

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**INFLUENCIA DE LA FIBRA SINTÉTICA EN LA  
RESISTENCIA A COMPRESIÓN, TRACCIÓN Y FLEXIÓN DE  
CONCRETOS CON A/C 0.25, 0.30, 0.35**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**ELABORADO POR**

**CRISTIAN ANTONIO REYNOSO LOAYZA**

**ASESOR**

**Ing. RAFAEL CACHAY HUAMÁN**

**LIMA- PERÚ**

**2023**

© 2023, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir la Tesis en su totalidad o en parte,  
con fines estrictamente académicos.”**

Reynoso Loayza, Cristian Antonio

cristianreynoso492@gmail.com

980796817

## DEDICATORIA

A mi familia que siempre estuvieron para mí y en especial a mi padre José Antonio Reynoso Rodríguez por su apoyo incondicional en todos mis proyectos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre Maria Loayza Vargas por encaminarme a siempre ser mejor y a mi asesor el Ing. Rafael Cachay por su guía y tiempo que dedicó en este proyecto.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>4</b>
<b>PRÓLOGO .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
1.1 GENERALIDADES .....	13
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	13
1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	14
1.3.1 Objetivo general.....	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
1.4 HIPÓTESIS .....	14
1.5 MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	15
1.6 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	16
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....</b>	<b>17</b>
2.0 CONCRETO .....	17
2.1 COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIPROPILENO .....	17
2.2 RELACIÓN A/C EN CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA .....	18
2.3 FIBRAS.....	18
2.3.1 Clasificación de fibras .....	18
2.3.2 Mezclado de macrofibras en el concreto.....	19
2.4 ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO .....	19
2.4.1 Ensayo de asentamiento (slump) .....	19
2.4.2 Ensayo de peso unitario.....	20
2.5 ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO .....	20
2.5.1 Ensayo de compresión.....	20
2.5.2 Ensayo de compresión diametral .....	21
2.5.3 Ensayo de flexión en vigas .....	21
2.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS.....	22
2.6.1 Prueba de normalidad de Shapiro – Wilk .....	22
2.6.2 Prueba de homogeneidad de Levene.....	22
2.6.3 Prueba de validación de hipótesis F de Fisher – Anova Multivariable .....	23
<b>CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>24</b>
3.1 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES Y/O ESPECÍFICAS DE LOS COMPONENTES DEL CONCRETO.....	24
3.1.1 Granulometría del agregado fino NTP 400.012:2021 y agregado grueso NTP 400.012:2021.....	24
3.1.2 Peso específico y absorción del agregado fino NTP 400.022:2013 Y agregado grueso NTP 400.021:2020 .....	27
3.1.3 Peso unitario de los agregados NTP 400.017:2020 y contenido de humedad de los agregados NTP 400.022:2013 .....	29
3.1.4 Combinación de agregados por el método de máxima compacidad.....	30
3.1.5 Cemento .....	32

3.1.6 Aditivo .....	32
3.1.7 Fibra sintética de polipropileno .....	32
3.2 DISEÑO DE MEZCLA .....	32
3.3 PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN Y CURADO EN PROBETAS NTP 339.183:2021 .....	33
3.3.1 Elaboración de probetas cilíndricas y prismáticas .....	33
3.3.2 Curado de probetas cilíndricas y prismáticas NTP 339.033:2021 .....	34
3.4 MEDICIONES OBTENIDAS EN CONCRETO FRESCO .....	35
3.4.1 Ensayo de asentamiento NTP 339.035:2015 y peso unitario NTP 339.046:2019 del concreto fresco .....	35
3.5 MEDICIONES OBTENIDAS EN CONCRETO ENDURECIDO .....	40
3.5.1 Ensayo de resistencia a la compresión del concreto NTP 339.034:2015... ..	40
3.5.2 Ensayo de resistencia a la tracción del concreto NTP 339.084:2012.....	50
3.5.3 Ensayo de resistencia a la flexión del concreto NTP 339.078:2012.....	61
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS CON RESPECTO A LA INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE FIBRA PARA UNA CANTIDAD DE FIBRA ESPECÍFICA .....</b>	<b>72</b>
4.1 ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS EN CONCRETO FRESCO .....	72
4.1.1 Análisis del ensayo de asentamiento del concreto .....	72
4.1.2 Análisis del ensayo de peso unitario del concreto .....	75
4.2 ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS EN CONCRETO ENDURECIDO .....	79
4.2.1 Análisis de la resistencia a la compresión .....	79
4.2.2 Análisis de la resistencia a la tracción .....	92
4.2.3 Análisis de la resistencia a la flexión .....	104
4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	116
4.3.1 Planteamiento de la hipótesis estadística.....	116
4.3.2 Prueba de hipótesis estadística bilateral .....	116
4.3.3 Prueba de normalidad.....	116
4.3.4 Prueba de homogeneidad .....	119
4.3.5 Contrastación de hipótesis.....	120
4.4 ANALISIS DE COSTO .....	123
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>128</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>130</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>131</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>133</b>

## RESUMEN

Se estudia la influencia que tendrá la adición de fibras sintéticas de polipropileno, variando su tamaño y cantidad, en las resistencias a la compresión, tracción y flexión de concretos de alta resistencia; así mismo se realizó un análisis del costo respecto al uso de estas fibras.

Se hizo tres diseños de un concreto patrón, y a cada uno se adicionaron fibras de polipropileno de tres diferentes tamaños (42 mm, 50 mm y 60 mm) y tres diferentes cantidades (4 kg, 6 kg y 8 kg por m<sup>3</sup> de mezcla) para relaciones a/c de 0,25, 0,30 y 0,35. Es decir, se tienen tres diseños de mezcla sin adición de fibra (concreto patrón) y 27 diseños con adición de fibra tomando como base los diseños de concreto patrón. Se usó agregado fino y grueso (piedra) de las canteras de Huachipa y de Huaycán respectivamente, Cemento Portland Tipo I de la marca SOL, aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante sin retardo NEOPLAST 8500 HP de la marca QSI PERÚ, fibra sintética estructural de polipropileno de la marca POLYSTARK. Con respecto al análisis estadístico se demostró que los datos cumplen las pruebas de normalidad y homogeneidad por lo tanto se aplicó una prueba paramétrica para la constatación de hipótesis mediante la prueba "F" de Fisher-Anova multivariable con dos factores de Leven con pruebas en tamaños de fibra de 42, 50 y 60 mm para cantidades de 4 kg, 6 kg y 8 kg de fibra por metro cúbico de concreto la cual acepta la hipótesis.

Se concluye que:

En concreto fresco; el asentamiento se reduce significativamente para dosificación de fibra mayor a 4kg/m<sup>3</sup> independientemente del tamaño de fibra; y el peso unitario se reduce a mayor dosificación y/o mayor tamaño de fibra.

En concreto endurecido; la resistencia a la compresión disminuye a mayor dosificación y/o mayor tamaño de fibra hasta en un máximo de 8.6 %. La resistencia a la tracción aumenta a mayor dosificación y/o mayor tamaño de fibra, para tamaños de fibra a partir de 50 mm este aumento es de 10.7 % aproximadamente. La resistencia a la flexión aumenta a mayor dosificación y/o mayor tamaño de fibra, el aumento es significativo con valores de entre 14.9 % y 19.4 %; además, se establece una relación que implica que por cada 2kg/m<sup>3</sup> adicionales en la dosificación de fibra, esta resistencia aumenta en 5.85 %.

## ABSTRACT

The influence that the addition of synthetic polypropylene fibers will have, varying their size and quantity, on the resistance to compression, traction and flexion of high-strength concrete is studied; Likewise, an analysis of the cost regarding the use of these fibers was carried out.

Three designs of a concrete standard were made, and polypropylene fibers of three different sizes (42 mm, 50 mm and 60 mm) and three different amounts (4 kg, 6 kg and 8 kg per m<sup>3</sup> of mixture) were added to each one for w/c ratios of 0,25, 0,30 and 0,35. That is, there are three mix designs without the addition of fiber (standard concrete) and 27 designs with the addition of fiber based on the standard concrete designs.

Fine and coarse aggregate (stone) from the Huachipa and Huaycán quarries, Type I Portland Cement from the SOL brand, high-range water reducing additive superplasticizer without retardation NEOPLAST 8500 HP from the QSI PERÚ brand, structural synthetic fiber of polypropylene of the POLYSTARK brand were used respectively.

With respect to the statistical analysis, it was shown that the data meet the tests of normality and homogeneity, therefore a parametric test was applied to verify the hypothesis using the "F" Fisher-Anova multivariate test with two Leven factors with tests in sizes of fiber of 42, 50 and 60 mm for quantities of 4 kg, 6 kg and 8 kg of fiber per cubic meter of concrete which accepts the hypothesis.

It is concluded that:

In fresh concrete; settlement is significantly reduced for fiber dosage greater than 4 kg/m<sup>3</sup> regardless of fiber size; and the unit weight is reduced with higher dosage and/or larger fiber size.

In hardened concrete; compressive strength decreases with higher dosage and/or higher fiber size up to a maximum of 8,6 %. The tensile strength increases with higher dosage and/or larger fiber size, for fiber sizes from 50 mm this increase is approximately 10,7 %. Flexural strength increases with higher dosage and/or greater fiber size, the increase is significant with values between 14,9 % and 19,4 %; In addition, a relationship is established that implies that for every additional 2 kg/m<sup>3</sup> in the fiber dosage, this resistance increases by 5,85 %.

## PRÓLOGO

Actualmente en la industria de la construcción del Perú se requieren diseños de concreto que posean mejores propiedades tanto en durabilidad como en resistencia y esto se debe a las diversas exigencias que continuamente van apareciendo en los proyectos de construcción como es el caso de concretos de alta resistencia y de mayor tenacidad en la construcción de túneles y obras subterráneas; es por ello que surge la necesidad de investigar temas relacionados a este campo.

Una continua interrogante en este campo es la búsqueda de algún aditivo o material que pueda mejorar propiedades del concreto, tales como las resistencias a la compresión, tracción y flexión.

Las fibras sintéticas aportan distintos beneficios a la construcción, entre los que destacan el control de las fisuras, la resistencia al impacto, al fuego, a la flexión y aumento de la tenacidad, entre otros. En esta investigación se realizará el análisis de la resistencia a la compresión, tracción y flexión.

Trabajos anteriores afirman que logran reducir el agrietamiento en concreto fresco y endurecido con el uso de fibras (Mendoza, Aire y Dávila, 2011); además de lograr incrementar la flexión del concreto aproximadamente un 14% a los 28 días (Armas, 2016). Sin embargo, no se tiene referencia alguna de la influencia que genera el uso de tamaños específicos de fibras por lo tanto el presente trabajo de investigación estudia los efectos de las fibras tomando como variables el tamaño y la cantidad de la fibra en los concretos de alta resistencia y de esta manera ampliar el estado de conocimiento.

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla N°1</b> Matriz de consistencia .....	15
<b>Tabla N°2</b> Estándares de control para $f_c' \geq 35$ MPa (5000 lb./pulg. <sup>2</sup> ) .....	21
<b>Tabla N°3</b> Resultado del ensayo de granulometría para el agregado fino .....	24
<b>Tabla N°4</b> Resultado del ensayo de granulometría para el agregado grueso .....	25
<b>Tabla N°5</b> Resultado del ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.....	27
<b>Tabla N°6</b> Resultado del ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso.....	28
<b>Tabla N°7</b> Resultado del ensayo de peso unitario del agregado fino y grueso.....	29
<b>Tabla N°8</b> Resultado del ensayo de contenido de humedad del agregado fino y grueso .....	30
<b>Tabla N°9</b> Resultado del ensayo de peso unitario compactado para combinaciones de agregados .....	30
<b>Tabla N°10</b> Diseños de mezcla para las combinaciones de fibra.....	33
<b>Tabla N°11</b> Resultados de los ensayos de asentamiento y peso unitario en concretos $a/c=0.25$ y fibra de 42, 50 y 60mm .....	36
<b>Tabla N°12</b> Resultados de los ensayos de asentamiento y peso unitario en concretos $a/c=0.30$ y fibra de 42, 50 y 60mm .....	37
<b>Tabla N°13</b> Resultados de los ensayos de asentamiento y peso unitario en concretos $a/c=0.35$ y fibra de 42, 50 y 60mm .....	39
<b>Tabla N°14</b> Resistencia a la compresión y concreto patrón $a/c=0.25$ .....	40
<b>Tabla N°15</b> Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.25$ y fibra 42mm .....	41
<b>Tabla N°16</b> Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.25$ y fibra 50mm .....	42
<b>Tabla N°17</b> Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.25$ y fibra 60mm .....	43
<b>Tabla N°18</b> Resistencia a la compresión para el concreto patrón $a/c=0.30$ .....	44
<b>Tabla N°19</b> Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.30$ y fibra 42mm .....	44
<b>Tabla N°20</b> Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.30$ y fibra 50mm .....	45
<b>Tabla N°21</b> Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.30$ y fibra 60mm .....	46
<b>Tabla N°22</b> Resistencia a la compresión para el concreto patrón $a/c=0.35$ .....	47
<b>Tabla N°23</b> Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.35$ y fibra 42mm .....	48
<b>Tabla N°24</b> Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.35$ y fibra 50mm .....	49
<b>Tabla N°25</b> Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.35$ y fibra 60mm .....	50
<b>Tabla N°26</b> Resistencia a la tracción para el concreto patrón $a/c=0.25$ .....	51
<b>Tabla N°27</b> Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.25$ y fibra 42mm .....	51
<b>Tabla N°28</b> Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.25$ y fibra 50mm .....	52
<b>Tabla N°29</b> Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.25$ y fibra 60mm .....	53
<b>Tabla N°30</b> Resistencia a la tracción para el concreto patrón $a/c=0.30$ .....	54
<b>Tabla N°31</b> Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.30$ y fibra 42mm .....	55
<b>Tabla N°32</b> Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.30$ y fibra 50mm .....	56
<b>Tabla N°33</b> Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.30$ y fibra 60mm .....	57
<b>Tabla N°34</b> Resistencia a la tracción para el concreto patrón $a/c=0.35$ .....	58
<b>Tabla N°35</b> Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.35$ y fibra 42mm .....	58
<b>Tabla N°36</b> Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.35$ y fibra 50mm .....	59
<b>Tabla N°37</b> Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.35$ y fibra 60mm .....	60
<b>Tabla N°38</b> Resistencia a la flexión para el concreto patrón $a/c=0.25$ .....	61
<b>Tabla N°39</b> Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.25$ y fibra 42mm .....	62
<b>Tabla N°40</b> Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.25$ y fibra 50mm .....	63
<b>Tabla N°41</b> Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.25$ y fibra 60mm .....	64
<b>Tabla N°42</b> Resistencia a la flexión para el concreto patrón $a/c=0.30$ .....	65
<b>Tabla N°43</b> Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.30$ y fibra 42mm .....	65
<b>Tabla N°44</b> Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.30$ y fibra 50mm .....	66

<b>Tabla N°45</b> Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.30$ y fibra 60mm.....	67
<b>Tabla N°46</b> Resistencia a la flexión para el concreto patrón $a/c=0.35$ .....	68
<b>Tabla N°47</b> Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.35$ y fibra 42mm.....	69
<b>Tabla N°48</b> Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.35$ y fibra 50mm.....	70
<b>Tabla N°49</b> Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.35$ y fibra 60mm.....	71
<b>Tabla N°50</b> Variación del asentamiento del concreto de $a/c=0.25$ con fibra respecto al concreto patrón .....	72
<b>Tabla N°51</b> Variación del asentamiento del concreto de $a/c=0.30$ con fibra respecto al concreto patrón .....	73
<b>Tabla N°52</b> Variación del asentamiento del concreto de $a/c=0.35$ con fibra respecto al concreto patrón .....	74
<b>Tabla N°53</b> Variación del peso unitario del concreto de $a/c=0.25$ con fibra respecto al concreto patrón .....	76
<b>Tabla N°54</b> Variación del peso unitario del concreto de $a/c=0.30$ con fibra respecto al concreto patrón .....	77
<b>Tabla N°55</b> Variación del peso unitario del concreto de $a/c=0.35$ con fibra respecto al concreto patrón .....	78
<b>Tabla N°56</b> Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón .....	79
<b>Tabla N°57</b> Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón .....	81
<b>Tabla N°58</b> Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón .....	82
<b>Tabla N°59</b> Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón .....	84
<b>Tabla N°60</b> Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón .....	85
<b>Tabla N°61</b> Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón .....	87
<b>Tabla N°62</b> Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón .....	88
<b>Tabla N°63</b> Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón .....	90
<b>Tabla N°64</b> Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón .....	91
<b>Tabla N°65</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.....	92
<b>Tabla N°66</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.....	94
<b>Tabla N°67</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.....	95
<b>Tabla N°68</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.....	96
<b>Tabla N°69</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.....	97
<b>Tabla N°70</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.....	99
<b>Tabla N°71</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.....	100
<b>Tabla N°72</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.....	101
<b>Tabla N°73</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.....	103

<b>Tabla N°74</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón .....	104
<b>Tabla N°75</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón .....	105
<b>Tabla N°76</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón .....	107
<b>Tabla N°77</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón .....	108
<b>Tabla N°78</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón .....	109
<b>Tabla N°79</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón .....	111
<b>Tabla N°80</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón .....	112
<b>Tabla N°81</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón .....	113
<b>Tabla N°82</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón .....	114
<b>Tabla N°83</b> Prueba de normalidad para un $a/c = 0.25$ .....	117
<b>Tabla N°84</b> Prueba de normalidad para un $a/c = 0.30$ .....	118
<b>Tabla N°85</b> Prueba de normalidad para un $a/c = 0.35$ .....	119
<b>Tabla N°86</b> Prueba de homogeneidad para un $a/c = 0.25$ .....	120
<b>Tabla N°87</b> Prueba de homogeneidad para un $a/c = 0.30$ .....	120
<b>Tabla N°88</b> Prueba de homogeneidad para un $a/c = 0.35$ .....	120
<b>Tabla N°89</b> Prueba de contrastación de hipótesis para un $a/c = 0.25$ .....	121
<b>Tabla N°90</b> Prueba de contrastación de hipótesis para un $a/c = 0.30$ .....	122
<b>Tabla N°91</b> Prueba de contrastación de hipótesis para un $a/c = 0.35$ .....	122
<b>Tabla N°92</b> Costo para la elaboración de 1m <sup>3</sup> de concreto patrón $a/c=0.25$ .....	123
<b>Tabla N°93</b> Costo para la elaboración de 1m <sup>3</sup> de concreto de $a/c=0.25$ , TF=42, 50 y 60mm, CF=4 kg/m <sup>3</sup> .....	123
<b>Tabla N°94</b> Costo para la elaboración de 1m <sup>3</sup> de concreto de $a/c=0.25$ , TF=42, 50 y 60mm, CF=6 kg/m <sup>3</sup> .....	124
<b>Tabla N°95</b> Costo para la elaboración de 1m <sup>3</sup> de concreto de $a/c=0.25$ , TF=42, 50 y 60mm, CF=8 kg/m <sup>3</sup> .....	124
<b>Tabla N°96</b> Costo para la elaboración de 1m <sup>3</sup> de concreto patrón $a/c=0.30$ .....	124
<b>Tabla N°97</b> Costo para la elaboración de 1m <sup>3</sup> de concreto de $a/c=0.30$ , TF=42, 50 y 60mm, CF=4 kg/m <sup>3</sup> .....	125
<b>Tabla N°98</b> Costo para la elaboración de 1m <sup>3</sup> de concreto de $a/c=0.30$ , TF=42, 50 y 60mm, CF=6 kg/m <sup>3</sup> .....	125
<b>Tabla N°99</b> Costo para la elaboración de 1m <sup>3</sup> de concreto de $a/c=0.30$ , TF=42, 50 y 60mm, CF=8 kg/m <sup>3</sup> .....	126
<b>Tabla N°100</b> Costo para la elaboración de 1m <sup>3</sup> de concreto patrón $a/c=0.35$ .....	126
<b>Tabla N°101</b> Costo para la elaboración de 1m <sup>3</sup> de concreto de $a/c=0.35$ , TF=42, 50 y 60mm, CF=4 kg/m <sup>3</sup> .....	126
<b>Tabla N°102</b> Costo para la elaboración de 1m <sup>3</sup> de concreto de $a/c=0.35$ , TF=42, 50 y 60mm, CF=6 kg/m <sup>3</sup> .....	127
<b>Tabla N°103</b> Costo para la elaboración de 1m <sup>3</sup> de concreto de $a/c=0.35$ , TF=42, 50 y 60mm, CF=8 kg/m <sup>3</sup> .....	127

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura N°1</b>	Ensayo de granulometría para el agregado fino.....	24
<b>Figura N°2</b>	Tamizado del agregado fino en laboratorio .....	25
<b>Figura N°3</b>	Ensayo de granulometría para el agregado grueso.....	26
<b>Figura N°4</b>	Tamizado del agregado grueso en laboratorio .....	26
<b>Figura N°5</b>	Proceso de saturación del agregado fino .....	27
<b>Figura N°6</b>	Determinación del peso específico aparente del agregado grueso.....	28
<b>Figura N°7</b>	Combinación de agregados - método de máxima compactación .....	31
<b>Figura N°8</b>	Ensayo peso unitario compactado del agregado combinado.....	31
<b>Figura N°9</b>	Ensayo de asentamiento en el cono de Abrams. ....	35
<b>Figura N°10</b>	Ensayo de peso unitario del concreto en estado fresco .....	35
<b>Figura N°11</b>	Asentamiento para concretos $a/c=0.25$ y fibra de 42, 50 y 60mm .....	36
<b>Figura N°12</b>	Peso unitario en concretos $a/c=0.25$ y fibra de 42, 50 y 60mm.....	37
<b>Figura N°13</b>	Asentamiento en concretos $a/c=0.30$ y fibra de 42, 50 y 60mm.....	38
<b>Figura N°14</b>	Peso unitario en concretos $a/c=0.30$ y fibra de 42, 50 y 60mm.....	38
<b>Figura N°15</b>	Asentamiento en concretos $a/c=0.35$ y fibra de 42, 50 y 60mm.....	39
<b>Figura N°16</b>	Peso unitario en concretos $a/c=0.35$ y fibra de 42, 50 y 60mm.....	40
<b>Figura N°17</b>	Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.25$ y fibra 42mm ....	41
<b>Figura N°18</b>	Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.25$ y fibra 50mm ....	42
<b>Figura N°19</b>	Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.25$ y fibra 60mm ....	43
<b>Figura N°20</b>	Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.30$ y fibra 42mm ....	45
<b>Figura N°21</b>	Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.30$ y fibra 50mm ....	46
<b>Figura N°22</b>	Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.30$ y fibra 60mm ....	47
<b>Figura N°23</b>	Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.35$ y fibra 42mm ....	48
<b>Figura N°24</b>	Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.35$ y fibra 50mm ....	49
<b>Figura N°25</b>	Resistencia a la compresión en concretos $a/c=0.35$ y fibra 60mm ....	50
<b>Figura N°26</b>	Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.25$ y fibra 42mm .....	52
<b>Figura N°27</b>	Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.25$ y fibra 50mm .....	53
<b>Figura N°28</b>	Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.25$ y fibra 60mm .....	54
<b>Figura N°29</b>	Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.30$ y fibra 42mm .....	55
<b>Figura N°30</b>	Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.30$ y fibra 50mm .....	56
<b>Figura N°31</b>	Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.30$ y fibra 60mm .....	57
<b>Figura N°32</b>	Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.35$ y fibra 42mm .....	59
<b>Figura N°33</b>	Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.35$ y fibra 50mm .....	60
<b>Figura N°34</b>	Resistencia a la tracción en concretos $a/c=0.35$ y fibra 60mm .....	61
<b>Figura N°35</b>	Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.25$ y fibra 42mm .....	62
<b>Figura N°36</b>	Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.25$ y fibra 50mm .....	63
<b>Figura N°37</b>	Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.25$ y fibra 60mm .....	64
<b>Figura N°38</b>	Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.30$ y fibra 42mm .....	66
<b>Figura N°39</b>	Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.30$ y fibra 50mm .....	67
<b>Figura N°40</b>	Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.30$ y fibra 60mm .....	68
<b>Figura N°41</b>	Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.35$ y fibra 42mm .....	69
<b>Figura N°42</b>	Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.35$ y fibra 50mm .....	70
<b>Figura N°43</b>	Resistencia a la flexión en concretos $a/c=0.35$ y fibra 60mm .....	71
<b>Figura N°44</b>	Asentamiento del concreto de $a/c=0.25$ con fibra incorporada .....	73
<b>Figura N°45</b>	Asentamiento del concreto de $a/c=0.30$ con fibra incorporada .....	74
<b>Figura N°46</b>	Asentamiento del concreto de $a/c=0.35$ con fibra incorporada .....	75
<b>Figura N°47</b>	Peso unitario del concreto de $a/c=0.25$ con fibra incorporada .....	76
<b>Figura N°48</b>	Peso unitario del concreto de $a/c=0.30$ con fibra incorporada .....	77
<b>Figura N°49</b>	Peso unitario del concreto de $a/c=0.35$ con fibra incorporada .....	78
<b>Figura N°50</b>	Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.....	80

<b>Figura N°51</b> Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón .....	81
<b>Figura N°52</b> Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón .....	83
<b>Figura N°53</b> Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón .....	84
<b>Figura N°54</b> Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón .....	86
<b>Figura N°55</b> Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón .....	87
<b>Figura N°56</b> Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón .....	89
<b>Figura N°57</b> Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón .....	90
<b>Figura N°58</b> Variación de la resistencia a la compresión del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón .....	92
<b>Figura N°59</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón .....	93
<b>Figura N°60</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón .....	94
<b>Figura N°61</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón .....	95
<b>Figura N°62</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón .....	97
<b>Figura N°63</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón .....	98
<b>Figura N°64</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón .....	99
<b>Figura N°65</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón .....	101
<b>Figura N°66</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón .....	102
<b>Figura N°67</b> Variación de la resistencia a la tracción del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón .....	103
<b>Figura N°68</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón .....	105
<b>Figura N°69</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón .....	106
<b>Figura N°70</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.25$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón .....	107
<b>Figura N°71</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón .....	109
<b>Figura N°72</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón .....	110
<b>Figura N°73</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.30$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón .....	111
<b>Figura N°74</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 42mm respecto al concreto patrón .....	112
<b>Figura N°75</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 50mm respecto al concreto patrón .....	114
<b>Figura N°76</b> Variación de la resistencia a la flexión del concreto de $a/c=0.35$ con fibra de 60mm respecto al concreto patrón .....	115

## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

a/c	:	Relación agua cemento para un determinado diseño de mezcla
ACI	:	Instituto del Concreto Americano, por sus siglas en inglés
A.F	:	Agregado fino
A.G	:	Agregado Grueso
CF	:	Cantidad de fibra de polipropileno
CV	:	Coeficiente de variación
D025.01	:	Diseño patrón con a/c de 0.25
D025.02	:	Diseño con a/c de 0.25, TF=42mm y CF=4 kg/m <sup>3</sup>
D025.03	:	Diseño con a/c de 0.25, TF=42mm y CF=6 kg/m <sup>3</sup>
D025.04	:	Diseño con a/c de 0.25, TF=42mm y CF=8 kg/m <sup>3</sup>
D025.05	:	Diseño con a/c de 0.25, TF=50mm y CF=4 kg/m <sup>3</sup>
D025.06	:	Diseño con a/c de 0.25, TF=50mm y CF=6 kg/m <sup>3</sup>
D025.07	:	Diseño con a/c de 0.25, TF=50mm y CF=8 kg/m <sup>3</sup>
D025.08	:	Diseño con a/c de 0.25, TF=60mm y CF=4 kg/m <sup>3</sup>
D025.09	:	Diseño con a/c de 0.25, TF=60mm y CF=6 kg/m <sup>3</sup>
D025.10	:	Diseño con a/c de 0.25, TF=60mm y CF=8 kg/m <sup>3</sup>
D030.01	:	Diseño patrón con a/c de 0.30
D030.02	:	Diseño con a/c de 0.30, TF=42mm y CF=4 kg/m <sup>3</sup>
D030.03	:	Diseño con a/c de 0.30, TF=42mm y CF=6 kg/m <sup>3</sup>
D030.04	:	Diseño con a/c de 0.30, TF=42mm y CF=8 kg/m <sup>3</sup>
D030.05	:	Diseño con a/c de 0.30, TF=50mm y CF=4 kg/m <sup>3</sup>
D030.06	:	Diseño con a/c de 0.30, TF=50mm y CF=6 kg/m <sup>3</sup>
D030.07	:	Diseño con a/c de 0.30, TF=50mm y CF=8 kg/m <sup>3</sup>
D030.08	:	Diseño con a/c de 0.30, TF=60mm y CF=4 kg/m <sup>3</sup>
D030.09	:	Diseño con a/c de 0.30, TF=60mm y CF=6 kg/m <sup>3</sup>
D030.10	:	Diseño con a/c de 0.30, TF=60mm y CF=8 kg/m <sup>3</sup>
D035.01	:	Diseño patrón con a/c de 0.35
D035.02	:	Diseño con a/c de 0.35, TF=42mm y CF=4 kg/m <sup>3</sup>
D035.03	:	Diseño con a/c de 0.35, TF=42mm y CF=6 kg/m <sup>3</sup>
D035.04	:	Diseño con a/c de 0.35, TF=42mm y CF=8 kg/m <sup>3</sup>
D035.05	:	Diseño con a/c de 0.35, TF=50mm y CF=4 kg/m <sup>3</sup>
D035.06	:	Diseño con a/c de 0.35, TF=50mm y CF=6 kg/m <sup>3</sup>
D035.07	:	Diseño con a/c de 0.35, TF=50mm y CF=8 kg/m <sup>3</sup>
D035.08	:	Diseño con a/c de 0.35, TF=60mm y CF=4 kg/m <sup>3</sup>

D035.09	:	Diseño con a/c de 0.35, TF=60mm y CF=6 kg/m <sup>3</sup>
D035.10	:	Diseño con a/c de 0.35, TF=60mm y CF=8 kg/m <sup>3</sup>
f'c	:	Resistencia a la Compresión en kgf/cm <sup>2</sup>
MF	:	Módulo de finura
Mr	:	Resistencia a la flexión del concreto kgf/cm <sup>2</sup>
NTP	:	Norma Técnica Peruana
PS42	:	Macro fibra sintética estructural de 42mm de longitud
PS50	:	Macro fibra sintética estructural de 50mm de longitud
PS60	:	Macro fibra sintética estructural de 60mm de longitud
T	:	Resistencia a la tracción del concreto kgf/cm <sup>2</sup>
TC	:	Zona de falla en el tercio central de la longitud de viga
TF	:	Tamaño de fibra de polipropileno

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1 GENERALIDADES**

Los concretos de alta resistencia han ido cobrando importancia en la industria de la construcción debido a que se pueden diseñar elementos estructurales (vigas, columnas, entre otros) de menores secciones y su uso en concretos presforzados permite vigas o losas de mayores longitudes (como en el caso de puentes) además de dar un aporte significativo a la industria de los concretos prefabricados.

Tras las ventajas mencionadas se puede tener un atisbo de la importancia de los concretos de alta resistencia; es por ello que constantemente se van innovando en materiales o aditivos que logren mejorar las propiedades del concreto como las resistencias a la compresión, flexión o tracción.

Un material que se viene utilizando es la fibra de polipropileno que en la presente investigación analiza los efectos que produce en las propiedades de concretos de alta resistencia.

Mediante un análisis estadístico se verifica la normalidad y homogeneidad de los datos tomados en el laboratorio, así como una validación de hipótesis mediante la prueba estadística F de Fisher-Anova multivariable.

### **1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

En los trabajos de investigación de Amaya (2019) y Mendoza ET AL (2011) se analiza la influencia de la fibra sintética en las propiedades mecánicas del concreto al variar la cantidad a utilizar, sin embargo no se analiza la influencia de la variación de tamaño de fibra sintética. Estas investigaciones se realizan en concretos de resistencia entre 150 y 320 kg/cm<sup>2</sup>.

Teniendo como referencias dichos trabajos nace la necesidad de conocer cómo influye la fibra sintética en tamaños y cantidades específicas en concretos de alta resistencia. Se analiza las resistencias a la compresión, tracción y flexión de tres distintos a/c que son 0.25, 0.30 y 0.35 variando la cantidad y tamaño de fibra.

### 1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

#### 1.3.1 Objetivo general

Determinar la influencia de la fibra sintética en la resistencia a la compresión, tracción y flexión de concretos con a/c 0.25, 0.30 y 0.35.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

- i) Determinar estadísticamente si la hipótesis general es nula o no estadísticamente mediante una prueba de hipótesis.
- ii) Determinar las propiedades físicas de los agregados y realizar diseños para concretos de alta resistencia.
- iii) Determinar la variación de la resistencia a la compresión, tracción y flexión de un concreto patrón con respecto a un concreto adicionado de fibra sintética en tres diferentes tamaños y tres diferentes cantidades para relaciones con a/c 0.25, 0.30 y 0.35.
- iv) Determinar la influencia de las fibras en el costo de concretos de alta resistencia.

### 1.4 HIPÓTESIS

La adición de fibra sintética en concretos con a/c 0.25, 0.30 y 0.35 producirá cambios en su resistencia a la compresión, tracción y flexión.

## 1.5 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Se muestra la matriz de consistencia en la Tabla N°1.

**Tabla N°1**

Matriz de consistencia.

INTERROGANTE PRINCIPAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	METODOLOGÍA	
¿Cuál es la influencia de la fibra sintética en la resistencia a compresión, tracción y flexión de concretos con a/c 0.25, 0.30, 0.35	Determinar la influencia de la fibra sintética en la resistencia a la compresión, tracción y flexión de concretos con a/c 0.25, 0.30 y 0.35.	La adición de fibra sintética en concretos con a/c 0.25, 0.30 y 0.35 producirá cambios en su resistencia a la compresión, tracción y flexión.	Fibra sintética de 42mm, 50mm y 60mm	Dosificación de las fibras de polipropileno para un tamaño específico	Tipo de investigación: Experimental	
			OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE		
			i) Determinar estadísticamente si la hipótesis general es nula o no estadísticamente mediante una prueba de hipótesis.	Resistencia a la compresión	Ensayo a la compresión	Nivel: Cuantitativa Técnica: Ensayos en laboratorio
			ii) Determinar las propiedades físicas de los agregados y realizar diseños para concretos de alta resistencia.	Resistencia a la tracción	Ensayo a la tracción	
iii) Determinar la variación de la resistencia a la compresión, tracción y flexión de un concreto patrón con respecto a un concreto adicionado de fibra sintética en tres diferentes tamaños y tres diferentes cantidades para relaciones con a/c 0.25, 0.30, 0.35.	Resistencia a la flexión	Ensayo a la flexión				
iv) Determinar la influencia de las fibras en el costo de concretos de alta resistencia.						

Nota. Fuente: Elaboración propia.

## 1.6 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Amaya (2019) en su investigación “Evaluación del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras” analiza la influencia de fibras de distintos materiales en ensayos de compresión y flexión concluyendo que la incorporación de fibra aumenta la resistencia a la flexión del concreto.

Mendoza et al. (2011) en su investigación “Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estado plástico y endurecido” analiza como variables el tamaño máximo del agregado grueso, los finos en la arena y la cantidad de fibra para un tamaño de fibra constante de 38mm de longitud. Se realizan ensayos de compresión, tensión por flexión y compresión diametral. Sus resultados muestran que para una dosificación de fibra mayor o igual a 3 kg/m<sup>3</sup> de concreto se reduce significativamente el agrietamiento por contracción y señalan que hay una tendencia a una disminución de la resistencia a la compresión.

Armas (2016) en su investigación “Efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico” varía las dosificación de fibra usando fibra de polipropileno Chema Fibra Ultrafina además analiza fibras de longitudes de 13mm y 19mm para realizar ensayos de compresión y flexión al concreto. Se concluye que la variación de resistencia a compresión no es significativa, mientras que la resistencia a flexión si presenta un aporte significativo.

Isidro (2017) en su investigación “Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto F’C 210 kg/cm<sup>2</sup>” utiliza fibras de polipropileno con dosificaciones de 0.6, 1.2, 1.8 y 2.4 kg/m<sup>3</sup> para después realizar ensayos de compresión y flexión al concreto. Se concluye que mejora parcialmente las propiedades del concreto específicamente en la resistencia a la flexión y aumenta al aumentar la dosificación.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

### **2.0 CONCRETO**

Debido a que el concreto es el objeto de estudio se tiene que definir y se precisa como la mezcla de material aglomerante y agregados tanto finos como gruesos. Para la utilización del concreto normal por lo general se emplea un medio aglomerante como el cemento Portland y el agua, sin embargo este también puede comprender el uso de puzolanas, escorias y/o aditivos químicos. De esta definición se desprende que el concreto viene a ser una mezcla que posee material aglomerante junto con agregados finos y gruesos, además de una adición de agua y aditivos según su diseño (Norma técnica peruana 339.047, 2014).

### **2.1 COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE POLIPROPILENO**

El concreto simple posee una baja resistencia a la tracción y una baja capacidad de deformación en la fractura por lo que se le adiciona refuerzos (como es el caso del acero) para optimizar el funcionamiento en conjunto de la estructura.

Se hace uso de fibras como material para que mejore las propiedades mecánicas del concreto en estado endurecido y por su distribución en la matriz del concreto no solo se logra dicha condición, sino que ayuda a los sistemas constructivos.

El concreto soporta esfuerzos a tracción y flexión que son generados por adherencia a las fibras cuando se ha producido una micro-fisura, además controlan la fisuración y disminuyen su intensidad mejorando la tenacidad. Por consiguiente se tiene un interés de saber qué beneficios adicionales poseen las fibras que permitan mejorar las características de los materiales y condiciones de trabajabilidad en obra (Pinedo et al., 2019).

El uso del concreto en la construcción se debe principalmente a su buen comportamiento mecánico a la compresión fundamentalmente, si además se le adiciona fibras de polipropileno se obtiene un mejor resultado en flexión y tracción.

## 2.2 RELACIÓN A/C EN CONCRETOS DE ALTA RESISTENCIA

Se deslinda el concepto de agua y cemento (a/c) como la relación entre la masa de agua y la masa de cemento en el concreto. Esta relación es un parámetro muy importante en los diseños de mezcla (Norma técnica peruana 339.047, 2014).

Para el diseño de un concreto de alta resistencia se necesita por lo general tener una baja relación agua/cemento, dicha relación debe estar en el rango de 0.23 a 0.35. Una relación agua cemento tan baja solo se puede obtener con una dosificación de aditivo reductor de agua de alto rango o superplastificante para lograr una buena trabajabilidad de acuerdo al tipo F o G de la ASTM C 494.

## 2.3 FIBRAS

Se puede precisar el concepto de fibra como aquellos filamentos delgados y discontinuos originados a partir de distintos procesos tanto industriales como naturales. Se tiene fibras de acero, carbón o vidrio a partir de procesos industriales y fibras a base de asbesto o celulosa a partir de procesos naturales. Estos materiales son de apoyo en la matriz del concreto al verse incorporadas a la pasta o al concreto con el fin de retrasar la formación de grietas e incrementar la resistencia de tracción (Norma técnica peruana 339.047, 2014).

### 2.3.1 Clasificación de fibras

Las fibras utilizadas como refuerzo del concreto pueden clasificarse de distintas maneras según diferentes consideraciones como por el material entre las cuales se tiene:

- Fibra metálica: Posee una sección discreta de metal que estima una relación entre la longitud y el diámetro que va desde 20 hasta 100. Estas fibras son de acero y en general de bajo contenido de carbón.
- Fibra sintética: Posee secciones discretas que se reparten aleatoriamente dentro del concreto que pueden estar compuestas por Acrílico, Carbón, Polipropileno, Poliestileno, Nylon, Poliéster, etc. En la presente investigación se utilizó la fibra de polipropileno.
- Fibra de vidrio: Posee secciones discretas de fibra de vidrio resistentes al álcali.

- Fibra natural: Posee secciones discretas de origen como coco, sisal, madera, caña de azúcar, yute, bambú, etc. Estos diámetros varían entre 0.5 y 0.2 mm, con valores de absorción superiores al 12% (Sika concreto reforzado con fibra, 2020).

Otra clasificación de la fibra utilizada como refuerzo del concreto es por su funcionalidad, geometría y dosificación entre las cuales tenemos:

- Microfibras: El objetivo de las microfibras es evitar la fisuración del concreto en estado fresco. Su dosificación en volumen va de entre 0.03% a 0.15% del volumen del concreto. Las más frecuentes son las fibras en polipropileno cuya dosificación en peso oscila entre 0.3 a 1.2 kg/m<sup>3</sup> de concreto. Se trata de dosificaciones extremadamente bajas pero muy eficientes que evitan la excesiva fisuración del concreto por retracción plástica. Estas fibras tienen diámetros entre 0.023 mm a 0.050 mm, pueden ser monofilamento o fibriladas (Sika concreto reforzado con fibra, 2020).
- Macrofibras: Estas fibras están destinadas a mejorar las propiedades mecánicas en estado endurecido como es el caso de la flexión. Las dosificaciones más frecuentes oscilan entre 0.2% a 0.8% del volumen del concreto. Las macrofibras más usadas son las sintéticas y las metálicas cuyos diámetros varían entre 0.05 mm a 2.00 mm. La relación de aspecto (L/d) de las macrofibras varía entre 20 a 100. En esta investigación se usaron macrofibras de polipropileno (Sika concreto reforzado con fibra, 2020).

### 2.3.2 Mezclado de macrofibras en el concreto

Las macrofibras se añaden y mezclan en la elaboración del concreto como si fuesen un agregado más, normalmente se debe de dar un tiempo extra para su correcto mezclado que va entre 3 a 5 minutos para garantizar su completa dispersión (Sika concreto reforzado con fibra, 2020).

## 2.4 ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

### 2.4.1 Ensayo de asentamiento (slump)

Este ensayo se realiza en el concreto en estado fresco para medir su trabajabilidad. Se coloca el concreto fresco compactado y varillado en un molde con forma de cono trunco; dicho molde es levantado para que el concreto se

pueda deslizar hacia abajo y poder medir la distancia inicial con respecto a la posición final desplazada (Norma técnica peruana 339.035, 2015).

#### 2.4.2 Ensayo de peso unitario

Este ensayo se realiza en el concreto en estado fresco para medir su peso unitario y en esta investigación se realizó el método de consolidación del concreto por apisonado el cual consiste en agregar el concreto en tres capas de aproximadamente igual volumen y apisonar cada capa con la barra compactadora para poder pesarlo y conseguir el peso unitario (Norma técnica peruana 339.046, 2019).

### 2.5 ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

#### 2.5.1 Ensayo de compresión

Se define el método del ensayo a compresión como un método basado en la aplicación de una carga axial en compresión a un testigo de concreto con dimensiones determinadas hasta que ocurra la falla por ruptura, asimismo la norma técnica nos brinda la forma de averiguar este valor mediante el empleo de un cálculo determinado por el cociente de la máxima carga que se extrajo durante el ensayo dividido entre el área del corte transversal de la muestra planteada. (Norma técnica peruana 339.034, 2015).

Existen variaciones de la resistencia a la compresión en los datos obtenidos de un mismo ensayo en muestras de igual condiciones y estas variaciones se pueden atribuir principalmente a dos causas distintas que son la variabilidad en las propiedades que influyen en la resistencia de la mezcla de concreto además del proceso de producción, y la variabilidad en la medición de la resistencia resultante de los procedimientos de ensayo (ACI 214R, 2011).

En la Tabla N°2 se muestra el estándar de control de calidad para distintos coeficientes de varianza en los ensayos de laboratorio (ACI 214R, 2011).

**Tabla N°2** Estándares de control para  $f_c' \geq 35$  MPa (5000 lb./pulg.<sup>2</sup>)

Variación general					
Clase de operación	Coeficiente de variación de diferentes estándares de control, %				
	Excelente	Muy buena	Buena	Regular	Mala
Ensayos generales de construcción	Por debajo de 7.0	7.0 a 9.0	9.0 a 11.0	11.0 a 14.0	Por encima de 14.0
Tandas de ensayo en laboratorio	Por debajo de 3.5	3.5 a 4.5	4.5 a 5.0	5.0 a 7.0	Por encima de 7.0

Nota. Fuente: ACI 214R, 2011

### 2.5.2 Ensayo de compresión diametral

Se define al ensayo de compresión diametral como un método que se fundamenta en la aplicación de una fuerza de compresión diametral a toda la longitud de un espécimen cilíndrico de hormigón aplicado una velocidad con un rango establecido hasta que se ocurra una falla y de esta forma poder calcular la resistencia a la tracción del concreto (Norma técnica peruana 339.084, 2012).

La falla por tracción ocurre antes que la de compresión porque las áreas de aplicación de la carga están en un estado de compresión triaxial, lo que permite soportar esfuerzo de compresión mucho mayor que el resultado conseguido con un ensayo de compresión uniaxial (Norma técnica peruana 339.084, 2012).

### 2.5.3 Ensayo de flexión en vigas

Se resume el ensayo de flexión de vigas como un método basado en la aplicación de una carga en los tercios de la luz de la viga hasta que ocurra una falla, además se debe considerar el cálculo del módulo de rotura determinado por la ubicación de la falla, el cual puede darse dentro del tercio medio o a una distancia de este mayor o igual del 5% de la luz libre. (Norma técnica peruana 339.078, 2012).

La resistencia que se determina varía si existen diferencias en el tamaño del espécimen, su preparación, condiciones de humedad, o si la viga ha sido moldeada o cortada al tamaño requerido. (Norma técnica peruana 339.078, 2012).

## 2.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

Se utiliza el análisis estadístico para evaluar los resultados obtenidos porque permite tener certeza de la confiabilidad de los valores en los distintos ensayos realizados. Se realiza la prueba de normalidad y la prueba de homogeneidad para poder definir qué tipo de prueba de validación de hipótesis realizar.

El Estadístico de Prueba nos va a permitir rechazar o aceptar la hipótesis planteada en función al valor que se obtenga y al nivel de significancia.

El Nivel de Significancia más usual con el que se analiza los resultados de resistencia del concreto es 0.05. Este valor se utilizará para todas las pruebas de hipótesis. (Isidro, 2017).

### 2.6.1 Prueba de normalidad de Shapiro – Wilk

Se utilizó en la presente investigación la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk debido a que la muestra de cada análisis no superaba el tamaño de 50 datos por lo tanto se puede contrastar la normalidad mediante dicha prueba.

Para hallar la normalidad se calcula la media y la varianza muestral y se ordenan las observaciones de menor a mayor. A continuación se calcula las diferencias entre el primero y el último; el segundo y el penúltimo; el tercero y el antepenúltimo, etc. y se corrigen con unos coeficientes tabulados por Shapiro y Wilk.

El estadístico de prueba es:  $W = D^2 / nS^2$  donde D es la suma de las diferencias corregidas.

Se rechazará la hipótesis nula de normalidad si el estadístico W es menor que el valor crítico para el tamaño muestral y el nivel de significación dado.

### 2.6.2 Prueba de homogeneidad de Levene

Se utiliza la prueba de homogeneidad de Levene. La prueba de Levene es una prueba estadística inferencial utilizada para analizar la semejanza de las varianzas para una variable calculada para dos o más grupos. Hay procedimientos estadísticos comunes que suponen que las varianzas de las poblaciones de las que se extraen diferentes muestras son iguales. Este supuesto es evaluado por la prueba de homogeneidad.

Cuando la prueba de Levene muestra significación se debe utilizar una prueba generalizada llamada no paramétrica, libre de supuestos de homocedasticidad (Isidro, 2017).

### 2.6.3 Prueba de validación de hipótesis F de Fisher – Anova Multivariable

La prueba utilizada prueba “F de Fisher-Anova multivariable con dos factores de Leven debido al supuesto de normalidad y homogeneidad.

En la estadística se formula una proposición llamada hipótesis que hace el evaluador en base a parámetros que permiten que ésta sea válida o no valida respecto a un estimador puntual, a todo este procedimiento de validación sobre la hipótesis se llama prueba de hipótesis.

En la prueba de hipótesis no existe la certeza absoluta de verdad o falsedad, pues para ello habría que analizar a toda la población y no una muestra. En la práctica se toma una muestra aleatoria de la población de interés y se utilizan los datos que contiene la muestra representativa para evidenciar la validez o no de la hipótesis. Si la evidencia de la muestra es inconsistente con la hipótesis planteada, entonces ésta se rechaza y si la evidencia apoya a la hipótesis planteada, entonces ésta se acepta (Isidro, 2017).

## CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 3.1 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES Y/O ESPECÍFICAS DE LOS COMPONENTES DEL CONCRETO

#### 3.1.1 Granulometría del agregado fino NTP 400.012:2021 y agregado grueso NTP 400.012:2021

Los resultados del ensayo de granulometría del agregado fino se muestran en la Tabla N°3.

**Tabla N°3**

Resultado del ensayo de granulometría para el agregado fino.

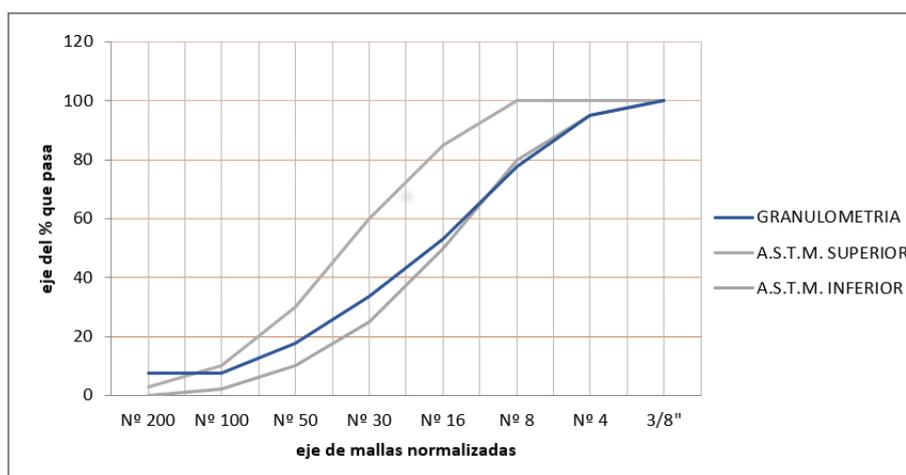
TAMIZ		PESO RETENIDO (g)	% PESO RETENIDO	% PESO ACUMULADO	% PASA
pulg	mm				
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100.0
N°4	4.75	30.1	5.0	5.0	95.0
N°8	2.38	111.4	18.6	23.6	76.4
N°16	1.19	140.3	23.4	46.0	53.0
N°30	0.6	116.3	19.4	66.4	33.7
N°50	0.3	96.1	16.0	82.4	17.6
N°100	0.15	60.1	10.0	92.4	7.6
FONDO		45.7	7.6	100.00	0.0
TOTAL		600.00	MF=3.17		

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de los resultados del ensayo de granulometría del agregado fino se muestra en la Figura N°1.

**Figura N°1**

Ensayo de granulometría para el agregado fino.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°2 se muestra el proceso de tamizado del agregado fino en el laboratorio.

**Figura N°2**

Tamizado del agregado fino en laboratorio.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del ensayo de granulometría del agregado grueso se muestran en la Tabla N°4.

**Tabla N°4**

Resultado del ensayo de granulometría para el agregado grueso.

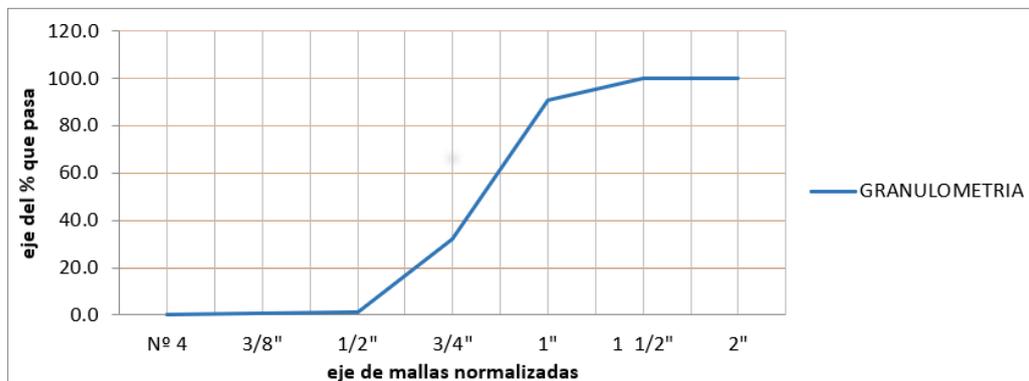
TAMIZ		PESO RETENIDO (g)	% PESO RETENIDO	% PESO ACUMULADO	% PASA
pulg	mm				
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.4	910.0	9.1	9.1	90.9
3/4"	19.1	5880.0	58.8	67.9	32.1
1/2"	12.7	3080.0	30.8	98.7	1.3
3/8"	9.5	60.0	0.6	99.3	0.7
N°4	4.8	50.0	0.5	99.8	0.2
FONDO		20.0	0.2	100.0	0.0
TOTAL		10000.0	TM=1"		TMN=3/4"

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de los resultados del ensayo de granulometría del agregado grueso se muestra en la Figura N°3.

**Figura N°3**

Ensayo de granulometría para el agregado grueso.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°4 se muestra el proceso de tamizado del agregado grueso en el laboratorio.

**Figura N°4**

Tamizado del agregado grueso en laboratorio.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2 Peso específico y absorción del agregado fino NTP 400.022:2013 Y agregado grueso NTP 400.021:2020

Los resultados del ensayo de peso específico y absorción del agregado fino se muestran en la Tabla N°5.

**Tabla N°5**

Resultado del ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.

DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO			
	E1	E2	E3	PROM
Peso del agregado superficialmente seco (g)	500.0			
Peso del agregado superficialmente seco + peso del balón + peso del agua (g)	1011.7	1011.5	1011.8	
Peso del balón (g)	204.8			
Peso del agua (g)	306.9	306.7	307.0	
Peso del agregado secado en horno (g)	488.2	488.5	488	
Volumen del balón (cm <sup>3</sup> )	500			
Peso específico de masa (g/cm <sup>3</sup> )	2.53	2.53	2.53	2.53
Peso específico de masa superficialmente seco (g/cm <sup>3</sup> )	2.59	2.59	2.59	2.59
Peso específico aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2.69	2.69	2.69	2.69
Porcentaje de absorción (%)	2.42	2.35	2.46	2.41

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°5 se muestra el proceso de saturación del agregado fino para el ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.

**Figura N°5**

Proceso de saturación del agregado fino.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso se muestran en la Tabla N°6.

**Tabla N°6**

Resultado del ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso.

DESCRIPCIÓN	AGREGADO GRUESO			
	E1	E2	E3	PROM
Peso del agregado secado en horno (g)	3970	3970.8	3971.6	
Peso del agregado saturado superficialmente seco (g)	4000.0			
Peso del agregado saturado en agua (g)	2514.2	2515.1	2519	
Peso específico de masa (g/cm <sup>3</sup> )	2.67	2.67	2.68	2.68
Peso específico de masa superficialmente seco (g/cm <sup>3</sup> )	2.69	2.69	2.70	2.70
Peso específico aparente (g/cm <sup>3</sup> )	2.73	2.73	2.73	2.73
Porcentaje de absorción (%)	0.76	0.74	0.72	0.74

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°6 se muestra la determinación del peso específico aparente del agregado grueso.

**Figura N°6**

Determinación del peso específico aparente del agregado grueso.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.3 Peso unitario de los agregados NTP 400.017:2020 y contenido de humedad de los agregados NTP 400.022:2013

Los resultados del peso unitario de los agregados finos y gruesos se muestran en la Tabla N°7.

**Tabla N°7**

Resultado del ensayo de peso unitario del agregado fino y grueso.

PESO UNITARIO SUELTO	AGREGADO FINO			AGREGADO GRUESO		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3
Peso de la muestra + Recipiente (Kg)	5.48	5.51	5.63	17.60	17.71	17.73
Peso del recipiente (Kg)	1.574			4.34		
Peso de la muestra (Kg)	3.91	3.94	4.06	13.26	13.37	13.39
Volumen del recipiente (m3)	0.0028			0.0094		
Peso Unitario Suelto (kg/m3)	1379.3 9	1389.9 9	1432.3 7	1404.8 2	1416.4 7	1418.5 8
Peso Unitario Suelto prom (kg/m3)	1400.6			1413.3		
PESO UNITARIO COMPACTADO	AGREGADO FINO			AGREGADO GRUESO		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3
Peso de la muestra + Recipiente (Kg)	6.06	6.11	6.10	18.68	18.75	18.85
Peso del recipiente (Kg)	1.574			4.34		
Peso de la muestra (Kg)	4.49	4.54	4.53	14.34	14.41	14.51
Volumen del recipiente (m3)	0.0028			0.0094		
Peso unitario compactado (kg/m3)	1584.2 2	1601.8 8	1598.3 4	1519.2 4	1526.6 6	1537.2 5
Peso unitario compactado prom (kg/m3)	1594.8			1527.7		

*Nota.* Fuente: Elaboración propia

Los resultados del contenido de humedad de los agregados finos y gruesos se muestran en la Tabla N°8.

**Tabla N°8**

Resultado del ensayo de contenido de humedad del agregado fino y grueso.

DESCRIPCIÓN	AGREGADO FINO			AGREGADO GRUESO		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3
Peso de la muestra en estado ambiental (g) (Wh)	540.0	540.0	540.0	4000.0	4000.0	4000.0
Peso de la muestra seca al horno (g) (Ws)	525.0	513.1	516.0	3985.1	3984.2	3985.6
Peso del agua perdida (g) (Wh-Ws)	15.0	26.9	24.0	14.9	15.8	14.4
Contenido de humedad (%) (Wh-Ws)/Ws	2.86	5.24	4.65	0.37	0.40	0.36
Contenido de humedad prom (%)	4.25			0.38		

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.4 Combinación de agregados por el método de máxima compacidad

Para encontrar el porcentaje de agregado fino y grueso se utilizó el método de máxima compacidad el cual consiste en medir el peso unitario compactado para distintas combinaciones de agregado fino y grueso y así formar una curva. De la curva se obtiene el punto máximo de peso unitario compactado y a qué porcentaje de agregado pertenece hallando la proporción deseada.

Se tomaron cuatro combinaciones de proporción agregado fino – agregado grueso según se muestra en la Tabla N°9.

**Tabla N°9**

Resultado del ensayo de peso unitario compactado para combinaciones de agregados.

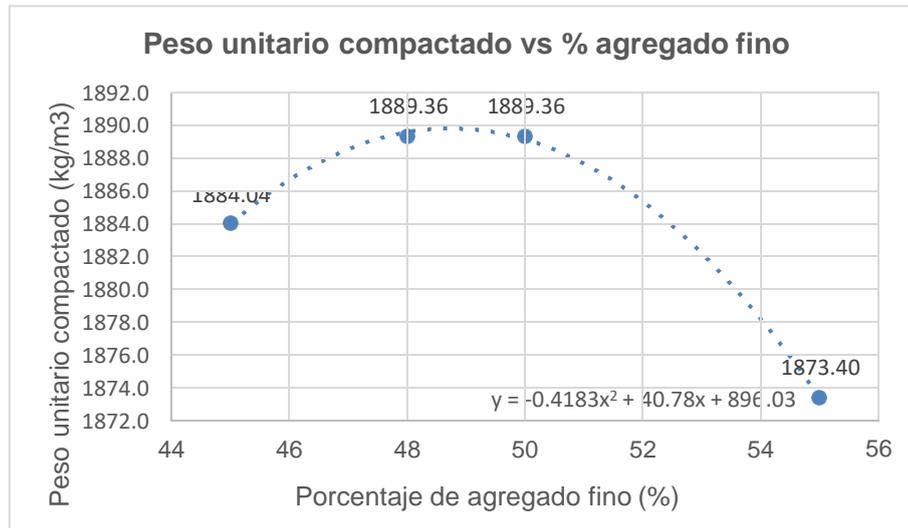
DESCRIPCIÓN	COMBINACIÓN DE AGREGADOS
Peso del recipiente (Kg)	4.35
Volumen del recipiente (m3)	0.0094
Peso del agregado compactado + recipiente (Kg) - 45% A.F	22.06
Peso del agregado compactado + recipiente (Kg) - 48% A.F	22.11
Peso del agregado compactado + recipiente (Kg) - 50% A.F	22.11
Peso del agregado compactado + recipiente (Kg) - 55% A.F	21.96
Peso unitario compactado (Kg/m3) - 45% A.F	1884.04
Peso unitario compactado (Kg/m3) - 48% A.F	1889.36
Peso unitario compactado (Kg/m3) - 50% A.F	1889.36
Peso unitario compactado (Kg/m3) - 55% A.F	1873.40

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

El punto de máxima compactación se da en 48.74% de agregado fino y 51.26% del agregado grueso y resulta de la ecuación formada por las cuatro combinaciones según se muestra en la Figura N°7.

**Figura N°7**

Combinación de agregados - método de máxima compactación.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°8 se muestra el proceso del ensayo de peso unitario compactado del agregado combinado en la proporción de agregado fino 50% y agregado grueso 50%.

**Figura N°8**

Ensayo peso unitario compactado del agregado combinado.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.5 Cemento

Se utilizó el cemento PORTLAND TIPO I de la marca SOL (Ver ficha técnica en anexo N°1).

### 3.1.6 Aditivo

El aditivo utilizado fue el NEOPLAST 8500 HP de la marca QSI PERÚ (Ver ficha técnica en anexo N°2) que es un aditivo reductor de agua de alto rango superplastificante sin retardo.

NEOPLAST 8500 HP cumple con la clasificación de la norma NTP 334.088 y ASTM C-494 como reductor de agua de alto rango (Tipo F). El fabricante recomienda usar una dosificación de 0.2% a 2.0% por peso del cemento.

### 3.1.7 Fibra sintética de polipropileno

Se utilizó la macro fibra sintética estructural PS42, PS50 Y PS60 de la marca POLYSTARK (Ver ficha técnica en anexo N°3 y N°4) diseñada y usada como refuerzo secundario de concreto. El fabricante indica que la dosis de aplicación de la macro fibra sintética es de 4 a 10 kg por m<sup>3</sup> de concreto.

## 3.2 DISEÑO DE MEZCLA

Para el diseño de mezcla del concreto se utilizó el método del agregado global que considera el porcentaje de incidencia de cada agregado en el diseño de mezcla. Además de usar ensayo experimental de combinación de agregados por máxima compacidad.

Lo pasos seguidos para el diseño se muestran a continuación:

- Se escogió el slump, el TMN del agregado y la relación a/c del diseño.
- Se calculó el aire incluido y el agua del diseño.
- Se calculó la cantidad de cemento y la cantidad del aditivo.
- Se calculó la cantidad del agregado por volúmenes tomando como referencia el ensayo de combinación de agregados por máxima compacidad.
- Se calculó los pesos secos y la corrección del agua del diseño.
- Se determinó las proporciones unitarias en peso.

Se elaboraron 03 diseños patrones y 27 diseños con fibra como se muestra en la Tabla N°10.

**Tabla N°10**

Diseños de mezcla para las combinaciones de fibra.

DISEÑO	CEMENTO (kg)	AGUA (kg)	AGREG. GRUESO (kg)	AGREG. FINO (kg)	ADITIVO 2.0% (kg)	TAMAÑO FIBRA	FIBRA (kg)
D025.01	680.00	172.50	808.75	740.00	13.60		
D025.02	680.00	172.50	808.75	740.00	13.60	42mm	4.0
D025.03	680.00	172.50	808.75	740.00	13.60	42mm	6.0
D025.04	680.00	172.50	808.75	740.00	13.60	42mm	8.0
D025.05	680.00	172.50	808.75	740.00	13.60	50mm	4.0
D025.06	680.00	172.50	808.75	740.00	13.60	50mm	6.0
D025.07	680.00	172.50	808.75	740.00	13.60	50mm	8.0
D025.08	680.00	172.50	808.75	740.00	13.60	60mm	4.0
D025.09	680.00	172.50	808.75	740.00	13.60	60mm	6.0
D025.10	680.00	172.50	808.75	740.00	13.60	60mm	8.0
D030.01	583.13	178.13	846.25	774.38	11.66		
D030.02	583.13	178.13	846.25	774.38	11.66	42mm	4.0
D030.03	583.13	178.13	846.25	774.38	11.66	42mm	6.0
D030.04	583.13	178.13	846.25	774.38	11.66	42mm	8.0
D030.05	583.13	178.13	846.25	774.38	11.66	50mm	4.0
D030.06	583.13	178.13	846.25	774.38	11.66	50mm	6.0
D030.07	583.13	178.13	846.25	774.38	11.66	50mm	8.0
D030.08	583.13	178.13	846.25	774.38	11.66	60mm	4.0
D030.09	583.13	178.13	846.25	774.38	11.66	60mm	6.0
D030.10	583.13	178.13	846.25	774.38	11.66	60mm	8.0
D035.01	514.38	183.13	871.25	797.50	10.29		
D035.02	514.38	183.13	871.25	797.50	10.29	42mm	4.0
D035.03	514.38	183.13	871.25	797.50	10.29	42mm	6.0
D035.04	514.38	183.13	871.25	797.50	10.29	42mm	8.0
D035.05	514.38	183.13	871.25	797.50	10.29	50mm	4.0
D035.06	514.38	183.13	871.25	797.50	10.29	50mm	6.0
D035.07	514.38	183.13	871.25	797.50	10.29	50mm	8.0
D035.08	514.38	183.13	871.25	797.50	10.29	60mm	4.0
D035.09	514.38	183.13	871.25	797.50	10.29	60mm	6.0
D035.10	514.38	183.13	871.25	797.50	10.29	60mm	8.0

Nota 1. Diseños indicados en el cuadro de símbolos y siglas.

Nota 2. Fuente: Elaboración propia

### 3.3 PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN Y CURADO EN PROBETAS NTP 339.183:2021

#### 3.3.1 Elaboración de probetas cilíndricas y prismáticas

Para reducir la variación de resultados en los ensayos de cilindros de 100x200mm se debe usar la resistencia promedio de al menos tres cilindros de

100x200mm (ACI 214R, 2011). Con este alcance se utilizó el empleo de 3 probetas por diseño.

Para la elaboración de las probetas cilíndricas y prismáticas de concreto se utilizó la siguiente secuencia:

- Para las probetas cilíndricas se usaron moldes cilíndricos de plástico de dimensiones 100x200mm y para las probetas prismáticas se usaron moldes prismáticos metálicos de dimensiones 150x150x500mm.
- Se limpió y aplico desmoldante químico en la superficie del molde donde estará en contacto con el concreto fresco.
- El concreto en estado fresco fue colocado en el molde cilíndrico y prismático en dos capas, cada capa con una altura de 1/2 de la altura del molde.
- Para las probetas cilíndricas se aplicaron 25 golpes en cada capa de concreto con una varilla normalizada de 3/8" de manera uniforme y para las probetas prismáticas se aplicaron 54 golpes en cada capa de concreto con una varilla normalizada de 5/8" de manera uniforme.
- Se aplicaron en los moldes cilíndricos y prismáticos 15 golpes con el mazo de goma normalizado de manera uniforme para eliminar las burbujas que pudieran quedar.
- Después de realizar los procedimientos anteriores se procede a retirar el exceso de concreto del molde y nivelarlo con la ayuda de la varilla.

### 3.3.2 Curado de probetas cilíndricas y prismáticas NTP 339.033:2021

Pasado 24 horas desde el vaciado de las probetas cilíndricas y prismáticas se verifica visualmente que se encuentren fraguadas y de ser el caso se procede a desmoldarlas.

En el caso de las probetas cilíndricas de plástico se utiliza una compresora de aire para inyectar aire a través de un orificio que se encuentra en la base del molde garantizando que la muestra no se deforme mientras se desmolda. En el caso de las probetas prismáticas al ser metálicas con pernos simplemente se procede a desarmar el molde así también se garantiza que no se deforme mientras se desmolda.

Posteriormente se procede al marcado de las muestras para su posterior identificación y se colocan en una poza de curado en agua garantizando su saturación hasta el día de su respectivo ensayo.

### 3.4 MEDICIONES OBTENIDAS EN CONCRETO FRESCO

#### 3.4.1 Ensayo de asentamiento NTP 339.035:2015 y peso unitario NTP 339.046:2019 del concreto fresco

En la Figura N°9 se muestra el ensayo de asentamiento del concreto mediante en cono de Abrams.

**Figura N°9**

Ensayo de asentamiento en el cono de Abrams.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°10 se muestra el ensayo de peso unitario del concreto.

**Figura N°10**

Ensayo de peso unitario del concreto en estado fresco.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°11 se muestra los resultados del ensayo de asentamiento y peso unitario del concreto patrón y concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de  $a/c=0.25$ .

**Tabla N°11**

Resultados de los ensayos de asentamiento y peso unitario en concretos  
a/c=0.25 y fibra de 42, 50 y 60mm.

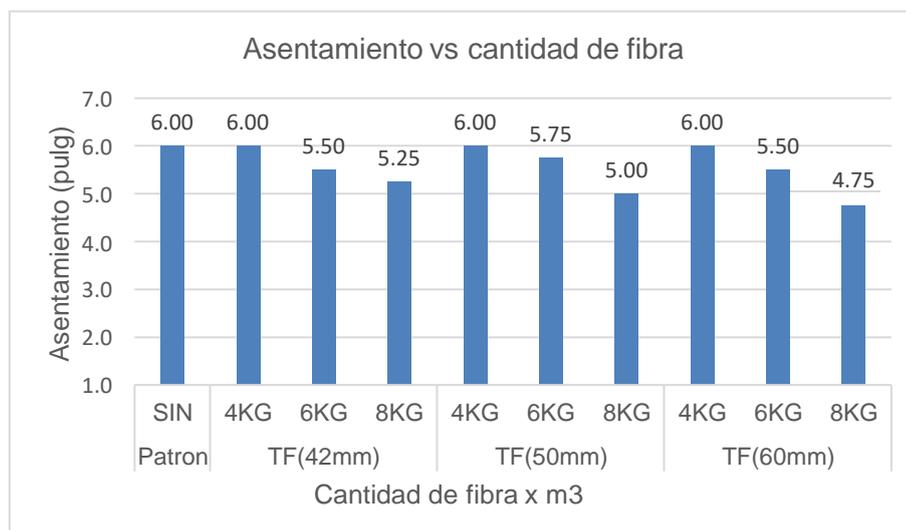
Diseño	Relación a/c	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Fecha Vaciado	Slump	Peso Unitario (Kg/m3)
D025.01	0.25	Patrón	SIN	25/01/2021	6"	2410
D025.02	0.25	42mm	4kg	25/01/2021	6"	2399
D025.03	0.25	42mm	6kg	25/01/2021	5 1/2"	2395
D025.04	0.25	42mm	8kg	26/01/2021	5"	2392
D025.05	0.25	50mm	4kg	26/01/2021	6"	2399
D025.06	0.25	50mm	6kg	26/01/2021	5 3/4"	2396
D025.07	0.25	50mm	8kg	27/01/2021	5"	2391
D025.08	0.25	60mm	4kg	27/01/2021	6"	2396
D025.09	0.25	60mm	6kg	27/01/2021	5 1/2"	2392
D025.10	0.25	60mm	8kg	28/01/2021	4 3/4"	2391

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°11 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de asentamiento del concreto patrón y concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de a/c=0.25.

**Figura N°11**

Asentamiento para concretos a/c=0.25 y fibra de 42, 50 y 60mm.

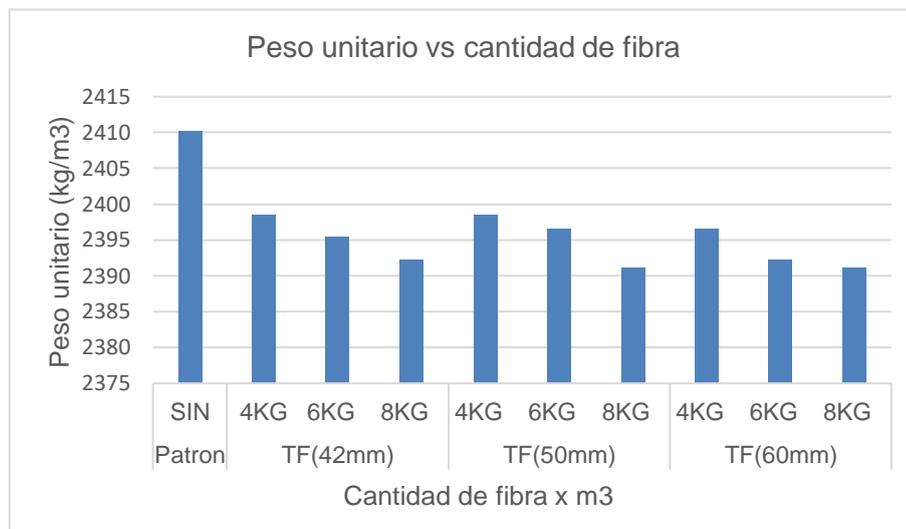


Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°12 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de peso unitario del concreto patrón y concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de a/c=0.25.

**Figura N°12**

Peso unitario en concretos a/c=0.25 y fibra de 42, 50 y 60mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°12 se muestra los resultados del ensayo de asentamiento y peso unitario del concreto patrón y concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de a/c=0.30.

**Tabla N°12**

Resultados de los ensayos de asentamiento y peso unitario en concretos a/c=0.30 y fibra de 42, 50 y 60mm.

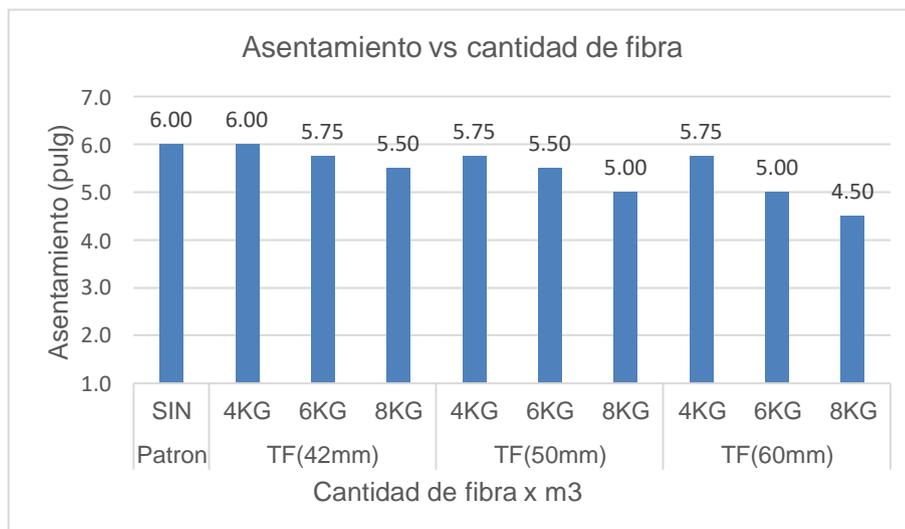
Diseño	Relación a/c	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Fecha Vaciado	Slump	Peso Unitario (Kg/m3)
D030.01	0.30	Patrón	SIN	14/12/2020	6"	2414
D030.02	0.30	42mm	4kg	16/12/2020	6"	2409
D030.03	0.30	42mm	6kg	16/12/2020	5 3/4"	2401
D030.04	0.30	42mm	8kg	16/12/2020	5 1/2"	2401
D030.05	0.30	50mm	4kg	14/12/2021	5 3/4"	2408
D030.06	0.30	50mm	6kg	14/12/2021	5 1/2"	2401
D030.07	0.30	50mm	8kg	15/12/2020	5"	2403
D030.08	0.30	60mm	4kg	15/12/2020	5 3/4"	2405
D030.09	0.30	60mm	6kg	15/12/2020	5"	2403
D030.10	0.30	60mm	8kg	17/12/2020	4 1/2"	2403

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°13 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de asentamiento del concreto patrón y concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de a/c=0.30.

**Figura N°13**

Asentamiento en concretos  $a/c=0.30$  y fibra de 42, 50 y 60mm.

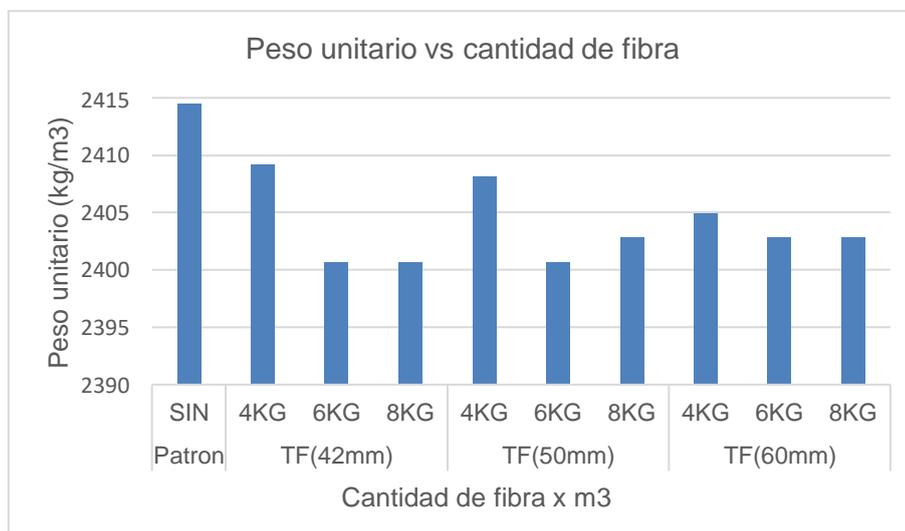


Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°14 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de peso unitario del concreto patrón y concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de  $a/c=0.30$ .

**Figura N°14**

Peso unitario en concretos  $a/c=0.30$  y fibra de 42, 50 y 60mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°13 se muestra los resultados del ensayo de asentamiento y peso unitario del concreto patrón y concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de  $a/c=0.30$ .

**Tabla N°13**

Resultados de los ensayos de asentamiento y peso unitario en concretos  
a/c=0.35 y fibra de 42, 50 y 60mm.

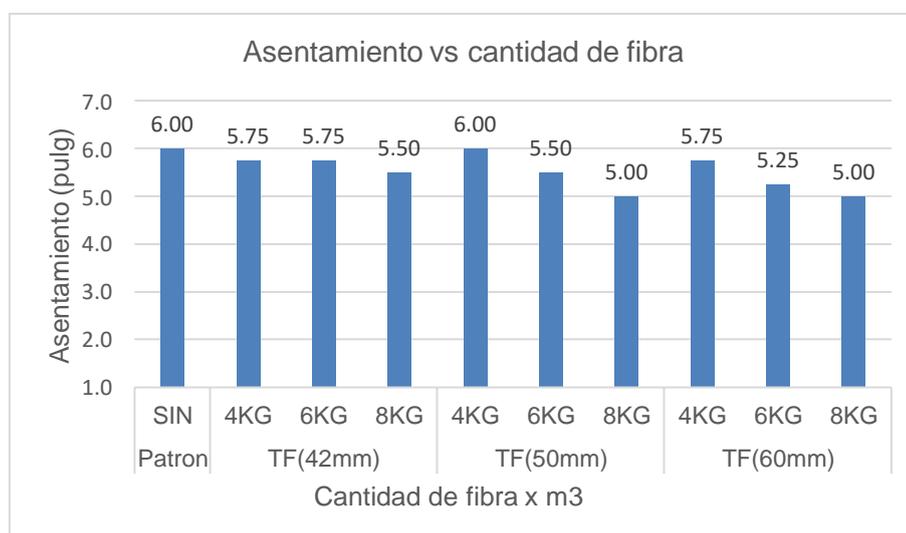
Diseño	Relación a/c	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Fecha Vaciado	Slump	Peso Unitario (Kg/m3)
D035.01	0.35	Patrón	SIN	21/12/2020	6"	2425
D035.02	0.35	42mm	4kg	21/12/2020	5 3/4"	2419
D035.03	0.35	42mm	6kg	21/12/2020	5 3/4"	2417
D035.04	0.35	42mm	8kg	28/12/2020	5 1/2"	2413
D035.05	0.35	50mm	4kg	28/12/2020	6"	2417
D035.06	0.35	50mm	6kg	28/12/2020	5 1/2"	2416
D035.07	0.35	50mm	8kg	29/12/2020	5"	2413
D035.08	0.35	60mm	4kg	29/12/2020	5 3/4"	2418
D035.09	0.35	60mm	6kg	29/12/2020	5 1/4"	2414
D035.10	0.35	60mm	8kg	4/01/2021	5"	2412

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°15 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de asentamiento del concreto patrón y concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de a/c=0.35.

**Figura N°15**

Asentamiento en concretos a/c=0.35 y fibra de 42, 50 y 60mm.

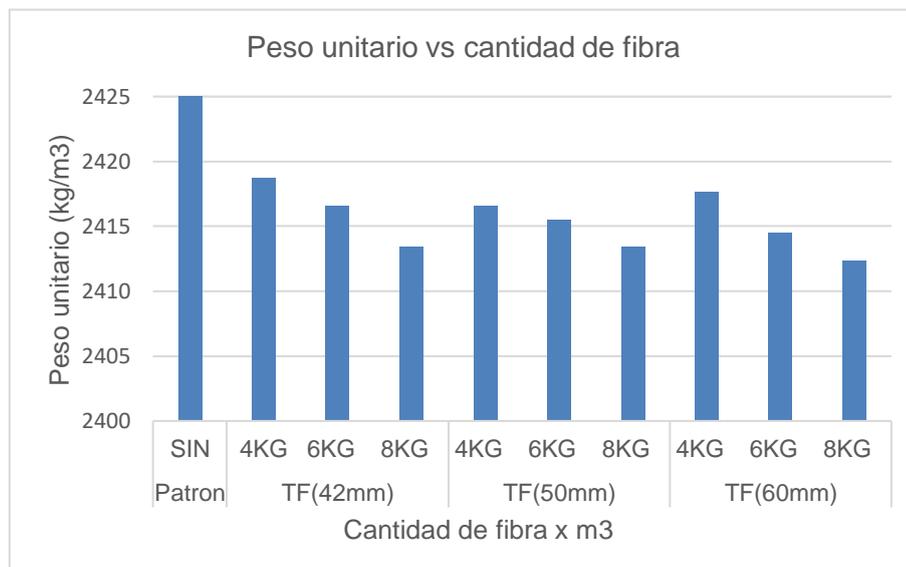


Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°16 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de peso unitario del concreto patrón y concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de a/c=0.35.

**Figura N°16**

Peso unitario en concretos a/c=0.35 y fibra de 42, 50 y 60mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### 3.5 MEDICIONES OBTENIDAS EN CONCRETO ENDURECIDO

#### 3.5.1 Ensayo de resistencia a la compresión del concreto NTP 339.034:2015

En la Tabla N°14 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón de a/c=0.25.

**Tabla N°14**

Resistencia a la compresión y concreto patrón a/c=0.25.

Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	fc' (kgf/cm2)
D025.01	Patrón	SIN	10.31	20.56	28	60021	720
D025.01	Patrón	SIN	10.17	20.51	28	62168	765
D025.01	Patrón	SIN	10.27	20.40	28	58155	702

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°15 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de 42mm de a/c=0.25.

**Tabla N°15**

Resistencia a la compresión en concretos a/c=0.25 y fibra 42mm.

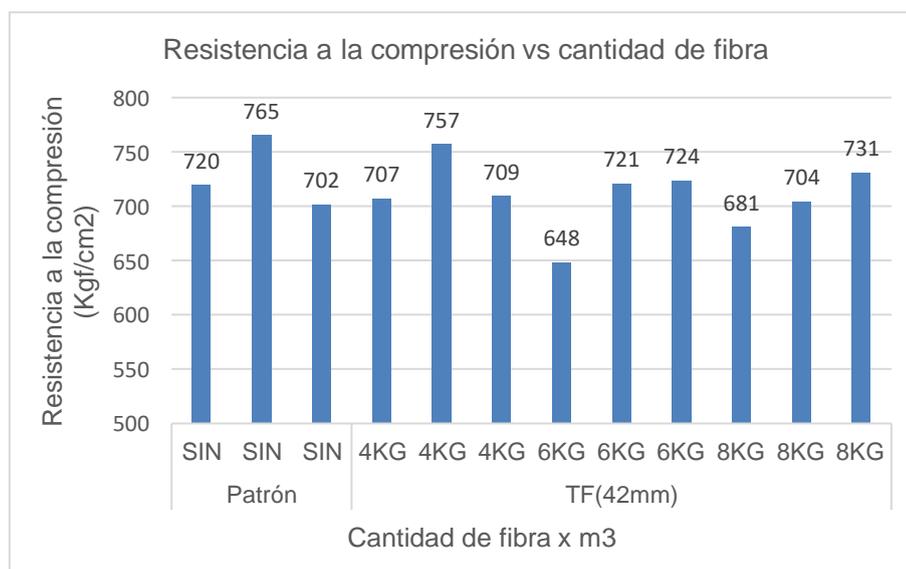
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	fc' (kgf/cm2)
D025.02	42mm	4kg	10.07	20.57	28	56333	707
D025.02	42mm	4kg	10.05	20.53	28	60039	757
D025.02	42mm	4kg	10.04	20.62	28	56152	709
D025.03	42mm	6kg	10.13	20.62	28	52245	648
D025.03	42mm	6kg	10.04	20.63	28	57036	721
D025.03	42mm	6kg	10.03	20.45	28	57133	724
D025.04	42mm	8kg	10.06	20.67	28	54138	681
D025.04	42mm	8kg	10.09	20.18	28	56258	704
D025.04	42mm	8kg	10.00	20.47	28	57423	731

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°17 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de 42mm de a/c=0.25.

**Figura N°17**

Resistencia a la compresión en concretos a/c=0.25 y fibra 42mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°16 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de 50mm de a/c=0.25.

**Tabla N°16**

Resistencia a la compresión en concretos a/c=0.25 y fibra 50mm.

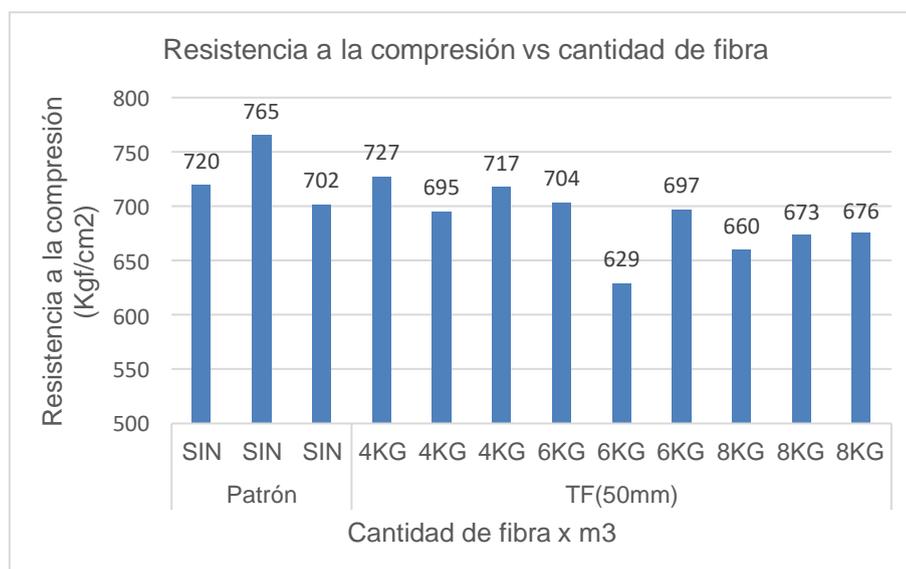
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	fc' (kgf/cm2)
D025.05	50mm	4kg	10.06	20.66	28	57735	727
D025.05	50mm	4kg	10.06	20.73	28	55223	695
D025.05	50mm	4kg	10.06	20.46	28	57023	717
D025.06	50mm	6kg	10.15	20.33	28	56938	704
D025.06	50mm	6kg	10.04	20.71	28	49812	629
D025.06	50mm	6kg	10.11	20.56	28	55973	697
D025.07	50mm	8kg	10.23	20.52	28	54185	660
D025.07	50mm	8kg	10.15	20.89	28	54487	673
D025.07	50mm	8kg	10.03	20.22	28	53419	676

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°18 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de 50mm de a/c=0.25.

**Figura N°18**

Resistencia a la compresión en concretos a/c=0.25 y fibra 50mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°17 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de 60mm de a/c=0.25.

**Tabla N°17**

Resistencia a la compresión en concretos a/c=0.25 y fibra 60mm.

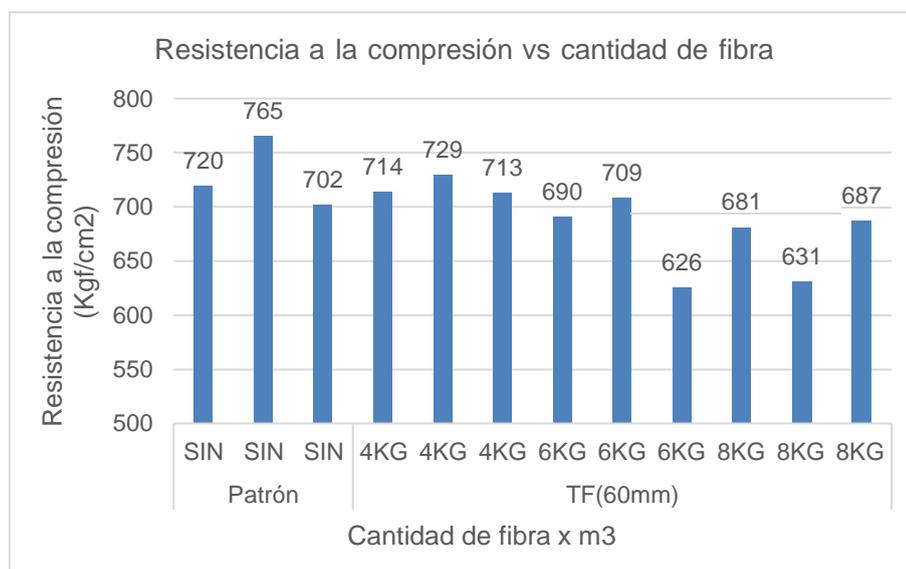
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	fc' (kgf/cm2)
D025.08	60mm	4kg	10.05	20.58	28	56545	714
D025.08	60mm	4kg	10.09	20.68	28	58251	729
D025.08	60mm	4kg	10.04	20.41	28	56410	713
D025.09	60mm	6kg	10.13	20.71	28	55650	690
D025.09	60mm	6kg	10.04	20.67	28	56054	709
D025.09	60mm	6kg	10.09	20.49	28	50021	626
D025.10	60mm	8kg	10.01	20.36	28	53568	681
D025.10	60mm	8kg	10.07	20.37	28	50245	631
D025.10	60mm	8kg	10.01	20.24	28	53999	687

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°19 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de 60mm de a/c=0.25.

**Figura N°19**

Resistencia a la compresión en concretos a/c=0.25 y fibra 60mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°18 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón de a/c=0.30.

**Tabla N°18**

Resistencia a la compresión para el concreto patrón a/c=0.30.

Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	fc' (kgf/cm2)
D030.01	Patrón	SIN	10.21	20.88	28	51117	625
D030.01	Patrón	SIN	10.15	20.49	28	54690	677
D030.01	Patrón	SIN	10.22	20.67	28	52027	635

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°19 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de 42mm de a/c=0.30.

**Tabla N°19**

Resistencia a la compresión en concretos a/c=0.30 y fibra 42mm.

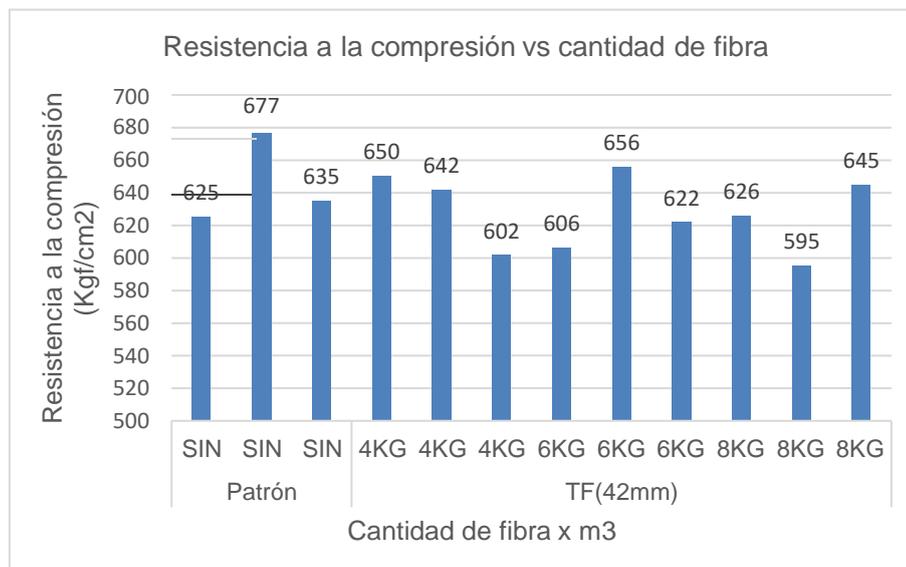
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	fc' (kgf/cm2)
D030.02	42mm	4kg	10.12	21.12	28	52250	650
D030.02	42mm	4kg	10.13	21.37	28	51691	642
D030.02	42mm	4kg	10.26	20.98	28	49696	602
D030.03	42mm	6kg	10.18	20.85	28	49280	606
D030.03	42mm	6kg	10.23	21.01	28	53875	656
D030.03	42mm	6kg	10.13	20.58	28	50120	622
D030.04	42mm	8kg	10.15	20.98	28	50600	626
D030.04	42mm	8kg	10.18	20.93	28	48417	595
D030.04	42mm	8kg	10.22	21.06	28	52837	645

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°20 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de 42mm de a/c=0.30.

**Figura N°20**

Resistencia a la compresión en concretos a/c=0.30 y fibra 42mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°20 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de 50mm de a/c=0.30.

**Tabla N°20**

Resistencia a la compresión en concretos a/c=0.30 y fibra 50mm.

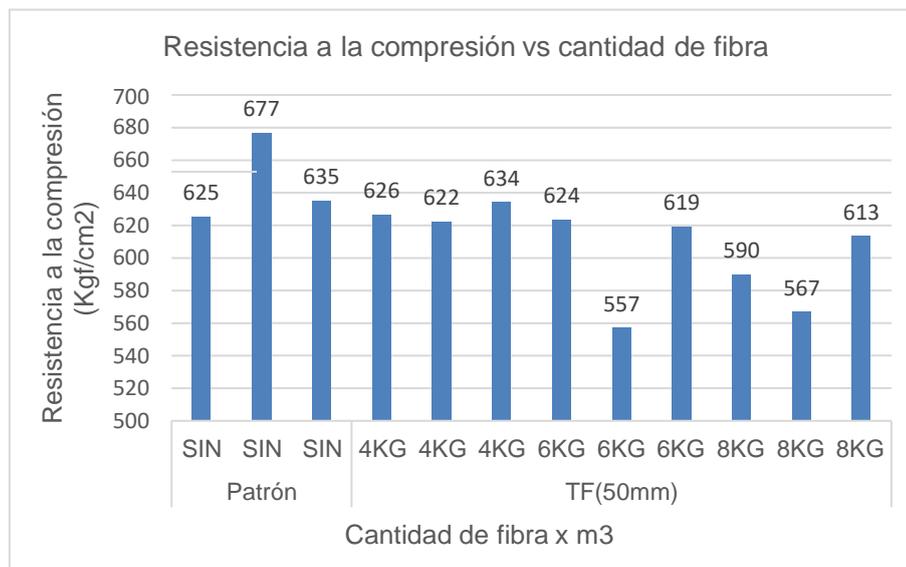
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	fc' (kgf/cm²)
D030.05	50mm	4kg	10.21	20.98	28	51220	626
D030.05	50mm	4kg	10.18	20.75	28	50589	622
D030.05	50mm	4kg	10.20	21.05	28	51800	634
D030.06	50mm	6kg	10.03	20.61	28	49265	624
D030.06	50mm	6kg	10.13	20.87	28	44841	557
D030.06	50mm	6kg	10.18	21.01	28	50363	619
D030.07	50mm	8kg	10.21	21.06	28	48255	590
D030.07	50mm	8kg	10.23	21.04	28	46537	567
D030.07	50mm	8kg	10.19	21.14	28	50014	613

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°21 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de 50mm de a/c=0.30.

**Figura N°21**

Resistencia a la compresión en concretos a/c=0.30 y fibra 50mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°21 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de a/c=0.30.

**Tabla N°21**

Resistencia a la compresión en concretos a/c=0.30 y fibra 60mm.

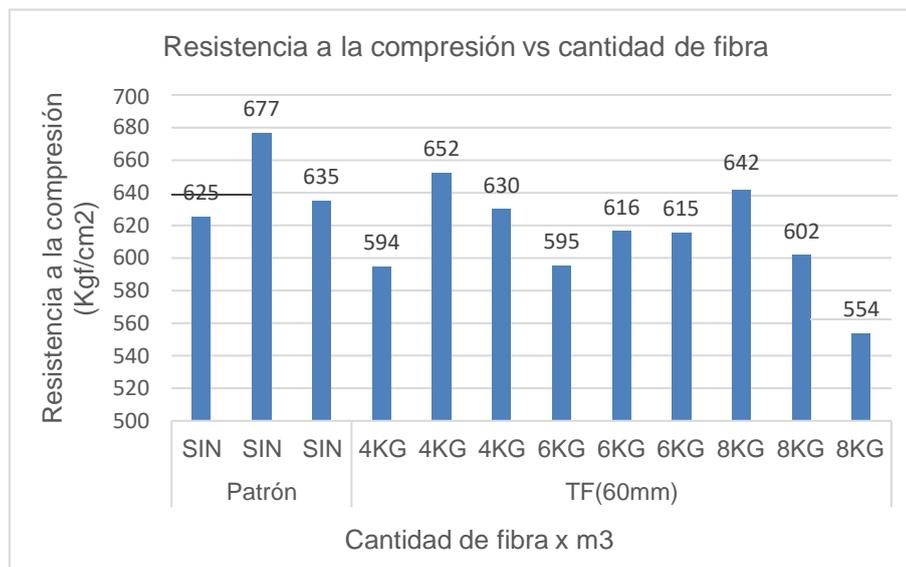
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	fc' (kgf/cm²)
D030.08	60mm	4kg	10.09	20.54	28	47532	594
D030.08	60mm	4kg	10.11	20.66	28	52304	652
D030.08	60mm	4kg	10.17	21.02	28	51154	630
D030.09	60mm	6kg	10.19	20.80	28	48506	595
D030.09	60mm	6kg	10.18	20.90	28	50166	616
D030.09	60mm	6kg	10.14	20.63	28	49697	615
D030.10	60mm	8kg	10.15	20.97	28	51856	642
D030.10	60mm	8kg	10.02	21.08	28	47454	602
D030.10	60mm	8kg	10.20	21.10	28	45255	554

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°22 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de a/c=0.30.

**Figura N°22**

Resistencia a la compresión en concretos a/c=0.30 y fibra 60mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°22 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón de a/c=0.35.

**Tabla N°22**

Resistencia a la compresión para el concreto patrón a/c=0.35.

Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	fc' (kgf/cm²)	C.V (%)
D035.01	Patrón	SIN	10.03	20.85	28	48604	615	
D035.01	Patrón	SIN	10.14	20.57	28	51962	643	5.7
D035.01	Patrón	SIN	10.06	20.77	28	45682	575	

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°23 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de 42mm de a/c=0.35.

**Tabla N°23**

Resistencia a la compresión en concretos a/c=0.35 y fibra 42mm.

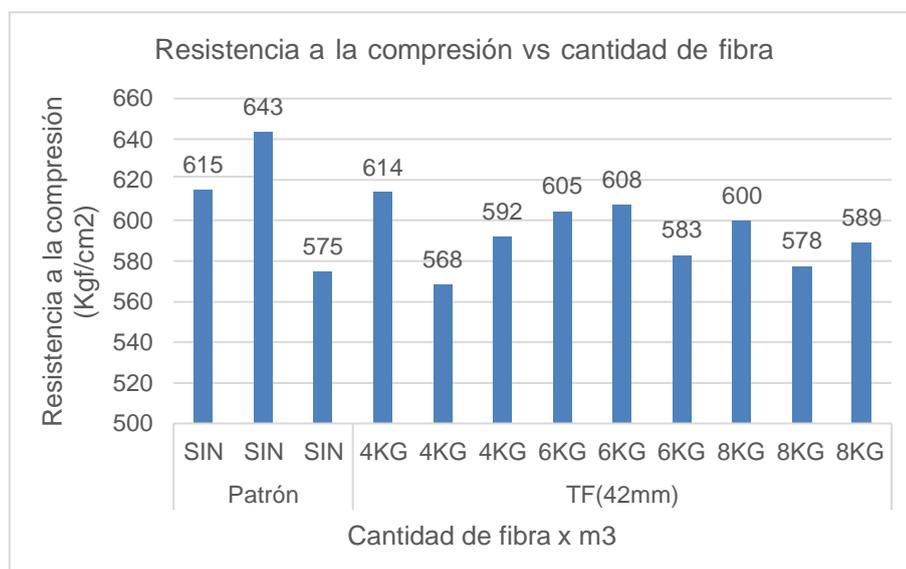
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	fc' (kgf/cm2)
D035.02	42mm	4kg	10.07	20.60	28	48835	614
D035.02	42mm	4kg	10.36	20.41	28	47858	568
D035.02	42mm	4kg	10.15	20.17	28	47885	592
D035.03	42mm	6kg	10.03	20.34	28	47720	605
D035.03	42mm	6kg	10.10	20.75	28	48690	608
D035.03	42mm	6kg	10.12	20.52	28	46888	583
D035.04	42mm	8kg	10.02	20.55	28	47252	600
D035.04	42mm	8kg	10.03	20.72	28	45586	578
D035.04	42mm	8kg	10.12	20.81	28	47347	589

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°23 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de 42mm de a/c=0.35.

**Figura N°23**

Resistencia a la compresión en concretos a/c=0.35 y fibra 42mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°24 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de 50mm de a/c=0.35.

**Tabla N°24**

Resistencia a la compresión en concretos a/c=0.35 y fibra 50mm.

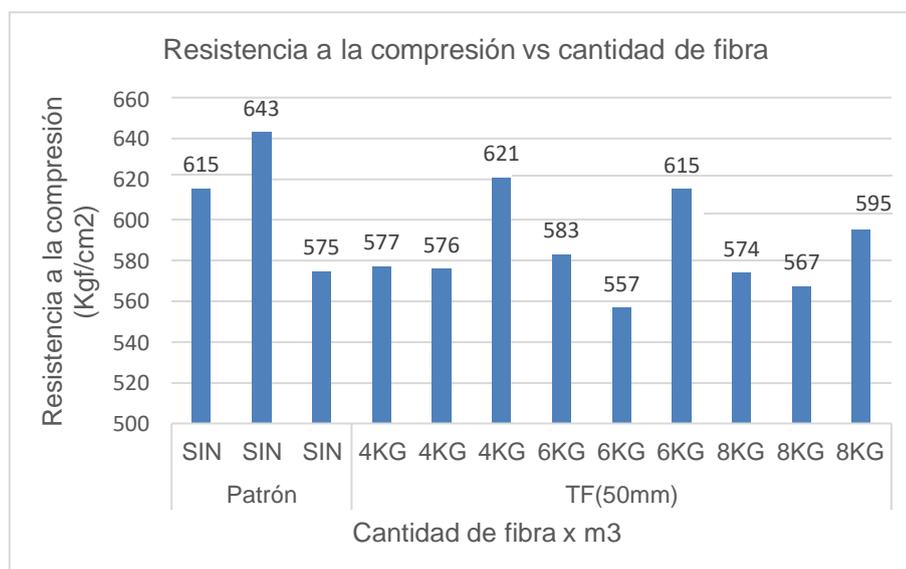
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	fc' (kgf/cm2)
D035.05	50mm	4kg	10.06	20.42	28	45882	577
D035.05	50mm	4kg	10.06	20.56	28	45776	576
D035.05	50mm	4kg	10.21	20.22	28	50777	621
D035.06	50mm	6kg	10.03	20.68	28	46018	583
D035.06	50mm	6kg	10.14	20.34	28	44912	557
D035.06	50mm	6kg	10.15	20.47	28	49787	615
D035.07	50mm	8kg	10.16	20.54	28	46487	574
D035.07	50mm	8kg	10.03	20.55	28	44772	567
D035.07	50mm	8kg	10.14	20.68	28	48036	595

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°24 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de 50mm de a/c=0.35.

**Figura N°24**

Resistencia a la compresión en concretos a/c=0.35 y fibra 50mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°25 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de 60mm de a/c=0.35.

**Tabla N°25**

Resistencia a la compresión en concretos  $a/c=0.35$  y fibra 60mm.

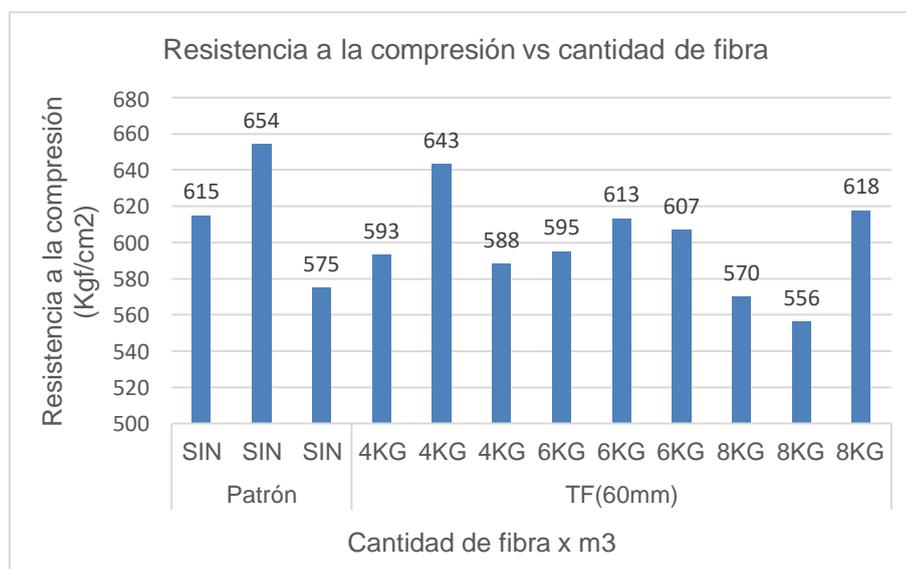
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	fc' (kgf/cm2)
D035.08	60mm	4kg	10.08	20.76	28	47338	593
D035.08	60mm	4kg	10.24	20.74	28	52936	643
D035.08	60mm	4kg	10.01	20.58	28	46254	588
D035.09	60mm	6kg	10.02	20.36	28	46876	595
D035.09	60mm	6kg	10.06	20.32	28	48691	613
D035.09	60mm	6kg	10.11	20.52	28	48724	607
D035.10	60mm	8kg	10.15	20.80	28	46132	570
D035.10	60mm	8kg	10.08	20.53	28	44404	556
D035.10	60mm	8kg	10.13	20.51	28	49727	618

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°25 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto con fibra de 60mm de  $a/c=0.35$ .

**Figura N°25**

Resistencia a la compresión en concretos  $a/c=0.35$  y fibra 60mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.2 Ensayo de resistencia a la tracción del concreto NTP 339.084:2012

En la Tabla N°26 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto patrón de  $a/c=0.25$ .

**Tabla N°26**

Resistencia a la tracción para el concreto patrón a/c=0.25.

Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	T (kgf/cm2)
D025.01	Patrón	SIN	10.02	20.38	28	18433	57
D025.01	Patrón	SIN	10.05	20.41	28	16141	50
D025.01	Patrón	SIN	10.08	20.56	28	16583	51

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°27 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 42mm de a/c=0.25.

**Tabla N°27**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.25 y fibra 42mm.

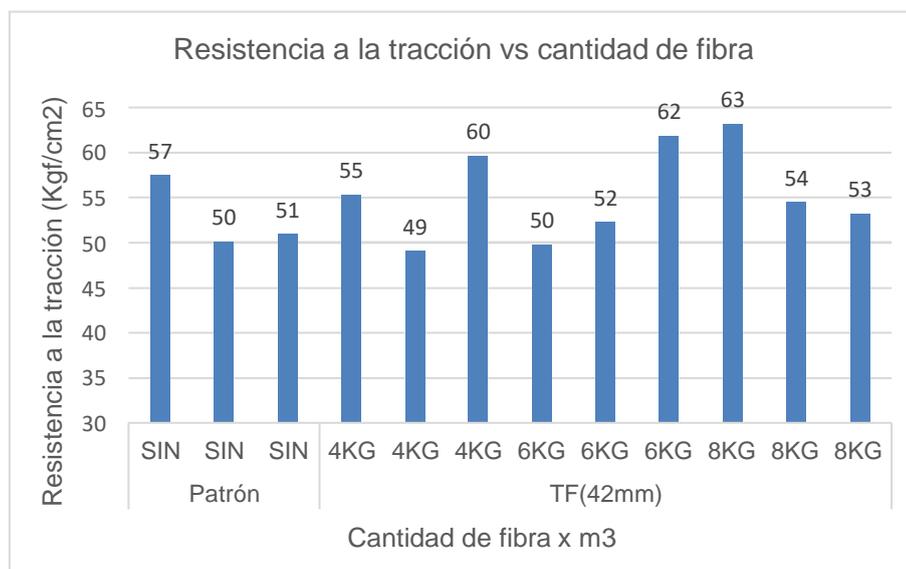
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	T (kgf/cm2)
D025.02	42mm	4kg	10.20	20.13	28	17817	55
D025.02	42mm	4kg	10.03	20.31	28	15694	49
D025.02	42mm	4kg	10.11	20.33	28	19252	60
D025.03	42mm	6kg	10.12	20.17	28	15953	50
D025.03	42mm	6kg	10.07	20.14	28	16639	52
D025.03	42mm	6kg	10.18	20.23	28	19992	62
D025.04	42mm	8kg	10.21	20.16	28	20424	63
D025.04	42mm	8kg	10.15	20.21	28	17543	54
D025.04	42mm	8kg	10.00	20.52	28	17151	53

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°26 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 42mm de a/c=0.25.

**Figura N°26**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.25 y fibra 42mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°28 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 50mm de a/c=0.25.

**Tabla N°28**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.25 y fibra 50mm.

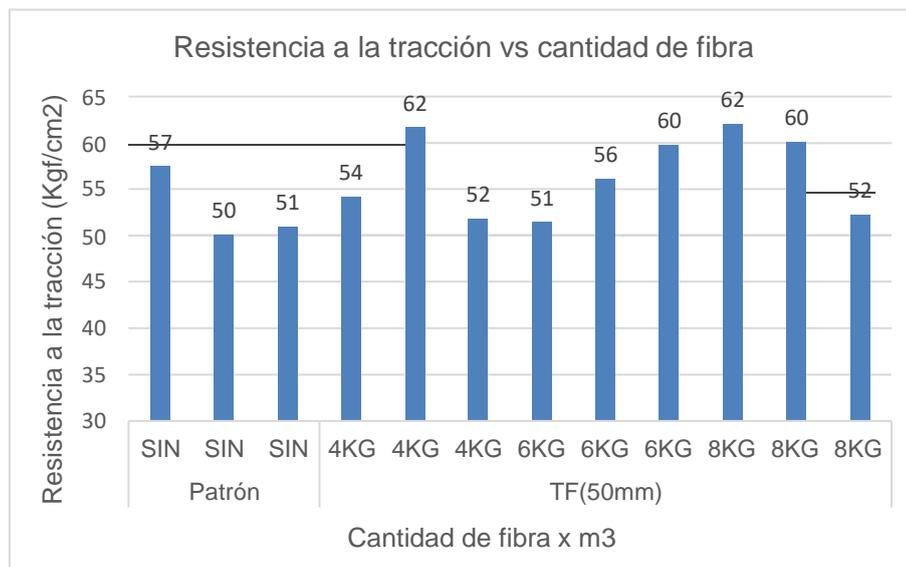
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	T (kgf/cm2)
D025.05	50mm	4kg	10.01	20.21	28	17180	54
D025.05	50mm	4kg	10.16	20.36	28	20020	62
D025.05	50mm	4kg	10.11	20.36	28	16750	52
D025.06	50mm	6kg	10.05	20.40	28	16562	51
D025.06	50mm	6kg	10.05	20.13	28	17822	56
D025.06	50mm	6kg	10.13	20.23	28	19252	60
D025.07	50mm	8kg	10.19	20.71	28	20577	62
D025.07	50mm	8kg	10.15	20.64	28	19794	60
D025.07	50mm	8kg	10.03	20.60	28	16950	52

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°27 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 50mm de a/c=0.25.

**Figura N°27**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.25 y fibra 50mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°29 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 60mm de a/c=0.25.

**Tabla N°29**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.25 y fibra 60mm.

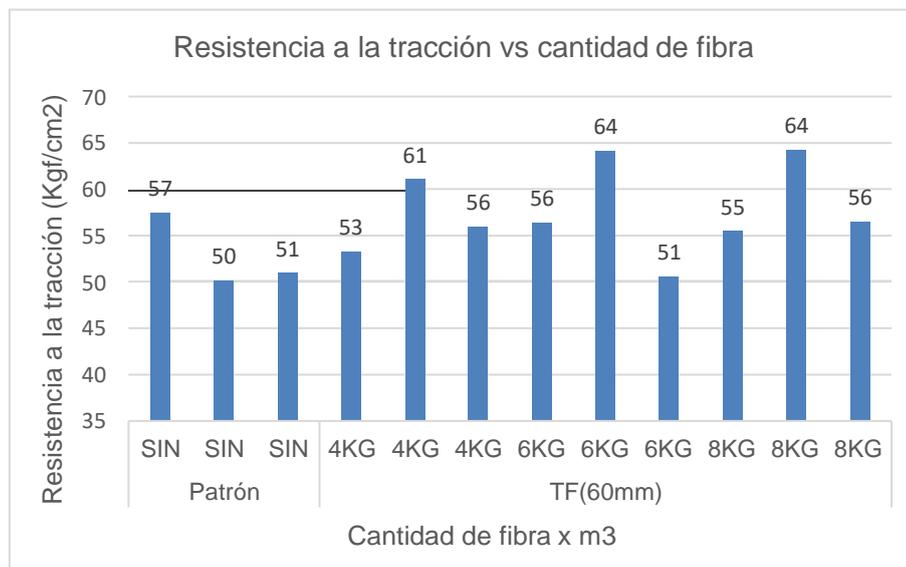
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	T (kgf/cm <sup>2</sup> )
D025.08	60mm	4kg	10.11	20.44	28	17255	53
D025.08	60mm	4kg	10.02	20.51	28	19710	61
D025.08	60mm	4kg	10.15	20.20	28	18005	56
D025.09	60mm	6kg	10.10	20.47	28	18318	56
D025.09	60mm	6kg	10.05	20.74	28	20966	64
D025.09	60mm	6kg	10.15	20.15	28	16251	51
D025.10	60mm	8kg	10.20	20.53	28	18250	55
D025.10	60mm	8kg	10.19	20.18	28	20737	64
D025.10	60mm	8kg	10.21	20.57	28	18636	56

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°28 se muestra la gráfica los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 60mm de a/c=0.25.

**Figura N°28**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.25 y fibra 60mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°30 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto patrón de a/c=0.30.

**Tabla N°30**

Resistencia a la tracción para el concreto patrón a/c=0.30.

Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	T (kgf/cm²)
D030.01	Patrón	SIN	10.12	20.57	28	15440	47
D030.01	Patrón	SIN	10.15	20.26	28	18378	57
D030.01	Patrón	SIN	10.20	20.41	28	14481	44

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°31 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 42mm de a/c=0.30.

**Tabla N°31**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.30 y fibra 42mm.

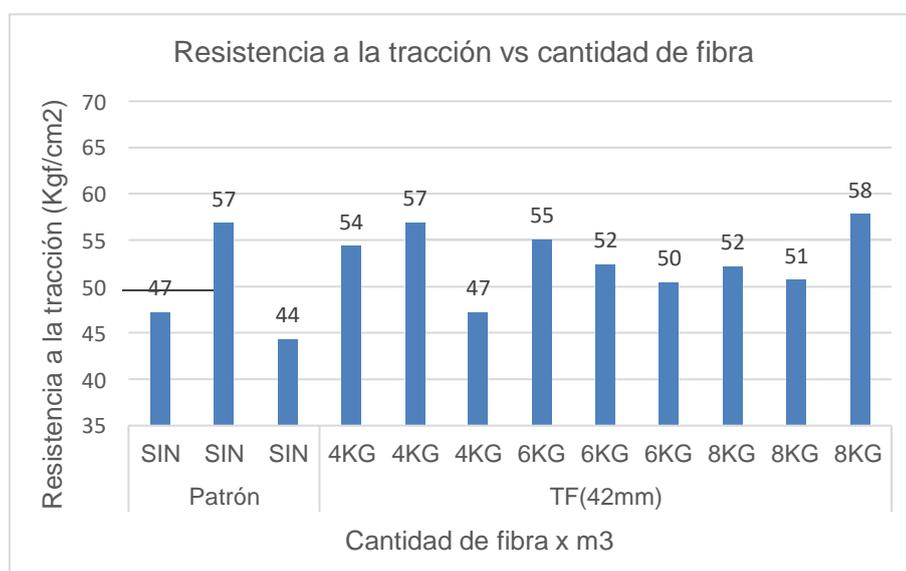
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	T (kgf/cm2)
D030.02	42mm	4kg	10.07	20.11	28	17312	54
D030.02	42mm	4kg	10.10	20.15	28	18188	57
D030.02	42mm	4kg	10.03	20.38	28	15159	47
D030.03	42mm	6kg	10.04	20.18	28	17530	55
D030.03	42mm	6kg	10.06	20.63	28	17080	52
D030.03	42mm	6kg	10.02	20.43	28	16225	50
D030.04	42mm	8kg	10.18	20.90	28	17420	52
D030.04	42mm	8kg	10.22	20.85	28	16969	51
D030.04	42mm	8kg	10.18	20.93	28	19346	58

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°29 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 42mm de a/c=0.30.

**Figura N°29**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.30 y fibra 42mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°32 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 50mm de a/c=0.30.

**Tabla N°32**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.30 y fibra 50mm.

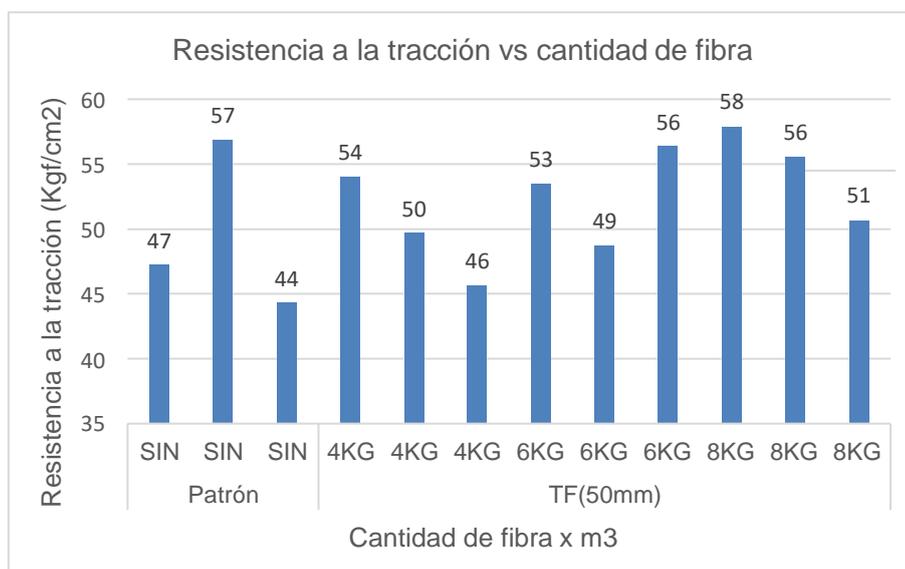
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	T (kgf/cm2)
D030.05	50mm	4kg	10.13	20.03	28	17214	54
D030.05	50mm	4kg	10.10	20.09	28	15838	50
D030.05	50mm	4kg	10.03	20.26	28	14582	46
D030.06	50mm	6kg	10.21	20.17	28	17299	53
D030.06	50mm	6kg	10.19	20.53	28	16005	49
D030.06	50mm	6kg	10.20	20.99	28	18963	56
D030.07	50mm	8kg	10.11	20.98	28	19288	58
D030.07	50mm	8kg	10.16	20.94	28	18563	56
D030.07	50mm	8kg	10.19	21.01	28	17050	51

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°30 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 50mm de a/c=0.30.

**Figura N°30**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.30 y fibra 50mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°33 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 60mm de a/c=0.30.

**Tabla N°33**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.30 y fibra 60mm.

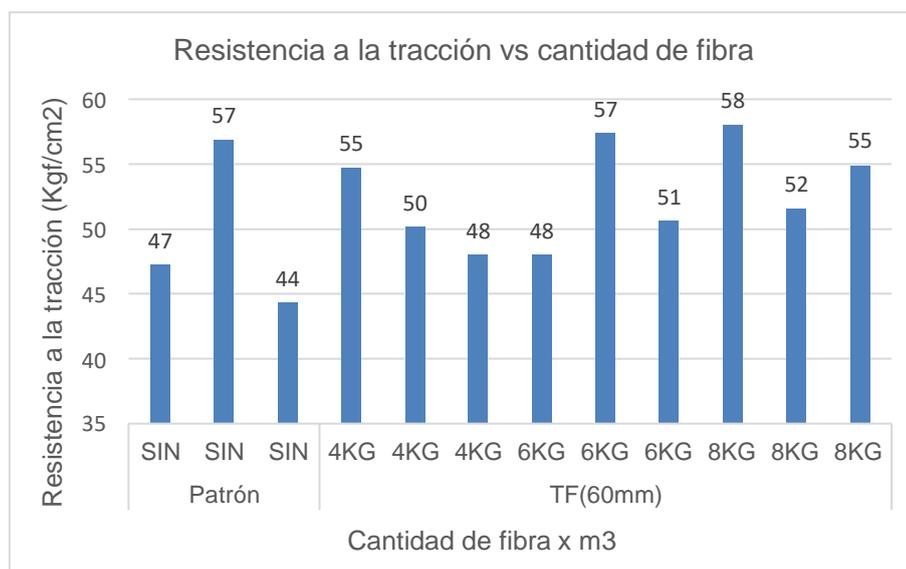
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	T (kgf/cm2)
D030.08	60mm	4kg	10.12	20.59	28	17915	55
D030.08	60mm	4kg	10.10	20.16	28	16047	50
D030.08	60mm	4kg	10.11	21.10	28	16080	48
D030.09	60mm	6kg	10.26	20.19	28	15620	48
D030.09	60mm	6kg	10.23	20.99	28	19355	57
D030.09	60mm	6kg	10.05	20.36	28	16264	51
D030.10	60mm	8kg	10.16	20.83	28	19297	58
D030.10	60mm	8kg	10.20	20.93	28	17287	52
D030.10	60mm	8kg	10.04	20.79	28	17995	55

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°31 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 60mm de a/c=0.30.

**Figura N°31**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.30 y fibra 60mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°34 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto patrón de a/c=0.35.

**Tabla N°34**

Resistencia a la tracción para el concreto patrón a/c=0.35.

Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	T (kgf/cm2)
D035.01	Patrón	SIN	10.04	20.21	28	11578	36
D035.01	Patrón	SIN	10.10	20.13	28	15230	48
D035.01	Patrón	SIN	10.02	20.34	28	16138	50

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°35 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 42mm de a/c=0.35.

**Tabla N°35**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.35 y fibra 42mm.

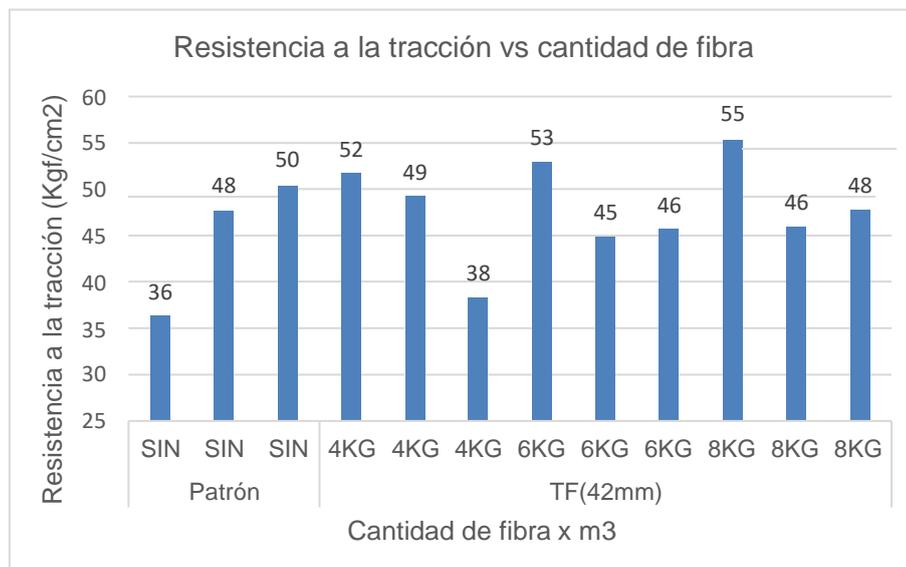
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	T (kgf/cm2)
D035.02	42mm	4kg	10.02	20.45	28	16639	52
D035.02	42mm	4kg	10.09	20.12	28	15705	49
D035.02	42mm	4kg	10.14	20.09	28	12252	38
D035.03	42mm	6kg	10.03	20.33	28	16956	53
D035.03	42mm	6kg	10.09	20.06	28	14256	45
D035.03	42mm	6kg	10.08	20.14	28	14563	46
D035.04	42mm	8kg	10.19	21.03	28	18613	55
D035.04	42mm	8kg	10.01	20.02	28	14458	46
D035.04	42mm	8kg	10.11	20.25	28	15353	48

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°32 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 42mm de a/c=0.35.

**Figura N°32**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.35 y fibra 42mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°36 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 50mm de a/c=0.35.

**Tabla N°36**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.35 y fibra 50mm.

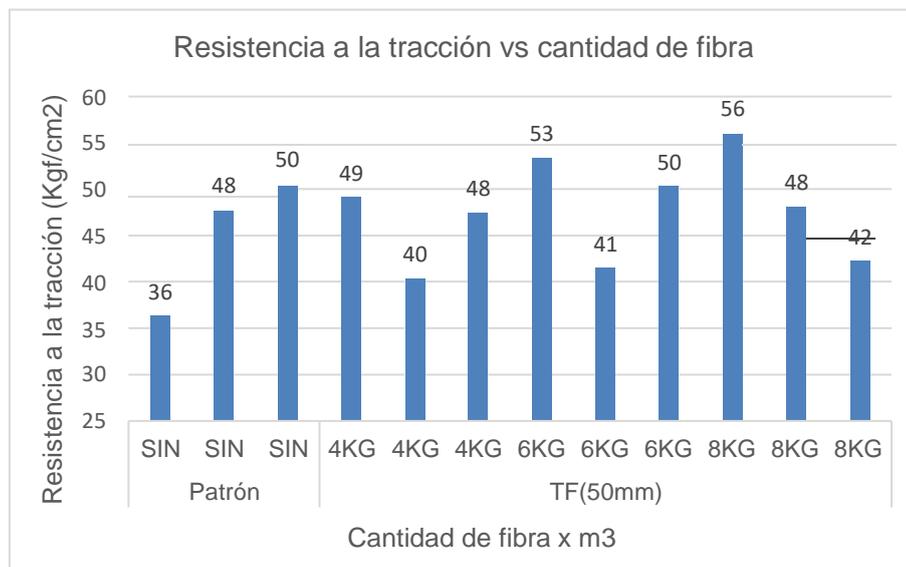
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	T (kgf/cm2)
D035.05	50mm	4kg	10.14	20.24	28	15845	49
D035.05	50mm	4kg	10.18	20.18	28	13040	40
D035.05	50mm	4kg	10.03	20.31	28	15202	48
D035.06	50mm	6kg	10.14	21.02	28	17870	53
D035.06	50mm	6kg	10.12	20.09	28	13231	41
D035.06	50mm	6kg	10.05	20.22	28	16056	50
D035.07	50mm	8kg	10.12	20.96	28	18629	56
D035.07	50mm	8kg	10.02	20.14	28	15246	48
D035.07	50mm	8kg	10.12	20.23	28	13585	42

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°33 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 50mm de a/c=0.35.

**Figura N°33**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.35 y fibra 50mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°37 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 60mm de a/c=0.35.

**Tabla N°37**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.35 y fibra 60mm.

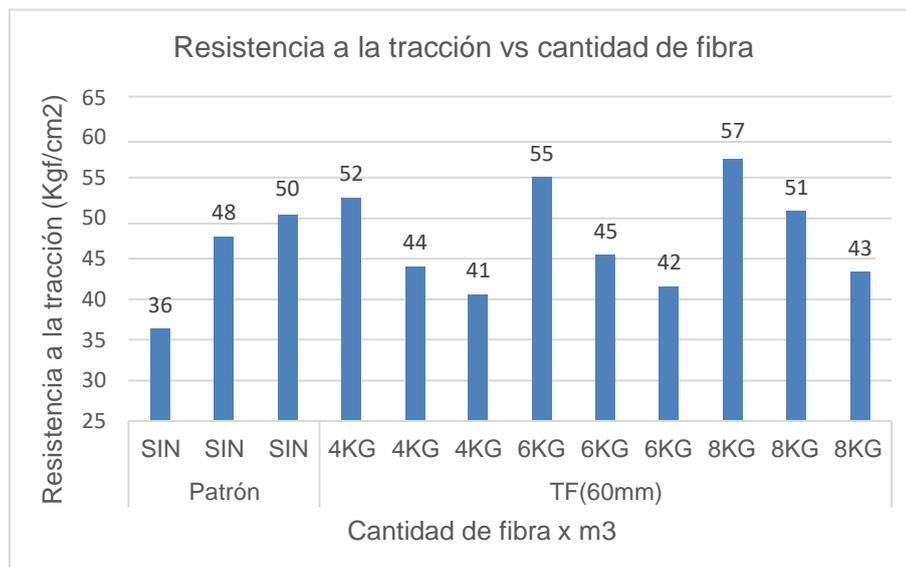
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Diámetro promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Días	Carga de Rotura (Kgf)	T (kgf/cm2)
D035.08	60mm	4kg	10.05	20.34	28	16844	52
D035.08	60mm	4kg	10.06	20.17	28	14020	44
D035.08	60mm	4kg	10.14	20.16	28	13025	41
D035.09	60mm	6kg	10.22	21.03	28	18563	55
D035.09	60mm	6kg	10.15	20.19	28	14620	45
D035.09	60mm	6kg	10.06	20.16	28	13252	42
D035.10	60mm	8kg	10.18	21.02	28	19243	57
D035.10	60mm	8kg	10.22	20.76	28	16935	51
D035.10	60mm	8kg	10.17	20.88	28	14456	43

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°34 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la tracción del concreto con fibra de 60mm de a/c=0.35.

**Figura N°34**

Resistencia a la tracción en concretos a/c=0.35 y fibra 60mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.3 Ensayo de resistencia a la flexión del concreto NTP 339.078:2012

En la Tabla N°38 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto patrón de a/c=0.25.

**Tabla N°38**

Resistencia a la flexión para el concreto patrón a/c=0.25.

Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Largo (cm)	Carga de Rotura (Kgf)	Mr (kgf/cm <sup>2</sup> )
D025.01	Patrón	SIN	15.05	15.03	45.00	5100	68
D025.01	Patrón	SIN	15.14	15.03	45.00	5650	74
D025.01	Patrón	SIN	15.05	15.05	45.00	5590	74

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°39 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 42mm de a/c=0.25.

**Tabla N°39**

Resistencia a la flexión en concretos a/c=0.25 y fibra 42mm.

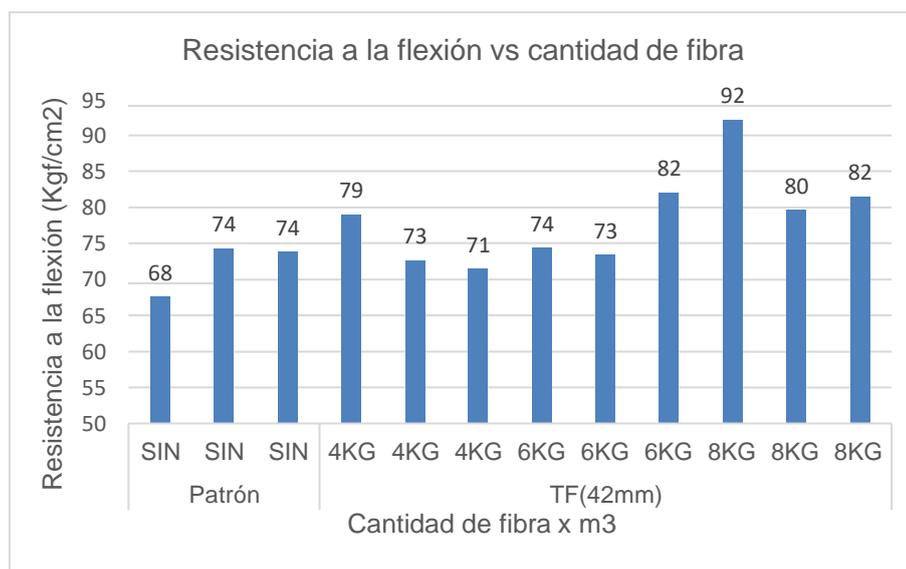
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Largo (cm)	Carga de Rotura (Kgf)	Mr (kgf/cm2)
D025.02	42mm	4kg	15.07	15.01	45.00	5960	79
D025.02	42mm	4kg	15.01	15.06	45.00	5500	73
D025.02	42mm	4kg	15.18	15.12	45.00	5510	71
D025.03	42mm	6kg	15.14	15.10	45.00	5710	74
D025.03	42mm	6kg	15.08	15.09	45.00	5600	73
D025.03	42mm	6kg	15.01	15.06	45.00	6210	82
D025.04	42mm	8kg	15.03	15.02	45.00	6940	92
D025.04	42mm	8kg	15.10	15.06	45.00	6060	80
D025.04	42mm	8kg	15.20	15.04	45.00	6230	82

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°35 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 42mm de a/c=0.25.

**Figura N°35**

Resistencia a la flexión en concretos a/c=0.25 y fibra 42mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°40 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 50mm de a/c=0.25.

**Tabla N°40**

Resistencia a la flexión en concretos a/c=0.25 y fibra 50mm.

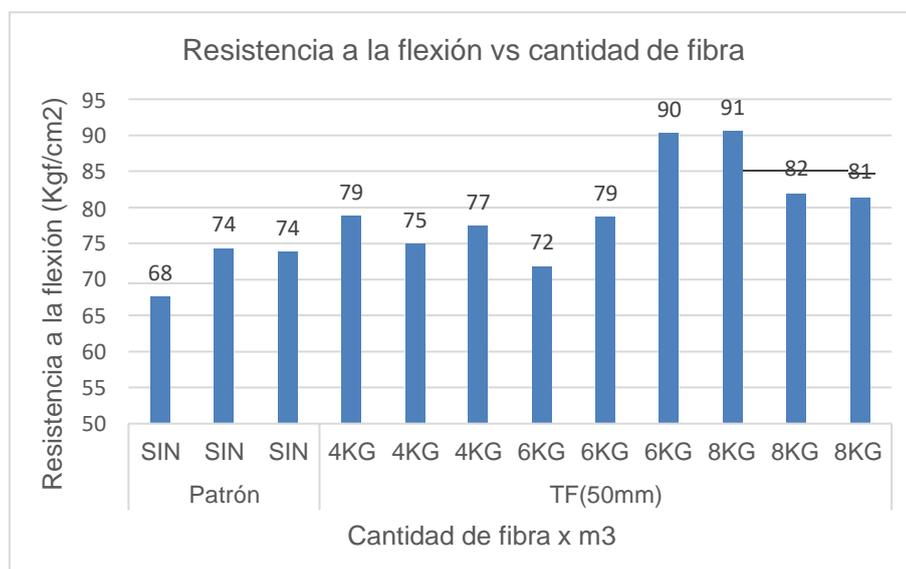
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Largo (cm)	Carga de Rotura (Kgf)	Mr (kgf/cm2)
D025.05	50mm	4kg	15.20	15.06	45.00	6040	79
D025.05	50mm	4kg	15.15	15.02	45.00	5690	75
D025.05	50mm	4kg	15.05	15.04	45.00	5850	77
D025.06	50mm	6kg	15.07	15.12	45.00	5500	72
D025.06	50mm	6kg	15.15	15.07	45.00	6010	79
D025.06	50mm	6kg	15.06	15.05	45.00	6840	90
D025.07	50mm	8kg	15.10	15.13	45.00	6960	91
D025.07	50mm	8kg	15.02	15.06	45.00	6200	82
D025.07	50mm	8kg	15.18	15.05	45.00	6210	81

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°36 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 50mm de a/c=0.25.

**Figura N°36**

Resistencia a la flexión en concretos a/c=0.25 y fibra 50mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°41 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 60mm de a/c=0.25.

**Tabla N°41**

Resistencia a la flexión en concretos a/c=0.25 y fibra 60mm.

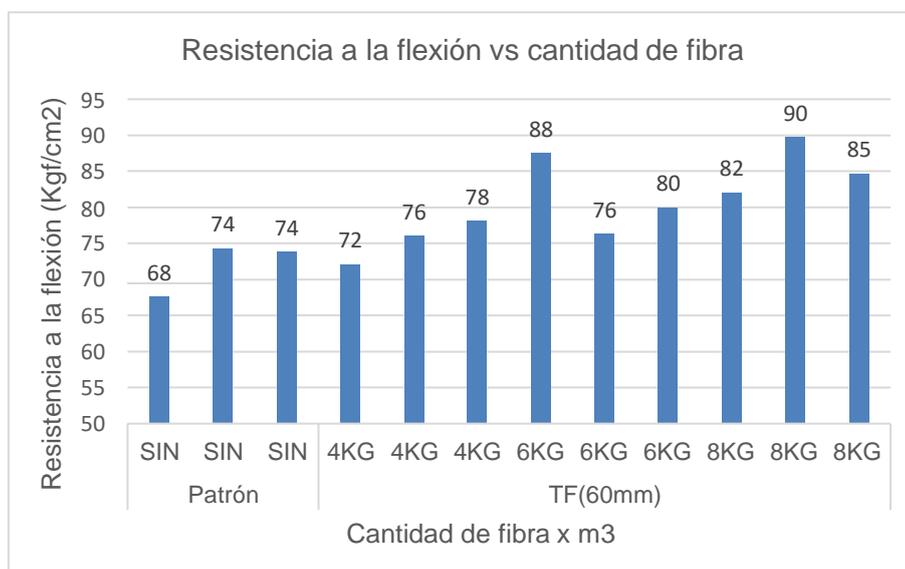
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Largo (cm)	Carga de Rotura (Kgf)	Mr (kgf/cm2)
D025.08	60mm	4kg	15.06	15.10	45.00	5500	72
D025.08	60mm	4kg	15.12	15.04	45.00	5780	76
D025.08	60mm	4kg	15.05	15.08	45.00	5940	78
D025.09	60mm	6kg	15.02	15.01	45.00	6580	88
D025.09	60mm	6kg	15.07	15.05	45.00	5790	76
D025.09	60mm	6kg	15.10	15.05	45.00	6080	80
D025.10	60mm	8kg	15.04	15.10	45.00	6250	82
D025.10	60mm	8kg	15.19	15.20	45.00	7000	90
D025.10	60mm	8kg	15.17	15.06	45.00	6480	85

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°37 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 60mm de a/c=0.25.

**Figura N°37**

Resistencia a la flexión en concretos a/c=0.25 y fibra 60mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°42 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto patrón de a/c=0.30.

**Tabla N°42**

Resistencia a la flexión para el concreto patrón a/c=0.30.

Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Largo (cm)	Carga de Rotura (Kgf)	Mr (kgf/cm <sup>2</sup> )
D030.01	Patrón	SIN	15.08	15.08	45.00	5450	72
D030.01	Patrón	SIN	15.20	15.00	45.00	4710	62
D030.01	Patrón	SIN	15.11	15.03	45.00	5620	74

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°43 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 42mm de a/c=0.30.

**Tabla N°43**

Resistencia a la flexión en concretos a/c=0.30 y fibra 42mm.

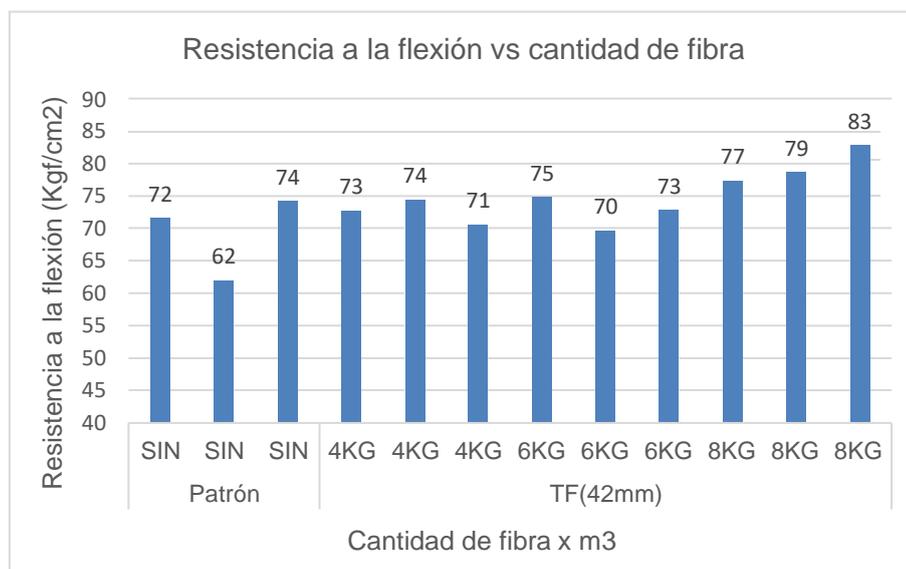
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Largo (cm)	Carga de Rotura (Kgf)	Mr (kgf/cm <sup>2</sup> )
D030.02	42mm	4kg	15.11	15.10	45.00	5560	73
D030.02	42mm	4kg	15.07	15.06	45.00	5650	74
D030.02	42mm	4kg	15.05	15.16	45.00	5420	71
D030.03	42mm	6kg	15.01	15.20	45.00	5760	75
D030.03	42mm	6kg	15.10	15.15	45.00	5360	70
D030.03	42mm	6kg	15.15	15.07	45.00	5560	73
D030.04	42mm	8kg	15.05	15.14	45.00	5920	77
D030.04	42mm	8kg	15.08	15.07	45.00	5980	79
D030.04	42mm	8kg	15.08	15.01	45.00	6250	83

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°38 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 42mm de a/c=0.30.

**Figura N°38**

Resistencia a la flexión en concretos a/c=0.30 y fibra 42mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°44 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 50mm de a/c=0.30.

**Tabla N°44**

Resistencia a la flexión en concretos a/c=0.30 y fibra 50mm.

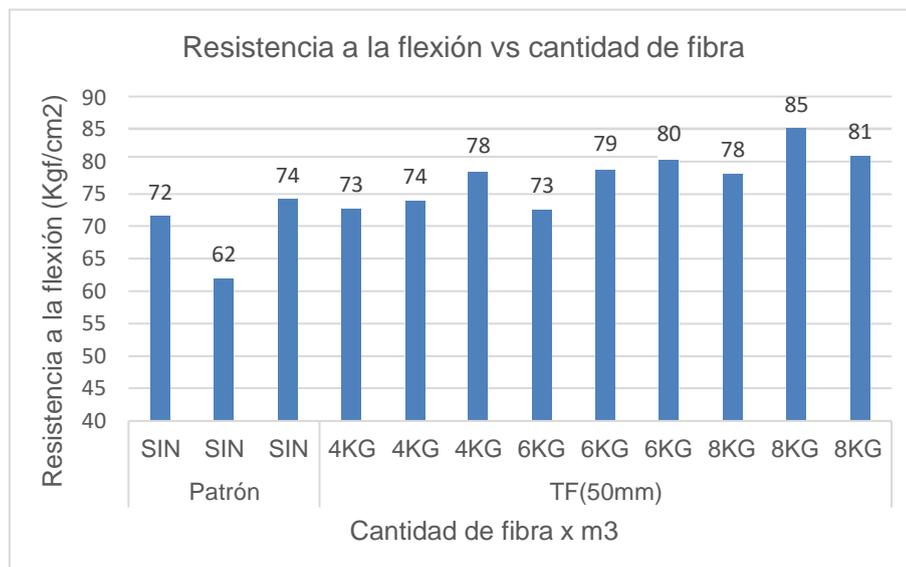
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Largo (cm)	Carga de Rotura (Kgf)	Mr (kgf/cm <sup>2</sup> )
D030.05	50mm	4kg	15.03	15.06	45.00	5510	73
D030.05	50mm	4kg	15.19	15.14	45.00	5720	74
D030.05	50mm	4kg	15.14	15.04	45.00	5960	78
D030.06	50mm	6kg	15.06	15.19	45.00	5600	73
D030.06	50mm	6kg	15.04	15.15	45.00	6030	79
D030.06	50mm	6kg	15.05	15.07	45.00	6090	80
D030.07	50mm	8kg	15.19	15.12	45.00	6030	78
D030.07	50mm	8kg	15.09	15.07	45.00	6480	85
D030.07	50mm	8kg	15.05	15.17	45.00	6220	81

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°39 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 50mm de a/c=0.30.

**Figura N°39**

Resistencia a la flexión en concretos a/c=0.30 y fibra 50mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°45 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 60mm de a/c=0.30.

**Tabla N°45**

Resistencia a la flexión en concretos a/c=0.30 y fibra 60mm.

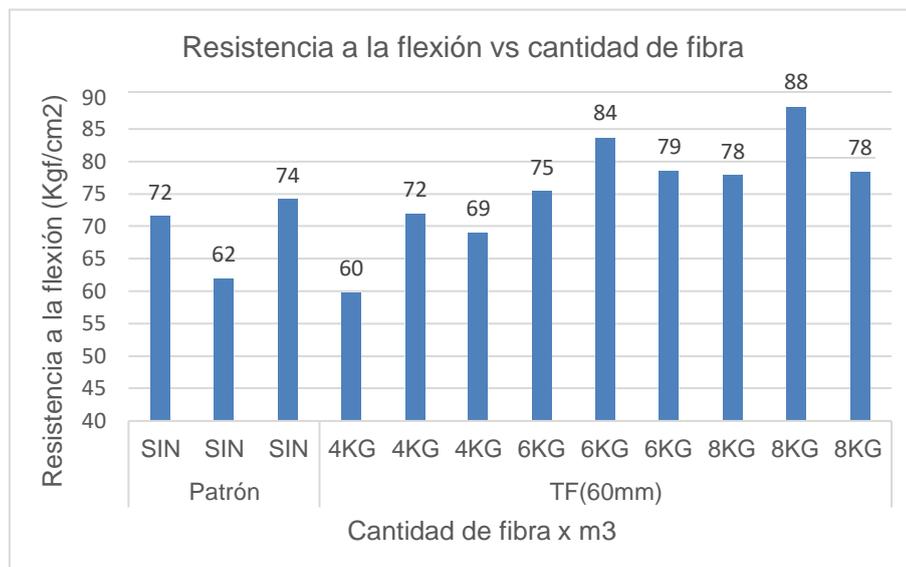
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Largo (cm)	Carga de Rotura (Kgf)	Mr (kgf/cm2)
D030.08	60mm	4kg	15.10	15.09	45.00	4570	60
D030.08	60mm	4kg	15.10	15.03	45.00	5450	72
D030.08	60mm	4kg	15.04	15.11	45.00	5260	69
D030.09	60mm	6kg	15.07	15.14	45.00	5780	75
D030.09	60mm	6kg	15.14	15.03	45.00	6350	84
D030.09	60mm	6kg	15.18	15.07	45.00	6020	79
D030.10	60mm	8kg	15.04	15.16	45.00	5980	78
D030.10	60mm	8kg	15.21	15.07	45.00	6780	88
D030.10	60mm	8kg	15.10	15.16	45.00	6050	78

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°40 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 60mm de a/c=0.30.

**Figura N°40**

Resistencia a la flexión en concretos a/c=0.30 y fibra 60mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°46 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto patrón de a/c=0.35.

**Tabla N°46**

Resistencia a la flexión para el concreto patrón a/c=0.35.

Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Largo (cm)	Carga de Rotura (Kgf)	Mr (kgf/cm2)
D035.01	Patrón	SIN	15.06	15.13	45.00	4450	58
D035.01	Patrón	SIN	15.14	15.09	45.00	4490	59
D035.01	Patrón	SIN	15.02	15.11	45.00	4650	61

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°47 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 42mm de a/c=0.35.

**Tabla N°47**

Resistencia a la flexión en concretos  $a/c=0.35$  y fibra 42mm.

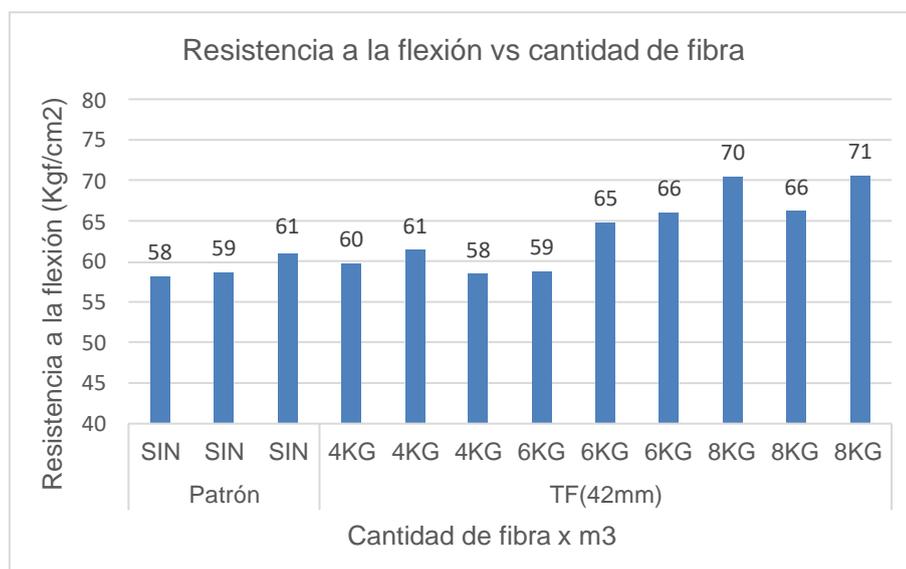
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Largo (cm)	Carga de Rotura (Kgf)	Mr (kgf/cm <sup>2</sup> )
D035.02	42mm	4kg	15.08	15.01	45.00	4510	60
D035.02	42mm	4kg	15.21	15.05	45.00	4700	61
D035.02	42mm	4kg	15.07	15.03	45.00	4420	58
D035.03	42mm	6kg	15.11	15.10	45.00	4500	59
D035.03	42mm	6kg	15.14	15.06	45.00	4950	65
D035.03	42mm	6kg	15.03	15.12	45.00	5040	66
D035.04	42mm	8kg	15.07	15.16	45.00	5420	70
D035.04	42mm	8kg	15.03	15.03	45.00	5000	66
D035.04	42mm	8kg	15.11	15.08	45.00	5390	71

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°41 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 42mm de  $a/c=0.35$ .

**Figura N°41**

Resistencia a la flexión en concretos  $a/c=0.35$  y fibra 42mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°48 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 50mm de  $a/c=0.35$ .

**Tabla N°48**

Resistencia a la flexión en concretos a/c=0.35 y fibra 50mm.

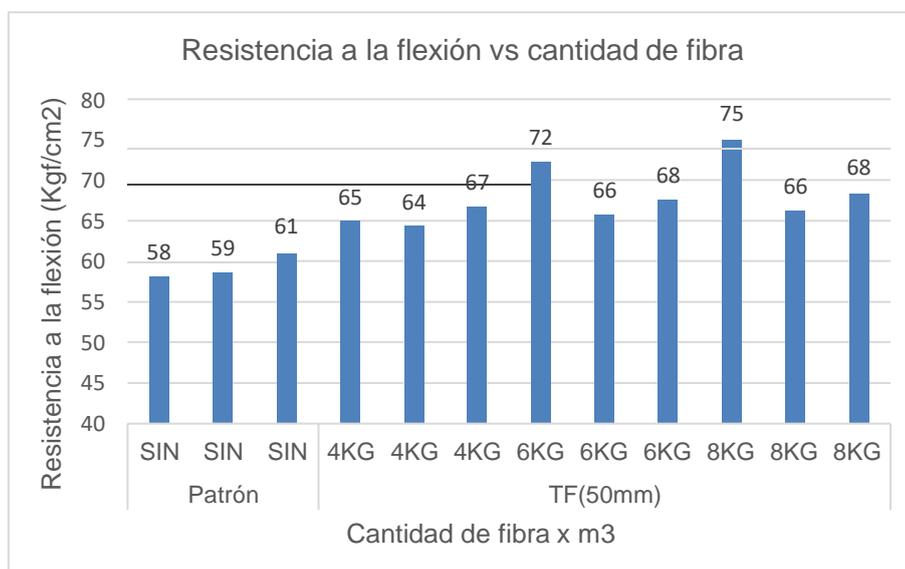
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Largo (cm)	Carga de Rotura (Kgf)	Mr (kgf/cm2)
D035.05	50mm	4kg	15.07	15.05	45.00	4930	65
D035.05	50mm	4kg	15.13	15.02	45.00	4880	64
D035.05	50mm	4kg	15.06	15.11	45.00	5100	67
D035.06	50mm	6kg	15.05	15.06	45.00	5490	72
D035.06	50mm	6kg	15.15	15.04	45.00	5010	66
D035.06	50mm	6kg	15.08	15.03	45.00	5120	68
D035.07	50mm	8kg	15.19	15.10	45.00	5770	75
D035.07	50mm	8kg	15.15	15.09	45.00	5080	66
D035.07	50mm	8kg	15.09	15.09	45.00	5220	68

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°42 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 50mm de a/c=0.35.

**Figura N°42**

Resistencia a la flexión en concretos a/c=0.35 y fibra 50mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°49 se muestra los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 60mm de a/c=0.35.

**Tabla N°49**

Resistencia a la flexión en concretos a/c=0.35 y fibra 60mm.

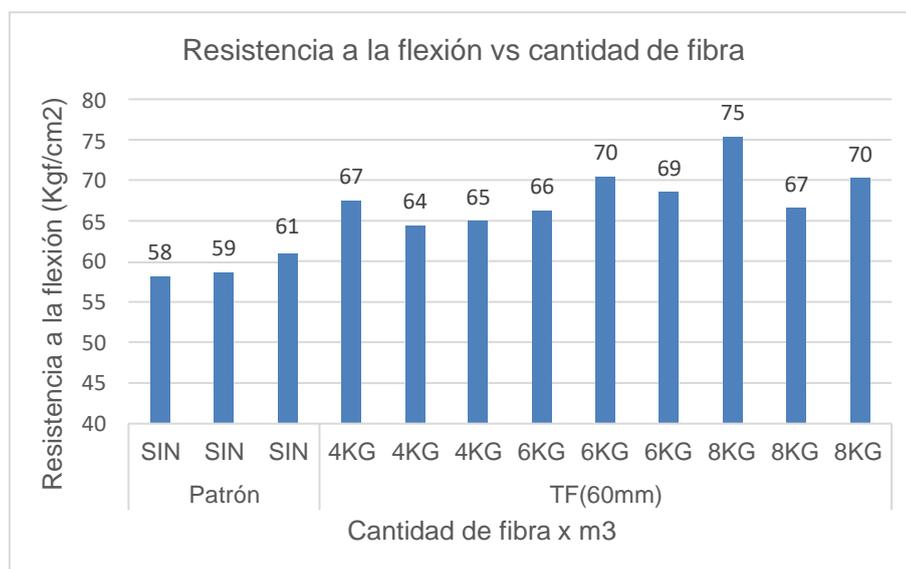
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Ancho promedio (cm)	Altura promedio (cm)	Largo (cm)	Carga de Rotura (Kgf)
D035.08	60mm	4kg	15.09	15.03	45.00	5110
D035.08	60mm	4kg	15.06	15.01	45.00	4860
D035.08	60mm	4kg	15.13	15.18	45.00	5040
D035.09	60mm	6kg	15.04	15.04	45.00	5010
D035.09	60mm	6kg	15.03	15.15	45.00	5400
D035.09	60mm	6kg	15.17	15.05	45.00	5230
D035.10	60mm	8kg	15.07	15.12	45.00	5770
D035.10	60mm	8kg	15.05	15.08	45.00	5060
D035.10	60mm	8kg	15.11	15.06	45.00	5350

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°43 se muestra la gráfica de los resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto con fibra de 60mm de a/c=0.35.

**Figura N°43**

Resistencia a la flexión en concretos a/c=0.35 y fibra 60mm.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS CON RESPECTO A LA INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE FIBRA PARA UNA CANTIDAD DE FIBRA ESPECÍFICA

### 4.1 ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS EN CONCRETO FRESCO

#### 4.1.1 Análisis del ensayo de asentamiento del concreto

En la Tabla N°50 se muestra la variación del asentamiento del concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de  $a/c=0.25$  con respecto al concreto patrón. A medida que se aumenta la cantidad de fibra al concreto tenemos una disminución del slump de hasta 20.8 % independiente del tamaño de fibra. Con respecto al tamaño de fibra para una cantidad de fibra específica no es predecible su comportamiento con los datos obtenidos.

**Tabla N°50**

Variación del asentamiento del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra respecto al concreto patrón.

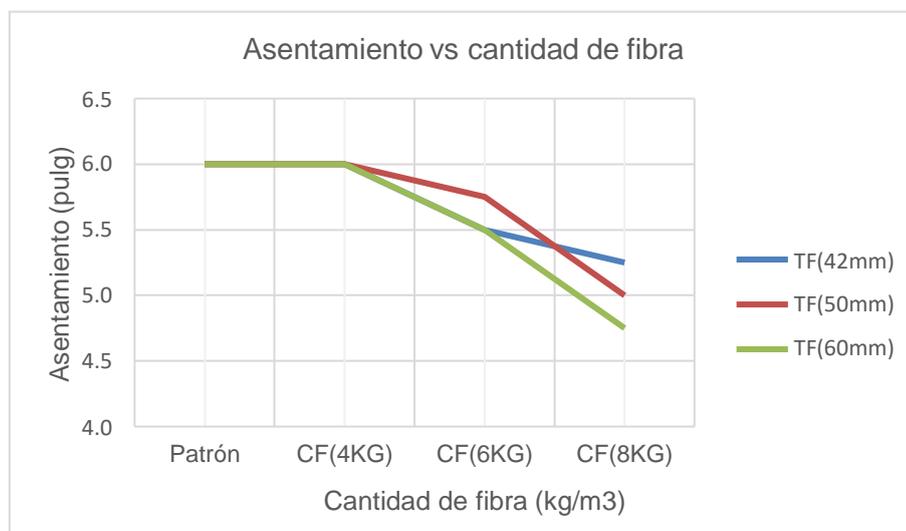
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Slump (pulg)	$\Delta$ slump (pulg)	$\Delta$ slump (%)
D025.01	Patrón	SIN	6.00	0.00	0.0%
D025.02	42mm	4kg	6.00	0.00	0.0%
D025.03	42mm	6kg	5.50	0.50	8.3%
D025.04	42mm	8kg	5.25	0.75	12.5%
D025.05	50mm	4kg	6.00	0.00	0.0%
D025.06	50mm	6kg	5.75	0.25	4.2%
D025.07	50mm	8kg	5.00	1.00	16.7%
D025.08	60mm	4kg	6.00	0.00	0.0%
D025.09	60mm	6kg	5.50	0.50	8.3%
D025.10	60mm	8kg	4.75	1.25	20.8%

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°44 se muestra la gráfica de la variación del asentamiento del concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de  $a/c=0.25$  con respecto al concreto patrón.

**Figura N°44**

Asentamiento del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra incorporada.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°51 se muestra la variación del asentamiento del concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de  $a/c=0.30$  con respecto al concreto patrón. A medida que se aumenta la cantidad de fibra al concreto tenemos una disminución del slump de hasta 25.0 % independiente del tamaño de fibra. Con respecto al tamaño de fibra a mayor tamaño utilizado disminuye más el slump independiente de la cantidad de fibra utilizada.

**Tabla N°51**

Variación del asentamiento del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra respecto al concreto patrón.

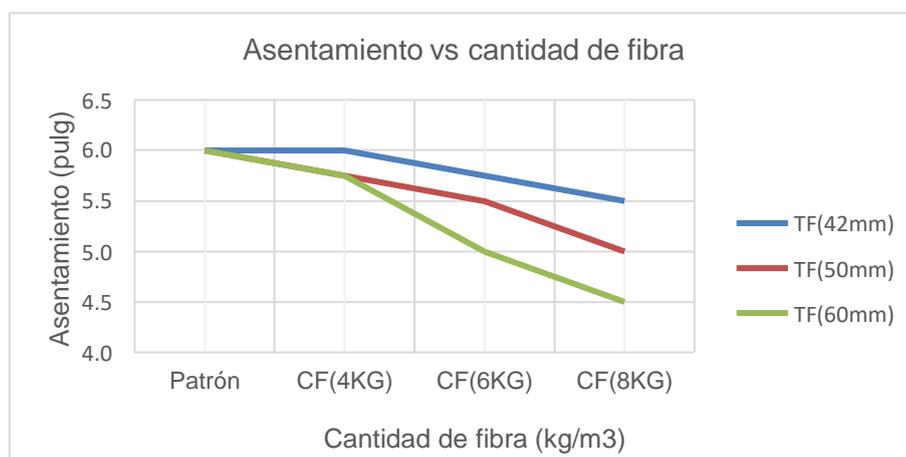
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Slump (pulg)	$\Delta$ slump (pulg)	$\Delta$ slump (%)
D030.01	Patrón	SIN	6.00	0.00	0.0%
D030.02	42mm	4kg	6.00	0.00	0.0%
D030.03	42mm	6kg	5.75	0.25	4.2%
D030.04	42mm	8kg	5.50	0.50	8.3%
D030.05	50mm	4kg	5.75	0.25	4.2%
D030.06	50mm	6kg	5.50	0.50	8.3%
D030.07	50mm	8kg	5.00	1.00	16.7%
D030.08	60mm	4kg	5.75	0.25	4.2%
D030.09	60mm	6kg	5.00	1.00	16.7%
D030.10	60mm	8kg	4.50	1.50	25.0%

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°45 se muestra la gráfica de la variación del asentamiento del concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de  $a/c=0.30$  con respecto al concreto patrón.

**Figura N°45**

Asentamiento del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra incorporada.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°52 se muestra la variación del asentamiento del concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de  $a/c=0.35$  con respecto al concreto patrón. A medida que se aumenta la cantidad de fibra al concreto tenemos una disminución del slump de hasta 16.7 % independiente del tamaño de fibra. Con respecto al tamaño de fibra para una cantidad de fibra específica no es predecible su comportamiento con los datos obtenidos.

**Tabla N°52**

Variación del asentamiento del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra respecto al concreto patrón.

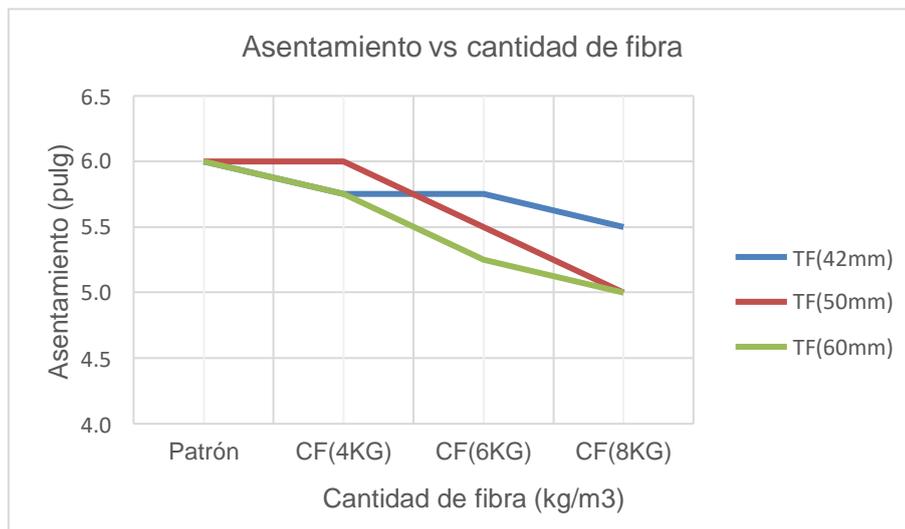
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Slump (pulg)	$\Delta$ slump (pulg)	$\Delta$ slump (%)
D035.01	Patrón	SIN	6.00	0.00	0.0%
D035.02	42mm	4kg	5.75	0.25	4.2%
D035.03	42mm	6kg	5.75	0.25	4.2%
D035.04	42mm	8kg	5.50	0.50	8.3%
D035.05	50mm	4kg	6.00	0.00	0.0%
D035.06	50mm	6kg	5.50	0.50	8.3%
D035.07	50mm	8kg	5.00	1.00	16.7%
D035.08	60mm	4kg	5.75	0.25	4.2%
D035.09	60mm	6kg	5.25	0.75	12.5%
D035.10	60mm	8kg	5.00	1.00	16.7%

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°46 se muestra la gráfica de la variación del asentamiento del concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de  $a/c=0.35$  con respecto al concreto patrón.

**Figura N°46**

Asentamiento del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra incorporada.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2 Análisis del ensayo de peso unitario del concreto

En la Tabla N°53 se muestra la variación del peso unitario del concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de  $a/c=0.25$  con respecto al concreto patrón. A medida que se aumenta la cantidad de fibra al concreto tenemos una disminución del peso unitario de hasta 0.8 % independiente del tamaño de fibra. Con respecto al tamaño de fibra para una cantidad de fibra específica no es predecible su comportamiento con los datos obtenidos.

**Tabla N°53**

Variación del peso unitario del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra respecto al concreto patrón.

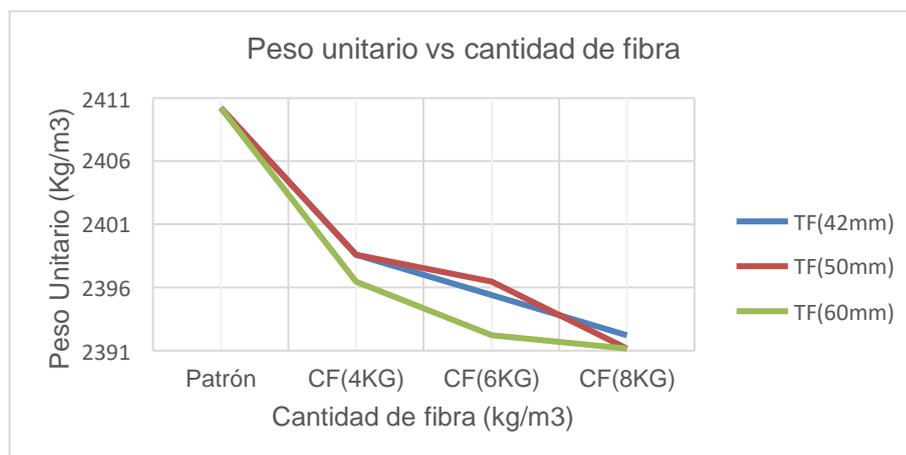
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Peso Unitario (Kg/m3)	$\Delta$ Peso Unitario (Kg/m3)	$\Delta$ Peso Unitario (%)
D025.01	Patrón	SIN	2410	0.00	0.0%
D025.02	42mm	4kg	2399	11.65	0.5%
D025.03	42mm	6kg	2395	14.83	0.6%
D025.04	42mm	8kg	2392	18.01	0.7%
D025.05	50mm	4kg	2399	11.65	0.5%
D025.06	50mm	6kg	2396	13.77	0.6%
D025.07	50mm	8kg	2391	19.07	0.8%
D025.08	60mm	4kg	2396	13.77	0.6%
D025.09	60mm	6kg	2392	18.01	0.7%
D025.10	60mm	8kg	2391	19.07	0.8%

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°47 se muestra la gráfica de la variación del peso unitario del concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de  $a/c=0.25$  con respecto al concreto patrón.

**Figura N°47**

Peso unitario del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra incorporada.



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N°54 se muestra la variación del peso unitario del concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de  $a/c=0.30$  con respecto al concreto patrón. A medida que se aumenta la cantidad de fibra al concreto tenemos una disminución del peso unitario de hasta 0.6 % independiente del tamaño de fibra.

Con respecto al tamaño de fibra para una cantidad de fibra específica no es predecible su comportamiento con los datos obtenidos.

**Tabla N°54**

Variación del peso unitario del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra respecto al concreto patrón.

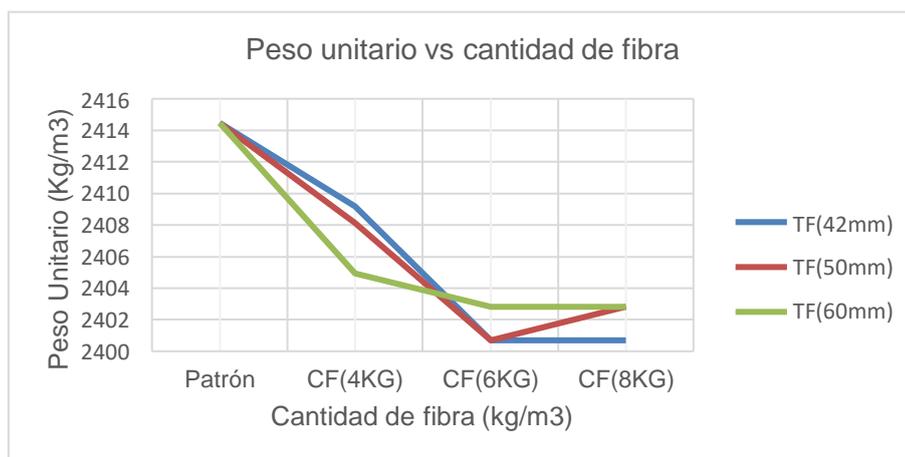
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m <sup>3</sup>	Peso Unitario (Kg/m <sup>3</sup> )	$\Delta$ Peso Unitario (Kg/m <sup>3</sup> )	$\Delta$ Peso Unitario (%)
D030.01	Patrón	SIN	2414	0.00	0.0%
D030.02	42mm	4kg	2409	5.30	0.2%
D030.03	42mm	6kg	2401	13.77	0.6%
D030.04	42mm	8kg	2401	13.77	0.6%
D030.05	50mm	4kg	2408	6.36	0.3%
D030.06	50mm	6kg	2401	13.77	0.6%
D030.07	50mm	8kg	2403	11.65	0.5%
D030.08	60mm	4kg	2405	9.53	0.4%
D030.09	60mm	6kg	2403	11.65	0.5%
D030.10	60mm	8kg	2403	11.65	0.5%

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°48 se muestra la gráfica de la variación del peso unitario del concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de  $a/c=0.30$  con respecto al concreto patrón.

**Figura N°48**

Peso unitario del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra incorporada.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°55 se muestra la variación del peso unitario del concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de  $a/c=0.35$  con respecto al concreto patrón. A

medida que se aumenta la cantidad de fibra al concreto tenemos una disminución del peso unitario de hasta 0.5 % independiente del tamaño de fibra. Con respecto al tamaño de fibra para una cantidad de fibra específica no es predecible su comportamiento con los datos obtenidos.

**Tabla N°55**

Variación del peso unitario del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra respecto al concreto patrón.

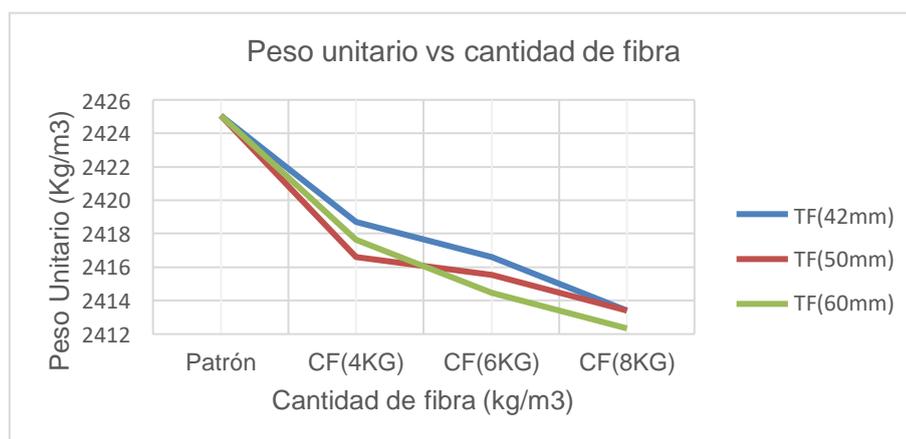
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m <sup>3</sup>	Peso Unitario (Kg/m <sup>3</sup> )	$\Delta$ Peso Unitario (Kg/m <sup>3</sup> )	$\Delta$ Peso Unitario (%)
D035.01	Patrón	SIN	2425	0.00	0.0%
D035.02	42mm	4kg	2419	6.36	0.3%
D035.03	42mm	6kg	2417	8.48	0.3%
D035.04	42mm	8kg	2413	11.65	0.5%
D035.05	50mm	4kg	2417	8.48	0.3%
D035.06	50mm	6kg	2416	9.53	0.4%
D035.07	50mm	8kg	2413	11.65	0.5%
D035.08	60mm	4kg	2418	7.42	0.3%
D035.09	60mm	6kg	2414	10.59	0.4%
D035.10	60mm	8kg	2412	12.71	0.5%

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°49 se muestra la gráfica de la variación del peso unitario del concreto con fibra de 42, 50 y 60 mm de  $a/c=0.35$  con respecto al concreto patrón.

**Figura N°49**

Peso unitario del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra incorporada.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

## 4.2 ANÁLISIS DE LOS ENSAYOS EN CONCRETO ENDURECIDO

### 4.2.1 Análisis de la resistencia a la compresión

En la Tabla N°56 se muestra la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

De las 03 mediciones obtenidas en cada diseño se obtiene que el diseño D025.01 tiene un coeficiente de variación de 4.5 % que corresponde a una medición buena; el diseño D025.02 un coeficiente de variación de 3.9 % que corresponde a una medición muy buena; el diseño D025.03 un coeficiente de variación de 6.1 % que corresponde a una medición regular y el diseño D025.04 un coeficiente de variación de 3.5 % que corresponde a una medición muy buena (ACI 214R, 2011).

Al adicionar fibra de 42 mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 0.6%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 4.3% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 3.2%. En todas las dosificaciones presentadas de 42mm se reduce la resistencia a la compresión del concreto patrón.

**Tabla N°56**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.

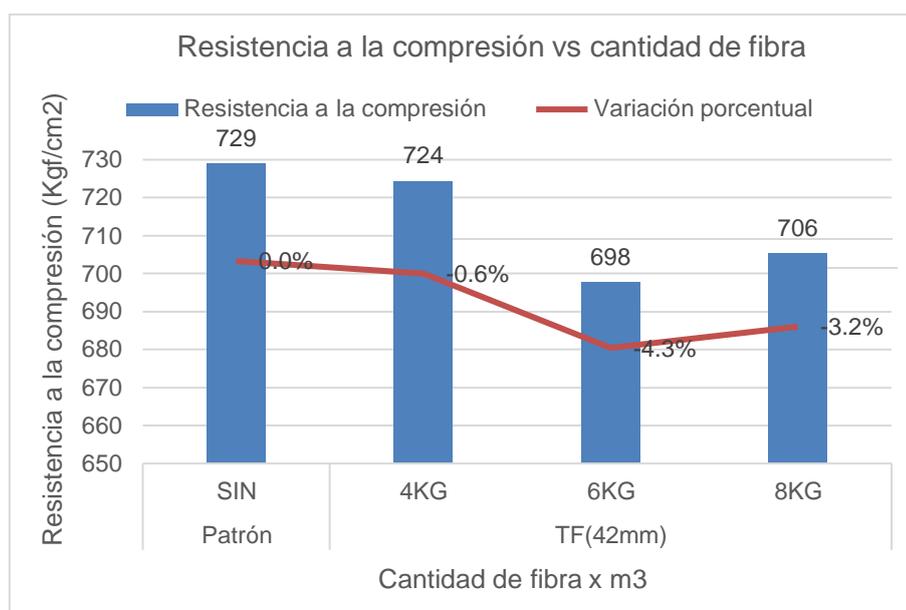
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	fc' (kgf/cm <sup>2</sup> )	fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ fc' prom (%)
D025.01	Patrón	SIN	28	720			
D025.01	Patrón	SIN	28	765	729	0	0.0%
D025.01	Patrón	SIN	28	702			
D025.02	42mm	4kg	28	707			
D025.02	42mm	4kg	28	757	724	-5	-0.6%
D025.02	42mm	4kg	28	709			
D025.03	42mm	6kg	28	648			
D025.03	42mm	6kg	28	721	698	-31	-4.3%
D025.03	42mm	6kg	28	724			
D025.04	42mm	8kg	28	681			
D025.04	42mm	8kg	28	704	706	-23	-3.2%
D025.04	42mm	8kg	28	731			

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°50 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°50**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°57 se muestra la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

De las 03 mediciones obtenidas en cada diseño se obtiene que el diseño D025.05 tiene un coeficiente de variación de 2.3 % que corresponde a una medición excelente; el diseño D025.06 un coeficiente de variación de 6.1 % que corresponde a una medición regular y el diseño D025.07 un coeficiente de variación de 1.3 % que corresponde a una medición excelente (ACI 214R, 2011).

Al adicionar fibra de 50 mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 2.2%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 7.2% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 8.1%. En todas las dosificaciones presentadas de 50mm se reduce la resistencia a la compresión del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la compresión disminuye aún más.

**Tabla N°57**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.

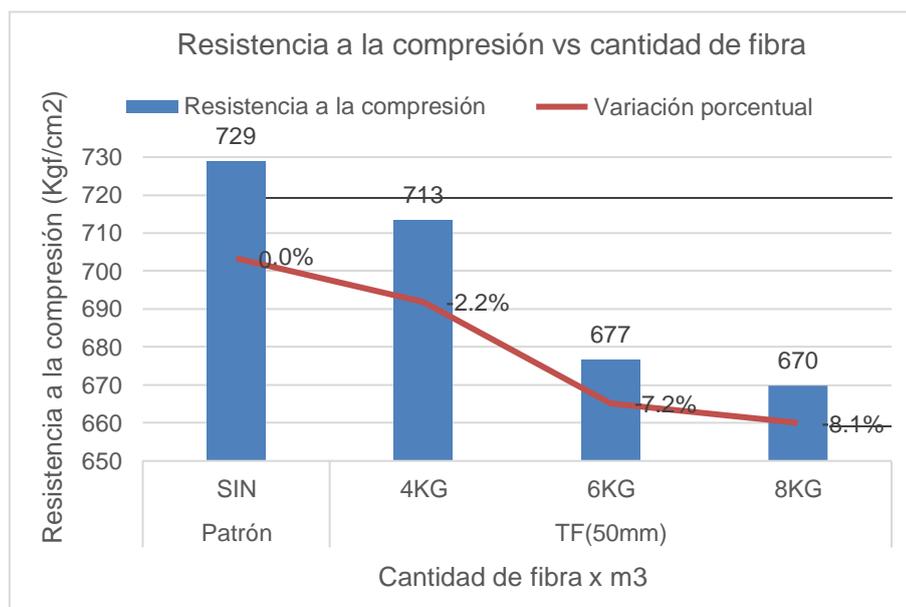
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	fc' (kgf/cm <sup>2</sup> )	fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ fc' prom (%)
D025.01	Patrón	SIN	28	720			
D025.01	Patrón	SIN	28	765	729	0	0.0%
D025.01	Patrón	SIN	28	702			
D025.05	50mm	4kg	28	727			
D025.05	50mm	4kg	28	695	713	-16	-2.2%
D025.05	50mm	4kg	28	717			
D025.06	50mm	6kg	28	704			
D025.06	50mm	6kg	28	629	677	-52	-7.2%
D025.06	50mm	6kg	28	697			
D025.07	50mm	8kg	28	660			
D025.07	50mm	8kg	28	673	670	-59	-8.1%
D025.07	50mm	8kg	28	676			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°51 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°51**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°58 se muestra la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

De las 03 mediciones obtenidas en cada diseño se obtiene que el diseño D025.08 tiene un coeficiente de variación de 1.3 % que corresponde a una medición excelente; el diseño D025.09 un coeficiente de variación de 6.5 % que corresponde a una medición regular y el diseño D025.10 un coeficiente de variación de 4.6 % que corresponde a una medición buena (ACI 214R, 2011).

Al adicionar fibra de 60 mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 1.4%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 7.4% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 8.6%. En todas las dosificaciones presentadas de 60mm se reduce la resistencia a la compresión del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la compresión disminuye aún más.

**Tabla N°58**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.

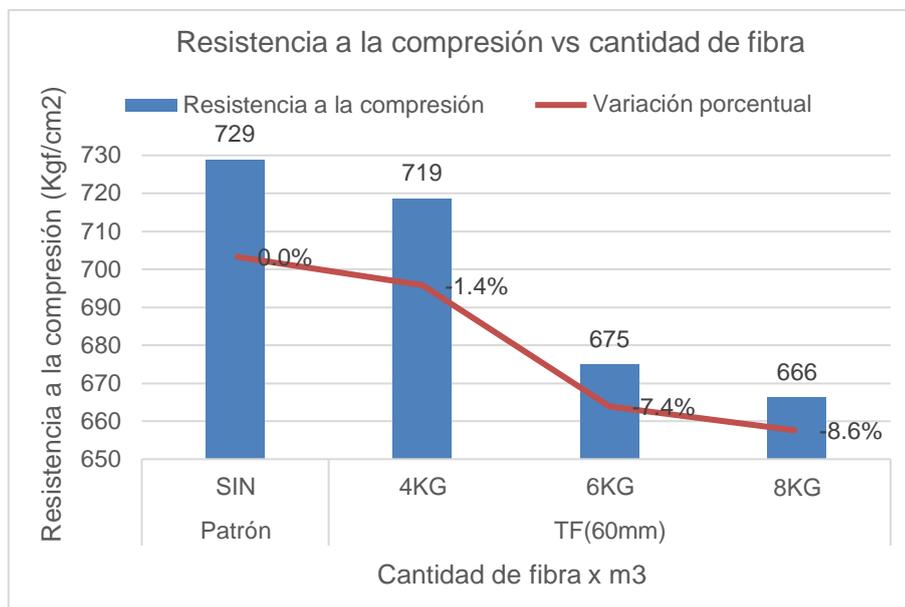
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m <sup>3</sup>	Días	fc' (kgf/cm <sup>2</sup> )	fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ fc' prom (%)
D025.01	Patrón	SIN	28	720			
D025.01	Patrón	SIN	28	765	729	0	0.0%
D025.01	Patrón	SIN	28	702			
D025.08	60mm	4kg	28	714			
D025.08	60mm	4kg	28	729	719	-10	-1.4%
D025.08	60mm	4kg	28	713			
D025.09	60mm	6kg	28	690			
D025.09	60mm	6kg	28	709	675	-54	-7.4%
D025.09	60mm	6kg	28	626			
D025.10	60mm	8kg	28	681			
D025.10	60mm	8kg	28	631	666	-63	-8.6%
D025.10	60mm	8kg	28	687			

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°52 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°52**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°59 se muestra la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

De las 03 mediciones obtenidas en cada diseño se obtiene que el diseño D030.01 tiene un coeficiente de variación de 4.2 % que corresponde a una medición muy buena; el diseño D030.02 un coeficiente de variación de 4.1 % que corresponde a una medición muy buena; el diseño D030.03 un coeficiente de variación de 4.1 % que corresponde a una medición muy buena y el diseño D030.04 un coeficiente de variación de 4.0 % que corresponde a una medición muy buena (ACI 214R, 2011).

Al adicionar fibra de 42 mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 2.2%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 2.7% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 3.6%. En todas las dosificaciones presentadas de 42mm se reduce la resistencia a la compresión del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la compresión disminuye aún más.

**Tabla N°59**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.

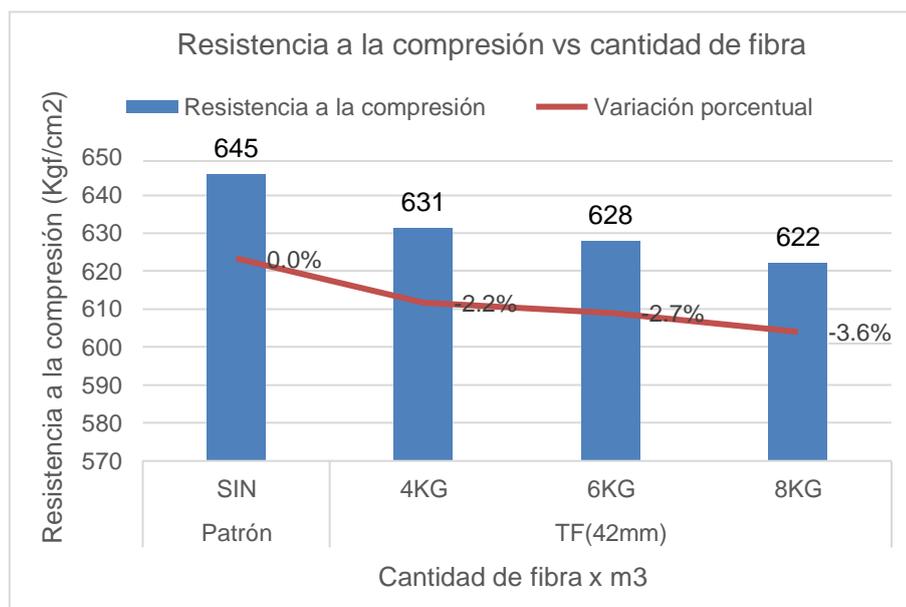
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	fc' (kgf/cm <sup>2</sup> )	fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ fc' prom (%)
D030.01	Patrón	SIN	28	625			
D030.01	Patrón	SIN	28	677	645	0	0.0%
D030.01	Patrón	SIN	28	635			
D030.02	42mm	4kg	28	650			
D030.02	42mm	4kg	28	642	631	-14	-2.2%
D030.02	42mm	4kg	28	602			
D030.03	42mm	6kg	28	606			
D030.03	42mm	6kg	28	656	628	-17	-2.7%
D030.03	42mm	6kg	28	622			
D030.04	42mm	8kg	28	626			
D030.04	42mm	8kg	28	595	622	-23	-3.6%
D030.04	42mm	8kg	28	645			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°53 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°53**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°60 se muestra la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

De las 03 mediciones obtenidas en cada diseño se obtiene que el diseño D030.05 tiene un coeficiente de variación de 1.0 % que corresponde a una medición excelente; el diseño D030.06 un coeficiente de variación de 6.2 % que corresponde a una medición regular y el diseño D030.07 un coeficiente de variación de 3.9 % que corresponde a una medición muy buena (ACI 214R, 2011).

Al adicionar fibra de 50 mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 2.8%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 7.1% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 8.6%. En todas las dosificaciones presentadas de 50mm se reduce la resistencia a la compresión del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la compresión disminuye aún más.

**Tabla N°60**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.

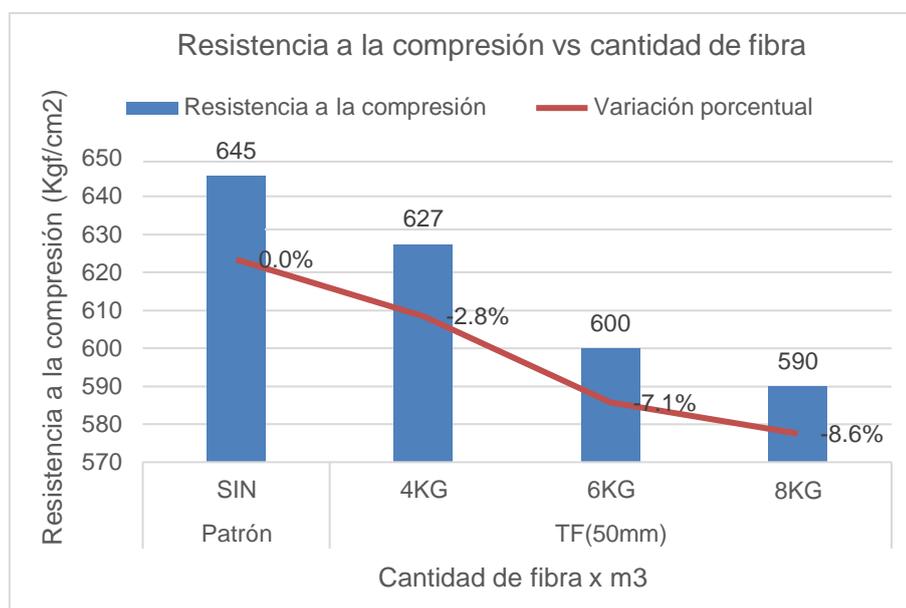
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m <sup>3</sup>	Días	fc' (kgf/cm <sup>2</sup> )	fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ fc' prom (%)
D030.01	Patrón	SIN	28	625			
D030.01	Patrón	SIN	28	677	645	0	0.0%
D030.01	Patrón	SIN	28	635			
D030.05	50mm	4kg	28	626			
D030.05	50mm	4kg	28	622	627	-18	-2.8%
D030.05	50mm	4kg	28	634			
D030.06	50mm	6kg	28	624			
D030.06	50mm	6kg	28	557	600	-46	-7.1%
D030.06	50mm	6kg	28	619			
D030.07	50mm	8kg	28	590			
D030.07	50mm	8kg	28	567	590	-55	-8.6%
D030.07	50mm	8kg	28	613			

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°54 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°54**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°61 se muestra la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

De las 03 mediciones obtenidas en cada diseño se obtiene que el diseño D030.08 tiene un coeficiente de variación de 4.7 % que corresponde a una medición buena; el diseño D030.09 un coeficiente de variación de 1.9 % que corresponde a una medición excelente y el diseño D030.10 un coeficiente de variación de 7.3 % que corresponde a una medición mala (ACI 214R, 2011).

Al adicionar fibra de 60 mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 3.1%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 5.6% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 7.2%. En todas las dosificaciones presentadas de 60mm se reduce la resistencia a la compresión del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la compresión disminuye aún más.

**Tabla N°61**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.

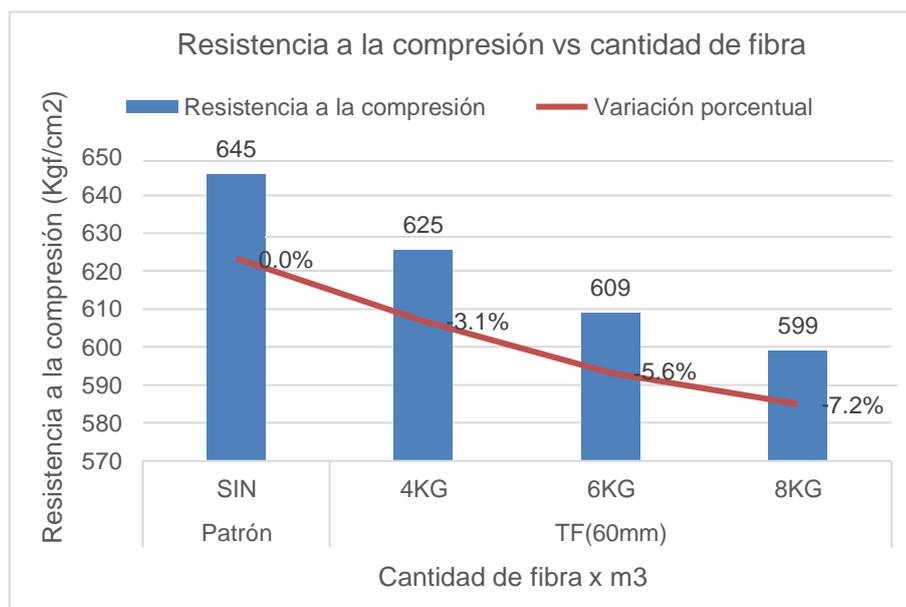
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	fc' (kgf/cm <sup>2</sup> )	fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ fc' prom (%)
D030.01	Patrón	SIN	28	625			
D030.01	Patrón	SIN	28	677	645	0	0.0%
D030.01	Patrón	SIN	28	635			
D030.08	60mm	4kg	28	594			
D030.08	60mm	4kg	28	652	625	-20	-3.1%
D030.08	60mm	4kg	28	630			
D030.09	60mm	6kg	28	595			
D030.09	60mm	6kg	28	616	609	-36	-5.6%
D030.09	60mm	6kg	28	615			
D030.10	60mm	8kg	28	642			
D030.10	60mm	8kg	28	602	599	-46	-7.2%
D030.10	60mm	8kg	28	554			

Nota. Fuente: Elaboración propia

En la Figura N°55 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°55**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°62 se muestra la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

De las 03 mediciones obtenidas en cada diseño se obtiene que el diseño D035.01 tiene un coeficiente de variación de 5.7 % que corresponde a una medición regular; el diseño D035.02 un coeficiente de variación de 3.8 % que corresponde a una medición muy buena; el diseño D035.03 un coeficiente de variación de 2.3 % que corresponde a una medición excelente y el diseño D035.04 un coeficiente de variación de 1.9 % que corresponde a una medición excelente (ACI 214R, 2011).

Al adicionar fibra de 42 mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 3.2%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 2.1% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 3.6%. En todas las dosificaciones presentadas de 42mm se reduce la resistencia a la compresión del concreto patrón.

**Tabla N°62**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.

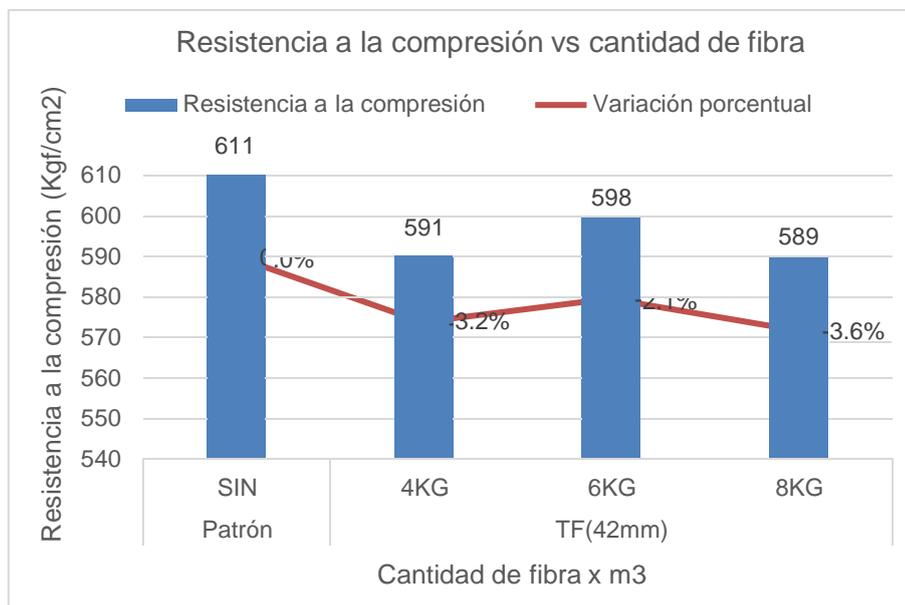
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m <sup>3</sup>	Días	fc' (kgf/cm <sup>2</sup> )	fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ fc' prom (%)
D035.01	Patrón	SIN	28	615			
D035.01	Patrón	SIN	28	643	611	0	0.0%
D035.01	Patrón	SIN	28	575			
D035.02	42mm	4kg	28	614			
D035.02	42mm	4kg	28	568	591	-20	-3.2%
D035.02	42mm	4kg	28	592			
D035.03	42mm	6kg	28	605			
D035.03	42mm	6kg	28	608	598	-13	-2.1%
D035.03	42mm	6kg	28	583			
D035.04	42mm	8kg	28	600			
D035.04	42mm	8kg	28	578	589	-22	-3.6%
D035.04	42mm	8kg	28	589			

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°56 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°56**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°63 se muestra la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

De las 03 mediciones obtenidas en cada diseño se obtiene que el diseño D035.05 tiene un coeficiente de variación de 4.3 % que corresponde a una medición muy buena; el diseño D035.06 un coeficiente de variación de 5.0 % que corresponde a una medición regular y el diseño D035.07 un coeficiente de variación de 2.5 % que corresponde a una medición deficiente (ACI 214R, 2011).

Al adicionar fibra de 50 mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 3.2%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 4.3% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 5.3%. En todas las dosificaciones presentadas de 50mm se reduce la resistencia a la compresión del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la compresión disminuye aún más.

**Tabla N°63**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.

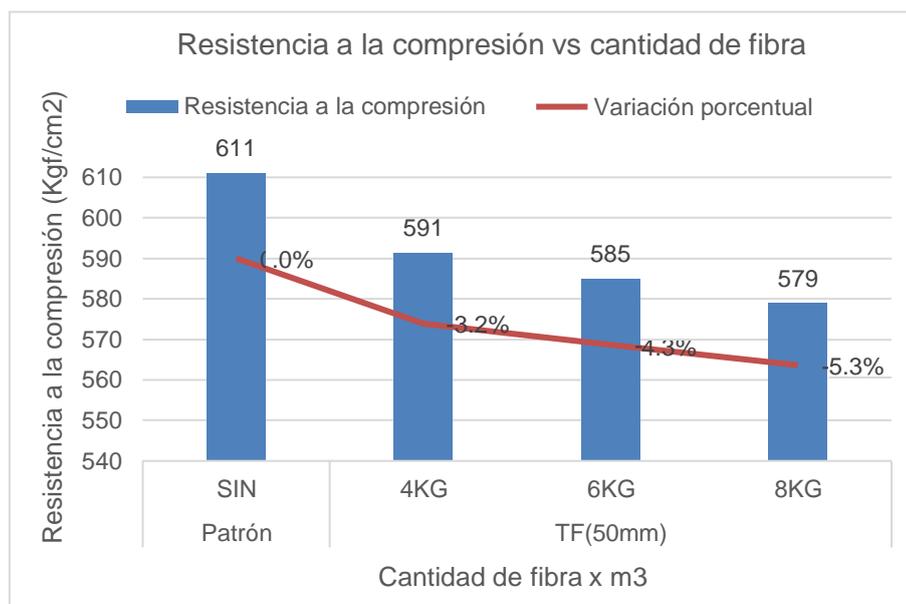
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	fc' (kgf/cm <sup>2</sup> )	fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ fc' prom (%)
D035.01	Patrón	SIN	28	615			
D035.01	Patrón	SIN	28	643	611	0	0.0%
D035.01	Patrón	SIN	28	575			
D035.05	50mm	4kg	28	577			
D035.05	50mm	4kg	28	576	591	-20	-3.2%
D035.05	50mm	4kg	28	621			
D035.06	50mm	6kg	28	583			
D035.06	50mm	6kg	28	557	585	-26	-4.3%
D035.06	50mm	6kg	28	615			
D035.07	50mm	8kg	28	574			
D035.07	50mm	8kg	28	567	579	-32	-5.3%
D035.07	50mm	8kg	28	595			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°57 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°57**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°64 se muestra la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

De las 03 mediciones obtenidas en cada diseño se obtiene que el diseño D035.08 tiene un coeficiente de variación de 5.0 % que corresponde a una medición regular; el diseño D035.09 un coeficiente de variación de 1.5 % que corresponde a una medición excelente y el diseño D035.10 un coeficiente de variación de 5.5 % que corresponde a una medición regular (ACI 214R, 2011).

Al adicionar fibra de 60 mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 0.5%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 1.0% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> reduce su resistencia en 4.9%. En todas las dosificaciones presentadas de 60mm se reduce la resistencia a la compresión del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la compresión disminuye aún más.

**Tabla N°64**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.

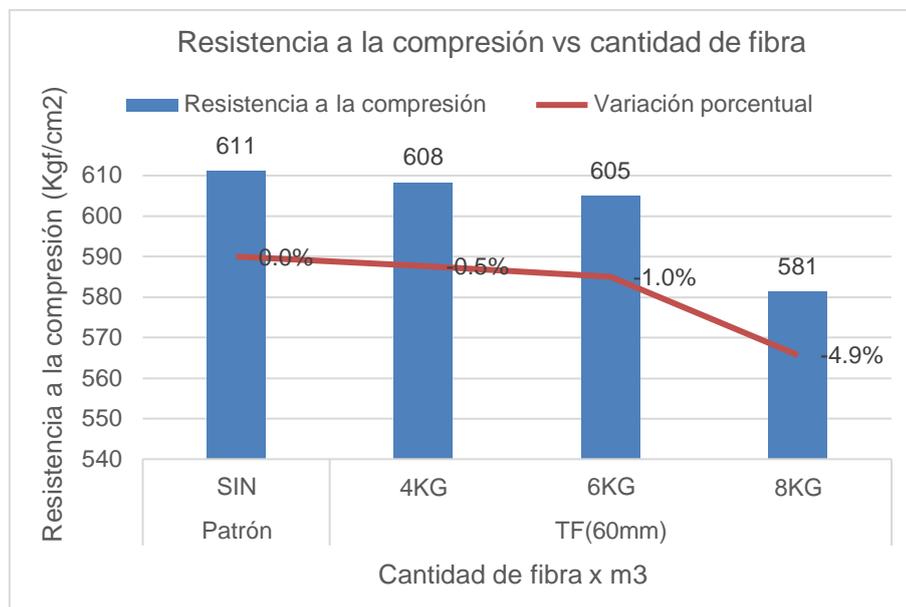
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m <sup>3</sup>	Días	fc' (kgf/cm <sup>2</sup> )	fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ fc' prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ fc' prom (%)
D035.01	Patrón	SIN	28	615			
D035.01	Patrón	SIN	28	643	611	0	0.0%
D035.01	Patrón	SIN	28	575			
D035.08	60mm	4kg	28	593			
D035.08	60mm	4kg	28	643	608	-3	-0.5%
D035.08	60mm	4kg	28	588			
D035.09	60mm	6kg	28	595			
D035.09	60mm	6kg	28	613	605	-6	-1.0%
D035.09	60mm	6kg	28	607			
D035.10	60mm	8kg	28	570			
D035.10	60mm	8kg	28	556	581	-30	-4.9%
D035.10	60mm	8kg	28	618			

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°58 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°58**

Variación de la resistencia a la compresión del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2 Análisis de la resistencia a la tracción

En la Tabla N°65 se muestra la variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

**Tabla N°65**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.

Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	T (kgf/cm <sup>2</sup> )	T prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta T$ prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta T$ prom (%)
D025.01	Patrón	SIN	28	57			
D025.01	Patrón	SIN	28	50	53	0	0.0%
D025.01	Patrón	SIN	28	51			
D025.02	42mm	4kg	28	55			
D025.02	42mm	4kg	28	49	55	2	3.4%
D025.02	42mm	4kg	28	60			
D025.03	42mm	6kg	28	50			
D025.03	42mm	6kg	28	52	55	2	3.4%
D025.03	42mm	6kg	28	62			
D025.04	42mm	8kg	28	63			
D025.04	42mm	8kg	28	54	57	4	7.8%
D025.04	42mm	8kg	28	53			

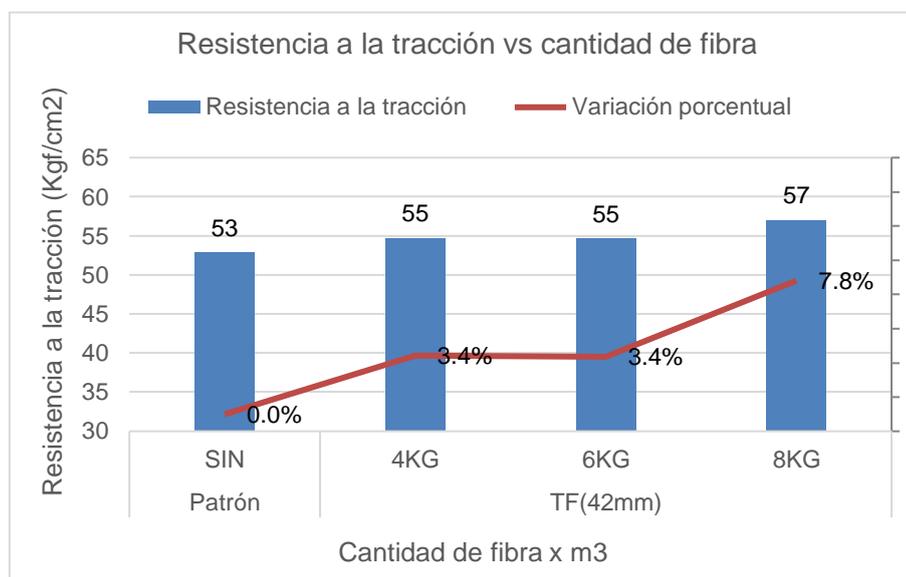
Nota. Fuente: Elaboración propia.

Al adicionar fibra de 42 mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 3.4%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 3.4% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 7.8%. En todas las dosificaciones presentadas de 42mm aumenta la resistencia a la tracción del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la tracción aumenta aún más.

En la Figura N°59 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la tracción del concreto de a/c=0.25 con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°59**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de a/c=0.25 con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°66 se muestra la variación de la resistencia a la tracción del concreto de a/c=0.25 con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

Al adicionar fibra de 50 mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 5.7%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 5.6% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 10.1%. En todas las dosificaciones presentadas de 50mm aumenta la resistencia a la tracción del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la tracción aumenta aún más.

**Tabla N°66**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de a/c=0.25 con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.

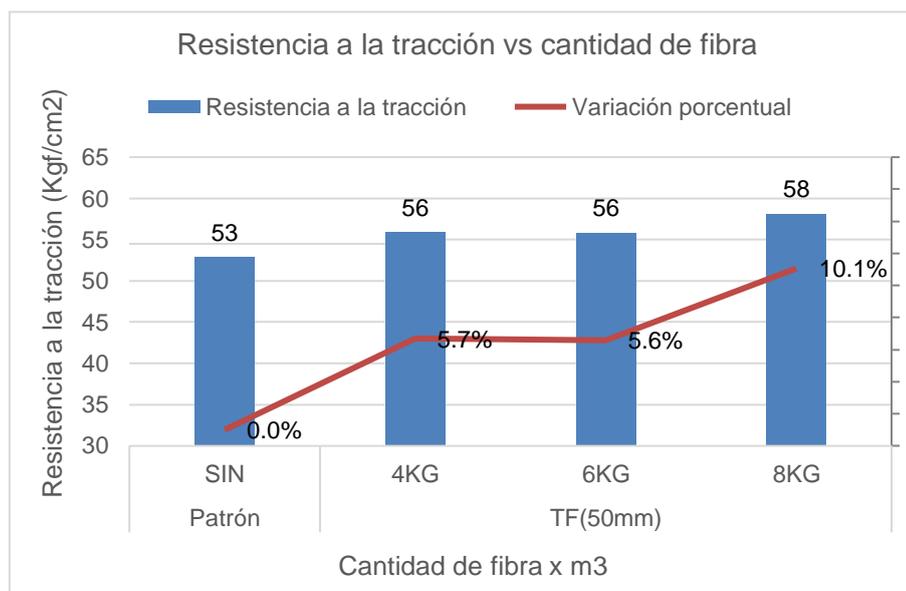
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	T (kgf/cm <sup>2</sup> )	T prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ T prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ T prom (%)
D025.01	Patrón	SIN	28	57			
D025.01	Patrón	SIN	28	50	53	0	0.0%
D025.01	Patrón	SIN	28	51			
D025.05	50mm	4kg	28	54			
D025.05	50mm	4kg	28	62	56	3	5.7%
D025.05	50mm	4kg	28	52			
D025.06	50mm	6kg	28	51			
D025.06	50mm	6kg	28	56	56	3	5.6%
D025.06	50mm	6kg	28	60			
D025.07	50mm	8kg	28	62			
D025.07	50mm	8kg	28	60	58	5	10.1%
D025.07	50mm	8kg	28	52			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°60 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la tracción del concreto de a/c=0.25 con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°60**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de a/c=0.25 con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°67 se muestra la variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

**Tabla N°67**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.

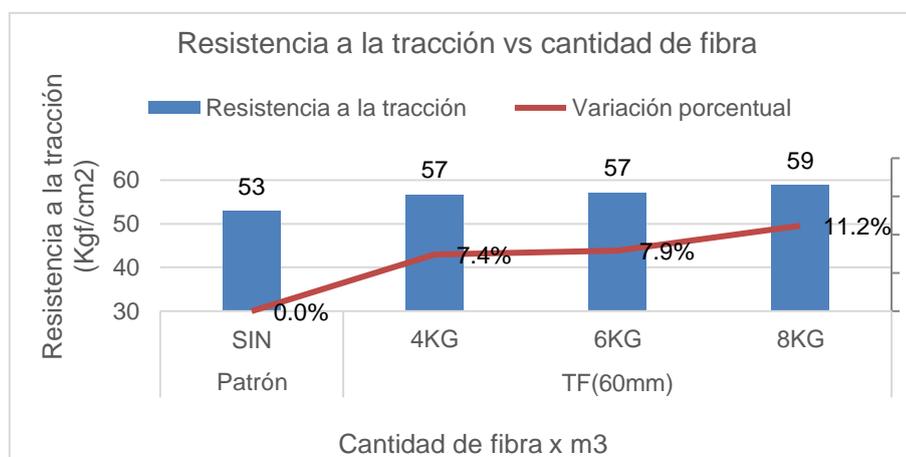
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	T (kgf/cm2)	T prom (kgf/cm2)	$\Delta T$ prom (kgf/cm2)	$\Delta T$ prom (%)
D025.01	Patrón	SIN	28	57			
D025.01	Patrón	SIN	28	50	53	0	0.0%
D025.01	Patrón	SIN	28	51			
D025.08	60mm	4kg	28	53			
D025.08	60mm	4kg	28	61	57	4	7.4%
D025.08	60mm	4kg	28	56			
D025.09	60mm	6kg	28	56			
D025.09	60mm	6kg	28	64	57	4	7.9%
D025.09	60mm	6kg	28	51			
D025.10	60mm	8kg	28	55			
D025.10	60mm	8kg	28	64	59	6	11.2%
D025.10	60mm	8kg	28	56			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°61 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°61**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Al adicionar fibra de 60 mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 7.4%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 7.9% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 11.2%. En todas las dosificaciones presentadas de 60mm aumenta la resistencia a la tracción del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la tracción aumenta aún más.

En la Tabla N°68 se muestra la variación de la resistencia a la tracción del concreto de a/c=0.30 con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

Al adicionar fibra de 42 mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 6.8%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 6.4% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 8.3%. En todas las dosificaciones presentadas de 42mm aumenta la resistencia a la tracción del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la tracción aumenta aún más.

**Tabla N°68**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de a/c=0.30 con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.

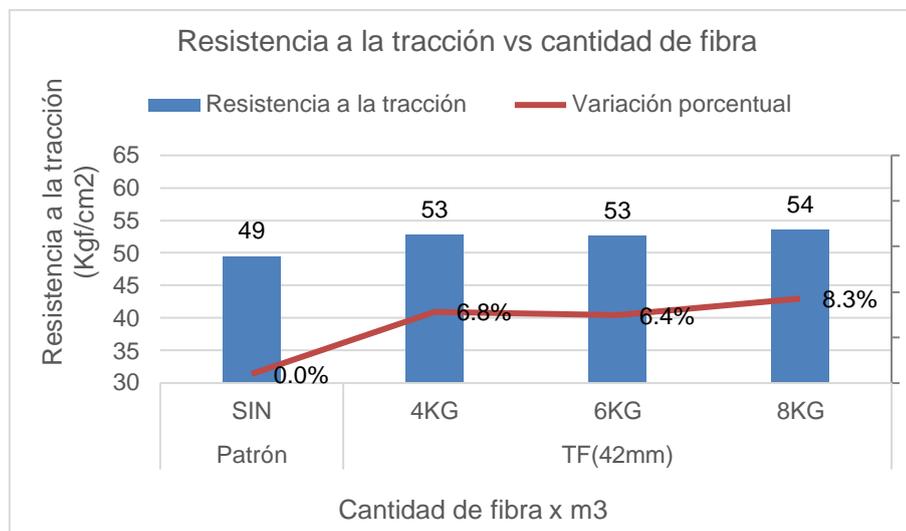
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m <sup>3</sup>	Días	T (kgf/cm <sup>2</sup> )	T prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ T prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ T prom (%)
D030.01	Patrón	SIN	28	47			
D030.01	Patrón	SIN	28	57	49	0	0.0%
D030.01	Patrón	SIN	28	44			
D030.02	42mm	4kg	28	54			
D030.02	42mm	4kg	28	57	53	3	6.8%
D030.02	42mm	4kg	28	47			
D030.03	42mm	6kg	28	55			
D030.03	42mm	6kg	28	52	53	3	6.4%
D030.03	42mm	6kg	28	50			
D030.04	42mm	8kg	28	52			
D030.04	42mm	8kg	28	51	54	4	8.3%
D030.04	42mm	8kg	28	58			

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°62 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la tracción del concreto de a/c=0.30 con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°62**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°69 se muestra la variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

**Tabla N°69**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.

Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	T (kgf/cm2)	T prom (kgf/cm2)	$\Delta T$ prom (kgf/cm2)	$\Delta T$ prom (%)
D030.01	Patrón	SIN	28	47			
D030.01	Patrón	SIN	28	57	49	0	0.0%
D030.01	Patrón	SIN	28	44			
D030.05	50mm	4kg	28	54			
D030.05	50mm	4kg	28	50	50	0	0.7%
D030.05	50mm	4kg	28	46			
D030.06	50mm	6kg	28	53			
D030.06	50mm	6kg	28	49	53	3	6.8%
D030.06	50mm	6kg	28	56			
D030.07	50mm	8kg	28	58			
D030.07	50mm	8kg	28	56	55	5	10.6%
D030.07	50mm	8kg	28	51			

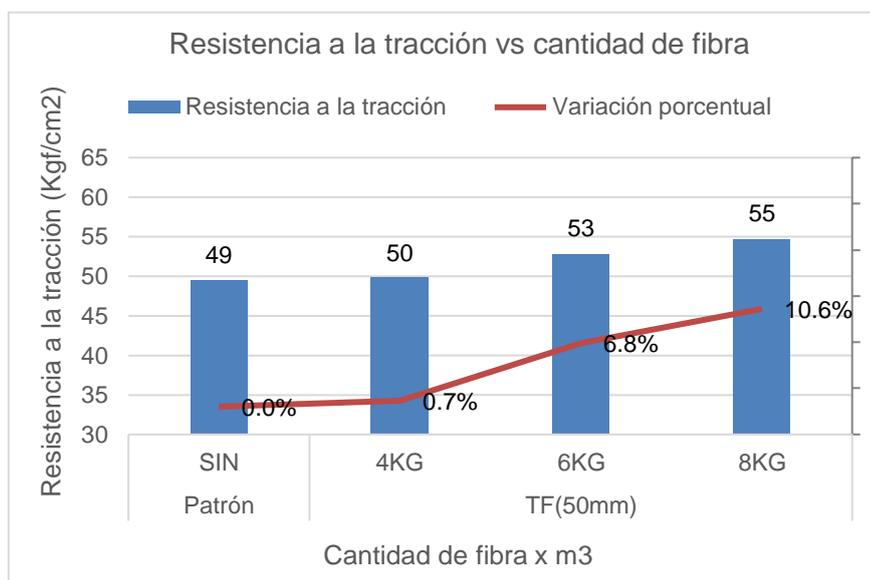
*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

Al adicionar fibra de 50mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 0.7%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 6.8% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 10.6%. En todas las dosificaciones presentadas de 50mm aumenta la resistencia a la tracción del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la tracción aumenta aún más.

En la Figura N°63 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la tracción del concreto de a/c=0.30 con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°63**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de a/c=0.30 con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°70 se muestra la variación de la resistencia a la tracción del concreto de a/c=0.30 con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

Al adicionar fibra de 60mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 3.0%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 5.1% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 10.9%. En todas las dosificaciones presentadas de 60mm aumenta la resistencia a la tracción del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la tracción aumenta aún más.

**Tabla N°70**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.

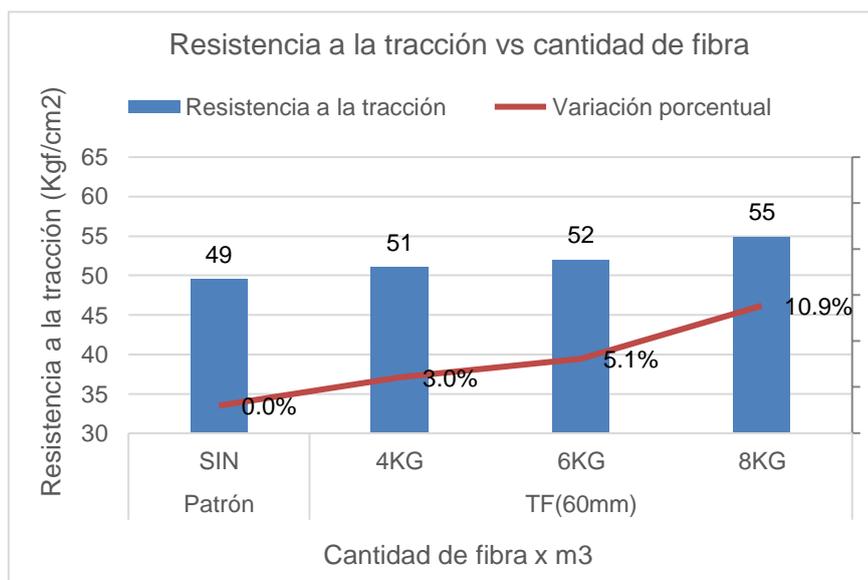
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	T (kgf/cm <sup>2</sup> )	T prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta T$ prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta T$ prom (%)
D030.01	Patrón	SIN	28	47			
D030.01	Patrón	SIN	28	57	49	0	0.0%
D030.01	Patrón	SIN	28	44			
D030.08	60mm	4kg	28	55			
D030.08	60mm	4kg	28	50	51	2	3.0%
D030.08	60mm	4kg	28	48			
D030.09	60mm	6kg	28	48			
D030.09	60mm	6kg	28	57	52	3	5.1%
D030.09	60mm	6kg	28	51			
D030.10	60mm	8kg	28	58			
D030.10	60mm	8kg	28	52	55	5	10.9%
D030.10	60mm	8kg	28	55			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°64 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°64**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°71 se muestra la variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

Al adicionar fibra de 42mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 3.6%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 6.7% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 10.8%. En todas las dosificaciones presentadas de 42mm aumenta la resistencia a la tracción del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la tracción aumenta aún más.

**Tabla N°71**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.

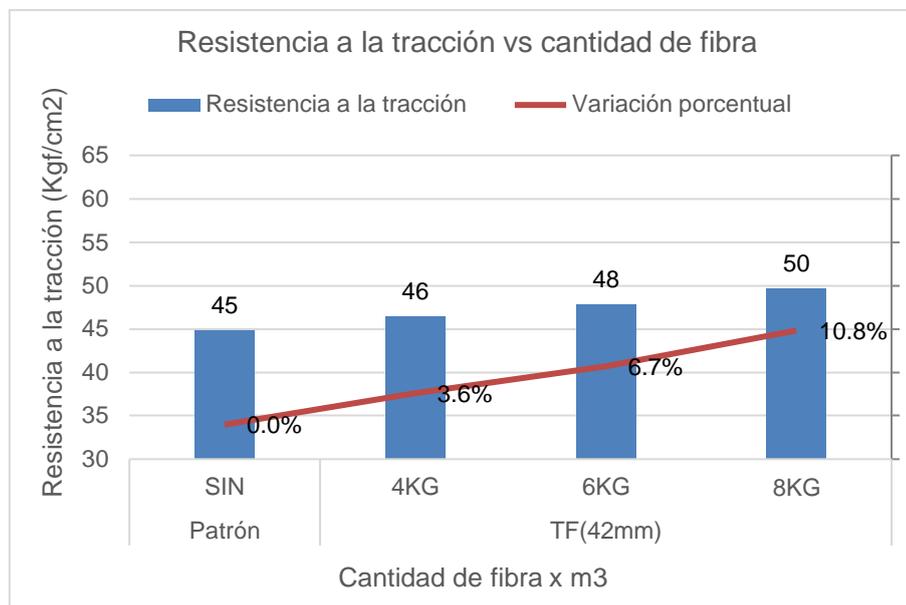
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m <sup>3</sup>	Días	T (kgf/cm <sup>2</sup> )	T prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta T$ prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta T$ prom (%)
D035.01	Patrón	SIN	28	36			
D035.01	Patrón	SIN	28	48	45	0	0.0%
D035.01	Patrón	SIN	28	50			
D035.02	42mm	4kg	28	52			
D035.02	42mm	4kg	28	49	46	2	3.6%
D035.02	42mm	4kg	28	38			
D035.03	42mm	6kg	28	53			
D035.03	42mm	6kg	28	45	48	3	6.7%
D035.03	42mm	6kg	28	46			
D035.04	42mm	8kg	28	55			
D035.04	42mm	8kg	28	46	50	5	10.8%
D035.04	42mm	8kg	28	48			

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°65 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°65**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°72 se muestra la variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

**Tabla N°72**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.

Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	T (kgf/cm2)	T prom (kgf/cm2)	$\Delta T$ prom (kgf/cm2)	$\Delta T$ prom (%)
D035.01	Patrón	SIN	28	36			
D035.01	Patrón	SIN	28	48	45	0	0.0%
D035.01	Patrón	SIN	28	50			
D035.05	50mm	4kg	28	49			
D035.05	50mm	4kg	28	40	46	1	2.0%
D035.05	50mm	4kg	28	48			
D035.06	50mm	6kg	28	53			
D035.06	50mm	6kg	28	41	48	4	7.9%
D035.06	50mm	6kg	28	50			
D035.07	50mm	8kg	28	56			
D035.07	50mm	8kg	28	48	49	4	8.9%
D035.07	50mm	8kg	28	42			

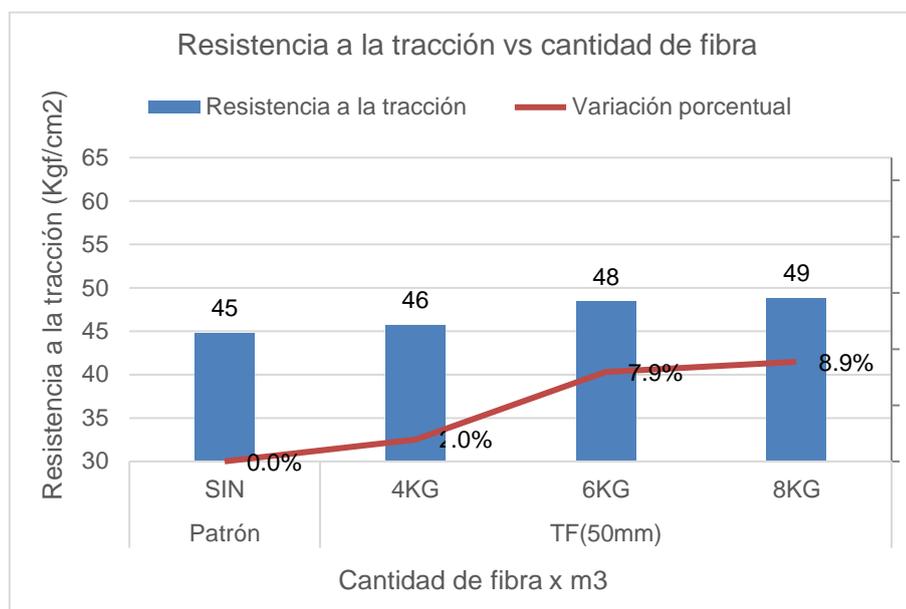
Nota. Fuente: Elaboración propia.

Al adicionar fibra de 50mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 2.0%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 7.9% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 8.9%. En todas las dosificaciones presentadas de 50mm aumenta la resistencia a la tracción del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la tracción aumenta aún más.

En la Figura N°66 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la tracción del concreto de a/c=0.35 con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°66**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de a/c=0.35 con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°73 se muestra la variación de la resistencia a la tracción del concreto de a/c=0.35 con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

Al adicionar fibra de 60mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 1.9%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 5.6% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 12.6%. En todas las dosificaciones presentadas de 60mm aumenta la resistencia a la tracción del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la tracción aumenta aún más.

**Tabla N°73**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.

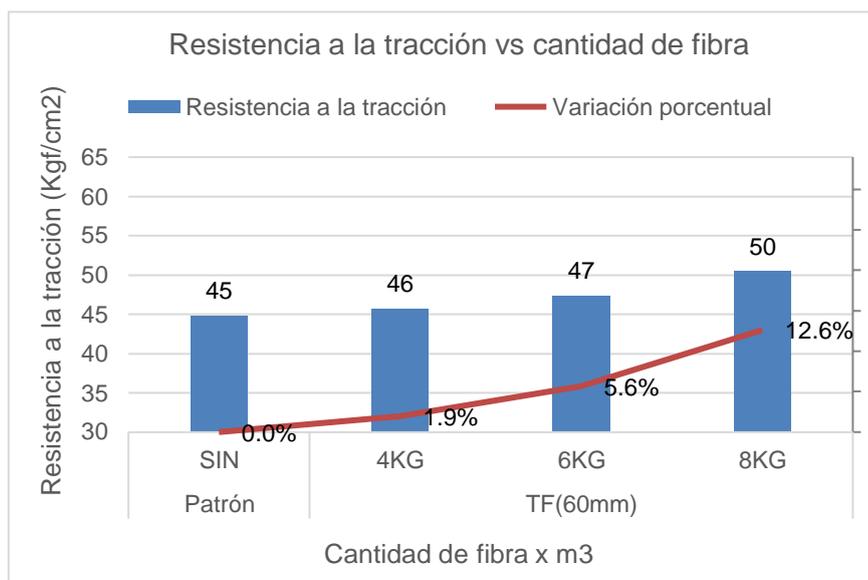
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	T (kgf/cm <sup>2</sup> )	T prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta T$ prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta T$ prom (%)
D035.01	Patrón	SIN	28	36			
D035.01	Patrón	SIN	28	48	45	0	0.0%
D035.01	Patrón	SIN	28	50			
D035.08	60mm	4kg	28	52			
D035.08	60mm	4kg	28	44	46	1	1.9%
D035.08	60mm	4kg	28	41			
D035.09	60mm	6kg	28	55			
D035.09	60mm	6kg	28	45	47	3	5.6%
D035.09	60mm	6kg	28	42			
D035.10	60mm	8kg	28	57			
D035.10	60mm	8kg	28	51	50	6	12.6%
D035.10	60mm	8kg	28	43			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°67 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°67**

Variación de la resistencia a la tracción del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.3 Análisis de la resistencia a la flexión

En la Tabla N°74 se muestra la variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

Al adicionar fibra de 42mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 3.4%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 6.5% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 17.4%. En todas las dosificaciones presentadas de 42mm aumenta la resistencia a la flexión del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la flexión aumenta aún más.

**Tabla N°74**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.

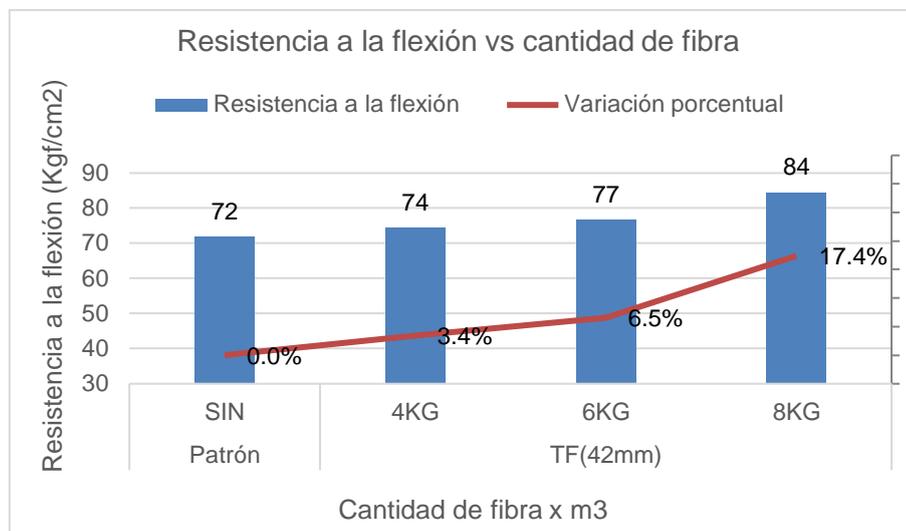
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	Zona Falla	Mr (kgf/cm <sup>2</sup> )	Mr prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ Mr prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ Mr prom (%)
D025.01	Patrón	SIN	28	TC	68			
D025.01	Patrón	SIN	28	TC	74	72	0	0.0%
D025.01	Patrón	SIN	28	TC	74			
D025.02	42mm	4kg	28	TC	79			
D025.02	42mm	4kg	28	TC	73	74	2	3.4%
D025.02	42mm	4kg	28	TC	71			
D025.03	42mm	6kg	28	TC	74			
D025.03	42mm	6kg	28	TC	73	77	5	6.5%
D025.03	42mm	6kg	28	TC	82			
D025.04	42mm	8kg	28	TC	92			
D025.04	42mm	8kg	28	TC	80	84	13	17.4%
D025.04	42mm	8kg	28	TC	82			

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°68 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°68**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°75 se muestra la variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

**Tabla N°75**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.

Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	Zona Falla	Mr (kgf/cm2)	Mr prom (kgf/cm2)	$\Delta$ Mr prom (kgf/cm2)	$\Delta$ Mr prom (%)
D025.01	Patrón	SIN	28	TC	68			
D025.01	Patrón	SIN	28	TC	74	72	0	0.0%
D025.01	Patrón	SIN	28	TC	74			
D025.05	50mm	4kg	28	TC	79			
D025.05	50mm	4kg	28	TC	75	77	5	7.1%
D025.05	50mm	4kg	28	TC	77			
D025.06	50mm	6kg	28	TC	72			
D025.06	50mm	6kg	28	TC	79	80	8	11.5%
D025.06	50mm	6kg	28	TC	90			
D025.07	50mm	8kg	28	TC	91			
D025.07	50mm	8kg	28	TC	82	85	13	17.6%
D025.07	50mm	8kg	28	TC	81			

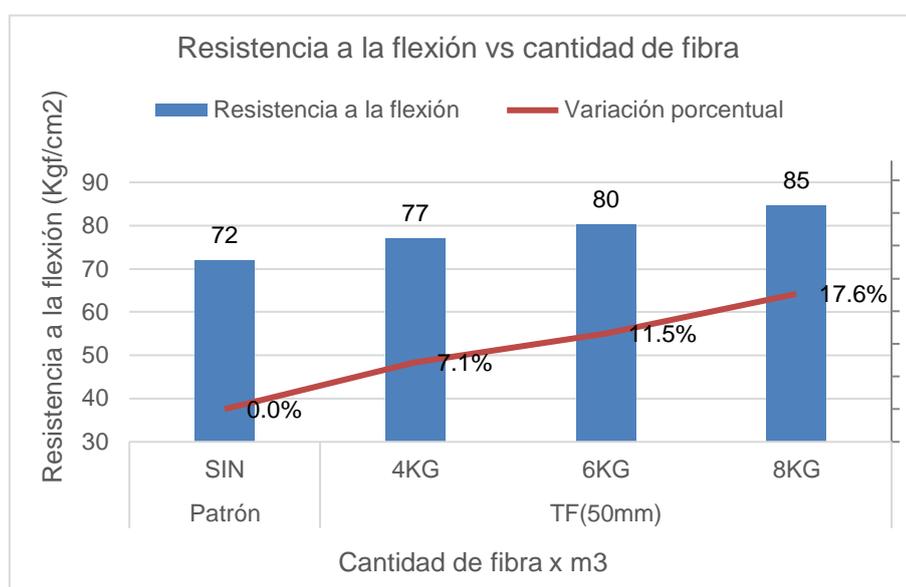
Nota. Fuente: Elaboración propia.

Al adicionar fibra de 50mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 7.1%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 11.5% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 17.6%. En todas las dosificaciones presentadas de 50mm aumenta la resistencia a la flexión del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la flexión aumenta aún más.

En la Figura N°69 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la flexión del concreto de a/c=0.25 con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°69**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de a/c=0.25 con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°76 se muestra la variación de la resistencia a la flexión del concreto de a/c=0.25 con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

Al adicionar fibra de 60mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 4.9%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 13.0% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 18.9%. En todas las dosificaciones presentadas de 60mm aumenta la resistencia a la flexión del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la flexión aumenta aún más.

**Tabla N°76**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.

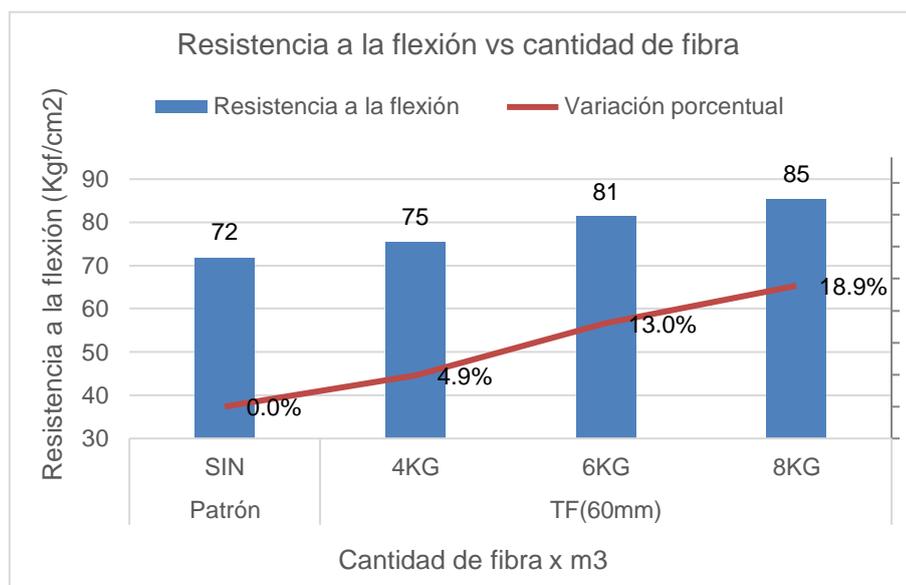
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	Zona Falla	Mr (kgf/cm <sup>2</sup> )	Mr prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ Mr prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ Mr prom (%)
D025.01	Patrón	SIN	28	TC	68			
D025.01	Patrón	SIN	28	TC	74	72	0	0.0%
D025.01	Patrón	SIN	28	TC	74			
D025.08	60mm	4kg	28	TC	72			
D025.08	60mm	4kg	28	TC	76	75	4	4.9%
D025.08	60mm	4kg	28	TC	78			
D025.09	60mm	6kg	28	TC	88			
D025.09	60mm	6kg	28	TC	76	81	9	13.0%
D025.09	60mm	6kg	28	TC	80			
D025.10	60mm	8kg	28	TC	82			
D025.10	60mm	8kg	28	TC	90	85	14	18.9%
D025.10	60mm	8kg	28	TC	85			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°70 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°70**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.25$  con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°77 se muestra la variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

Al adicionar fibra de 42mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 4.8%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 4.6% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 14.9%. En todas las dosificaciones presentadas de 42mm aumenta la resistencia a la flexión del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la flexión aumenta aún más.

**Tabla N°77**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.

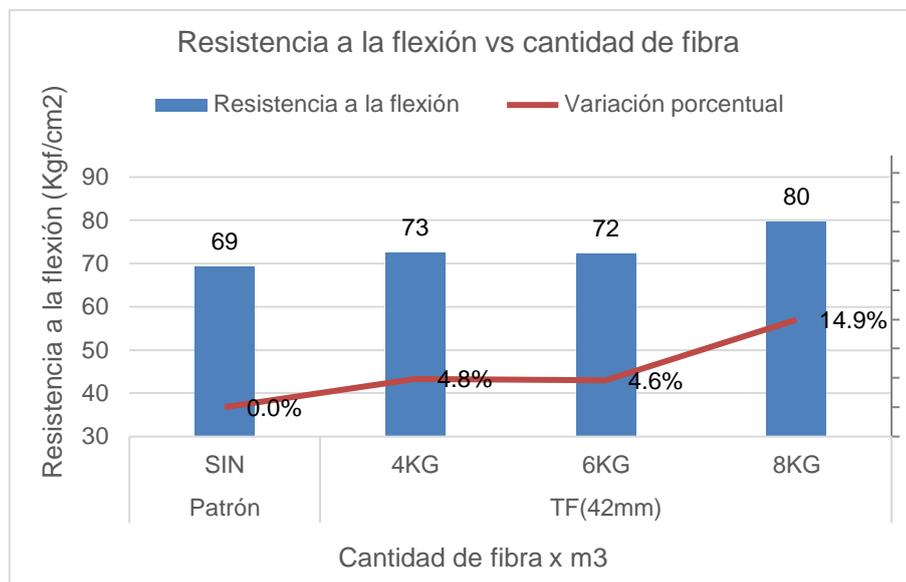
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m <sup>3</sup>	Días	Zona Falla	Mr (kgf/cm <sup>2</sup> )	Mr prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ Mr prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ Mr prom (%)
D030.01	Patrón	SIN	28	TC	72			
D030.01	Patrón	SIN	28	TC	62	69	0	0.0%
D030.01	Patrón	SIN	28	TC	74			
D030.02	42mm	4kg	28	TC	73			
D030.02	42mm	4kg	28	TC	74	73	3	4.8%
D030.02	42mm	4kg	28	TC	71			
D030.03	42mm	6kg	28	TC	75			
D030.03	42mm	6kg	28	TC	70	72	3	4.6%
D030.03	42mm	6kg	28	TC	73			
D030.04	42mm	8kg	28	TC	77			
D030.04	42mm	8kg	28	TC	79	80	10	14.9%
D030.04	42mm	8kg	28	TC	83			

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°71 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°71**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°78 se muestra la variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

**Tabla N°78**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.

Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	Zona Falla	Mr (kgf/cm2)	Mr prom (kgf/cm2)	$\Delta$ Mr prom (kgf/cm2)	$\Delta$ Mr prom (%)
D030.01	Patrón	SIN	28	TC	72			
D030.01	Patrón	SIN	28	TC	62	69	0	0.0%
D030.01	Patrón	SIN	28	TC	74			
D030.05	50mm	4kg	28	TC	73			
D030.05	50mm	4kg	28	TC	74	75	6	8.4%
D030.05	50mm	4kg	28	TC	78			
D030.06	50mm	6kg	28	TC	73			
D030.06	50mm	6kg	28	TC	79	77	8	11.4%
D030.06	50mm	6kg	28	TC	80			
D030.07	50mm	8kg	28	TC	78			
D030.07	50mm	8kg	28	TC	85	81	12	17.6%
D030.07	50mm	8kg	28	TC	81			

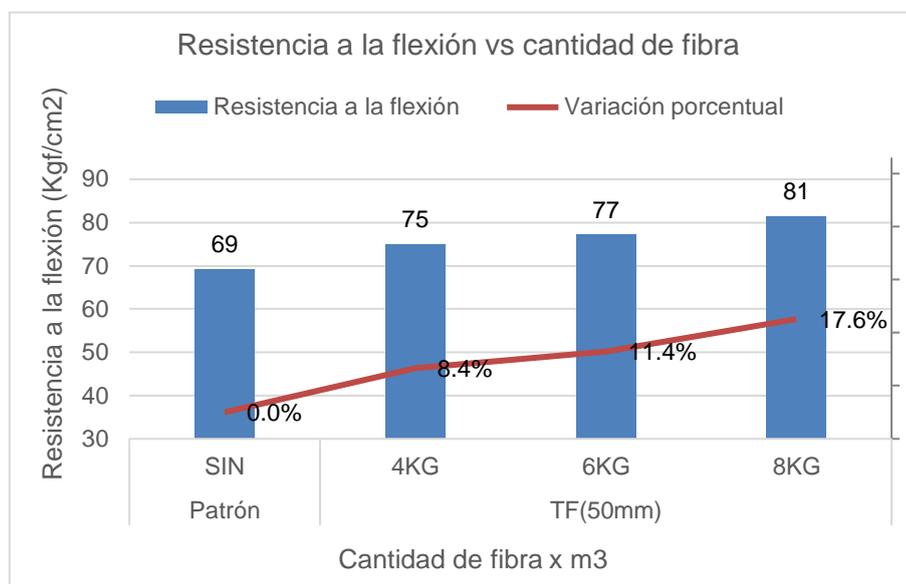
Nota. Fuente: Elaboración propia.

Al adicionar fibra de 50mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 8.4%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 11.4% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 17.6%. En todas las dosificaciones presentadas de 50mm aumenta la resistencia a la flexión del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la flexión aumenta aún más.

En la Figura N°72 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la flexión del concreto de a/c=0.30 con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°72**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de a/c=0.30 con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°79 se muestra la variación de la resistencia a la flexión del concreto de a/c=0.30 con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

Al adicionar fibra de 60mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> disminuye su resistencia en 3.4%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 14.4% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 17.9%.

**Tabla N°79**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.

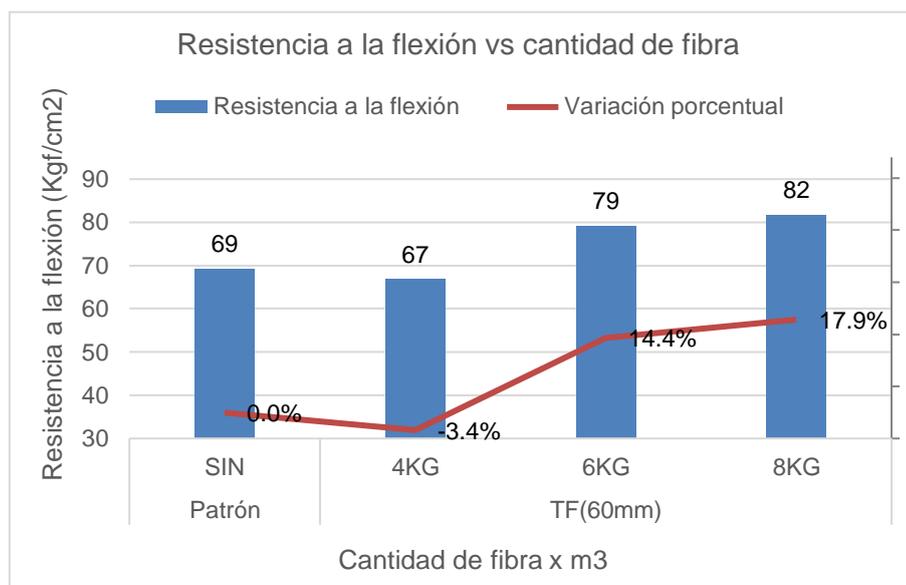
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	Zona Falla	Mr (kgf/cm <sup>2</sup> )	Mr prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ Mr prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\Delta$ Mr prom (%)
D030.01	Patrón	SIN	28	TC	72			
D030.01	Patrón	SIN	28	TC	62	69	0	0.0%
D030.01	Patrón	SIN	28	TC	74			
D030.08	60mm	4kg	28	TC	60			
D030.08	60mm	4kg	28	TC	72	67	-2	-3.4%
D030.08	60mm	4kg	28	TC	69			
D030.09	60mm	6kg	28	TC	75			
D030.09	60mm	6kg	28	TC	84	79	10	14.4%
D030.09	60mm	6kg	28	TC	79			
D030.10	60mm	8kg	28	TC	78			
D030.10	60mm	8kg	28	TC	88	82	12	17.9%
D030.10	60mm	8kg	28	TC	78			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°73 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°73**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.30$  con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°80 se muestra la variación de la resistencia a la flexión del concreto de a/c=0.35 con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

**Tabla N°80**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de a/c=0.35 con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.

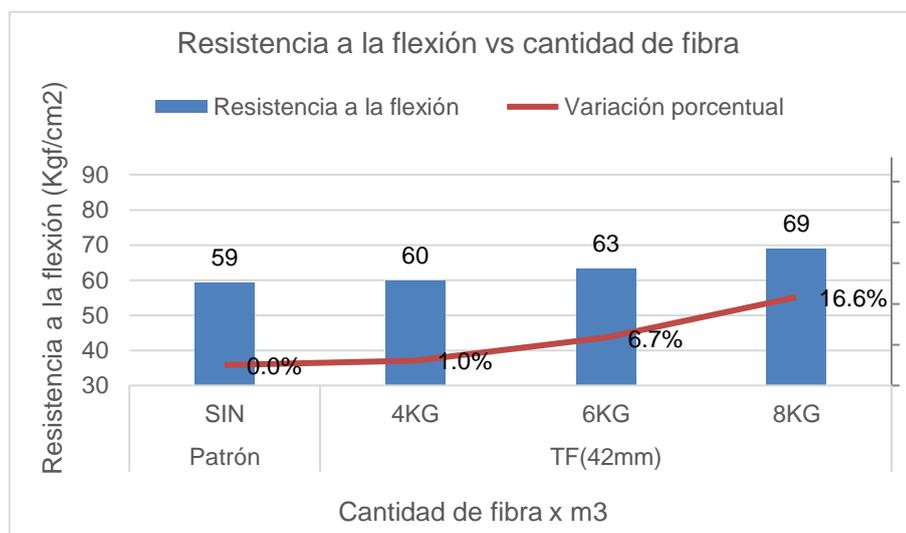
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	Zona Falla	Mr (kgf/cm2)	Mr prom (kgf/cm2)	Δ Mr prom (kgf/cm2)	Δ Mr prom (%)
D035.01	Patrón	SIN	28	TC	58			
D035.01	Patrón	SIN	28	TC	59	59	0	0.0%
D035.01	Patrón	SIN	28	TC	61			
D035.02	42mm	4kg	28	TC	60			
D035.02	42mm	4kg	28	TC	61	60	1	1.0%
D035.02	42mm	4kg	28	TC	58			
D035.03	42mm	6kg	28	TC	59			
D035.03	42mm	6kg	28	TC	65	63	4	6.7%
D035.03	42mm	6kg	28	TC	66			
D035.04	42mm	8kg	28	TC	70			
D035.04	42mm	8kg	28	TC	66	69	10	16.6%
D035.04	42mm	8kg	28	TC	71			

Nota. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°74 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la flexión del concreto de a/c=0.35 con fibra de 42mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°74**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de a/c=0.35 con fibra de 42mm respecto al concreto patrón.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

Al adicionar fibra de 42mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 1.0%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 6.7% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 16.6%. En todas las dosificaciones presentadas de 42mm aumenta la resistencia a la flexión del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la flexión aumenta aún más.

En la Tabla N°81 se muestra la variación de la resistencia a la flexión del concreto de a/c=0.35 con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

Al adicionar fibra de 50mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 10.3%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 15.8% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 18.0%. En todas las dosificaciones presentadas de 50mm aumenta la resistencia a la flexión del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la flexión aumenta aún más.

**Tabla N°81**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de a/c=0.35 con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.

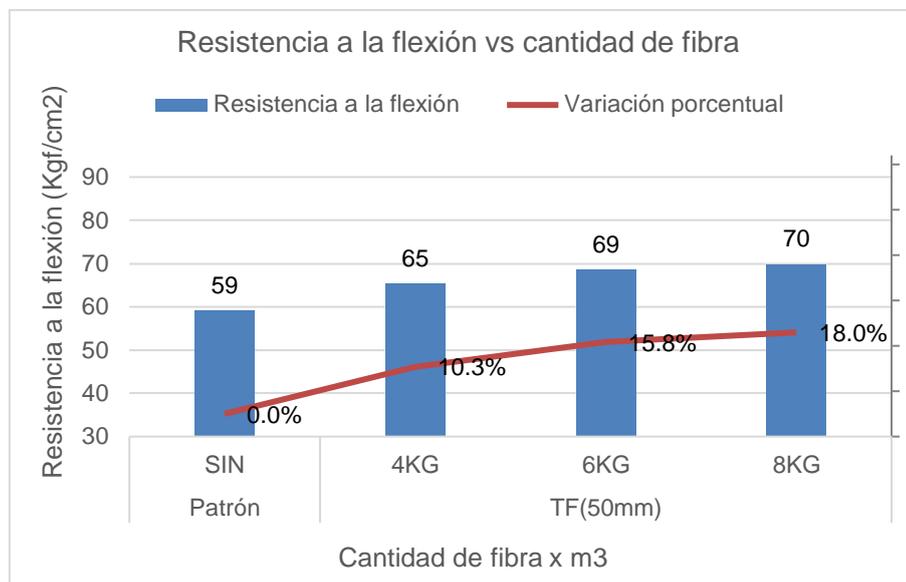
Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m <sup>3</sup>	Días	Zona Falla	Mr (kgf/cm <sup>2</sup> )	Mr prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ Mr prom (kgf/cm <sup>2</sup> )	Δ Mr prom (%)
D035.01	Patrón	SIN	28	TC	58			
D035.01	Patrón	SIN	28	TC	59	59	0	0.0%
D035.01	Patrón	SIN	28	TC	61			
D035.05	50mm	4kg	28	TC	65			
D035.05	50mm	4kg	28	TC	64	65	6	10.3%
D035.05	50mm	4kg	28	TC	67			
D035.06	50mm	6kg	28	TC	72			
D035.06	50mm	6kg	28	TC	66	69	9	15.8%
D035.06	50mm	6kg	28	TC	68			
D035.07	50mm	8kg	28	TC	75			
D035.07	50mm	8kg	28	TC	66	70	11	18.0%
D035.07	50mm	8kg	28	TC	68			

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N°75 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la flexión del concreto de a/c=0.35 con fibra de 50mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°75**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 50mm respecto al concreto patrón.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°82 se muestra la variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

**Tabla N°82**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de  $a/c=0.35$  con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.

Diseño	Tamaño Fibra	Fibra x m3	Días	Zona Falla	Mr (kgf/cm2)	Mr prom (kgf/cm2)	$\Delta$ Mr prom (kgf/cm2)	$\Delta$ Mr prom (%)
D035.01	Patrón	SIN	28	TC	58			
D035.01	Patrón	SIN	28	TC	59	59	0	0.0%
D035.01	Patrón	SIN	28	TC	61			
D035.08	60mm	4kg	28	TC	67			
D035.08	60mm	4kg	28	TC	64	66	6	10.8%
D035.08	60mm	4kg	28	TC	65			
D035.09	60mm	6kg	28	TC	66			
D035.09	60mm	6kg	28	TC	70	68	9	15.5%
D035.09	60mm	6kg	28	TC	69			
D035.10	60mm	8kg	28	TC	75			
D035.10	60mm	8kg	28	TC	67	71	11	19.4%
D035.10	60mm	8kg	28	TC	70			

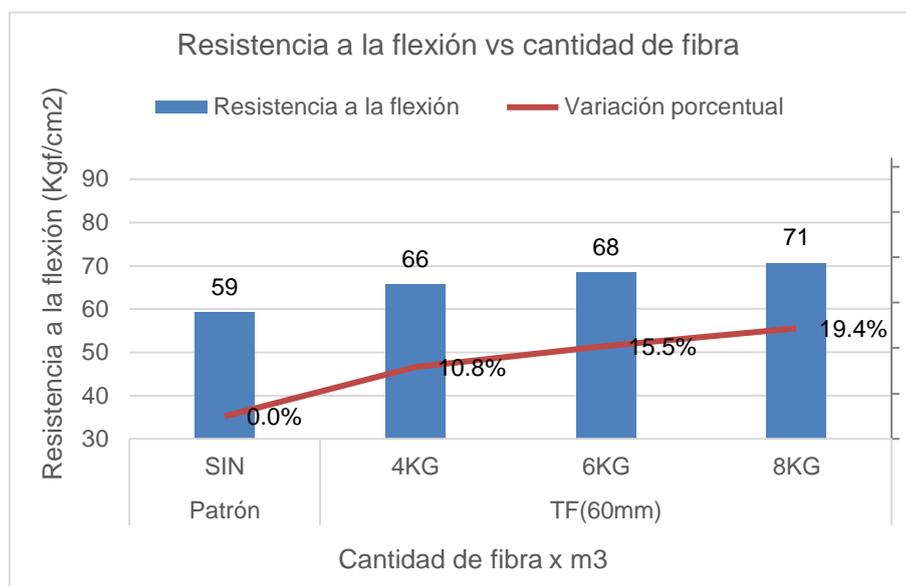
*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

Al adicionar fibra de 60mm al diseño patrón se obtuvo que la dosificación de 4kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 10.8%, la dosificación de 6kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 15.5% y la dosificación 8kg/m<sup>3</sup> aumenta su resistencia en 19.4%. En todas las dosificaciones presentadas de 60mm aumenta la resistencia a la flexión del concreto patrón además de que a mayor cantidad de fibra la resistencia a la flexión aumenta aún más.

En la Figura N°76 se muestra la gráfica de la variación de la resistencia a la flexión del concreto de a/c=0.35 con fibra de 60mm con respecto al concreto patrón.

**Figura N°76**

Variación de la resistencia a la flexión del concreto de a/c=0.35 con fibra de 60mm respecto al concreto patrón.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se plantea la hipótesis estadística en base del objetivo de la investigación con el fin de evaluar si la hipótesis es válida o no estadísticamente.

#### 4.3.1 Planteamiento de la hipótesis estadística

Se define la hipótesis nula y la hipótesis alterna para su evaluación.

Hipótesis nula ( $H_0$ ): “La variación del tamaño y cantidad de fibra sintética en concretos de alta resistencia no producirá cambios en su resistencia a la compresión, tracción y flexión.”

Hipótesis alterna ( $H_a$ ): “La variación del tamaño y cantidad de fibra sintética en concretos de alta resistencia producirá cambios en su resistencia a la compresión, tracción y flexión.”

#### 4.3.2 Prueba de hipótesis estadística bilateral

$$H_0: \mu_x = \mu_y = \mu_z$$

$$H_a: \mu_x \neq \mu_y \neq \mu_z$$

#### 4.3.3 Prueba de normalidad

Se realizó la prueba de normalidad mediante el estadístico Shapiro Wilk con pruebas en tamaños de fibra de 42, 50 y 60 mm para cantidades de 4kg, 6kg 7 8 kg de fibra por metro cúbico de concreto.

En la Tabla N°83 se muestra la prueba de normalidad para un  $\alpha/c = 0.25$ , donde el P valor fue mayor al nivel de significancia 0.05 por lo tanto podemos decir que los datos cumplen con la prueba de normalidad.

**Tabla N°83** Prueba de normalidad para un  $a/c = 0.25$

PRUEBA DE NORMALIDAD - SHAPIRO WILK				
Tipo de ensayo	Diseño	Estadístico	gl	P valor
Compresión	Patrón	0.942	3	0.537
	TF(42) - CF(4kg)	0.780	3	0.067
	TF(42) - CF(6kg)	0.780	3	0.067
	TF(42) - CF(8kg)	0.998	3	0.912
	TF(50) - CF(4kg)	0.955	3	0.593
	TF(50) - CF(6kg)	0.819	3	0.162
	TF(50) - CF(8kg)	0.885	3	0.339
	TF(60) - CF(8kg)	0.797	3	0.107
	TF(60) - CF(8kg)	0.911	3	0.421
	TF(60) - CF(8kg)	0.829	3	0.187
Tracción	Patrón	0.855	3	0.253
	TF(42) - CF(4kg)	0.997	3	0.900
	TF(42) - CF(6kg)	0.871	3	0.298
	TF(42) - CF(8kg)	0.824	3	0.174
	TF(50) - CF(4kg)	0.893	3	0.363
	TF(50) - CF(6kg)	0.996	3	0.878
	TF(50) - CF(8kg)	0.893	3	0.363
	TF(60) - CF(8kg)	0.980	3	0.726
	TF(60) - CF(8kg)	0.983	3	0.747
	TF(60) - CF(8kg)	0.832	3	0.194
Flexión	Patrón	0.750	3	0.000
	TF(42) - CF(4kg)	0.923	3	0.463
	TF(42) - CF(6kg)	0.832	3	0.194
	TF(42) - CF(8kg)	0.871	3	0.298
	TF(50) - CF(4kg)	1.000	3	1.000
	TF(50) - CF(6kg)	0.984	3	0.756
	TF(50) - CF(8kg)	0.824	3	0.174
	TF(60) - CF(8kg)	0.964	3	0.637
	TF(60) - CF(8kg)	0.964	3	0.637
	TF(60) - CF(8kg)	0.980	3	0.726

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°84 se muestra la prueba de normalidad para un  $a/c = 0.30$ , donde el P valor fue mayor al nivel de significancia 0.05 por lo tanto podemos decir que los datos cumplen con la prueba de normalidad.

**Tabla N°84** Prueba de normalidad para un  $a/c = 0.30$

PRUEBA DE NORMALIDAD - SHAPIRO WILK				
Tipo de ensayo	Diseño	Estadístico	gl	P valor
Compresión	Patrón	0.888	3	0.348
	TF(42) - CF(4kg)	0.871	3	0.298
	TF(42) - CF(6kg)	0.959	3	0.609
	TF(42) - CF(8kg)	0.981	3	0.737
	TF(50) - CF(4kg)	0.964	3	0.637
	TF(50) - CF(6kg)	0.806	3	0.128
	TF(50) - CF(8kg)	1.000	3	1.000
	TF(60) - CF(8kg)	0.981	3	0.736
	TF(60) - CF(8kg)	0.786	3	0.081
	TF(60) - CF(8kg)	0.997	3	0.900
Tracción	Patrón	0.912	3	0.424
	TF(42) - CF(4kg)	0.949	3	0.567
	TF(42) - CF(6kg)	0.987	3	0.78
	TF(42) - CF(8kg)	0.855	3	0.253
	TF(50) - CF(4kg)	1.000	3	1.000
	TF(50) - CF(6kg)	0.993	3	0.843
	TF(50) - CF(8kg)	0.942	3	0.537
	TF(60) - CF(8kg)	0.942	3	0.537
	TF(60) - CF(8kg)	0.964	3	0.637
	TF(60) - CF(8kg)	1.000	3	1.000
Flexión	Patrón	0.871	3	0.298
	TF(42) - CF(4kg)	0.964	3	0.637
	TF(42) - CF(6kg)	0.987	3	0.780
	TF(42) - CF(8kg)	0.964	3	0.637
	TF(50) - CF(4kg)	0.893	3	0.363
	TF(50) - CF(6kg)	0.855	3	0.253
	TF(50) - CF(8kg)	0.993	3	0.843
	TF(60) - CF(8kg)	0.923	3	0.463
	TF(60) - CF(8kg)	0.996	3	0.878
	TF(60) - CF(8kg)	0.750	3	0.000

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°85 se muestra la prueba de normalidad para un  $a/c = 0.35$ , donde el P valor fue mayor al nivel de significancia 0.05 por lo tanto podemos decir que los datos cumplen con la prueba de normalidad.

**Tabla N°85** Prueba de normalidad para un  $a/c = 0.35$

PRUEBA DE NORMALIDAD - SHAPIRO WILK				
Tipo de ensayo	Diseño	Estadístico	gl	P valor
Compresión	Patrón	0.990	3	0.806
	TF(42) - CF(4kg)	0.999	3	0.952
	TF(42) - CF(6kg)	0.839	3	0.210
	TF(42) - CF(8kg)	1.000	3	1.000
	TF(50) - CF(4kg)	0.767	3	0.037
	TF(50) - CF(6kg)	0.996	3	0.886
	TF(50) - CF(8kg)	0.923	3	0.463
	TF(60) - CF(8kg)	0.818	3	0.157
	TF(60) - CF(8kg)	0.964	3	0.637
	TF(60) - CF(8kg)	0.909	3	0.414
Tracción	Patrón	0.855	3	0.253
	TF(42) - CF(4kg)	0.902	3	0.391
	TF(42) - CF(6kg)	0.842	3	0.220
	TF(42) - CF(8kg)	0.907	3	0.407
	TF(50) - CF(4kg)	0.832	3	0.194
	TF(50) - CF(6kg)	0.923	3	0.463
	TF(50) - CF(8kg)	0.993	3	0.843
	TF(60) - CF(8kg)	0.936	3	0.510
	TF(60) - CF(8kg)	0.912	3	0.424
	TF(60) - CF(8kg)	0.993	3	0.843
Flexión	Patrón	0.964	3	0.637
	TF(42) - CF(4kg)	0.964	3	0.637
	TF(42) - CF(6kg)	0.855	3	0.253
	TF(42) - CF(8kg)	0.893	3	0.363
	TF(50) - CF(4kg)	0.964	3	0.637
	TF(50) - CF(6kg)	0.964	3	0.637
	TF(50) - CF(8kg)	0.907	3	0.407
	TF(60) - CF(8kg)	0.964	3	0.637
	TF(60) - CF(8kg)	0.923	3	0.463
	TF(60) - CF(8kg)	0.980	3	0.726

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.4 Prueba de homogeneidad

Se realizó la prueba de homogeneidad de Levene con pruebas en tamaños de fibra de 42, 50 y 60 mm para cantidades de 4kg, 6kg y 8 kg de fibra por metro cúbico de concreto

En la Tabla N°86 se muestra la prueba de homogeneidad para un  $a/c = 0.25$ , donde el P valor cumple el supuesto de homogeneidad ya que el P valor fue mayor al nivel de significancia 0.05 por lo tanto podemos decir que los datos cumplen con la prueba de homogeneidad.

**Tabla N°86** Prueba de homogeneidad para un  $a/c = 0.25$ .

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	P valor
Compresión	2.277	9	20	0.060
Tracción	0.284	9	20	0.971
Flexión	1.278	9	20	0.308

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°87 se muestra la prueba de homogeneidad para un  $a/c = 0.30$ , donde el P valor cumple el supuesto de homogeneidad ya que el P valor fue mayor al nivel de significancia 0.05 por lo tanto podemos decir que los datos cumplen con la prueba de homogeneidad.

**Tabla N°87** Prueba de homogeneidad para un  $a/c = 0.30$ .

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	P valor
Compresión	1.138	9	20	0.383
Tracción	0.762	9	20	0.651
Flexión	1.630	9	20	0.174

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°88 se muestra la prueba de homogeneidad para un  $a/c = 0.35$ , donde el P valor cumple el supuesto de homogeneidad ya que el P valor fue mayor al nivel de significancia 0.05 por lo tanto podemos decir que los datos cumplen con la prueba de homogeneidad.

**Tabla N°88** Prueba de homogeneidad para un  $a/c = 0.35$ .

PRUEBA DE HOMOGENEIDAD DE VARIANZAS				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	P valor
Compresión	1.246	9	20	0.324
Tracción	0.297	9	20	0.967
Flexión	1.692	9	20	0.157

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.5 Contrastación de hipótesis

Debido a que se demostró que los datos cumplen las pruebas de normalidad y homogeneidad podemos aplicar una prueba paramétrica y debido a que contamos con dos factores (tamaño y fibra) podemos utilizar la contrastación de hipótesis mediante la prueba "F de Fisher-Anova multivariable con dos

factores de Leven con pruebas en tamaños de fibra de 42, 50 y 60 mm para cantidades de 4kg, 6kg y 8 kg de fibra por metro cúbico de concreto.

Se tuvo en consideración lo siguiente:

Si “P valor o Sig” es  $< 0.05$ ; se acepta la hipótesis alterna  $H_a$  y se rechaza la hipótesis nula

Si “P valor o Sig” es  $> 0.05$ ; se rechaza la hipótesis alterna  $H_a$  y se acepta la hipótesis nula

En la Tabla N°89 se muestra la prueba de contrastación de hipótesis para un  $a/c = 0.25$ , donde el P valor cumple la contrastación de hipótesis ya que fue menor al nivel de significancia 0.05 por lo tanto podemos decir que la hipótesis se acepta.

**Tabla N°89** Prueba de contrastación de hipótesis para un  $a/c = 0.25$

PRUEBAS DE EFECTOS INTER - SUJETOS						
Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P valor.
Modelo corregido	Compresión	15444.700 <sup>a</sup>	9	1716.078	1.844	0.122
	Tracción	78.300 <sup>b</sup>	9	8.700	0.315	0.961
	Flexión	632.833 <sup>c</sup>	9	70.315	2.560	0.038
Intersección	Compresión	13118968.82	1	13118968.823	14096.818	0.000
	Tracción	82578.526	1	82578.526	2988.366	0.000
	Flexión	163651.592	1	163651.592	5958.189	0.000
Total	Compresión	14632035.000	30			
	Tracción	94823.000	30			
	Flexión	189203.000	30			
Total corregido	Compresión	34057.367	29			
	Tracción	630.967	29			
	Flexión	1182.167	29			

a. R al cuadrado = .453 (R al cuadrado ajustada = .208)  
 b. R al cuadrado = .124 (R al cuadrado ajustada = -.270)  
 c. R al cuadrado = .535 (R al cuadrado ajustada = .326)

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°90 se muestra la prueba de contrastación de hipótesis para un  $a/c = 0.30$ , donde el P valor cumple la contrastación de hipótesis ya que fue menor al nivel de significancia 0.05 por lo tanto podemos decir que la hipótesis se acepta.

**Tabla N°90** Prueba de contrastación de hipótesis para un  $\alpha/c = 0.30$ .

PRUEBAS DE EFECTOS INTER - SUJETOS						
Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P valor.
Modelo corregido	Compresión	8229.367 <sup>a</sup>	9	914.374	1.202	0.347
	Tracción	92.033 <sup>b</sup>	9	10.226	0.260	0.979
	Flexión	690.033 <sup>c</sup>	9	76.670	4.129	0.004
Intersección	Compresión	10289339.51	1	10289339.510	13520.814	0.000
	Tracción	59200.064	1	59200.064	1503.812	0.000
	Flexión	149391.51	1	149391.510	8046.221	0.000
Total	Compresión	11472519.000	30			
	Tracción	68377.000	30			
	Flexión	172371.000	30			
Total corregido	Compresión	23449.367	29			
	Tracción	879.367	29			
	Flexión	1061.367	29			

a. R al cuadrado = .351 (R al cuadrado ajustada = .059)  
b. R al cuadrado = .105 (R al cuadrado ajustada = -.298)  
c. R al cuadrado = .650 (R al cuadrado ajustada = .493)

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°91 se muestra la prueba de contrastación de hipótesis para un  $\alpha/c = 0.35$ , donde el P valor cumple la contrastación de hipótesis ya que fue menor al nivel de significancia 0.05 por lo tanto podemos decir que la hipótesis se acepta.

**Tabla N°91** Prueba de contrastación de hipótesis para un  $\alpha/c = 0.35$ .

PRUEBAS DE EFECTOS INTER - SUJETOS						
Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P valor.
Modelo corregido	Compresión	3430.533 <sup>a</sup>	9	381.170	0.659	0.735
	Tracción	92.033 <sup>b</sup>	9	10.226	0.260	0.979
	Flexión	447.867 <sup>c</sup>	9	49.763	5.996	0.000
Intersección	Compresión	9474199.477	1	9474199.477	16369.636	0.000
	Tracción	59200.064	1	59200.064	1503.812	0.000
	Flexión	113254.656	1	113254.656	13645.139	0.000
Total	Compresión	10597710.000	30			
	Tracción	68377.000	30			
	Flexión	131030.000	30			
Total corregido	Compresión	15005.867	29			
	Tracción	879.367	29			
	Flexión	613.867	29			

a. R al cuadrado = .229 (R al cuadrado ajustada = -.119)  
b. R al cuadrado = .105 (R al cuadrado ajustada = -.298)  
c. R al cuadrado = .730 (R al cuadrado ajustada = .608)

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4 ANALISIS DE COSTO

En la Tabla N°92 se muestra el análisis de costo para un concreto patrón de  $a/c=0.25$  el cuál es de s/.642.1 por metro cúbico.

**Tabla N°92**

Costo para la elaboración de 1m<sup>3</sup> de concreto patrón  $a/c=0.25$ .

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL (S/)	TOTAL (S/)
CEMENTO	bls	16.00	22.50	360.00	
ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>	0.53	48.00	25.34	
PIEDRA CHANCADA	m <sup>3</sup>	0.57	52.00	29.74	
AGUA	m <sup>3</sup>	0.17	7.32	1.26	
ADITIVO	Kg	13.60	16.60	225.76	
FIBRA	kg	0.00	4.72	0.00	642.1

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°93 se muestra el análisis de costo para un concreto de  $a/c=0.25$  con TF=42, 50 y 60 mm y CF=4 kg/m<sup>3</sup> el cuál es de s/.661.0 por metro cúbico.

**Tabla N°93**

Costo para la elaboración de 1m<sup>3</sup> de concreto de  $a/c=0.25$ , TF=42, 50 y 60mm, CF=4 kg/m<sup>3</sup>.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL (S/)	TOTAL (S/)
CEMENTO	bls	16.00	22.50	360.00	
ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>	0.53	48.00	25.34	
PIEDRA CHANCADA	m <sup>3</sup>	0.57	52.00	29.74	
AGUA	m <sup>3</sup>	0.17	7.32	1.26	
ADITIVO	Kg	13.60	16.60	225.76	
FIBRA	kg	4.00	4.72	18.88	661.0

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°94 se muestra el análisis de costo para un concreto de  $a/c=0.25$  con TF=42, 50 y 60 mm y CF=6 kg/m<sup>3</sup> el cuál es de s/.670.4 por metro cúbico.

**Tabla N°94**

Costo para la elaboración de 1m<sup>3</sup> de concreto de a/c=0.25, TF=42, 50 y 60mm,  
CF=6 kg/m<sup>3</sup>.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL (S/)	TOTAL (S/)
CEMENTO	bls	16.00	22.50	360.00	
ARENA GRUESA	m3	0.53	48.00	25.34	
PIEDRA CHANCADA	m3	0.57	52.00	29.74	
AGUA	m3	0.17	7.32	1.26	
ADITIVO	Kg	13.60	16.60	225.76	
FIBRA	kg	6.00	4.72	28.32	670.4

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°95 se muestra el análisis de costo para un concreto de a/c=0.25 con TF=42, 50 y 60 mm y CF=8kg el cuál es de s/.679.9 por metro cúbico.

**Tabla N°95**

Costo para la elaboración de 1m<sup>3</sup> de concreto de a/c=0.25, TF=42, 50 y 60mm,  
CF=8 kg/m<sup>3</sup>.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL (S/)	TOTAL (S/)
CEMENTO	bls	16.00	22.50	360.00	
ARENA GRUESA	m3	0.53	48.00	25.34	
PIEDRA CHANCADA	m3	0.57	52.00	29.74	
AGUA	m3	0.17	7.32	1.26	
ADITIVO	Kg	13.60	16.60	225.76	
FIBRA	kg	8.00	4.72	37.76	679.9

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°96 se muestra el análisis de costo para un concreto patrón de a/c=0.30 el cuál es de s/ 561.2 por metro cúbico.

**Tabla N°96**

Costo para la elaboración de 1m<sup>3</sup> de concreto patrón a/c=0.30.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL (S/)	TOTAL (S/)
CEMENTO	bls	13.72	22.50	308.70	
ARENA GRUESA	m3	0.55	48.00	26.50	
PIEDRA CHANCADA	m3	0.60	52.00	31.10	
AGUA	m3	0.18	7.32	1.30	
ADITIVO	Kg	11.66	16.60	193.56	
FIBRA	kg	0.00	4.72	0.00	561.2

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°97 se muestra el análisis de costo para un concreto de  $a/c=0.30$  con  $TF=42, 50$  y  $60$  mm y  $CF=4$  kg/m<sup>3</sup> el cuál es de s/.580.0 por metro cúbico.

**Tabla N°97**

Costo para la elaboración de 1m<sup>3</sup> de concreto de  $a/c=0.30$ ,  $TF=42, 50$  y  $60$ mm,  $CF=4$  kg/m<sup>3</sup>.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL (S/)	TOTAL (S/)
CEMENTO	bls	13.72	22.50	308.70	
ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>	0.55	48.00	26.50	
PIEDRA CHANCADA	m <sup>3</sup>	0.60	52.00	31.10	
AGUA	m <sup>3</sup>	0.18	7.32	1.30	
ADITIVO	Kg	11.66	16.60	193.56	
FIBRA	kg	4.00	4.72	18.88	580.0

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°98 se muestra el análisis de costo para un concreto de  $a/c=0.30$  con  $TF=42, 50$  y  $60$  mm y  $CF=6$  kg/m<sup>3</sup> el cuál es de s/.589.5 por metro cúbico.

**Tabla N°98**

Costo para la elaboración de 1m<sup>3</sup> de concreto de  $a/c=0.30$ ,  $TF=42, 50$  y  $60$ mm,  $CF=6$  kg/m<sup>3</sup>.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL (S/)	TOTAL (S/)
CEMENTO	bls	13.72	22.50	308.70	
ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>	0.55	48.00	26.50	
PIEDRA CHANCADA	m <sup>3</sup>	0.60	52.00	31.10	
AGUA	m <sup>3</sup>	0.18	7.32	1.30	
ADITIVO	Kg	11.66	16.60	193.56	
FIBRA	kg	6.00	4.72	28.32	589.5

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°99 se muestra el análisis de costo para un concreto de  $a/c=0.30$  con  $TF=42, 50$  y  $60$  mm y  $CF=8$  kg/m<sup>3</sup> el cuál es de s/.598.9 por metro cúbico.

**Tabla N°99**

Costo para la elaboración de 1m<sup>3</sup> de concreto de a/c=0.30, TF=42, 50 y 60mm,  
CF=8 kg/m<sup>3</sup>.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL (S/)	TOTAL (S/)
CEMENTO	bls	13.72	22.50	308.70	
ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>	0.55	48.00	26.50	
PIEDRA CHANCADA	m <sup>3</sup>	0.60	52.00	31.10	
AGUA	m <sup>3</sup>	0.18	7.32	1.30	
ADITIVO	Kg	11.66	16.60	193.56	
FIBRA	kg	8.00	4.72	37.76	598.9

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°100 se muestra el análisis de costo para un concreto patrón de a/c=0.35 el cuál es de s/ 503.7 por metro cúbico.

**Tabla N°100**

Costo para la elaboración de 1m<sup>3</sup> de concreto patrón a/c=0.35.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL (S/)	TOTAL (S/)
CEMENTO	bls	12.10	22.50	272.25	
ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>	0.57	48.00	27.31	
PIEDRA CHANCADA	m <sup>3</sup>	0.62	52.00	32.03	
AGUA	m <sup>3</sup>	0.18	7.32	1.34	
ADITIVO	Kg	10.29	16.60	170.81	
FIBRA	kg	0.00	4.72	0.00	503.7

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°101 se muestra el análisis de costo para un concreto de a/c=0.35 con TF=42, 50 y 60 mm y CF=4 kg/m<sup>3</sup> el cuál es de s/.522.6 por metro cúbico.

**Tabla N°101**

Costo para la elaboración de 1m<sup>3</sup> de concreto de a/c=0.35, TF=42, 50 y 60mm,  
CF=4 kg/m<sup>3</sup>.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL (S/)	TOTAL (S/)
CEMENTO	bls	12.10	22.50	272.25	
ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>	0.57	48.00	27.31	
PIEDRA CHANCADA	m <sup>3</sup>	0.62	52.00	32.03	
AGUA	m <sup>3</sup>	0.18	7.32	1.34	
ADITIVO	Kg	10.29	16.60	170.81	
FIBRA	kg	4.00	4.72	18.88	522.6

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°102 se muestra el análisis de costo para un concreto de  $a/c=0.35$  con  $TF=42, 50$  y  $60$  mm y  $CF=6$  kg/m<sup>3</sup> el cuál es de s/.532.1 por metro cúbico.

**Tabla N°102**

Costo para la elaboración de 1m<sup>3</sup> de concreto de  $a/c=0.35$ ,  $TF=42, 50$  y  $60$ mm,  $CF=6$  kg/m<sup>3</sup>.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL (S/)	TOTAL (S/)
CEMENTO	bls	12.10	22.50	272.25	
ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>	0.57	48.00	27.31	
PIEDRA CHANCADA	m <sup>3</sup>	0.62	52.00	32.03	
AGUA	m <sup>3</sup>	0.18	7.32	1.34	
ADITIVO	Kg	10.29	16.60	170.81	
FIBRA	kg	6.00	4.72	28.32	532.1

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°103 se muestra el análisis de costo para un concreto de  $a/c=0.35$  con  $TF=42, 50$  y  $60$  mm y  $CF=8$  kg/m<sup>3</sup> el cuál es de s/.541.5 por metro cúbico.

**Tabla N°103**

Costo para la elaboración de 1m<sup>3</sup> de concreto de  $a/c=0.35$ ,  $TF=42, 50$  y  $60$ mm,  $CF=8$  kg/m<sup>3</sup>.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL (S/)	TOTAL (S/)
CEMENTO	bls	12.10	22.50	272.25	
ARENA GRUESA	m <sup>3</sup>	0.57	48.00	27.31	
PIEDRA CHANCADA	m <sup>3</sup>	0.62	52.00	32.03	
AGUA	m <sup>3</sup>	0.18	7.32	1.34	
ADITIVO	Kg	10.29	16.60	170.81	
FIBRA	kg	8.00	4.72	37.76	541.5

*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

Se cumple el objetivo general de la investigación “Determinar la influencia del tamaño y cantidad de fibra plástica en la resistencia a la compresión, tracción y flexión de concretos de alta resistencia” y se obtiene las siguientes conclusiones de los objetivos específicos:

- i) Se observó de acuerdo al estadístico “ANOVA” de dos factores multivariable que existe diferencia significativa a diferentes tamaños y cantidades de fibra sintética en concretos de alta resistencia. Por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna lo que indica que; la variación de la cantidad de fibra sintética en concretos de alta resistencia produce cambios en su resistencia a la compresión, tracción y flexión.
- ii) En general, la adición de fibra en los ensayos realizados redujo el asentamiento. Esta reducción es menor para dosis de 4kg/m<sup>3</sup> (independiente del tamaño de fibra usado), siendo la máxima reducción de 4.2% con esta dosificación. Es decir, a mayor dosificación y/o mayor tamaño de fibra se genera un menor asentamiento, siendo mayor para dosis de fibra a partir de 6kg/m<sup>3</sup>. La reducción máxima obtenida fue 25% y se produjo en una relación a/c de 0.30 con una dosis de 8kg/m<sup>3</sup> de fibra y tamaño de fibra de 60mm.  
  
De los ensayos de peso unitario se puede afirmar que a mayor dosificación y/o mayor tamaño de fibra, el peso unitario disminuye (reducción máxima obtenida fue 0.8% en una relación a/c de 0.25 con una dosis de 8kg/m<sup>3</sup> de fibra y tamaño de fibra de 60mm).
- iii) La tendencia observada indica que a mayor dosificación y/o mayor tamaño de fibra la resistencia a la compresión se reduce (reducción máxima obtenida fue 8.6% en a/c 0.25 con dosificación de 8kg/m<sup>3</sup> y fibra de 60mm, así como en a/c 0.30 con dosificación de 8kg/m<sup>3</sup> y fibra de 50mm). Para tamaños de fibra de 42mm, independiente de la dosificación, la reducción de la resistencia a la compresión es menor (valor máximo de 4.3%). Para una misma relación a/c y para dosificaciones a partir de 6kg/m<sup>3</sup>, la resistencia a la compresión disminuye al mismo ritmo casi independiente al tamaño de fibra.

En general, a mayor dosificación y/o mayor tamaño de fibra la resistencia a la tracción aumenta. El máximo obtenido fue para relación a/c de 0.35, con dosificación de 8kg/m<sup>3</sup> y tamaño fibra de 60mm (resistencia a tracción aumenta en 12.6%). A mayor relación a/c se observa que el aumento de la resistencia a la tracción crece a mayor ritmo, mientras mayor sea la dosificación. Para tamaños de fibra a partir de 50mm, se observa que la resistencia a la tracción aumenta.

Es notoria la tendencia que a mayor dosificación y/o mayor tamaño de fibra aumenta la flexión independiente del a/c estudiado. Los resultados del aumento de la resistencia a la flexión son significativos, obteniendo valores entre 14.9% y 19.4% para dosificación de 8kg/m<sup>3</sup>. Se observa un crecimiento de tendencia lineal conforme aumenta la dosificación de fibra, el promedio de crecimiento de todos los casos se aproxima a una pendiente de 5.85%, que implicaría que por cada 2kg/m<sup>3</sup> adicionales de dosificación de fibra, la resistencia a la flexión aumenta en 5.85%.

- iv) Respecto al aumento del costo de la mezcla por el uso de las fibras, al tener estas un precio de 4.72 nuevos soles para adicionar 1kg/m<sup>3</sup>, las variaciones del aumento del costo de la mezcla son mínimas puesto que las variaciones máximas del costo (dosificación de 8kg/m<sup>3</sup>) son 5.88%, 6.72% y 7.49% para relaciones a/c de 0.25, 0.30 y 0.35 respectivamente. El costo de adicionar una dosificación de 2kg/m<sup>3</sup> de fibra, para cualquier relación a/c, es de 9.44 nuevos soles. Entonces, se puede establecer una relación entre el beneficio obtenido (en este caso la resistencia a flexión) y el costo. La relación costo-beneficio resultante es que con una inversión de 9.44 soles (para aumentar la dosificación en 2kg/m<sup>3</sup>), se registra un aumento de 5.85% en la resistencia a flexión.

## RECOMENDACIONES

- i) Para realizar la mezcla con fibra se recomienda agregarla al término de la mezcla de los otros componentes y agregarla de poco a poco con el fin de evitar que se formen bolas de fibra. Considerar un promedio de 5 min de mezcla para que la fibra se mezcle de manera homogénea con los demás componentes.
- ii) Al humedecer la mezcladora previa al mezclado se debe de verificar que no retenga agua, debido a que al usar a/c bajos este incremento de agua en la mezcla podría alterar la resistencia significativamente.
- iii) El uso de fibra de 60mm a partir de 6kg/m<sup>3</sup> independiente de su relación a/c aumenta la dificultad en la trabajabilidad de la mezcla como en el caso del compactado en las probetas cilíndricas y prismáticas por lo tanto no se recomienda el uso de este tamaño de fibra.
- iv) Se recomienda el uso de aditivos plastificantes a base de policarboxilatos para llegar a relaciones a/c bajas como es el caso del 0.25 y llegar al slump requerido.
- v) Se recomienda para futuras investigaciones utilizar a/c más altos para concretos de mediana resistencia y ver cómo influye el tamaño y la cantidad de fibra.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Amaya, S. Evaluación del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras. (trabajo de grado). Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Colombia, Bogotá D.C. (2019).
2. American Concrete Institute. ACI 318-2014, Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario (ACI 318SUS-14). EE.UU (2014).
3. Armas, C. Efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico (tesis de pregrado). Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, Universidad Señor de Sipán, Pimentel (2016).
4. Cachay, R. Diseño de mezclas - método de agregado global y módulo de finura, para concretos de mediana a alta resistencia. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima (1995).
5. Instituto nacional de defensa de la competencia y de la protección de la propiedad intelectual. Agregados, análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global NTP 400.012 (2013).
6. Instituto nacional de defensa de la competencia y de la protección de la propiedad intelectual. Concreto, definiciones y terminología relativas al concreto y agregados, NTP 339.047 (2014).
7. Instituto nacional de defensa de la competencia y de la protección de la propiedad intelectual. Concreto, método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica, NTP 339.084 (2012).
8. Instituto nacional de defensa de la competencia y de la protección de la propiedad intelectual. Concreto, método de ensayo para determinarla resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo, NTP 339.078 (2012).
9. Instituto nacional de defensa de la competencia y de la protección de la propiedad intelectual. Concreto, método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas, NTP 339.034 (2015).
10. Isidro, G. Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto F'C 210 kg/cm<sup>2</sup> (tesis de pregrado). Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional del Antiplano, Perú (2017).

11. Mendoza, C & Aire, C & Dávila, P. Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estado plástico y endurecido (artículo). Universidad Autónoma de México, México (2011).
12. Pinedo, D & Orbegoso, J & Araujo, J & Farfán, M Fibras de Acero en la Resistencia a la Compresión del Concreto. Gaceta Técnica, Lima (2019).
13. Tejada, M. Influencia de la microsílíce y el aditivo superplastificante en el concreto de alta resistencia (tesis de pregrado). Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima (2016).

## ANEXOS

### Anexo N°1 Ficha técnica del cemento Sol tipo I

CEMENTO SOL



#### Ficha Técnica

## CEMENTO SOL

**Descripción:**

- Es un Cemento Pórtland Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso.

**Beneficios:**

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en Shotcrete.
- Excelente desarrollo en resistencias a la compresión.
- Buena trabajabilidad.

**Usos:**

- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos y adoquines.
- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajes, enchapes de mayólicas y otros materiales.
- Shotcrete y grout.

**Características Técnicas:**

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

**Formato de Distribución:**

- Bolsas de 42.5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



#### Recomendaciones

**Dosificación:**

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

**Manipulación:**

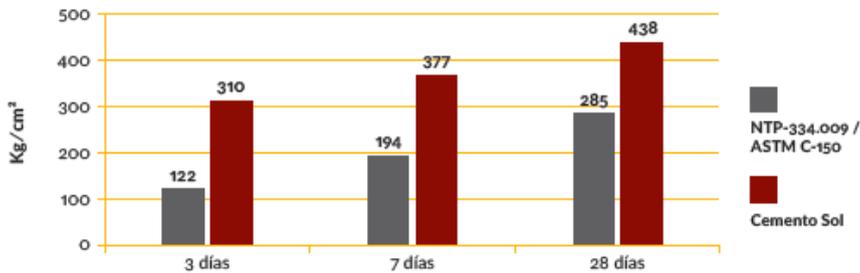
- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

**Almacenamiento:**

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno.

## Requisitos mecánicos

### Comparación resistencias NTP-334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Sol



## Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	336	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	No específica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	310	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	377	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	438	Mínimo 285*
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
<b>Composición Química</b>			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	3.00	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	1.92	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.7	Máximo 1.5
<b>Fases Mineralógicas</b>			
C <sub>2</sub> S	%	11.9	No específica
C <sub>3</sub> S	%	54.2	No específica
C <sub>3</sub> A	%	10.1	No específica
C <sub>4</sub> AF	%	9.7	No específica

\*Requisito opcional

## Anexo N°2 Ficha técnica del aditivo Neoplast 8500 HP



### NEOPLAST 8500 HP®

#### ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO Y SUPERPLASTIFICANTE SIN RETARDO

##### DESCRIPCIÓN

NEOPLAST 8500 HP es un aditivo para concreto especialmente desarrollado para incrementar el tiempo de trabajabilidad, reductor de agua de alto rango sin retardo y optimizador de cemento en mezclas de concreto, está diseñado para ser empleado en climas cálidos y fríos.

##### APLICACIONES PRINCIPALES

- Concreto auto-compactados.
- Concreto de baja relaciones agua/cemento.
- Concreto de alta resistencia.
- Concreto fluido de alto asentamiento.
- Concreto reforzado.

##### BENEFICIOS

- Produce concretos fluidos sin retardo.
- Permite que el concreto o mortero sea transportado a largas distancias.
- Reduce más de 45% del agua de amasado.
- Reduce la segregación y exudación en el concreto plástico.
- Reduce las fisuras y permeabilidad en el concreto endurecido.

##### INFORMACIÓN TÉCNICA

Densidad : 1.10 kg/L  
Color : Ámbar  
Apariencia : Líquido

##### ESPECIFICACIONES /NORMA

NEOPLAST 8500 HP cumple con la clasificación de la norma NTP 334.088 y ASTM C-494, Tipo F. (\*).

QSI PERÚ S.A.  
T +51-1 710 4000 Anexos: 2421 / 1211  
[ventasconstruccion@qsiindustrial.biz](mailto:ventasconstruccion@qsiindustrial.biz)  
[ingenieria.pe@qsiindustrial.biz](mailto:ingenieria.pe@qsiindustrial.biz)  
[www.qsiindustrial.biz](http://www.qsiindustrial.biz)

1

Hoja Técnica / JM/GM  
Versión 01-QSI PERÚ S.A.  
Agosto 2020



## NEOPLAST 8500 HP®

### ADITIVO REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO Y SUPERPLASTIFICANTE SIN RETARDO

#### INSTRUCCIONES DE USO

NEOPLAST 8500 HP se presenta listo para su uso y debe incorporarse a la mezcla cuando ésta se encuentra húmeda dentro del mezclador, ya sea en la planta o en la obra. Agregue NEOPLAST 8500 HP al agua restante del amasado de la mezcla o directamente. No debe entrar en contacto directo con el cemento seco.

Las variaciones en la pérdida de asentamiento y fraguado están en función a la cantidad usada del aditivo característica del cemento y el diseño de mezcla elegido.

#### DOSIFICACIÓN

NEOPLAST 8500 HP es recomendado usar a una dosificación 0.2–2.0% por peso del cemento. Se recomienda hacer ensayos previos para establecer la dosis según los requerimientos establecidos en obra.

#### PRESENTACIÓN

- Tanques 1000 kg
- Cilindro 180 kg
- Balde 20 kg

#### PRECAUCIONES / RESTRICCIONES

- Se debe proteger el NEOPLAST 8500 HP contra el congelamiento. Nunca agite con aire.
- Los cambios en los tipos de cemento, agregados y temperatura modifican el desempeño de los aditivos en la mezcla de concreto, variando resultados en el concreto fresco y endurecido.
- No es compatible con los aditivos base naftalenos.
- Se debe consultar con nuestros asesores Técnicos cada vez que se tenga dudas respecto al uso del producto. De esta manera, podrá definir la solución que ofrezca un mejor costo-beneficio a nuestro cliente.

(\*) NEOPLAST 8500 HP clasifica la norma en la dosis de 0.5%.

#### MANEJO Y ALMACENAMIENTO

NEOPLAST 8500 HP debe almacenarse en su envase original herméticamente cerrado y bajo techo.

Vida útil de almacenamiento: 12 meses.

QSI PERÚ S.A.  
T +51-1 710 4000 Anexos: 2421 / 1211  
[ventasconstruccion@qsiindustrial.biz](mailto:ventasconstruccion@qsiindustrial.biz)  
[ingenieria.pe@qsiindustrial.biz](mailto:ingenieria.pe@qsiindustrial.biz)  
[www.qsiindustrial.biz](http://www.qsiindustrial.biz)

2

Hoja Técnica / JM/GM  
Versión 01-QSI PERÚ S.A.  
Agosto 2020

## Anexo N°3 Ficha técnica de la fibra sintética de 50mm


www.fcm.pe



La macro fibra sintética estructural para concreto PS50 se caracteriza por tener un excelente agarre con el concreto e incrementar notablemente la tenacidad. La PS50 refuerza el concreto en 3 dimensiones.

### Beneficios

- Libre de corrosión
- Más seguro y ligero de manipular que el acero.
- Aumenta la eficiencia y productividad vs el acero.
- Menor impacto ambiental que el acero.
- Menor desgaste de mangueras de bombeo de concreto.
- Menor costo por Joule - Fibra.

Característica	Propiedad del material
Material Base	Polipropileno
Longitud	50 mm
Tensión a la rotura	500 MPa
Textura de la superficie	Moletado
Fibras por kg.	> 32,500
Densidad relativa	0.90 - 0.92
Punto de fusión	150° C - 170° C
Aplicaciones	Shotcrete



### Dosaje

Polystark PS50 tiene una dosificación regular de 2 kg a 10 kg por metro cúbico. El dosaje se debe determinar en base a los requerimientos de la aplicación.

### Mezclado

La macro fibra PS50 ha sido embalada en sacos de papel con la dosis requerida por metro cúbico de concreto. Se puede añadir en cualquier punto de la preparación de la mezcla y se debe mezclar en el trompo a velocidad alta por al menos 1 minuto por saco.

Av. Tomas Alva Edison 215 Urb. Ind. Santa Rosa - Ate - Lima, Perú | T. (51 1) 326 1127 / 950082989 / info@fcm.pe

## Anexo N°4 Ficha técnica de la fibra sintética de 60mm

www.fcm.pe

### POLYSTARK

MONOFILAMENTO SINTÉTICO ESTRUCTURAL

## PS60

La macro fibra sintética estructural para concreto PS60 se caracteriza por tener un excelente agarre con el concreto e incrementar notablemente la tenacidad. La PS60 refuerza el concreto en 3 dimensiones.

#### Beneficios

- Libre de corrosión
- Más seguro y ligero de manipular que el acero.
- Aumenta la eficiencia y productividad vs el acero.
- Menor impacto ambiental que el acero.
- Menor desgaste de mangueras de bombeo de concreto.
- Menor costo por Joule - Fibra.

Característica	Propiedad del material
Material Base	Polipropileno
Longitud	60 mm
Tensión a la rotura	500 MPa
Textura de la superficie	Moleteado
Fibras por kg.	> 32,500
Densidad relativa	0.90 - 0.92
Punto de fusión	150° C - 170° C
Aplicaciones	Shotcrete



#### Dosaje

Polystark PS60 tiene una dosificación regular de 2 kg a 10 kg por metro cúbico. El dosaje se debe determinar en base a los requerimientos de la aplicación.

#### Mezclado

La macro fibra PS60 ha sido embalada en sacos de papel con la dosis requerida por metro cúbico de concreto. Se puede añadir en cualquier punto de la preparación de la mezcla y se debe mezclar en el trompo a velocidad alta por al menos 1 minuto por saco.

Av. Tomas Alva Edison 215 Urb. Ind. Santa Rosa - Ate - Lima, Perú | T. (51 1) 326 1127 / 950082989 / info@fcm.pe

### Anexo N°5 Tolva utilizada en laboratorio (capítulo 3.1)



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N°6 Cuarteo de material - ensayo de agregado grueso (capítulo 3.1)



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N°7 Agregados colocados al horno por 24 horas (capítulo 3.1)



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N°8 Agregados retirados del horno pasado 24 horas (capítulo 3.1)



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N°9 Agregado grueso - diseño de mezcla (capítulo 3.2)



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N°10 Aditivo utilizado en los diseños de mezcla (capítulo 3.1.6)



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N°11 Aditivo utilizado en los diseños de mezcla (capítulo 3.1.6)



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N°12 Materiales pesados para el diseño de mezcla (capítulo 3.2)



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N°13 Mezcla de concreto realizada en laboratorio (capítulo 3.3)



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N°14 Vaciado de probetas prismáticas (capítulo 3.3)



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N°15 Probetas después del curado (capítulo 3.5)



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N°16 Ensayo de compresión diametral en laboratorio (capítulo 3.5.2)



Nota. Fuente: Elaboración propia.

**Anexo N°17** Probetas después del ensayo de compresión (capítulo 3.5.1)



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

**Anexo N°18** Fallas en probetas ensayo a compresión (capítulo 3.5.1)



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N°19 Probetas retiradas del pozo de curado (capítulo 3.5.1)



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N°20 Equipo de ensayo de flexión (capítulo 3.5.1)



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N°21 Fallas del ensayo a flexión (capítulo 3.5.3)



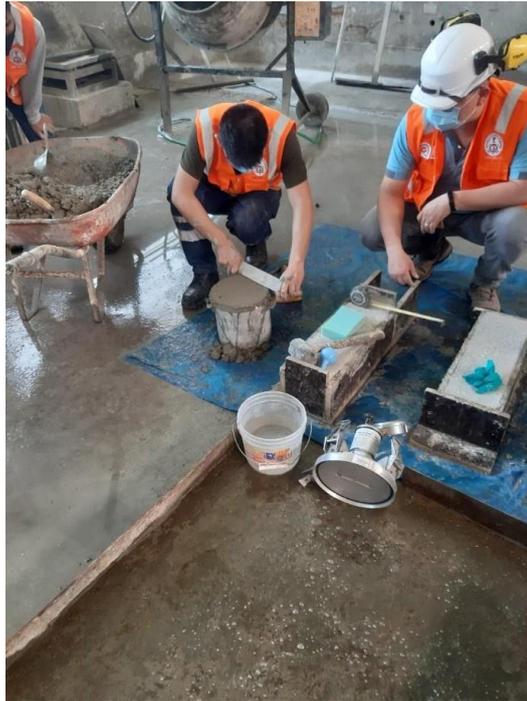
Nota. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N°22 Fallas del ensayo a flexión II (capítulo 3.5.3)



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo N°23 Capacitación realizada en el LEM – UNI (capítulo 3.3)



*Nota.* Fuente: Elaboración propia.