

# EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO REFORZADO DE RESISTENCIA DE 3000 PSI (21 Mpa), A PARTIR DE LA IMPLEMENTACIÓN DE FIBRAS METÁLICAS OBTENIDAS DE PROCESOS INDUSTRIALES

## EVALUATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF A REINFORCED CONCRETE OF RESISTANCE OF 3000 PSI (21 Mpa), FROM THE IMPLEMENTATION OF METALLIC FIBERS OBTAINED FROM INDUSTRIAL PROCESSES

John Diego Beltrán Bermúdez

Estudiante de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás, jhonbeltran@usantotomas.edu.co

Director: Ing. Esp. Emiro Lozano Pérez

Docente de la facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás, emirolozano@usantotomas.edu.co

**Resumen:** Se presenta la investigación de la implementación de fibras metálicas obtenidas de tornos de rectificadoras de motores vehiculares con el fin de determinar si mejoran las propiedades mecánicas del concreto para así poder disminuir la cuantía de un elemento estructural, sin afectar su eficiencia y resistencia. Tiene como propósito comparar la resistencia del concreto convencional de 21 Mpa y con adiciones de 3%, 5% y 7% de fibra. Además, se busca implementar un enfoque ambiental ya que, actualmente esta fibra se clasifica como un residuo no reciclable el cual es contaminante debido a la implementación de aceites industriales o derivados del petróleo para realizar los cortes o modificaciones que realizan los tornos. Esta investigación obtuvo resultados desfavorables, debido a que la resistencia del concreto disminuyó un 33.23% con 7% de fibra respecto al concreto convencional.

**Palabras clave:** concreto convencional, concreto con fibra, concreto reforzado, edad de curado, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión.

**Abstract:** The investigation of the implementation of metallic fibers obtained from lathes of vehicle engines in order to determine if they improve the mechanical properties of the concrete in order to reduce the amount of a structural element, without affecting its efficiency and resistance. Its purpose is to compare the strength of 21 Mpa conventional concrete and with additions of 3%, 5% and 7% fiber. In addition, it seeks to implement an environmental approach since, currently, this fiber is classified as a non-recyclable waste which is polluting due to the implementation of industrial oils or petroleum derivatives to make the cuts or modifications made by the lathes. This investigation obtained unfavorable results, due to the fact that the resistance of the concrete decreased by 33.23% with 7% fiber compared to conventional concrete.

**Keywords:** conventional concrete, Concrete with fiber, reinforced concrete, age of mature, resistance to compression, resistance to tension.

### 1. INTRODUCCIÓN

Con el avance tecnológico de los últimos años se han generado diversas investigaciones con el objeto de optimizar y mejorar las propiedades físico mecánicas de una mezcla de concreto convencional. Entre esas investigaciones [1 - 7], el uso de materiales alternativos ha tenido una trascendencia significativa para la generación de nuevos diseños de mezclas de concreto hidráulico. Dado esto, el estudio de la incorporación adecuada de fibras metálicas en el concreto, contribuyen a una minimización de la presencia de deformaciones en el mismo y aumento de la resistencia tanto a compresión como flexión [8].

Para que la inclusión de estas fibras tenga relevancia, debe generarse una adhesión entre la masa del concreto y la fibra incorporada, de tal manera que se obtenga una distribución uniforme del diseño de mezcla realizado con el fin de convertir al concreto en un material dúctil que reduzca la presencia de fisuras.

El propósito de este proyecto es mejorar la resistencia del concreto tanto a compresión como especialmente a tensión, teniendo en cuenta que esta última no es una propiedad con la que el concreto tenga un buen comportamiento. De acuerdo a lo anterior, se quiere desarrollar un diseño de mezcla modificado con fibras metálicas, que permita beneficios en el periodo de vida, disminuir la probabilidad de aparición de fisuras a corto plazo, prevenir la fatiga del material, prevenir la falla por cortante y obtener un aprovechamiento de las fibras que minimicen la contaminación ambiental y permitan en el estudio viabilidad económica.

## **2. DESARROLLO**

### **2.1. Caracterización física de la fibra**

La fibra que se usó en este proyecto está compuesta de hierro colado y aluminio, con trozos irregulares, de cortas longitudes desde 3mm hasta 10mm, con la excepción de algunas que presentaban longitudes de hasta 10 cm. En la Fig. 1, se puede observar con mayor detalle las fibras de medidas irregulares.

**Fig. 1 FIBRA USADA EN LA INVESTIGACIÓN**



Fuente: Autor

### **2.2. Caracterización física de los agregados**

Se determinó las características físicas de los agregados fino y grueso, como el peso específico y la capacidad de absorción. En la Fig. 2, se presenta registro fotográfico de algunos de los pasos de análisis, en la TABLA 1 se presentan los datos obtenidos del agregado fino, y, en la Fig. 3 y la TABLA 2 del agregado grueso [9], [10].

**Fig. 2 REGISTRO FOTOGRÁFICO DE ANÁLISIS DE AGREGADO FINO**



Fuente: Autor

**TABLA 1**  
**DETALLES DE ANÁLISIS DE AGREGADO FINO**

| <b>Agregado Fino</b>        |                                                                |               |       |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------|-------|
| 1                           | Masa del recipiente (g)                                        | -             | 122.6 |
| 2                           | Masa del recipiente + muestra seca al horno (g)                | -             | 617.7 |
| A                           | Masa en el aire de la muestra seca (g)                         | -             | 495.1 |
| 3                           | Masa del picnómetro (g)                                        | -             | 154.7 |
| S                           | Masa de la muestra saturada y superficialmente seca (g)        | -             | 500.0 |
| B                           | Masa del recipiente aforado lleno de agua (g)                  | -             | 654.7 |
| C                           | Masa del recipiente aforado con la muestra y lleno de agua (g) | -             | 967.9 |
| PESO ESPECÍFICO APARENTE    |                                                                | $A/(B+S-C)$   | 2.650 |
| PESO ESPECÍFICO APARENTE S. |                                                                | $S/(B+S-C)$   | 2.677 |
| PESO ESPECÍFICO NOMINAL     |                                                                | $A/(B+A-C)$   | 2.722 |
| ABSORCIÓN (%)               |                                                                | $100*(S-A)/A$ | 0.99  |

**Fig. 3 REGISTRO FOTOGRÁFICO DE ANÁLISIS DE AGREGADO GRUESO**



Fuente: Autor

**TABLA 2**  
**DETALLES DE ANÁLISIS DE AGREGADO GRUESO**

| <b>Agregado Grueso</b>      |                                                                |               |        |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------|--------|
| 1                           | Masa de la canasta (g)                                         | -             | 1197.0 |
| 2                           | Masa de la canasta + muestra seca al horno (g)                 | -             | 6155.0 |
| A                           | Masa en el aire de la muestra seca (g)                         | 2 - 1         | 4958.0 |
| 3                           | Masa de la canasta en el agua (g)                              | -             | 1028.0 |
| 4                           | Masa de la canasta + muestra saturada en el aire (g)           | -             | 6197.0 |
| 5                           | Masa de la canasta + muestra en el agua (g)                    | -             | 4156.0 |
| B                           | Masa del recipiente aforado con la muestra y lleno de agua (g) | 4 - 1         | 5000.0 |
| C                           | Masa sumergida en el agua de la muestra saturada (g)           | 5 - 3         | 3128.0 |
| PESO ESPECÍFICO APARENTE    |                                                                | $A/(B-C)$     | 2.649  |
| PESO ESPECÍFICO APARENTE S. |                                                                | $S/(B-C)$     | 2.671  |
| PESO ESPECÍFICO NOMINAL     |                                                                | $A/(A-C)$     | 2.709  |
| ABSORCIÓN (%)               |                                                                | $100*(B-A)/A$ | 0.85   |

### 2.3. Finura del cemento

Para determinar la finura del cemento se realizó basado en la norma NTC-226 “Método de ensayo para determinar la finura del cemento hidráulico por medio de los tamices de 150  $\mu\text{m}$  (NO. 100) y de 75  $\mu\text{m}$  (NO. 200)”. Se tomaron 3 muestras y se promedió el resultado [11], [12]. Cemento usado: Argos - cemento gris de uso general. En la TABLA 3, se presentan los resultados.

**TABLA 3**  
**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

| Cemento Argos     | Masa muestra (g) | Masa retenida tamiz No. 100 (g) | Finura |
|-------------------|------------------|---------------------------------|--------|
| Muestra 1         | 50               | 42.3                            | 15.4%  |
| Muestra 2         | 50               | 44.7                            | 10.6%  |
| Muestra 3         | 50               | 41.9                            | 16.2%  |
| Finura de cemento |                  |                                 | 14.06% |

### 2.4. Diseño de mezcla para una resistencia a compresión de 21 Mpa

En la TABLA 4, se muestran las cantidades que se tomaron para el diseño de mezcla.

**TABLA 4**  
**DISEÑO DE MEZCLA**

| Volumen de Concreto | 0.777 m <sup>3</sup> |
|---------------------|----------------------|
| Elemento            | Peso                 |
| Agua                | 107.793 kg           |
| Cemento             | 244.808 kg           |
| Piedra ¾"           | 779.812 kg           |
| Arena               | 653.543 kg           |
| Total               | 1387.688 kg          |

Fuente: Ing. Emiro Lozano

Luego de realizar la mezcla se realizó la prueba slump [13], con el cono de abrams y el asentamiento de la mezcla fue de 7 cm lo que equivale a 2.75 pulgadas cumpliendo con el diseño el cual se estimaba en 3 pulgadas. En la Fig. 4, se observa el asentamiento de la mezcla convencional de 21 Mpa

**Fig. 4 ASENTAMIENTO DE LA MEZCLA CONVENCIONAL DE 21 MPA**



Fuente: Autor

Seguido se procedió a realizar el vaciado en los moldes de cilindros y de vigas. Se repitió el mezclado para agregar la cantidad de 17.56 Kg de fibra para cumplir con el 3%. Esta mezcla presentó un asentamiento de 6.8 cm equivalente a 2.67 pulgadas como se puede observar en la Fig. 5.

**Fig. 5 ASENTAMIENTO DE LA MEZCLA CON 3% DE FIBRA APLICADA**



Fuente: Autor

En el tercer proceso de mezclado, se aplicó 29.27 kg de fibra para cumplir el 5%. Esta mezcla arrojó un asentamiento de 6.5 cm igual a 2.5 pulgadas.

**Fig. 6 ASENTAMIENTO DE LA MEZCLA CON 5% DE FIBRA APLICADA**



Fuente: Autor

Finalmente, en la siguiente composición se agregó 40.98 kg de fibra para cumplir con la mezcla de concreto de 7%. Presentó un asentamiento de 5 cm lo que equivale a 1.9 pulgadas como se observa en la Fig. 7 a continuación.



**Fig. 7 ASENTAMIENTO DE LA MEZCLA CON 7% DE FIBRA APLICADA**



Fuente: Autor

## **2.5. Desencofrado y curado**

Luego de 24 horas después de vaciar el concreto, se procedió a desencofrar y dejar sumergidos en agua en su totalidad, los especímenes endurecidos. En la Fig. 8 se observan los cilindros y vigas en su proceso de curado.

**Fig. 8 ESPECÍMENES EN PROCESO DE CURADO**



Fuente: Autor

## **2.6. Ensayos de compresión de cilindros de concreto**

Luego de cumplir el tiempo de curado de los cilindros sumergidos en agua, se procedió a realizar los ensayos a compresión según la norma NTC-678, a los cilindros de 0%, 3%, 5% y 7% de edades de 7, 14 y 28 días de curado [14].

**TABLA 5  
EDAD DE LOS CILINDROS FALLADOS**

| Edad Teórica (días) | Fecha de Moldeo | Fecha de Falla | Edad de los cilindros (días) |
|---------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| 7                   | 17/05/2019      | 27/05/2019     | 9                            |
| 14                  | 17/05/2019      | 4/06/2019      | 16                           |
| 21                  | 16/12/2019      | 23/01/2020     | 28                           |

### 2.7. Fallado de viguetas a flexión

Para determinar si la fibra aportaba resistencia a tensión al concreto, se realizaron pruebas a flexión bajo la norma NTC-2871, con viguetas de 15 cm de alto, 15 cm de ancho y 53.5 cm de largo [15]. Se fallaron viguetas de concreto convencional, concreto con las diferentes cantidades de fibras, concreto convencional con refuerzo y concreto con fibra y refuerzo. Para las reforzadas se usó 2 varilla No. 3 con el fin de cumplir con la cuantía mínima. Todas se fallaron a una edad de 28 días.

**TABLA 6**  
**EDAD DE VIGUETAS FALLADAS**

| Edad Teórica (días) | Fecha de Moldeo | Fecha de Falla | Edad de las Viguetas (días) |
|---------------------|-----------------|----------------|-----------------------------|
| 28                  | 16/12/2019      | 23/01/2020     | 28                          |

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Asentamientos

De acuerdo a la norma NTC 396, se realizó la prueba de asentamiento para cada una de las mezclas realizadas con las diferentes cantidades de fibra. En la TABLA 7 se observan los resultados.

**TABLA 7**  
**ASENTAMIENTOS DEL CONCRETO**

| Tipo de Mezcla                     | Asentamiento (pulg) |
|------------------------------------|---------------------|
| Concreto de 21 Mpa sin fibra       | 2.75                |
| Concreto de 21 Mpa con 3% de fibra | 2.67                |
| Concreto de 21 Mpa con 5% de fibra | 2.5                 |
| Concreto de 21 Mpa con 7% de fibra | 1.9                 |

Para realizar el diseño de mezcla se tomó un asentamiento teórico de 3". Realizando una comparación de las mezclas, se observa que al aumentar el porcentaje de fibra disminuye el asentamiento. Esto dificulta el proceso de encofrado y afecta la resistencia del concreto ya que, pierde consistencia y fluidez la mezcla.

### 3.2. Ensayos de Compresión

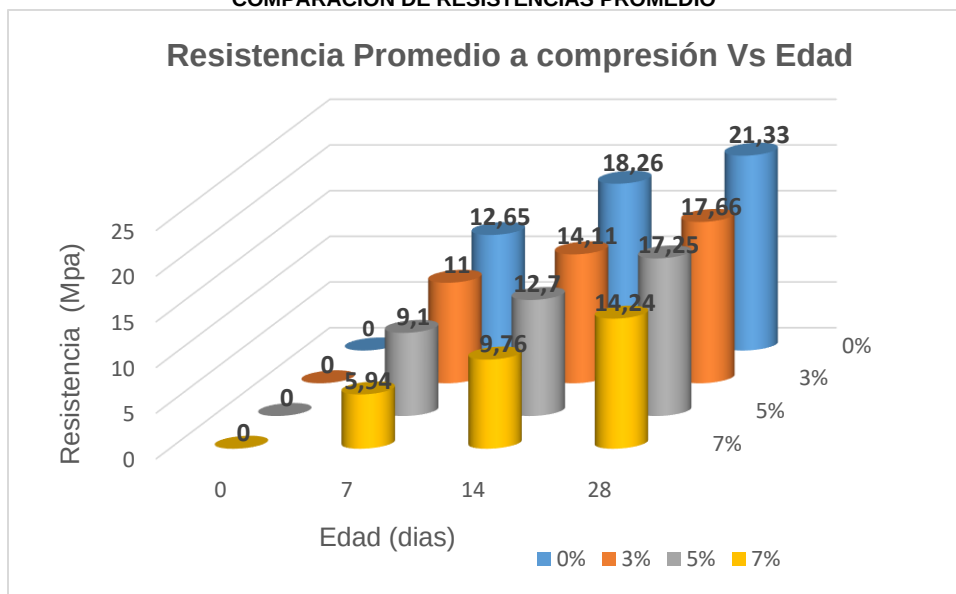
A continuación, en la TABLA 8 y GRÁFICO 1, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en laboratorio para los cilindros de concreto convencional y concreto con adición de fibras metálicas en diferentes cantidades.

**TABLA 8**  
**RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN**

| Resistencia de concreto 21 Mpa | Edad Cilindro (días) | Carga aplicada (KN) | Esfuerzo máximo (Mpa) | %f'c   | Resistencia Promedio (Mpa) |
|--------------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|--------|----------------------------|
| Sin fibra                      | 7                    | 204.00              | 12.00                 | 57.1%  | 12.65                      |
|                                |                      | 226.50              | 13.30                 | 63.3%  |                            |
|                                | 14                   | 298.00              | 18.55                 | 88.3%  | 18.26                      |
|                                |                      | 314.00              | 17.96                 | 85.5%  |                            |
|                                | 28                   | 383.63              | 21.42                 | 102.0% | 21.33                      |
|                                |                      | 380.23              | 21.23                 | 101.1% |                            |
| Con 3% de fibra                | 7                    | 182.40              | 10.60                 | 50.5%  | 11.00                      |
|                                |                      | 194.60              | 11.40                 | 54.3%  |                            |
|                                | 14                   | 248.50              | 14.50                 | 69.0%  | 14.11                      |
|                                |                      | 232.20              | 13.72                 | 65.3%  |                            |

| Resistencia de concreto 21 Mpa | Edad Cilindro (días) | Carga aplicada (KN) | Esfuerzo máximo (Mpa) | %f'c  | Resistencia Promedio (Mpa) |
|--------------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|-------|----------------------------|
|                                | 28                   | 296.46              | 16.55                 | 78.8% | 17.66                      |
|                                |                      | 336.10              | 18.77                 | 89.4% |                            |
| Con 5% de fibra                | 7                    | 167.50              | 9.50                  | 45.2% | 9.10                       |
|                                |                      | 152.30              | 8.70                  | 41.4% |                            |
|                                | 14                   | 212.10              | 12.30                 | 58.6% | 12.70                      |
|                                |                      | 223.80              | 13.10                 | 62.4% |                            |
|                                | 28                   | 322.09              | 17.99                 | 85.7% | 17.25                      |
|                                |                      | 295.56              | 16.50                 | 78.6% |                            |
| Con 7% de fibra                | 7                    | 124.00              | 6.00                  | 28.6% | 5.94                       |
|                                |                      | 99.96               | 5.88                  | 28.0% |                            |
|                                | 14                   | 160.80              | 9.42                  | 44.9% | 9.76                       |
|                                |                      | 178.10              | 10.10                 | 48.1% |                            |
|                                | 28                   | 254.74              | 14.42                 | 68.7% | 14.24                      |
|                                |                      | 248.47              | 14.06                 | 67.0% |                            |

GRÁFICO 1  
COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS PROMEDIO



Fuente: Autor

### 3.3. Fallado de viguetas a flexión

Para determinar si la fibra aportaba resistencia a tensión al concreto, se realizaron pruebas a flexión bajo la norma NTC-2871, con viguetas de 15 cm de alto, 15 cm de ancho y 53.5 cm de largo. Se fallaron viguetas de concreto convencional, concreto con las diferentes cantidades de fibras, concreto convencional con refuerzo y concreto con fibra y refuerzo; Para las reforzadas se usó 2 varilla No. 3 con el fin de cumplir con la cuantía mínima, todas se fallaron a una edad de 28 días. En la TABLA 9, se muestran los resultados.



**TABLA 9**  
**RESULTADOS DE FALLADO DE VIGUETAS**

| Resistencia de concreto 21 Mpa |                 | Edad Viguetas (días) | Carga Máxima (KN) | Distancia de falla I→D (cm) | Modulo de Rotura (Mpa) | Modulo de Rotura promedio (Mpa) |
|--------------------------------|-----------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Sin Refuerzo                   | Sin fibra       | 28                   | 17.5              | 31.5                        | 2.08                   | 3.25                            |
|                                |                 |                      | 36.74             | 24                          | 4.43                   |                                 |
|                                | Con 3% de fibra | 28                   | 24.62             | 21.1                        | 2.91                   | 2.64                            |
|                                |                 |                      | 20.16             | 29.9                        | 2.38                   |                                 |
|                                | Con 5% de fibra | 28                   | 18.58             | 22.72                       | 2.19                   | 2.29                            |
|                                |                 |                      | 20.43             | 29.05                       | 2.38                   |                                 |
|                                | Con 7% de fibra | 28                   | 20.09             | 22.4                        | 2.45                   | 2.47                            |
|                                |                 |                      | 20.98             | 33.86                       | 2.50                   |                                 |
| Con Refuerzo 2#3               | Sin fibra       | 28                   | 75.03             | 22.13                       | 8.58                   | 6.73                            |
|                                |                 |                      | 74.5              | 13.62                       | 4.88                   |                                 |
|                                | Con 3% de fibra | 28                   | 71.43             | 19.58                       | 8.06                   | 7.87                            |
|                                |                 |                      | 67.64             | 34.27                       | 7.69                   |                                 |
|                                | Con 5% de fibra | 28                   | 64.75             | 14.33                       | 4.80                   | 7.00                            |
|                                |                 |                      | 78.93             | 33.74                       | 9.20                   |                                 |
|                                | Con 7% de fibra | 28                   | 71.05             | 43.08                       | 3.30                   | 6.39                            |
|                                |                 |                      | 79.76             | 19.43                       | 9.48                   |                                 |

### 3.4. Módulo de elasticidad

Se realizó ensayo con módulo de elasticidad un cilindro por cada tipo de concreto, los cuales son: concreto convencional, concreto con fibra al 3%, 5% y 7%. A continuación, se presentan los resultados obtenidos con una aplicación de carga de cada 20 KN.

**TABLA 10**  
**RESULTADOS DE DEFORMACIONES DE CILINDRO DE CONCRETO CONVENCIONAL**

| Carga (KN)      | Deformación | Área (cm²) | Esfuerzo (Mpa) | Deformación Unitaria |
|-----------------|-------------|------------|----------------|----------------------|
| 0               | 0.0000      | 0.0000     | 0.0000         | 0.0000               |
| 20              | 0.0194      | 0.0194     | 0.0194         | 0.0194               |
| 40              | 0.0388      | 0.0388     | 0.0388         | 0.0388               |
| 60              | 0.0582      | 0.0582     | 0.0582         | 0.0582               |
| 80              | 0.0776      | 0.0776     | 0.0776         | 0.0776               |
| 100             | 0.0970      | 0.0970     | 0.0970         | 0.0970               |
| 120             | 0.1164      | 0.1164     | 0.1164         | 0.1164               |
| 140             | 0.1358      | 0.1358     | 0.1358         | 0.1358               |
| 160             | 0.1552      | 0.1552     | 0.1552         | 0.1552               |
| 180             | 0.1746      | 0.1746     | 0.1746         | 0.1746               |
| 200             | 0.1940      | 0.1940     | 0.1940         | 0.1940               |
| 220             | 0.2134      | 0.2134     | 0.2134         | 0.2134               |
| 240             | 0.2328      | 0.2328     | 0.2328         | 0.2328               |
| 260             | 0.2522      | 0.2522     | 0.2522         | 0.2522               |
| 280             | 0.2716      | 0.2716     | 0.2716         | 0.2716               |
| 300             | 0.2910      | 0.2910     | 0.2910         | 0.2910               |
| 320             | 0.3104      | 0.3104     | 0.3104         | 0.3104               |
| <b>Ec (Mpa)</b> |             |            |                | 17,449.79            |

**TABLA 11**  
**RESULTADOS DE DEFORMACIONES DE CILINDRO CONCRETO CON 3% DE FIBRA**

| <b>Carga (KN)</b> | <b>Deformación</b> | <b>Área (cm²)</b> | <b>Esfuerzo (Mpa)</b> | <b>Deformación Unitaria</b> |
|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 0                 | 0.0000             | 178.815           | 0                     | -                           |
| 20                | 0.0158             | 178.815           | 1.118471106           | 0.00005268                  |
| 40                | 0.0316             | 178.815           | 2.236942211           | 0.00010536                  |
| 60                | 0.0474             | 178.815           | 3.355413317           | 0.00015804                  |
| 80                | 0.0632             | 178.815           | 4.473884422           | 0.00021073                  |
| 100               | 0.0790             | 178.815           | 5.592355528           | 0.00026341                  |
| 120               | 0.0948             | 178.815           | 6.710826633           | 0.00031609                  |
| 140               | 0.1106             | 178.815           | 7.829297739           | 0.00036877                  |
| 160               | 0.1264             | 178.815           | 8.947768844           | 0.00042145                  |
| 180               | 0.1422             | 178.815           | 10.06623995           | 0.00047413                  |
| 200               | 0.1580             | 178.815           | 11.18471106           | 0.00052682                  |
| 220               | 0.1738             | 178.815           | 12.30318216           | 0.00057950                  |
| <b>Ec (Mpa)</b>   |                    |                   |                       | 21,230.77                   |

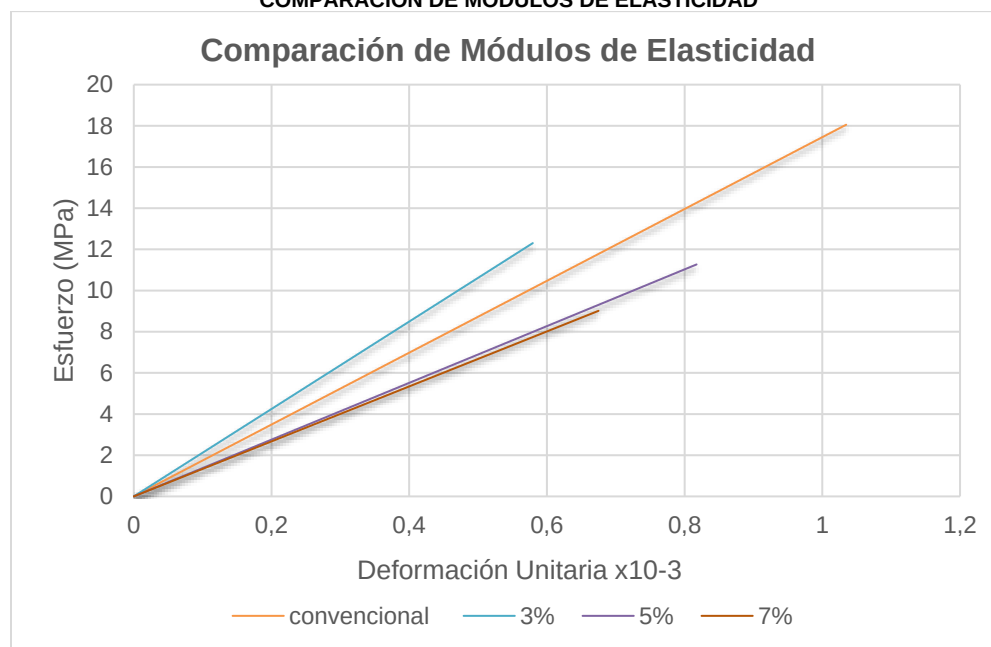
**TABLA 12**  
**RESULTADOS DE DEFORMACIONES DE CILINDRO CONCRETO CON 5% DE FIBRA**

| <b>Carga (KN)</b> | <b>Deformación</b> | <b>Área (cm2)</b> | <b>Esfuerzo (Mpa)</b> | <b>Deformación Unitaria</b> |
|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 0                 | 0.0000             | 177.501           | 0                     | -                           |
| 20                | 0.0245             | 177.501           | 1.126754215           | 0.0000817                   |
| 40                | 0.0490             | 177.501           | 2.253508431           | 0.0001635                   |
| 60                | 0.0736             | 177.501           | 3.380262646           | 0.0002452                   |
| 80                | 0.0981             | 177.501           | 4.507016862           | 0.0003269                   |
| 100               | 0.1226             | 177.501           | 5.633771077           | 0.0004087                   |
| 120               | 0.1471             | 177.501           | 6.760525293           | 0.0004904                   |
| 140               | 0.1716             | 177.501           | 7.887279508           | 0.0005721                   |
| 160               | 0.1962             | 177.501           | 9.014033724           | 0.0006539                   |
| 180               | 0.2207             | 177.501           | 10.14078794           | 0.0007356                   |
| 200               | 0.2452             | 177.501           | 11.26754215           | 0.0008173                   |
| <b>Ec (Mpa)</b>   |                    |                   |                       | 13,785.50                   |

**TABLA 13**  
**RESULTADOS DE DEFORMACIONES DE CILINDRO CONCRETO CON 7% DE FIBRA**

| <b>Carga (KN)</b> | <b>Deformación</b> | <b>Área (cm²)</b> | <b>Esfuerzo (Mpa)</b> | <b>Deformación Unitaria</b> |
|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 0                 | 0.0000             | 177.501           | 0                     | -                           |
| 20                | 0.0253             | 177.501           | 1.126754215           | 0.00008437                  |
| 40                | 0.0506             | 177.501           | 2.253508431           | 0.00016873                  |
| 60                | 0.0759             | 177.501           | 3.380262646           | 0.00025310                  |
| 80                | 0.1012             | 177.501           | 4.507016862           | 0.00033746                  |
| 100               | 0.1265             | 177.501           | 5.633771077           | 0.00042183                  |
| 120               | 0.1519             | 177.501           | 6.760525293           | 0.00050619                  |
| 140               | 0.1772             | 177.501           | 7.887279508           | 0.00059056                  |
| 160               | 0.2025             | 177.501           | 9.014033724           | 0.00067492                  |
| <b>Ec (Mpa)</b>   |                    |                   |                       | 13,355.67                   |

**GRÁFICO 2**  
**COMPARACIÓN DE MÓDULOS DE ELASTICIDAD**



Fuente: Autor

#### **4. CONCLUSIONES**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, se afirma que la fibra residual de tornos rectificadores de motores vehiculares no es apta para adicionarse al concreto. Ya que, disminuye significativamente la resistencia del concreto, en conjunto disminuye su módulo de elasticidad afectando la calidad del concreto.

La fibra implementa no aporta beneficios mecánicos al concreto debido a que las fibras eran cortas y no se generaron enlaces entre los agregados, para brindar mayor resistencia a la tensión. Por lo cual, el tamaño y el tipo de material del cual están compuestas las fibras, son características fundamentales para implementarlas en una mezcla y obtener un beneficio mecánico en un concreto.

La implementación de fibras metálicas en un concreto disminuye la fluidez del mismo, disminuyendo el asentamiento de la mezcla. Por esto, se debe tener en cuenta al momento de realizar el diseño de mezcla y tener en cuenta aditivos que mejoren la fluidez del concreto.

Para implementar fibras metálicas que, si aporten resistencia mecánica se tiene que proteger la superficie del elemento debido a que, partes de las fibras quedan expuestas y pueden verse afectadas por la corrosión afectando la integridad del concreto.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente, quiero darle gracias a Dios por guiarme en el camino, por permitirme culminar el pregrado con los compañeros y amigos que conocí durante el transcurso del programa.

Mi más sincero agradecimiento a mi Director, el Ing. Emiro Lozano, por su acompañamiento, orientación y conocimiento brindado durante el desarrollo de este trabajo de grado. A mi compañera Angie Katherine Ortiz por encabezarme en esta investigación.

A mis padres, infinitas gracias por el amor, apoyo y consejos que me fortalecieron para seguir adelante a pesar de las adversidades y ser fuente principal de motivación.

Finalmente, un agradecimiento especial a mis amigos que durante el transcurso de la carrera fuimos creando fuertes lazos de amistad incondicional, apoyándonos entre sí y compartiendo buenas experiencias.

## REFERENCIAS

- [1] . J. Carrillo, M. Sánchez y D. Silva. Desempeño de losas de concreto sobre terreno reforzadas con malla electro-soldada o fibras de acero. México: Ingeniería Investigación y Tecnología. 2016.
- [2] S. L. Gabriel. Comportamiento del Hormigón Reforzado con Fibras de Acero y su Influencia en sus Propiedades Mecánicas en el Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua. Trabajo de grado. Repositorio de Universidad Técnica de Ambato. 2014.  
<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8337/1/Tesis%20828%20-%20Silva%20Tipantasig%20Len%C3%ADn%20Gabriel.pdf>
- [3] G. G. J. C. L. Lina P. Gallo. Comportamiento del Concreto Reforzado con Fibras de Acero ZP-306 Sometido a Esfuerzos de Compresión. Scielo. 2013.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v23n1/v23n1a08.pdf>
- [4] H. N. Sarta Forero y J. L. Silva Rodríguez. Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 4% y 6%. Trabajo de Grado. Repositorio Institucional Universidad Católica. 2017. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/14513>
- [5] D. A. López y G. D. González. Incidencia de las Fibras de Acero como Refuerzo para el Concreto Hidráulico. Trabajo de Grado. Biblioteca Universidad de Nariño. 2013.  
<http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/89972.pdf>
- [6] C. Huiñapi. Propiedades Principales Del Concreto Fresco. Academia. 2015.  
[https://www.academia.edu/7813086/Propiedades\\_Principales\\_Del\\_Concreto\\_Fresco](https://www.academia.edu/7813086/Propiedades_Principales_Del_Concreto_Fresco)
- [7] P. Valencia Castro y C. Quintana Cruz. Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 12% y 14%. Trabajo de Grado. Repositorio Institucional Universidad Católica. 2016. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/6378>
- [8] Subcomité de fibras ICONTEC. Explorando el Concreto Reforzado con Fibras (CRF). Revista Construcción y Tecnología. 2017. <http://www.imcyc.com/ct2008/feb08/materia.htm>
- [9] ] Holcim Colombia. Agregados. <https://www.holcim.com.co/agregados>
- [10] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, NTC 176 - *Método De Ensayo Para Determinar La Densidad Y La Absorción Del Agregado Grueso*, Bogotá D.C.: ICONTEC, 1995.
- [11] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, NTC 226 - *Cementos. Método De Ensayo Para Determinar La Finura Del Cemento Hidráulico Por Medio De Los Tamices De 75  $\mu$ m (No. 200) Y De 150  $\mu$ m (No. 100)*, Bogotá D.C.: ICONTEC, 2001.
- [12] G. A. Rivera. Composición química del cemento. *Tecnología Concreto y Mortero*, Cauca, pp. 23-24.
- [13] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, NTC 396 - *Método De Ensayo Para Determinar El Asentamiento Del Concreto*, Bogotá D.C.: ICONTEC, 1992.

- [14] I. C. d. N. T. y. Certificación, *Concretos. Ensayo De Resistencia A La Compresión De Especímenes Cilíndricos De Concreto*, Bogotá DC: ICONTEC, 2010.
- [15] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, *NTC 2871 - Método De Ensayo Para Determinar El Esfuerzo A La Flexión Del Concreto (Utilizando Una Viga Simple Con Carga En Los Tercios Medios)*, Bogotá D.C.: ICONTEC, 1999.