

# CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO DE MÉXICO

Dr. Héctor Nolasco Soria, Director General y Editor

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

La Paz, B.C.S., a 14 de diciembre de 2014



Francisco Alberto Alonso<sup>1</sup>, José Ernesto Castellanos<sup>1</sup>, José Francisco Grajales<sup>1</sup>, Fredy Humberto Caballero<sup>1</sup>, Juan José Cruz<sup>1</sup>, José Ángel Ortiz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ingeniería, <sup>2</sup>UAA

alfa@unach.mx

## Resumen

El Programa de Mejoramiento de la Vivienda Piso Firme nos Une, implementado por el gobierno del estado de Chiapas, se propuso como estrategia para abatir los índices de marginación, pobreza y rezago social. 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 "Programa de Mejoramiento de la Vivienda Piso Firme nos Une" (Program for House Improvement Cement Floor Unites Us) is proposed as a strategy to bring down the levels of marginalization, poverty and social backwardness, given by the state government of Chiapas. To assist in this goal, a methodology to develop concrete solid floor, according to the aggregates in the region, was developed. This new methodology will reduce costs and increase the durability of the cement floors.

**Key words:** cement floors, concrete, optimization.

**Área temática:** Área 7. Ingenierías.

## Problemática

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 en la reducción de la pobreza y el mejoramiento de la calidad de vida en las ciudades para hacerlas más seguras y habitables. El programa sectorial de desarrollo social 2007-2012 (SEDESOL 2007) propuso dar continuidad en 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 localizan 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 en 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 zonas 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 utilice acero como refuerzo para aumentar su resistencia. Esta problemática es replicable en la mayoría de las zonas rurales marginadas de México.

Tabla 1. Dosificación para el banco ubicado en el ejido 20 de Noviembre.		
Dosificación 1m <sup>3</sup> Concreto f'c = 150 kg/cm <sup>2</sup>		
Cemento	250	Kg
Agua	165.35	Lts.
Arena	888.02	Kg
Grava	930.75	Kg

## Usuarios

La Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), dependencias estatales y municipales relativas al desarrollo socioeconómico, los habitantes de los municipios con menor índice de desarrollo humano (IDH), para el caso particular los del estado de Chiapas.

## Proyecto

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 ex presidente Vicente Fox Quesada, consistió 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 la que se propuso beneficiar a más de 9 mil familias de 11 municipios con los menores IDH. Esta acción atendió a los Objetivos de Desarrollo del Milenio de la ONU, 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" (Sedepas-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 sobre tecnología de la construcción, dentro de la cual no sólo 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 en el Estado, con el fin de realizar un diseño de mezcla de concreto adecuado a cada región, así como también el de 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 objeto de buscar beneficios tanto en el proceso constructivo como en el costo por m<sup>2</sup> de piso firme.

La metodología aplicada incluyó un estudio técnico para optimizar los materiales empleados en la construcción de piso firme, que proporcionen la resistencia requerida, 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>.

**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 a 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 gramos por cada 50 kilos de cemento (densidad 0.91kg/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 cms (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.

Tabla 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%

**Desarrollo de la metodología para la elaboración de concretos.** Con la finalidad de alcanzar los objetivos, se propuso una metodología que consistió en ubicar los bancos de materiales que pueden emplearse como agregados para concreto, con la finalidad de realizarle los estudios de calidad a los mismos, de acuerdo a las normas, anteriormente mencionadas, para contar con un diseño de mezcla específico para cada zona, este diseño se realizó usando los estudios obtenidos anteriormente (Molina 2009, Alfonso 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), con la finalidad de elaborar los especímenes de prueba, mismos que se ensayaron a compresión, flexión y desgaste.

**Pruebas de concretos.** Se realizaron pruebas de compresión, flexión y desgaste de acuerdo a 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 la Tabla 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 el diseño de mezcla de este banco, propuso como diseño óptimo para todos los demás bancos, debido a que en la media de sus resultados (Tabla 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 a 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.

Tabla 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 Lts	33.07	1 3/4
Arena	888.02 Kg	108.62	6
Grava	930.75 Kg	127.59	6 3/4
Fibra Sintetica/PET	100/100 Grs	2.06/.07	20/20 Grs

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 Tabla 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 Tabla 1, para un f'c = 150 kg/cm<sup>2</sup> para su uso como piso firme. En la Tabla 3 se presenta la optimización de estos materiales para 1 m<sup>3</sup>, en volumen y para botes de 18 litros.

## Impacto socioeconómico

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 los costos de 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 a otras zonas marginadas de México.

Contacto: <http://pcti.mx>, [hnolasco2008@hotmail.com](mailto:hnolasco2008@hotmail.com)