

## **Análisis del comportamiento del concreto reforzado con fibras metálicas en ensayos de cilindros estándar a tensión por compresión diametral**

BUSTOS-GARCÍA, Alicia\*†, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo, SÁNCHEZ-CALVO, Mateo, BARRAGÁN-TRINIDAD, Raziél

*Unidad Académica de Ingeniería, Av. Lázaro Cárdenas s/n, Ciudad Universitaria Sur, Chilpancingo, Gro.*

Recibido Agosto 12, 2014; Aceptado Febrero 9, 2015

### **Resumen**

Las fibras metálicas son elementos de corta longitud y pequeña sección que se incorporan a la masa de concreto con el fin de conferirle ciertas propiedades específicas, con las características necesarias para dispersarse aleatoriamente en una mezcla de concreto en estado fresco, en primeras edades o en estado endurecido.

El concreto reforzado con fibras metálicas se usa comúnmente en pavimentos de aeropuertos y en las capas de revestimiento de las pistas. También se usan en los tableros de puentes, pisos industriales y pavimentos de autopistas, hasta el delineamiento de túneles y la estabilización de túneles a través de concreto lanzado por vía húmeda o seca, cabe mencionar que las estructuras sometidas al agua en alta velocidad han demostrado que pueden durar hasta tres veces más que las alternativas en concreto convencionales.

### **Cilindros, Concreto Reforzado, Fibras Metálicas.**

**Citación** BUSTOS-GARCÍA, Alicia, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo, SÁNCHEZ-CALVO, Mateo, BARRAGÁN-TRINIDAD, Raziél. Análisis del comportamiento del concreto reforzado con fibras metálicas en ensayos de cilindros estándar a tensión por compresión diametral, Guerrero. Foro de Estudios sobre Guerrero. Mayo 2014 – Abril 2015, 1-2:228-232

### **Abstract**

The metal fibers are short length elements and small section that are incorporated into the mass of concrete to impart specific properties, with the necessary randomly dispersed in a mixture of fresh concrete at early ages or status characteristics hardened.

The concrete reinforced with metal fibers commonly used in airport pavement and coating layers of the tracks. They are also used in bridge decks, floors and pavements for highways, to the outline of tunnels and tunnels stabilization by shotcrete wet or dry, it is noteworthy that the structures under water at high speed have shown which can last up to three times longer than conventional concrete alternatives.

### **Cylinders, Reinforced Concrete, Metal Fibers.**

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: piscis\_alicia@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

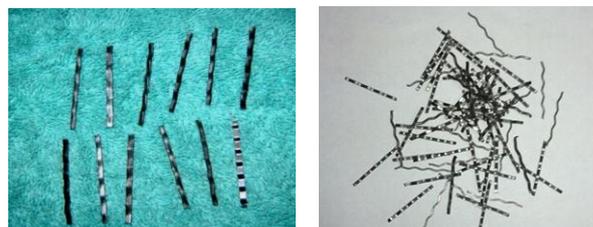
**Introducción**

Las fibras metálicas son elementos de corta longitud y pequeña sección que se incorporan a la masa de concreto con el fin de conferirle ciertas propiedades específicas, con las características necesarias para dispersarse aleatoriamente en una mezcla de concreto en estado fresco, en primeras edades o en estado endurecido.

Las fibras se pueden añadir a concretos en masa, armados o pretensados, es decir, que las fibras pueden estar presentes tanto como armaduras pasivas como activas, estas fibras metálicas en todas sus variantes son las más utilizadas para conseguir concretos con mejor resistencia a flexión, tracción, impacto, fatiga.

Las fibras no son un material reciente o nuevo, remontándose hace 4000 años ya se empleaban fibras como adición a otro material para mejorar sus propiedades. Hay muchos ejemplos a lo largo de la historia del uso de las fibras: en la baja Mesopotamia los adobes de barro cocidos al sol se armaban con paja y hasta hace unos años se utilizaban los pelos de cabra o caballo para armar el yeso. Este tipo de fibras naturales se utilizaron hasta el año 1935 aproximadamente. La razón de su caída en desuso fue la invención de las fibras sintéticas.

El concreto reforzado con fibras metálicas se usa comúnmente en pavimentos de aeropuertos y en las capas de revestimiento de las pistas. También se usan en los tableros de puentes, pisos industriales y pavimentos de autopistas, hasta el delineamiento de túneles y la estabilización de túneles a través de concreto lanzado por vía húmeda o seca, cabe mencionar que las estructuras sometidas al agua en alta velocidad han demostrado que pueden durar hasta tres veces más que las alternativas en concreto convencionales.



**Figura 1** Forma de las fibras metálicas

**Objetivo**

Analizar el comportamiento del concreto reforzado con fibras metálicas con diferentes porcentajes de dosificación a través del ensaye de cilindros estándar ensayados experimentalmente a tensión por compresión diametral (prueba brasileña) para establecer una constante acorde al especificado al RCDF.

**Metodología**

La presente investigación se enfocó en el estudio del efecto de los porcentajes de fibra metálica en la resistencia del concreto comúnmente utilizado para elementos estructurales a flexión. Para ello se elaboraron cilindros estándar con distintos porcentajes de fibra; 0%, 0.20%, 0.60%, 1.0%. Los factores controlados en el experimento son banco de arena, agua, grava, cemento y resistencia de diseño. El banco de arena utilizado fue el “papagayo” y de grava el banco “Xocomulco” tipo triturada de tamaño de  $\frac{3}{4}$ ”, materiales a los cuales previamente se han determinado como los mejores en cuanto a propiedades físicas y mecánicas (Cuevas et al., 2009). En el mezclado del concreto se utilizó agua purificada. La mezcla se diseñó con una resistencia a compresión de un  $f'c$  ( $f$  prima  $c$ ) =  $300 \text{ kg/cm}^2$  (30 Mpa). Los materiales para la elaboración de concreto cumplen las especificaciones de la norma NMX-C-111 y el reglamento de construcción del DF vigentes. Los métodos de ensaye se ejecutaron siguiendo los lineamientos indicados para tal fin.



**Figura 2** Dosificación del concreto con fibras metálicas

El factor estudiado es porcentaje de fibra metálica. La variable respuesta es resistencia a la tensión por compresión diametral de cilindros de concreto a la edad de 28 días (NMX-C-163). La resistencia a tensión por compresión diametral se calcula con la ecuación E1.

$$\sigma \left( \text{resistencia tensión } \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{2 P (\text{Carga aplicada kg})}{\pi \times l (\text{longitud del cilindro, cm}) \times d (\text{diámetro del cilindro, cm})} \quad (1)$$

El análisis se efectuó utilizando el programa estadístico Statistical Product and Service Solutions (SPSS), v 18.0.



**Figura 3** Ensayo de tensión por compresión diametral.

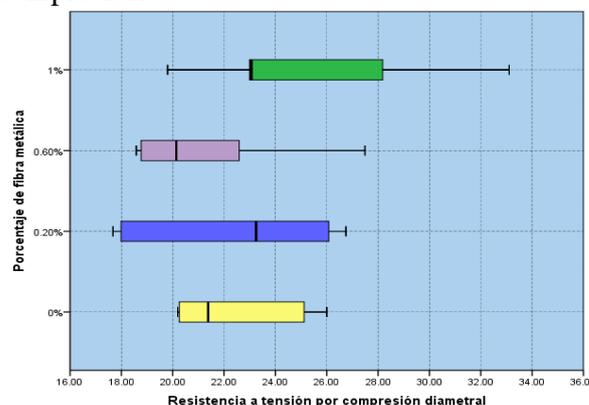
## Resultados

Los resultados más sobresalientes de esta evaluación, muestran en la Tabla 1, que el promedio de resistencia a compresión más alto es cuando el concreto contiene fibra (1% de fibra), y el más bajo cuando tiene el 0.60%. La menor desviación estándar y coeficiente de variación (CV) se obtiene con concreto que contiene el 0% de fibra. La mayor desviación estándar y CV es en concretos con contenido del 1% de fibra.

Porcentaje de fibra metálica	N	Media	Mediana	Desv. ttp.	Varianza	Mínimo	Máximo	Rango	C.V.
0%	5	22.5901	21.3800	2.76940	7.670	20.20	26.00	5.80	12.25935
0.20%	5	22.3480	23.2500	4.32998	18.749	17.67	26.75	9.08	19.37525
0.60%	5	21.5138	20.1400	3.70479	13.725	18.58	27.49	8.91	17.22053
1%	5	25.4288	23.0669	5.23765	27.433	19.80	33.11	13.31	20.59731
Total	20	22.9702	22.7900	4.06392	16.515	17.67	33.11	15.44	17.69214

**Tabla 1** Resistencia a tensión por compresión diametral

En la fig. 4, se observa que la menor dispersión de los datos es en el concreto con 0% de fibra (concreto convencional), la mayor dispersión es con el 0.20% de fibra. Se observan datos atípicos para los porcentajes 0% y 0.60%. Los valores de resistencia más bajos son con un 1% de fibra en la masa del concreto, lo que indica que a mayor porcentaje de fibra menor resistencia a compresión.



**Figura 4** Resistencia del concreto con diferentes porcentajes de fibra

Para conocer el efecto del porcentaje de fibra adicionada en el concreto y ensayado a resistencia a compresión a la edad de 28 días se ajustó 1 modelo completamente el azar, E-2. Se verificaron los supuestos de normalidad, homocedasticidad e independencia del modelo y los cuales se cumplen de manera satisfactoria.

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}, i = 1, \dots, 4, j = 1, \dots, 5 \quad (2)$$

En el modelo ajustado el tratamiento (porcentaje de fibra) no es significativo, Tabla 2. Existe evidencia con un  $\alpha=0.05$  que indica que las medias de resistencia del concreto elaborado con porcentajes de fibra a la edad de 28 días da resultados iguales.

En la tabla 3, la comparación de medias confirma que cualquier porcentaje de fibra adicionado en la mezcla de concreto produce resistencias a tensión por compresión diametral iguales. Lo que indica que la adición de fibras en la masa del mismo no incrementa la resistencia y se observa un efecto que en caso de adicionarle fibra debe ser en porcentajes igual o mayores al 1%.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	43.486	3	14.495	.858	.483
Intra-grupos	270.307	16	16.894		
Total	313.793	19			

**Tabla 2** Anova de la resistencia a tensión por compresión diametral

LSMeans Differences Tukey HSD		
Alpha= 0.050 Q= 2.86102		
Level		Least Sq Mean
1%	A	25.430000
0%	A	22.590000
0.20%	A	22.348000
0.60%	A	21.514000
Levels not connected by same letter are significantly different		

**Tabla 3** Resistencia a tensión por compresión diametral

## Conclusiones

La resistencia a tensión de los concretos elaborados con los diferentes porcentajes de fibra mantiene una tendencia a incrementarla cuando el porcentaje de es de 1%. De igual manera con el porcentaje 0%, y con el 0.60% la resistencia es la menor. En general en este trabajo es muy relevante que para esfuerzos de tensión por compresión la fibra no influye de manera significativa. Los resultados con los porcentajes utilizados en las mezclas de concreto generan resultados de tensión por compresión diametral estadísticamente iguales.

Finalmente conviene comentar que después de haber analizado el comportamiento del concreto se asume que la incorporación de fibras metálicas, tiene una serie de repercusiones sobre las propiedades del concreto en estado fresco, destacando entre ellas la reducción de la trabajabilidad. A medida que aumenta el porcentaje de fibra metálica adicionado al concreto la consistencia de la mezcla disminuye. Lo más conveniente y económico sería no utilizar fibras metálicas, a menos que la fibra sea un componente del concreto para reducir fisuras u otros fines.

## Referencias

NMX-C-163-1997-ONNCCE, Industria de la construcción – Concreto – Determinación de la resistencia a la tensión por compresión diametral de cilindros de concreto.

GDF-RCDF (2004), Normas Técnicas Complementaria para diseño y construcción de estructuras de concreto; Tomo I, Gaceta Oficial del DF, México.

Kosmatka, Steven, H., Panarese, C. y William, C. (2005), Diseño y control de mezclas de concreto, Portland Cement Asociation, USA.

Cuevas, S., Godínez, J. y Santes, P. A. (2009), Análisis del efecto de banco de arena, temporada de extracción y edad de prueba, en la resistencia del concreto hidráulico bajo un experimento factorial, Aportaciones y Aplicaciones de la Probabilidad y Estadística, Vol. 3, BUAP, México.

NMX-C-159-ONNCCE-2004, Industria de la construcción – Concreto – Elaboración y curado de especímenes en el laboratorio

NMX-C-403-ONNCCE-1999, Industria de la construcción – Concreto hidráulico para uso estructural.

Rojas Castro, Julio Cesar, 2013. Estudio experimental del comportamiento del concreto dosificado con fibras, en ensayos de cilindros estándar a compresión y tensocompresión. Tesis de licenciatura. UAI UAGro. México.