

# Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibras de acero al 4% y 6%

*Helo Nickolas Sarta Forero, José Luis Silva Rodríguez, Scherazada Calderón Vega.*

Facultad de Ingeniería, Programa de Ing. Civil, Universidad Católica de Colombia Bogotá D.C., Colombia.

**Resumen-** El presente trabajo de grado tiene como objetivo realizar los ensayos mecánicos para determinar la resistencia del concreto adicionándole fibras de acero al 4% y al 6%, las cuales remplazarán un porcentaje del peso del agregado fino de la mezcla, comparándolo con un concreto convencional que no tiene adición de fibras de acero

Con este experimento, se espera identificar cuál de los porcentajes de adición de fibras mejora las propiedades mecánicas del concreto, en comparación al concreto convencional. Esto se demostrará experimentalmente mediante ensayos de laboratorio realizados a cilindros y viguetas a las edades de 7, 14 y 28 días, las cuales arrojarán resultados verídicos permitiendo establecer un análisis comparativo.

**Palabras claves:** Concreto sin adición, concreto reforzado con fibra, fisuración, resistencia, resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión.

**Abstract-** *Through this article is presented the results of experimental study on the behavior of concrete compressive strength, traction strength, flexion strength, when it is mix with 4% and 6% of steel fiber, comparing with a concrete that not containing Addiction. Which were submitted to a compressive, traction and flexion strength test and to a slump test.*

*with the results obtained, it can be concluded that additions of steel fiber as reinforcement for concrete, increases to almost 17,54% the compression strength in the samples that containing 6% of steel fiber compared to the mixture without steel fiber, and samples that containing 4% of steel fiber improves the compressive strength by approximately 17,29% compared to the mixture containing no steel fiber. increases to almost 42,26% the traction strength in the samples that containing 6% of steel fiber compared to the mixture without steel fiber, and samples that containing 4% of steel fiber improves the compressive strength by approximately 13,28% compared to the mixture containing no steel fiber. increases to almost 56,26% the traction strength in the samples that containing 6% of steel fiber compared to the mixture without steel fiber, and samples that containing 4% of steel fiber improves the compressive strength by approximately 44,98% compared to the mixture containing no steel fiber.*

*Therefore, the incorporation of steel fiber as reinforcement for the concrete is a good solution for improving the compressive, traction and flexion strength, to improve consistency and avoiding cracking of the concrete.*

**Keywords:** *concrete without addition, concrete reinforced with fiber, cracking, resistance, compressive resistance.*

## I. INTRODUCCIÓN

El concreto al ser el material más usado para las obras civiles como la construcción de edificaciones, puentes, túneles, vías y viaductos entre otras, debe poseer ciertas características mecánicas y físicas, que proporcionen los requerimientos mínimos para el desarrollo de estas obras constructivas.

El desarrollo del concreto armado se encuentra vinculado directamente con el concreto convencional; por tal motivo, las características del concreto se estudian con el fin de determinar el diseño de mezcla adecuado, para unas condiciones específicas de un proyecto.

Actualmente, se realizan estudios al concreto convencional para mejorar sus propiedades mecánicas mediante la adición de fibras de acero. Según estudios técnicos realizados (Lozano2013), llevados a cabo durante los últimos cincuenta años, la industria ha desarrollado fibras de polipropileno, vidrio, nylon y acero, que cumplen la misma función de las fibras utilizadas siglos atrás, con la diferencia de que son creadas con especificaciones técnicas y en materiales más resistentes, para responder a estas necesidades.

Las fibras se han utilizado principalmente en pavimentos y losas, donde la relación área/volumen es alta y se requiere un mecanismo de control de grietas superficiales. Una de las ventajas que ofrece, es que no se requieren traslapes como en el refuerzo tradicional y el transporte a obra es más económica,

ahorra tiempo al no tener que instalarlo previamente, siendo una solución rentable en refuerzo puesto que, si se adiciona una cantidad de fibra suficiente, se puede evitar falla frágil por cortante y, al mismo tiempo, generar comportamiento más dúctil en vigas, placas y pavimentos (Adebar et al., 1997).

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, se determinará experimentalmente el comportamiento del concreto convencional y el concreto modificado con fibras de acero, con porcentajes del 4% y 6% respecto al agregado fino, para una resistencia de 3000 PSI, el cual se regirá por el diseño de mezcla presentado, realizando ensayos de resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión, establecidos en las normas INVIAS.

## II. MARCO TEORICO

El concreto reforzado con fibras de acero ha evolucionado desde ser un material de construcción, hasta una ser una alternativa usada para mejorar, tanto el concreto convencional simple, como el concreto reforzado con barras o malla electrosoldada.

Es importante saber que se ha realizado una gran cantidad de trabajos relacionados con los aspectos teóricos del diseño de mezclas de concreto, en buena parte se entiende que el diseño de mezcla es un procedimiento empírico, y aunque hay muchas propiedades importantes del concreto, la mayor parte de procedimientos de diseño están basados principalmente en lograr una

resistencia a compresión para una edad determinada, así como la manejabilidad apropiada para un tiempo determinado. Además, se debe diseñar para unas propiedades que el concreto debe cumplir cuando una estructura se coloca en servicio. Una mezcla se debe diseñar tanto para estado fresco como para estado endurecido. Las principales exigencias que se deben cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de manejabilidad, resistencia, durabilidad y economía. (Huanca, 2006).

### **Fibra de acero**

Las fibras como tal, son elementos delgados de longitud corta y diámetro pequeño, que pueden ser utilizadas para formar hilos del material que estén compuestas.

En la actualidad, gracias a estudios de fibras en la construcción –llevados a cabo durante los últimos cincuenta años–, la industria ha desarrollado fibras de polipropileno, vidrio, nylon y acero, que cumplen la misma función de las fibras utilizadas siglos atrás, con la diferencia de que son creadas con especificaciones técnicas y en materiales más resistentes, para responder a necesidades específicas.

Particularmente, las fibras de acero, según estudios técnicos como los realizados por Griffith en 1920 o los de Romualdi y Batson en 1963, mezcladas con el hormigón o concreto, incrementan significativamente las propiedades físicas de este último, le disminuye su tendencia

a agrietarse, y le otorga flexibilidad y durabilidad.

También es posible que este elemento, que oscila entre 5 y 6 cm de longitud y puede tener menos de 0.025mm de diámetro, añadido en grandes cantidades a la mezcla del hormigón, sea capaz de mejorar la resistencia de la estructura en caso de terremoto. El proceso de fabricación de este insumo es fundamental para lograr dichas características. (Lozano, 2013).

### **Concreto reforzado con fibras acero**

El concreto reforzado con fibras de acero ha evolucionado desde ser un material de construcción, hasta una ser una alternativa usada para mejorar, tanto el concreto convencional simple, como el concreto reforzado con barras o malla electro soldada. Es evidente que el comportamiento a tensión del concreto simple es deficiente, lo cual se podría mejorar con la adición de fibras al concreto. En general, las fibras controlan la fisuración y mejoran la tenacidad del concreto. Varias investigaciones y proyectos prácticos se han llevado a cabo con éxito para caracterizar y estudiar el comportamiento del concreto.

A pesar de esta amplia experiencia., una de las principales causas de la poca utilización del concreto reforzado con fibras de acero en las construcciones de Colombia, ha sido la ausencia de recomendaciones prácticas para estimar el comportamiento.

Aunque el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

permite el uso de fibras de acero en el concreto para resistir cortante en vigas, NSR-10 excluye su uso en otros elementos tales como muros de concreto. Adicionalmente, en NSR-10 no se indican ecuaciones para estimar las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de acero.

El uso de fibras de acero en el concreto contribuye a mejorar el proceso constructivo y el comportamiento sísmico de elementos estructurales, lo que redundará en viviendas más económicas y seguras. (Lina P. Gallo-Arciniegas, Giovanni González Peñuela, & Julián Carrillo León, 2013).

### III. METODOLOGIA

En este estudio se diseñarán mezclas de concreto simple y reforzado; el concreto reforzado se diseñará con diferentes porcentajes de fibra de acero respecto al agregado fino, con el fin de poder analizar el comportamiento de los diferentes diseños mencionados, a partir de las recomendaciones realizadas en los trabajos previos, respecto al comportamiento de concreto cuando se le adiciona fibras de acero.

Vale la pena resaltar que para poder obtener la finalidad que se quiere en este estudio debemos seguir un proceso, el cual comienza desde el lavado de la viruta de acero siguiendo con el diseño de mezcla y finalizando con los ensayos de resistencia a la compresión, tensión y flexión, teniendo en cuenta que el

material que se va a utilizar cuenta con unas propiedades fisicoquímicas que hay que respetar para no cometer errores y lograr la resistencia a compresión del concreto con adición de fibra de acero en distintos porcentajes 4% y 6%, respecto al agregado fino de la mezcla.

y 6%, respecto al agregado fino de la mezcla.

### IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### ✓ Ensayo de compresión:

Para la edad de 7 días las fibras al 4%, respecto a las convencionales han aumentado un 2,5% y en las fibras al 6% hay un aumento considerable del 11,5%. Para la edad de 14 días, en las fibras al 4% se obtuvo un aumento del 9,6% y para las fibras al 6%, se obtuvo un aumento de 17,49% respecto a la probeta de concreto convencional. Por último, para la edad de 28 días, en las fibras al 4% se obtuvo un aumento del 17,29 y para las fibras al 6% se obtuvo un aumento del 17,54%.

#### ✓ Ensayo de tracción:

Para la edad de 7 días, el uso de fibras al 4% aumentó un 13,25% y para las fibras al 6% aumentó un 41,77%. Para la edad de 28 días el uso de fibras al 4% aumentó un 13,28% y el uso de fibras al 6% obtuvo un aumento de 42,26%, por lo que se puede inferir que el uso de estas fibras metálicas tiene un aumento considerable en sus propiedades mecánicas logrando que su resistencia se duplique.

✓ **Ensayo de flexión:**

Para la edad de 7 días con una adición de fibras al 4%, un aumento de 12,14% y para las fibras al 6% un aumento de 11,01%. Para la edad de 14 días el uso de fibras al 4% aumento un 28,28% y en las fibras al 6% se obtuvo un aumento de 30,76%. Para la edad de 28 días el uso de fibras al 4% aumento un 44,98% y en las fibras al 6% se obtuvo un aumento de 56,26%, por lo que se puede inferir, que el uso de estas fibras metálicas tiene un aumento considerable logrando que su resistencia se duplique.

**V. CONCLUSIONES**

- ✓ El presente trabajo investigativo complementó los conocimientos educativos teórico-prácticos, adquiridos durante el proceso de formación en la Universidad Católica de Colombia, con un enfoque netamente experimental.
- ✓ Con base en los análisis de resultados, se pueden observar los porcentajes de aumento que se tuvieron de los concretos modificados respecto al concreto convencional, en donde en todos los casos se evidenció un aumento considerable en la resistencia del concreto medido por cada uno de los ensayos realizados. Adicionalmente, las fibras de acero generaron la propiedad de la ductilidad, lo que permite que al momento de fallar se muestre como un deformación, mas no como una falla explosiva.
- ✓ La resistencia a la compresión de los cilindros de concreto fallados a las edades de 7,14 y 28 días para un concreto de 3000 PSI, presentaron una mejoría debido a la adición de fibras de acero, trayendo consigo beneficios mecánicos y un aumento de su resistencia en 17,54% a la edad de 28 días.
- ✓ La resistencia a la tracción de los cilindros de concreto fallados a sus diferentes edades obtuvieron resultados favorables, frente a los cilindros convencionales demostrando que las fibras reaccionan positivamente frente a las cargas vivas, generando una mejor cohesión con los agregados pétreos de la mezcla, con un aumento en su resistencia del 42,26%.
- ✓ La resistencia a la flexión de vigas con la adición de fibras de acero dió resultados favorables y cumplió con las normas establecidas; adicionalmente, las vigas modificadas al 6% presentaron un aumento en la resistencia a la flexión del 56,26% a la edad de 28 días.
- ✓ La adición de fibras de acero al concreto generó una gran mejoría en la ductilidad, teniendo en cuenta que al momento de realizarse las pruebas, presentaron deformaciones durante la aplicación de la carga y se evitaron fallas súbitas o explosivas.

- ✓ Con base en los resultados obtenidos en este trabajo de investigación y sus notables mejoras que genera en el concreto, se espera que el uso de las fibras de acero sea contemplado con mayor frecuencia en la construcción de obras de alta infraestructura.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 2015, a. (s.f.). alacero. Obtenido de <http://www.alacero.org/es/page/el-acero/que-es-el-acero>
- Acero, I. (s.f.). Info Acero. Obtenido de info Acero: [http://www.infoacero.cl/acero/que\\_es.htm#top](http://www.infoacero.cl/acero/que_es.htm#top)
- alacer, 2. (s.f.). alacer. Obtenido de <http://www.alacero.org/es/page/el-acero/que-es-el-acero>
- alacero\_2015. (s.f.). alacero. Obtenido de <http://www.alacero.org/es/page/el-acero/que-es-el-acero>
- Gallo-Arciniegas, L. P.-3.-1. (s.f.). Gallo-Arciniegas, L. P., González Peñuela, G., & Carrillo León, J. (2013). COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO ZP-306 SOMETIDO A ESFUERZOS DE COMPRESIÓN. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 23(1), 117-133.
- Holcim. (2015). holcim.com.mx. Obtenido de holcim.com.mx: <http://www.holcim.com.mx/productos-y-servicios/concreto.html>
- Huanca, S. L. (03 de 2006). itacanet.org. Obtenido de Diseño de mezclas de concreto : <http://itacanet.org/esp/construccion/concreto/dise%C3%B1o%20de%20mezclas.pdf>
- Lina P. Gallo-Arciniegas, Giovanni González Peñuela, & Julián Carrillo León. (23 de Mayo de 2013). SCIELO. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-81702013000100008&lng=es&nrn=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702013000100008&lng=es&nrn=iso&tlng=es)
- Lozano, C. E. (s.f.). metalactual.com. Obtenido de Fibra de acero: [http://www.metalactual.com/revista/22/materiales\\_fibra.pdf](http://www.metalactual.com/revista/22/materiales_fibra.pdf)
- Osorio\_julio\_2013, J. D. (s.f.). <http://blog.360gradosenconcreto.com/diseño-de-mezclas-de-concreto-conceptos-basicos/>. Obtenido de <http://blog.360gradosenconcreto.com/diseño-de-mezclas-de-concreto-conceptos-basicos/>
- Vanesa, C. A. (2007). cybertesis.urp.edu.pe. Obtenido de cybertesis.urp.edu.pe: [http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/125/1/corcino\\_v.pdf](http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/125/1/corcino_v.pdf)
- Mármol Salazar, P. C. (2010). Hormigones con fibras de acero características mecánicas (Doctoral dissertation, Caminos).
- Bekaert. (marzo de 2007). Fibras de acero DRAMIX. Obtenido de <http://www.cip.org.pe/imagenes/temp/tesis/40625031.pdf>

Angel-Arango, A., & Lopera-Rendón, D. (2014). Estudio de factibilidad para producción de fibras de acero para refuerzo del concreto, caso: TRETECSA SAS (Doctoral dissertation, Administrativa, Financiera, Sistemas y Computación).

**Instituto Nacional de Vias norma 401, 13.** ftp.unicauca.edu.co. ftp.unicauca.edu.co. [En línea] ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-13/Normas/Norma%20INV%20E-401-13.pdf.

**Instituto Nacional de Vias norma 402, 13.** ftp.unicauca.edu.co. ftp.unicauca.edu.co. [En línea] ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-13/Normas/Norma%20INV%20E-402-13.pdf.

**Instituto Nacional de Vias norma 404, 13.** ftp.unicauca.edu.co. ftp.unicauca.edu.co. [En línea] ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-13/Normas/Norma%20INV%20E-402-07.pdf.

**Instituto Nacional de Vias norma 408, 13.** ftp.unicauca.edu.co. ftp.unicauca.edu.co. [En línea] ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-13/Normas/Norma%20INV%20E-408-13.pdf.

**Instituto Nacional de Vias norma 410, 13.** ftp.unicauca.edu.co. ftp.unicauca.edu.co. [En línea] ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-

13/Normas/Norma%20INV%20E-410-13.pdf.

**Instituto Nacional de Vias norma 411, 13.** ftp.unicauca.edu.co. ftp.unicauca.edu.co. [En línea] ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIC/IngCivil/Especificaciones\_Normas\_INV-13/Normas/Norma%20INV%20E-411-13.pdf.