm/min, se da inicio al ensayo y se comprime hasta

que ocurre la falla.

- Los datos que muestra la máquina son alargamiento, tiempo, carga; con estos datos se calculan los esfuerzos y deformación unitaria.

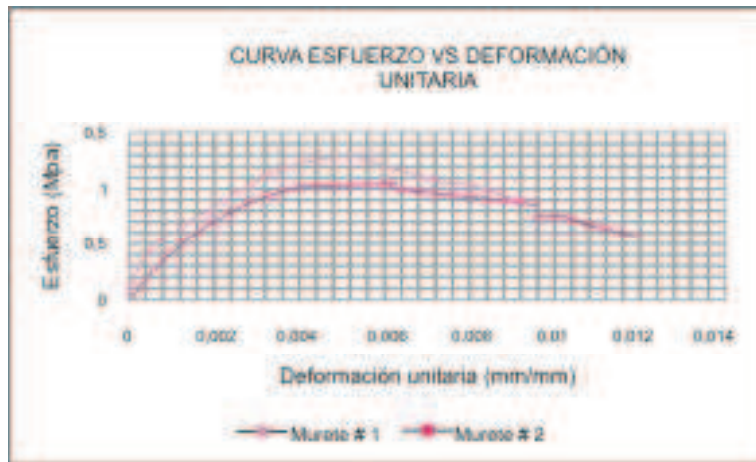
La resistencia varía de 2 a 4 Mpa, según la norma; existe una clasificación por resistencia: si la resistencia mínima es de 2 Mpa es BSC (bloque suelo cemento) 20, si es de 4 Mpa es BSC 40, si es de 6 Mpa es BSC 60.

En el ensayo, el bloque siempre pierde sus caras, pero conserva la forma inicial con el material central.

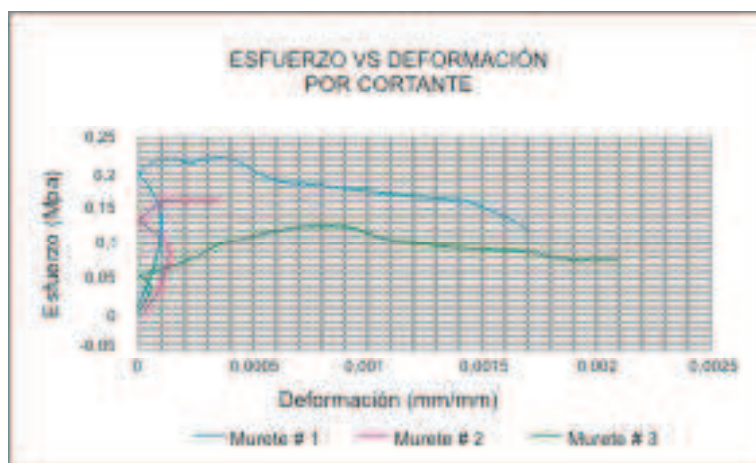
Se observa que los bloques más densos son aquellos que tienen mayor resistencia mecánica y mayor

compactación. Si la tierra presenta una buena compactación en la realización del bloque, la resistencia y la densidad tienen una relación proporcional. Se concluye que a mayor densidad de compactación, mayor resistencia.

Se elaboraron dos muretes de bloque de tierra comprimida, cuyas dimensiones fueron 30 cm x 14 cm x 45 cm, los cuales fueron fallados a compresión simple en la máquina universal (foto 7), cuya densidad fue de 2021,8925 kg/m³ (valor promedio) y resistencia a la compresión de 1,17 MPa (valor promedio). En las gráficas 1 y 2 se observa el comportamiento de los dos muretes a compresión vertical y diagonal.



Gráfica 1. Compresión simple



Gráfica 2. Resistencia al cortante

También se elaboraron 3 muretes de bloque de tierra comprimida con refuerzo de 46 cm x 14 cm x 45 cm, y se les aplicaron cargas a compresión diagonal, obteniendo valores del esfuerzo cortante y la deformación diagonal (foto 8). La resistencia al corte es de 0,1926 MPa, con densidad igual a 1327,936 kg/m³.

Se obtiene la curva esfuerzo-deformación y se halla el Módulo de Elasticidad con la línea secante que corta la curva en el esfuerzo correspondiente a la deformación unitaria de la longitud corresponda a la 50 millonésima y la deformación unitaria correspondiente al 40% del esfuerzo máximo, que corresponde al 1,806 MPa, un módulo de elasticidad de 933,4 MPa (promedio) y relación de poisson de 0.2 (foto 9).



Foto 7. Ensayo de compresión de muretes

Para efectuar la compresión y hallar el módulo de elasticidad se realizaron ocho probetas cilíndricas. El valor del módulo de elasticidad presentó variaciones entre probetas, debido al proceso de compactación de la probeta, ya que se quería obtener la misma compactación de la máquina bloqueadora CINVA-RAM. La compactación se realizó con la máquina universal en un molde diseñado especialmente para obtener cilindros de las dimensiones requeridas (foto 10). En las gráficas 3 y 4 se observa el comportamiento de estas probetas a compresión.

Para este ensayo se utilizan anillos en aluminio que se ubican en $\frac{1}{4}$ de la altura de la probeta, a los que se les instala los deformímetros o LDVT con precisión de 0.5 micras (foto 11).



Foto 8. Ensayo de compresión de muretes



Foto 9. Ensayo de compresión para obtención del módulo de elasticidad y relación de poisson



Foto 10. Molde para probetas cilíndricas

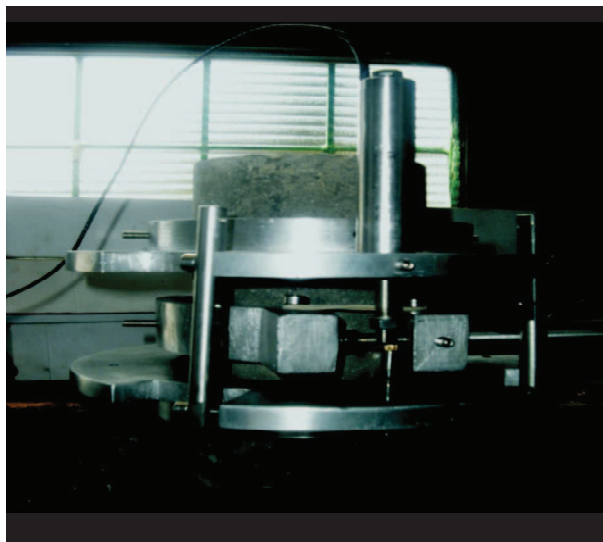
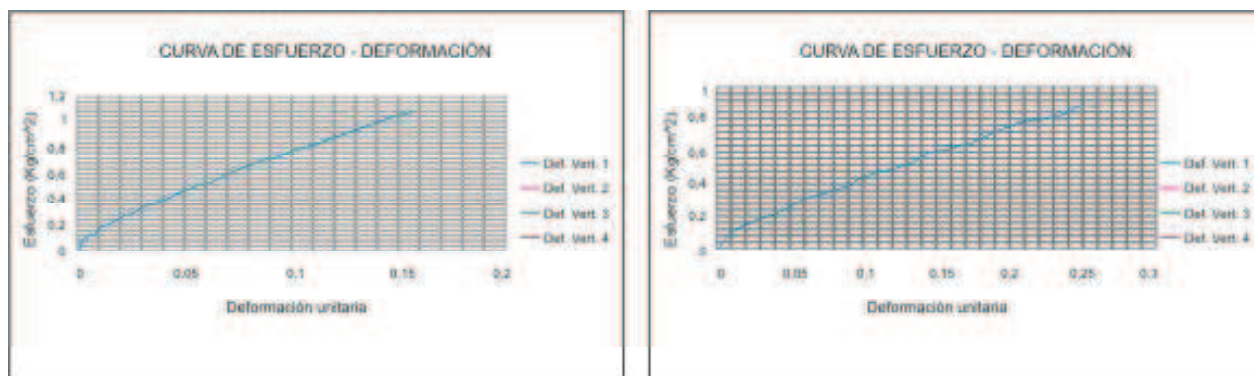
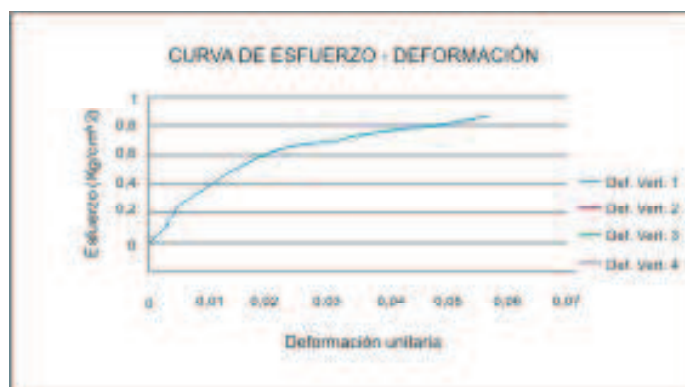


Foto 11. Anillos en aluminio y LDVT o deformímetros



Gráfica 3. Ensayo para determinación de módulo de elasticidad y relación de poisson, probetas 1 y 2



Gráfica 4. Ensayo para determinación de módulo de elasticidad y relación de poisson, probeta 3

IV. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el ensayo a compresión simple de los bloques de tierra comprimida se obtiene que a mayor densidad, mayor es la resistencia. Comparando la resistencia de los bloques según su geometría, los que tienen una curva presentan mayor resistencia, seguidos de los macizos y perforados; aunque tal comparación se debería realizar con la misma cantidad de muestras. Se observa que existe una relación proporcional entre densidad, compactación y resistencia.

En el ensayo de compresión axial en los muretes, la falla depende de la interacción de los bloques con el mortero; entre más perforaciones tenga el bloque, menor será su resistencia. La primera falla se da en los bloques, luego se generan fallas en el mortero; esto debido a la diferencia entre la resistencia de los bloques

y la resistencia de adherencia del mortero y el bloque (foto 12).

En el ensayo de compresión diagonal de muretes de bloques de tierra comprimida se dio una falla en los bloques, lo que indica que la resistencia a la tensión de los bloques es menor en relación con la resistencia de adherencia del mortero con el bloque, y se observa que los bloques y el mortero no conserva su adherencia falla en la junta; su falla es diagonal (foto 13).

Al fallar las probetas cilíndricas (foto 9) para hallar módulos de elasticidad y relación de poisson, se presenta una falla columnar que recorre todo el cilindro en sentido a la fuerza aplicada. Según las gráficas obtenidas, el material es dúctil, lo cual indica que el material puede llegar a tener grandes deformaciones antes de la falla.



Foto 12. Fallas en las piezas



Foto 13. Fallas en las piezas

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los materiales que emplean tierra perdurarán en la construcción, por su economía, porque son resistentes –con un estudio del material y la estructura, y con un diseño coherente–, y porque la tierra es un material abundante, reciclable y productivo.
- Actualmente los bloques de tierra comprimida generan gran observación, debido a que son elementos estructurales de producción en línea y que se pueden producir en el lugar donde se vaya a construir. Se realizan con diferentes formas, como bloques macizos, perforados y curvos, a los cuales se les puede dar la característica que se desea, diversos colores, diseños estéticos, portantes y arquitectónicos.
- En cuanto a resistencia, este elemento no está lejos

de entrar en competencia con otros tipos de materiales, porque debido a sus perforaciones puede ser reforzado y estabilizado; este refuerzo se realiza con una varilla que es calada por una mezcla de cemento fluido.

- La NTC 5324 para bloques de tierra comprimida, o bloque de suelo cemento, no ha sido divulgada, y es importante realizar los procedimientos establecidos para determinar el tipo de comportamiento que tiene este material.
- El análisis de su resistencia indica que, al ser comprimido, su fractura no es inmediata; por lo general, el material pierde sus caras y mantiene la geometría. La principal fractura se dirige hacia las esquinas en un plano inclinado, porque se concentran los esfuerzos. Se podría decir que el material es dúctil, ya que su deformación no es de forma brusca y ocurre a medida que se le

aplique la carga hasta llegar a la fractura.

- Para mejorar el desempeño del bloque de tierra comprimida con respecto a otros materiales es necesario incrementar las investigaciones sobre sus propiedades.
- Otra investigación que se podría realizar sobre los bloques de tierra comprimida giraría en torno al tipo de estabilizantes, según la resistencia requerida, sin que el material sea sobreestabilizado.
- La interacción que hubo entre la empresa Tierra Cruda, Tecnologías para el desarrollo y la UPTC podría aumentar, al inculcar en los estudiantes de primeros semestres el estudio de la tierra como material constructivo, y el mantenimiento estructural de construcciones que son consideradas patrimonio cultural; de esta forma el apoyo en la investigación crecería.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] El Paso Solar Energy Association, Construyendo con adobe. [En línea]. Disponible en: <http://www.epsea.org/esp/pdf2/adobe.pdf>. [Fecha de consulta: 8 de noviembre de 2010].
- [2] G.M Viñuales. *Tecnología y construcción con tierra*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Conicet, Argentina, 2008.
- [3] L. F. Guerrero Baca. “Deterioro del patrimonio edificado en adobe”. *Revista Diseño y Sociedad*, Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, México, 2002.
- [4] L. F. Guerrero Baca. *Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva*. Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco, México, 2007
- [5] P. McHenry. *Adobe. Cómo construir fácilmente*. México D.F.: Trillas, 1996.
- [6] M. Figols González. *Arquitectura técnica*, presentación MLN. Pdf. [En línea]. Disponible en: [hes.scribd.com/doc/39867719/Construcciones-Rurales-Con-Tierra](https://www.scribd.com/doc/39867719/Construcciones-Rurales-Con-Tierra). [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2010].
- [7] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Colombiana para bloques de suelo cemento para muros y divisiones. Definiciones. Especificaciones. Métodos de ensayo. Condiciones de entrega. ICONTEC, 2004. 39 p. NTC 5324.