

ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE CONCRETOS ELABORADOS CON CEMENTO PORTLAND COMPUESTO (CPC) Y AGREGADOS DE LA REGIÓN.

Dr. Francisco Alberto Alonso Farrera¹, Dr. Alexander López González², Dr. Jesús Alejandro Cabrera Madrid³, Ing. Cristian Gutiérrez Manzo⁴

Resumen

Cuando se habla de durabilidad en estructuras de concreto, se refiere principalmente, a la capacidad de resistir las condiciones ambientales a las que se expone dicha estructura, ya sean ataques mecánicos, químicos, físicos o cualquier otro proceso de deterioro. Es decir, el concreto deberá mantener su forma original, su calidad y sus propiedades de servicio al estar expuesto a un ambiente agresivo. Por lo anterior, la resistencia a compresión de los concretos es uno de los factores principales en la durabilidad del mismo. Diversos investigadores han demostrado que los agregados pétreos tienen un papel importante en la elaboración del concreto, ya que su función principal es abaratar costos, pero es aquí en donde entra la inquietud por averiguar si solo es esa su función, en este presente trabajo se plantea, desarrolla y presenta una comparativa de tres diferentes tipos de agregados gruesos que existen en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas y su influencia en la resistencia a compresión de los concretos elaborados con cemento portland compuesto (CPC), cuya característica principal de este tipo de cemento, es la de producir concretos más cohesivos y trabajables, facilitando su colocación y compactación, lo que aumenta su durabilidad.

Palabras claves.- CPC, agregados, compresión, durabilidad.

Abstract

Durability in concrete structures means the ability to resist the environmental conditions to which said structure is exposed. These conditions can be mechanical, chemical, physical attacks or any other deterioration process. Concrete should maintain its original shape, quality, and service properties when exposed to an aggressive environment. Therefore, the compressive strength of concrete is one of the main factors in its durability. Various researchers have proposed that stone aggregates have an important role in the production of concrete, since their main function is to lower costs, but this is where the concern comes to find out if this is their only function. This project presents a comparison of three different types of coarse aggregates that exist in the city of Tuxtla Gutiérrez, Chiapas and their influence on the compressive strength of concrete made with composite Portland cement (CPC). The main characteristic of this type of cement is to produce more cohesive and workable concrete, facilitating its placement and compaction, which increases its durability.

¹ El Doctor Francisco Alberto Alonso Farrera es profesor-investigador en la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Autónoma de Chiapas, México. alfa@unach.mx

² El Doctor Alexander López González es profesor-investigador en la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Autónoma de Chiapas, México. lexlopez521@gmail.com

³ El Doctor Jesús Alejandro Cabrera Madrid es profesor-investigador en la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Autónoma de Chiapas, México. alejandro12madrid@gmail.com

⁴ El Ingeniero Cristian Gutiérrez Manzo es egresado de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Autónoma de Chiapas, México. Cristian_g_m@outlook.es

Keywords.- CPC, agregates, compressive strength, durability.

Introducción

Durante mucho tiempo se ha notado que el concreto es un material adecuado para lograr estructuras durables, ejemplo de los cuales son las que hoy en día siguen de pie después de muchos años, por lo tanto, se puede decir que el concreto es un material durable y a su vez resistente; sin embargo, en algunas estructuras se puede observar que el concreto se encuentra con algún grado de deterioro, como agrietamiento, descascamiento y erosión, que puede afectar su capacidad estructural; en otras, se pueden apreciar estructuras que solo necesitan retoques en el acabado. Esta diferencia en el desempeño de los concretos con los que fueron realizadas las estructuras, se debe a las condiciones ambientales a las que está expuesto el concreto, a la idoneidad de los materiales y mezclas utilizados, así como a un diseño estructural apropiado ya que todos ellos influyen en su durabilidad (Palbol,1996). La durabilidad del concreto está íntimamente relacionada a la durabilidad individual de sus elementos, de los cuales, los agregados son los señalados como los principales modificadores de ésta. Esto se debe a que la producción de cemento está normada y tecnicada en el país, no así la producción y obtención de algunos agregados, por lo que existe una gran variabilidad en las características de sus componentes, especialmente en los agregados pétreos. Siendo éstas de carácter físico y químico, producen diferentes efectos, tanto en la trabajabilidad del concreto como en su comportamiento en estado endurecido, el cual regirá su vida de servicio (Palbol, 1996). Debido a lo anterior, morteros con diferentes calidades y agregados gruesos con diferentes características (forma, textura, mineralogía, resistencia, entre otros.), pueden producir concretos de distintas resistencias. (Özturan y Çeçen 1997).

Es deseable, entonces, que los agregados particularmente los gruesos tengan una forma un tanto angular y cúbica. (Chan, 1993). Los agregados se pueden calificar por su forma, en base a su grado de redondez y esfericidad, obteniéndose una medida relativa de carácter comparativo y descriptivo. La manera como esta característica puede influir en el concreto fresco es variable, logrando producir, por ejemplo, a mayor grado de redondeamiento menor relación de vacíos, pero por otra parte un menor valor de este parámetro reduce la capacidad de compactación. (Neville 1999). Por otro lado, la granulometría y el tamaño máximo del agregado (TMA) para las gravas, afectan las porciones relativas de los agregados, así como los requisitos de agua y cemento, la trabajabilidad, la economía y la durabilidad del concreto. Cuando los agregados son muy gruesos, pueden producir mezclas rígidas; mientras que aquellos agregados que no poseen una gran deficiencia o exceso de algún tamaño y tienen una curva granulométrica suave, producirán resultados más satisfactorios en las propiedades del concreto fresco. (Kosmatka y Panarese, 1992).

Los agregados son un componente dinámico dentro de la mezcla, aunque la variación en sus características puede ocurrir también durante los procesos de explotación, manejo y transporte. Y puesto que forman la mayor parte del volumen del material, se consideran componentes críticos en el concreto y tienen un efecto significativo en el comportamiento de las estructuras. (Chan 1993).

La necesidad de contar con un concreto de calidad hace indispensable conocer a detalle sus componentes, ya que tanto la resistencia como la durabilidad dependen de las propiedades

físicas y químicas de ellos, especialmente de los agregados. Sin embargo, uno de los problemas que generalmente encuentran los ingenieros y los constructores al emplear el concreto, es la poca verificación de las características de los agregados pétreos que utilizan, lo que propicia con cierta frecuencia resultados diferentes a los esperados. (Cerón et al. 1996).

En los últimos años, las empresas comercializadoras de cemento en la Ciudad, tienen a la venta únicamente cemento portland compuesto (CPC) en presentaciones de 50 kg. Este tipo de cemento se obtiene de la molienda conjunta del Clinker portland, puzolanas, escoria de alto horno, humo de sílice, caliza y sulfato de calcio. Estos componentes adicionales, hacen que el concreto sea más cohesivo y trabajable, facilitando su colocación y compactación, lo que aumenta su durabilidad.

Por lo anterior, en este proyecto se propuso como objetivo conocer la resistencia a compresión de concretos elaborados con cemento portland compuesto (CPC) y con agregados gruesos de la región.

Materiales y métodos

Para alcanzar los objetivos planteados en este proyecto, se dividió la investigación en tres etapas: el trabajo documental y de campo, trabajo experimental y el trabajo de diseño.

a) Etapa documental y de campo:

Recopilar material bibliográfico con información relevante sobre el concreto, su resistencia, características, componentes y propiedades. Conocer sobre las condiciones que deben cumplir los agregados y demás componentes del concreto de acuerdo a las normas que controlan la calidad del concreto para asegurar su estabilidad y resistencia.

Investigar el proceso constructivo del concreto, con el fin de saber las técnicas usadas en México y el mundo, y determinar cuáles de esas técnicas son factibles de aplicarse dadas las características de los agregados disponibles en la zona de estudio.

Investigar la ubicación de los bancos de la zona centro del estado de Chiapas y el tipo de agregado que se produce.

b) Etapa experimental:

Una vez ubicados los bancos de materiales en la zona de estudio, recopilar muestras de los agregados, realizar ensayos de laboratorio para determinar su durabilidad en base a sus características físicas.

c) Etapa de diseño:

Realizar propuestas de dosificación de concretos, elaborar distintas pruebas de laboratorio y determinar su resistencia a la compresión y por último realizar las conclusiones de investigación.

Desarrollo experimental

A partir de la investigación para localizar los bancos de existentes cercanos a la ciudad, se seleccionaron los bancos de materiales más usados por los constructores para la elaboración de concretos.

Con información recabada en sitio sobre los bancos de materiales de la zona de estudio, estos fueron inicialmente clasificados de acuerdo a su procedencia geológica (cantera, caliza, rio) (ver Tabla 1), estableciendo su ubicación (ver Figura 1), así como el tipo de agregado y características físicas.

Tabla 1. Bancos localizados cerca de Tuxtla Gutiérrez (Elaboración propia)

No.	Nombre del banco	Proceso	Identificación
1	Caleras Maciel	Triturada	Caleras Maciel es una tienda de materiales para la construcción que se encuentra ubicada en el libramiento norte de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez.
2	CONSTHER	Triturada	El banco de materiales CONSTHER ofrece material graduado de dos tipos grava triturada blanca y azul, hasta el momento no se encuentra registrado, pero si cuenta con permisos que permiten la extracción del material dentro de las normas. Se encuentra ubicado en la Calzada Emiliano Zapata.
3	Rio Grijalva	Rio	El banco de materiales Rio Grijalva se encuentra ubicado en la carretera Tuxtla Gutiérrez-La angostura.

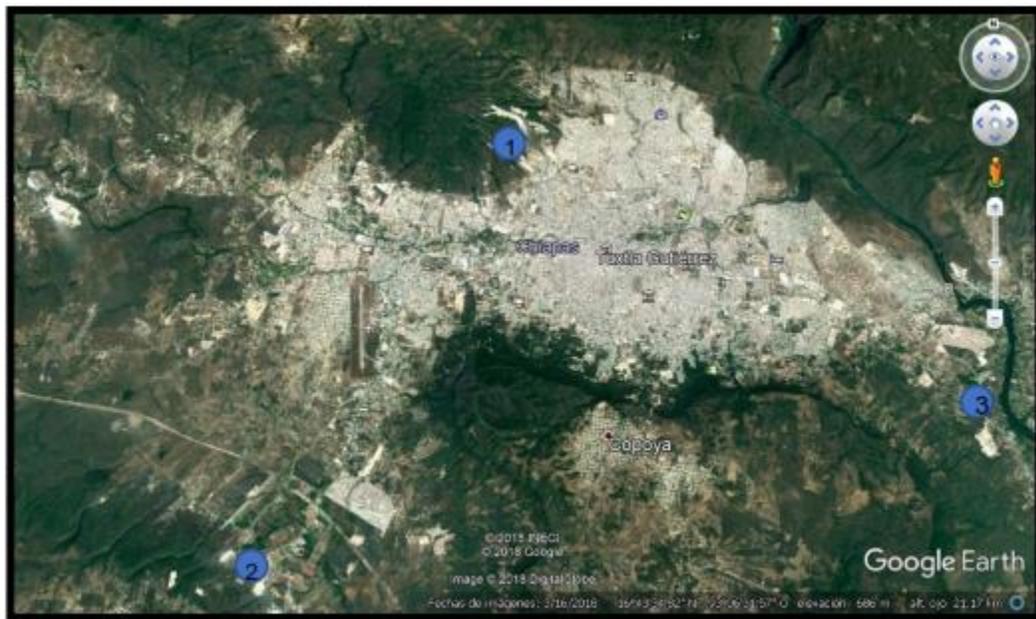


Figura 1. Ubicación de los tres bancos de grava usados como agregado grueso (e.p. modificada de imagen tomada en Google Earth©)

De cada banco, se recolectaron 250 kg de agregado grueso, seleccionado de acuerdo a las especificaciones de muestreo (NMX C-030-ONNCCE-2004). De los cuales se usaron 40 kg para la caracterización del material con base a las pruebas de laboratorio requeridas en las normas (NMX-C-073-ONNCCE-2004, NMX-C-077-ONNCCE-1997, NMX-C-166-ONNCCE-2018). Con el Material restante se realizaron los especímenes para ensayo.

Para el diseño de la mezcla de los tres tipos de gravas, se usó la misma arena, que fue obtenida del banco de materiales de Santo Domingo, cuya caracterización se realizó de acuerdo a lo establecido en las normas NMX(NMX-C-073-ONNCCE-2004, NMX-C-077-ONNCCE-1997, NMX-C-165-ONNCCE-2014, NMX-C-166-ONNCCE-2018).

El cemento utilizado para el desarrollo de las pruebas fue CPC 30R (NMX-C-414-ONNCCE-2004).

Los diseños de las mezclas se realizaron de acuerdo al método del ACI 211.1.

La elaboración de especímenes y ensayos de los mismos se realizó de acuerdo a lo establecido en las normas NMX (NMX-C-083-ONNCCE-2014, NMX-C-109-ONNCCE-2013, NMX-C-159-ONNCCE-2016).

Resultados y discusión

Los resultados de la caracterización obtenidos de los tres bancos se presentan en las figuras siguientes:

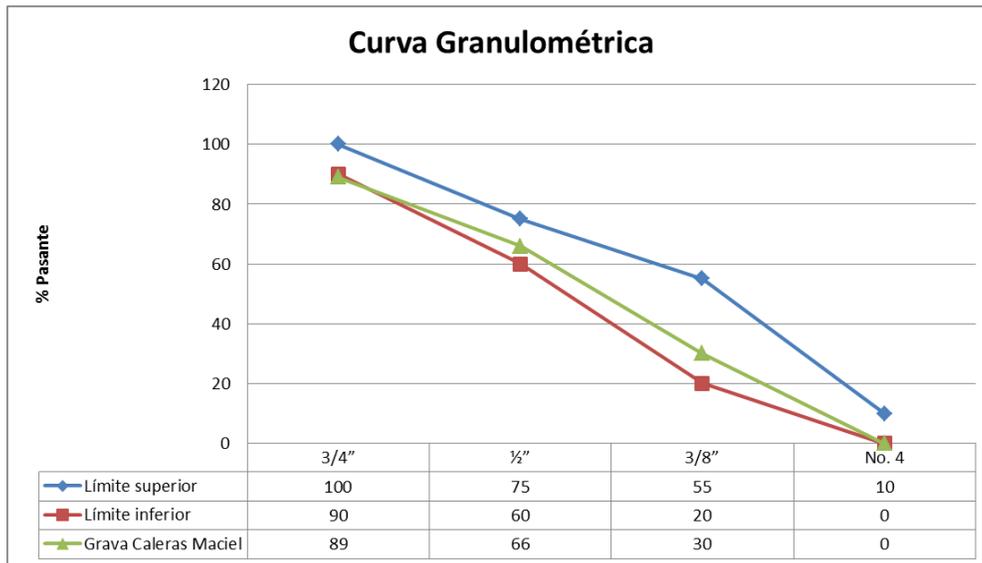


Figura 2. Curva granulométrica de la grava obtenida del banco de Caleras Maciel (e.p.)

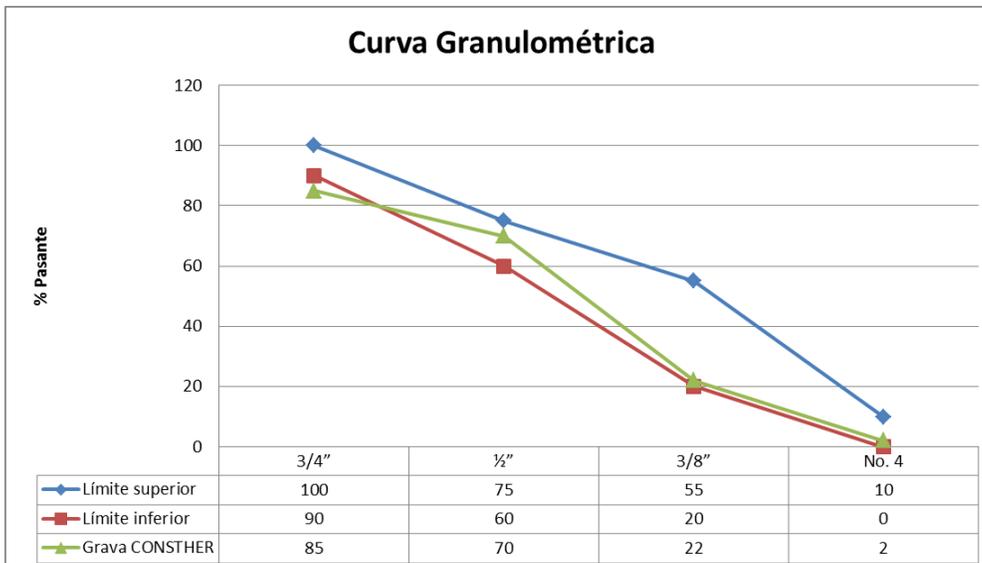


Figura 3. Curva granulométrica de la grava obtenida del banco de CONSTHER (e.p.)

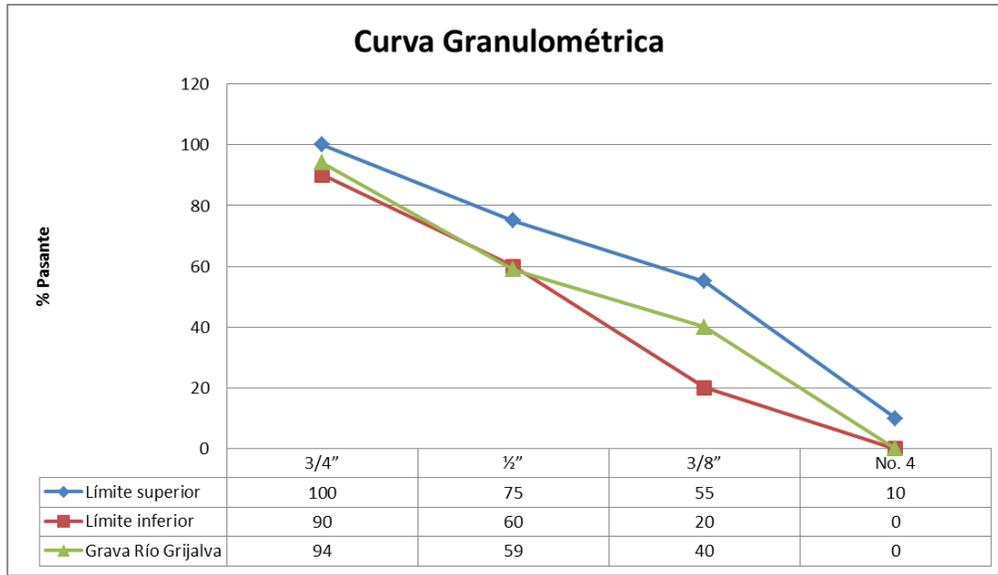


Figura 4. Curva granulométrica de la grava obtenida del banco de Río Grijalva (e.p.).

Como se puede apreciar en las figuras, los tres bancos pueden ser aceptados como agregado grueso, ya que cumplen con los requerimientos de granulometría establecidos para los agregados clasificados dentro de 3/4" por lo que no fue necesario hacer un ajuste en el diseño para poder lograr satisfacer lo que establece la norma.

En la tabla 2, se presenta el análisis de los pesos y densidades de los tres bancos, donde se puede apreciar que la grava procedente del banco de Río Grijalva tiene mayor densidad, pero menor porcentaje de absorción.

Tabla 2. Comparativa de resultados obtenidos de los tres bancos (e.p.)

Nombre del Banco	Proceso	Grava			
		P.V.S.S	P.V.S.C	% Abs	Densidad
Caleras Maciel	Triturada	1,328.00	1,425.90	0.9	2.35
CONSTHER	Triturada	1,408.00	1,590.00	0.8	2.40
Río Grijalva	Río	1,614.20	1,714.10	0.7	2.60

En lo referente a la arena, en la figura 5 y en la tabla 3, se presentan los resultados obtenidos de su caracterización. Se puede observar que los resultados obtenidos de la caracterización, indican que la arena puede ser utilizada como agregado fino en el diseño de la mezcla de concreto.

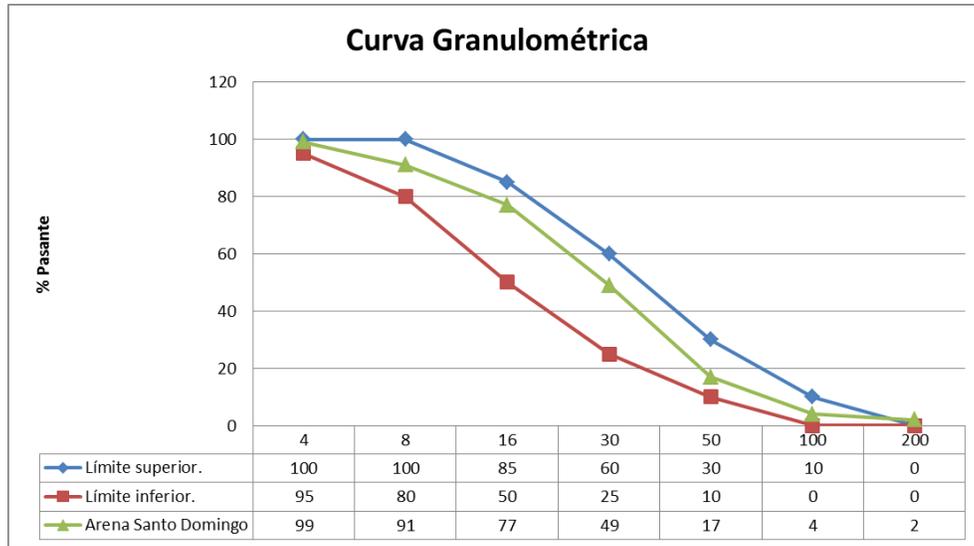


Figura 5. Curva granulométrica de la arena obtenida del banco de Santo Domingo (e.p.).

Tabla 3. Resultados de la caracterización de la arena obtenida del banco de Santo Domingo (e.p.)

Nombre del Banco	P.V.S.S	P.V.S.C	% Abs	Densidad	M.F.
Santo Domingo	1,499.62	1,660.52	1.21	1.72	2.65

De acuerdo al diseño de mezcla las dosificaciones obtenidas para un $f'c = 250 \text{ kgf/cm}^2$, se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Dosificaciones para un $f'c = 250 \text{ kgf/cm}^2$

Agregado	Caleras Maciel	CONSTHER	Río Grijalva
Cemento (kg)	356	372	381
Agua (lts)	205	197	190
Grava (kg)	790	764	754
Arena (kg)	948	922	962
Relación A/C	0.53	0.53	0.53

Se realizaron 4 lotes de especímenes por cada banco de agregados para ser ensayados a 7, 14 y 28 días, en la Tabla 5 se presentan los promedios de revenimiento y resistencia a la compresión de los 4 lotes ensayados a los 28 días.

Tabla 5. Resultados de los ensayos realizados a los especímenes de prueba.

Agregado	Caleras Maciel	CONSTHER	Río Grijalva
Revenimiento (cm)	7.5	8.0	8.0
$f'c$ (kgf/cm ²)	309	312	319

Como se puede apreciar, los resultados obtenidos son mayores a la resistencia de diseño.

Conclusiones y recomendaciones

Los agregados gruesos que se utilizaron para la realización de esta investigación cumplieron con la hipótesis planteada, tomando en cuenta que existe una variación en las características físicas de los mismos, debido a su origen y proceso de extracción.

De la revisión del estado del arte, se estableció que diseños de concreto elaborados con agregados de los mismos bancos, pero usando cemento CPO y CPP, tienen menores resistencia, incluso algunos de ellos no cumplen con la resistencia de diseño.

Por lo anterior, como una conclusión a esta investigación, se establece que si existe un aumento en la resistencia a compresión, la cual se ve influenciada por el agregado grueso y por los componentes que tiene el CPC, por lo que se puede garantizar que este tipo de cementos puede alcanzar y sobrepasar su resistencia de diseño.

En esta investigación se realizó el diseño de mezcla de concreto usando el método tradicional, por lo que se recomienda que, para evitar sobredosificaciones de diseño, es necesario usar un método avanzado para el diseño de las mismas.

Bibliografía

- Alaejos, P. y Fernández, M. (1996). High-performance concrete: requirements for constituent materials and mix proportioning. "ACI Materials journal," (U.S.A.).
- Cerón, M., Duarte, F. y Castillo, W. (1996). Propiedades físicas de los agregados pétreos de la ciudad de Mérida. "Boletín académico FIUADY," (México).
- Chan, P. (1993). Quantitative analysis of aggregate shape based on fractals. ACI Materials journal, (U.S.A.).
- Kosmatka, S. y Panarese, W. (1992). Diseño y control de mezclas de concreto. IMCYC, México
- Neville, A. (1999). Tecnología del concreto. IMCYC, México
- Özturan, T. y Çeçen, C. (1997). Effect coarse aggregate type on mechanical properties of concretes with different strengths. Cement and concrete research (U.S.A.).
- Palbol, L. (1996). Optimización de los agregados para concreto. Construcción y tecnología. (México).
- Uribe, R. (1991). El control de calidad en los agregados para concreto 3ª. parte. Construcción y tecnología. (México).

Normas

- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Manual of concrete practice. Part 1: Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91). Estados Unidos: ACI, 2002. v 1 p. 1-38.
- NMX C-030-ONNCCE 2004. Industria de la Construcción-Agregados-Muestreo
- NMX-C-073-ONNCCE-2004 Industria de la Construcción – Agregados – Masa Volumétrica – Método de Prueba.
- NMX-C-077-ONNCCE-1997 Industria de la Construcción – Agregados para Concreto – Análisis Granulométrico – Método de Prueba.
- NMX-C-083-ONNCCE-2014 Industria de la Construcción – Concreto – Determinación de la Resistencia a la Compresión de Especímenes – Método de Ensayo.
- NMX-C-083-ONNCCE-2014 Industria de la Construcción – Concreto – Determinación de la Resistencia a la Compresión de Especímenes – Método de Ensayo.

NMX-C-109-ONNCCE-2013 Industria de la Construcción – Concreto – Cabeceo de Especímenes Cilíndricos.

NMX-C-109-ONNCCE-2013 Industria de la Construcción – Concreto – Cabeceo de Especímenes Cilíndricos.

NMX-C-159-ONNCCE-2016 Industria de la Construcción – Concreto – Elaboración y Curado de Especímenes de Ensayo.

NMX-C-159-ONNCCE-2016 Industria de la Construcción – Concreto – Elaboración y Curado de Especímenes de Ensayo.

NMX-C-165-ONNCCE-2014 Industria de la Construcción – Agregados – Determinación de la Densidad Relativa y Absorción de Agua del Agregado Fino – Método de Prueba.

NMX-C-166-ONNCCE-2018 Industria de la Construcción – Agregados – Contenido de Agua por Secado – Método de Prueba.

NMX-C-414-ONNCCE-2004 Industria de la Construcción - Cementos Hidráulicos - Especificaciones y Métodos de Prueba.

Notas Biográficas

El Doctor Francisco Alberto Alonso Farrera, obtuvo el grado en la Universidad Politécnica de Cataluña, España, en mayo de 2006, fue director de la Facultad de Ingeniería de la UNACH, durante el período comprendido de Julio de 2012 a Julio de 2016. Es Integrante del Cuerpo Académico “Construcción Sustentable”. Actualmente es profesor-investigador en la misma Facultad y trabaja en proyectos de patologías estructurales, rehabilitación de estructuras y tecnología del concreto.

El Doctor Alexander López González, es doctor por el CINVESTAV Mérida. Es Integrante del Cuerpo Académico “Construcción Sustentable”. Actualmente es profesor-investigador en la Facultad de Ingeniería de la UNACH y trabaja en proyectos de corrosión y tecnología del concreto.

El Doctor Jesús Alejandro Cabrera Madrid, es doctor por el CINVESTAV Mérida. Es colaborador del Cuerpo Académico “Construcción Sustentable”. Actualmente es profesor-investigador en la Facultad de Ingeniería de la UNACH y trabaja en proyectos de corrosión y tecnología del concreto.

El Ingeniero Cristian Gutiérrez Manzo, es Ingeniero Civil egresado de la Facultad de Ingeniería de la UNACH. Participó en Veranos de Investigación Delfin y actualmente es residente de obra de empresa constructora.