

Libro de Actas del 3^{er} Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones
Eco-Eficientes

Material alternativo para muro adicionado con cascara de nuez. Reducción de desechos

**Sánchez Mirón¹, Beatriz Wendonly^{1,*}, Roux Gutiérrez², Rubén Salvador²
(²) and Molar Orozco³, María Eugenia³)**

(*) Facultad de Arquitectura Campus Arteaga Universidad Autónoma de Coahuila Unidad
Saltillo wenzs.18@hotmail.com

(2) Facultad de Arquitectura Campus Arteaga Universidad Autónoma de Coahuila Unidad
Saltillo roux33@hotmail.com teléfono móvil 52 833 1552438

(3) Facultad de Arquitectura Campus Arteaga Universidad Autónoma de Coahuila Unidad
Saltillo bmolar60@hotmail.com teléfono móvil 52 811 9381379

Resumen

México y Estados Unidos son los dos principales productores de nuez en el mundo los cuales alcanzan un 98,2% de la producción total, en México se desechan 39.656 toneladas de cáscara de nuez anualmente, normalmente es uno de los desechos más encontrados en los mercados mexicanos, siendo sólo utilizado un 5% y el 95% de la cáscara se desecha, lo que provoca un alto volumen de basura, si se le da uso se reduciría el volumen de basura e impulsaría la creación de nuevas fuentes de trabajo.

Debido al interés científico por reciclar para disminuir la cantidad de desechos se pretende dar una alternativa con la cáscara en Bloques de Tierra Comprimida (BTC). El objetivo es determinar el proceso para definir el porcentaje de cascara de nuez que se puede incorporar a los BTC sin afectar negativamente sus propiedades, que al no estar cocidos permiten que pueda almacenar calor y luego liberarlo para evitar los cambios de temperatura al interior de la construcción.

Palabras clave Material alternativo, Nuez, Reducción, Desecho

1 Introducción

Desde mediados del siglo XX, la construcción con barro crudo en México empezó a decaer y se incrementó la utilización de materiales más comerciales, como ejemplo, el block de concreto, (Guerrero Baca, Roux Gutiérrez, & Soria López, 2010), por motivos ideológicos y económicos. Esto gracias a que las industrias, beneficiadas con el ahorro que implica el estandarizar un producto para muchas regiones sin hacer reparo en “la falta de vinculación, entre el producto terminado, el usuario y su entorno” (Espuna Mújica & Roux Gutiérrez, 2012) disfrazan esta generalización, ofreciendo al cliente “Versatilidad” (Ferrex, s.f.).

Lo anterior, y el hecho de que los sistemas constructivos empleados en la localidad están hechos de materias primas no locales y/o no renovables, traen como consecuencia los siguientes aspectos:

- Inadaptación al clima de cada localidad (el block por ejemplo, según Ferrex, es adecuado a climas tropicales o Cálidos) es decir, no responden a las condiciones climáticas de las localidades donde son comercializados.
- La incrementación de los costos de edificación, ya que implica la extracción y transportación de la materia prima, la fabricación del material, comercialización.
- Alta demanda energética en el proceso de extracción de materia prima y fabricación del material.
- El impacto ambiental negativo que generan los procesos de extracción de la materia prima, la fabricación y el transporte.

El 91% de la vivienda en la ciudad de Saltillo, según el INEGI, tiene paredes construidas de block, cemento o concreto, siendo únicamente el 9% restante, hechas de materiales naturales.

Los BTC, son, como su nombre lo indica, elementos prismáticos resultado de aplicar presión en un molde, ya sea manual o mecánicamente, a la tierra o barro crudo, con un bajo porcentaje de algún estabilizador, ya sea cal, cemento, yeso e incluso otros materiales orgánicos como fibras vegetales o extractos; que mejoran sus cualidades originales.

La estabilización de la tierra, consiste en intervenir sobre sus características (estructura y textura) para mejorar algunas de sus propiedades, entre ellas el BTC es sin lugar a dudas un material de construcción que nos ofrece grandes beneficios y satisfacciones, y al alcance de todos.

Entre las muchas ventajas de utilizar BTC, se encuentra el hecho de que la materia prima, es decir, la tierra adecuada para la fabricación de estos bloques, se puede obtener en el sitio de construcción, ya que el 65% de la tierra en el planeta puede ser utilizada (CATISMEXICO), y también es un material abundante, renovable y reutilizable, siendo un material amigable con el medio ambiente.

Además, es un material que brinda calidad, durabilidad, practicidad, economía y por su masa térmica mejora el confort al interior de la construcción. De esto se desprende la cuestión, ¿qué sucede si se adiciona con la Cáscara de Nuez que en teoría tiene resistencia a la compresión y a la humedad?

La cáscara de nuez es un desecho orgánico que por lo general termina en tiraderos de basura. Según la investigación experimental NUEZISTENTE (LAS INGENIERAS), un porcentaje muy reducido, aproximadamente el 5%, de dicho desecho actualmente es utilizado por distintas industrias, entre ellas la petrolera, joyera, cosmética, gracias a sus propiedades.

Entre las propiedades físico-químicas (Copromex, 2013), se encuentran:

- Dureza grados MOHS: 3,0
- Peso específico: 500Kg/m³
- Tiene una forma Mixta Sub angular,
- Es reciclable, biodegradable y no toxica,
- No genera polvo,
- Tiene una alta resistencia a la ruptura y deformación
- Es biodegradable
- Es seguro para la salud
- Durante su combustión produce dióxido de carbono.
- Color: marrón
- No es soluble en agua
- Su pH es neutro
- No tiene combustión a temperaturas menores de 270°C

Según la Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica, Análisis Sectorial y Tecnologías de la Información, la producción de nuez en México ha aumentado en cerca de un 80% en los últimos trece años, alcanzando actualmente alrededor de 110 mil toneladas. Esto se debe principalmente a la mayor superficie sembrada, la cual se duplicó, llegando en 2013 a las 104 mil hectáreas.

La producción en 2013 fue de arriba de 100,000 toneladas; pero solo menos de 80,000 toneladas fueron cosechadas. Coahuila, en su región Sureste es uno de los principales productores de nuez del país, y en consecuencia, del desecho que está genera. Ocupa el tercer lugar nacional con un 14% de la producción (2012) siendo esta un total de 15mil toneladas.

Al pasar por el proceso de descascarado, la nuez pierde de entre 40 y 50 % de su peso original (Nuez descascarada, s.f.), con lo cual se deduce que, de 15 mil toneladas cosechadas en Coahuila, entre 7.5 y 9 (miles de Ton) representan la carne y entre 6 y 7.5 (miles de Ton) la cascara, la cual es desaprovechada.

De acuerdo a lo expresado el objetivo es determinar el porcentaje de cascara de nuez que se puede incorporar a los BTC sin afectar negativamente sus propiedades, logrando aprovechar un desecho y ofrecer una alternativa para la construcción de muros de carga en Saltillo Coahuila, sin alterar de manera negativa el ecosistema para la obtención de los componentes y la fabricación de dicha alternativa.

2 Metodología

Es cuasi-experimental, se realizaron pruebas a la materia prima, tanto de la cascara de nuez como del suelo con un banco de tierra La Aurora, Coahuila.; como al producto final, los bloques de tierra comprimida con y sin adición de cascara de nuez (compresión, absorción, etc.). Determinando los porcentajes de cascara de nuez, así como los parámetros que el producto final deberá cumplir acorde a normativas.

En base a:

- Granulométrico por tamizado (Norma ASTM-D422-90)
- Plasticidad (Norma ASTM-D4318-93)
- Límites de consistencia: límite líquido (NMX-C-493-ONNCCE-2014) (M-MMP-1-07/07)
- Límites de consistencia: límite plástico (NMX-C-493-ONNCCE-2014) (M-MMP-1-07/07)
- Clasificación del suelo de acuerdo al USCS (Sistema Unificado de Clasificación de suelos)
- Determinación del porcentaje de cal para la estabilización. Método de Eades & Grimm
- Análisis de la estructura de la cascara (realizado por el laboratorio de química)
Análisis y verificación de los BTC con y sin adición de cáscara de nuez:
- Resistencia a la compresión simple (NMX – C – 404 – ONNCCE – 2005)
- Absorción (NMX – C – 404 – ONNCCE – 2005)

3 Desarrollo

Después de realizar las pruebas de la materia prima, se procedió a realizar las muestras de cada prototipo, elaborándose 10 poblaciones de BTC, de 30 unidades cada una. Para la preparación se añaden los estabilizantes a la tierra ya preparada, en la proporción previamente establecida por el método de Eades & Grimm. Se agrega también la cáscara de nuez molida en los porcentajes que se determinaron. En este caso, se establecieron los porcentajes de 5%,10%,15% y 20%.

Después de 6 horas de moldeados y durante los 7 primeros días, los bloques deben ser mantenidos húmedos por medio de regados sucesivo, lo que traerá una mayor resistencia al material. Esta etapa corresponde al proceso de curado. Los BTC pueden ser acomodados en pilas de hasta 1,5 metro de altura.

Se realizó la prueba de resistencia a la compresión, esta se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión.

Para realizar el cálculo de los resultados es necesario tomar la resistencia a la compresión de una probeta como la máxima de N (kgf) dividida entre el área transversal de la probeta o sea el área total de una sección perpendicular a la dirección de la carga.

$$F = \frac{R}{A} \quad (1)$$

Donde:

R = Es la resistencia a la compresión en MPa (kgf/cm²)

F = Es la carga máxima en N (kgf)

A = Es el área transversal del espécimen (cm²)

La resistencia a compresión se reporta con una aproximación de 100kPa (1,0 kgf/cm²).

Después se procedió a realizar la prueba de absorción, las muestras fueron pesadas, y posteriormente sumergidas por un lapso de 24 horas en agua. Terminado este periodo se sacaron dejando que el agua superficial se eliminara. Pesando después las muestras y determinar la cantidad de agua absorbida. El muestreo fue aleatorio tomando 5 muestras al azar.

4 Resultados

Granulometría

Tabla 1 Porcentaje retenido en cada malla

| # Malla | Abertura de tamiz (mm) | Peso suelo retenido | Porcentaje retenido | Porcentaje que pasa |
|--------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| #4 | 101,6 | 10,2 | 2,04 | 97,96 |
| #30 | 0,59 | 134,05 | 26,81 | 71,15 |
| #100 | 0,149 | 82,9 | 16,58 | 54,57 |
| #200 | 0,074 | 73,35 | 14,67 | 39,9 |
| | | 199,5 | 39,9 | 0 |
| Total | | 500 | 100% | |

Plasticidad

Tabla 2 Humedad natural, límite líquido y plástico

| Humedad Natural |
|-----------------|
|-----------------|

| Prueba No. | Caps. No. | Peso de Caps. gr | Peso de Caps. + suelo húmedo gr | Peso del suelo húmedo gr | Peso de Caps. + suelo seco gr | Peso del agua gr | Peso del suelo seco gr | Con-tenido de agua (w%) | | |
|----------------|-----------|------------------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 4 | 33,60 | 41,00 | 7,40 | 40,85 | 0,15 | 7,25 | 2,02 | | |
| 2 | 3 | 33,30 | 47,10 | 13,80 | 47,00 | 0,10 | 13,70 | 0,72 | | |
| Limite Líquido | | | | | | | | | | |
| Prueba No. | Caps. No. | Peso de Caps. gr | Número de golpes | | | Peso de Caps. + suelo húmedo gr | Peso de Caps. + suelo seco gr | Peso del agua gr | Peso del suelo seco gr | Contenido de agua (w%) |
| | | | 1 | 2 | 3 | | | | | |
| 1 | 1 | 35,00 | 30 | | | 44,60 | 41,20 | 3,40 | 6,2 | 35,41 |
| 2 | 2 | 33,50 | | 20 | | 46,60 | 42,30 | 4,30 | 8,80 | 32,80 |
| 3 | 3 | 33,30 | | | 18 | 53,50 | 47,40 | 6,10 | 14,10 | 36,10 |

| | |
|------------|------------|
| LI | 34% |
| % | |
| LP | 36% |
| % | |
| IP% | 2% |

Clasificación del suelo de acuerdo al USCS

Después del lavado quedaron 12,3gr, pasaron 87,7gr lo cual indica, que es suelo fino ya que pasa más del 50% de materia por la malla #200.

Prueba Proctor

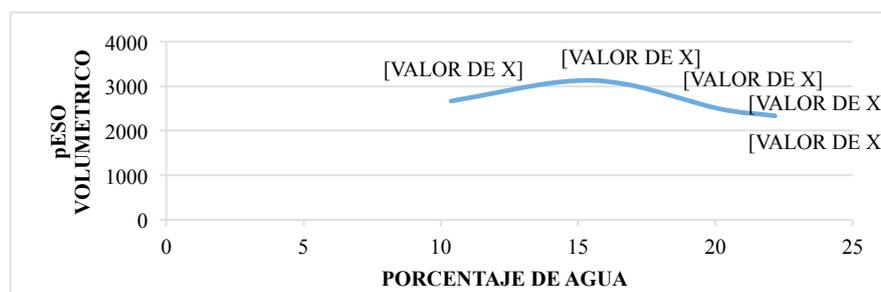


Fig. 1 Contenido de agua

Método de Eades & Grimm

Tabla 3 Porcentaje de Cal

| # de recipiente | Peso | Peso del recipiente + 25g de tierra | % de Cal (g) | Peso total |
|-----------------|-------|--|--------------|------------|
| R1 | 18,5 | 43,5 | 1%=0,33g | 43,83 |
| R2 | 18,4 | 43,4 | 2%=0,66g | 44,06 |
| R3 | 18 | 43 | 3%=0,99g | 43,99 |
| R4 | 17,8 | 42,8 | 4%=1,32g | 44,12 |
| R5 | 17,85 | 42,85 | 5%=1,65g | 44,5 |
| R6 | 18,1 | 43,1 | 6%=1,98g | 45,08 |
| R7 | 18,15 | 43,15 | 7%=2,31g | 45,46 |
| R8 | 17,8 | 42,8 | 8%=2,97g | 45,77 |
| R9 | 18,1 | 43,1 | 9%=3,3g | 46,40 |
| R10 | 17,85 | 42,85 | 10%=3,63g | 46,48 |

Tabla 4 Tiempo de agitación

| # de recipiente | Inicio | A los 10min | A los 20min | A los 30min | A los 40min | A los 50min | A los 60min |
|-----------------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| R1 | 1:00 pm | 1:10 | 1:20 | 1:30 | 1:40 | 1:50 | 2:00 |
| R2 | 1:03 | 1:13 | 1:23 | 1:33 | 1:43 | 1:53 | 2:03 |
| R3 | 1:23 | 1:33 | 1:43 | 1:53 | 2:03 | 2:13 | 2:23 |
| R4 | 1:26 | 1:36 | 1:46 | 1:56 | 2:06 | 2:16 | 2:26 |
| R5 | 1:27 | 1:37 | 1:47 | 1:57 | 2:07 | 2:17 | 2:27 |
| R6 | 1:28 | 1:38 | 1:48 | 1:58 | 2:08 | 2:18 | 2:28 |
| R7 | 1:29 | 1:39 | 1:49 | 1:59 | 2:09 | 2:19 | 2:29 |
| R8 | 1:31 | 1:41 | 1:51 | 2:01 | 2:11 | 2:21 | 2:31 |
| R9 | 10:48 | 10:58 | 11:08 | 11:18 | 11:28 | 11:38 | 11:48 |
| R10 | 10:49 | 10:59 | 11:09 | 11:19 | 11:29 | 11:39 | 11:49 |

Tabla 5 Porcentaje de cal óptico y PH

| RECIPIENTE (R#) | % de Cal (g) | PH |
|--------------------|--------------|-------|
| R1 | 1%=0,33g | 11,07 |
| R2 | 2%=0,66g | 11,11 |
| R3 | 3%=0,99g | 11,09 |
| R4 | 4%=1,32g | 11,28 |
| R5 | 5%=1,65g | 11,37 |
| R6 | 6%=1,98g | 11,41 |
| R7 | 7%=2,31g | 11,76 |

| | | |
|------------|-----------|-------|
| R8 | 8%=2,97g | 11,69 |
| R9 | 9%=3,3g | 11,62 |
| R10 | 10%=3,63g | 11,55 |

En este caso, el PH comenzó de 11,07 aumentando gradualmente hasta 11,76 con el 7%(2,31g) de cal, después descendió. Esto ocurre, debido a que a mayor cantidad de hidróxido de calcio, aumenta el PH, sin embargo, en determinado punto, ocurre un intercambio iónico y es cuando el PH tiende a bajar.

Elaboración de BTC

Tabla 6 Poblaciones estabilizadas con cemento al 10%

| No. De población | % - kg Cascara de nuez | Tierra (kg) | Cemento (kg) | Agua (L) |
|--|------------------------|-------------|--------------|----------|
| Población base | | | | |
| 1a | Sin cascara. | 44,5 kg | 4,450 kg | 6,5 L |
| Poblaciones adicionadas con cascara de nuez | | | | |
| 2a | 5% - 2,225 kg | 42,275 kg | 4,450 kg | 6,5 L |
| 3a | 10% - 4,450 kg | 40,050 kg | 4,450 kg | 6,5 L |
| 4a | 15% - 6,675 kg | 37,825 kg | 4,450 kg | 6,5 L |
| 5a | 20% - 8,900 kg | 35,600kg | 4,450 kg | 6,5 L |

Tabla 7 Poblaciones estabilizadas con cal al 7% y yeso al 3%

| No. De población | % - kg Cascara de nuez | Tierra (kg) | Cal (kg) | Yeso (kg) | Agua (L) |
|--|------------------------|-------------|----------|-----------|----------|
| Población base. | | | | | |
| 1b | Sin cascara. | 44,5 kg | 3,115 kg | 1,335 kg | 7,5 L |
| Poblaciones adicionadas con cascara de nuez | | | | | |
| 2b | 5% - 2,225 kg | 42,275 kg | 3,115 kg | 1,335 kg | 7,5 L |
| 3b | 10% - 4,450 kg | 40,050 kg | 3,115 kg | 1,335 kg | 7,5 L |
| 4b | 15% - 6,675 kg | 37,825 kg | 1,115 kg | 1,335 kg | 7,5 L |
| 5b | 20% - 8,900 kg | 35,600kg | 3,115 kg | 1,335 kg | 7,5 L |

Pruebas de compresión simple

Para seleccionar de manera aleatoria las 10 muestras de cada población a probar, se enumeraron del 1 al 30, posteriormente se utilizó el sitio Web (No SetUp, 2016). En la elaboración de las muestras, se utilizó una prensadora manual, en la cual se obtuvieron BTC de medida estándar 10 x 20 x 5 cm.

Se puede observar que solo la primera población sobre pasa lo que indica la normatividad 60 kg/cm². Los demás están por debajo de la norma NMX – C – 404 – ONNCCE – 2005.

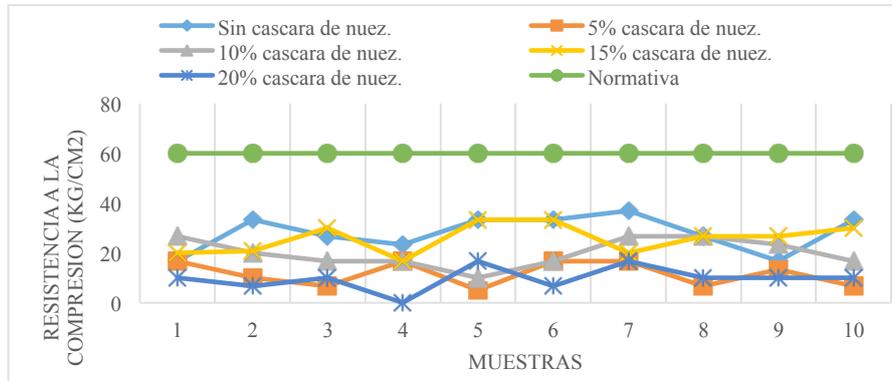


Fig. 2 Comparación de resultados de los BTC estabilizados con cemento al 10%

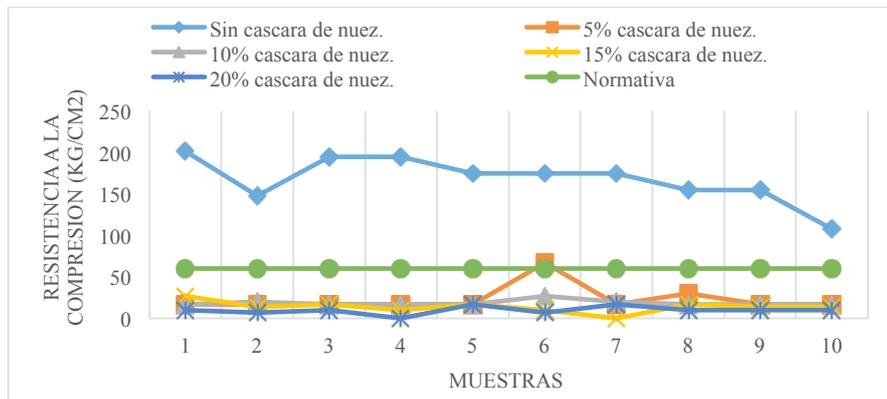


Fig. 3 Comparación de resultados de los BTC estabilizados con cal al 7% y yeso al 3%.

Se aprecia como ninguna población sobre pasa los 35 kg/cm².

El 3% de yeso es para mejorar la resistencia al agua, facilidad de trabajo, y las propiedades mecánicas de la tierra, que se puede estabilizar con este material (Kafescioglu R, 1980).

Pruebas de absorción

Para seleccionar de manera aleatoria las 5 muestras de cada población a probar, se enumeraron del 1 al 30.

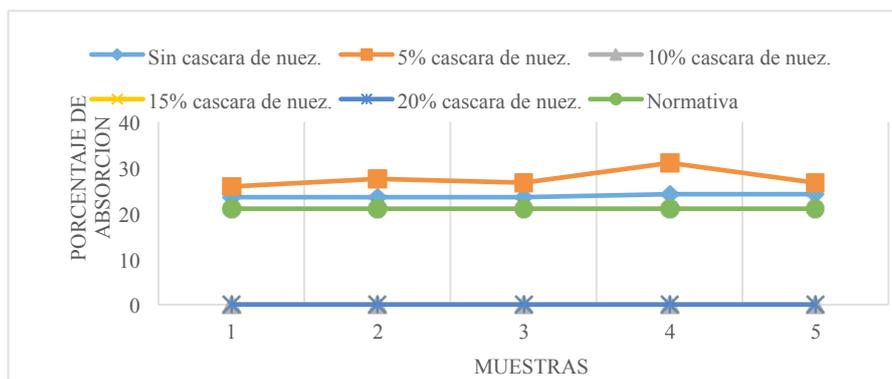


Fig. 4 Comparación de resultados pruebas de absorción de los BTC estabilizados con cemento al 10%

Las 3 poblaciones sobrepasan el 21% permitido de absorción señalado por la norma NMX – C – 404 – ONNCCE – 2005.

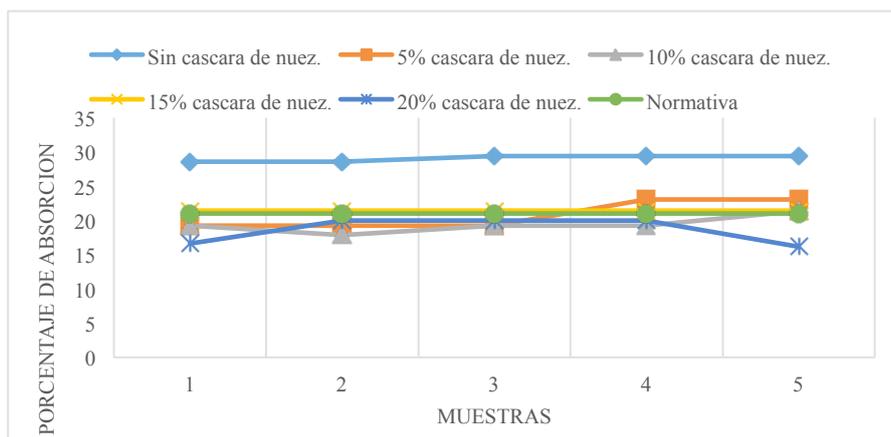


Fig. 5 Comparación de resultados pruebas de absorción de los BTC estabilizados con cal al 7% y yeso al 3%.

La que no contiene cascara de nuez excedió el 21% permitido de absorción señalado por la norma. La población adicionada con 15% de cascara de nuez, sobrepasa el límite establecido solo por un 0,42%. El resto de las poblaciones están un poco abajo del límite permitido.

7 Conclusiones

En la prueba de compresión a las poblaciones estabilizadas con 10% cemento, se observa:

- La población que presenta la mayor resistencia a la compresión es la que no contiene cascara de nuez.
- Las poblaciones adicionadas con 5%, 10%, 15% y 20% disminuyeron su resistencia en un 86%, 92% y hasta en un 94% respectivamente.
- Las muestras presentaban porosidad y desmoronamiento.

En la prueba de compresión a las poblaciones estabilizadas con 7% de cal y 3% de yeso, se observa:

- La población que presenta la mayor resistencia a la compresión es la que no contiene cascara de nuez.
- Las poblaciones adicionadas con 5%, 10%, 15% y 20% disminuyeron solo 59%, 28%, 8% y 65% respectivamente.
- Las muestras se observan más firmes y macizas.

En la prueba de absorción a las poblaciones estabilizadas con 7% de cal y 3% de yeso, se observa:

- La población que presenta la menor porcentaje de absorción es la que no contiene cascara de nuez. Contra la que contiene 5% de cascara de nuez, la cual absorbió 23.8%, es decir, solo un 4% más.
- De las poblaciones adicionadas con 10%, 15% y 20% no pudo hacerse un registro ya que presentaron deformaciones al momento de retirarlos del agua.

En la prueba de absorción a las poblaciones estabilizadas con 7% de cal y 3% de yeso, se observa:

- Las poblaciones que presentan el menor porcentaje de absorción es la que contiene un 20% y 10% de cascara de nuez, con 18,55% y 19,39% respectivamente.
- La población sin adición de cascara de nuez, presentó un 30% de absorción, es decir 9% por encima de la norma oficial.

Al final se determinó que las propiedades físico-químicas de los BTC, en mayor o menor medida se ven afectadas negativamente. Además, no presentan las características de resistencia a la compresión indicadas por la norma oficial para muros estructurales, solo podrían ser empleados como muros divisorios.

Se pretende realizar pruebas con otros suelos y otro tipo de nueces y adicionarlos con elementos que contengan fibra misma que podría ayudar a mejorar las propiedades de resistencia.

8 Referencias

- CATISMEXICO (s.f.) Bloques de tierra Comprimida. Obtenido de <https://catismexicoesp.wordpress.com/2011/06/01/compressed-earth-blocks-cebs/> acceso en nov 2015
- Copromex (Enero de 2013) Copromex. Obtenido de Sand-Blast: sistemas abrasivos y protectivos de alta tecnología: www.copromex.com.mx acceso en nov 2015
- Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica, Análisis Sectorial y Tecnologías de la Información (Julio de 2014) Financiera nacional de desarrollo agropecuario, rural, forestal y pesquero. Obtenido de

Libro de Actas del 3^{er} Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones
Eco-Eficientes

[http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Nuez%20\(jul%202014\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Nuez%20(jul%202014).pdf) acceso en nov 2015

- Espuna J A & Roux R S (2012) Bloques de tierra comprimida adicionados con fibras naturales. Plaza y Valdés S.A. de C.V.
- Ferrex (s.f.) Ferrex. Obtenido de www.materialesdeconstruccion.com.mx/materiales-block.php acceso en nov 2015
- Guerrero L F, Roux R S, & Soria F J (2010) Ventajas constructivas del uso de tierra comprimida y estabilizada con cal en México. Palapa. Revista de investigación científica en arquitectura., Colima, México
- INEGI (2000) DISCO COMPACTO DE SISTEMA DE CONSULTA DE INFORMACION CENSAL 2000 "SCINCE POR COLONIAS 2000". México
- Kafescioglu R, Toydemir N, Ozkan B, Gunder E. (1980). Yapı malzemesi olarak kerpici - in alçı ile stabilizasyonu (Stabilizing earth with gypsum as a construction material), Istanbul, TUBITAK MAG505.
- LAS INGENIERAS (s.f.) NUEZISTENTE. MEXICO
- Nuez descascarada (s.f.) Obtenido de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmnf/chow_d_m/capitulo2.pdf acceso en nov 2015
- Núñez A (2007) La cadena de producción en el cultivo del nogal pecanero en México y Estados Unidos. Recuperado de: http://www.comenuez.org/xoo/uploads/Eventos/8_Nogalero/ acceso en nov 2015
- SIAP (2013) Atlas Agroalimentario "Nuez". Recuperado de: <http://www.siap.gob.mx/atlas2013/index.html> acceso en nov 2015
- Mora J A (2004) El Problema de la Basura en México. Fundación de Estudios Urbanos y Metropolitanos, D.F. México.