

SISTEMA AUTOCONSTRUCTIVO PARA MURO COMPUESTO A PARTIR DE TIERRA-CONCRETO, TETRABRICK

Horacio H Villarreal M¹; Jorge L Acevedo D.¹; Mario F Trejo A.¹ y Perla E García C.²

¹ Corporación Mexicana de Investigación en Materiales SA de CV.

Blvd. Oceania 190, Fracc Saltillo 400. CP 25290, Apartado Postal 491, Saltillo Coahuila, México. Tel 01 (52) 84 44 11 32 00 ext 1145; Fax 01 (52) 84 44 16 98 31. Email: jacevedo@comimsa.com.mx

² Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Av Charro 450 norte, Col Partido Romero. CP 32310, Cd. Juárez Chihuahua, México

Palabras clave: muro, tierra, tetrabrick

Resumen

El presente proyecto tiene la finalidad de mostrar el desarrollo de un sistema autoconstructivo para la elaboración de muros de tierra-concreto-tetrabrick con resistencia mecánica de acuerdo a lo requerido en las normas de construcción. Para lo anterior se consideraron los siguientes aspectos: Sustentabilidad, es decir aplicar materiales considerados como desechos domésticos e industriales. Técnicamente, para lo cual se planteó un sistema autoconstructivo: a) con propiedades mecánicas de acuerdo a las normas de construcción establecidas; b) espesor apropiado (13 cm), c) progresivo; d) que no requiera más de dos personas para su construcción; e) uso de materia prima (Cemento y agregados) de la región; f) empleo mínimo de herramientas especializadas y g) flexible para la realización de acabados interiores y exteriores, y el último aspecto es desde el punto social, a) aceptado culturalmente, es decir, atendiendo los requerimientos socio culturales b) capaz de ser construido por la mujer, b) fácil de asimilar y manipular, c) sin requerimiento de conocimiento ni experiencia en las técnicas convencionales de construcción; d) económico, es decir por debajo de los sistemas tradicionales y e) construido de acuerdo a la capacidad de ahorro. Lo anterior, llevo al desarrollo de un sistema constructivo para muro *in situ* de concreto con tierra confinada en envases de tetrabrick a partir de un molde fácil de manipular autoalineable con las dimensiones de 73x34x13 cm. El procedimiento de elaboración se compone en dos etapas, la primera, relleno de los envases de tetrabrick de un litro con tierra y sellado de los mismos, una vez realizada esta etapa, colocarlos en grupos de cuatro envases amarrados, en seguida colocarlos dentro de la cimbra y vaciar el concreto de manera que se forme un panel modular. Los resultados mostraron desde el punto de sustentabilidad, el empleo de un material considerado de desecho doméstico como es el envase de tetrabrick como contenedor resistente. Técnicamente, se desarrollo un muro de 13 cm de espesor con resistencia a la compresión de aproximadamente 54 kg/cm² con el empleo de una persona usando únicamente materiales de uso común. Finalmente, desde una perspectiva social, aceptado por no romper con aspectos constructivos actuales a un costo aproximado de \$35.00 (3.2 dólares americano) metro cuadrado.

Introducción

En México, la problemática de la vivienda se acentúa en el campo, en gran medida por el desinterés que presenta las autoridades en los diferentes niveles. Postura, similar la manifestada por el sector de la construcción, bajo el argumento que no resulta viable económicamente. Aunado a lo anterior, bajo un entorno marcado por continuos estreñimientos económicos, se presenta la constante migración de la población a las grandes ciudades o a los Estados Unidos de América. Lo anterior, ha orillado a un deterioro considerable del parque habitacional en gran parte de las zonas rurales de México. Ante tal situación, la autoconstrucción, definida como la participación activa de los ciudadanos en la solución de su problema habitacional, se presenta como un recurso no solamente viable, sino que se realiza cotidianamente. La participación activa de los ciudadanos la cual es una forma de cooperación laboral que generalmente involucra redes familiares y vecinales, y se sustenta en la incorporación del valor agregado, vía trabajo familiar que, en otras

circunstancias, impacta notablemente en el costo de la construcción al erogarse el pago de operarios¹.

La demanda de vivienda autoconstruida se puede desglosar, a grandes rasgos, en los siguientes submercados: trabajadores informales, residentes de pequeños poblados y zonas rurales, trabajadores urbanos de bajos ingresos y personas que sin contar con un apoyo institucional construyen su vivienda. De la cual prácticamente dos terceras partes de todas las casas auto-construidas están en áreas rurales. De los materiales empleados en la construcción los bloques de concreto, ladrillo cocido y los adobes son mayor demanda. Sin embargo, hoy en día, la aplicación del bloque y ladrillo han estado desplazando rápidamente al adobe, entre otras razones, costo, pero sobre todo disponibilidad. Por lo anterior, la presente investigación presenta el desarrollo del sistema autoconstructivo para la elaboración de muros de tierra-concreto-tetrabrick con resistencia mecánica de acuerdo a lo requerido en la normatividad de construcción. Se considero los siguientes aspectos: Sustentabilidad, es decir aplicar materiales considerados como desechos domésticos e industriales. Técnicamente, para lo cual se planteó un sistema autoconstructivo: a) con propiedades mecánicas de acuerdo a las normas de construcción establecidas; b) espesor apropiado (13 cm), c) progresivo; d) que no requiera más de dos personas para su construcción; e) uso de materia prima (Cemento y agregados) de la región; f) empleo mínimo de herramientas especializadas y g) flexible para la realización de acabados interiores y exteriores, y el último aspecto es desde el punto social, a) aceptado culturalmente, es decir, atendiendo los requerimientos socio culturales b) capaz de ser construido por la mujer, b) fácil de asimilar y manipular, c) sin requerimiento de conocimiento ni experiencia en las técnicas convencionales de construcción; d) económico, es decir por debajo de los sistemas tradicionales y e) construido de acuerdo a la capacidad de ahorro.

Desarrollo

Selección de los envases. Los criterios para llevar a cabo la elección de envases consisten básicamente en envases de un litro de tetrabrick limpios y secos que no presente ruptura. Para el presente trabajo se emplearon envases de 20 x 10 x 7 cm.

Preparación de envases. Cortar una pequeña parte superior del envase de aproximadamente 5 centímetros de longitud, justo donde se abre el envase para posteriormente rellenarlo con tierra.

Preparación de la tierra de relleno. Para preparar la tierra de relleno se recomienda cualquier tipo de tierra, asegurándose que este libre de humedad y piedras de tamaño superiores a la media pulgada, esto se evita cribando la tierra. Si presenta humedad excesiva, exponerla al sol hasta que elimine el agua retenida y después cribar para eliminar las piedras.

Relleno de envase. Con la espátula metálica, proceder a rellenar los envases con la tierra, para este propósito se recomienda ir depositando pequeñas cantidades con la finalidad de no obstruir la entrada preparada con anticipación. Rellenar el envase hasta su máxima capacidad, compactando ligeramente el envase para permitir que se acomode en su interior la tierra colocada.

Sellado de envase. Una vez rellenado el envase, sellarlo usando preferentemente cinta de dos pulgadas de ancho tipo “masking tape” o cinta para ductos. Para llevara a cabo este etapa, primero cortar un pedazo de aproximadamente diez centímetros, y con este tramo sellar la abertura del envase, después reforzarlo colocando porciones de cinta en la partes superior e inferior, con el propósito de conferirle mayor resistencia.

Unión de envases. Después de rellenar y sellar los envases, se procede a sujetarlos. Lo anterior para conformar el material de relleno en el panel, para esta operación se recomienda utilizar un cordel de rafia o mecate delgado. El proceso de amarrado consiste en

juntar cuatro envases, colocados horizontalmente, enseguida amarrarlos con el cordel de tal forma que permanezcan unidos, la cantidad de atados que se requieren para la elaboración de un panel es de cuatro para un total de dieciséis envases por panel, correspondiente a la misma cantidad en litros. Figura 1.



Figura 1. Amarre de envases de tetrabrick relleno con tierra

Lubricación. La actividad se realiza con la finalidad de facilitar el desmolde, lubricando las partes del molde que tienen contacto con el concreto. La lubricación se podrá realizar con cualquier material disponible, recomendando a fin de no encarecer el sistema, utilizar aceite automotriz, manteca o aceite vegetal de desecho. Para distribuir uniformemente el lubricante por toda la superficie del molde se podrá auxiliar de una brocha comercial.

Armado del molde. Lubricado se procede a realizar el armado del molde, colocando primero una tapa lateral para unir las placas frontal y posterior, cada pieza tiene coincidencia para ensamblarse entre sí, por lo que se continua colocando la otra tapa lateral, quedando el molde que será vaciado para fabricar el panel.

Alineación y nivelación del molde. Colocar el molde en el lugar donde se desea instalar el muro, asegurándose que esté alineado con respecto al muro por construir; esto se realiza colocando un hilo que sirve de guía para posicionar el molde donde sea requerido. El siguiente paso es asegurar su correcta nivelación, esto se realizara con la ayuda del nivel de gota, al colocarlo verticalmente en una cara ya sea interior o exterior del molde, observando que la gota se pueda ver justo al centro del indicador del nivel, una vez obtenida la nivelación deseada fijar el molde de tal forma que se mantenga sin movimientos al vaciar el concreto.

Colocación de envases relleno con tierra. Depositar el primer conjunto de envases rellenos con tierra al fondo del molde, teniendo la precaución de dejar un espacio de aproximadamente un centímetro entre estos y ambas caras, respecto a los lados perpendiculares de estos, un espacio no mayor de dos centímetros. Para posteriormente, colocar otro amarre o atado justo arriba del primero en la misma posición. En seguida, colocar un amarre del otro extremo cuidando que respete los espacios ya señalados, para continuar enseguida con el último amarre encima del ya instalado, siempre cuidando que los espacios sean respetados. Ver Figura 2.



Figura 2 Molde empleado para la realización de paneles de concreto rellenos con tierra confinada envases de tetrabrick

Elaboración de concreto. Para la elaboración del concreto empleado para construir el módulo se necesita:

Cemento gris (tipo CPC-30R)

Agregado fino (Arena N°4)

Agregado grueso (Grava tipo sello de ¼")

Agua

Para medir la cantidad de los materiales se requiere de una cubeta limpia y seca, la cual servirá de medida volumétrica. Los niveles para el vaciado se observa en la siguiente tabla:

Material	Cantidad (kg)	Graduación de cubeta (cm)
Cemento	4.30	28
Agregado fino (arena N°4)	16.00	19
Agregado grueso (grava tipo sello ¼")	9.70	24.5

Tabla 1 Relación de materiales para la fabricación de módulos de concreto y tierra confinada en envases de tetrabrick

La graduación se obtiene al medir la distancia del borde de la cubeta hasta donde lo indica la tabla (ejemplo: cemento: 28 centímetros del borde hasta el fondo). Una vez conocida la graduación, proceder a medir los materiales que se requieren, con la ayuda de la pala, iniciar con la arena, llenando la cubeta justo en la marca señalada para este material, compactar levemente. Continuar con la grava y el cemento, siguiendo los mismos pasos explicados. Se deberá tener la precaución de depositar los materiales medidos en un lugar limpio, libre de grasas, orgánicos, tierra o cualquier otro elemento nocivo para la mezcla de concreto.

Mezclado de los materiales. En caso de que se realice el mezclado manualmente, se inicia con el mezclando en seco hasta lograr una homogenizar la mezcla. En seguida, con la misma pala hacer un cráter al centro de la mezcla, la cual servirá para verter el agua para la mezcla en húmedo. En seguida, medir la cantidad de 3.9 litros de agua necesaria para elaborar un módulo de 0.13x0.34x0.73m. La cantidad de agua disminuirá de acuerdo a la humedad de la arena y la grava. Ya medida el agua, agregar aproximadamente tres cuartas partes de esta justo al centro del cráter y proceder a mezclar e ir agregando poco a poco el agua restante hasta obtener una mezcla con buena fluidez.

Vaciado del concreto. Con la ayuda de la cuchara de albañil, tomar una cantidad pequeña de mezcla e introducirla al molde cuidando en todo momento que no se muevan los envases rellenos de tierra y que el concreto llegue preferentemente a las caras interior y exterior del panel, repetir esta operación hasta que se llene el molde a la mitad aproximadamente, enseguida introducir la varilla en los espacios donde se esta vaciando el concreto, con la finalidad de facilitar el acomodo en los espacios, deberá tenerse cuidado de no mover los envases rellenos de tierra y mucho menos perforarlos. Después con el mazo de hule golpear levemente las partes externas del molde para ayudar a que se acomode el concreto y saque este la mayor cantidad de aire posible, cuidando siempre que el molde se mantenga en la posición previamente colocada. Repetir los pasos hasta llegar a su llenado total. Al finalizar con el vaciado del panel, es conveniente cubrir con una bolsa de plástico o cualquier otro elemento que sirva de protección para evitar la deshidratación adversa o la contaminación del concreto, esta técnica favorece al concreto para su curado. En condiciones normales este panel se puede desmoldar después de 24 horas de vaciado, pero se puede reducir el tiempo si la temperatura ambiental es alta (superior a los 32° C).

Prueba de resistencia a la compresión

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de la Corporación Mexicana de Investigación en Materiales SA de CV. Empleando para la aplicación de la carga una maquina universal Marca Tinnus Olsen con una capacidad de 60 toneladas La carga fue aplicada mediante un pistón hidráulico a una velocidad de 1 t/min. Las probetas de paneles para ensayo presentaron las dimensiones de 0.13x0.2x0.41 m.

Resultados y discusión

Los resultados de los ensayos a la compresión de los módulos fabricados se muestran en la figura 3. Se aprecia que los valores de resistencia alcanzados desarrollados alcanzaron aproximadamente 54 kg/cm² a los 28 días de curados.

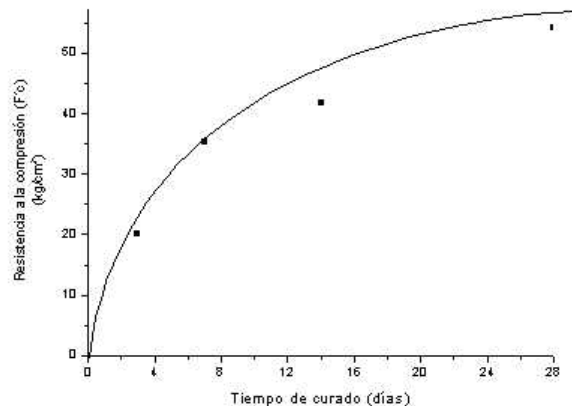


Figura 3. Gráfica de resistencia a la compresión del módulo del sistema constructivo propuesto

En la figura 4, se observa las fallas presentes en el módulo de prueba del sistema desarrollado. Inicialmente la falla es longitudinal, consecuencia de la presencia del concreto. Posteriormente, aparecer la falla transversal. En este caso, debido a la carga ejercida sobre los envases de tetrabrick.



Figura 4. Falla desarrollada en los módulos del sistema propuesto expuestos a carga a compresión. Lado derecho falla longitudinal, lado izquierdo, falla transversal

Conclusiones

- Se desarrollo un sistema constructivo técnica y económicamente viable y sustentable.
- La prueba de resistencia a la compresión realizada alcanzo un promedio de 54 kg/cm^2 suficiente para cumplir ampliamente con las especificaciones de 5 kg/cm^2 especificado en la norma.
- Costo por metro cuadrado 3.5 dólares.
- Acabado en ambas caras del muro.

Bibliografía

*ROMERO N. Lourdes, HERNÁNDEZ R Mauricio y ACEVEDO D Jorge, "Vivienda y autoconstrucción. Participación femenina en un proyecto asistido" En: Frontera Norte. El Colegio de la Frontera Norte. México.2005.107-131.
