



Marzo 2018 - ISSN: 1696-8352

COMPARATIVO DE RESISTENCIAS DE UN HORMIGÓN CONVENCIONAL CON EL EMPLEO DE FIBRAS METÁLICAS Y SINTÉTICAS

Eduardo Humberto Ortiz Hernández ¹

Ingeniero Civil. Master en Obras viales y Pavimentos
Profesor en la Universidad Técnica de Manabí e-mail ehortiz@utm.edu.ec

Lucia Katherine Macías Sánchez ²

Ingeniera Civil. Especialista en Laboratorio de Mecánica de suelos, concreto
y asfalto. Universidad Técnica de Manabí e-mail chinkams@hotmail.com

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Eduardo Humberto Ortiz Hernández y Lucia Katherine Macías Sánchez (2018): "Comparativo de resistencias de un hormigón convencional con el empleo de fibras metálicas y sintéticas", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, (marzo 2018). En línea:
<https://www.eumed.net/rev/oel/2018/03/resistencias-hormigon.html>

Contenido

Resumen.....	1
Abstract	2
1. Introducción	2
2. Materiales y métodos	3
3. Análisis de resultados.....	5
4. Conclusión.....	9
Bibliografía	9

RESUMEN

Con el fin de determinar la influencia de las fibras metálicas y sintéticas en la resistencia de los hormigones para pavimentos rígidos, se ha realizado una investigación en la vía Pimpiguasí – Chone, Provincia Manabí, que consiste en realizar un análisis comparativo de dos diseños de hormigones, uno bajo la dosificación de un hormigón convencional diseñado para una resistencia de 320 kg/cm³ y el otro con las mismas características del anterior adicionándole fibras metálicas y sintéticas, relacionando así la resistencia que estos proporcionen a las edades de 7, 14 y 28 días.

La investigación consistió en la elaboración especímenes de hormigón (cilindros y vigas) para cada uno de los diseños, el primero corresponde a un hormigón convencional es decir con los

componentes agua, cemento, agregado fino y grueso, el otro presenta las mismas características que el anterior pero con el incremento de las fibras metálicas y sintéticas, los mismos que fueron confeccionados y curado bajo su respectiva norma ASTM C31 (ASTM C31 / C31M-18, Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018), para luego ser probados a compresión y flexo-tracción respectivamente a los 7, 14 y 28 días después de su fabricación, permitiendo hacer un comparativo de las resistencias alcanzada entre un hormigón convencional y otro con adiconamiento de fibras metálicas y sintéticas.

Para la ejecución de ambos diseños de hormigón se utilizaron agregados procedentes de la cantera Dos Bocas, ubicada la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas en el caso de los agregados gruesos y de la mina Copeto ubicada en Puerto Cayo de la Provincia de Manabí se obtuvo el material fino.

Palabras claves: Hormigón convencional-Hormigón reforzado-Fibras metálicas-Fibras sintética-Resistencia a compresión.

ABSTRACT

In order to determine the influence of metallic and synthetic fibers on the strength of concrete for rigid pavements, an investigation has been carried out on the Pimpiguasí - Chone road, Manabí Province, which consists in carrying out a comparative analysis of two concrete designs. , one under the dosage of a conventional concrete designed for a resistance of 320 kg / cm³ and the other with the same characteristics of the previous one adding metal and synthetic fibers, thus relating the resistance they provide at the ages of 7, 14 and 28 days .

The investigation consisted in the elaboration of specimens of concrete (cylinders and beams) for each one of the designs, the first corresponds to a conventional concrete that is to say with the components water, cement, fine and coarse aggregate, the other presents the same characteristics as the previous but with the increase of metallic and synthetic fibers, the same that were made and cured under their respective ASTM C31 standard (ASTM C31 / C31M-18, Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018), to then be tested for compression and flexo-traction respectively at 7, 14 and 28 days after its manufacture, allowing to make a comparison of the resistance achieved between a conventional concrete and another with addition of metal fibers and synthetic.

For the execution of both concrete designs, aggregates from the Dos Bocas quarry, located in the Santo Domingo de los Tsáchilas province, were used in the case of the coarse aggregates and the Copeto mine located in Puerto Cayo of the Province of Manabí. Fine material.

Keywords: Conventional Concrete-Reinforced Concrete-Metal Fibers-Synthetic Fibers-compression resistance.

1. INTRODUCCIÓN

Las fibras fueron usadas como material de construcción por muchos siglos, en las últimas tres décadas hubo un incremento por el interés en el uso de fibras en concreto premezclado (Kosmatka , Kerkhoff, Panarese, & Tanesi , 2004). En la década de los 70 se comenzaron a utilizar en España hormigones reforzados con fibras en diversos ámbitos: pavimentación de tableros de puentes, pavimentos industriales, puertos, revestimientos de túneles y prefabricados (Lucea Martínez, 2010).

En los últimos años, la industria de la construcción ha venido adicionando materiales puzolánicos y fibras de refuerzo al concreto convencional con la finalidad de mejorar su desempeño y de disminuir el consumo de cemento. El estudio del comportamiento mecánico de los concretos fibroreforzados es un tema clave para optimizar y potenciar el uso de este material en la industria de la construcción (Robayo, Matthey, & Delvasto, 2013).

Las fibras de acero se usan comúnmente en pavimentos de aeropuertos y en las capas de revestimientos de las pistas. También se usan en los tableros de puentes, pisos industriales y

pavimentos de autopistas. El concreto con fibras en estructuras sometidas al agua en alta velocidad han mostrado que pueden durar hasta tres veces más que las alternativas en concreto convencional (Kosmatka , Kerkhoff, Panarese, & Tanesi , 2004).

El módulo de elasticidad y la resistencia mecánica son las dos propiedades más importantes en la definición de la capacidad de refuerzo que la fibra puede proporcionar en el hormigón (Gonzalez).

Los fabricantes de fibras sintéticas afirman que sus productos pueden ser usados para minimizar las fisuras por contracción plástica o por secado prematuro. Mezclando las fibras en el hormigón en las dosificaciones recomendadas resulta en millones de fibras dispersas uniformemente en la matriz del hormigón. Este refuerzo multidimensional supuestamente otorga al hormigón mayor capacidad de resistencia a tracción. Si se forman las fisuras por retracción, las fibras unen estas fisuras, ayudando a reducir su longitud y anchura. Los efectos de las fibras sobre el comportamiento del hormigón plástico y endurecido varían dependiendo de los materiales del hormigón, proporciones de la mezcla, tipo y longitud de la fibra, y cantidad de fibra agregada (Barreda, Iaini , & Sota, 2000).

Las fibras de sintéticas FibroMac son compuestas por filamentos extremadamente finos, producidos a través de proceso de extrusión, su uso es indicado en concreto y argamasas, ya que reducen el índice de fisuras provocadas por la retracción y asentamiento. Esto se debe a su capacidad de retención de agua en el interior de estas. Además de eso propician un control sobre los fenómenos de exudación y segregación, además mejoran la resistencia al desgaste y al impacto. Las dosificaciones apropiadas se calculan dependiendo de los requisitos de diseño para cada proyecto y proporcionan unas características de desempeño equivalentes al refuerzo convencional de acero (Fibras de refuerzos de concreto , 2016). Las principales ventajas de la adición de fibras sintéticas en el concreto son, en estado endurecido, el incremento de la tenacidad y de la resistencia al impacto y, en el estado fresco, el control de la contracción plástica. Adicionalmente, controla la aparición de fisuras durante la vida útil de la estructura y brinda mayor resistencia a la fatiga (Mendoza, Aire, & Dávila).

En la vía Pimpiguasí - Chone ubicada en la provincia de Manabí, se colocó una sobrecapa de hormigón con la utilización de fibras metálicas y sintéticas con un espesor de 0.10 m en los tramos del pavimento que mostraron problemas de fisuramiento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo la investigación se partió de la selección de los agregados que cumplen con las especificaciones de las Normas Técnicas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas MOP-001 – F- 2002 para hormigones de altas resistencia, la grava o material grueso fue obtenido de la cantera Dos Bocas del sector Puerto Cayo Provincia de Manabí el mismo presentó un tamaño máximo de una pulgada y un predominio de partículas angulares. La arena usada fue extraída de la mina Copeto en la provincia Santo domingo de los Tsáchilas presentando un módulo de finura de 3.00 según la investigación de determinación de las propiedades físicas y mecánicas de las canteras Dos bocas y mina Copeto para hormigones de altas resistencias, (Macías Sánchez, Ortiz Hernández, Quiroz Fernández, & Ruiz Párraga, 2018), estas características físicas hacen los materiales apropiados para producir concretos de características fluidas. Estos agregados fueron utilizados en los dos diseños de hormigones es decir, para el convencional y para el reforzado con las fibras metálicas y sintéticas.

Las fibras metálicas utilizadas fueron las Wirand FF1 con extremos conformados en forma de gancho, estas son fibras de acero trefilado de alta calidad para reforzamiento de concretos convencionales. Estas fibras se encuentran agrupadas por encolamiento para facilitar su dispersión en el concreto, evitando la formación de ovillos por enredamiento de las fibras individuales. Estas fibras se clasifican como tipo I de acuerdo con la norma ASTM A820 (ASTM A820 / A820M-16, Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA , 2016). Algunas de sus características físicas y propiedades son presentadas en la tabla 1.

Tabla 1. Características físicas y propiedades mecánicas de las fibras de acero

Características de las fibras de acero Wirand FF1	
Longitud L (mm)	50
Diámetro De (mm)	1,00
Relación $l = L/De$	>50
Resistencia a tracción (Mpa)	> 1100
Módulo de elasticidad (Mpa)	210000
Elongación a la ruptura (%)	4

Las fibras sintéticas utilizadas fueron las FibroMac 12 las cuales permiten una rápida y homogénea dispersión en el hormigón creando así una red multidireccional que aumenta la coherencia del material evitando, durante el fraguado, la fisuración inicial por retracción. En la tabla 2, se muestran las principales características de las fibras FibroMac 12.

Tabla 2. Características de las fibras sintéticas - FibroMac 12

Características de las fibras sintéticas - FibroMac 12	
Longitud L (mm)	12
Diámetro De (i m)	18
Sección	circular
Materia prima	Polipropileno monopolímero
Forma	amoldada
Peso específico (g/cm ³)	0,91
Resistencia a la tracción (Mpa)	300

En la tabla 3, se muestra la dosificación utilizada para la mezcla del diseño del hormigón convencional para un metro cúbico, cuyos componentes son agua, cemento, agregados finos y agregados gruesos.

Tabla 3. Dosificación del diseño del hormigón convencional

Dosificación del diseño de hormigón convencional para un m³	
Agua (l)	181,00
Cemento (kg)	402,22
Agregado fino (kg)	869,90
Agregado grueso (kg)	1089,38

En la tabla 4, se muestra la dosificación de la mezcla del hormigón con refuerzo de fibras metálicas y sintéticas para un metro cúbico.

Tabla 4. Dosificación del diseño de hormigón reforzado con fibras para un m3

Dosificación del diseño de hormigón reforzado con fibras para un m3	
Agua (l)	181,00
Cemento (kg)	402,22
Agregado fino (kg)	869,90
Agregado grueso (kg)	1089,38
Fibras metálicas Wirand FF1 (kg)	20,00
Fibras sintéticas FibroMac 12 (gr)	600,00

Para probar la resistencia a compresión se elaboraron seis cilindros de prueba de 15cm de diámetro y 30 cm de altura por cada diseño de hormigón planteado de acuerdo con los requisitos de elaboración y curado en obra de especímenes de concreto (ASTM C140-12, Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units , ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012), Los mismos que fueron probados a los 7, 14 y 28 días. La prueba de la resistencia a la compresión de los cilindros se ejecutó bajo la norma ASTM C39 / C39M-18 (ASTM C39 / C39M-18, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018).

Para determinar la resistencia a la flexión, se confeccionaron seis probetas que tienen formas de viga de 6 x 6 pulgadas, con una longitud mínima de 21 pulgadas. La preparación de muestras y probetas de hormigón fresco tomado in situ se describe en ASTM C31 (ASTM C31 / C31M-18, Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018) . La resistencia a la flexión se determinó en base al ensayo establecido en la norma ASTM C78/C78M (ASTM C78 / C78M-18, Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018). El método de ensayo cubre la determinación de la resistencia a la flexión del concreto mediante el uso de una viga simple con carga en los tercios del claro.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La resistencia a la compresión fue determinada de acuerdo al procedimiento descrito en la norma ASTM C39 (ASTM C39 / C39M-18, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018). En la tabla 5, se muestran los resultados de las roturas a compresión de los cilindros a los 7, 14 y 28 días tanto del diseño de hormigón convencional como del hormigón con refuerzo de fibras metálicas y sintéticas. La diferencia de resistencias entre ambas mezclas a los 7 días es de 16.1%, a los 14 días existe una variación de 14.02 %, mientras que a los 28 días el hormigón reforzado con fibras supera al convencional con un 25.0%.

Tabla 5. Resistencias a compresión del hormigón convencional vs hormigón reforzado con fibras.

Edad de curado (días)	Resistencia a compresión del hormigón convencional (%)	Resistencia a compresión del hormigón reforzado con fibras (%)
7	78,50	94,60
14	89,60	103,62
28	115,60	140,60

En la Figura 1, se presenta el comportamiento a la compresión a través del tiempo de las mezclas elaboradas de los dos diseños planteados, en donde se puede observar que la incorporación de las fibras metálicas y sintéticas generó un incremento de la resistencia a la compresión a edades tempranas. Sin embargo, se destaca un incremento significativo de esta

resistencia a edades de curado prolongadas, con mayor nivel de evolución de la resistencia a los 28 días de curado.

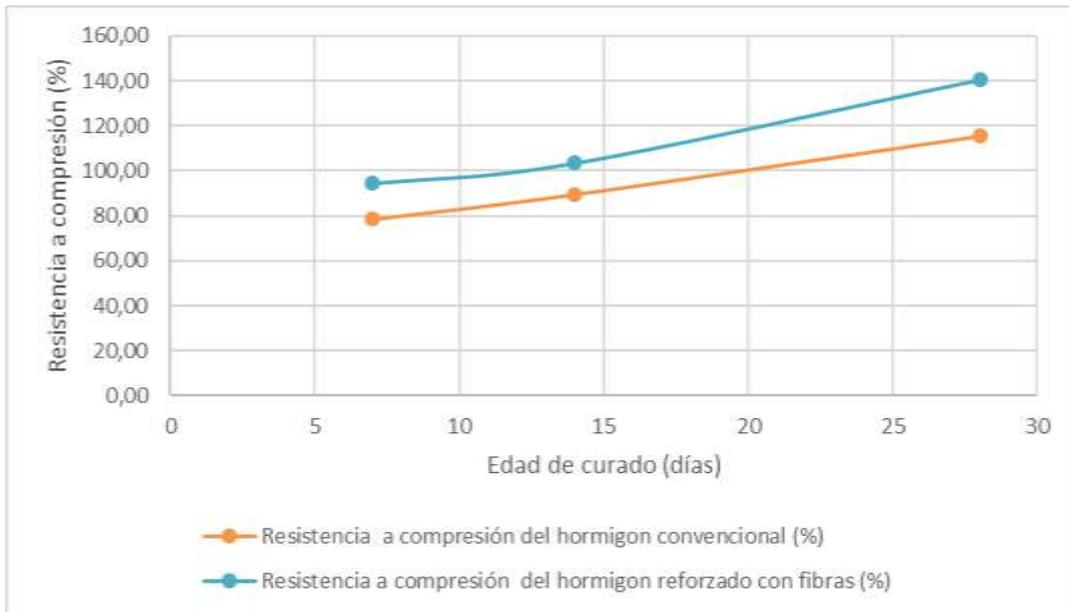


Figura 1. Resistencias a compresión del hormigón convencional vs hormigón reforzado con fibras.

En la figura 2, se muestra la manera que se produce la falla de los especímenes del hormigón convencional sometido a compresión. Este tipo de falla corresponde a una falla por corte.



Figura 2. Tipo de falla a compresión del diseño de hormigón convencional.

En la Figura 3, se puede apreciar el modo de falla a compresión de los concretos forzados con fibras, en donde se observa un modo de falla más dúctil y menos frágil que la mezcla adicionada de referencia, debido al incremento de la tenacidad del material compuesto y de la mayor deformación transversal del concreto.



Figura 3, Tipo de falla a compresión del diseño de hormigón fibroreforzado

La resistencia a la flexión o módulo de ruptura, fue evaluada de acuerdo a la norma ASTM C293 (ASTM C293 / C293M-16, Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, www.astm.org). En la tabla 6, se muestran los resultados de las pruebas de las vigas a los 7, 14 y 28 días de confección. A los 7 días la variación de las resistencias entre el hormigón convencional y el reforzado con fibra es de 20.2 %, a los 14 días la diferencia de resistencia es de 23.22 % y a los 28 días difieren un 25.15% entre ellos.

Tabla 6. Resistencia a la flexión del hormigón convencional vs. Hormigón reforzado con fibras

Edad de curado (días)	Resistencia a la flexión del hormigón convencional (%)	Resistencia a la flexión del hormigón reforzado con fibras (%)
7	93,50	113,70
14	102,60	125,82
28	131,60	156,75

La figura 4, permite comparar el comportamiento a la flexión del hormigón convencional y el hormigón reforzado con fibras, el incremento de la resistencia a flexo tracción al adicionar las fibras es considerablemente mayor que el de la resistencia a compresión debido al comportamiento dúctil en la zona de fisuración, desarrollando resistencias residuales.

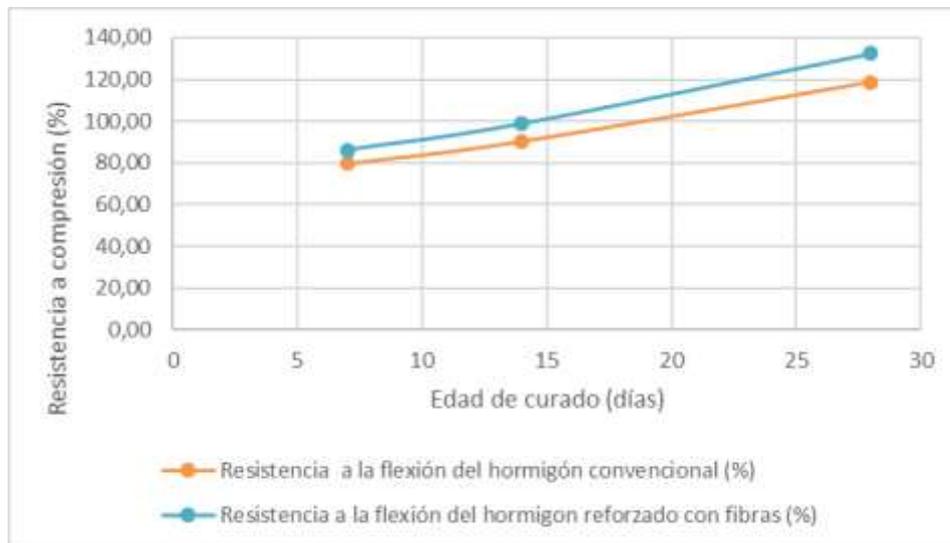


Figura 4. Resistencia a la flexión del hormigón convencional vs. Hormigón reforzado con fibras

En la figura 5, se muestra la fisura central de la viga del diseño de hormigón convencional sometida a flexo tracción, que permite la evaluación real de la energía absorbida por la probeta al aplicarle de forma continua una velocidad de carga sin choques bruscos.



Figura 5. Falla a flexo tracción del hormigón convencional

En la figura 6, se observa la viga del diseño de hormigón reforzado con fibras metálicas y sintéticas luego de ser sometido a flexo tracción, donde se aprecia con facilidad la presencia de los ganchos de acero que permiten anchar el hormigón proporcionándole mayor adherencia a la mezcla.



Figura 6. Falla a flexo tracción del hormigón reforzado con fibras

4. CONCLUSIÓN.

Se obtuvo que la resistencia a la compresión de los hormigones con fibras metálicas y sintéticas tiene un incremento del 25% aproximadamente con respecto al hormigón convencional a los 28 días de fabricación, mientras que la diferencia a la flexión entre ambos diseños a los 28 días es de 25.15 %.

Bibliografía

ASTM A820 / A820M-16, Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA . (2016). www.astm.org.

ASTM C140-12, Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units , ASTM International, West Conshohocken, PA. (2012). www.astm.org.

ASTM C293 / C293M-16, Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam With Center-Point Loading), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, www.astm.org. (s.f.).

ASTM C31 / C31M-18, Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field, ASTM International, West Conshohocken, PA. (2018). www.astm.org.

ASTM C39 / C39M-18, Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, ASTM International, West Conshohocken, PA. (2018). www.astm.org.

ASTM C78 / C78M-18, Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading), ASTM International, West Conshohocken, PA. (2018). www.astm.org.

Barreda, M., Iaiani , C., & Sota, J. D. (2000). Hormigón reforzado con fibras de polipropileno :. *IV Coloquio Latinoamericano de Fractura y Fatiga*. La Plata.

Fibras de refuerzos de concreto . (2016). *www.toxement.com.co*.

Gonzalez, O. L. (s.f.). Aportes de las fibras metalicas y sintéticas en concretos fibroreforzados. Bogotá.

Kosmatka , S. H., Kerkhoff, B., Panarese, W. C., & Tanesi , J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Mexico.

Lucea Martínez, I. (2010). *Hormigones con fibras de acero características mecánicas*. Madrid : Tesis de Master.

Macías Sánchez, L. K., Ortiz Hernández, E. H., Quiroz Fernández, L. S., & Ruiz Párraga, W. E. (2018). Determination of Physical and Mechanical Properties of Quarries Dos Bocas Mouths and Mine Copeto. *International Research Journal of Engineering, IT & Scientific Research*, 4(2), 33-40.

Mendoza, C. J., Aire, C., & Dávila, P. (s.f.). Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concrerto en estados plástico y endurecido. *Investigacion y Desarrollo*, 2(2).

Robayo, R., Mattey, P., & Delvasto, S. (2013). Comportamiento mecánico de un concreto fluido adicionado con ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y reforzado con fibras de acero. *Revista de la Construcción*, 12(2).