

# Optimización de los materiales usados en piso firme para viviendas en comunidades de bajo índice de desarrollo humano: Caso Chiapas

## *Optimization of the materials used in cement floors for houses in low human development index communities: application case: Chiapas*

FRANCISCO ALBERTO ALONSO FARRERA<sup>1\*</sup>, JOSÉ ERNESTO CASTELLANOS CASTELLANOS<sup>1</sup>, JOSÉ FRANCISCO GRAJALES MARÍN<sup>1</sup>, FREDY HUMBERTO CABALLERO RODRÍGUEZ<sup>1</sup>, JUAN JOSÉ CRUZ SOLÍS<sup>1</sup> Y JOSÉ ÁNGEL ORTIZ LOZANO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chiapas

<sup>2</sup> Centro de Ciencias del Diseño y de La Construcción, Universidad Autónoma de Aguascalientes

\*Correo electrónico: alfa@unach.mx

ENVIADO EL 06 DE MARZO DE 2015/ ACEPTADO EL 24 DE ABRIL DE 2015

### RESUMEN

El Programa de Mejoramiento de la Vivienda Piso Firme nos Une, se propone como estrategia para abatir los índices de marginación, pobreza y rezago social, propuesta por el gobierno del estado de Chiapas. Para coadyuvar en ese objetivo, se desarrolló una metodología que permite elaborar concreto para piso firme, de acuerdo a los agregados de la región. Esta novedosa metodología permitirá disminuir los costos y aumentar la durabilidad de los pisos firmes.

**Palabras Clave:** piso firme, concreto, optimización

### ABSTRACT

The state of Chiapas government's programa for housing improvement with cement floors (Mejoramiento de la Vivienda Piso Firme nos Une) is proposed as a strategy to lower the levels of marginalization, poverty and social backwardness. To assist in this goal, a methodology was developed in order to make concrete for solid floors, according to the aggregate of the region. This new methodology will reduce costs and increase the durability of the cement floors.

**Keywords:** cement floors, concrete, optimization

### INTRODUCCIÓN

Se requiere dotar de la infraestructura básica que permita integrar a las regiones rurales marginadas a los procesos de desarrollo y detonar sus potencialidades productivas; lo anterior coadyuvará a la reducción de la pobreza y el mejoramiento de la calidad de vida en las ciudades para hacerlas más seguras y habitables. La Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), en el Programa Sectorial de Desarrollo Social 2007-2012 (Sedesol, 2007), propuso dar continuidad a la atención de grupos vulnerables. Una de las acciones propuestas fue el piso firme, con el cual se han beneficiado más de 350 000 viviendas en el estado de Chiapas. Sin embargo, aunque se han hecho esfuerzos por tener un control de calidad en los materiales usados en la elaboración del piso firme, se ha detectado que por las condiciones geográficas donde se localiza la mayoría de las viviendas de las comunidades de menor índice de desarrollo en el estado, no se puede precisar con exactitud si cumplen con las características de calidad requeridas por el proyecto. El problema principal que se presenta en la fabricación del piso firme es su costo por m<sup>2</sup>, debido a que muchas de las viviendas se encuentran en zo-

nas que resultan inaccesibles para el acarreo de los materiales, lo que provoca un aumento en su costo y una disminución en su calidad, por lo que a pesar de que las condiciones de uso y carga en este tipo de pisos es bajo, se ha propuesto que se emplee acero como refuerzo para aumentar su resistencia. Esta problemática es replicable en la mayoría de las zonas rurales marginadas de México.

### Antecedentes

Según lo establece la Sedesol, el piso de tierra es un grave riesgo para la salud de las familias, sobre todo de las menos favorecidas. El programa Piso Firme, creado en el año 2000 durante la gestión del expresidente Vicente Fox Quesada, consiste en sustituir el piso firme por un piso de concreto, con un área de 70 m<sup>2</sup> de una vivienda, particularmente en recámaras y cocina. En el año 2010, el gobierno del estado de Chiapas arrancó la gran campaña Pisos Firmes para Chiapas, con el que se propuso beneficiar a más de 9 mil familias de 11 municipios con menores índices de desarrollo humano (IDH). Esta acción atendió a los Objetivos de Desarrollo del Milenio de la Organización de las Naciones Unidas, ya que son un factor de salud, toda

vez que los pisos de tierra derivan en enfermedades gastrointestinales y respiratorias, principalmente. Esta campaña se refrendó con el compromiso establecido en el programa “Mejoramiento de la Vivienda (Piso Firme Nos Une) ejercicio 2013”. (Chiapas, 2013)

La Universidad Autónoma de Chiapas, como ente de formación de recurso humano y generadora de tecnología, apoya el desarrollo de proyectos enfocados principalmente hacia los municipios con menor IDH. El Cuerpo Académico de Construcción, dentro de sus líneas generales de aplicación del conocimiento, establece una línea relacionada con la tecnología de la construcción, dentro de la cual no solo se desarrollan proyectos de infraestructura urbana con materiales convencionales o nuevos materiales, sino que se proponen proyectos referentes al desarrollo de las comunidades rurales usando técnicas y materiales no convencionales para el fortalecimiento de la infraestructura rural.

El objetivo del proyecto fue realizar un estudio general de los bancos de materiales más importantes que se localizan en las regiones de bajo IDH, con el fin de realizar un diseño de mezcla de concreto adecuado para cada región; así también, realizar estudios en especímenes de concreto con adiciones naturales y sintéticas para aumentar su resistencia a la flexión con la finalidad de evitar el uso de acero de refuerzo en este tipo de pisos, con el fin de buscar beneficios tanto en el proceso constructivo como en el costo por m<sup>2</sup> de piso firme.

Con la finalidad de alcanzar los objetivos se propuso una metodología que consistió en ubicar los bancos de materiales que pudieran emplearse como agregados para concreto, y realizarle los estudios de calidad a los mismos, de acuerdo con lo establecido en las normas, para contar con un diseño de mezcla específico para cada zona. Este diseño se realizó usando los estudios obtenidos anteriormente (Molina, 2009; Alfonzo y Vázquez, 2013; Aguilar, 2013; Hernández, 2014) y usando el método propuesto por el Instituto Americano del Concreto en el documento ACI 211.1 (ACI, 1991), para elaborar los especímenes de prueba con el uso de adiciones naturales o sintéticas (PET

y fibra sintética), pero sin necesidad de usar acero de refuerzo para reducir el costo por m<sup>2</sup>, mismos que se ensayaron a compresión, flexión y desgaste considerando que el suelo de cada vivienda tiene un buen grado de compactación por el uso que se le ha dado durante muchos años.

### **Selección de bancos de materiales**

A partir de la investigación realizada con ayuda de los datos proporcionados por la Sedesol, se localizaron los bancos específicos (de acuerdo con los bancos registrados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes) ubicados en las zonas de estudio y que son aptos para la fabricación de concretos (SCT, 2012); de los anteriores, se seleccionaron los bancos de materiales más usados por los constructores para la elaboración de concretos.

### **Estudios técnicos de los materiales**

Para realizar el diseño específico de concreto para cada región, se obtuvieron mediante pruebas del laboratorio los datos de peso volumétrico (suelto y compactado), tamaño máximo de agregado, densidad, módulo de finura, porcentaje de absorción y porcentaje de humedad, como lo establecen las normas NMX-C-030-ONNCCE, NMX-C-077-ONNCCE, NMX-C-111-ONNCCE, NMX-C-436-ONNCCE, NMX-C-416-ONNCCE, de los agregados de los bancos seleccionados.

### **Adición de materiales naturales o sintéticos a la mezcla de concreto**

La adición de fibras beneficia al concreto tanto en estado plástico como endurecido, debido a que le otorga algunos de los siguientes beneficios: reducción de la fisuración por revenimiento, reducción de la fisuración por contracción plástica, disminución de la permeabilidad, incremento en la resistencia a la abrasión y al impacto, entre otros (Moirá, 1996). Aunque las fibras no alteran considerablemente la contracción libre del concreto, si se emplean en cantidades adecuadas (menos del 1%), pueden aumentar la resistencia al agrietamiento y disminuir la abertura de las fisuras, lo que proporciona una mayor resistencia a la flexión

del concreto (Moirá, 1996). En este proyecto, ya con el diseño de la mezcla se realizaron especímenes de prueba que consistieron en ensayar concreto convencional, concreto con adición de fibra sintética comercial, la cual es una fibra de polipropileno en forma de multi-filamentos, elaborada con polipropileno 100% virgen, usando una proporción de 20 g por cada 50 kg de cemento (densidad 0,91 kg/l, módulo de elasticidad 15 000 kg/cm<sup>2</sup>, resistencia a la tensión hasta 350 kg/cm<sup>2</sup> y pH 7) y concreto con adición de un producto triturado proveniente del reciclado de tereftalato de polietileno PET (densidad 1,45 kg/cm<sup>3</sup>, módulo de elasticidad 31 000 kg/cm<sup>2</sup>, absorción de agua 0,16% y resistencia a la tensión hasta 750 kg/cm<sup>2</sup>) con la misma proporción que la fibra sintética, para lo cual se elaboraron para cada uno de los 3 concretos, 20 cilindros de 15\*30 cm (NMX-C-083-ONNCCE-2002), 5 placas de 50\*50\*10 cm (IMCYC, 2005), 5 vigas de 15\*15\*60 cm (NMX-C-191-ONNCCE-2004) y una placa de 60\*120\*10 cm (IMCYC, 2005); el número de especímenes para cada concreto se determinó con base en el tiempo y espacio para la realización del estudio.

### Ensayo y análisis de resultados de los especímenes de concreto

Se realizaron pruebas de compresión, flexión y desgaste de acuerdo con las normas NMX-C-083-ONNCCE-2002, NMX-C-191-ONNCCE-2004, ASTM C 944, respectivamente. Estos ensayos se realizaron usando una máquina universal Forney 150 T y un taladro de banco con el aditamento especial, según la norma ASTM.

A manera de ejemplo, en el Cuadro 1 se presenta el diseño de la mezcla que se obtuvo con el estudio de los agregados del banco 20 de Noviembre (km 037+000, carretera Ocosingo-Palenque, 17° 21' 32,0" N, 92° 02' 26,2" W), que se encuentra dentro de la lista de los bancos autorizados por la SCT (2012). Cabe mencionar que este diseño es el que se propuso como diseño óptimo para todos los

**Cuadro 1.** Dosificación para el banco ubicado en el ejido 20 de Noviembre

Dosificación 1 m <sup>3</sup> Concreto f'c = 150 kg/cm <sup>2</sup>		
Cemento	250	kg
Agua	165,35	L
Arena	888,02	kg
Grava	930,75	kg

demás bancos, debido a que en la media de sus resultados (Cuadro 2) fue el que menor variación presentó, con respecto a los otros bancos. Este estudio se comparó con los resultados presentados en Molina (2009) para analizar la variabilidad en la granulometría de los bancos analizados en este proyecto de acuerdo con los límites que establece la norma mexicana (NMX-C-077-1997-ONNCCE), obteniéndose resultados donde la variabilidad es mínima y cae dentro de los rangos establecidos por las normas.

Los resultados obtenidos de los ensayos a los especímenes muestran una pequeña variabilidad, con respecto al diseño óptimo propuesto. A manera de ejemplo, en la Cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos de las 4 distintas pruebas realizadas a los concretos elaborados con agregados del banco 20 de Noviembre. Los resultados obtenidos demuestran que el diseño de mezcla cumple con el f'c de diseño, así como también los valores obtenidos para el MR son superiores a los valores propuestos por Martínez y col. (2009) y con respecto a los valores de desgaste, estos son menores a los establecidos en la norma ASTM C944-99. Estos resultados indican que es aceptable usar el diseño de mezcla presentado en la Cuadro 1, para un f'c = 150 kg/cm<sup>2</sup> para su uso como piso firme. En la Cuadro 3 se presenta la optimización de estos materiales presentada para 1 m<sup>3</sup>, en volumen y para botes de 18 litros.

**Cuadro 2.** Resultados obtenidos en las pruebas de compresión, flexión y abrasión

Concreto	Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Flexión (MR)	Abrasión (%)
Convencional	152	34	0,07%
Con fibra sintética	155	40	0,06%
Con PET	155	38	0,07%

**Cuadro 3.** Optimización de los materiales usados en piso firme para viviendas en comunidades de bajo índice de desarrollo humano

Material	Para 1 m <sup>3</sup> de concreto	Volumen absoluto de los materiales, L	Relación para 1 bulto de cemento x bote
Cemento	250 kg	15,87	1
Agua	165,35 L	33,07	1 3/4
Arena	888,02 kg	108,62	6
Grava	930,75 kg	127,59	6 3/4
Fibra Sintética/PET	100/100 g	2,06/0,07	20/20 g

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de los distintos especímenes de concreto elaborados con agregados de distintos bancos ubicados en las zonas con más bajo IDH en el estado de Chiapas, permite proponer un manual de diseño de mezcla de concreto para piso firme sin necesidad del uso de malla de refuerzo, con lo que se optimizan los materiales, el proceso constructivo y se disminuyen los costos para elaborar piso firme en zona rural, aumentando la calidad de vida en el mejoramiento de la vivienda rural en el estado de Chiapas. Esta metodología es replicable en otras zonas marginadas de México.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de este artículo agradecen el apoyo proporcionado por la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Chiapas, a través del Sistema Institucional de Investigación en su Convocatoria 2012.

## REFERENCIAS

- ACI (1991). ACI 211.1-91 Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete-Procedure for Mix Design. American Concrete Institute
- Aguilar, R. (2013). Ensayo de cilindros de concretos con materiales de la región, empleando las normas NMX. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNACH. Junio 2013. pp. 35-50.
- Alfonzo, J. & Vázquez, M. (2013). Caracterización y ensayo de bloques de mortero con materiales de la región, empleando las normas NMX. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNACH. Junio 2013. pp. 12-20.
- Chiapas (2013). "Programa Mejoramiento de la Vivienda (Piso Firme Nos Une) ejercicio 2013" <[http://sedepas.chiapas.gob.mx/docs/Piso\\_Firme/PISO\\_FIRME\\_2013.pdf](http://sedepas.chiapas.gob.mx/docs/Piso_Firme/PISO_FIRME_2013.pdf)>. pp. 11.
- Hernández, E. (2014). Estudio técnico para la dosificación de concretos con fibras para su uso en piso firme. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNACH. Marzo 2014. pp. 27-83.
- IMCYC (2005). Agrietamiento en el concreto. Conceptos básicos del concreto. Septiembre 2005. Capítulo 16. pp. 75-78.

- IMCYC (2013). El concreto en la obra, problemas, causas y soluciones. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. <<http://www.imcyc.com/problemas.htm>>
- Moira, H. (1996). Mixing, Placing, and Finishing Fiber-Reinforced Concrete. Concrete Construction, July 1996. Publication #C960537. PDF version.
- Molina, N. (2009). Caracterización de los materiales de la zona centro de Chiapas en la composición del concreto aparente como elemento arquitectónico. Tesis de Grado de Maestría en Ingeniería. Facultad de Ingeniería, UNACH. pp. 78-120.
- SCT (2012). Inventario de Bancos de Materiales. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Centro SCT Chiapas. pp. 04-10.
- Sedesol (2007). Programa Sectorial de Desarrollo Social 2007-2012. Secretaría de Desarrollo Social, Gobierno Federal. <<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo137.pdf>>. p. 12.
- W. Martínez Molina, J. C. Rubio Avalos, E. M. Alonso Guzmán, H. L. Chávez García, F. A. Velasco Ávalos, N. Pastor Gómez y C. Lara Gómez (2009). Concreto hidráulico reforzado con fibras de polipropileno conservando constante la relación A/C de diseño. Ciencia Nicolaita n° 51. Julio 2009. p. 174.

### Normas utilizadas

- NMX-C-030-ONNCCE-2004 "INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - AGREGADOS - MUESTREO"
- NMX-C-111-ONNCCE-2004 "INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - AGREGADOS PARA CONCRETO HIDRÁULICO - ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA"
- NMX-C-436-ONNCCE-2004 "INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - AGREGADOS PARA CONCRETO - COEFICIENTE VOLUMÉTRICO (DE FORMA) EN AGREGADO GRUESO - MÉTODO DE PRUEBA"
- NMX-C-416-ONNCCE-2003 "INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - MUESTREO DE ESTRUCTURAS TÉRREAS Y MÉTODOS DE ENSAYO"
- NMX-C-083-ONNCCE-2002 "INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO - DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CILINDROS DE CONCRETO - MÉTODO DE PRUEBA"
- NMX-C-191-ONNCCE-2004 "INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - CONCRETO - DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO USANDO UNA VIGA SIMPLE CON CARGA EN LOS TERCIOS DEL CLARO"
- NMX-C-077-ONNCCE-1997 "INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN - AGREGADOS PARA CONCRETO - ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - MÉTODO DE PRUEBA"
- ASTM C944-99 "STANDARD TEST METHOD FOR ABRASION RESISTANCE OF CONCRETE OR MORTAR SURFACES BY THE ROTATING - CUTTER METHOD"