



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE FIBRA DE  
POLIPROPILENO MONOFILAMENTO EN LA  
RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO DE  
 $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$ ”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Wilder Omar Salcedo Espinoza

**Asesor:**

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Cajamarca – Perú

2016

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b><u>APROBACIÓN DE LA TESIS</u></b> .....	ii
<b><u>DEDICATORIA</u></b> .....	iii
<b><u>AGRADECIMIENTO</u></b> .....	iv
<b><u>ÍNDICE DE CONTENIDOS</u></b> .....	v
<b><u>ÍNDICE DE TABLAS</u></b> .....	viii
<b><u>ÍNDICE DE FIGURAS</u></b> .....	ix
<b><u>ÍNDICE DE GRÁFICAS</u></b> .....	x
<b><u>ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS</u></b> .....	xi
<b><u>RESUMEN</u></b> .....	xii
<b><u>ABSTRACT</u></b> .....	xiii
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>1.1. Realidad problemática</b> .....	14
<b>1.2. Formulación del problema</b> .....	15
<b>1.3. Justificación</b> .....	15
<b>1.4. Delimitación</b> .....	16
<b>1.5. Objetivos</b> .....	16
1.5.1. Objetivo general.....	16
1.5.2. Objetivos específicos.....	16
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO</b> .....	17
<b>2.1. Antecedentes</b> .....	17
<b>2.2. Bases teóricas</b> .....	21
2.2.1. Fundamentos del concreto .....	21
2.2.1.1.El concreto de cemento Portland .....	21
2.2.1.2.Componentes del concreto de cemento Portland.....	22
2.2.1.3.Concreto en estado fresco .....	25
2.2.1.4.Concreto en estado endurecido.....	29
2.2.1.5.Pruebas del concreto endurecido .....	31
2.2.2. Concreto reforzado con fibra .....	37
2.2.2.1.Uso de las fibras .....	37
2.2.2.2.Ventajas y desventajas del uso de fibras .....	38
2.2.2.3.Clasificación de las fibras .....	39
2.2.2.4.Fibras sintéticas.....	40
2.2.2.5.Propiedades físico mecánicas de las fibras sintéticas.....	43
2.2.2.6.Normativa del concreto reforzado con fibra (ASTM C1116 / NTP 339.204).....	44
2.2.3. Propiedades de los agregados según normas ASTM / NTP.....	45
2.2.3.1.Extracción y preparación de las muestras (ASTM D75 / NTP 400.010) .....	45

2.2.3.2. Contenido de humedad de los agregados (ASTM C566 / NTP 339.185).....	45
2.2.3.3. Granulometría de los agregados (ASTM C136 / NTP 400.012).....	46
2.2.3.4. Materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado en agregados (ASTM C117 / NTP 400.018) .....	48
2.2.3.5. Peso unitario y contenido de vacíos de los agregados (ASTM C29 / NTP 400.017)..	49
2.2.3.6. Peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM C127 / NTP 400.021).....	49
2.2.3.7. Peso específico y absorción del agregado fino (ASTM C128 / NTP 400.022) .....	51
2.2.3.8. Resistencia a la degradación de agregado grueso de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles (ASTM C131 / NTP 400.019) .....	52
2.2.3.9. Diseño de mezclas por el método del comité 211 del ACI (American Concrete Institute).....	53
2.2.3.10. Elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio (ASTM C192 / NTP 339.183) .....	57
2.2.3.11. Medición del asentamiento del concreto de cemento Portland (ASTM C143 / NTP 339.035).....	58
2.2.3.12. Determinación de la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto (ASTM C138 / NTP 339.046).....	58
2.2.3.13. Medición de la temperatura de mezclas de concreto (ASTM C1064 / NTP 339.184) .....	59
<b>2.3. Definición de términos básicos.....</b>	<b>60</b>
<b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>62</b>
3.1. Formulación de la hipótesis.....	62
3.2. Variables .....	62
3.2.1. Variable dependiente.....	62
3.2.2. Variable independiente.....	62
3.3. Operacionalización de variables .....	62
<b>CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>64</b>
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	64
4.2. Material de estudio .....	64
4.2.1. Unidad de estudio .....	64
4.2.2. Población.....	64
4.2.3. Muestra.....	64
4.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos .....	66
4.3.1. De recolección de información .....	66
4.3.2. De análisis de información .....	72
<b>CAPÍTULO 5. RESULTADOS .....</b>	<b>73</b>
5.1. Resultados de las características físico mecánicas de los agregados.....	73
5.1.1. Agregado grueso .....	73
5.1.2. Agregado fino .....	75
5.2. Resultado del diseño de mezclas del concreto sin incorporación de fibra de polipropileno monofilamento (concreto patrón) y del concreto con incorporación de fibra de polipropileno monofilamento.....	76
5.3. Resultado de ensayos al concreto fresco .....	78

<b>5.4. Resultado de ensayos al concreto endurecido .....</b>	<b>78</b>
5.4.1. Resistencia a la compresión axial del concreto patrón y de los concretos con incorporación de fibra de polipropileno monofilamento .....	78
5.4.2. Resistencia a la flexión del concreto patrón y de los concretos con incorporación de fibra de polipropileno monofilamento.....	81
<b>CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN .....</b>	<b>83</b>
6.1. Discusión de los resultados de las características físico mecánicas de los agregados ....	83
6.2. Discusión de los resultados del diseño de mezclas del concreto.....	83
6.3. Discusión de los resultados de ensayos al concreto fresco.....	84
6.4. Discusión de los resultados de ensayos al concreto endurecido.....	85
<b>CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>87</b>
<b>CAPÍTULO 8. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>CAPÍTULO 9. REFERENCIAS.....</b>	<b>89</b>
<b>CAPÍTULO 10. ANEXOS.....</b>	<b>91</b>
ANEXOS N° 01: REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO.....	92
ANEXOS N° 02: PANEL FOTOGRÁFICO .....	94
ANEXOS N° 03: FORMATOS DE ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO .....	112
ANEXOS N° 04: ANÁLISIS ECONÓMICO PARA 1 M <sup>3</sup> DE CONCRETO DE RESISTENCIA F’C=210 KG/CM <sup>2</sup> .....	186
ANEXOS N° 05: FICHA TÉCNICA DE LA FIBRA DE POLIPROPILENO MONOFILAMENTO .....	190

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Propiedades físico mecánicas de las fibras sintéticas .....	43
Tabla N° 02: Medida de la muestra (extracción y preparación de muestras).....	45
Tabla N° 03: Tamaño de la muestra de agregado (contenido de humedad).....	46
Tabla N° 04: Análisis granulométrico del agregado fino .....	47
Tabla N° 05: Muestra de agregado grueso (granulometría de los agregados) .....	47
Tabla N° 06: Sustancia dañinas (A. granulométrico por lavado).....	48
Tabla N° 07: Cantidad mínima de muestra (A. granulométrico por lavado).....	48
Tabla N° 08: Peso mínimo de la muestra de ensayo (peso específico y absorción del agregado grueso) .....	50
Tabla N° 09: Resistencia mecánica de los agregados (abrasión) .....	52
Tabla N° 10: Graduación para el tipo de abrasión a realizar de agregado grueso, utilizando 5 000 gr. de muestra .....	52
Tabla N° 11: Resistencia a la compresión promedio.....	53
Tabla N° 12: Asentamiento del concreto por su consistencia .....	53
Tabla N° 13: Volumen unitario de agua .....	53
Tabla N° 14: Contenido de aire atrapado.....	54
Tabla N° 15: Relación agua cemento .....	54
Tabla N° 16: Peso del agregado grueso por unidad de volumen de concreto.....	55
Tabla N° 17: Operacionalización de la variable dependiente .....	62
Tabla N° 18: Operacionalización de la variable independiente. ....	63
Tabla N° 19: Probetas sin incorporación de fibra (concreto patrón).....	65
Tabla N° 20: Probetas con incorporación de fibra .....	65
Tabla N° 21: Resultado del análisis granulométrico del agregado grueso.....	73
Tabla N° 22: Otras características físicas mecánicas del agregado grueso .....	74
Tabla N° 23: Resultado del análisis granulométrico del agregado fino .....	75
Tabla N° 24: Otras características físicas mecánicas del agregado fino.....	76
Tabla N° 25: Materiales por $\text{m}^3$ de concreto sin incorporación de fibra de polipropileno monofilamento - $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	77
Tabla N° 26: Materiales por $\text{m}^3$ de concreto con incorporación de 0.2, 0.4, 0.6 y 0.8% de fibra de polipropileno monofilamento - $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	77
Tabla N° 27: Resultado de los ensayos del concreto fresco.....	78
Tabla N° 28: Resistencia a la compresión axial del concreto patrón y de los concretos con incorporación de fibra de polipropileno monofilamento .....	79
Tabla N° 29: Resistencia a la flexión del concreto patrón y de los concretos con incorporación de fibra de polipropileno monofilamento .....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Proporciones de materiales usados en la producción de concreto por volumen.....	22
Figura N° 02: Resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y para distintos niveles de curado .....	29
Figura N° 03: Fractura Tipo I.....	32
Figura N° 04: Fractura Tipo II.....	33
Figura N° 05: Fractura Tipo III.....	33
Figura N° 06: Fractura Tipo IV .....	33
Figura N° 07: Fractura Tipo V .....	34
Figura N° 08: Fractura Tipo VI .....	34
Figura N° 09: Ensayo de flexión con carga en dos puntos .....	35
Figura N° 10: Tipos de fibras (acero, vidrio, sintéticas y naturales).....	38
Figura N° 11: Fibras de polipropileno multifilamento.....	41
Figura N° 12: Fibras de polipropileno monofilamento.....	42

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica N°01: Curva granulométrica del agregado grueso .....	74
Gráfica N°02: Curva granulométrica del agregado fino .....	75
Gráfica N°03: Resistencia a la compresión axial del concreto patrón y de los concretos con incorporación de fibra de polipropileno monofilamento .....	80
Gráfica N° 04: Resistencia a la flexión del concreto patrón y de los concretos con incorporación de fibra de polipropileno monofilamento .....	82

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto N° 01: Realizando el ensayo de análisis granulométrico de los agregados. ....	94
Foto N° 02: Realizando el ensayo de contenido de humedad de los agregados. ....	94
Foto N° 03: Realizando el ensayo de peso unitario del agregado grueso.....	95
Foto N° 04: Realizando el ensayo de peso unitario del agregado fino. ....	95
Foto N° 05: Realizando el ensayo de materiales más finos que pasan por el tamiz n° 200.....	96
Foto N° 06: Realizando el ensayo de peso específico del agregado fino.....	96
Foto N° 07: Realizando el ensayo de peso específico del agregado grueso. ....	97
Foto N° 08: Realizando el ensayo de abrasión del agregado grueso. ....	97
Foto N° 09: Realizando el ensayo de abrasión del agregado grueso. ....	98
Foto N° 10: Pesando los materiales para la elaboración del concreto patrón. ....	98
Foto N° 11: Agregando materiales del concreto patrón a la mezcladora.....	99
Foto N° 12: Realizando el ensayo de Slump del concreto patrón.....	99
Foto N° 13: Realizando el ensayo de Slump del concreto con 0.2% de fibra.....	100
Foto N° 14: Fibra de polipropileno para la elaboración del concreto con 0.2% de fibra.....	100
Foto N° 15: Realizando el ensayo de peso unitario del concreto patrón.....	101
Foto N° 16: Llenado de probetas rectangulares para el ensayo a flexión. ....	101
Foto N° 17: Llenado de probetas rectangulares para el ensayo a flexión. ....	102
Foto N° 18: Llenado de probetas cilíndricas para el ensayo a compresión axial. ....	102
Foto N° 19: Llenado de probetas cilíndricas para el ensayo a compresión axial. ....	103
Foto N° 20: Medición de la temperatura de probetas rectangulares.....	103
Foto N° 21: Medición de la temperatura de probetas rectangulares y cilíndricas. ....	104
Foto N° 22: Medición del contenido de aire atrapado con la Olla de Washington. ....	104
Foto N° 23: Contenido de aire con la Olla de Washington del concreto patrón. ....	105
Foto N° 24: Contenido de aire con la Olla de Washington del concreto con 0.2% de fibra. ....	105
Foto N° 25: Desmolde de probetas cilíndricas para su posterior curado. ....	106
Foto N° 26: Curado de probetas cilíndricas.....	106
Foto N° 27: Ensayo de probetas cilíndricas a compresión. ....	107
Foto N° 28: Probetas cilíndricas después de haberse realizado el ensayo a compresión. ....	107
Foto N° 29: Carga de rotura de las probetas cilíndricas ensayadas a compresión. ....	108
Foto N° 30: Ensayo a flexión de probetas rectangulares. ....	108
Foto N° 31: Probetas rectangulares sometidas a ensayo de flexión.....	109
Foto N° 32: Fractura en el tercio medio de la probeta después de haber sido ensayada.....	109
Foto N° 33: Carga de rotura de la probeta rectangular de concreto con 0.4% de fibra. ....	110
Foto N° 34: Probetas cilíndricas y rectangulares después de todos los ensayos realizados. ....	110



## RESUMEN

En la presente investigación se ha evaluado la influencia que tiene la incorporación de fibra de polipropileno monofilamento en la resistencia mecánica del concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . La evaluación consistió en determinar y comparar los resultados de los ensayos a compresión y flexión de un concreto sin incorporación de fibra de polipropileno monofilamento (concreto patrón), con otros concretos con incorporación de 0.2, 0.4, 0.6 y 0.8% de fibra de polipropileno monofilamento, que en peso sería 2, 4, 6 y 8  $\text{kg/m}^3$  de fibra respectivamente. El concreto sin incorporación de fibra (concreto patrón) y los concretos con incorporación de fibra, han sido elaborados con agregados provenientes de la cantera del río Chonta (Planta de Chancado “Roca Fuerte”), de tamaño máximo nominal del agregado grueso de 3/4”, cemento Pacasmayo Tipo I, fibra sintética de polipropileno monofilamento del tipo SikaFiber FORCE PP – 48 y agua. El diseño de mezclas se realizó con el método del Comité 211 del ACI. Lo realizado contempla, ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados (grueso y fino), ensayos al concreto en estado fresco y endurecido; siendo los más importantes el ensayo de resistencia a compresión axial y flexión del concreto. En base a los resultados, se obtuvo que al incorporar fibra de polipropileno monofilamento al concreto en 0.4%, esta incrementa en 5.84% la resistencia a la compresión y en 17.20% la resistencia a la flexión del concreto con respecto al concreto patrón. El incremento de la resistencia a la compresión de 5.84% representa una resistencia a la compresión axial promedio  $f'c = 234.50 \text{ kg/cm}^2$ , y el incremento de la resistencia a la flexión de 17.20% representa una resistencia a la flexión promedio  $M_r = 37.36 \text{ kg/cm}^2$ .

## ABSTRACT

In the present investigation, it has been evaluated the influence of the incorporation of polypropylene monofilament fiber in the mechanical strength of concrete of  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . The evaluation consisted in determining and comparing the results of the compression and bending tests of a concrete without incorporation of polypropylene monofilament fiber (standard concrete), with other concretes incorporating 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8% polypropylene monofilament fiber, which by weight would be 2, 4, 6 and 8  $\text{kg/m}^3$  of fiber respectively. The concrete without fiber incorporation (concrete standard) and the concretes with fiber incorporation have been elaborated with aggregates from the Chonta River Quarr ("Roca Fuerte" Crusher Plant), with maximum nominal size of the aggregate thickness of 3/4", cement Pacasmayo Type I, synthetic fiber of polypropylene monofilament tipe SikaFiber FORCE PP - 48 and water. The design of mixtures was done using the ACI Committee 211 method. The work carried out contemplates, tests to determine the physical and mechanical properties of the aggregates (coarse and fine), tests on concrete in a fresh and hardened condition; the most important being the axial compression and bending test of concrete. Based on the results, it was obtained that by incorporating monofilament polypropylene fiber to the concrete in 0.4%, this increases in 5.84% the compressive strength and in 17.20% the flexural strength of the concrete with respect to the standard concrete. The increase in the compressive strength of 5.84% represents an average axial compressive strength  $f'c = 234.50 \text{ kg/cm}^2$ , and the increase in the bending strength of 17.20% represents an average flexural strength  $Mr = 37.36 \text{ Kg/cm}^2$ .

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## CAPÍTULO 9. REFERENCIAS

1. ASOCRETO. (2010). Tecnología del Concreto - Tomo 1. Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas (Tercera Edición). Bogotá, Colombia: Nomos Impresores.
2. ASTM D75 / NTP 400 010. (2001). Extracción y Preparación de las Muestras. Lima, Perú.
3. ASTM C566 / NTP 339 185. (2002). Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima, Perú.
4. ASTM C136 / NTP 400 012. (2001). Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, Perú.
5. ASTM C117 / NTP 400 018. (2002). Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) por lavado en agregados. Lima, Perú.
6. ASTM C29 / NTP 400 017. (1999). Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. Lima, Perú.
7. ASTM C127 / NTP 400 021. (2002). Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. Lima, Perú.
8. ASTM C128 / NTP 400 022. (2002). Método de ensayo normalizado para peso específico del agregado fino. Lima, Perú.
9. ASTM C131 / NTP 400 019. (1997). Resistencia a la degradación de agregado grueso de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles . Lima, Perú.
10. ASTM C192 / NTP 339 183. (2003). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de hormigón (concreto) en el laboratorio. Lima, Perú.
11. ASTM C143 / NTP 339 035. (2009). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. Lima, Perú.
12. ASTM C138 / NTP 339 046. (2008). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto). Lima, Perú.
13. ASTM C1064 / NTP 339 184. (2002). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto). Lima, Perú.
14. ASTM C150. (1994). Standard Specification for Portland Cement. United States.
15. ASTM C1116 / NTP 339 204. (2007). Especificación Normalizada del Concreto Proyectado Reforzado con Fibra. Lima, Perú.
16. ASTM C39 / NTP 339 034. (2008). Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima, Perú.
17. ASTM C78 / NTP 339 078. (2002). Standar Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading). United States.
18. Figueroa, M. (2013). "Comparativa de la Tenacidad Entre Hormigón Convencional, Hormigón Reforzado con Fibra de Acero y Hormigón Reforzado con Fibras de Polipropileno". (Tesis de Maestría). Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
19. ICG, I. d. (2002). Materiales de Construcción (Primera Edición). Lima, Perú: Fondo Editorial ICG.
20. Kosmatka, Kerkhoff, Tanesi, & Panarese. (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto (Primera Edición). Skokie, Illinois, EE.UU.: Portland Cement Association (PCA).

21. López, J. (2015). "Análisis de las Propiedades del Concreto Reforzado con Fibras Cortas de Acero y Macrofibras de Polipropileno: Influencia del Tipo y Consumo de Fibra Adicionado". (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. D.F., México.
22. Mamlouk y Zaniewski, y. (2009). Materiales Para Ingeniería Civil (Segunda Edición). Madrid, España: Cofas.
23. Miravete A. (1995). Los Nuevos Materiales en la Construcción (Segunda Edición). Zaragoza, España: Reverté.
24. Neville y Brooks, J. (1998). Tecnología del Concreto (Primera Edición). México, México: Trillas.
25. NTP 400 011. (2008). Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). Lima, Perú.
26. NTP 400 037. (2002). Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto). Lima, Perú.
27. Patazca y Tafur. (2013). "Evaluación comparativa de la resistencia a compresión y a flexión del concreto convencional, concreto con fibra de acero SIKAFIBER CHO 80/60 NB, y concreto con fibra sintética SIKAFIBER FORCE PP/PE-700/55". (Tesis Ingeniero Civil). Universidad Señor de Sipán. Chiclayo, Peru.
28. Rivva, L. E. (2007). Diseño de Mezclas (Segunda Edición). Lima, Perú: Williams.
29. Sifuentes. (2016). "Resistencia a compresión uniaxial de concreto  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  de agregados de cerro con la adición de fibras de polipropileno, UPN – 2016". Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú.
30. Sika Perú S.A. (2011). Sika Informaciones Técnicas Concreto Reforzado con Fibra. Lima, Perú.