

UTILIZACIÓN DE LADRILLOS DE ADOBE ESTABILIZADOS CON CEMENTO PORTLAND AL 6% Y REFORZADOS CON FIBRA DE COCO, PARA MUROS DE CARGA EN TAMPICO

(USE OF THE ADOBE BRICKS STABILIZED WITH 6% PORTLAND CEMENT AND REINFORCED WITH COCONUT FIBERS FOR LOADBEARING WALLS IN TAMPICO)

Ruben Salvador Roux Gutiérrez¹, Manuel Olivares Santiago²

¹Unidad Académica de Arquitectura, Diseño y Urban. Centro Universit. Tampico-Madero, Tamaulipas, México

²Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I

Fecha de recepción: 17-IV-02

611-10

ESPAÑA

RESUMEN

En este artículo se presentan las conclusiones acerca del refuerzo de ladrillos de adobe, estabilizados con cemento portland al 6%, con diferentes porcentajes de fibra de coco.

El autor, para llegar a estas conclusiones, desarrolla un plan experimental en laboratorio así como construye in situ muestras de muros con diferentes clases de ladrillos, diferentes uniones entre ellos y distintas orientaciones, para analizar el comportamiento de prototipos ante las condiciones climáticas de la zona de Tampico.

SUMMARY

In this article conclusions are presented about adobe bricks stabilized with 6% portland cement and reinforced with different percentages of coconut fibers.

The author, has developed an experimental plan in laboratory and has built in situ several walls with different bricks, different joints and different orientations, to analyze the behaviour of the brick prototypes for the weather conditions in Tampico.

1. INTRODUCCIÓN

El adobe ha sido, y sigue siendo, un material de construcción utilizado por el hombre desde hace muchos años. Las culturas más importantes del mundo lo usaron para edificar sus viviendas. Vestigios de ciudades enteras en Egipto, Irán, China y Mesoamérica, corroboran estas teorías, "Dichas técnicas gozaban de la ventaja de depender de un material abundante, de fácil obtención y manipulación al pie de la obra". *Basterra, A. y Jové, F. (2001) La construcción con tierra cruda hoy. España. Pág. 1*

En la actualidad se ha retomado la técnica tradicional del adobe y se han hecho estudios para mejorar sus características originales, esto ha producido lo que conocemos

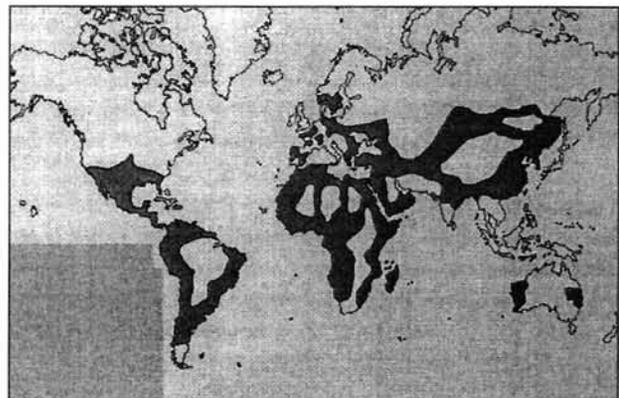


Figura 1.1.- Construcción de tierra en el mundo (Habiterrra. Exposición Iberoamericana de construcción de tierra, Bogotá, Col.; 1995, pág. 30).

como ladrillo de adobe tecnificado, así denominado porque se utilizan maquinarias semimecanizadas o mecanizadas para producirlo y a la vez se le adicionan sustancias o materiales que mejoran sus características originales. Este material se está utilizando en casi todo el mundo, sin embargo se le ha relacionado con pobreza, es decir se ha tenido una idea errónea de que este material es sólo para los pobres, tal vez porque su mayor empleo haya sido en las zonas rurales de los países que mayor índice de uso tienen. "Son muchos los factores que parcialmente han contribuido a este estado de cosas de los cuales no es el menos importante la carencia de una divulgación adecuada de su base científica real, no inmediata pero subyacente tras el refrendo exclusivamente empírico efectuado a lo largo de muchísimos años." *Ibid.*, Pág. 2

Los procedimientos constructivos con adobe son variados. Se pueden mencionar, entre otros, a los utilizados como ladrillos, el denominado "Tapial", consistente en el apisonado de un suelo dentro de un encofrado para la realización de muros así como el más rudimentario que es el denominado "Bahareque", que se basa en el embarrado de una estructura de varas.

En el presente artículo se presenta una alternativa de mejora del ladrillo de adobe estabilizado con cemento gris al 6%. Este elemento constructivo se analiza como un material regional de bajo costo y con la posibilidad de ser utilizado en los muros de carga de viviendas de interés social en el área Metropolitana de Tampico, Madero y Altamira. Dicha mejora es la inclusión de la fibra de coco, como material de refuerzo. Se ha escogido dicha fibra por ser muy abundante en la zona, así como por sus mejores características físicas (resistencia a la tensión) y químicas (resistencia a ácidos, sales y álcalis), frente a otras fibras naturales como lo es el caso de la lechuguilla y el vagazo de caña.

Las pruebas que se han hecho al material fabricado con arcilla, arena, cemento portland al 6% y fibra de coco en diferentes porcentajes, están de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), a las de la American Association of State Highway and Transportin (AASHTO), a las de la American Society for Testing and Materials (ASTM), las Normas Técnicas de edificación de Adobe Tapial, Ladrillos y Bloques de Suelo-Cemento, del CYTED y las Normas de Clasificación de Terminología (ARS 670, ARS 671, ARS 672 Y ARS 673 de 1996), Normas de Elementos Componentes (ARS 674, ARS 675, ARS 676, ARS 677, ARS 678 y ARS 678 de 1996) Normas de Fabricación y Ejecución (ARA 680, ARS 681 Y ARS 682 de 1996) del Centro Internacional de Construcción de Tierra. Asimismo, los componentes que lo integran han sido analizados individualmente.

Por último, se muestran los datos de temperaturas, humedades por capilaridad, aparición de hongos, ataque

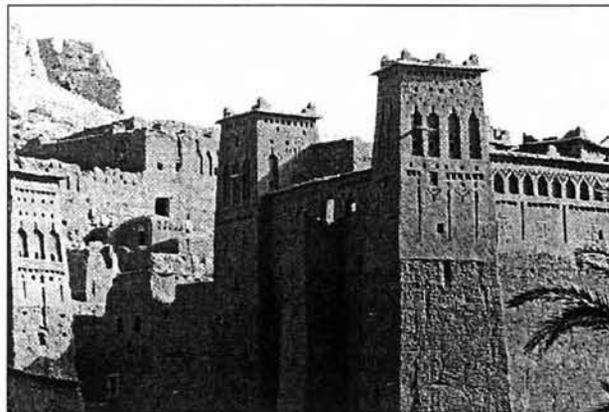


Figura 1.2.- Construcción de tierra en Marruecos (Arquitectura de Tierra, Ministerio de Fomento, Madrid, España. 1998, pág. 267).



Figura 1.3.- Vivienda Rural del Centro de Tamaulipas (La Casa de Tierra, ITAVU, Gobierno de Tamaulipas, México. 1998, pág. 29).

de bacterias y el desgaste por intemperie obtenidos en los modelos experimentales realizados para tal efecto y en donde se aplicó el material propuesto para la elaboración de los muros de carga. Dicha recolección de datos se realizó en un período de un año.

2. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA EN MÉXICO

La problemática de la vivienda en México se ha acrecentado en los últimos años, debido principalmente a cuatro factores: en primer lugar el aspecto académico, ya que en las Instituciones de la Enseñanza de la Arquitectura no se le ha dado la importancia que merece, al considerar el diseño de la vivienda como un tema poco complejo. En segundo lugar, la falta de vinculación entre el producto terminado, el usuario y su entorno. En tercero, el crecimiento poblacional (45% en los dos últimos censos de 1990 y 2000), así como el decrecimiento en la producción de vivienda (un decrecimiento del 2% anual desde 1970 al 2000). El cuarto es el factor económico, que ha desembocado en la disminución de las áreas habitables. *Boltvinik, J. (2002) La Jornada, México, D.F. Pág. 23*

Desde el primer diseño de Juan Legorreta (1983), producto del concurso " Muestrario de la construcción Mo-

CUADRO 1.I. Metros cuadrados de construcción por institución gubernamental de vivienda

Organismos de Vivienda en México	M ² de Construcción
INFONAVIT	61,40
FOVISSTE	51,37
FONHAPO	40,06
RENOVACIÓN HABITACIÓN POPULAR	36,42



Figura 1.4.- Plano de la zona metropolitana de Tampico, Madero.

derna” donde ganó el primer premio con un proyecto de una vivienda para familias obreras, se hacen presentes los principios de la estandarización y de economía del espacio que son utilizados por los demás arquitectos encargados de diseñar viviendas denominadas de interés social; las cuales van disminuyendo la dimensión de los espacios tanto internos como externos, los servicios integrados y la calidad de los materiales de construcción, situación que se representa en el cuadro 1.I.” *Barrios, D. (2002) ¿Pero qué es una casa?. En A. Navaez. (Ed), Hábitat y vivienda en América. San Nicolás de los Garza: UANL, Pág. 63*

Una alternativa es la utilización de tierra, material que ha sido utilizado por el hombre como elemento de construcción desde tiempos muy remotos.

Esta técnica milenaria se ha ido transmitiendo de una cultura a otra, ya sea por motivos bélicos, al imponer su ideología los conquistadores a sus sometidos (un ejemplo de los anterior lo encontramos en el cambio de técnica en muros de tierra apisonada por el de edificación con ladrillos por la influencia franciscana entre los Pueblos, Hopi) o por el fenómeno del comercio. Estas técnicas varían, dependiendo de la zona en donde se ejecutan, pero en términos generales tienen puntos en común todas ellas.

La zona metropolitana de Tampico, Madero y Altamira, se localiza en la parte sur del Estado de Tamaulipas, México, su clima es tropical húmedo, con una “temperatura media de 24,6 °C, una temperatura máxima de 36,8 °C y una mínima de 9,7 °C. Su vegetación es selva baja caudifolia y zacatales, el subsuelo se encuentra sobre la denominada “llanura costera” la cual se localiza desde Nautla, Veracruz a Soto La Marina, Tamaulipas. *Obtenido en documento en línea URL disponible en: www.tamaulipas.gob.mx/tamaulipas/municipios.htm*

“Hasta el año 2000 la zona metropolitana contaba con un total de viviendas de 155.322 unidades de las cuales 148.902 cuentan con agua, 125.345 con drenaje y 149.156 con energía eléctrica, los materiales utilizados para la construcción de muros de dichas viviendas son, principalmente: bloques de hormigón, ladrillos, cantería, cemento y hormigón (75,9%), madera (17,3%), adobe (2,4%), embarado y bajareque (1,8%), carrizo, bambú y palma (0,7%), lámina de cartón (0,6%), materiales de desecho (0,6%).” *INEGI XII (2000). Censo General de Población y Vivienda. México, D.F.*

Dicha zona ha tenido un gran desarrollo poblacional e industrial en los últimos 20 años, esto, al igual que en otras

ciudades de México, aparte de los beneficios económicos, ha acarreado problemas de demografía, suelo y vivienda, aspectos que han contribuido al incremento de demanda de las viviendas llamadas "populares" y, en consecuencia, el incremento de su costo. A esto hay que añadirle que los materiales usados para la construcción de dichas viviendas son realizados con materias primas no locales y su fabricación requiere gran cantidad de energía; todo esto hace que su costo no sea bajo. Por otra parte, sus características térmicas no son las más adecuadas para el clima de la región. Si a lo anterior añadimos que la población proyectada para el año 2006, de acuerdo con el censo de 2000, será de 845.182 habitantes en la zona metropolitana de Tampico, Madero y Altamira, la problemática de la vivienda se vuelve crítica.

La revalorización de los materiales tradicionales regionales, así como sus sistemas constructivos ha hecho que el gobierno, y algunos investigadores, comiencen a utilizar materiales alternativos como el ladrillo de adobe que, en los últimos años, ha tenido un auge importante en la construcción de viviendas en México. El ladrillo de adobe utilizado actualmente es el denominado tecnificado, esto significa que se fabrica por medios mecánicos y se le ha adicionado algún estabilizador, como lo es el cemento portland tipo I, según norma NOM-C-1-1980, al 6%, para mejorar las características originales de los ladrillos. Sin embargo, por las condiciones climáticas de la zona, se propone además la inclusión de una fibra vegetal que, en este caso, es la de coco, fruto que abunda en la región y cuyo costo es bajo, como elemento reforzador del ladrillo. En consecuencia, se hace necesario realizar estudios específicos del comportamiento del ladrillo de adobe estabilizado con cemento portland tipo I al 6% y reforzado con fibra de coco, que permita analizar la influencia de la adición de fibra, en diferentes características y propiedades del ladrillo estabilizado, así como probar posibles incompatibilidades entre los diferentes comportamientos del mismo. Para ello sería necesario analizar los siguientes aspectos:

- las dimensiones de las retracciones de los ladrillos,
- la posible reducción de fisuras por la incorporación de la fibra en el proceso de secado inicial,
- la reacción de la fibra con el cemento,
- la influencia en el Ph del ladrillo,
- la influencia en la absorción y permeabilidad de la pieza de ladrillo.

Finalmente habrá que tomar en consideración que la presencia o ausencia de estas reacciones no modifiquen el requerimiento de incremento de la resistencia a la compresión simple, a la tensión y la durabilidad de la pieza.

De lo anterior se presenta la siguiente cuestión que servirá de hilo conductor para el desarrollo del trabajo de investigación:

¿Será la fibra de coco ideal para reforzar ladrillos de adobe estabilizados con cemento portland al 6%, con la cual se mejorarán las características mecánicas, físicas y químicas, y por su economía pueden ser idóneas para construir muros de carga de viviendas populares en la Zona Metropolitana de Tampico, Madero y Altamira?.

3. JUSTIFICACIÓN

El problema de vivienda, que era casi exclusivo de aquellas personas del sector informal, ha alcanzado a los sectores laborales por las altas tasas de desempleo debido a la modernización de la industria. "El desempleo en el mundo ha alcanzado en la actualidad su nivel más elevado desde la gran depresión de los años 30. Más de 800 millones de seres humanos están en la actualidad desempleados o subempleados en el mundo." Rifkin, J. (1996) *El fin del trabajo*. Barcelona, España: Ed. Paidós. Pág. 17

Estudios fiables muestran que las empresas a nivel mundial han empezado su proceso de modernización despla-

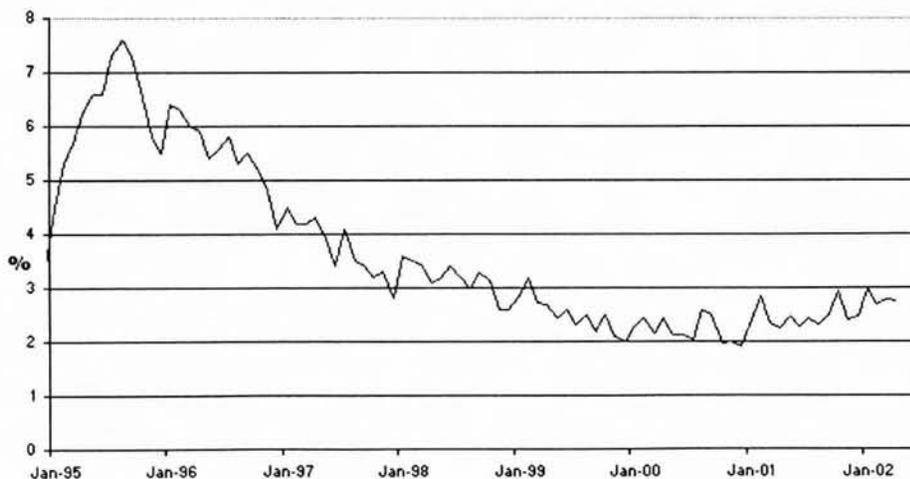


Figura 1.5.- Tasa de Desempleo Abierto (TDA) como porcentaje de la Población Económicamente Activa (PEA). Fuente: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

zando a gran cantidad de empleados no cualificados, esto ha sido debido a las presiones por el incremento de la competitividad y a la reducción de los costes laborales, lo cual ha provocado que las grandes empresas aceleren el proceso de cambio de trabajadores por máquinas.

México no ha sido la excepción. Tan sólo si vemos que el 50% de la fuerza laboral existente en el país sigue siendo desempleado o subempleada y que en los últimos 8 años México debió de haber creado 900.000 empleos, lo cual no sucedió, se puede uno imaginar el gran problema que supone construir una vivienda bajo esta problemática. El gobierno ha tratado de mejorar las condiciones para la construcción de viviendas, pero, a pesar de que la baja de las tasas bancarias ha contribuido en algo al aumento de producción de viviendas, se está produciendo un fenómeno negativo derivado del incremento del desempleo y la pérdida de poder adquisitivo. Si bien la tasa de desempleo en México ha disminuido en los últimos 7 años, en el último año se ha incrementado debido principalmente a que se encuentra en medio de una severa recesión mientras que la economía se ajusta a la baja demanda de los Estados Unidos, como lo muestra la gráfica representada en la figura 1.5. Por todo lo anterior y además por los altos costos de los materiales de construcción, la falta de capacitación de la mano de obra, la especulación de la tierra y los procedimientos constructivos se está impidiendo a este sector de la sociedad creciente poder tener una vivienda digna y sustentable.

Dentro del tema de los materiales de construcción se puede mencionar que los que se utilizan actualmente para la edificación de viviendas populares aparte de su costo elevado, no reúnen buenas características térmicas para esta zona, y generan además una importante contaminación, debido a lo costoso de los procesos de reutilización y reciclado.

Estos conceptos anteriormente mencionados, han hecho que el espacio habitable, se vea reducido en las nuevas viviendas edificadas en la actualidad, provocando un hacinamiento: 2,01 habitantes por habitación. *INEGI XII. (2000). Censo General de Población y Vivienda. México, D.F* lo que ha provocado una alteración de la privacidad interna de la vivienda.

La alternativa de utilizar materiales regionales tradicionales, como lo es el ladrillo de adobe estabilizado con cemento portland tipo I al 6%, para muros de carga en viviendas populares, presenta la posibilidad de reducir el costo de la edificación e incrementar el área habitable por unidad de vivienda, ya que el material con el que se fabrica se encuentra en abundancia en la extensión territorial de la Zona Metropolitana, lo que evitaría el pago de transporte. Por otro lado, hay máquinas para producir dichos ladrillos que no requiere de ningún tipo de consumo energético, como la denominada prensa "cinva-ram", de ope-

ración manual, que es la que se propone en primera opción para fabricar los ladrillos; en segunda opción, la que se propone es la eléctrica *Adopress 2000, marca Ital-mex*. A ello hay que añadir que los residuos producidos por estos materiales no son contaminantes ya que por medio de un proceso natural de degradación se van reincorporando al medio ambiente sin ninguna agresión para éste.

Además, se pretende adicionar una fibra vegetal, específicamente la del coco, con la finalidad de que el ladrillo de adobe mejore sus características físicas, mecánicas y químicas y que permita un mejor comportamiento ante la agresividad del medio ambiente en la zona de uso propuesta. Con la presente investigación, se pretenden especificar los procedimientos de adición de fibra de coco con una metodología adecuada que satisfaga las características ideales y específicas de dicha fibra.

Desde el punto de vista constructivo, se pretende comprobar la influencia en las características mecánicas, físicas y químicas del material al adicionarle esta fibra en el proceso de estabilización del ladrillo de adobe con cemento portland al 6%. Esto permitirá conocer las ventajas y desventajas de dicha aplicación. Asimismo, al aplicar el material obtenido en los modelos experimentales a escala real, con el fin de comprobar su estabilidad, durabilidad y comportamiento de manera fiable, podrán también conocerse los beneficios que ofrece esta opción constructiva como material alternativo en el contexto social y económico de la Zona Metropolitana de Tampico, Madero y Altamira. Esto podría suponer un gran avance económico y social al estar esta zona necesitada de viviendas nuevas y de calidad, pero de bajo costo, para una población aproximada de 175.000 habitantes, que no cuenta con los recursos económicos ni los apoyos gubernamentales necesarios para hacerse con una vivienda digna, dejándose las comprobación de sus características térmicas y acústicas del interior de la vivienda para otras investigaciones futuras.

4. OBJETIVOS

Hipótesis: "Si se incorpora el 1% de fibra de coco para reforzar ladrillos de adobe estabilizados con cemento portland tipo I al 6% en peso, se mejorarán las características mecánicas, físicas y químicas de los mismos, demostrándose que los ladrillos así reforzados son idóneos, por su economía y calidad para construir muros de carga en la Zona Metropolitana de Tampico, Madero y Altamira."

4.1. Objetivo general

Experimento en laboratorio

Caracterización del procedimiento correcto de utilización de la fibra de coco como refuerzo en adobes estabilizados con cemento portland tipo I al 6% para la fabricación de ladrillos de adobe.

Experimento en campo

Corroborar, por medio de la observación, la estabilidad y la durabilidad del material aplicado en muros, bajo condiciones climatológicas propias de la Zona Metropolitana de Tampico, Madero y Altamira.

4.2. Objetivos específicos

· Identificación de las características físicas de la fibra de coco:

- Peso específico.
- Absorción.
- Punto de fusión.
- Punto de ignición.
- Tensión.

· Identificación de las características químicas de la fibra de coco:

- Potencial Ph.
- Reacción al cemento portland.
- Resistencia a los ácidos.
- Resistencia a las sales.
- Resistencia a los álcalis.

· Identificación de las características mecánicas del ladrillo de adobe estabilizado con cemento portland tipo I al 6% en peso y reforzado con fibra de coco:

- Resistencia a la compresión simple.
- Resistencia a la flexión.
- Durabilidad.

· Identificación de las características físicas del ladrillo de adobe estabilizado con cemento portland tipo I al 6% en peso y reforzado con fibra de coco:

- Permeabilidad.
- Absorción.
- Densidad.

· Identificación de las características químicas del ladrillo de adobe estabilizado con cemento portland tipo I al 6% y reforzado con fibra de coco:

- Resistencia a los ácidos.
- Resistencia a las álcalis.
- Cultivos bacteriológicos.

5. VARIABLES DE ESTUDIO

5.1. Experimento de laboratorio

Se diseña un plan de ensayos en laboratorio, las variables a estudiar en esta fase de la investigación son:

VARIABLES INDEPENDIENTES

Serán la incorporación de fibra de coco a las diferentes poblaciones estabilizadas con cemento portland al 6%

VARIABLES DEPENDIENTES

Serán las características físicas, mecánicas y químicas de los ladrillos así reforzados

5.2. Experimento en campo

Se construyen muros con diferentes tipos de ladrillo (añadiendo diferentes porcentajes de fibra al adobe), con distintas juntas entre los ladrillos y con diferentes orientaciones. Las variables a estudiar en esta fase de la investigación son:

VARIABLES INDEPENDIENTES

- Orientación: esta variable se mueve dentro de ocho valores, que son las ocho orientaciones diferentes.
- Material: esta variable depende sólo de dos aspectos según se utilice o no la fibra de coco como refuerzo.
- Características constructivas: según cuatro aspectos considerados: con zócalo, sin zócalo, con revestimiento y sin revestimiento.
- Juntas: esta variable depende según los tres tipos considerados en el estudio que son: con mortero, con adobe y machihembrada.

VARIABLES DEPENDIENTES

- Características físicas:
 - Abrasión.
 - Absorción de humedad.
- Características mecánicas:
 - Estabilidad.
 - Durabilidad.
- Características químicas:
 - Afloración de hongos.
 - Ataque de insectos.

6. RESULTADOS

6.1. Resultados pruebas físicas y mecánicas

El resumen de los resultados obtenidos de las dos poblaciones probadas se muestran en los cuadros 2.I, 2.II. y en las figuras 2.1; 2.2; 2.3...2.11.

6.2. Resultado de las pruebas químicas

Se realizaron pruebas químicas a las diferentes poblaciones de ladrillos con adición de fibra de coco, en el cuadro 2.III se muestran los resultados.

CUADRO 2.I.- Resultados de los ladrillos fabricados con la prensa cinva-ram (manual)

Compresión Simple Seco		Compresión Simple Húmedo		flexión	absorción	permeabilidad
1ª grieta	Ruptura total	1ª grieta	Ruptura total			
1,66	2,17	2,12	3,05	0,86	10,34	96,27
2,02	2,66	1,10	1,10	1,43	14,71	92,50
1,69	2,06	1,11	1,11	1,11	12,37	100,00
1,24	1,59	1,11	1,11	1,07	9,73	88,93
1,69	2,06	1,08	2,00	1,14	10,54	92,77
1,66	2,10	1,30	1,67	1,122	11,538	94,09

CUADRO 2.II.- Resultados de los ladrillos fabricados con la prensa Adopress 2000 (hidráulica)

Compresión Simple Seco		Compresión Simple Húmedo		flexión	absorción	permeabilidad
1ª grieta	Ruptura total	1ª grieta	Ruptura total			
4,96	5,15	3,32	3,39	2,61	7,71	22,43
4,63	5,23	2,81	3,70	2,03	6,08	32,37
5,29	5,64	2,30	3,47	2,68	9,91	67,30
3,14	3,94	2,00	2,00	2,78	10,12	65,43
4,62	6,31	1,89	3,44	2,97	10,54	61,10
4,528	5,25	2,46	3,2	2,61	8,87	49,73

CUADRO 2.III.- Resultados de las pruebas químicas

POBLACIÓN	RESISTENCIA A LOS ÁCIDOS	RESISTENCIA A LOS	CULTIVOS
		ÁLCALIS	BACTERIOLOGICOS
Sin fibra de coco	alta	alta	ninguno
Con 0.5% de fibra de coco	alta	alta	ninguno
Con 1% de fibra de coco	alta	alta	ninguno
Con 1.5 % de fibra de coco	alta	alta	ninguno
Con 2% de fibra de coco	alta	alta	ninguno

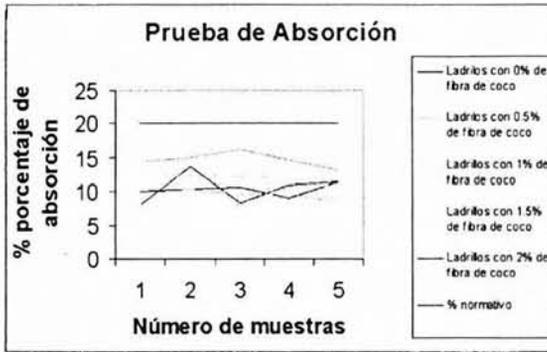


Figura 2.1.- Representación gráfica de los resultados obtenidos en la prueba de absorción de los ladrillos con 0, 0.5, 1, 1.5 y 2% de fibra de coco, en la prensa manual



Figura 2.2.- Representación gráfica de los resultados obtenidos en la prueba de absorción de los ladrillos con 0, 0.5, 1, 1.5 y 2% de fibra de coco, en la prensa hidráulica

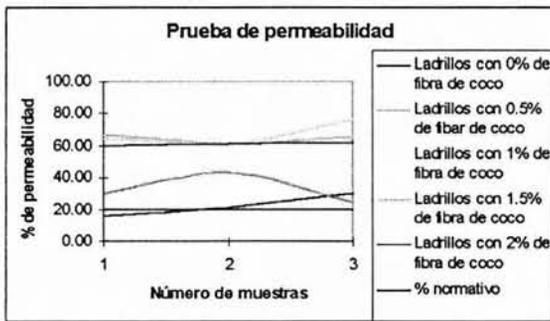


Figura 2.3.- Representación gráfica de los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad de los ladrillos con 0%, 0.5%, 1, 1.5% y 2% de fibra de coco.

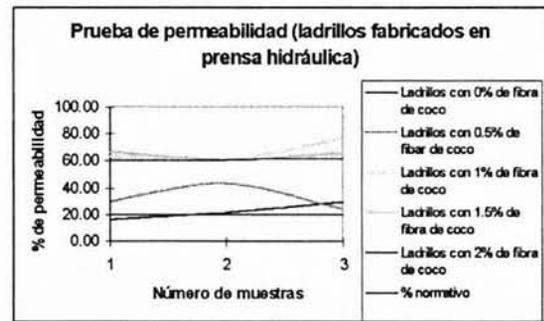


Figura 2.4.- Representación gráfica de los resultados obtenidos en la prueba de permeabilidad de los ladrillos con 0, 0.5, 1, 1.5 y 2% de fibra de coco.



Figura 2.5.- Representación gráfica de los resultados obtenidos en la prueba de compresión simple de los ladrillos con 0, 0.5, 1, 1.5 y 2% de fibra de coco.

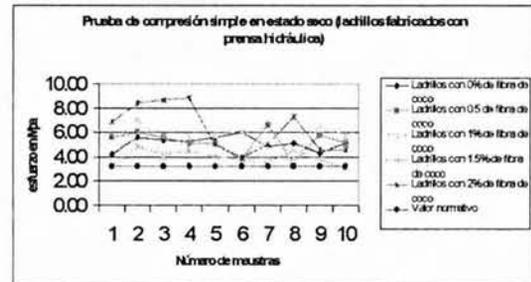


Figura 2.6.- Representación gráfica de los resultados obtenidos en la prueba de compresión simple de los ladrillos con 0, 0.5, 1, 1.5 y 2% de fibra de coco.

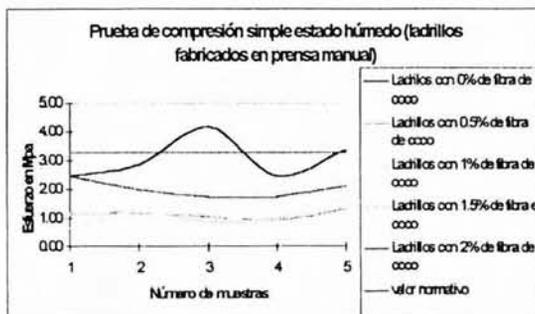


Figura 2.7.- Representación gráfica de los resultados obtenidos en la prueba de compresión simple de los ladrillos con 0, 0.5, 1, 1.5 y 2% de fibra de coco.

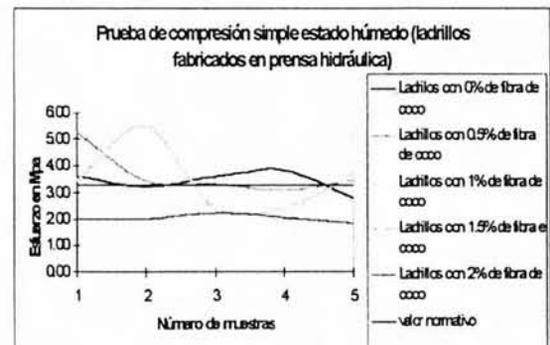


Figura 2.8.- Representación gráfica de los resultados obtenidos en la prueba de compresión simple de los ladrillos con 0, 0.5, 1, 1.5 y 2% de fibra de coco.

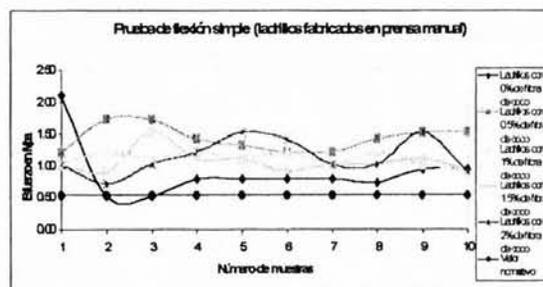


Figura 2.9.- Representación gráfica de los resultados obtenidos en la prueba de flexión de los ladrillos con 0, 0.5, 1, 1.5 y 2% de fibra de coco.

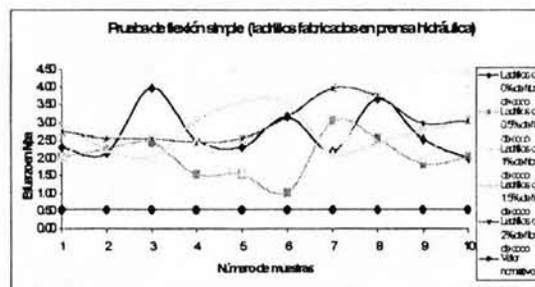
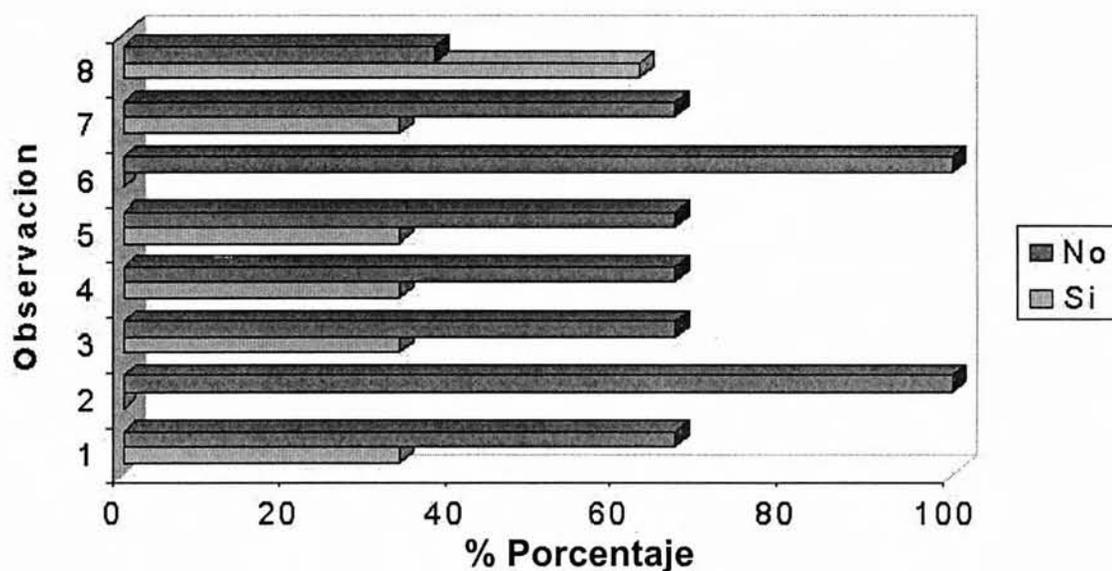


Figura 2.10.- Representación gráfica de los resultados obtenidos en la prueba de flexión de los ladrillos con 2% de fibra de coco.



1. Aparición de grietas en las juntas.
2. Aparición de hongos.
3. Deformación de los ladrillos.
4. Grietas por carga diferencial.
5. Desprendimiento del recubrimiento.
6. Aparición de humedades.
7. Degradación del muro por intemperismo.
8. Colapso del muro

Figura 2.11.- Datos estadísticos del experimento de campo.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones extraídas de las pruebas de laboratorio

Después de haber realizado las pruebas físicas a la fibra de coco, se puede confirmar que presenta buenas características para ser utilizada como material de refuerzo en ladrillos de adobe.

- Las pruebas químicas también arrojaron que no existe ningún problema para su almacenaje.

- Una vez realizadas las poblaciones de experimentales y hechas las pruebas correspondientes se puede concluir que:

- El mejor porcentaje de fibra de coco para adicionar es del 1%. Presenta mejores características que las demás poblaciones, excepto en su permeabilidad, que es mayor.

- Tienen mejores características los ladrillos realizados con la prensa hidráulica que con la manual. A esta conclusión se llega porque los fabricados con la prensa hidráulica obtuvieron incrementos de resistencia a la compresión simple en estado seco de un 272,7% a la primera grieta y de

un 249,2% a la rotura total, por lo que respecta a la flexión tuvieron un incremento del 191,1 % con respecto a los fabricados con prensa manual.

- Asimismo, en la prueba de compresión en estado húmedo, los ladrillos fabricados con prensa hidráulica tuvieron incrementos del 188,9 % a la primera grieta y de un 191,1% a la ruptura total, por encima de los fabricados con prensa manual.

- Con respecto a las pruebas de absorción y permeabilidad se comprobó también un mejor comportamiento de los ladrillos realizados con prensa hidráulica, ya que se obtuvo una reducción de 23,12% en los ladrillos fabricados con este tipo de prensa y en cuanto a la permeabilidad se consiguió una reducción del 47,09%.

- La mejora que presentan los ladrillos al adicionarles la fibra es la siguiente:

En la resistencia a la compresión se obtuvo un incremento medio de un 1,94% en estado seco, mientras que en estado húmedo se obtuvo un decremento medio del 5,60%. Con referencia a los resultados obtenidos en los ensayos a flexión se llegó a conseguir unos valores de un 13,8% superiores en el ladrillo reforzado con 2% de fibra con respecto al que no fue reforzado.

El comportamiento ante la absorción y la permeabilidad de los ladrillos reforzados con fibra no fue bueno. El incremento medio de la absorción fue del 36,7%. Asimismo se incrementó, de forma notoria, la permeabilidad, debido a que la fibra deja huecos en el ladrillo y permite la introducción del agua; el incremento medio fue del: 172,4%

- Con respecto a la densidad, la variación de peso no fue apreciable, ya que la fibra si bien no tiene un gran peso, tampoco disminuye notoriamente el propio de la pieza.

- Por último, las pruebas químicas nos demostraron que la fibra de coco no varía los valores de resistencia a los ácidos, ni a los álcalis, ni facilita la generación de bacterias.

7.2. Conclusiones extraídas de las pruebas de campo

- El 64% de los muros no terminaron la fase experimental. Sin embargo, esto fue debido a un factor no considerado: las cargas de viento.

- El 33% de los muros presentaron grietas en las uniones. Todos ellos tenían uniones de arcilla.

- El 33% de los muros presentaron desprendimiento del aplanado. Todos ellos tenían uniones de arcilla.

- El 33% de los muros presentaron grietas por cargas diferenciales. Todos ellos estaban contruidos con ladrillos

machihembrados, y las grietas se debieron a la irregularidad del apoyo de uno con otro.

- El 100% de los muros no presento ningún tipo de humedad en su superficie y por ninguna de las dos caras.

- El 33% de los muros se deformaron y éstos fueron los contruidos con ladrillos machihembrados.

- El 100% de los muros no presentaron aparición de hongos.

- El 100% de los muros presentó un buen comportamiento a la intemperie, tanto recubiertos como no recubiertos.

2.3. Recomendaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos, tanto en el laboratorio como en el campo pueden establecerse las siguientes conclusiones generales:

- El mejor porcentaje de fibra de coco, para el refuerzo del ladrillo de adobe, es el 1%, ya que:

Porcentajes de fibra de coco mayores al 1% disminuyen la resistencia a la compresión.

La fibra de coco hace más poroso al material y esto le perjudica en zonas húmedas como aquella donde se ha realizado el experimento.

- Es necesario contrarrestar las cargas de viento. Sería recomendable realizar contrafuertes o refuerzos estructurales a los muros o incrementar el espesor del mismo como mínimo hasta 30 cm.

- La fibra de coco no produce ningún tipo de hongo una vez incorporada al ladrillo y mezclada con el cemento como estabilizador.

- El refuerzo de fibra de coco sólo produce mejoras en el incremento de la resistencia a flexión. Además, si tenemos en cuenta que los ladrillos sin fibra superan la resistencia a flexión exigida para la función que van a realizar, no se considera necesario la incorporación de fibra de coco al ladrillo de adobe.

- Los resultados obtenidos con los ladrillos fabricados con prensa hidráulica son mucho mejores que los obtenidos con los ladrillos fabricados con prensa manual.

- El uso de ladrillos de adobe en zonas húmedas deberá realizarse mediante la protección de un zócalo de un material impermeable y de cornisas o vuelos amplios para impedir la acción del agua sobre los muros.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ADOBE BUILDER (2000). INTERAMÉRICAS, BOOK NO. 8. EEUU. ISSN-1093-006X
- (2) ADOBE BUILDER (2001). RAMMED EARTH, BOOK NO. 9. EEUU. ISSN-1093-006X
- (3) ASTM (1997). STANDARD SPECIFICATION FOR FIBER-REINFORCED CONCRETE AND SHOTCRETE C-1116-97. EEUU.
- (4) Avita G, Rodolfo, C. (1997). SUELO CEMENTO, México: IMCYC.
- (5) Bardou, Patrick, y Arzoumainian, Varoujan (1981). TECNOLOGÍA Y ARQUITECTURA, ARQUITECTURA DE ADOBE. Barcelona: Gustavo Gili. ISBN: 84-252-0924-2
- (6) Belmares Héctor, Barrera Arnoldo, Castillo Ernesto, Verheugen Etienne, y Monjaras Margarita (1980). NEW COMPOSITE MATERIALS FROM NATURAL HARD FIBERS (pp. 555-561). México: Centro de Investigación en Química Aplicada.
- (7) Boyle-Bodin, F., et. Al (1989). ESTUDIOS DE LA INFLUENCIA DEL GENERO DE LAS ARCILLAS EN LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE "BARRO" ESTABILIZADO POR MORTERO HIDRÁULICO, Vol. I, ponencia 11 (pp. 207-216) en: Tercer Simposium CIB/RILEM MÉXICO '89, sobre materiales y tecnología para la construcción de vivienda de bajo costo. México: INFONAVIT.
- (8) Campbell Malcolm D., Coutts Robert S.P., Michell Anthony J., y Wills Donald (1980). COMPOSITES OF CELLULOSIC FIBERS WITH POLYOLEFINS OF CEMENT. A SHORT REVIEW, (pp 596-601). USA: Ind. Eng. Chem. Prod. Res.
- (9) Centro de Investigación Navapalos (1998). ARQUITECTURA DE TIERRA, Serie Monografías. Madrid: Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Fomento. ISBN: 84-498-0387-X
- (10) Cytel - Habytel (1999). MEMORIA DEL 1º SEMINARIO Y TALLER IBEROAMERICANO SOBRE VIVIENDA RURAL Y CALIDAD DE VIDA EN LOS ASENTAMIENTOS RURALES. Cuernavaca: UAM.
- (11) De la Fuente Lavalle, Eduardo (1995). SUELO CEMENTO, USOS, PROPIEDADES Y APLICACIONES. México: IMCYC.
- (12) De la Fuente, Javier (1989). CONSTRUCCIÓN DE ADOBE CON UN CRITERIO CONTEMPORÁNEO. San Nicolás de los Garza: Facultad de Arquitectura de la U.A.N.L.
- (13) Guerrero B., Luis Fernando (1994). ARQUITECTURA DE TIERRA. México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- (14) Hernández Ruiz, Luis Enrique, y Márquez Luna, José Antonio (1985). CARTILLA DE PRUEBAS DE CAMPO PARA LA SELECCIÓN DE TIERRAS EN LA FABRICACIÓN DE ADOBES. México: Conescal. ISBN: 968-29-0055-7
- (15) Higuera Gil, Sergio (1981). LA CASA DE TIERRA, PLAN ESTATAL DE VIVIENDA POPULAR Y CAMPESINA. México: ITAVU.
- (16) Houben, Hugo; Rigassi, Vicebt, y Gamier, Philippe (1996). SERIE TECNOLOGIES NO. 5, BLOCS DE TERRE COMPRIME, ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION. Bruxelles: CRAterre - EAG ISBN: 2-906901-12-1
- (17) Houben, Hugo, y Dr. Oyejola O.A (1998). SERIE TECNOLOGIES NO. 11, BLOCS DE TERRE COMPRIME, NORMES. Bruxelles: CRAterre - EAG ISBN: 2-906901-18-0
- (18) Houbert, Guillaud; Joffroy, Thierry, y Odul Pasca (1995). BLOCS DE TERRE COMPRIME, VOLUME II. MANUEL DE CONCEPTION ET DE CONSTRUCTION. Alemania: CRAterre - EAG ISBN: 3-528-02082-2
- (19) INEGI (2001). XII CENSO GENERAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA, 2000. México: INEGI
- (20) ITAVU (1987). INFORME TÉCNICO SOBRE LA FABRICACIÓN DE ADOBE. México: ITAVU.
- (21) Juárez Badillo, Eulalio; Rico Rodríguez, Alfonso (1975). MECÁNICA DE SUELOS, TOMO I, FUNDAMENTOS DE LA MECÁNICA DE SUELOS. México: Limusa. ISBN: 968-18-0069-9
- (22) Levin, Fanny (1993). ESTUDIO PARA LA ELABORACIÓN DE COCO RALLADO Y CARBÓN ACTIVADO. San José, Ed. C.N.P.
- (23) Martis Neves, Celia; Ribas Hermelo, José; Ottazzi Pasino, Gianfranco; Vargas Neumann, Julio; de Silva Guimaraes, Suely, y San Bartolome Ramos Angel (1995). RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACIÓN DE NORMAS TÉCNICAS DE EDIFICACIÓN DE ADOBE TAPIAL, LADRILLO Y BLOQUES DE SUELO-CEMENTO. La Paz: Ediciones Gráficas "E. G".
- (24) McHenry Jr, Paul Graham (1996). ADOBE COMO CONSTRUIR FÁCILMENTE. México: Trillas. ISBN: 968-24-513-10
- (25) Navaez Tijerina, Adolfo Benito. (2002). HÁBITAT Y VIVIENDA EN AMÉRICA, ARQUITECTURA Y DESARROLLO SUSTENTABLE 3. San Nicolás de los Garzas: Universidad Autónoma de Nuevo León, Universidad de Camagüey. ISBN: 970-694-078-2
- (26) Rigassi Vicent (1995). BLOCS DE TERRE COMPRIME, VOLUMEN I. MANUEL DE PRODUCTION. Alemania: CRAterre - EAG ISBN:3-528-02081-4
- (27) Roux Gutiérrez Rubén Salvador (1990). UTILIZACIÓN DEL MATERIAL ADOBE PARA LA VIVIENDA POPULAR EN LA ZONA CONURBADA DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO PÁNUCO. Tampico: Facultad de Arquitectura de la U.A.T.
- (28) Roux Gutiérrez Rubén Salvador (1999). INFLUENCIA DEL CEMENTO PÓRTLAND TIPO I EN LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS DE ADOBE TECNIFICADO EN TAMPICO, TAM. Tampico: Universidad de Sevilla.
- (29) Salas Serrano Julián (1995). HABITERRA, EXP. IBEROAMERICANA DE CONSTRUCCIÓN DE TIERRA. Bogotá: Escala. ISBN: 958-9082-84-X
- (30) SECOFI, D. G. N. (1983). NORMA OFICIAL MEXICANA, NMX-C-036-1983. INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - LADRILLO, BLOQUES Y ADOQUINES DE CONCRETO- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE -MÉTODO DE PRUEBA. Naucalpan: Ed. Dirección General de Normas de la SECOFI.
- (31) SECOFI, D. G. N. (1986). NORMA OFICIAL MEXICANA, NMX-C-010-1986. INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CONCRETO, BLOQUES, LADRILLOS, TABIQUES Y TABICONES. México: Dirección General de Normas de la SECOFI.
- (32) SECOFI, D. G. N. (1986). NORMA OFICIAL MEXICANA, NMX-C-037-1986. INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN-CONCRETO-BLOQUES- LADRILLOS O TABICONES DE CONCRETO- DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA;. México: Dirección General de Normas de la SECOFI.

(33) SECOFI, D. G. N. (1976), NORMA OFICIAL MEXICANA, NMX-C-6-1976. INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN – LADRILLO Y BLOQUES CERÁMICOS DE BARRO, ARCILLA O SIMILARES. México: Dirección General de Normas de la SECOFI.

(34) Velásquez Lozano Jesús (1997). SELECCIÓN DE MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DE

TABIQUES DE TIERRA. Saltillo: Universidad Autónoma de Coahuila.

(35) Zapata M., Blanca Helena (1991). FABRICACIÓN DE BLOQUES DE SUELO – CEMENTO, SERIE 12, NO. 6, PUBLICACIÓN 902, Colombia, : Instituto colombiano de Productores de Cemento – IPC.

* * *