



Participación de la mujer en un sistema de autoconstrucción sustentable

CÉSAR A. JUÁREZ ALVARADO*, PEDRO L. VALDEZ TAMEZ*, BIANCA C. GUEVARA MORENO*, JORGE L. ACEVEDO DÁVILA**

La demanda de vivienda digna por parte de la población de menos recursos económicos se acentúa cada vez más; sin embargo, este sector es el que por su incierta situación laboral no puede aspirar a una vivienda nueva, por lo que la autoconstrucción es su única alternativa viable. Este proyecto hace énfasis en una autoconstrucción asistida y sustentable que, además de promover mejores condiciones de vida, fomente una cultura de reutilización de subproductos contaminantes. Este artículo da a conocer los primeros resultados experimentales de un desarrollo tecnológico de autoconstrucción sustentable, éstos se presentan desde el punto de vista del técnico; sin embargo, se enfatiza en su impacto social en la población de bajos recursos. Actualmente se investiga en el laboratorio sobre la posibilidad de incorporar subproductos industriales al sistema constructivo, lo que generaría importantes ahorros económicos a los usuarios.

Antecedentes

En 2004 se inició, en Saltillo, Coahuila, el proyecto de innovación tecnológica aplicado a la autoconstrucción, su objetivo era probar tecnologías alternativas que permitieran a la población de escasos recursos construir o ampliar sus viviendas. El proyecto se orientó a la población femenina de familias

donde las esposas estuvieran dedicadas "al hogar". La razón por la que la propuesta está dirigida a este perfil fue que se partió del supuesto que consiste en reconocer en la estructura familiar la existencia de un "tiempo libre" en la jornada de trabajo doméstico de las mujeres, principalmente en las familias de escasos recursos, el cual generalmente es destinado a actividades que, sin contar con un empleo formal, le permite allegarse recursos extraordinarios, o bien se utiliza para el descanso. Esto no supone que lo último se considere innecesario, sino que las mujeres cuentan con un tiempo que en general no pueden emplear en actividades económicamente productivas formales, no porque así lo elijan, sino por la percepción de sus roles y la necesidad práctica de atender a la familia.

La propuesta tecnológica desarrollada por la Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V. (COMIMSA), y el Cuerpo Académico de Tecnología del Concreto de la Facultad de Ingeniería Civil de la UANL (CATC), tiene dos objetivos principales: uno de carácter técnico y otro organizativo. El primero consiste en desarrollar sistemas constructivos que permitan: a) utilización de materia prima de uso común y de fácil disponibilidad; b) obtener materiales de constructivos con pro-

** Facultad de Ingeniería Civil, UANL. cjuarez@fic.uanl.mx

** Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V., Saltillo, Coah. jacevedo@comimsa.com.mx

propiedades mecánicas de acuerdo a estándares y normativa nacional de calidad y construcción; c) empleo mínimo de herramientas especializadas. El segundo objetivo consiste en el diseño de un procedimiento de construcción que ofrezca: a) el desarrollo de una autoconstrucción progresiva que no requiera más de dos trabajadores a la vez y cuyo grado de dificultad se adapte fundamentalmente a las condiciones físicas y sociales de la mujer; b) que no requiera de un conocimiento especializado ni experiencia en las técnicas convencionales de construcción; c) fabricación de materiales de acuerdo a niveles de ahorro promedio; d) que atienda a los requerimientos culturales de la región; e) que ofrezca la flexibilidad en el diseño y tamaño de las construcciones que demanden los usuarios.

El proyecto consistió en cuatro etapas: información y sensibilización, capacitación, construcción y evaluación. COMIMSA y el CATC proporcionaron la asistencia técnica, que incluyó la capacitación y supervisión de la calidad en los procesos constructivos, y económica, brindando los materiales de construcción, herramientas y moldes para la elaboración de los prototipos tecnológicos para la construcción de una habitación de 22 m² de superficie, en promedio.

Los prototipos se diseñaron para la edificación de los muros a base de paneles de concreto aligerados con envases de polietileno tereftalato (PET) de desecho (envases de refrescos de dos litros). Las mujeres participantes fueron elegidas con base en un estudio de factibilidad, realizado previamente por personal del Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS), en treinta familias residentes en colonias populares de la ciudad de Saltillo, Coahuila. El objetivo de dicho estudio se centró en conocer la experiencia autoconstructiva de las familias.

Las unidades de análisis fueron las viviendas y los hogares, que se determinaron en función del ingreso en un rango de entre dos y tres salarios mínimos, y dos indicadores de vivienda: a) vivienda de material sólido con dos cuartos, cocina incluida, b) vivienda con paredes de materiales ligeros, naturales y precarios. El estudio de factibilidad se basó en una metodología eminentemente cualitativa, por lo que no fue una muestra estadística y los resultados

son representativos sólo de este segmento de la población. Con base en la información proporcionada, se definieron elementos como el papel que desempeñan en la estructura familiar, la participación de los miembros en el ingreso global, la distribución del gasto familiar, las formas de cooperación intrafamiliar, las formas de organización del trabajo dirigido a la autoconstrucción y su experiencia en la organización vecinal. Del universo de las familias entrevistadas se eligieron las cinco participantes del proyecto piloto, privilegiando su condición de precariedad habitacional, aptitud física y disposición para que los miembros de la familia participaran en un proyecto de autoconstrucción asistida. Las mujeres quedaron a cargo de la responsabilidad del proyecto en su respectiva unidad doméstica.

Descripción del programa experimental

Siguiendo con el desarrollo del proyecto, la primera parte consistió en informar y sensibilizar a las participantes de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales a utilizar. Posteriormente se dio capacitación sobre el manejo de la tecnología mediante pláticas y sesiones de adiestramiento personales, lo que permitió pasar a la etapa de la construcción, primero con los paneles de concreto aligerado con PET en forma individual y, posteriormente, la construcción dentro de la vivienda de muros a base de estos paneles de concreto. Adicionalmente fueron fabricados bloques individuales y muros de concreto, con la finalidad de ser evaluados en el laboratorio de Tecnología del Concreto del Instituto de Ingeniería Civil de la UANL.

Comportamiento físico-mecánico del PET

Ya que el PET es de uso común en la industria, su comportamiento físico y mecánico fue obtenido de la bibliografía consultada,^{1,3} donde se reportan ensayos a tensión en probetas de PET en forma de barras prismáticas de 80x10.5x4.6 mm, de acuerdo al ASTM D 790M-92.

Evaluación de la resistencia a compresión del concreto

Para evaluar la resistencia mecánica a la compresión, se fabricaron especímenes cilíndricos de concreto con agregados de caliza propios de la región. La granulometría del agregado cumple con la norma ASTM C-33⁴. Asimismo, se utilizó cemento Portland tipo CPC 30R común en la región y agua potable. En la tabla I se pueden observar las proporciones usadas en la fabricación de los especímenes de concreto.

Tabla I. Proporciones de materiales para fabricar el concreto de bloques aligerados con PET.

| Material | kg/m ³ |
|--|-------------------|
| Cemento | 260 |
| Agua total | 182 |
| Agregado fino (arena No. 4) | 826 |
| Agregado grueso "Sello" 64 mm (1/4 pulg.) | 914 |

Para el mezclado de los ingredientes, primero se homogeneizaron los agregados, posteriormente se agregó el cemento y el agua total (agua de reacción + agua de absorción de los agregados). Se mezclaron los ingredientes obteniéndose una relación agua/cemento (A/C) = 0.70. La mezcla se vació en moldes cilíndricos metálicos de 10.2 mm de diámetro, el vaciado se realizó en tres capas, compactando con 25 golpes con una varilla de acero punta de bala diámetro de 6.35 mm (1/4") y cuatro golpes por capa con el martillo de goma. Todos los especímenes se mantuvieron en sus moldes durante 24 hrs., protegiéndolos de la pérdida de humedad, posteriormente fueron curados en forma estándar, se mantuvieron dentro de un cuarto con 95% de humedad relativa y 23°C hasta el momento de su ensaye. El procedimiento de mezclado, colado y curado fue de acuerdo con la norma ASTM C 192-98.⁵ Todos los especímenes fueron ensayados a compresión, de acuerdo con la norma ASTM C 39-04⁶ a las siguientes edades: 4, 7, 14, 28 y 90 días.

Evaluación de la resistencia a compresión de bloques de concreto aligerado con PET

Se fabricaron tres bloques de concreto con relación

A/C = 0.70, las dimensiones de estos bloques fueron de 130x340x730 mm aligerados con envases desechables de PET. Los bloques fueron ensayados a compresión con una máquina universal electrónica, marca Tinius-Olsen, con capacidad máxima de 200 toneladas y a una velocidad de 1 t/min.

Evaluación de la resistencia a compresión de muros de concreto aligerado con PET

Los muros constituyen un sistema constructivo aligerado que se utiliza como muros de carga, muros divisorios y bardas perimetrales. Cuatro muros de 2.19 m largo, 2.20 m de alto y 0.13 m de espesor rematado por un cerramiento de concreto, fueron ensayados a compresión en una losa de reacción de concreto reforzado con una superficie aproximada de 100 m². La losa tiene la capacidad de soportar una carga a tensión en cada grupo de anclas de 50 t. El sistema de aplicación de carga consiste en pistones hidráulicos de 150 t montados sobre marcos de carga a partir de acero estructural, los cuales se anclan a la losa de reacción.

Resultados experimentales y discusión

Comportamiento físico-mecánico del PET

En la bibliografía consultada¹³ se reporta que en ensayes a tensión en probetas de PET se presenta un comportamiento característico de un material polimérico dúctil con formación de cuello de estricción relativamente estable. El cuello se forma y muestra una estricción aproximadamente de 45° respecto al eje de aplicación de la carga, típico de un mecanismo de deformación por bandas de cortante. Una vez formada la estricción se genera un emblanquecimiento paulatino en la zona del cuello a medida que se deforma, lo que es acompañado de un calentamiento en esta zona. Este emblanquecimiento es asociado principalmente a un proceso de cristalización inducido por la deformación en el PET, lo cual puede verificarse al observar que la ruptura no sobreviene por una caída abrupta en la tensión (ruptura frágil), sino por un proceso de formación de fibras que sufren una progresiva ruptura. Adicionalmente, se observó cierto aumen-

to aparente de la deformación a la ruptura, lo que implicaría un incremento aparente de la tenacidad.¹⁻³

El comportamiento dúctil a tensión del PET descrito en la bibliografía consultada permite suponer que su comportamiento a compresión, cuando éste se encuentre embebido en el concreto, sea muy similar en lo referente a la ductilidad y tenacidad, lo que permitirá, en caso de presentarse una falla en el bloque de concreto o en el muro, que ésta sea del tipo dúctil, evitando así las fallas frágiles típicas de la mampostería de concreto.

Resistencia a compresión del concreto

La resistencia mecánica del concreto es la medida de la cantidad de esfuerzo requerido para hacer fallar el material.⁷ Puesto que la resistencia del concreto es una función del proceso de hidratación, que es relativamente lento, tradicionalmente las especificaciones y las pruebas para la resistencia del concreto se basan en muestras curadas bajo condiciones estándar de temperatura y humedad, por un periodo de 28 días.⁸

Tabla II. Resultados de la resistencia a compresión de cilindros del concreto usado para fabricar los bloques.

| No. de espécimen | Edad (días) | Carga máxima (kg) | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | Promedio (kg/cm ²) |
|------------------|-------------|-------------------|---|--------------------------------|
| 1 | 4 | 5270 | 65 | |
| 2 | 4 | 6324 | 78 | 69 |
| 3 | 4 | 5189 | 64 | |
| 4 | 7 | 7459 | 92 | |
| 5 | 7 | 8269 | 102 | 98 |
| 6 | 7 | 8107 | 100 | |
| 7 | 14 | 10377 | 128 | |
| 8 | 14 | 10134 | 125 | 122 |
| 9 | 14 | 9161 | 113 | |
| 10 | 28 | 9729 | 120 | |
| 11 | 28 | 10945 | 135 | 127 |
| 12 | 28 | 10215 | 126 | |
| 13 | 90 | 11421 | 141 | |
| 14 | 90 | 12263 | 151 | 139 |
| 15 | 90 | 10048 | 124 | |

Durante la construcción en laboratorio de los bloques de concreto aligerados con PET, se llevó a cabo un estudio para determinar la resistencia del concreto de diseño. Se fabricaron y ensayaron a compresión uniaxial al menos tres cilindros de concreto a edades de 4, 7, 14, 28 y 90 días, permaneciendo durante ese periodo en el cuarto de curado descrito anteriormente. En la tabla II se muestran los resultados de los ensayos a compresión en cilindros de concreto a diferentes edades basados en la norma ASTM C 39-04.⁶

En la figura 1 se puede apreciar el comportamiento de la resistencia a compresión de los cilindros de concreto, con respecto al tiempo. Se diseñó teóricamente una mezcla que proporcionara una resistencia a la falla por compresión especificada a los 28 días de 100 kg/cm², la cual es adecuada para la aplicación de los bloques de concreto en el tipo de edificación objetivo de la presente investigación. De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede esperar que la resistencia a la compresión del concreto usado para fabricar los bloques de concreto aligerados con PET supere a la resistencia de diseño.

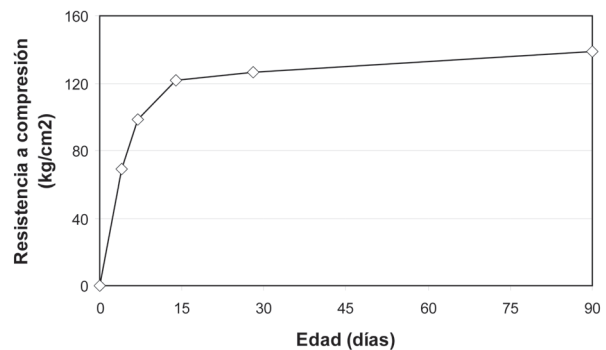


Fig. 1. Comportamiento de la ganancia de resistencia a compresión del concreto utilizado para la fabricación de los bloques aligerados con PET.

Resistencia a compresión de los bloques de concreto aligerado con PET

Se fabricaron tres bloques de concreto aligerado con envases de PET (figura 2). Los bloques de concreto fueron ensayados a compresión para determinar su resistencia individual y predecir el comportamiento estructural de los muros fabricados mediante éstos. En la tabla III se señalan los resultados en los ensayos a compresión de los bloques.



Fig. 2. Bloque de concreto aligerado con envases de PET.

Tabla III. Resultados de la resistencia a la compresión de bloques de concreto aligerado con PET.

| No. de bloque | Ancho (mm) | Largo (mm) | Carga de agrietamiento (kg) | Carga máxima (kg) |
|---------------|------------|------------|-----------------------------|-------------------|
| 1 | 131 | 724 | 6600 | 21064 |
| 2 | 130 | 729 | 11149 | 20549 |
| 3 | 130 | 728 | 11980 | 18742 |

La falla que se presentó en estos paneles sujetos a compresión uniaxial fue iniciada por el agrietamiento vertical en el plano de alineación de los envases de PET, como puede observarse en la figura 3, el cual es un plano débil del bloque, ya que tiene la menor área de concreto; sin embargo, aun después de presentarse el agrietamiento, el bloque de concreto mantuvo su capacidad de carga e inclusive ésta se incrementó hasta llegar a la carga máxima, la cual fue mayor a la del primer agrietamiento, tal como puede apreciarse en la tabla III. Este comportamiento fue similar en todos los bloques ensayados, generándose solamente en el bloque número 3 una concentración de carga en su cara inferior.

Después de la primera grieta vertical en el plano de los envases de PET, se presentaron agrietamientos en la cara del bloque, mostrando un patrón de grietas diagonales por zonas de tensión diametral hasta la falla por aplastamiento del concreto. De acuerdo a las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería⁹ (NTC), la resistencia a compresión se determinará para cada tipo de piezas de acuerdo con el ensaye especificado en la norma NMX-C-036. Para el dise-

ño se empleará un valor de resistencia, f_p^* , medida sobre el área bruta.



Fig. 3. (a) Agrietamiento vertical en el plano de los envases de PET.



Fig. 3. (b) Patrón de agrietamiento de los bloques de concreto aligerado con envases de PET sujetos a compresión.

$$f_p^* = \frac{\overline{f_p}}{1 + 2.5cp} \quad (1)$$

Donde $\overline{f_p}$ es la media de la resistencia a la compresión de las piezas, referida al área bruta, y cp es el coeficiente de variación de la resistencia a compresión de las piezas.

Basándose en la NTC, el valor de cp no se tomará menor que 0.20 para piezas provenientes de plantas mecanizadas que evidencien un sistema de control de calidad como el requerido en la norma NMX-C-404-ONNCCE,⁹ ni menor de 0.30 para piezas de fabricación mecanizada, pero que no cuentan con un sistema de control de calidad, también, no menor que 0.35 para piezas de producción arte-

sanal. De esta manera, la resistencia a la compresión de los bloques de concreto, aligerado con PET, fue de 11.3 kg/cm^2 , considerando $\rho = 21.2 \text{ kg/cm}^3$ y $\gamma = 0.35$. En la tabla IV se presentan los límites mínimos recomendados de peso volumétrico y resistencia a la compresión según las NTC del Distrito Federal, en lo que se refiere a mampostería. Se puede apreciar que el bloque de concreto aligerado con PET se encuentra dentro de lo especificado por las normas de diseño y construcción mexicanas, además tiene cualidades muy similares a los bloques

Tabla IV. Comparativa del peso volumétrico neto mínimo y de la resistencia a la compresión de diseño para diferentes tipos de mampostería.⁹

| Tipo de mampostería | Peso volumétrico (kg/m^3) | Resistencia a la compresión (kg/cm^2) |
|--|--------------------------------------|--|
| Tabique de barro recocido | 1300 | 15.0 |
| Tabique de barro con huecos verticales | 1700 | 40.0 |
| Bloque de concreto | 1700 | 20.0 |
| Tabique de concreto (tabicón) | 1500 | 20.0 |
| Bloque de concreto aligerado con PET | 1250 | 11.3 |

que usualmente se comercializan.

Resistencia a compresión de los muros de concreto aligerado PET

Se construyeron, en el Laboratorio de Tecnología del Concreto del Instituto de Ingeniería Civil, cuatro muros a base de paneles de concreto aligerado con envases de PET. Dos muros se construyeron con los paneles alineados, y los dos restantes fueron contruidos con los paneles desfasados. Las dimensiones de estos muros fueron de 2.19 m de largo (tres paneles) x 2.20 m de alto (seis paneles), que incluye un cerramiento de concreto reforzado de 0.16 m de peralte para remate y 0.13 m de espesor. Los muros se pintaron con un fondo blanco y se dibujó una cuadrícula para marcar el patrón de agrietamiento. La carga fue aplicada mediante un pistón hidráulico a una velocidad de 1 t/min, los muros

fallaron en las uniones entre los paneles al presentarse el agrietamiento entre éstos (ver figura 4).

Los resultados que se muestran en la tabla V indican que los muros de paneles de concreto aligerados con PET presentan una adecuada resistencia, considerando la magnitud de las cargas reales a las que estará expuesto el muro, incluyendo la posibilidad de aplicar cargas provenientes de una vivienda de dos niveles. El comportamiento de los muros durante el ensaye fue de mínima deformación y el agrietamiento se presentó hasta el momento de su falla, al alcanzar la carga máxima y presentarse el agrietamiento, la carga no continuó aumentando de magnitud, definiendo de esta manera la máxima carga alcanzada.



Fig. 4. Agrietamiento vertical en muro de paneles de concreto con PET después del ensaye a compresión.

Tabla V. Resultados de la resistencia a compresión de muros.

| Espécimen | Tipo de falla | Carga máxima (kg) | Promedio (kg) |
|------------------------------|--|-------------------|---------------|
| Muros con paneles alineados | Agrietamiento en la unión de los paneles. | 70131 | 72736 |
| | | 75340 | |
| Muros con paneles desfasados | Agrietamiento por aplastamiento en la zona de carga y fisuras en la unión entre los paneles. | 76890 | 75311 |
| | | 73732 | |

Transferencia del desarrollo tecnológico

De los aspectos importantes que intervinieron en la selección de los mecanismos de transferencia de la tecnología, la influencia de la escolaridad¹⁰ y el

contexto que caracteriza a la población participante fueron criterios que a lo largo del programa favorecieron o limitaron el aprendizaje, por lo que la sistematización del proceso enseñanza-aprendizaje con fines de capacitación debió enfocarse en cuatro elementos principales: *a)* relevancia de la información práctica sobre la teórica; *b)* empleo de manuales e instrumentos didácticos apoyados en el elemento gráfico: dibujos, diagramas, etcétera, más que el texto; *c)* amplios espacios para la aclaración de dudas; *d)* atención personalizada y equitativa. Uno de los resultados inesperados fue la alta valoración que atribuyeron los autoconstructores al aprendizaje de nuevas tecnologías. Este reconocimiento fue equiparado incluso al beneficio que les significó la construcción de la nueva habitación. De acuerdo a los controles de calidad del proceso de fabricación aplicado por el área técnica, todos los autoconstructores tuvieron un nivel de eficiencia óptimo. Por su parte, las familias coincidieron en afirmar que los conocimientos prácticos adquiridos no solamente les habían permitido construir una habitación, sino que habían adquirido habilidades que les permitirían en el futuro continuar mejorando su vivienda. En razón de ello y del dominio adquirido, un programa de esta índole podría considerar la inclusión de un mecanismo de certificación de conocimientos y habilidades.



Fig. 5. Mujer participante en el proyecto durante la construcción de un muro para su vivienda.

Conclusiones

1. El desarrollo tecnológico propuesto es una res-

puesta factible que contribuye a solucionar el problema de vivienda en la población de escasos recursos mediante una participación activa de la mujer.

2. El sistema de autoconstrucción presenta un comportamiento mecánico adecuado, ya que su resistencia a compresión cumple con los requerimientos establecidos por los organismos que regulan la construcción del país.

3. El uso de un subproducto doméstico contaminante (envases de PET), en la fabricación de materiales de construcción, permite asegurar que el sistema de autoconstrucción propuesto es sustentable, generando un beneficio ecológico para la sociedad, al asegurar la utilización de 24 envases de PET de 2 L por metro cuadrado de muro construido.

4. Durante el desarrollo del proyecto, la mujer mantuvo un papel protagónico en la toma de decisiones, situación que lejos de haber constituido una limitante al buen desarrollo del programa, coadyuvó en el logro de los resultados esperados, pues permitió generar la sinergia necesaria para involucrar a los otros miembros del grupo.

5. Es previsible que el porcentaje de la población que pueda acceder a una vivienda nueva se mantenga y no se incremente sustancialmente en el futuro cercano, lo que hace altamente probable que en el mediano plazo la atención al tema del mejoramiento y a la vivienda de autoconstrucción sea tan importante como el que ahora se presta a la vivienda nueva.

Resumen

En este artículo se presentan los resultados de una investigación que, si bien atendió aspectos técnicos, fue su marcada tendencia social la que pone de manifiesto la importancia del desarrollo tecnológico propuesto. El proyecto de investigación consistió, en una parte, en determinar la factibilidad técnica de un desarrollo tecnológico para ser aplicado en la autoconstrucción de vivienda de bajo costo. Sin embargo, la principal aportación de este desarrollo es la participación activa de la mujer y ama de casa como factor principal en la mejora de su patrimonio familiar. El proyecto tuvo el objetivo de probar la viabilidad de una tecnología basada en el empleo de un sistema constructivo sustentable. Los resulta-

dos muestran que el sistema constructivo a base de muros de concreto aligerado con envases de PET tiene propiedades mecánicas similares a los materiales de construcción comerciales y posee un fuerte enfoque de sustentabilidad con mucho, superior a los sistemas constructivos existentes.

Palabras clave: Concreto, PET, Muro, Sustentabilidad, Resistencia a la compresión, Curado, Colado, Agrietamiento, Autoconstrucción.

Abstract

This paper presents the results of an investigation, where although the technological aspects are exposed, it is the strong social current which highlights the importance of the proposed technological developments. The research project consisted in part in determining the technical feasibility of a technological development to be applied in the self construction of a house at a low cost. Nonetheless, the main contribution of this development is the active participation of the woman and housewife as the main factor in the improvement of the household. The project had the objective to prove the viability of a technology based on the use of a sustainable constructive system. The results show that the constructive system with concrete walls lightened with PET packages has mechanical properties similar to the commercial construction materials and has a strong sustainability approach by far better than the existing constructive systems.

Keywords: Concrete, PET, Wall, Sustainability, Compressive strength, Curing, Casting, Cracking, Self construction.

Referencias

1. Young, R. J., Lovell, P. A. 1996. Introduction to Polymers, 2da ed. Londres, Chapman and Hall, pp. 241-424.
2. Young, J. F., Mindess, S., Gray, R. J., Bentur, A. 1998. The Science and Technology of Civil Engineering Materials, ed. by Prentice Hall Inc., pp. 359-371.
3. Kinloch, A. J., Young, R. J. 1983. Fracture Behavior of Polymers, Londres, Inglaterra, Applied Science publisher, pp. 18-371.
4. ASTM C 33-97, Standard Specification for Concrete Aggregates, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1998, p. 7.
5. ASTM C 192-98, Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1999, p. 6.
6. ASTM C 39-04, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 2004, p. 6.
7. Mehta, K., Monteiro, P. 1998. Concreto, estructura, propiedades y materiales, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., México, pp. 286-297.
8. Neville, A. M. 1992. Tecnología del concreto, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, AC, México, pp. 150-165.
9. NMX-C-036, Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería", 2004. pp. 47.
10. Hsai, Y. F., New Horizons in Construction Materials, International Symposium on New Horizons in Construction, Lehigh Valley, Lehigh University Geotechnical Engineering Division, 1976, pp. 525-554.

*Recibido: 15 de abril de 2007
Aceptado: 15 de mayo de 2007*