

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Influencia de fibra de polipropileno en las  
propiedades del concreto para pavimento  
rígido en av. La Florida - Cusco 2021**

Ridel Darwin Merma Hilario

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

# INFLUENCIA DE FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO PARA PAVIMENTO RÍGIDO EN AV. LA FLORIDA - CUSCO 2021

## INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	4%
3	<a href="https://repositorio.uptc.edu.co">repositorio.uptc.edu.co</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
5	<a href="https://dspace.mit.edu">dspace.mit.edu</a> Fuente de Internet	2%
6	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://theibfr.com">theibfr.com</a> Fuente de Internet	1%

9	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1 %
10	Submitted to Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Trabajo del estudiante	<1 %
11	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
12	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.utp.edu.co Fuente de Internet	<1 %
18	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

20	<a href="http://tabarato.blogspot.com">tabarato.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
22	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
23	<a href="http://tesis.unap.edu.pe">tesis.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
26	<a href="http://repositorio.uma.edu.pe">repositorio.uma.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://qdoc.tips">qdoc.tips</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1 %
30	Submitted to Southern New Hampshire University - Continuing Education Trabajo del estudiante	<1 %

31	<a href="http://cienciasmarinas.com.mx">cienciasmarinas.com.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="http://repositorio.unapiquitos.edu.pe">repositorio.unapiquitos.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
33	<a href="http://repositorio.unh.edu.pe">repositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
34	<a href="http://repository.eia.edu.co">repository.eia.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
35	Submitted to University of London External System Trabajo del estudiante	<1 %
36	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
37	<a href="http://repositorio.uandina.edu.pe">repositorio.uandina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
38	Joaquín Moncho Vasallo. "Pruebas no paramétricas", Elsevier BV, 2015 Publicación	<1 %
39	<a href="http://repositorio.unu.edu.pe">repositorio.unu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
40	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
41	<a href="http://www.plataformassalvaescaleras.net">www.plataformassalvaescaleras.net</a> Fuente de Internet	<1 %

42	<a href="https://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
43	<a href="https://archive.org">archive.org</a> Fuente de Internet	<1 %
44	<a href="http://www.clad.org.ve">www.clad.org.ve</a> Fuente de Internet	<1 %
45	<a href="https://123dok.com">123dok.com</a> Fuente de Internet	<1 %
46	<a href="https://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
47	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
48	<a href="https://repositorio.usanpedro.edu.pe">repositorio.usanpedro.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
49	Submitted to Technological University Of The Philippines Trabajo del estudiante	<1 %
50	<a href="https://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1 %
51	<a href="https://dokumen.pub">dokumen.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
52	<a href="https://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
53	<a href="https://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a>	

Fuente de Internet

<1 %

54

[www.theibfr.com](http://www.theibfr.com)

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad Continental y a mis asesores de tesis.

## **DEDICATORIA**

Les dedico este trabajo de investigación a mis padres y a mis amigos,  
por todo su apoyo.

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
ÍNDICE .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiii
CAPÍTULO I .....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 <i>Objetivo general.</i> .....	4
1.2.2 <i>Objetivos específicos.</i> .....	4
1.3 Justificación e importancia .....	4
1.4 Hipótesis .....	5
1.5 Operacionalización de variables .....	7
1.5.1 <i>Variable independiente.</i> .....	7
1.5.2 <i>Variable dependiente.</i> .....	8
CAPÍTULO II.....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes de la investigación.....	9
2.2 Base teóricas.....	13
CAPÍTULO III.....	17
METODOLOGÍA.....	17
3.1 Método, tipo o alcance de la investigación.....	17
CAPÍTULO IV .....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	20

4.1 Presentación de resultados.....	20
4.2 Discusión de resultados .....	57
CAPÍTULO V.....	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
5.1 Conclusiones.....	60
5.2 Recomendaciones .....	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
ANEXOS .....	68
ANEXO 1: Matriz de consistencia. ....	69
ANEXO 2: Matriz de operacionalización de variables. ....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Infraestructura vial existente en el Perú en condición pavimentada y no pavimentada por departamento. ....	2
Tabla 2: Variable Independiente - Fibras de polipropileno. ....	7
Tabla 3: Variable dependiente – Propiedades del concreto. ....	8
Tabla 4: Características del agregado grueso (piedra chancada). ....	20
Tabla 5: Características del agregado fino (arena).....	20
Tabla 6: Descripción de las mezclas. ....	21
Tabla 7: Resistencia promedio requerida. ....	22
Tabla 8: Contenido de aire según tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso (AG) .....	22
Tabla 9: Volumen de agua de acuerdo con el slump y TMN del AG. ....	22
Tabla 10: Relación a/c de acuerdo con $f'_{cr}$ a los 28 días. ....	23
Tabla 11: Peso del AG según su TMN. ....	23
Tabla 12: Cantidad de materiales por $m^3$ - mezcla patrón. ....	25
Tabla 13: Cantidad de materiales por $m^3$ de concreto incorporando con 100g de fibra de polipropileno. ....	25
Tabla 14: Cantidad de materiales por $m^3$ de concreto incorporando con 200g de fibra de polipropileno. ....	25
Tabla 15: Cantidad de materiales por $m^3$ de concreto incorporando con 300g de fibra de polipropileno. ....	26
Tabla 16: Cantidad de materiales por $m^3$ de concreto incorporando con 400g de fibra de polipropileno. ....	26
Tabla 17: Cantidad de materiales por $m^3$ de concreto incorporando con 500g de fibra de polipropileno. ....	26
Tabla 18: Resultados del ensayo de asentamiento. ....	28
Tabla 19: Resultados de ensayos de flexión en la muestra patrón. ....	30
Tabla 20: Resultados de ensayos de flexión en muestras con incorporación de fibras. ....	31
Tabla 21: Resultados del ensayo de compresión para la muestra patrón. ....	33
Tabla 22: Resultados del ensayo de compresión para la muestra patrón. ....	33
Tabla 23: Tipos de fracturas en los cilindros reforzados con fibras de polipropileno. ....	35
Tabla 24: Resumen de resultados de módulo de rotura para la mezcla MSF-1. ....	36
Tabla 25: Valores de “k (p)”. ....	38
Tabla 26: Resultados del análisis estadístico del módulo de rotura de la muestra patrón. ....	39
Tabla 27: Validación de datos resultados muestra patrón. ....	40

Tabla 28: Resultados del análisis estadístico del módulo de rotura de las muestras con incorporación de fibras de polipropileno. ....	40
Tabla 29: Validación de datos resultados de las muestras con incorporación de fibras de polipropileno. ....	40
Tabla 30: Resistencia promedio a la compresión de la muestra patrón. ....	41
Tabla 31: Resistencia promedio a la compresión de las muestras con incorporación de fibras de polipropileno. ....	42
Tabla 32: Rangos obtenidos de la prueba de Kruskal-Wallis para MR. ....	44
Tabla 33: Resultados estadísticos de la prueba de Kruskal Wallis para MR. ....	44
Tabla 34: Rangos obtenidos de la prueba de Kruskal-Wallis para f'c. ....	45
Tabla 35: Resultados estadísticos de la prueba de Kruskal Wallis para f'c. ....	46
Tabla 36: Rangos obtenidos de la prueba de Kruskal-Wallis para asentamiento (slump). ....	46
Tabla 37: Resultados estadísticos de la prueba de Kruskal Wallis para asentamiento (slump). ....	47
Tabla 38: Resumen de resultados de MR obtenidos. ....	48
Tabla 39: Resumen previo del análisis de varianza para MR. ....	49
Tabla 40: Resultados del análisis de varianza para MR. ....	49
Tabla 41: Resumen de valor promedio de MR para cada grupo. ....	50
Tabla 42: Resultados de la prueba de Tukey para MR. ....	50
Tabla 43: Resumen de resultados de f'c obtenidos. ....	51
Tabla 44: Resumen previo del análisis de varianza para f'c. ....	52
Tabla 45: Resultados del análisis de varianza para f'c. ....	52
Tabla 46: Resumen de valor promedio f'c para cada grupo. ....	53
Tabla 47: Resultados de la prueba de Tukey para f'c. ....	53
Tabla 48: Resumen de resultados de slump obtenidos. ....	54
Tabla 49: Resumen previo del análisis de varianza para el slump. ....	55
Tabla 50: Resultados del análisis de varianza para slump. ....	55
Tabla 51: Resumen de valor promedio slump para cada grupo. ....	56
Tabla 52: Resultados de la prueba de Tukey para slump. ....	57
Tabla 53: Matriz de consistencia. ....	69
Tabla 54: Matriz de operacionalización de variables. ....	70
Tabla 55: Ficha de validación - juicio de expertos. ....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ensayo de asentamiento. ....	14
Figura 2. Ensayo de compresión de probetas cilíndricas. ....	15
Figura 3. Ensayo de resistencia a la flexotracción. ....	15
Figura 4. Ensayo de asentamiento realizado. ....	28
Figura 5. Ensayo de flexión realizado. ....	29
Figura 6. Especímenes de vigas falladas a los 28 días. ....	29
Figura 7. Probetas cilíndricas de concreto elaboradas. ....	32
Figura 8. Ensayo de resistencia a la compresión realizado. ....	32
Figura 9. Variación del módulo de rotura de la muestra patrón y con adición de fibras de polipropileno. ....	41
Figura 10. Variación de resistencia a la compresión de las muestras patrón y con incorporación de fibras de polipropileno en diferentes dosificaciones. ....	43
Figura 11. Ensayo de resistencia a la compresión. ....	71
Figura 12. Ensayo de resistencia a la flexión. ....	71
Figura 13. Análisis granulométrico para agregado grueso. ....	71
Figura 14. Análisis granulométrico para agregado fino. ....	71
Figura 15. Contenido de humedad de agregado grueso y fino. ....	71
Figura 16. Ensayo de peso unitario suelto y compactado para agregado grueso. ....	71
Figura 17. Ensayo de peso unitario suelto y compactado para agregado fino. ....	71
Figura 18. Densidad y absorción de agregado grueso. ....	71
Figura 19. Densidad y absorción de agregado fino. ....	71
Figura 20. Certificado de calibración – Prensa de concreto. ....	71
Figura 21. Certificado de calibración – Balanza electrónica. ....	71
Figura 22. Certificado de calibración – Horno. ....	71
Figura 23. Ficha técnica de fibra de polipropileno Sikafiber PE – Hoja 1. ....	71
Figura 24. Ficha técnica de fibra de polipropileno Sikafiber PE – Hoja 2. ....	71
Figura 25. Ficha técnica de fibra de polipropileno Sikafiber PE – Hoja 3. ....	71
Figura 26. Procedimiento para realización de ensayo de compresión – hoja 1. ....	71
Figura 27. Procedimiento para realización de ensayo de compresión – hoja 2. ....	71
Figura 28. Procedimiento para realización de ensayo de flexión – hoja 1. ....	71
Figura 29. Procedimiento para realización de ensayo de flexión – hoja 2. ....	71
Figura 30. Análisis de costos unitarios – hoja 1. ....	71
Figura 31. Análisis de costos unitarios – hoja 2. ....	71
Figura 32. Análisis de costos unitarios – hoja 3. ....	71
Figura 33. Foto 1. ....	71

Figura 34. Foto 2.....	71
Figura 35. Foto 3.....	71
Figura 36. Foto 4.....	71
Figura 37. Foto 5.....	71
Figura 38. Foto 6.....	71
Figura 39. Foto 7.....	71
Figura 40. Foto 8.....	71
Figura 41. Foto 9.....	71
Figura 42. Foto 10.....	71

## ÍNDICE DE ANEXOS

## RESUMEN

La presente tesis tuvo por **objetivo** evaluar la influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto para el pavimento rígido en la Av. La Florida, del distrito de San Jerónimo, en Cusco. El **tipo de investigación** fue aplicada, el **nivel** fue explicativo y el **diseño** experimental. La **población** fue el pavimento de concreto de las avenidas existentes en el distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco y departamento de Cusco y la **muestra** fue el pavimento de concreto de la avenida La Florida, de 312 m de longitud, del distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco y departamento de Cusco. El **procedimiento** consistió en realizar un total de 12 probetas y 24 vigas de concreto (tradicional y con incorporación de fibras de polipropileno en dosificaciones de 100g, 200g, 300g, 400g y 500g) las cuales fueron sometidas a ensayos de compresión y flexión respectivamente. Los **principales resultados** fueron que las fibras de polipropileno lograron incrementar el módulo de rotura del concreto hasta en 10 % y la resistencia a la compresión hasta 27.2 % en comparación con el concreto tradicional, para una dosificación de 300 g de fibras de polipropileno. Finalmente, se **concluye** que la incorporación de fibras de polipropileno permitió mejorar las propiedades de resistencia a la flexión y resistencia a la compresión del concreto.

**Palabras clave:** fibra de polipropileno, propiedades del concreto, pavimento rígido.

## ABSTRACT

The objective of this thesis was to evaluate the influence of polypropylene fibers on the properties of concrete for rigid pavement on Av. La Florida, in the district of San Jerónimo-Cusco. The type of research was applied, the level was explanatory and the experimental design. The population was the concrete pavement of existing avenues in the district of San Jerónimo, province of Cusco and department of Cusco and the sample was the concrete pavement of La Florida Avenue, 312 m long, in the district of San Jerónimo, province of Cusco and department of Cusco. The procedure consisted of making a total of 12 specimens and 24 concrete beams (traditional and with the incorporation of polypropylene fibers in dosages of 100g, 200g, 300g, 400g and 500g) which were subjected to compression and bending tests, respectively. The main results were that the polypropylene fibers were able to increase the modulus of rupture of the concrete by up to 10% and the compressive strength by up to 27.2% compared to traditional concrete, for a dosage of 300 g of polypropylene fibers. Finally, it is concluded that the incorporation of polypropylene fibers allowed to improve the properties of flexural strength and compressive strength of the concrete.

**Keywords: polypropylene fiber, concrete properties, rigid pavement.**

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación busca evaluar la influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto para pavimento rígido en la Av. La Florida, del distrito de San Jerónimo de Cusco, con la finalidad de garantizar el buen desempeño del nuevo pavimento rígido a construirse, debido a que el actual se encuentra notablemente deteriorado. En este contexto, dichas propiedades a evaluarse son la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y la trabajabilidad. Asimismo, se realizará una comparativa entre los costos del concreto convencional con los costos del concreto con fibra incorporada, la cual tendrá cinco dosificaciones: 100g, 200g, 300g, 400g y 500g. Se parte de la hipótesis que la incorporación de la fibra de polipropileno contribuirá con la mejora de las propiedades del concreto y, además, reducirá sus costos de producción.

Este estudio se fundamenta en el hecho de que en nuestro país, específicamente en el departamento de Cusco, suele emplearse el pavimento de concreto como una alternativa vial eficiente. Lamentablemente, en referencia a la red vial vecinal, muchas veces estos pavimentos presentan evidencias de deterioro como la aparición de fallas estructurales y funcionales que impiden una correcta transitabilidad vehicular por las avenidas distritales, provocando que el pavimento no cumpla con su periodo de vida útil para el cual fue diseñado, perjudicando, así, la calidad de vida de la población. Todo esto sumado al incremento del flujo vehicular, así como a la aparición de vehículos pesados, provoca el deterioro de la losa de concreto que sirve como capa de rodadura. Por lo expuesto, actualmente, se buscan nuevos métodos que permitan mejorar las propiedades mecánicas del pavimento de concreto e incrementar su vida útil. Uno de estos métodos consiste en aplicar fibras naturales o sintéticas en la mezcla de concreto con la finalidad de mejorar su respuesta ante la acción de las cargas vehiculares, optimizando su desempeño, siendo una de las fibras sintéticas más utilizadas las fibras de polipropileno, cuyo uso es relativamente reciente pero cuya eficiencia ha quedado demostrada no solo en investigaciones nacionales sino también en diversos países del mundo. Es así que la presente tesis se estructura en cuatro capítulos:

En el capítulo I, se expone el planteamiento del problema, detallándose los objetivos, las hipótesis y las variables.

En el capítulo II, se desarrolla el marco teórico, exponiendo los antecedentes internacionales y nacionales de la presente investigación, así como también la base teórica.

En el capítulo III, se formula la metodología de la investigación, definiendo el diseño, el enfoque y el nivel de la investigación, así como la población y la muestra.

En el capítulo IV, se exponen y discuten los resultados de la investigación y se realiza la prueba de hipótesis general y específicas.

Y, al final, se exponen las conclusiones y recomendaciones, así como la bibliografía empleada y se muestran los anexos.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1 Planteamiento y formulación del problema

En la actualidad, el empleo de los pavimentos elaborados en base al concreto ha visto un crecimiento notable a lo largo de todo el mundo. Sin embargo, se debe mencionar que estos pavimentos poseen una serviciabilidad que va decreciendo conforme pasa el tiempo. Por ello, resulta imprescindible el empleo de materiales novedosos que, al ser incorporados en ellos, permitan el logro de mejoras en sus propiedades mecánicas. En este contexto, destacan las fibras sintéticas y, dentro de ellas, las fibras de polipropileno (1).

Es así como, en los últimos años, se han llevado a cabo diversas investigaciones relacionadas con el empleo de polipropileno como refuerzo del concreto de pavimentos rígidos. Por ejemplo, se realizó en Ecuador una investigación en la cual se incorporó esta fibra en el concreto para pavimento rígido, obteniendo que estas fibras aportan beneficios como la disminución de fisuras, así como el incremento considerable de la resistencia a tracción y de otras propiedades (2). Asimismo, se realizó en Guatemala un estudio en el cual se evaluó de qué manera influye la fibra en mención en la resistencia a la flexión de los pavimentos rígidos, demostrándose que se logró incrementar esta resistencia, así como la capacidad de carga del concreto (3).

En nuestro país, también se han llevado a cabo algunas investigaciones pertinentes. Es así que se realizó una investigación en Lima en la cual se evaluó de qué manera el polipropileno, cuando es incorporado como fibra macro sintética, permite el mejor desempeño del concreto, afirmándose que, a una edad de 28 días, estas fibras influyen de manera favorable tanto en la resistencia a compresión, así como también en la flexión (4). Esta última propiedad también resultó incrementada en un estudio llevado a cabo en pavimentos de Piura, demostrándose el valioso aporte de las fibras de polipropileno (5). Sin embargo, aún no se han realizado estudios sobre la influencia de estas fibras en pavimentos de concreto del departamento de Cusco.

Tabla 1: Infraestructura vial existente en el Perú en condición pavimentada y no pavimentada por departamento.

DEPARTAMENTO	LONGITUD TOTAL	NACIONAL		DEPARTAMENTAL			VECINAL			
		SUB-TOTAL	Pavimentada	No Pavimentada	SUB-TOTAL	Pavimentada	No Pavimentada	SUB-TOTAL	Pavimento	No Pavimentada
TOTAL	175,589.3	27,045.6	22,535.1	4,510.6	27,951.0	4,262.4	23,688.6	120,592.7	2,781.6	117,811.0
Amazonas	3,260.3	855.0	851.5	3.5	754.3	31.3	723.0	1,651.0	0.0	1,651.0
Áncash	10,743.7	1,885.9	1,435.5	450.4	1,223.0	526.7	696.4	7,634.7	117.7	7,517.0
Apurímac	8,129.1	1,284.0	1,013.5	270.5	1,290.8	9.1	1,281.8	5,554.3	11.6	5,542.7
Arequipa	10,214.1	1,493.0	1,214.5	278.5	1,739.5	977.9	761.7	6,981.5	576.5	6,405.0
Ayacucho	12,585.3	1,794.0	1,726.7	67.4	1,855.3	297.4	1,557.9	8,935.9	111.9	8,823.9
Cajamarca	14,718.2	1,740.1	1,519.5	220.6	888.8	31.8	857.0	12,089.4	67.4	12,022.0
Callao	52.1	45.2	45.2	0.0	6.9	5.2	1.7	0.0	0.0	0.0
<b>Cusco</b>	<b>17,504.7</b>	<b>2,032.8</b>	<b>1,623.5</b>	<b>409.4</b>	<b>2,803.5</b>	<b>565.2</b>	<b>2,238.3</b>	<b>12,668.4</b>	<b>304.6</b>	<b>12,363.8</b>
Huancavelica	8,244.3	1,446.3	1,187.8	258.5	2,002.3	21.3	1,981.0	4,795.7	0.7	4,795.1
Huánuco	7,873.9	1,313.5	914.0	399.4	772.4	16.7	755.8	5,787.9	81.4	5,706.5
Ica	3,646.2	697.3	683.3	14.1	743.1	48.9	694.1	2,205.8	182.2	2,023.6
Junín	11,995.4	1,783.5	1,061.6	721.9	1,125.2	76.7	1,048.5	9,086.8	239.6	8,847.2
La Libertad	8,808.0	1,262.2	954.6	307.6	1,941.2	106.4	1,834.8	5,604.7	160.5	5,444.2
Lambayeque	3,197.5	469.0	450.8	18.2	674.5	208.6	465.8	2,054.0	27.6	2,026.4
Lima	7,615.6	1,685.0	1,357.4	327.6	1,609.7	160.4	1,449.3	4,320.9	154.3	4,166.6
Loreto	893.6	128.9	88.6	40.3	320.7	97.2	223.6	443.9	19.1	424.8
Madre de Dios	2,015.0	399.3	399.3	0.0	340.0	2.3	337.6	1,275.8	6.4	1,269.4
Moquegua	2,933.2	470.3	470.3	0.0	906.9	117.6	789.3	1,556.0	108.5	1,447.5
Pasco	3,597.9	588.3	367.1	221.2	917.8	34.7	883.1	2,091.8	13.3	2,078.5
Piura	8,865.8	1,733.0	1,655.6	77.3	634.5	168.9	465.6	6,498.3	333.3	6,165.0
Puno	17,298.3	2,018.9	1,804.1	214.9	2,369.1	404.3	1,964.8	12,910.3	76.2	12,834.1
San Martín	5,250.3	824.0	769.6	54.5	965.5	191.6	774.0	3,460.7	2.2	3,458.5
Tacna	2,643.1	631.1	580.1	51.0	489.7	85.0	404.7	1,522.3	175.1	1,347.2
Tumbes	993.3	138.5	138.5	0.0	287.5	71.7	215.8	567.3	9.3	558.0
Ucayali	2,510.5	326.5	222.5	104.0	1,288.8	5.5	1,283.3	895.2	2.3	892.9

Fuente: MTC, 2021.

Como se puede apreciar en la tabla 1, Cusco es el segundo departamento con mayor cantidad de kilómetros en su red vial vecinal (12,668.4 km) estando 304.6 km pavimentados y 12,363.8 km sin pavimentar, lo cual evidencia lo absolutamente necesario que es realizar trabajos de pavimentación en este departamento a nivel vecinal, la cual incluye avenidas y pasajes de los diferentes distritos y localidades de este departamento.

Es en este contexto, se realiza la presente investigación, la cual se centra en la localidad la Av. La Florida, en el distrito de San Jerónimo-Cusco, la cual cuenta con un pavimento de concreto que se encuentra deteriorado, que trae como consecuencia malas condiciones de transitabilidad que impiden el acceso vehicular de los pobladores a sus centros de labores, de estudios, así como centros de salud, además que perjudica el comercio de productos. Actualmente dicha avenida, de 312 m. de longitud, presenta fisuras pronunciadas, ahuellamientos, baches, lo cual evidencia que el pavimento no cumplió con su ciclo de vida programado haciendo que la avenida sea intransitable, lo cual perjudica el tránsito de personas y vehículos. Un informe de la Municipalidad Distrital de San Jerónimo (2022) señala que el 65% de esta avenida se encuentra en mal estado y apenas se ha invertido en mantenimiento en un 12% de ésta. Y ello, sumado al incremento de la población en el distrito de San Jerónimo, donde se ubica la Av. La Florida, origina que sea necesario y de manera urgente, la creación de un nuevo pavimento rígido, y reforzando el concreto de este nuevo pavimento a construirse con fibras de polipropileno con la finalidad de optimizar su desempeño estructural garantizando su periodo de vida útil.

Es así que, en la presente investigación se evaluará la influencia de fibra de polipropileno en el módulo de rotura en el pavimento rígido en la Av. La Florida - Cusco 2021.

## **Formulación interrogativa del problema**

### **Problema general**

¿De qué manera la incorporación de fibras de polipropileno influye en las propiedades del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco?

### **Problemas específicos**

- ¿De qué manera la incorporación de fibras de polipropileno influye en el módulo de rotura del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco?
- ¿De qué manera la incorporación de fibras de polipropileno influye en la resistencia a la compresión del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco?

- ¿De qué manera influye la incorporación de fibras de polipropileno en la trabajabilidad del concreto del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco?
- ¿De qué manera influye la incorporación de fibras de polipropileno en el costo del concreto para el pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco?

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 *Objetivo general.*

Evaluar la influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del pavimento de concreto en Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.

### 1.2.2 *Objetivos específicos.*

- Determinar cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en el módulo de rotura del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.
- Determinar cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en la resistencia a la compresión del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.
- Evaluar cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en la trabajabilidad del concreto del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.
- Evaluar cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en el costo del concreto para el pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.

## 1.3 Justificación e importancia

### **Justificación teórica**

Teóricamente el presente estudio se justifica, puesto que permitirá conocer si la fibra de polipropileno contribuye de manera positiva en la mejora de las propiedades del concreto para pavimento rígido, centrándose específicamente en la trabajabilidad, resistencia a la compresión y resistencia a la flexotracción. Asimismo, es importante mencionar que el tema en estudio elegido será de gran utilidad en los trabajos de ingeniería civil, puesto que lamentablemente suelen deteriorarse los pavimentos de concreto y con ello también ocurre una pérdida de la serviciabilidad de las vías. Es así

que se buscan nuevas técnicas que mejoren u optimicen su desempeño, como es el caso de hacer uso de las fibras de polipropileno, lo cual tiene una contribución muy importante en el tiempo de vida de dichos pavimentos.

### **Justificación metodológica**

En el aspecto metodológico, el estudio se justifica puesto que hace uso de un diseño en base a variación porcentual de la cantidad de fibra de polipropileno, ello con el fin de poder determinar cuál es la cantidad de este material que resulta más factible a ser empleada dentro del concreto que será empleado para pavimentos rígidos.

### **Justificación práctica**

Desde el punto de vista práctico, el estudio llevado a cabo se justifica puesto que en la actualidad la Av. La Florida, en el distrito de San Jerónimo-Cusco, cuenta con un pavimento de concreto que se encuentra deteriorado, lo cual trae como consecuencia malas condiciones de transitabilidad que impiden el acceso vehicular de los pobladores a sus centros de labores, de estudios, así como centros de salud, además que perjudica el comercio de productos. Por ello se plantea la creación de un nuevo pavimento de concreto pero reforzado con fibras de polipropileno para optimizar su desempeño estructural mejorando su resistencia a la flexión. Asimismo, es importante mencionar como parte de la justificación práctica que el estudio servirá como apoyo para los nuevos proyectos que se lleven a cabo más adelante toda vez que se contemple el empleo de estas fibras, puesto que, con el descubrimiento de sus propiedades, los profesionales tendrán un criterio más amplio al momento de aplicarlas en infraestructuras viales.

## **1.4 Hipótesis**

### **Hipótesis general**

La incorporación de fibras de polipropileno mejora las propiedades del pavimento de concreto de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.

### **Hipótesis específicas**

- La incorporación de fibras de polipropileno contribuye a mejorar el módulo de rotura del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.
- La incorporación de fibras de polipropileno contribuye a mejorar la resistencia a la compresión del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.

- La incorporación de fibra de polipropileno influye positivamente en la trabajabilidad que tiene el concreto en el pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.
- La incorporación de fibra de polipropileno reduce el costo del concreto para el pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.

## 1.5 Operacionalización de variables

### 1.5.1 Variable independiente.

a) Definición conceptual

Tabla 2: Variable Independiente - Fibras de polipropileno.

TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA
<b>Variable Independiente:</b> Fibra de polipropileno	Las fibras de polipropileno se pueden definir como aquellas fibras sintéticas que se pueden emplear como refuerzo para el concreto, y además suelen caracterizarse por ser hidrofóbicas y no corrosivas, siendo también resistentes a los álcalis del cemento y presentando una conductividad térmica notablemente baja (4).	Son fibras que se emplean como refuerzo del concreto y que serán incorporadas en dosificaciones de 100g, 200g, 300g, 400g y 500g.	Influencia en el diseño del concreto.	Porcentaje de Dosificación de la fibra.	Porcentaje (%)	Razón
			Costo de producción	Costo directo	Costo por m <sup>3</sup> de concreto (S/.)	Razón
				Costo de equipo	Costo por m <sup>3</sup> de concreto (S/.)	Razón

Fuente: Elaboración propia.

Normas:

ACI 544.1R-96. (2002). Report on Fiber Reinforced Concrete.

### 1.5.2 Variable dependiente.

#### a) Definición conceptual

Tabla 3: Variable dependiente – Propiedades del concreto.

TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA
<b>Variable Dependiente:</b> Propiedades del concreto	Son aquellas vinculadas a las propiedades de tipo físicas del concreto como la trabajabilidad, así como también a las de tipo mecánicas que permiten soportar la ocurrencia de cargas, como la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexotracción (6).	Son las propiedades de trabajabilidad que el concreto muestra cuando se encuentra fresco, y la resistencia a la compresión y flexo-tracción que muestra cuando se ha endurecido, las cuales son obtenidas gracias a la realización de ensayos llevados a cabo en laboratorio.	Resistencia a la flexo-tracción	Módulo de rotura	Kg/cm <sup>2</sup>	Razón
			Resistencia a la compresión	F'c	Kg/cm <sup>2</sup>	Razón
			Trabajabilidad	Slump	Pulgadas	Razón

Fuente: Elaboración propia.

#### Normas:

- NTP 339.078 (2012): Expone el ensayo de resistencia a la flexión del concreto.
- NTP 339.034 (2015): Expone el ensayo de resistencia a la compresión del concreto.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

##### **Antecedentes internacionales**

Según señalan Lindao y Romero, en el año 2018, llevaron a cabo una investigación que tuvo por objetivo determinar de qué manera las fibras de polipropileno logran afectar positivamente las propiedades de los hormigones para pavimentos rígidos, ya sea en el aspecto físico o mecánico. Siendo importante mencionar que se hizo uso de una metodología caracterizada por ser cuasi experimental, haciendo grupos de control de pre test y post test con un total de 38 probetas ensayadas. Los resultados de esta tesis arrojaron un incremento de la resistencia a la flexión del concreto de 2.85% con fibras de polipropileno, mientras que con las fibras metálicas el incremento fue de 13%. Finalmente se obtuvo como conclusión que la incorporación de fibra de polipropileno (de dosificación 142 gr por cada 50 kilogramos de cemento) y fibras metálicas (de dosificación 30 kg/m<sup>3</sup>) provocaron un incremento del costo de 1.25% y 1.6% respectivamente, con respecto al costo del concreto tradicional (sin refuerzo). Esta tesis sirve para nuestra investigación por la metodología empleada, la cual tomaremos para nuestra investigación (2).

Por otra parte, también se puede mencionar a Montoya que realizó un estudio cuyo objetivo fue la búsqueda de una alternativa eficiente para losas destinadas a ser empleada en parqueos y con el apoyo de fibras de polipropileno en el concreto. Siendo imprescindible que fuera utilizada una metodología que se caracterizó por ser cuasi experimental, haciendo grupos de control de pre test y post test con un total de 38 probetas ensayadas. Asimismo, se debe señalar que los resultados permitieron descubrir un incremento de la resistencia a la flexión del concreto de 6% con fibras de polipropileno, mientras que con las fibras metálicas el incremento fue de 13.6%. Finalmente se obtuvo como conclusión que incorporando este material (de dosificación 8 kg por cada m<sup>3</sup> de concreto) así como también fibras metálicas (de dosificación de 45 kg

por cada m<sup>3</sup> de concreto) provocaron un incremento del costo de hasta 3.5% y 11.5% respectivamente, con respecto al costo del concreto tradicional (sin refuerzo) (3).

Por su parte, López llevó a cabo una investigación que presentó por objetivo evaluar de qué manera el módulo de rotura del concreto puede ser mejorado cuando se adiciona las fibras de polipropileno. Se debe señalar que fue necesario el empleo de una metodología que se caracterizó por ser experimental, haciendo grupos de control de pretest y post test con un total de 24 probetas ensayadas. Los resultados de esta tesis arrojaron un incremento del módulo de rotura del concreto de 2.5% con fibras de polipropileno. Por último, se debe exponer como conclusión que se obtuvo que la incorporación de fibra de polipropileno (de dosificación 1 kg por cada m<sup>3</sup> de concreto) provocó un incremento del costo de hasta 5.03% con respecto al costo del concreto tradicional (1).

Asimismo, es importante mencionar a Cabarcas y Gamarra quienes elaboraron un estudio que tuvo como objetivo, llevar a cabo, empleando fibras de polietileno así como también de polipropileno, el diseño de concreto a ser utilizado en pavimentos. Resulta imprescindible mencionar que fue necesario el empleo de una metodología que se caracterizó por ser experimental, haciendo grupos de control de pre-test y post-test con un total de 42 probetas ensayadas. Además, se debe señalar que los resultados de esta tesis arrojaron un incremento del módulo de rotura en 12.41% con fibras de polipropileno. Por último, se debe exponer como conclusión que se obtuvo que la incorporación de fibra de polipropileno (de dosificación 6 kg por cada m<sup>3</sup> de concreto) provocó un incremento del costo de hasta 8.42% con respecto al costo del concreto tradicional (7).

Por otro lado, Zamorano llevó a cabo una investigación que tuvo como objetivo evaluar de qué manera las macrofibras de polipropileno llegan a influenciar en el ámbito tanto económico, así como también en lo técnico, cuando se emplean en los hormigones para pavimentos industriales. Asimismo, es de importancia señalar que fue necesario emplear una metodología experimental, haciendo grupos de control de pre test y post test analizando 5 tipos de fuentes de polipropileno. Los resultados demostraron que la incorporación de macrofibras de polipropileno provoca una disminución del precio de hasta en 20% respecto al hormigón industrial convencional. Por último, se debe exponer como conclusión que luego de incorporar microfibras de polipropileno se logra un ahorro no sólo económico sino también en tiempo y ejecución comparado con la solución convencional (8).

### **Antecedentes nacionales**

Se puede mencionar Vargas y Yataco, cuya investigación presentó por objetivo llevar a cabo una evaluación acerca de cómo influye las fibras de acero y polipropileno con respecto a la propiedad del concreto de resistencia a la flexión. Se debe mencionar que fue necesario emplear una metodología cuasi experimental empleando grupos de control pre test y post test, con un total de 72 probetas ensayadas. Asimismo, como resultado fue posible apreciar un aumento de la resistencia a la flexión de 37 % para fibras de acero y 18 % para fibras de polipropileno. Finalmente se obtuvo como conclusión que con la incorporación de fibra de polipropileno de dosificación 5 kg/m<sup>3</sup> los pavimentos son hasta 25% más económicos que con fibras de acero. Esta tesis sirve para nuestra investigación por el análisis descriptivo empleado, el cual tomaremos para presentar los resultados de nuestra investigación (5).

Por otro lado, Chapoñan y Quispe realizaron una investigación que tuvo el objetivo evaluar de qué manera se comporta el concreto para pavimentos rígidos cuando se incorpora fibras de polipropileno en el A.H Villamaría - Nuevo Chimbote. Se debe señalar que la metodología empleada fue experimental, haciendo grupos de control de pre test y post test con un total de 48 probetas ensayadas. Asimismo, como resultados de esta tesis se apreció un incremento de la resistencia a la flexión de 0.63 % con fibras de polipropileno. Finalmente se obtuvo como conclusión que cuando se adiciona este material (de dosificación 115 % de 600gr) son hasta 12 % más económicos con respecto al costo del concreto tradicional (sin refuerzo) (9).

Por su parte, Ingaroca llevó a cabo un estudio en el cual expuso como objetivo evaluar los efectos que se originan cuando se incorpora en el concreto las fibras de polipropileno para el pavimento rígido de la Av, Nicolás Ayllón en el distrito de Morococha-Junín. La metodología empleada fue experimental, haciendo grupos de control de pre test y post test con un total de 52 probetas ensayadas. Los resultados de esta tesis arrojaron un incremento de la resistencia a la flexión de 16.41 % con fibras de polipropileno. Finalmente se obtuvo como conclusión que este material (de dosificación 600 gr/m<sup>3</sup>) permite un aumento considerable en la resistencia a la flexión expresada en su módulo de rotura (10).

Por otro lado, la tesis de Silupu y Saldaña presentó por objetivo cómo afecta al concreto la adición de fibras de polipropileno, en Trujillo. La metodología empleada fue experimental, haciendo grupos de control de pre test y post test con un total de 6 probetas ensayadas. Se debe señalar también que, como resultados se apreció un incremento de la resistencia a la flexión en 25 % y 26 % para la incorporación de dicho material proporcionado por las marcas SikaFiberPE y Z Aditivos respectivamente. Finalmente se puede mencionar como conclusión que al adicionar dicho material (de dosificación 0.7

kg/m<sup>3</sup> para ambos tipos de fibras) permiten una mejora apreciable en relación a la resistencia a la flexión (11).

Asimismo, Achancaray y Grajeda llevaron a cabo un estudio el cual presentó como objetivo de qué manera influye la adición de fibras de polipropileno en las propiedades del concreto para pavimentos rígidos en Cusco. La metodología empleada fue experimental, haciendo grupos de control de pre test y post test con un total de 28 probetas ensayadas. Es imprescindible señalar que como resultados al adicionar al concreto con 600 gr/m<sup>3</sup> de fibra de polipropileno se pudo conseguir hasta un aumento de 14 % en relación con la resistencia a la flexión. Finalmente se obtuvo como conclusión que al adicionar dicho material en la cantidad mencionada los concretos son hasta 18 % más económicos con respecto al costo del concreto tradicional (sin refuerzo) (12).

### **Artículos científicos**

Se pueden mencionar a Ali et al., quienes realizaron un artículo que tuvo por objetivo evaluar el desempeño ambiental y económico de pavimentos diseñados con diferentes compuestos de concreto fibroso (FCC), empleando fibra de vidrio (GF), fibra de acero en forma de gancho (HSF) y fibra de polipropileno (PPF). La metodología empleada fue experimental. Es imprescindible señalar que como resultados se obtuvieron que a nivel de resistencia el HSF-FCC supera tanto a PPF-FCC como a GF-FCC por un margen significativo. A pesar del rendimiento mecánico inferior en comparación con HSF-FCC, tanto PPF-FCC como GF-FCC son muy efectivos para reducir el costo de producción de concreto. Al final se concluye que, en general, el FCC puede generar pavimentos más económicos y ecológicos en comparación con el concreto convencional si la dosis y el tipo de fibra se eligen correctamente como se recomienda en este estudio (13).

Por su parte, Ahmadi et al. realizaron un artículo que tuvo por objetivo evaluar la fractura del pavimento de concreto de dos capas (2LCP) y el comportamiento mecánico mediante la colada del concreto compactado con rodillo (RCC) como la capa inferior y el concreto de cemento Portland convencional (PCC) o con fibras de polipropileno (FPCC) como la capa superior. La metodología fue experimental. Es imprescindible señalar que como resultados se obtuvo que, las fibras no tuvieron efectos positivos sobre la resistencia a la compresión y la flexión, pero mejoraron considerablemente el comportamiento posterior al agrietamiento. Al final se concluye que, en comparación con RCC/PCC de profundidad completa, las muestras 2LCP tenían resistencias a la flexión similares, pero un aumento en el espesor de la capa superior de FPCC aumentó notablemente la energía de fractura (14).

Asimismo, Khan y Ali realizaron un artículo que tuvo por objetivo evaluar las propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibras capilares (HFRC) y el hormigón reforzado con fibras de polipropileno ondulado (WPFRC) para sus posibles aplicaciones en carreteras de hormigón. La metodología fue experimental. Es imprescindible señalar que como resultados se obtuvo que, las resistencias a la compresión, flexión y tracción por división de HFRC mejoran en un 12,4 %, 16,2 % y 19,1 %, respectivamente, y las de WPFRC aumentan en un 11,7 %, 21,5 % y 17,5 %, respectivamente. Al final se concluye que, con estas mejoras, el espesor del camino de concreto para una condición de carga particular estudiada puede reducirse en 12,5 mm, lo cual representa un ahorro de costos (por carril por km) de 3 % y 1,7% mediante el uso de HFRC y WPFRC, respectivamente (15).

Por otra parte, Liang et al. realizaron un artículo que tuvo por objetivo explorar el efecto de la hibridación de fibras de polipropileno (PPF) multiescala sobre las propiedades mecánicas del concreto compactado con rodillo (RCC), evaluando la resistencia a la compresión y tracción. La metodología fue experimental. Es imprescindible señalar que como resultados se obtuvo que, los índices de resistencia a la tracción y compresión del PFRCC multiescala se desempeñaron mejor, lo que indica la hibridación positiva de tres tipos de PPF, además se propuso la ecuación constitutiva de tracción uniaxial de PFRCC y la función de efecto híbrido de fibra. Al final se concluyó que, las propiedades mecánicas de los pavimentos de concreto se ven incrementadas con las fibras de polipropileno (16).

Por otro lado, Hussain et al. realizaron un artículo que tuvo por objetivo evaluar el efecto de diferentes refuerzos de fibra sobre las propiedades mecánicas del concreto de resistencia normal y de alta resistencia. La metodología empleada fue experimental. Es imprescindible mencionar que como resultados se obtuvo que la fibra de acero es superior para mejorar la resistencia a la compresión y la flexión en comparación con la fibra de vidrio y polipropileno. Al final se concluyó que, del análisis costo-beneficio se sugiere que los concretos reforzados con fibra de acero no son económicos en comparación con los concretos reforzados con fibra de vidrio y polipropileno para la misma capacidad de carga (17).

## **2.2 Base teóricas**

### **Concreto**

Resulta imprescindible señalar que es uno de los más antiguos materiales destinados a la construcción (18). En este contexto, su preferencia se debe no solo a su durabilidad, sino también a su resistencia, siendo sumamente importante mencionar que

para su elaboración se hace uso de cemento, agua y agregados, pudiendo ser estos últimos tanto finos como gruesos (19). En general, las propiedades que posee este material difieren a si se encuentra en estado fresco o endurecido, resaltando la trabajabilidad en el primer estado, y la resistencia a compresión y flexo tracción en el segundo (6).

## **Propiedades del concreto**

### **Trabajabilidad**

La trabajabilidad se refiere a la consistencia, movilidad y compactibilidad de concreto fresco. Si el concreto tiene buena trabajabilidad es más fácil y uniforme el acabado. Asimismo, también afecta a las propiedades del concreto después de que se endurezca (6). La prueba de asentamiento o slump (ASTM C 143) sigue siendo el método más popular para medir la consistencia de la mezcla que es la habilidad del concreto a fluir y por consiguiente, la que expresa la trabajabilidad del concreto (20).



Figura 1. Ensayo de asentamiento.

Fuente: Almanza y Zamudio, 2020 (21).

### **Resistencia a la compresión**

Es la resistencia máxima que posee el concreto frente a la acción de una carga que se caracteriza por ser aplicada en dirección axial y que es expresada en  $\text{kg/cm}^2$  (6). Es menester señalar que su valor lo brinda el ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.034 - ASTM C39) el cual se lleva a cabo haciendo uso de moldes cilíndricos (de 150 mm x 300 mm) a los cuales una fuerza vertical es aplicada (22).



Figura 2. Ensayo de compresión de probetas cilíndricas.

Fuente: Domínguez y Fernández, 2020 (23).

### **Resistencia a la flexotracción**

Resulta imprescindible señalar que esta se define como la resistencia ante la ocurrencia de esfuerzos de tracción, y se expresa en el módulo de rotura ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) (6). Su valor es obtenido ensayando una viga a flexión (NTP 339.078/ASTM C-78) (24). Siendo las dimensiones de estas vigas 6 x 6 x 20 pulg.



Figura 3. Ensayo de resistencia a la flexotracción.

Fuente: Domínguez y Fernández, 2020 (23).

## **Pavimento rígido**

El pavimento rígido se caracteriza por estar conformado por losa de concreto, una subbase y una subrasante. Su estudio está ligado a las condiciones geomecánicas del suelo, expresadas en la capacidad de soporte de éste (25). Asimismo, es importante mencionar que, estos pavimentos cuestan un 35% menos que los flexibles, resaltando además que su vida útil es mayor (26). Hoy en día para reforzar el concreto del pavimento rígido se emplean una serie de aditivos como las fibras sintéticas, entre las que destacan las fibras acrílicas, de poliéster y de polipropileno (2).

## **Fibra de polipropileno**

En este estudio se empleará la fibra de polipropileno Sika® Fiber Force PP-48, la cual es macro sintética estructural. Su objetivo, para lo cual fue creada, es para reforzar el concreto, y se debe señalar que para su elaboración se hizo uso de polyolefina, la cual contribuye a optimizar la resistencia a la flexión. Resulta imprescindible señalar a su vez, que esta fue fabricada siguiendo lo establecido por la ISO 9001:2000. La utilidad de esta puede apreciarse en losas, pavimentos, etc. (4). Asimismo, el uso de este material presenta muchas ventajas que pueden mencionarse como lo son su ductilidad, así como su resistencia residual y a la tenacidad.

## **2.3 Definición de términos básicos**

**Agregado grueso:** Una de sus principales características es que no puede pasar el tamiz N°4, siendo imprescindible señalar que es piedra chancada de acuerdo con NTP 400.037. Para obtenerlo es necesario que se lleve a cabo la desintegración de rocas y además para su uso debe poseer textura rugosa, siendo también imprescindible su previa limpieza (27). Este material también puede estar conformado por residuos de construcción, pero solo en ciertos países y siguiendo determinados criterios (28).

**Agregado fino:** Una de sus principales características es que no es retenida por el tamiz 3/8", siendo importante señalar que es arena de acuerdo con NTP 400. 037. Para que pueda ser empleado es imprescindible sea angulosa y por supuesto, que se lleve a cabo una limpieza previa (27). Este material, en ciertas investigaciones sobre el concreto, ha sido reemplazado por cenizas volantes (29).

**Cemento:** Este material, constituido tanto por piedra caliza, así como también por arcilla calcinada, es un aglutinante cuyo contacto con el agua produce que se endurezca (30). Resulta imprescindible señalar que, para llevar a cabo el presente estudio, se empleó el Cemento tipo I, el cual se caracteriza por ser el más empleado en trabajos de pavimentos rígidos (31).

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

### 3.1 Método, tipo o alcance de la investigación

#### **Método**

La investigación emplea un método **hipotético-deductivo**. Este se caracteriza por basarse en aseveraciones cuyo objetivo es lograr falsear o refutar las hipótesis que han sido propuestas, siendo así que se pueden llegar a conclusiones las cuales se comparan con los hechos (32). Siguiendo esta premisa se debe señalar que la tesis hace uso de este método, puesto que, luego de partir de una determinada hipótesis se llevaron a cabo deducciones para obtener las conclusiones.

#### **Tipo**

Es **aplicada** cuando no se busca crear nuevo conocimiento, sino que se hace uso del que ya existe en casos concretos (33). Es así como esta investigación se considera aplicada, puesto que aspira a resolver cierta problemática empleando para ello teoría relacionada que ya existe.

#### **Enfoque**

Es **cuantitativa** cuando está presente tanto la medición numérica, así como también la estadística, para llevar a cabo el estudio (32). Es así como esta investigación se caracterizó por ser cuantitativa puesto que resultó imprescindible realizar mediciones con la finalidad de lograr la obtención de los datos necesarios a ser empleados en la prueba de hipótesis.

#### **Nivel**

Es **explicativo-correlacional** aquel estudio que tiene por finalidad determinar cual es la relación existente entre las variables (33). Por ello es posible aseverar que esta

investigación es explicativa-correlacional puesto está encaminada en encontrar la relación causa-efecto entre ambas variables estudiadas.

### **Diseño**

Es **experimental**, cuando la investigación se lleva a cabo con la manipulación de la variable en la búsqueda de lograr probar la hipótesis (33). Es así que es posible aseverar que este estudio se caracteriza por ser experimental, puesto que la variable fue sometida a manipulación y, asimismo, la hipótesis fue probada con ello.

### **Población**

El pavimento de concreto de la avenida La Florida, de 312 m de longitud, del distrito de San Jerónimo, provincia de Cusco y departamento de Cusco. Se realizarán un total de 12 probetas y 24 vigas de concreto (tradicional y con incorporación de fibras de polipropileno en dosificaciones de 100g, 200g, 300g, 400g y 500g) siendo las primeras sometidas a ensayos de compresión mientras que las segundas a flexión.

Normas empleadas:

- NTP 339.078 (2012): Ensayo de resistencia a la flexión del concreto.
- NTP 339.034 (2015): Ensayo de resistencia a la compresión del concreto.

En la presente investigación se ha trabajado con 6 tipos de mezclas de concreto, es decir una mezcla patrón (MP) y 5 tipos de mezclas con adiciones de fibras de polipropileno en diversos porcentajes (MSF-1, MSF-2, MSF-3, MSF-4 y MSF-5). De acuerdo con la norma ASTM C-39/NTP 339.034 para los ensayos de compresión la muestra de concreto necesaria está dada por la cantidad mínima de probetas que es 2 probetas cilíndricas por cada tipo de mezcla de concreto considerando vías de corta longitud (<500 m), por lo que se tienen un total de 12 probetas (22). Por otra parte, para el ensayo de resistencia a la flexión, de acuerdo con la norma ASTM C-78/NTP 339.078 la muestra de concreto necesaria está dada por la cantidad mínima de vigas que es 3 vigas prismáticas por cada tipo de mezcla, por lo que se tienen un total de 18 vigas (24). Sin embargo, como el Módulo de Rotura (que se obtiene del ensayo de flexión) es el principal parámetro para evaluarse en una losa de concreto destinada a pavimentos rígidos, por ello se optó por realizar 4 vigas por cada tipo de mezcla de concreto, teniendo por lo tanto un total de 24 vigas para el ensayo de flexión.

## **Muestra**

Esta viene a ser una porción de la población (34). Sin embargo, resulta imprescindible señalar en estudio se ha trabajado con toda la población antes mencionada.

## **Muestreo**

Cuando por decisión del propio investigador se elige la muestra a emplearse, en esos casos se habla de un muestreo no probabilístico por conveniencia (34). Es así como es posible aseverar que se hizo uso de un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que se decidió voluntariamente emplear a toda la población como muestra.

## **Técnicas**

Se llama así a aquellos procedimientos que permiten controlar todo el proceso de investigación (33). Por ello, resulta imprescindible señalar que en este estudio se hizo uso de la técnica de observación experimental de los ensayos llevados a cabo en laboratorio, los cuales ya fueron mencionados.

## **Instrumentos**

Se llaman así a aquellas herramientas cuya utilidad se enfoca en el recojo de datos relevantes (33). Es así que en este estudio se hizo uso de formatos de recolección de datos, como son:

- Formato de ensayo de resistencia a compresión.
- Formato de ensayo de resistencia a flexotracción.

## **Métodos de análisis de datos**

Se procesaron los datos empleando para ello, y es importante decirlo, tanto el SPSS v.25 así como también el Excel, haciendo uso de tablas y gráficos.

- Luego de haberse concluido la tarea de recojo de datos provenientes de los ensayos, se llevó a cabo el procesamiento de estos en Excel.
- Posteriormente se procedió a analizar estadísticamente la información mediante SPSS.
- Se llevó a cabo la elaboración de tablas y gráficos los cuales sirvieron para poder realizar la comparación de los resultados.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Presentación de resultados

##### 4.1.1 Resultados de los ensayos de los agregados.

Tabla 4: Características del agregado grueso (piedra chancada).

Cantera	Huacoto
Tamaño máximo (pulg)	1"
Tamaño máximo nominal	3/4"
Absorción (%)	0.62%
Contenido de humedad (%)	0.20%
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.48
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1279
Peso unitario compacto (kg/m <sup>3</sup> )	1452

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 4: Según lo mostrado en la tabla pueden ser contemplados los resultados provenientes de los ensayos a los cuales se sometió al agregado grueso, es decir, las características de la piedra chancada provenientes de la cantera que es conocida con el nombre de Huacoto.

Tabla 5: Características del agregado fino (arena).

Cantera	Huacoto
Tamaño máximo (pulg)	1/2"
Tamaño máximo nominal	3/8"
Absorción (%)	0.28%
Contenido de humedad (%)	5.82%
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.43
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1429
Peso unitario compacto (kg/m <sup>3</sup> )	1623

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 5: Según lo mostrado en la tabla pueden ser contemplados los resultados provenientes de los ensayos a los cuales se sometió al agregado fino, es decir, las características de la arena proveniente de la cantera que es conocida con el nombre de Huacoto.

#### 4.1.2 Diseño experimental.

Como se ha mencionado anteriormente, para realizar la comparación primero se procedió a diseñar la mezcla convencional o patrón, es decir, aquella que no se le incorporará fibras de polipropileno, y luego se procedió a diseñar varias mezclas modificadas, gracias a la incorporación de fibras de polipropileno en diferentes propiedades.

Resulta imprescindible señalar que, para llevar a cabo el diseño de mezclas se hizo uso de agregados granulares que provienen de la cantera Huacoto (cabe resaltar que es la misma fuente para todas las mezclas). Asimismo, se empleó cemento portland tipo I. Por otro lado, resulta importante mencionar que las fibras de polipropileno utilizadas fueron las Sika Fiber PE. Así, las mezclas realizadas fueron:

Tabla 6: Descripción de las mezclas.

Mezcla	Fuente de materiales	Tipo de cemento	Fibra sintética	Dosificación de fibra por m <sup>3</sup> de concreto
MP (Patrón)	AG-1	I	-	-
MSF-1	AG-1	I	Sika Fiber PE	100 g (0.1 kg/m <sup>3</sup> )
MSF-2	AG-1	I	Sika Fiber PE	200 g (0.2 kg/m <sup>3</sup> )
MSF-3	AG-1	I	Sika Fiber PE	300 g (0.3 kg/m <sup>3</sup> )
MSF-4	AG-1	I	Sika Fiber PE	400 g (0.4 kg/m <sup>3</sup> )
MSF-5	AG-1	I	Sika Fiber PE	500 g (0.5 kg/m <sup>3</sup> )

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 6: Como se aprecia en nuestra tabla se ha realizado una mezcla patrón (MP) sin incorporación de fibra de polipropileno, la cual fue comparada con 5 tipos de mezclas (MSF-1, MSF-2, MSF-3, MSF-4 y MSF-5) en las cuales se incorporó fibras de polipropileno en las dosificaciones de 100g, 200g, 300g, 400g y 500g respectivamente.

## Diseño de mezcla de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ usando Método ACI 211

### Determinación de la resistencia promedio requerida ( $f'cr$ )

Tabla 7: Resistencia promedio requerida.

$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f'cr$ (kg/cm <sup>2</sup> )
< 210	$f'c+70$
210-350	$f'c+84$
> 350	$f'c+98$

Fuente: ACI Comité 211.

Interpretación de la tabla 7: Al ser empleado en el diseño un  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup>, por consiguiente, se hizo uso de la expresión  $f'cr=f'c+84$ , obteniéndose  $f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$ .

### Determinación del contenido del aire

Tabla 8: Contenido de aire según tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso (AG)

TMN del AG	Aire atrapado
4"	0.2%
3"	0.3%
2"	0.5%
1 1/2"	1.0%
1"	1.5%
3/4"	2.0%
1/2"	2.5%
3/8"	3.0%

Fuente: ACI Comité 211.

Interpretación de la tabla 8: Debido a que el TMN es 3/4" por consiguiente fue elegido un valor de aire atrapado de 2.00%.

### Determinación del contenido de agua:

Tabla 9: Volumen de agua de acuerdo con el slump y TMN del AG.

Volumen unitario de agua								
Asentamiento	Agua en l/m <sup>3</sup> de acuerdo con el TMN del AG y consistencia indicados							
1"=25mm	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	

Fuente: ACI Comité 211.

Interpretación de la tabla 9: Al considerarse un slump de 3" a 4", por consiguiente, el volumen de agua resultó ser 205 l/m<sup>3</sup>.

### Determinación de la relación agua cemento (a/c):

Tabla 10: Relación a/c de acuerdo con f'cr a los 28 días.

f'cr a los 28 días	Relación a/c
150	0.80
200	0.70
250	0.62
300	0.55
350	0.48
400	0.43
450	0.38

Fuente: ACI Comité 211.

Interpretación de la tabla 10: Al presentar el f'cr un valor de 294 kg/cm<sup>3</sup>, por consiguiente, se tuvo un a/c entre 0.62 y 0.55, siendo imprescindible señalar que luego de interpolar el valor a/c fue 0.56

### Hallando el contenido de cemento:

Como a/c=0.56 y el valor del volumen de agua a=205 l/m<sup>3</sup> entonces el valor de la cantidad de cemento es c=367kg, lo cual equivale a 9 bolsas de cemento.

### Hallando el peso del AG:

Tabla 11: Peso del AG según su TMN.

TMN del AG	Volumen del AG para diversos módulos de fineza			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI Comité 211.

Por consiguiente:

$$\text{Peso del AG} = \text{Factor} * \text{Peso unitario compactado} = 0.6 * 1452 = 871.2 \approx 872 \text{ kg}$$

**Hallando el volumen absoluto:**

$$\text{Cemento} = 366 \text{ kg} = 0.117 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ lt} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = 2\% = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{AG} = 872 \text{ kg} = 0.352 \text{ m}^3$$

$$\text{AF} = 1 \text{ m}^3 - 0.693 \text{ m}^3 = 0.307 \text{ m}^3$$

**Hallando el peso de agregado fino (AF):**

$$\text{Peso del AF} = 746 \text{ kg}$$

**Diseño de la mezcla 210 kg/cm<sup>2</sup>:**

$$\text{Cemento} = 367 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ lt}$$

$$\text{AG} = 872 \text{ kg}$$

$$\text{AF} = 746 \text{ kg}$$

**Corrección por humedad de AG y AF:**

Se emplea:

$$\text{Peso corregido} = \text{Peso seco} * \left( \frac{\text{Contenido de humedad}}{100} + 1 \right)$$

Así tenemos:

$$\text{Peso corregido AF} = 789.02 \text{ kg}$$

$$\text{Peso corregido AG} = 873.74 \text{ kg}$$

**Aporte de agua a la mezcla:**

$$\text{Aporte de agua} = \frac{\text{Agregado} * (\%w - \%abs)}{100}$$

$$\text{Aporte de agua del AF} = 43.71 \text{ lts}$$

$$\text{Aporte de agua del AG} = -3.67 \text{ lts}$$

$$\text{Aporte de agua} = 40.04 \text{ lts}$$

**Agua efectiva**

$$\text{Agua} = 205 \text{ lts} - 40.04 \text{ lts} = 164.96 \text{ lts}$$

## Resumen de diseño de mezcla patrón por m<sup>3</sup> (f' c=210 kg/cm<sup>2</sup>)

Tabla 12: Cantidad de materiales por m<sup>3</sup> - mezcla patrón.

Material	Cantidad
Cemento (kg)	367
Agua (lt)	165
AG (kg)	874
AF (kg)	789

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 12: Se puede apreciar que la mezcla patrón se caracteriza por estar conformada por: 367 kg de cemento, 165 lt de agua, 874 kg de AG, 789 kg de AF.

## Resultados del diseño de mezcla de con 100g de Fibra de Polipropileno (0.1 kg/m<sup>3</sup>)

Tabla 13: Cantidad de materiales por m<sup>3</sup> de concreto incorporando con 100g de fibra de polipropileno.

Material	Cantidad
Cemento (kg)	367
Agua (lt)	165
AG (kg)	874
AF (kg)	789
Fibra de Polipropileno (kg)	0.1

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 13: Según lo expuesto en la tabla el diseño de mezcla con 100g de polipropileno se caracteriza por estar conformado por: 367 kg de cemento, 165 litros de agua, 874 kg de AG, 789 kg de AF y 0.1 kg de fibra de polipropileno.

## Resultados del diseño de mezcla con 200g de Fibra de Polipropileno (0.2 kg/m<sup>3</sup>)

Tabla 14: Cantidad de materiales por m<sup>3</sup> de concreto incorporando con 200g de fibra de polipropileno.

Material	Cantidad
Cemento (kg)	367
Agua (lt)	165
AG (kg)	874
AF (kg)	789
Fibra de Polipropileno (kg)	0.2

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 14: Según lo expuesto en la tabla el diseño de mezcla con 200g de polipropileno se caracteriza por estar conformado por: 367 kg de cemento, 165 litros de agua, 874 kg de AG, 789 kg de AF y 0.2 kg de fibra de polipropileno.

### Resultados del diseño de mezcla con 300g de Fibra de Polipropileno (0.3 kg/m<sup>3</sup>)

Tabla 15: Cantidad de materiales por m<sup>3</sup> de concreto incorporando con 300g de fibra de polipropileno.

Material	Cantidad
Cemento (kg)	367
Agua (lt)	165
AG (kg)	874
AF (kg)	789
Fibra de Polipropileno (kg)	0.3

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 15: Según lo expuesto en la tabla el diseño de mezcla con 300g de polipropileno se caracteriza por estar conformado por: 367 kg de cemento, 165 litros de agua, 874 kg de AG, 789 kg de AF y 0.3 kg de fibra de polipropileno.

### Resultados del diseño de mezcla con 400g de Fibra de Polipropileno (0.4 kg/m<sup>3</sup>)

Tabla 16: Cantidad de materiales por m<sup>3</sup> de concreto incorporando con 400g de fibra de polipropileno.

Material	Cantidad
Cemento (kg)	367
Agua (lt)	165
AG (kg)	874
AF (kg)	789
Fibra de Polipropileno (kg)	0.4

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 16: Según lo expuesto en la tabla el diseño de mezcla con 400g de polipropileno se caracteriza por estar conformado por: 367 kg de cemento, 165 litros de agua, 874 kg de AG, 789 kg de AF y 0.4 kg de fibra de polipropileno.

### Resultados del diseño de mezcla con 500g de Fibra de Polipropileno (0.5 kg/m<sup>3</sup>)

Tabla 17: Cantidad de materiales por m<sup>3</sup> de concreto incorporando con 500g de fibra de polipropileno.

Material	Cantidad
Cemento (kg)	367
Agua (lt)	165
AG (kg)	874
AF (kg)	789
Fibra de Polipropileno (kg)	0.5

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 17: Según lo expuesto en la tabla el diseño de mezcla con 500g de polipropileno se caracteriza por estar conformado por: 367 kg de cemento, 165 litros de agua, 874 kg de AG, 789 kg de AF y 0.5 kg de fibra de polipropileno

#### **4.1.3 Resultados del análisis de costos.**

De acuerdo con la cantidad de materiales que se pudieron apreciar en las tablas de diseño de mezcla del concreto incorporando cada dosificación de fibra de polipropileno, se presentan a continuación el resumen de los resultados del análisis de costos unitarios por m<sup>3</sup> de concreto, los cuales se exponen a detalle en el Anexo 8. Como ya ha sido mencionado, en este estudio se emplearon las fibras de polipropileno Sika Fiber PE.

De esta manera, el costo por m<sup>3</sup> de mezcla resultó:

- Patrón = S/ 441.56
- Con 0.1 kg/m<sup>3</sup> de fibra = S/ 445.56
- Con 0.2 kg/m<sup>3</sup> de fibra = S/ 449.56
- Con 0.3 kg/m<sup>3</sup> de fibra = S/ 453.56
- Con 0.4 kg/m<sup>3</sup> de fibra = S/ 457.56
- Con 0.5 kg/m<sup>3</sup> de fibra = S/ 461.56

Es así como se puede afirmar que incorporando la fibra el precio por m<sup>3</sup> de mezcla se eleva en:

- Con 0.1 kg/m<sup>3</sup> de fibra = S/ 4.00
- Con 0.2 kg/m<sup>3</sup> de fibra = S/ 8.00
- Con 0.3 kg/m<sup>3</sup> de fibra = S/ 12.00
- Con 0.4 kg/m<sup>3</sup> de fibra = S/ 16.00
- Con 0.5 kg/m<sup>3</sup> de fibra = S/ 20.00

#### **4.1.4 Ensayos realizados.**

##### **Resultados del ensayo de asentamiento**

Para evaluar la trabajabilidad del concreto en estado fresco, fue necesario llevar a cabo el ensayo de asentamiento, el cual, fue realizado de acuerdo a lo expuesto por la norma ASTM C-143, haciendo uso del cono de Abrams.



Figura 4. Ensayo de asentamiento realizado.

Fuente: Elaboración propia.

Los datos que se lograron obtener fueron:

Tabla 18: Resultados del ensayo de asentamiento.

MEZCLA	MUESTRA	ASENTAMIENTO (pulg.)	PROMEDIO (pulg.)
MP (Patrón)	1	4.22	4.335
MP (Patrón)	2	4.45	
MSF-1	1	3.89	4.02
MSF-1	2	4.15	
MSF-2	1	3.64	3.76
MSF-2	2	3.88	
MSF-3	1	3.45	3.585
MSF-3	2	3.72	
MSF-4	1	3.33	3.45
MSF-4	2	3.57	
MSF-5	1	3.26	3.37
MSF-5	2	3.48	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 18: Como se aprecia en nuestra tabla la mezcla patrón elaborada (MP) presentó un asentamiento promedio de 4.335 pulg. Se puede apreciar que la incorporación de fibras de polipropileno reduce la trabajabilidad de la mezcla, puesto que los asentamientos promedios son menores para las mezclas MSF-1, MSF-2, MSF-3, MSF-4 y MSF-5 (4.02, 3.76, 3.585, 3.45, 3.37 respectivamente), en las cuales se incorporó fibras de polipropileno en las dosificaciones de 100g, 200g, 300g, 400g y 500g respectivamente. Es

decir que a mayor incorporación de fibras de polipropileno menor será la trabajabilidad de la mezcla de concreto.

### **Resultados de laboratorios ensayos de resistencia a la flexión**

Estos ensayos son muy importantes porque brindan el valor del módulo de rotura. Es así que se obtuvieron los valores de módulo de rotura de las muestras de concreto sin y con la incorporación de fibras de polipropileno falladas a los 28 días.



Figura 5. Ensayo de flexión realizado.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 6. Especímenes de vigas falladas a los 28 días.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Resultados de ensayos de flexión en la muestra patrón.

Mezcla	Muestra	Dimensiones del espécimen prismático			Fecha toma	Fecha de falla	Edad (días)	Carga (kN)	Módulo de rotura (MPa)
		Altura (mm)	Luz libre (mm)	Ancho (mm)					
MP	1	150.00	450.00	151.00	05/01/22	02/02/22	28	20.54	4.00
MP	2	150.00	450.00	149.00	05/01/22	02/02/22	28	19.97	3.89
MP	3	149.00	450.00	150.00	05/01/22	02/02/22	28	21.12	4.12
MP	4	150.00	450.00	149.00	05/01/22	02/02/22	28	20.78	4.05

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 19: Como se aprecia en nuestra tabla la mezcla patrón elaborada (sin incorporación de fibras de polipropileno) a los 28 días obtuvo valores del módulo de rotura (MR) de 4.00 MPa, 3.89 MPa, 4.12 MPa y 4.05 MPa para las muestras 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Mientras que nuestra norma establece como mínimo un valor de MR de 4.00 MPa (40 kg/cm<sup>2</sup>), por lo cual es recomendable incorporar fibras de polipropileno para incrementar el valor de MR obtenido.

Por otro lado, a continuación, se muestran los resultados de los ensayos de flexión realizados a los especímenes elaborados con la incorporación de fibra de polipropileno, de acuerdo a cada dosificación:

Tabla 20: Resultados de ensayos de flexión en muestras con incorporación de fibras.

Mezcla	Muestra	Dimensiones del espécimen prismático			Fecha toma	Fecha de falla	Edad (días)	Carga (kN)	Módulo de rotura (MPa)
		Altura (mm)	Luz libre (mm)	Ancho (mm)					
MSF-1	1	150.00	450.00	152.00	05/01/22	02/02/22	28	22.23	4.33
MSF-1	2	151.00	450.00	150.00	05/01/22	02/02/22	28	22.18	4.32
MSF-1	3	151.00	450.00	151.00	05/01/22	02/02/22	28	21.98	4.28
MSF-1	4	150.00	450.00	152.00	05/01/22	02/02/22	28	21.45	4.18
MSF-2	1	149.00	450.00	153.00	05/01/22	02/02/22	28	21.63	4.21
MSF-2	2	150.00	450.00	152.00	05/01/22	02/02/22	28	22.44	4.37
MSF-2	3	151.00	450.00	151.00	05/01/22	02/02/22	28	20.89	4.07
MSF-2	4	150.00	450.00	151.00	05/01/22	02/02/22	28	21.57	4.20
MSF-3	1	152.00	450.00	152.00	05/01/22	02/02/22	28	22.68	4.42
MSF-3	2	150.00	450.00	153.00	05/01/22	02/02/22	28	22.82	4.45
MSF-3	3	149.00	450.00	152.00	05/01/22	02/02/22	28	21.95	4.28
MSF-3	4	150.00	450.00	150.00	05/01/22	02/02/22	28	23.44	4.57
MSF-4	1	151.00	450.00	153.00	05/01/22	02/02/22	28	21.12	4.12
MSF-4	2	150.00	450.00	153.00	05/01/22	02/02/22	28	20.64	4.02
MSF-4	3	150.00	450.00	152.00	05/01/22	02/02/22	28	20.85	4.06
MSF-4	4	149.00	450.00	151.00	05/01/22	02/02/22	28	21.72	4.23
MSF-5	1	150.00	450.00	152.00	05/01/22	02/02/22	28	22.87	4.46
MSF-5	2	151.00	450.00	153.00	05/01/22	02/02/22	28	22.65	4.41
MSF-5	3	151.00	450.00	152.00	05/01/22	02/02/22	28	21.47	4.18
MSF-5	4	150.00	450.00	151.00	05/01/22	02/02/22	28	21.58	4.21

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 20: Los rangos de valores del Módulo de Rotura (MR) de nuestra tabla tienen un máximo 4.57 MPa y un mínimo 4.02 MPa y en nuestra norma los valores admisibles van desde 4.00 MPa (40 kg/cm<sup>2</sup>), por lo que se puede apreciar que hay un aumento significativo del Módulo de Rotura gracias a la influencia de la fibra de polipropileno.

### **Resultados de laboratorios ensayos de resistencia a la compresión**

Se procedió a realizar este ensayo con la finalidad de obtener la resistencia última tanto para la mezcla patrón, como para todas las mezclas con incorporación de fibras de polipropileno a los 28 días.



Figura 7. Probetas cilíndricas de concreto elaboradas.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Ensayo de resistencia a la compresión realizado.  
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21: Resultados del ensayo de compresión para la muestra patrón.

Mezcla	Muestra	Dimensiones del espécimen prismático			Edad (días)	Carga (kN)	Esfuerzo (MPa)
		Altura (mm)	Diámetro (mm)	Relación A/D			
MP	1	305.47	151.82	2.01	28	478.20	26.10
MP	2	305.72	151.95	2.01	28	464.50	25.35

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 21: Como se aprecia en nuestra tabla la mezcla patrón elaborada (sin incorporación de fibras de polipropileno) a los 28 días es capaz de resistir un esfuerzo ( $f'c$ ) de 26.10 MPa para la Muestra 1 y 25.35 MPa para la Muestra 2, lo cual no cumple con lo señalado por nuestra norma puesto que el valor mínimo establecido para el  $f'c$  es 28 MPa (280 kgcm<sup>2</sup>). Por ello, es necesario incorporar fibras de polipropileno para incrementar el  $f'c$  obtenido.

Tabla 22: Resultados del ensayo de compresión para la muestra patrón.

Mezcla	Muestra	Dimensiones del espécimen prismático			Edad (días)	Carga (kN)	Esfuerzo (MPa)
		Altura (mm)	Diámetro (mm)	Relación A/D			
MSF-1	1	304.69	153.45	1.99	28	514.52	28.08
MSF-1	2	305.74	152.33	2.01	28	522.67	28.52
MSF-2	1	305.12	153.12	1.99	28	487.45	26.60
MSF-2	2	305.88	153.00	2.00	28	582.51	31.79
MSF-3	1	305.64	153.47	1.99	28	599.88	32.74
MSF-3	2	305.15	152.71	2.00	28	600.14	32.75
MSF-4	1	304.87	152.00	2.01	28	525.17	28.66
MSF-4	2	305.98	152.32	2.01	28	588.69	32.13
MSF-5	1	305.22	152.45	2.00	28	516.64	28.19
MSF-5	2	305.77	152.38	2.01	28	528.12	28.82

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 22: Los rangos de valores de esfuerzo ( $f'c$ ) de nuestra tabla tienen un máximo 32.75 MPa y un mínimo 26.60 MPa y en nuestra norma los valores admisibles van desde 28 MPa (280 kg/cm<sup>2</sup>), por lo que se puede apreciar que hay un aumento significativo del esfuerzo promedio ( $f'c$ ) gracias a la influencia de la fibra de polipropileno.

A continuación, se muestran los tipos de fracturas que se apreciaron en los ensayos de resistencia a la compresión:

Tabla 23: *Tipos de fracturas en los cilindros reforzados con fibras de polipropileno.*

Norma: ASTM C39	Altura del cilindro: 0.30 m.	Tipo de fracturas	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
			Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6
TIPO DE MEZCLA	FOTOGRAFÍA	TIPO DE FRACTURA	DESCRIPCIÓN		
MSF-1		Tipo 3	Se observan fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos. Se aprecian conos formados. Falla: Por esfuerzos de compresión		
MSF-2		Tipo 3	Se observan fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos. Falla: Por esfuerzos de compresión.		
MSF-3		Tipo 5	Es posible afirmar que el concreto se ha desprendido en la parte superior de la probeta. Falla: Ocasionada por esfuerzo de compresión debido al agotamiento de la carga en la probeta.		
MSF-4		Tipo 4	Se puede afirmar que ocurrió una fisura diagonal. Falla: por corte.		
MSF-5		Tipo 4	Fractura diagonal con fisuras en los extremos. Falla: por esfuerzos corte.		

Fuente: Elaboración propia.

## Análisis estadístico

### a) Para los resultados del ensayo de flexión del concreto

El análisis estadístico, necesario a realizarse, para aprobar o rechazar el valor de MR obtenido puede ser apreciado a continuación, siguiendo claro, con la normatividad MTC. A manera de ejemplo se detalla el procedimiento estadístico para la mezcla MSF-1 (que tiene una incorporación de fibra de polipropileno de dosificación 100g)

Tabla 24: Resumen de resultados de módulo de rotura para la mezcla MSF-1.

Mezcla	Muestra	Módulo de rotura (MPa)
MSF-1	1	4.33
MSF-1	2	4.32
MSF-1	3	4.28
MSF-1	4	4.18

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 24: Los rangos de valores de módulo de rotura de la mezcla MSF-1 (que posee una incorporación de fibra de polipropileno de dosificación 100 g) de nuestra tabla tienen un máximo 4.33 MPa y un mínimo 4.18 MPa y en nuestra norma los valores admisibles van desde 4.00 MPa (40 kg/cm<sup>2</sup>), por lo que se puede apreciar que hay un aumento significativo del esfuerzo promedio ( $f'c$ ) gracias a la influencia de la fibra de polipropileno.

### Valor promedio o medio de la muestra

Se procede a calcular el valor promedio de los resultados de resistencia obtenidos para los especímenes prismáticos de concreto de la muestra MSF-1:

$$V_m = \frac{\sum V_i}{n}$$

Es importante mencionar que en la expresión anterior  $V_m$  es el valor promedio (MPa) mientras que  $V_i$  es el valor individual de resistencia obtenida (MPa) y  $n$  es el número de especímenes fallados.

Así se tiene:

$$V_m = \frac{(4.35 + 4.18 + 4.34 + 4.08)}{4} = 4.25 \text{ MPa}$$

### Desviación estándar de la muestra

Se procede a calcular la desviación estándar de los resultados de resistencia obtenidos para los especímenes prismáticos de concreto de la muestra MSF-1:

$$s = \sqrt{\frac{\sum(V_i - V_m)^2}{n - 1}}$$

Cabe destacar que en la expresión anterior el término “s” representa la desviación estándar, los otros términos ya han sido detallados líneas arriba.

Es así que se obtiene:

$$s = \sqrt{\frac{(4.35 - 4.25)^2 + (4.18 - 4.25)^2 + (4.34 - 4.25)^2 + (4.08 - 4.25)^2}{4 - 1}} = 0.14 \text{ MPa}$$

### Promedio estimado del lote con un grado de confiabilidad dado

Resulta imprescindible que se fijen los límites superior e inferior para el intervalo de confianza. Es así que para la muestra MSF-1, se tiene:

Límite inferior,  $V_I(p)$

$$V_I(p) = V_m - k(p) * s$$

Límite superior,  $V_{I, sup}(p)$

$$V_{I, sup}(p) = V_m + k(p) * s$$

Cabe destacar que en las expresiones anteriores  $V_I(p)$  representa a límite inferior del intervalo de confianza para una probabilidad dada (considerando en unidades MPa), mientras que  $V_{I, sup}(p)$  es el límite superior del intervalo de confianza para una probabilidad dada (considerando también unidades MPa). Por su parte, el término “p” es la probabilidad dada, mientras que k (p) es el factor que establece los límites del intervalo de confianza. Por otro lado, el término  $V_m$  ya fue detallado anteriormente.

De acuerdo con la norma del MTC E 711, el valor de p (probabilidad) debe ser igual o mayor al 90 %. Es así que el intervalo de confianza se determina con una probabilidad del 90 %.

De esta manera, como la muestra de concreto que estamos utilizando para ejemplo de este cálculo, MSF-1, posee 4 especímenes, entonces de acuerdo al cuadro que se presenta a continuación se obtiene un valor de  $k(p)=0.819$ , puesto que  $p=90\%$  y  $n=4$ .

Tabla 25: Valores de “k (p)”.

Valor de “p”	Número de resultados, n											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
60%	0.138	0.121	0.109	0.100	0.093	0.087	0.083	0.078	0.075	0.072	0.069	0.067
70%	0.292	0.254	0.228	0.209	0.194	0.182	0.172	0.163	0.156	0.149	0.144	0.139
75%	0.382	0.331	0.297	0.271	0.251	0.235	0.222	0.211	0.201	0.193	0.185	0.179
80%	0.489	0.421	0.375	0.342	0.317	0.296	0.279	0.265	0.253	0.242	0.233	0.224
85%	0.625	0.532	0.472	0.429	0.396	0.369	0.348	0.330	0.314	0.300	0.289	0.278
90%	0.819	0.686	0.603	0.544	0.500	0.466	0.437	0.414	0.394	0.376	0.361	0.347
95%	1.177	0.953	0.823	0.734	0.670	0.620	0.580	0.546	0.518	0.494	0.473	0.455
99%	2.270	1.676	1.374	1.188	1.060	0.965	0.892	0.833	0.785	0.744	0.708	0.678

Fuente: MTC.

Interpretación de la tabla 25: Como la muestra de concreto que estamos utilizando para ejemplo de este cálculo, MSF-1, posee 4 especímenes, entonces de acuerdo con nuestra tabla se obtiene un valor de  $k(p)=0.819$ , puesto que  $p=90\%$  y  $n=4$ .

Es así que se obtienen los siguientes valores:

Para el límite inferior:

$$V_l(p) = 4.22 \text{ MPa}$$

Para el límite superior:

$$V_{l,sup}(p) = 4.34 \text{ MPa}$$

Los resultados que se encuentran fuera del intervalo de confianza se rechazan y se debe obtener el nuevo intervalo. Cabe recordar que a manera de ejemplo se está tomando la muestra MSF-1. Es así que del cuadro “Resumen de valores de módulo de rotura de la mezcla MSF-1” mostrado anteriormente puede apreciarse que el valor que debe ser rechazarse es el de 4.18MPa. Se realizan los cálculos otra vez:

$$V_m = \frac{(4.33 + 4.32 + 4.28)}{3} = 4.31 \text{ MPa}$$

$$s = \sqrt{\frac{(4.33 - 4.31)^2 + (4.32 - 4.31)^2 + (4.28 - 4.31)^2}{3 - 1}} = 0.03 \text{ MPa}$$

Entonces, para un valor de  $n = 3$  resultados de resistencia y un 90% de probabilidad, el valor del factor  $k(p)$  es 1,089.

Los nuevos límites son:

$$V_l(p) = 4.27 \text{ MPa}$$

$$V_{l,sup}(p) = 4.34 \text{ MPa}$$

Estos límites conforman el nuevo intervalo de confianza, pudiendo observarse que los resultados individuales de MR (para MSF-1) ahora si están dentro de dicho intervalo, siendo por ello aceptados.

### Resultados estadísticos para aceptación de resultados

A continuación, se presentan el análisis estadístico realizado a los resultados de los ensayos de flexión realizados en laboratorio, de las muestras sin y con incorporación de fibras de polipropileno en las dosificaciones ya mencionadas: 100g, 200g, 300, 400g y 500g. Para comenzar se lleva a cabo el análisis estadístico para la aceptación y rechazo de los resultados obtenidos del ensayo de módulo de rotura y posteriormente se determina el cálculo de resistencia. Para ello se emplea el mismo procedimiento descrito anteriormente en el ejemplo de la muestra MSF-1. Así se tiene:

### Para Mezcla Patrón (MP)

Tabla 26: Resultados del análisis estadístico del módulo de rotura de la muestra patrón.

Muestra	MR-1 (MPa)	MR-2 (MPa)	MR-3 (MPa)	MR-4 (MPa)	P (%)	Prom (MPa)	Nº de datos	S (MPa)	k(p)	$V_l(p)$	$V_{i,sup}(p)$
MP	4.00	3.89	4.12	4.05	90	4.01	4	0.09	0.819	3.84	4.09

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 26: Como el valor del Módulo de Rotura (4.12 MPa) de la muestra MR-3 de la mezcla patrón, que se muestra en nuestra tabla se encuentra fuera del intervalo de confianza (3.84 MPa – 4.09 MPa), entonces ese valor es rechazado, por lo cual se ha marcado de color rojo.

Tabla 27: Validación de datos resultados muestra patrón.

Muestra	MR-1 (MPa)	MR-2 (MPa)	MR-3 (MPa)	P (%)	Prom (MPa)	N° de datos	S (MPa)	k (p)	V <sub>i</sub> (p)	V <sub>i,sup</sub> (p)
MP	4.00	3.89	4.05	90	3.98	3	0.08	1.089	3.88	4.07

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 27: Como los valores del Módulo de Rotura que se aprecian en nuestra tabla para las muestras de la mezcla patrón (MR-1, MR-2, MR-3) se encuentran dentro del intervalo de confianza (3.88 MPa – 4.07 MPa), entonces estos resultados son validados.

### Para las mezclas con incorporación de fibras de polipropileno:

Tabla 28: Resultados del análisis estadístico del módulo de rotura de las muestras con incorporación de fibras de polipropileno.

Muestra	MR-1 (MPa)	MR-2 (MPa)	MR-3 (MPa)	MR-4 (MPa)	P (%)	Prom (MPa)	N° de datos	S (MPa)	k (p)	V <sub>i</sub> (p)	V <sub>i,sup</sub> (p)
MSF-1	4.33	4.32	4.28	4.18	90	4.31	4	0.03	0.819	4.27	4.34
MSF-2	4.21	4.37	4.07	4.20	90	4.22	4	0.12	0.819	4.11	4.38
MSF-3	4.42	4.45	4.28	4.57	90	4.43	4	0.12	0.819	4.27	4.55
MSF-4	4.12	4.02	4.06	4.23	90	4.11	4	0.09	0.819	4.03	4.26
MSF-5	4.46	4.41	4.18	4.21	90	4.31	4	0.14	0.819	4.17	4.43

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 28: Como los valores de los Módulos de Rotura (4.18 MPa, 4.07 MPa, 4.57 MPa, 4.02 MPa y 4.46 MPa) que se aprecian en nuestra tabla se encuentra fuera de sus intervalos de confianza respectivos para las mezclas MSF-1, MSF-2, MSF-3, MSF-4 y MSF-5, entonces estos valores son rechazados.

Tabla 29: Validación de datos resultados de las muestras con incorporación de fibras de polipropileno.

Muestra	MR-1 (MPa)	MR-2 (MPa)	MR-3 (MPa)	P (%)	Prom (MPa)	N° de datos	S (MPa)	k (p)	V <sub>i</sub> (p)	V <sub>i,sup</sub> (p)
MSF-1	4.33	4.32	4.28	90	4.31	3	0.03	1.089	4.27	4.34
MSF-2	4.21	4.37	4.20	90	4.26	3	0.09	1.089	4.16	4.39
MSF-3	4.42	4.45	4.28	90	4.38	3	0.09	1.089	4.27	4.48
MSF-4	4.12	4.06	4.23	90	4.14	3	0.08	1.089	4.04	4.25
MSF-5	4.41	4.18	4.21	90	4.27	3	0.13	1.089	4.13	4.42

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 29: Como los valores del Módulo de Rotura que se aprecian en nuestra tabla para las muestras de las mezclas MSF-1, MSF-2, MSF-3, MSF-4 y MSF-5 se encuentran dentro de sus respectivos intervalos de confianza, entonces estos resultados de los 5 tipos de mezclas son validados.

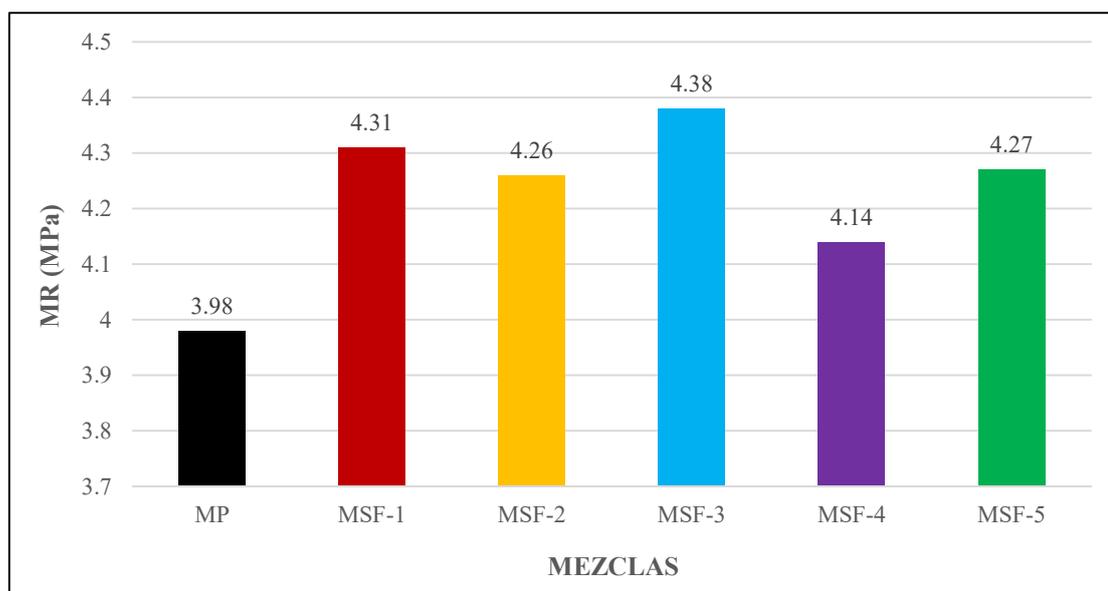


Figura 9. Variación del módulo de rotura de la muestra patrón y con adición de fibras de polipropileno.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la figura 9: Como se aprecia en nuestra figura de los 5 tipos de mezclas con adición de fibras de polipropileno se obtuvo un mejor resultado para la mezcla MSF-3 (que posee una adición de 300 g de fibra de polipropileno), la cual alcanzó un valor de módulo de rotura (MR) de 4.38 MPa.

#### b) Para los resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto

Estos resultados (a los 28 días por supuesto) fueron obtenidos como el promedio de dos especímenes compañeros de concreto por cada muestra ensayada, según MTC E 704.

Tabla 30: Resistencia promedio a la compresión de la muestra patrón.

Mezcla	Muestra	Esfuerzo (MPa)	Esfuerzo promedio, $f'c$ (MPa)
MP	1	26.10	25.73
MP	2	25.35	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 30: Como se aprecia, la mezcla patrón elaborada (sin incorporación de fibras de polipropileno) posee un esfuerzo promedio ( $f'c$ ) de 25.73 MPa, lo cual no cumple con lo señalado por nuestra norma puesto que el valor mínimo establecido para el  $f'c$  es 28 MPa (280 kg/cm<sup>2</sup>). Por ello, fue necesario incorporar fibras de polipropileno para incrementar el  $f'c$  obtenido.

Tabla 31: Resistencia promedio a la compresión de las muestras con incorporación de fibras de polipropileno.

Mezcla	Muestra	Esfuerzo (MPa)	Esfuerzo promedio, $f'c$ (MPa)
MSF-1	1	28.08	28.30
	2	28.52	
MSF-2	1	26.60	29.19
	2	31.79	
MSF-3	1	32.74	32.74
	2	32.75	
MSF-4	1	28.66	30.39
	2	32.13	
MSF-5	1	28.19	28.51
	2	28.82	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 31: Como se aprecia en nuestra tabla los rangos de valores de esfuerzo promedio ( $f'c$ ) tienen un máximo 32.74 MPa y un mínimo 28.30 MPa y en nuestra norma los valores admisibles van desde 28 MPa (280 kg/cm<sup>2</sup>), por lo que se puede apreciar que hay un aumento significativo del esfuerzo promedio ( $f'c$ ) gracias a la influencia de la fibra de polipropileno.

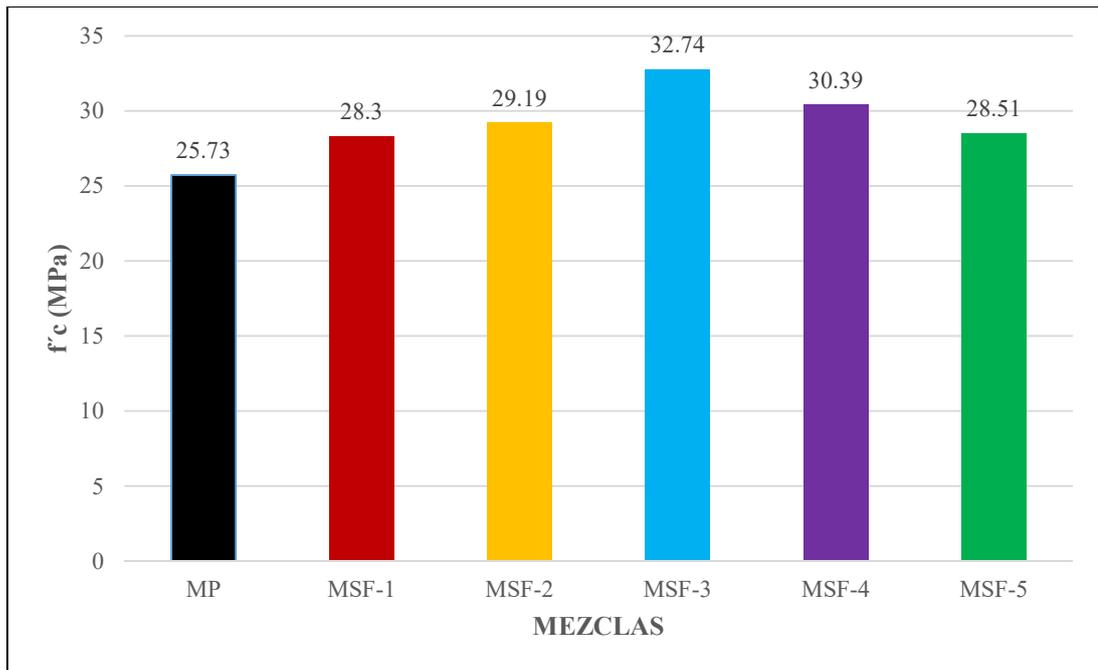


Figura 10. Variación de resistencia a la compresión de las muestras patrón y con incorporación de fibras de polipropileno en diferentes dosificaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la figura 10: Como se aprecia en nuestra figura de los 5 tipos de mezclas con adición de fibras de polipropileno se obtuvo un mejor resultado para la mezcla MSF-3 (que posee una adición de 300 g de fibra de polipropileno), la cual alcanzó un valor de esfuerzo promedio ( $f'c$ ) de 32.74 MPa.

#### Prueba de Kruskal-Wallis

Esta es una prueba estadística que permite descubrir si los datos empleados provienen de una misma población o no, haciendo uso del  $p\_valor$  (significancia), siendo que si este es mayor a 0.05 se concluye que los datos provienen de una misma población, caso contrario los datos provienen de poblaciones distintas.

#### Módulo de rotura (MR)

Se ha aplicado la prueba de Kruskal-Wallis para evaluar los resultados obtenidos del módulo de rotura para cada tipo de mezcla, empleando para ello el programa SPSS v.25.

Se obtuvo:

Tabla 32: Rangos obtenidos de la prueba de Kruskal-Wallis para MR.

		<b>Rangos</b>	
	Tipo de mezcla	N	Rango promedio
MR	MP	4	3,63
	MSF-1	4	15,00
	MSF-2	4	12,13
	MSF-3	4	20,63
	MSF-4	4	7,38
	MSF-5	4	16,25
	Total	24	

Fuente: Elaboración propia en SPSS v.25.

Interpretación de la tabla 32: De nuestra Tabla se puede apreciar que para cada tipo de mezcla existen rangos distintos de MR, lo cual es un indicio de que los datos provienen de poblaciones distintas, lo cual será confirmado al calcular el  $p\_valor$ .

Tabla 33: Resultados estadísticos de la prueba de Kruskal Wallis para MR.

**Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>**

	MR
Chi-cuadrado	15,347
gl	5
Sig. asintótica	0,009

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Tipo de mezcla

Fuente: Elaboración propia en SPSS v.25.

Interpretación de la tabla 33: De nuestra tabla se puede apreciar que el  $p\_valor$  (sig. asintótica) resultó 0.009, siendo menor a 0.05, lo cual se interpreta en que los datos de MR provienen de poblaciones distintas, lo cual es correcto, puesto que cada una de las mezclas (MP, MSF-1, MSF-2, MSF-3, MSF-4 y MSF-5) constituyen distintas poblaciones de datos, ya que se diferencian por la cantidad de fibra de polipropileno que se han añadido (0g, 100g, 200g, 300g, 400g, 500g respectivamente).

### Resistencia a la compresión ( $f'c$ )

De manera similar al módulo de rotura se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis para evaluar los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión para cada tipo de mezcla, empleando para ello el programa SPSS v.25. Se obtuvo:

Tabla 34: Rangos obtenidos de la prueba de Kruskal-Wallis para  $f'c$ .

Rangos		
Tipo de mezcla	N	Rango promedio
$f'c$ MP	2	1,50
MSF-1	2	5,00
MSF-2	2	6,00
MSF-3	2	11,50
MSF-4	2	8,50
MSF-5	2	6,50
Total	12	

Fuente: Elaboración propia en SPSS v.25.

Interpretación de la tabla 34: De nuestra tabla, se puede apreciar que para cada tipo de mezcla existen rangos distintos de  $f'c$ , lo cual es un indicio de que los datos provienen de poblaciones distintas, lo cual será confirmado al calcular el  $p\_valor$

Tabla 35: Resultados estadísticos de la prueba de Kruskal Wallis para  $f^c$ .

Estadísticos de prueba <sup>a,b</sup>	
	$f^c$
Chi-cuadrado	8,692
gl	5
Sig. asintótica	0,032

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Tipo de mezcla

Fuente: Elaboración propia en SPSS v.25.

Interpretación de la tabla 35: De nuestra tabla, se puede apreciar que el  $p\_valor$  (sig. asintótica) resultó 0.032, siendo menor a 0.05, lo cual se interpreta en que los datos de con el tratamiento de fibra para la resistencia a la compresión provienen de poblaciones distintas(% de fibra) , lo cual es correcto, puesto que cada una de las mezclas (MP, MSF-1, MSF-2, MSF-3, MSF-4 y MSF-5) constituyen distintas poblaciones de datos, ya que se diferencian por la cantidad de fibra de polipropileno que se han añadido (0g, 100g, 200g, 300g, 400g, 500g respectivamente).

Ensayo de asentamiento (slump)

Se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis para evaluar los resultados obtenidos del ensayo de asentamiento para cada tipo de mezcla, empleando para ello el programa SPSS v.25. Se obtuvo:

Tabla 36: Rangos obtenidos de la prueba de Kruskal-Wallis para asentamiento (slump).

Rangos			
	Tipo de mezcla	N	Rango promedio
slump	MP	2	11,50
	MSF-1	2	9,50
	MSF-2	2	7,00
	MSF-3	2	5,00
	MSF-4	2	3,50
	MSF-5	2	2,50
	Total	12	

Fuente: Elaboración propia en SPSS v.25.

Interpretación de la tabla 36: De nuestra tabla se puede apreciar que para cada tipo de mezcla existen rangos distintos de slump, lo cual es un indicio de que los datos provienen de poblaciones distintas, lo cual será confirmado al calcular el  $p\_valor$ .

Tabla 37: Resultados estadísticos de la prueba de Kruskal Wallis para asentamiento (slump).

Estadísticos de prueba <sup>a,b</sup>	
	slump
Chi-cuadrado	9.462
gl	5
Sig. asintótica	0,028

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Tipo de mezcla

Fuente: Elaboración propia en SPSS v.25.

Interpretación de la tabla 37: De nuestra tabla, se puede apreciar que el  $p\_valor$  (sig. asintótica) resultó 0.028, siendo menor a 0.05, lo cual se interpreta en que los datos de asentamiento (slump) provienen de poblaciones distintas, lo cual es correcto, puesto que cada una de las mezclas (MP, MSF-1, MSF-2, MSF-3, MSF-4 y MSF-5) constituyen distintas poblaciones de datos, ya que se diferencian por la cantidad de fibra de polipropileno que se han añadido (0g, 100g, 200g, 300g, 400g, 500g respectivamente).

### Prueba de hipótesis

**Hipótesis General: La incorporación de fibras de polipropileno mejora las propiedades del pavimento de concreto de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.**

Las propiedades del concreto que se estudiaron fueron 3: la trabajabilidad (que se expresa en el slump), la resistencia a la flexión (que se expresa en el MR) y la resistencia a la compresión (que se expresa en el  $f'c$ ). Se pudo apreciar que incorporación de fibra de polipropileno provocó una disminución de la trabajabilidad (influencia significativa negativa), pero a cambio, incrementó las propiedades de resistencia a la compresión y flexión (influencia significativa positiva). Esta hipótesis general fue probada mediante la prueba individual de cada una de las hipótesis específicas, puesto que la hipótesis general engloba las hipótesis específicas de cada una de las propiedades mencionadas.

**Hipótesis Específica N.º 1: La incorporación de fibras de polipropileno contribuye a mejorar el módulo de rotura del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.**

De los resultados obtenidos se pudo apreciar que la incorporación de fibra de polipropileno incrementa la resistencia a la flexión (MR) para todas las dosificaciones estudiadas (100g, 200g, 300g, 400g, 500g). Sin embargo, aún falta determinar cuál de ellas es la que brinda mejores resultados de entre todas. Por ello a continuación se aplica la prueba estadística de Tukey,

Como sabemos, estos son los resultados que obtuvimos de los ensayos de laboratorio para la resistencia a la flexión (MR):

Tabla 38: Resumen de resultados de MR obtenidos.

<b>VALORES DE MÓDULO DE ROTURA (MPa)</b>					
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN</b>					
<b>GRUPOS</b>					
<b>GRUPO 1</b>	<b>GRUPO 2</b>	<b>GRUPO 3</b>	<b>GRUPO 4</b>	<b>GRUPO 5</b>	<b>GRUPO 6</b>
<b>MP</b>	<b>MSF-1</b>	<b>MSF-2</b>	<b>MSF-3</b>	<b>MSF-4</b>	<b>MSF-5</b>
4	4.33	4.21	4.42	4.12	4.46
3.89	4.32	4.37	4.45	4.02	4.41
4.12	4.28	4.07	4.28	4.06	4.18
4.05	4.18	4.2	4.57	4.23	4.21

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 38: En nuestra tabla se muestran los resultados del módulo de rotura (MR) obtenido para las 4 muestras de cada tipo de mezcla. Se puede apreciar que con la adición de fibras de polipropileno en la mezcla de concreto (mezclas MSF-1, MSF-2, MSF-3, MSF-4 y MSF-5) se logró incrementar el MR respecto a la mezcla patrón (MP).

Plantaremos la siguiente pregunta:

¿Existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de MR entre los 6 grupos?

H0: El promedio de MR en los seis grupos es igual, para un 95% de confiabilidad

H1: En al menos un grupo el promedio de MR es distinto, para un 95% de confiabilidad.

H0: Hipótesis nula

H1: Hipótesis alterna

Prueba de Tukey:

Para aplicar la prueba de Tukey comenzamos realizando el análisis de varianza de un factor.

Tabla 39: Resumen previo del análisis de varianza para MR.

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
MP	4	16.06	4.015	0.00936667
MSF-1	4	17.11	4.2775	0.00469167
MSF-2	4	16.85	4.2125	0.01509167
MSF-3	4	17.72	4.43	0.0142
MSF-4	4	16.43	4.1075	0.00835833
MSF-5	4	17.26	4.315	0.01976667

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 39: En nuestra tabla se muestran los resultados de las varianzas obtenidas para el parámetro MR para cada uno de los tipos de mezclas, la cual es una medida de dispersión que representa la variabilidad de la serie de datos respecto a su media.

Tabla 40: Resultados del análisis de varianza para MR.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.4437375	5	0.0887475	7.45	0.001	2.77285315
Dentro de los grupos	0.214425	18	0.0119125			
Total	0.6581625	23				

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 40: En nuestra tabla, se muestran los resultados del promedio de los cuadrados (MSE) y el número de grados de libertad dentro de los grupos (tipos de mezclas) del análisis de varianza para MR, los cuales son datos que se necesitan para aplicar la prueba de Tukey.

Hacemos uso de la diferencia honestamente significativa (HSD)

$$\begin{aligned}
 \text{HSD} &= 0.24502918 \\
 \text{Multiplicador} &= 4.49 \\
 \text{MSE} &= 0.0119125 \\
 \text{n} &= 4
 \end{aligned}$$

Como el valor de  $p$  es 0.001, es decir menor a 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: en al menos un grupo el promedio de MR es distinto, para un 95 % de confiabilidad.

Por ello, debemos identificar qué grupo o grupos están haciendo la diferencia. Para ello vamos a hacer uso de la prueba de Tukey.

Tabla 41: Resumen de valor promedio de MR para cada grupo.

		GRUPOS				
	MP	MSF-1	MSF-2	MSF-3	MSF-4	MSF-5
	4	4.33	4.21	4.42	4.12	4.46
	3.89	4.32	4.37	4.45	4.02	4.41
	4.12	4.28	4.07	4.28	4.06	4.18
	4.05	4.18	4.2	4.57	4.23	4.21
Promedio:	4.015	4.2775	4.2125	4.43	4.1075	4.315

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 41: En nuestra tabla, se muestran los promedios de los resultados del módulo de rotura (MR) para cada tipo de mezcla (MP, MSF-1, MSF-2, MSF-3, MSF-4 y MSF-5), los cuales son importantes porque se emplean en la prueba de Tukey al compararse con la diferencia honestamente significativa (HSD).

Como sabemos  $HSD=0.245$

Tabla 42: Resultados de la prueba de Tukey para MR.

	MP	MSF-1	MSF-2	MSF-3	MSF-4	MSF-5
MP		-0.2625	-0.1975	-0.415	-0.0925	-0.3
MSF-1	-0.2625		0.065	-0.1525	0.17	-0.0375
MSF-2	-0.1975	0.065		-0.2175	0.105	-0.1025
MSF-3	-0.415	-0.1525	-0.2175		0.3225	0.115
MSF-4	-0.0925	0.17	0.105	0.3225		-0.2075
MSF-5	-0.3	-0.0375	-0.1025	0.115	-0.2075	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 42: De nuestra tabla se aprecia que los grupos que están haciendo la diferencia son aquellos cuyos valores son mayores al HSD (se considera valor absoluto). Entonces como se está comparando con el grupo de mezcla patrón (MP) vemos que los que están haciendo la diferencia son los grupos MSF-1, MSF-3 Y MSF-5, siendo el grupo que presenta mayor diferencia MSF-3, por lo cual este será el grupo con la dosificación más adecuada para mejorar la resistencia a la flexión.

En conclusión, para el análisis de Modulo de Rotura se escoge como dosificación ideal a la mezcla MSF-3 que tiene 300 g de fibra de polipropileno.

**Hipótesis específica 2: La incorporación de fibras de polipropileno contribuye a mejorar la resistencia a la compresión del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.**

De los resultados obtenidos se pudo apreciar que la incorporación de fibra de polipropileno incrementa la resistencia a la compresión ( $f'c$ ) para todas las dosificaciones estudiadas (100g, 200g, 300g, 400g, 500g). Sin embargo, aún falta determinar cuál de ellas es la que brinda mejores resultados de entre todas. Por ello a continuación se aplica la prueba estadística de Tukey,

Como sabemos estos son los resultados que obtuvimos de los ensayos de laboratorio para la resistencia a la compresión ( $f'c$ ):

Tabla 43: Resumen de resultados de  $f'c$  obtenidos.

VALORES DE $f'c$ (MPa) - ENSAYO DE COMPRESIÓN					
GRUPOS					
GRUPO 1 MP	GRUPO 2 MSF-1	GRUPO 3 MSF-2	GRUPO 4 MSF-3	GRUPO 5 MSF-4	GRUPO 6 MSF-5
26.1	28.08	26.6	32.74	28.66	28.19
25.35	28.52	31.79	32.75	32.13	28.82

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 43: En nuestra tabla se muestran los resultados de la resistencia a la compresión ( $f'c$ ) obtenido para las 4 muestras de cada tipo de mezcla. Se puede apreciar que con la adición de fibras de polipropileno en la mezcla de concreto (mezclas MSF-1, MSF-2, MSF-3, MSF-4 y MSF-5) se logró incrementar el  $f'c$  respecto a la mezcla patrón (MP).

Plantearemos la siguiente pregunta:

¿Existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de  $f'c$  entre los 6 grupos?

H0: El promedio de  $f'c$  en los seis grupos es igual, para un 95% de confiabilidad

H1: En al menos un grupo el promedio de  $f'c$  es distinto, para un 95% de confiabilidad.

H0: Hipótesis nula

H1: Hipótesis alterna

Prueba de Tukey:

Para aplicar la prueba de Tukey comenzamos realizando el análisis de varianza de un factor.

Tabla 44: Resumen previo del análisis de varianza para  $f^c$ .

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
MP	2	51.45	25.725	0.28125
MSF-1	2	56.6	28.3	0.0968
MSF-2	2	58.39	29.195	13.46805
MSF-3	2	65.49	32.745	5E-05
MSF-4	2	60.79	30.395	6.02045
MSF-5	2	57.01	28.505	0.19845

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 44: En nuestra tabla, se muestran los resultados de las varianzas obtenidas para el parámetro  $f^c$  para cada uno de los tipos de mezclas, la cual es una medida de dispersión que representa la variabilidad de la serie de datos respecto a su media.

Tabla 45: Resultados del análisis de varianza para  $f^c$ .

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	54.6900	5	10.938033	3.270764	0.030721	4.387374
Dentro de los grupos	20.06505	6	3.344175			
Total	74.75509	11				

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 45: En nuestra tabla se muestran los resultados del promedio de los cuadrados (MSE) y el número de grados de libertad dentro de los grupos (tipos de mezclas) del análisis de varianza para  $f^c$ , los cuales son datos que se necesitan para aplicar la prueba de Tukey.

Hacemos uso de la diferencia honestamente significativa (HSD)

$$\begin{aligned}
 \text{HSD} &= 6.233 \\
 \text{Multiplicador} &= 4.82 \\
 \text{MSE} &= 3.344 \\
 n &= 2
 \end{aligned}$$

Como el valor de  $p$  es 0.03, es decir, menor a 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: en al menos un grupo el promedio de  $f^c$  es distinto, para un 95% de confiabilidad.

Por ello, debemos identificar qué grupo o grupos están haciendo la diferencia. Para ello vamos a hacer uso de la prueba de Tukey.

Tabla 46: Resumen de valor promedio  $f'c$  para cada grupo.

		GRUPOS				
	MP	MSF-1	MSF-2	MSF-3	MSF-4	MSF-5
	26.1	28.08	26.6	32.74	28.66	28.19
	25.35	28.52	31.79	32.75	32.13	28.82
Promedio:	25.725	28.3	29.195	32.745	30.395	28.505

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 46: En nuestra tabla, se muestran los promedios de los resultados de la resistencia a la compresión ( $f'c$ ) para cada tipo de mezcla (MP, MSF-1, MSF-2, MSF-3, MSF-4 y MSF-5), los cuales son importantes porque se emplean en la prueba de Tukey al compararse con la diferencia honestamente significativa (HSD).

Como sabemos  $HSD=6.233$

Tabla 47: Resultados de la prueba de Tukey para  $f'c$ .

	MP	MSF-1	MSF-2	MSF-3	MSF-4	MSF-5
MP		-2.575	-3.47	-7.02	-4.67	-2.78
MSF-1	-2.575		-0.895	-4.445	-2.095	-0.205
MSF-2	-3.47	-0.895		-3.55	-1.2	0.69
MSF-3	-7.02	-4.445	-3.55		2.35	4.24
MSF-4	-4.67	-2.095	-1.2	2.35		1.89
MSF-5	-2.78	-0.205	4.24	4.24	1.89	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 47: De nuestra tabla se aprecia que los grupos que están haciendo la diferencia son aquellos cuyos valores son mayores al HSD (se considera valor absoluto). Entonces como se está comparando con el grupo de mezcla patrón (MP) vemos que el grupo que está haciendo diferencia es el grupo MSF-3, por lo cual este será el grupo con la dosificación más adecuada para mejorar la resistencia a la compresión ( $f'c$ ).

En conclusión, para el análisis de Resistencia a la Compresión también se escoge como dosificación ideal a la mezcla MSF-3 que tiene 300 g de fibra de polipropileno.

**Hipótesis específica 3: La incorporación de fibra de polipropileno influye positivamente en la trabajabilidad que tiene el concreto en el pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.**

La trabajabilidad del concreto se expresa en el slump, el cual para ser calculado se hizo uso de los ensayos de asentamiento del concreto en estado fresco. Por ello a continuación se procederá a analizar el slump (asentamiento).

De los resultados obtenidos se pudo apreciar que la incorporación de fibra de polipropileno incrementa el slump para todas las dosificaciones estudiadas (100g, 200g, 300g, 400g, 500g). Sin embargo, aún falta determinar cuál de ellas es la que brinda mejores resultados de entre todas. Por ello a continuación se aplica la prueba estadística de Tukey.

Como sabemos estos son los resultados que obtuvimos de los ensayos de laboratorio para evaluar el asentamiento del concreto:

Tabla 48: Resumen de resultados de slump obtenidos.

<b>VALORES DE SLUMP (pulg) - ENSAYO DE ASENTAMIENTO</b>					
<b>GRUPOS</b>					
<b>GRUPO 1 MP</b>	<b>GRUPO 2 MSF-1</b>	<b>GRUPO 3 MSF-2</b>	<b>GRUPO 4 MSF-3</b>	<b>GRUPO 5 MSF-4</b>	<b>GRUPO 6 MSF-5</b>
4.22	3.89	3.64	3.45	3.33	3.26
4.45	4.15	3.88	3.72	3.57	3.48

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 48: En nuestra tabla, se muestran los resultados de los asentamientos (slump) obtenidos para las 4 muestras de cada tipo de mezcla. Se puede apreciar que con la adición de fibras de polipropileno en la mezcla de concreto (mezclas MSF-1, MSF-2, MSF-3, MSF-4 y MSF-5) redujo el asentamiento (slump) respecto a la mezcla patrón (MP).

Plantearemos la siguiente pregunta:

¿Existe diferencia estadísticamente significativa en el promedio de slump entre los seis grupos?

H0: El promedio de slump en los seis grupos es igual, para un 95% de confiabilidad

H1: En al menos un grupo el promedio de slump es distinto, para un 95% de confiabilidad.

H0: Hipótesis nula

H1: Hipótesis alterna

Prueba de Tukey:

Para aplicar la prueba de Tukey, comenzamos realizando el análisis de varianza de un factor.

Tabla 49: Resumen previo del análisis de varianza para el slump.

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
MP	2	8.67	4.335	0.02645
MSF-1	2	8.04	4.02	0.0338
MSF-2	2	7.52	3.76	0.0288
MSF-3	2	7.17	3.585	0.03645
MSF-4	2	6.9	3.45	0.0288
MSF-5	2	6.74	3.37	0.0242

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 49: En nuestra tabla se muestran los resultados de las varianzas obtenidas para el parámetro slump para cada uno de los tipos de mezclas, la cual es una medida de dispersión que representa la variabilidad de la serie de datos respecto a su media.

Tabla 50: Resultados del análisis de varianza para slump.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1.3535	5	0.2707	9.0996	0.009	4.387
Dentro de los grupos	0.1785	6	0.0297			
Total	1.5320	11				

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 50: En nuestra tabla se muestran los resultados del promedio de los cuadrados (MSE) y el número de grados de libertad dentro de los grupos (tipos de mezclas) del análisis de varianza para el slump, los cuales son datos que se necesitan para aplicar la prueba de Tukey.

Hacemos uso de la diferencia honestamente significativa (HSD)

$$\begin{aligned} \text{HSD} &= 0.687 \\ \text{Multiplicador} &= 5.63 \\ \text{MSE} &= 0.030 \\ n &= 2 \end{aligned}$$

Como el valor de  $p$  es 0.009, es decir menor a 0.05, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: en al menos un grupo el promedio de slump es distinto, para un 95 % de confiabilidad.

Por ello, debemos identificar qué grupo o grupos están haciendo la diferencia. Para ello vamos a hacer uso de la prueba de Tukey.

Tabla 51: Resumen de valor promedio slump para cada grupo.

GRUPOS						
	MP	MSF-1	MSF-2	MSF-3	MSF-4	MSF-5
	4.22	3.89	3.64	3.45	3.33	3.26
	4.45	4.15	3.88	3.72	3.57	3.48
Promedio:	4.335	4.02	3.76	3.585	3.45	3.37

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 51: En nuestra tabla se muestran los promedios de los resultados del asentamiento (slump) para cada tipo de mezcla (MP, MSF-1, MSF-2, MSF-3, MSF-4 y MSF-5), los cuales son importantes porque se emplean en la prueba de Tukey al compararse con la diferencia honestamente significativa (HSD).

Como sabemos  $\text{HSD}=0.687$

Tabla 52: Resultados de la prueba de Tukey para slump.

	MP	MSF-1	MSF-2	MSF-3	MSF-4	MSF-5
MP		0.315	0.575	0.75	0.885	0.965
MSF-1	0.315		0.26	0.435	0.57	0.65
MSF-2	0.575	0.26		0.175	0.31	0.39
MSF-3	0.75	0.435	0.175		0.135	0.215
MSF-4	0.885	0.57	0.31	0.135		0.08
MSF-5	0.965	0.65	0.215	0.215	0.08	

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación de la tabla 52: De nuestra tabla, se aprecia que los grupos que están haciendo la diferencia son aquellos cuyos valores son mayores al HSD (se considera valor absoluto). Entonces como se está comparando con el grupo de mezcla patrón (MP) vemos que los que están haciendo la diferencia son los grupos MSF-3, MSF-4 y MSF-5, pero como no queremos que se reduzca demasiado la trabajabilidad, por ello se elige el grupo MSF-3 como la dosificación más adecuada conservar la trabajabilidad del concreto.

En conclusión, para el análisis de asentamiento (slump) también se escoge como dosificación ideal a la mezcla MSF-3 que tiene 300 g de fibra de polipropileno.

#### 4.2 Discusión de resultados

De los resultados obtenidos, en la presente investigación, con respecto al objetivo general de qué manera la incorporación de fibras de polipropileno influye en las propiedades del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco, se obtuvo que las 3 propiedades estudiadas (trabajabilidad, resistencia a la compresión y flexión) se vieron influenciadas por las fibras de polipropileno, apreciándose una disminución de la trabajabilidad (influencia significativa negativa), pero a cambio, se incrementó tanto el  $f'c$  como el MR (influencia significativa positiva).

Lo anterior concuerda con Chapañan y Quispe, quienes obtuvieron que la incorporación de fibras de polipropileno ejerce una influencia negativa en la trabajabilidad del concreto (propiedad física en estado fresco) mientras que para el caso de las propiedades mecánicas en estado endurecido (resistencia a compresión y flexión) esta fibra influye positivamente en el concreto, apreciándose una mejora considerable en ambas propiedades (9).

Por otro lado, de los resultados obtenidos en la presente investigación, con respecto al objetivo específico N.º 1 de determinar cómo influye la incorporación de fibras de

polipropileno en el módulo de rotura del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco, se obtuvo que todas las mezclas con incorporación de polipropileno incrementaron el valor de MR, sin embargo, el resultado más favorable se obtuvo con la mezcla MSF-3 (que incorporó 300 g de fibra de polipropileno), con la cual se obtuvo un valor de MR de 4.38 MPa, lo cual se traduce en un incremento de 10% del MR en comparación al concreto tradicional.

Lo anterior concuerda con Vargas y Yataco, quienes obtuvieron que al incorporar en una mezcla de concreto de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  fibra de polipropileno en dosificaciones de 280 g, 450 g. y 620 g. se obtuvo un incremento de MR en 4 %, 12.3 % y 12.2 % respectivamente, en relación al concreto patrón, es decir que para todas las dosificaciones de fibra de polipropileno se apreció un incremento del MR, sin embargo para esta investigación el mejor resultado se obtuvo para una dosificación de 450 gramos de fibra de polipropileno por  $\text{m}^3$  de concreto (5).

Asimismo, de los resultados obtenidos en la presente investigación, con respecto al objetivo específico N.º 2 de determinar cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en la resistencia a la compresión del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco, se obtuvo que todas las mezclas con incorporación de polipropileno incrementaron el valor de  $f'c$ , sin embargo, el resultado más favorable se obtuvo con la mezcla MSF-3 (que incorporó 300 g de fibra de polipropileno), con la cual se obtuvo un valor de  $f'c$  de 32.74 MPa, lo cual se traduce en un incremento de 27.2 % de  $f'c$  en comparación al concreto tradicional.

Lo anterior concuerda con Ingaroca, quien obtuvo que al incorporar en una mezcla de concreto de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  fibra de polipropileno en dosificaciones de 420 g, 520 g. y 600 g. se obtuvo un incremento de  $f'c$  en 10.10 MPa, 12.94 MPa y 7.65 MPa respectivamente, es decir que para todas las dosificaciones de fibra de polipropileno se apreció un incremento del  $f'c$ , sin embargo para esta investigación el mejor resultado se obtuvo para una dosificación de 520 gramos de fibra de polipropileno por  $\text{m}^3$  de concreto (10).

Por otro lado, de los resultados obtenidos en la presente investigación, con respecto al objetivo específico N.º 3 de evaluar cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en la trabajabilidad del concreto del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco, se obtuvo que la mezcla patrón elaborada (MP) presentó un asentamiento promedio de 4.335 pulg, mientras que la incorporación de fibras de polipropileno provocó una reducción de la trabajabilidad de la mezcla, obteniéndose asentamientos promedios menores para las mezclas MSF-1, MSF-2, MSF-3, MSF-4 y MSF-5 (4.02 pulg., 3.76 pulg., 3.585 pulg, 3.45 pulg, 3.37 pulg. respectivamente), en las cuales se incorporó fibras de polipropileno en las dosificaciones de 100g, 200g, 300g, 400g y 500g respectivamente.

Lo anterior concuerda con Leiva, quien obtuvo que, al incorporar fibra de polipropileno en la mezcla de concreto para pavimentos rígidos, este material ocasiona una pérdida de la trabajabilidad en la mezcla de concreto, demostrando que para dosificaciones de esta fibra en  $0.2 \text{ kg/m}^3$ ,  $0.3 \text{ kg/m}^3$  y  $0.4 \text{ kg/m}^3$ , el asentamiento se redujo a 3.50", 2.00" y 0.75" respectivamente, comparado con el asentamiento del concreto patrón que fue 4". Por ello este autor recomienda utilizar aditivos plastificantes para el concreto cuando se incorporen fibras de polipropileno (4).

Asimismo, de los resultados obtenidos en la presente investigación, con respecto al objetivo específico N.º 4 de evaluar cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en el costo del concreto para el pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco, se obtuvo que el concreto patrón presentó un costo por  $\text{m}^3$  de S/. 441.56, mientras que el costo del concreto con incorporación de fibra de polipropileno de 100, 200, 300, 400 y 500 gramos fue S/ 445.56, S/ 449.56, S/ 453.56, S/ 457.56 y S/ 461.56 respectivamente, lo cual se traduce en un incremento del costo de S/ 4.00, S/ 8.00, S/ 12.00, S/ 16.00 y S/ 20.00 respectivamente en relación con el costo del concreto patrón. Esto quiere decir que el incremento del costo debido a la incorporación de la fibra es mínimo, por ello se puede afirmar que no encarece en gran medida el costo del concreto, lo cual lo vuelve una opción bastante viable, ya que por poco precio adicional se logra un concreto con mejores propiedades.

Lo anterior concuerda con Silupu y Saldaña, quienes obtuvieron que utilizando fibra de polipropileno Sika Fiber PE para un concreto convencional de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , el excedente del precio del concreto al utilizar dicha fibra es mínimo, teniendo para dosificaciones de 300g, 500g y 700g un incremento de precio de S/ 12, S/ 20 y S/ 28 respectivamente, con relación al concreto patrón, logrando obtener un concreto con mejores propiedades mecánicas por un bajo costo adicional (11).

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

**Se evaluó la influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del pavimento de concreto en Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.** Las propiedades del concreto que se estudiaron fueron 3: la trabajabilidad (que se expresa en el slump), la resistencia a la flexión (que se expresa en el MR) y la resistencia a la compresión (que se expresa en el  $f'c$ ). La primera es una propiedad física que presenta el concreto en estado fresco, mientras que las dos últimas son propiedades mecánicas que presenta el concreto en estado endurecido. Se pudo apreciar que incorporación de fibra de polipropileno provocó una disminución de la trabajabilidad (influencia significativa negativa), pero a cambio, incrementó las propiedades de resistencia a la compresión y flexión (influencia significativa positiva). **Se concluye que la incorporación de fibra de polipropileno influye significativamente en las propiedades del pavimento de concreto en Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.**

**Se determinó cómo influye la incorporación de las fibras de polipropileno en el módulo de rotura del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.** Se pudo apreciar que la mezcla patrón elaborada (sin incorporación de fibras de polipropileno) a los 28 días obtuvo valores del módulo de rotura (MR) inferiores al valor mínimo que establece la norma peruana (4.00 MPa o 40 kg/cm<sup>2</sup>), por ello fue necesario incorporar fibras de polipropileno para incrementar el valor del MR. Se obtuvo que, en general, todas las mezclas con incorporación de polipropileno incrementaron el valor de MR, sin embargo, el resultado más favorable se obtuvo con la mezcla MSF-3 (que incorporó 300 g de fibra de polipropileno), con la cual se obtuvo un valor de MR de 4.38 MPa, lo cual se traduce en un incremento de 10% del MR en comparación al concreto tradicional. **Se concluye que la incorporación de fibras de polipropileno influye significativamente en el incremento del módulo de rotura (MR) del concreto.**

**Se determinó cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en la resistencia a la compresión del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.** Se pudo apreciar que la mezcla patrón elaborada (sin incorporación de fibras de polipropileno) a los 28 días obtuvo valores de resistencia a la compresión ( $f'c$ ) inferiores al valor mínimo que establece la norma peruana (28 MPa o 280 kg/cm<sup>2</sup>), por ello fue necesario incorporar fibras de polipropileno para incrementar el valor del  $f'c$ . Se obtuvo que, en general, todas las mezclas con incorporación de polipropileno incrementaron el valor de  $f'c$ , sin embargo, el resultado más favorable se obtuvo con la mezcla MSF-3 (que incorporó 300 g de fibra de polipropileno), con la cual se obtuvo un valor de  $f'c$  de 32.74 MPa, lo cual se traduce en un incremento de 27.2% de la resistencia a la compresión ( $f'c$ ) en comparación al concreto tradicional. **Se concluye que la incorporación de fibras de polipropileno influye significativamente en el incremento de la resistencia a la compresión del concreto.**

**Se evaluó cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en la trabajabilidad del concreto del pavimento rígido de la Av. La Florida, en el distrito de San Jerónimo-Cusco.** Se apreció que la mezcla patrón elaborada (MP) presentó un asentamiento promedio de 4.335 pulg., mientras que la incorporación de fibras de polipropileno provocó una reducción de la trabajabilidad de la mezcla, obteniéndose asentamientos promedios menores para las mezclas MSF-1, MSF-2, MSF-3, MSF-4 y MSF-5 (4.02 pulg., 3.76 pulg., 3.585 pulg., 3.45 pulg., 3.37 pulg. respectivamente), en las cuales se incorporó fibras de polipropileno en las dosificaciones de 100g, 200g, 300g, 400g y 500g respectivamente. **Se concluye que a mayor incorporación de fibras de polipropileno menor será la trabajabilidad de la mezcla de concreto, es decir que existe una relación inversamente proporcional.**

**Se evaluó cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en el costo del concreto para el pavimento rígido de la Av. La Florida, en el distrito de San Jerónimo-Cusco.** Se apreció que, con la incorporación de fibra de polipropileno en 100, 200, 300, 400 y 500 gramos se produjo un incremento del costo en S/ 4.00, S/ 8.00, S/ 12.00, S/ 16.00 y S/ 20.00 respectivamente en relación con el costo del concreto patrón. Esto significa que el incremento del costo debido a la incorporación de la fibra es mínimo, es decir, no encarece en gran medida el costo del concreto, lo cual lo vuelve una opción bastante viable, ya que por poco precio adicional se logra un concreto con mejores propiedades. **Se concluye que la incorporación de fibras de polipropileno influye en el costo del concreto, pero de manera mínima, es decir, no encarece de manera apreciable el costo del concreto.**

## **5.2 Recomendaciones**

- Se deben ampliar los estudios a dosificaciones mayores a 500 g.
- Se debe ampliar las investigaciones a varias canteras de la región.
- Se debe ampliar el estudio con otro tipo de fibras de origen orgánico como la fibra de la totora, la fibra de eucalipto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LÓPEZ Patiño, Henry. Evaluación del aporte de fibras sintéticas en el módulo de rotura del concreto. Tesis (Grado de Magíster en Infraestructura Vial). Tunja, Colombia, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad de Ingeniería, 2019, 148 p.
2. LINDAO Cedeño, Kenia y ROMERO Ortega, Ana. Incidencia de las fibras de polipropileno y fibras metálicas en un hormigón para pavimento rígido  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ . Tesis (Título de Ingeniero Civil). Guayaquil, Ecuador, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, 2018, 94 p.
3. MONTOYA Valdez, Kevin. Comparación de resistencia a la flexión, entre concreto fibroreforzado con polipropileno y concreto reforzado con fibras metálicas, para uso en carpetas de rodadura en parqueos. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Ciudad de Guatemala, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2016, 206 p.
4. LEIVA Sotomayor, José. Aplicación de la fibra de polipropileno macro sintética estructural para mejorar las propiedades del concreto en el pavimento rígido de la Av. Gerardo Unger, Los Olivos, Lima 2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima, Perú, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2020, 128 p.
5. VARGAS Ortiz, Guadalupe y YATACO Barreda, Álvaro. Efecto de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto para pavimentos rígidos. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima, Perú, Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, 2020, 147 p.
6. MENÉNDEZ, José. Ingeniería de Pavimentos. Lima, Fondo Editorial del Instituto de Construcción y Gerencia (ICG), 2016, 330 p.
7. CABARCAS Torres, Ibeth Cecilia y GAMARRA Torres, Jorge Luis. Mejoramiento del módulo de rotura del concreto hidráulico para pavimentos, empleando agregados pétreos locales y fibras sintéticas de polipropileno y polietileno. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cartagena de Indias, Colombia, Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, 2018, 116 p.
8. ZAMORANO Morales, Constanza Andrea. Análisis técnico económico de la incorporación de macrofibras de polipropileno en reemplazo de malla electrosoldada en hormigones para pavimentos industriales. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Santiago de Chile, Chile, Universidad Andrés Bello, Facultad de Ingeniería, 2018, 51 p.

9. CHAPOÑAN Cueva, José Miguel y QUISPE Cirilo, Joel. Análisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el A.H Villamaría - Nuevo Chimbote. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Nuevo Chimbote, Perú, Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería, 2017, 198 p.
10. INGAROCA Rosales, Jibán Cirilo. Análisis del comportamiento de las propiedades plásticas y mecánicas del concreto adicionado con fibras de polipropileno, empleado en el pavimento rígido de la Av. Nicolas Ayllón del km 0+000 al km 0+100, Anexo de Pucará, distrito de Morococha, Región Junín. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huancayo, Perú, Universidad Peruana del Centro, Facultad de Ingeniería, 2021, 147 p.
11. SILUPU Tello, Hussein José y SALDAÑA Briones, Jhonnatan Frank. Efectos de las fibras de polipropileno sobre las propiedades físico mecánico de un concreto convencional para pavimentos rígidos utilizando cemento Qhuna, Trujillo - La Libertad 2018. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima, Perú, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2019, 245 p.
12. ACHANCARAY Manotupa, Jordano y GRAJEDA Roca, Luis. Análisis de la influencia de las fibras de polipropileno en el concreto usado en pavimentos rígidos con agregado de la cantera de Huambutio, Cusco, 2017. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cusco, Perú, Universidad Nacional de San Antonio Abad, Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil, 2018, 154 p.
13. ALI, B., QURESHI, L. y KURDA, R. Environmental and economic benefits of steel, glass, and polypropylene fiber reinforced cement composite application in jointed plain concrete pavement. *Composites Communications* [en línea]. 2020, Vol. 22, pp. 1-8 [Fecha de consulta: 07 julio 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.coco.2020.100437>.
14. AHMADI, M., ALI, B. and HASSANI, A. Fracture and mechanical performance of two-lift concrete pavements made of roller compacted concrete and polypropylene fibers. *Construction and Building Materials* [en línea]. 2020, Vol. 268, pp. 1-12 [consulta: 07 julio 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121144>.
15. KHAN, M. and ALI, M. Effectiveness of hair and wave polypropylene fibers for concrete roads. *Construction and Building Materials* [en línea]. 2018, Vol. 166, pp. 581-591 [Fecha de consulta: 07 julio 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.167>.

16. LIANG, N., YOU, X., YAN, R. MIAO, Q. and LIU, X. Experimental investigation on the mechanical properties of polypropylene hybrid fiber-reinforced roller-compacted concrete pavements. *International Journal of Concrete Structures and Materials* [en línea]. 2022, Vol. 16, pp. 1-14 [Fecha de consulta: 08 julio 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40069-021-00493-6>.
17. HUSSAIN, I., ALI, B., AKHTAR, T., SOHAIL, M. and SAFDA, S. Comparison of mechanical properties of concrete and design thickness of pavement with different types of fiber-reinforcements (steel, glass, and polypropylene). *Case Studies in Construction Materials* [en línea]. 2020, Vol. 13, pp. 1-10 [Fecha de consulta: 07 julio 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00429>.
18. AHMED, H., DILSHAD, J. and SINAN, Y. Comparison of the flexural performance and behaviour of fly-ash-based geopolymer concrete beams reinforced with CFRP and GFRP Bars. *Advances in Materials Science and Engineering* [en línea]. 2020, 1–15. ISSN 1687-8442 [Fecha de consulta: 28 de junio de 2022]. Disponible en: [doi:10.1155/2020/3495276](https://doi.org/10.1155/2020/3495276).
19. SAKTHIVEL, H., YIN, J. and SONG, W. Experimental investigation on concrete with banana fiber and partial replacement of cement by banana leaf ash. *International Research Journal of Engineering and Technology* [en línea]. 2019, 6(3) ISSN: 2395-0056 [Fecha de consulta: 22 de junio de 2022].
20. ASTM International. Standard test method for slump of portland cement concrete (ASTM C143). *Standards Worldwide* [en línea]. 2022. [consultado 12 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.astm.org/c0143-78.html>.
21. ALMANZA Muñoz, Sayda Pilar y ZAMUDIO Loarte, Melissa Brigitte. Influencia de la mezcla de ceniza de lodo de papel y esquisto en las propiedades del concreto  $f'_c=210\text{Kg/cm}^2$ , La Libertad – 2020. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima, Perú, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2020, 105 p.
22. ASTM International. Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens (ASTM C39). *Standards Worldwide* [en línea]. 2022. [Fecha de consulta: 12 mayo 2022]. Disponible en: [https://www.astm.org/c0039\\_c0039m-21.html](https://www.astm.org/c0039_c0039m-21.html).
23. DOMÍNGUEZ Zevallos, Maryorie Xiomara y FERNÁNDEZ Valverde, Cecilia Kathylín Geraldine. Propiedades mecánicas del concreto  $f'_c=280\text{kg/cm}^2$  para pavimento al sustituir el cemento por cenizas de cascarilla de arroz en 5 % Chimbote, Áncash – 2020. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Chimbote, Perú, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2020, 199 p.

24. ASTM International. Standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third-point loading) (ASTM C78). Standards Worldwide [en línea]. 2022. [Fecha de consulta: 12 mayo 2022]. Disponible en: [https://www.astm.org/c0078\\_c0078m-22.html](https://www.astm.org/c0078_c0078m-22.html).
25. AYASTA Niquen, Waldir. Diseño del pavimento rígido y sistema de drenaje pluvial para el casco urbano del distrito de Monsefú, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2018. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Chiclayo, Perú, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Facultad de Ingeniería, 2018, 459 p.
26. PANDEY, Arunabh and KUMAR, Brind. A comprehensive investigation on application of microsilica and rice straw ash in rigid pavement. Construction and Building Materials [en línea]. 2020, vol. 252 [Fecha de consulta: 22 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119053>.
27. VALLE Arce, Silvia Vianey y MEGO Macedo, José Wilson. Análisis comparativo de la resistencia del concreto elaborado con Cemento Mochica y Cemento Portland Tipo I, de uso masivo en la construcción de edificaciones, en el distrito de Tarapoto, provincia y región San Martín – 2019. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Tarapoto, Perú, Universidad Científica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2020, 90 p.
28. BHEEL, Naraindas, LAL MEGHWAR, Shanker, SOHU, Samiullah y otros. Experimental study on aggregates of recycled concrete with rice husk ash as partial cement replacement. Civil Engineering Journal [en línea] 2018, Vol. 4, N.º 10. [Fecha de consulta: 15 de abril 2022]. ISSN: 2476-3055. Disponible en: <https://civilejournal.org/index.php/cej/article/view/990>.
29. FOTI, Dora et al. Mechanical Characteristics and Water Absorption Properties of Blast-Furnace Slag Concretes with Fly Ashes or Microsilica Additions. Applied Sciences [en línea]. 2019, 9(7), 1279. ISSN 2076-3417 [Fecha de consulta: 29 de abril de 2022]. Disponible en: doi: 10.3390/app90712.
30. GARCÍA Mendoza, Jandir y TUNQUI Mendoza, Edwin. Propiedades físico-mecánicas del concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$  empleando distintos cementos puzolánicos comerciales en la ciudad de Sicuani, Cusco – 2021. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima, Perú, Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2021, 129 p.
31. RODRÍGUEZ Soberón, Nixon Carlos. Diseño de concreto  $f'_c=250\text{ kg/cm}^2$  reforzado con cascarilla de café en la Ciudad de Jaén. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cajamarca, Perú, Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, 2017, 160 p.
32. HERNÁNDEZ Sampieri, Roberto, FERNÁNDEZ Collado, Carlos y BAPTISTA Lucio, Pilar. Metodología de la Investigación. Ciudad de México, Editorial McGraw-Hill, 2014, 613 p.

33. ÑAUPAS Paitán, Humberto, VALDIVIA Dueñas, Marcelino Raúl, PALACIOS Vilela, Jesús Josefa y ROMERO Delgado, Hugo Eusebio. Metodología de la Investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis. Bogotá, Ediciones de la U, 2018, 560 p.
34. ARIAS, Fidias. El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica. Caracas, Editorial Episteme, 2012, 146 p.

## **ANEXOS**

**ANEXO 1: Matriz de consistencia.**

Tabla 53: *Matriz de consistencia.*

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA		
			Variables	Dimensiones	Instrumento
<b>General:</b> ¿De qué manera la incorporación de fibras de polipropileno influye en las propiedades del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco?	<b>General:</b> Evaluar la influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del pavimento de concreto en Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.	<b>General:</b> La incorporación de fibras de polipropileno mejora las propiedades del pavimento de concreto de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.	VI: Fibras de polipropileno	<ul style="list-style-type: none"> <li>Influencia en el diseño del concreto.</li> <li>Costo de producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ficha técnica.</li> <li>Análisis de costos unitarios.</li> </ul>
			VD: Propiedades del concreto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resistencia a la flexotracción</li> <li>Resistencia a la compresión</li> <li>Trabajabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ensayo de resistencia a la flexotracción.</li> <li>Ensayo de resistencia a la compresión</li> <li>Ensayo de cono de Abrams</li> </ul>
<b>Específicos:</b>	<b>Específicos:</b>	<b>Específicos:</b>	<p><b>Metodología</b></p> <p>Enfoque: cuantitativo                      Tipo: Aplicada                      Método: Nivel Explicativa                      Diseño: Cuasi – experimental</p> <p><b>Normatividad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>NTP 339.078 (2012): CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.</li> <li>NTP 339.034 (2015): CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>¿De qué manera la incorporación de fibras de polipropileno influye en el módulo de rotura del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco?</li> <li>¿De qué manera la incorporación de fibras de polipropileno influye en la resistencia a la compresión del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco?</li> <li>¿De qué manera influye la incorporación de fibras de polipropileno en la trabajabilidad del concreto del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco?</li> <li>¿De qué manera influye la incorporación de fibras de polipropileno en el costo del concreto para el pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en el módulo de rotura del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.</li> <li>Determinar cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en la resistencia a la compresión del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.</li> <li>Evaluar cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en la trabajabilidad del concreto del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.</li> <li>Evaluar cómo influye la incorporación de fibras de polipropileno en el costo del concreto para el pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La incorporación de fibras de polipropileno contribuye a mejorar el módulo de rotura del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.</li> <li>La incorporación de fibras de polipropileno contribuye a mejorar la resistencia a la compresión del pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.</li> <li>La incorporación de fibra de polipropileno influye positivamente en la trabajabilidad que tiene el concreto en el pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.</li> <li>La incorporación de fibra de polipropileno reduce el costo del concreto para el pavimento rígido de la Av. La Florida, distrito de San Jerónimo-Cusco.</li> </ul>			

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO 2: Matriz de operacionalización de variables.**

Tabla 54: Matriz de operacionalización de variables.

TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA
<b>Variable Independiente:</b> Fibra de polipropileno	Las fibras de polipropileno se pueden definir como aquellas fibras sintéticas que se pueden emplear como refuerzo para el concreto, y además suelen caracterizarse por ser hidrofóbicas y no corrosivas, siendo también resistentes a los álcalis del cemento y presentando una conductividad térmica notablemente baja (4)	Son fibras que se emplean como refuerzo del concreto y que serán incorporadas en dosificaciones de 100g, 200g, 300g, 400g y 500g.	Influencia en el diseño del concreto.	Porcentaje de Dosificación de la fibra.	Porcentaje (%)	Razón
			Costo de producción	Costo directo	Costo por m <sup>3</sup> de concreto (S/.)	Razón
				Costo de equipo	Costo por m <sup>3</sup> de concreto (S/.)	Razón
<b>Variable Dependiente:</b> Propiedades del concreto	Las propiedades del concreto son aquellas que están relacionadas a sus características físicas como la trabajabilidad y a su comportamiento mecánico frente a la acción de cargas impuestas en él como la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexo-tracción (6).	Son las propiedades de trabajabilidad que presenta el concreto en estado fresco, y la resistencia a la compresión y flexo-tracción que presenta el concreto en estado endurecido, las cuales se obtienen de los resultados de ensayos de laboratorio.	Resistencia a la flexo-tracción	Módulo de rotura	Kg/cm <sup>2</sup>	Razón
			Resistencia a la compresión	F'c	Kg/cm <sup>2</sup>	Razón
			Trabajabilidad	Slump	Pulgadas	Razón

Fuente: Elaboración propia.

### ANEXO 3: Ficha de validación (juicio de expertos).

Tabla 55: Ficha de validación - juicio de expertos.

FICHA DE VALIDACIÓN						
TÍTULO:			AUTOR:			
*Influencia de fibra de polipropileno en las propiedades del concreto para pavimento rígido en Av. La Florida - Cusco 2021*			Bach. Merma Hilario Ridel Darwin.			
VARIABLES EMPLEADAS	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	VALIDEZ DEL JUICIO DE EXPERTOS		
				INGENIERO N°1	INGENIERO N°2	INGENIERO N°3
INDEPENDIENTE Fibra de polipropileno.	Influencia en el diseño del concreto	Porcentaje de dosificación de la fibra	Ficha técnica	0.89	0.82	0.92
	Costo de producción	Costo directo	Análisis de costos unitarios	0.85	0.88	0.89
		Costo de equipo	Análisis de costos unitarios	0.92	0.82	0.77
DEPENDIENTE Propiedades del concreto.	Resistencia a la flexotracción	Módulo de rotura	Ensayo de resistencia a la flexotracción	0.82	0.79	0.85
	Resistencia a la compresión	F'c	Ensayo de resistencia a la compresión	0.86	0.88	0.81
	Trabajabilidad	Slump	Ensayo de cono de Abrams	0.78	0.85	0.87
<b>INTERPRETACIÓN DEL VALOR DE LA VALIDEZ (Según Hernández, 2014)</b>			Sumatoria	5.12	5.03	5.11
Valor de la validez obtenida		Interpretación				
De 0 a 0.60		Inaceptable	Sumatoria / (n° de instrumentos)	0.85	0.84	0.85
Mayor a 0.60 y menor o igual que 0.70		Deficiente				
Mayor a 0.70 y menor o igual que 0.80		Aceptable				
Mayor a 0.80 y menor o igual que 0.90		Buena	Promedio de la validez obtenida	0.85		
Mayor a 0.90		Excelente				
 <b>Rosalinda Aleman Quispe</b> INGENIERO CIVIL CIP. N° 48328 Ingeniero N°1			 <b>Rosal Surco Delgado</b> INGENIERO CIVIL CIP. 168973 Ingeniero N°2			 <b>Ing. Gorb Fedorico Ascue Salas</b> INGENIERO CIVIL Reg. del Colegio de Ingenieros N° 83458 Ingeniero N°3

Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO 4: Ensayos de laboratorio

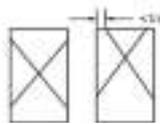
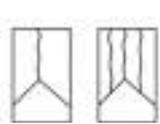
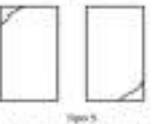
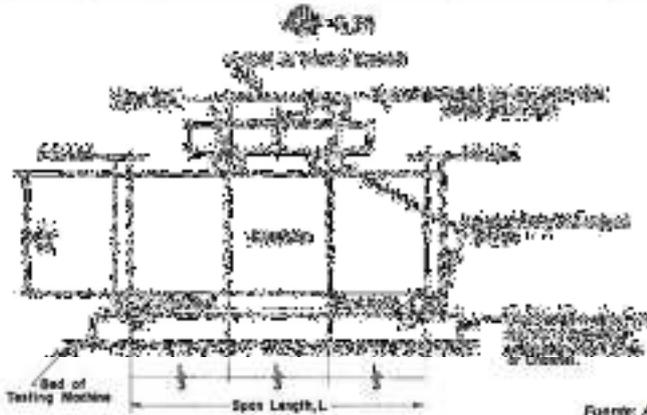
 <p><b>GEOINCO E.I.R.L.</b> GEOTECNISTAS E INGENIEROS</p>	<b>DEPARTAMENTO GEOTÉCNICO</b>			Código	RC-TO-31																																																																																																																																									
	<b>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>			Versión	01																																																																																																																																									
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE HORMIGÓN</b>			Fecha	02-02-2022																																																																																																																																									
	(ASTM C39/C39M-18)			Página	1 de 1																																																																																																																																									
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>																																																																																																																																														
<b>PROYECTO:</b>	Tesis: "Influencia de fibra de polipropileno en el módulo de rotura en pavimento rígido en Av. La Florida - Cusco 2021"																																																																																																																																													
<b>SOLICITA:</b>	Bach. Merma Hilario Ridel Darwin			<b>FECHA:</b>	02/02/2022																																																																																																																																									
<b>DISTRITO:</b>	San Jerónimo	<b>PROVINCIA:</b>	Cusco	<b>DEPARTAMENTO:</b>	Cusco																																																																																																																																									
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>																																																																																																																																														
Tipo de muestra	Concreto	F'c de diseño	210 kg/cm <sup>2</sup> (20.60 MPa)	Presentación	Especímenes cilíndricos																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Mezcla</th> <th>Muestra</th> <th>Fecha de vaciado</th> <th>Fecha de rotura</th> <th>Edad (días)</th> <th>Diámetro (mm)</th> <th>Altura (mm)</th> <th>Tipo de falla</th> <th>Relación altura/diámetro</th> <th>Esfuerzo (MPa)</th> <th>Esfuerzo promedio, f'c (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MP</td> <td>1</td> <td>05/01/22</td> <td>02/02/22</td> <td>28</td> <td>152.25</td> <td>305.67</td> <td>2</td> <td>2.01</td> <td>26.10</td> <td rowspan="2">25.73</td> </tr> <tr> <td>MP</td> <td>2</td> <td>05/01/22</td> <td>02/02/22</td> <td>28</td> <td>153.00</td> <td>303.00</td> <td>3</td> <td>1.98</td> <td>25.35</td> </tr> <tr> <td>MSF-1</td> <td>1</td> <td>05/01/22</td> <td>02/02/22</td> <td>28</td> <td>152.75</td> <td>305.67</td> <td>2</td> <td>2.00</td> <td>26.08</td> <td rowspan="2">28.30</td> </tr> <tr> <td>MSF-1</td> <td>2</td> <td>05/01/22</td> <td>02/02/22</td> <td>28</td> <td>153.00</td> <td>305.67</td> <td>4</td> <td>2.00</td> <td>28.52</td> </tr> <tr> <td>MSF-1</td> <td>1</td> <td>05/01/22</td> <td>02/02/22</td> <td>28</td> <td>152.25</td> <td>305.67</td> <td>4</td> <td>2.01</td> <td>26.60</td> <td rowspan="2">29.19</td> </tr> <tr> <td>MSF-2</td> <td>2</td> <td>05/01/22</td> <td>02/02/22</td> <td>28</td> <td>152.25</td> <td>303.00</td> <td>2</td> <td>1.99</td> <td>31.79</td> </tr> <tr> <td>MSF-3</td> <td>1</td> <td>05/01/22</td> <td>02/02/22</td> <td>28</td> <td>153.00</td> <td>303.67</td> <td>3</td> <td>1.98</td> <td>32.74</td> <td rowspan="2">32.74</td> </tr> <tr> <td>MSF-3</td> <td>2</td> <td>05/01/22</td> <td>02/02/22</td> <td>28</td> <td>152.75</td> <td>303.67</td> <td>4</td> <td>1.99</td> <td>32.75</td> </tr> <tr> <td>MSF-4</td> <td>1</td> <td>05/01/22</td> <td>02/02/22</td> <td>28</td> <td>153.25</td> <td>303.67</td> <td>4</td> <td>1.98</td> <td>28.66</td> <td rowspan="2">30.39</td> </tr> <tr> <td>MSF-4</td> <td>2</td> <td>05/01/22</td> <td>02/02/22</td> <td>28</td> <td>153.25</td> <td>303.00</td> <td>2</td> <td>1.98</td> <td>32.13</td> </tr> <tr> <td>MSF-5</td> <td>1</td> <td>05/01/22</td> <td>02/02/22</td> <td>28</td> <td>152.75</td> <td>303.67</td> <td>3</td> <td>1.99</td> <td>28.19</td> <td rowspan="2">28.51</td> </tr> <tr> <td>MSF-5</td> <td>2</td> <td>05/01/22</td> <td>02/02/22</td> <td>28</td> <td>152.25</td> <td>304.00</td> <td>2</td> <td>2.00</td> <td>28.82</td> </tr> </tbody> </table>						Mezcla	Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Tipo de falla	Relación altura/diámetro	Esfuerzo (MPa)	Esfuerzo promedio, f'c (MPa)	MP	1	05/01/22	02/02/22	28	152.25	305.67	2	2.01	26.10	25.73	MP	2	05/01/22	02/02/22	28	153.00	303.00	3	1.98	25.35	MSF-1	1	05/01/22	02/02/22	28	152.75	305.67	2	2.00	26.08	28.30	MSF-1	2	05/01/22	02/02/22	28	153.00	305.67	4	2.00	28.52	MSF-1	1	05/01/22	02/02/22	28	152.25	305.67	4	2.01	26.60	29.19	MSF-2	2	05/01/22	02/02/22	28	152.25	303.00	2	1.99	31.79	MSF-3	1	05/01/22	02/02/22	28	153.00	303.67	3	1.98	32.74	32.74	MSF-3	2	05/01/22	02/02/22	28	152.75	303.67	4	1.99	32.75	MSF-4	1	05/01/22	02/02/22	28	153.25	303.67	4	1.98	28.66	30.39	MSF-4	2	05/01/22	02/02/22	28	153.25	303.00	2	1.98	32.13	MSF-5	1	05/01/22	02/02/22	28	152.75	303.67	3	1.99	28.19	28.51	MSF-5	2	05/01/22	02/02/22	28	152.25	304.00	2	2.00	28.82
Mezcla	Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Tipo de falla	Relación altura/diámetro	Esfuerzo (MPa)	Esfuerzo promedio, f'c (MPa)																																																																																																																																				
MP	1	05/01/22	02/02/22	28	152.25	305.67	2	2.01	26.10	25.73																																																																																																																																				
MP	2	05/01/22	02/02/22	28	153.00	303.00	3	1.98	25.35																																																																																																																																					
MSF-1	1	05/01/22	02/02/22	28	152.75	305.67	2	2.00	26.08	28.30																																																																																																																																				
MSF-1	2	05/01/22	02/02/22	28	153.00	305.67	4	2.00	28.52																																																																																																																																					
MSF-1	1	05/01/22	02/02/22	28	152.25	305.67	4	2.01	26.60	29.19																																																																																																																																				
MSF-2	2	05/01/22	02/02/22	28	152.25	303.00	2	1.99	31.79																																																																																																																																					
MSF-3	1	05/01/22	02/02/22	28	153.00	303.67	3	1.98	32.74	32.74																																																																																																																																				
MSF-3	2	05/01/22	02/02/22	28	152.75	303.67	4	1.99	32.75																																																																																																																																					
MSF-4	1	05/01/22	02/02/22	28	153.25	303.67	4	1.98	28.66	30.39																																																																																																																																				
MSF-4	2	05/01/22	02/02/22	28	153.25	303.00	2	1.98	32.13																																																																																																																																					
MSF-5	1	05/01/22	02/02/22	28	152.75	303.67	3	1.99	28.19	28.51																																																																																																																																				
MSF-5	2	05/01/22	02/02/22	28	152.25	304.00	2	2.00	28.82																																																																																																																																					
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p><b>Tipo 1</b> Concreto reforzado con fibra de polipropileno en ambos extremos, fibras a través de los ejes de rotura de 1 pulg (25 mm)</p> </div> <div style="width: 45%;">  <p><b>Tipo 2</b> Concreto reforzado con fibra de polipropileno en un extremo, fibras en el lado de rotura de los ejes de rotura, como se han definido en el otro extremo</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;">  <p><b>Tipo 3</b> Fibra vertical colocada a través de ambos extremos, como se han definido</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table. Note 1.3:  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>L/D:</td> <td>1.75</td> <td>1.50</td> <td>1.25</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>Factor:</td> <td>0.98</td> <td>0.98</td> <td>0.99</td> <td>0.97</td> </tr> </table>                     Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.                 </p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;">  <p><b>Tipo 4</b> Fibra diagonal en forma de triángulo de los ejes de rotura, girar suavemente con un martillo para distinguirlo del Tipo 1.</p> </div> <div style="width: 45%;">  <p><b>Tipo 5</b> Fibras en los lados en las partes superior e inferior (Quince centímetros con tipos no adheridos)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;">  <p><b>Tipo 6</b> Fibra en el extremo del cilindro en portagras</p> </div> <div style="width: 45%;"> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Coefficient of Variation<sup>1</sup></th> <th colspan="2">Acceptable Range<sup>2</sup> of Individual Cylinder Strengths</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>2 cylinders</th> <th>3 cylinders</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>150 by 300 mm [6 by 12 in.]</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Laboratory conditions</td> <td>2.4 %</td> <td>6.6 %</td> <td>7.9 %</td> </tr> <tr> <td>Field conditions</td> <td>2.9 %</td> <td>8.0 %</td> <td>9.5 %</td> </tr> <tr> <td>100 by 200 mm [4 by 8 in.]</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Laboratory conditions</td> <td>3.2 %</td> <td>9.0 %</td> <td>10.8 %</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div>						L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00	Factor:	0.98	0.98	0.99	0.97		Coefficient of Variation <sup>1</sup>	Acceptable Range <sup>2</sup> of Individual Cylinder Strengths				2 cylinders	3 cylinders	150 by 300 mm [6 by 12 in.]				Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.9 %	Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %	100 by 200 mm [4 by 8 in.]				Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.8 %																																																																																																			
L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00																																																																																																																																										
Factor:	0.98	0.98	0.99	0.97																																																																																																																																										
	Coefficient of Variation <sup>1</sup>	Acceptable Range <sup>2</sup> of Individual Cylinder Strengths																																																																																																																																												
		2 cylinders	3 cylinders																																																																																																																																											
150 by 300 mm [6 by 12 in.]																																																																																																																																														
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.9 %																																																																																																																																											
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %																																																																																																																																											
100 by 200 mm [4 by 8 in.]																																																																																																																																														
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.8 %																																																																																																																																											
<p><b>Observaciones:</b></p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  <p><b>GEOINCO E.I.R.L.</b> GEOTECNISTAS E INGENIEROS Ing. José H. Álvarez Nihua JEFE DEL LABORATORIO CIP: 184833</p> </div>																																																																																																																																														
<p>JR. MARTIN PIO CONCHA MZA. F. LOTE. 14 (3 CDRAS BANCO NACION FT TDA ROYER) CUSCO geoinco_consultores.ing@gmail.com</p>																																																																																																																																														

Figura 11. Ensayo de resistencia a la compresión.

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

	DEPARTAMENTO GEOTÉCNICO			Código	RF-PT-18				
	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			Versión	01				
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO			Fecha	02-02-2022				
	(ASTM C78)			Página	1 de 1				
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>									
PROYECTO:	Tesis: "Influencia de fibra de polipropileno en el módulo de rotura en pavimento rígido en Av. La Florida - Cusco 2021"								
SOLICITA:	Bach. Mema Hilario Ridel Darwin			FECHA:	02/02/2022				
DISTRITO:	San Jerónimo	PROVINCIA:	Cusco	DEPARTAMENTO:	Cusco				
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>									
Tipo de muestra	Concreto	Fic de diseño	210 kg/cm <sup>2</sup> (20.60 MPa)	Presentación:	Vigas de concreto endurecido				
<b>Muestra</b>	<b>Muestra</b>	<b>Fecha toma</b>	<b>Fecha de falla</b>	<b>Edad (días)</b>	<b>Dimensiones del espécimen</b>			<b>Ubicación de la falla</b>	<b>Módulo de rotura (MPa)</b>
					<b>Altura (mm)</b>	<b>Luz libre (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>		
MP	1	05/01/22	02/02/22	28	150.00	450.00	151.00	Tercio central	4.00
MP	2	05/01/22	02/02/22	28	150.00	450.00	149.00	Tercio central	3.89
MP	3	05/01/22	02/02/22	28	149.00	450.00	150.00	Tercio central	4.12
MP	4	05/01/22	02/02/22	28	150.00	450.00	149.00	Tercio central	4.05
MSF-1	1	05/01/22	02/02/22	28	150.00	450.00	152.00	Tercio central	4.33
MSF-1	2	05/01/22	02/02/22	28	151.00	450.00	150.00	Tercio central	4.32
MSF-1	3	05/01/22	02/02/22	28	151.00	450.00	151.00	Tercio central	4.28
MSF-1	4	05/01/22	02/02/22	28	150.00	450.00	152.00	Tercio central	4.18
MSF-2	1	05/01/22	02/02/22	28	149.00	450.00	153.00	Tercio central	4.21
MSF-2	2	05/01/22	02/02/22	28	150.00	450.00	152.00	Tercio central	4.37
MSF-2	3	05/01/22	02/02/22	28	151.00	450.00	151.00	Tercio central	4.07
MSF-2	4	05/01/22	02/02/22	28	150.00	450.00	151.00	Tercio central	4.20
MSF-3	1	05/01/22	02/02/22	28	152.00	450.00	152.00	Tercio central	4.42
MSF-3	2	05/01/22	02/02/22	28	150.00	450.00	153.00	Tercio central	4.45
MSF-3	3	05/01/22	02/02/22	28	149.00	450.00	152.00	Tercio central	4.28
MSF-3	4	05/01/22	02/02/22	28	150.00	450.00	150.00	Tercio central	4.57
MSF-4	1	05/01/22	02/02/22	28	151.00	450.00	153.00	Tercio central	4.12
MSF-4	2	05/01/22	02/02/22	28	150.00	450.00	153.00	Tercio central	4.02
MSF-4	3	05/01/22	02/02/22	28	150.00	450.00	152.00	Tercio central	4.06
MSF-4	4	05/01/22	02/02/22	28	149.00	450.00	151.00	Tercio central	4.23
MSF-5	1	05/01/22	02/02/22	28	150.00	450.00	152.00	Tercio central	4.46
MSF-5	2	05/01/22	02/02/22	28	151.00	450.00	153.00	Tercio central	4.41
MSF-5	3	05/01/22	02/02/22	28	151.00	450.00	152.00	Tercio central	4.18
MSF-5	4	05/01/22	02/02/22	28	150.00	450.00	151.00	Tercio central	4.21

Fuente: ASTM

**Observaciones:**



JR. MARTIN PÍO CONCHA MZA. F LOTE. 14 (3 CDRAS BANCO NACION FT TDA ROYER) CUSCO  
 geoinco\_consultores.ing@gmail.com

Figura 12. Ensayo de resistencia a la flexión.

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

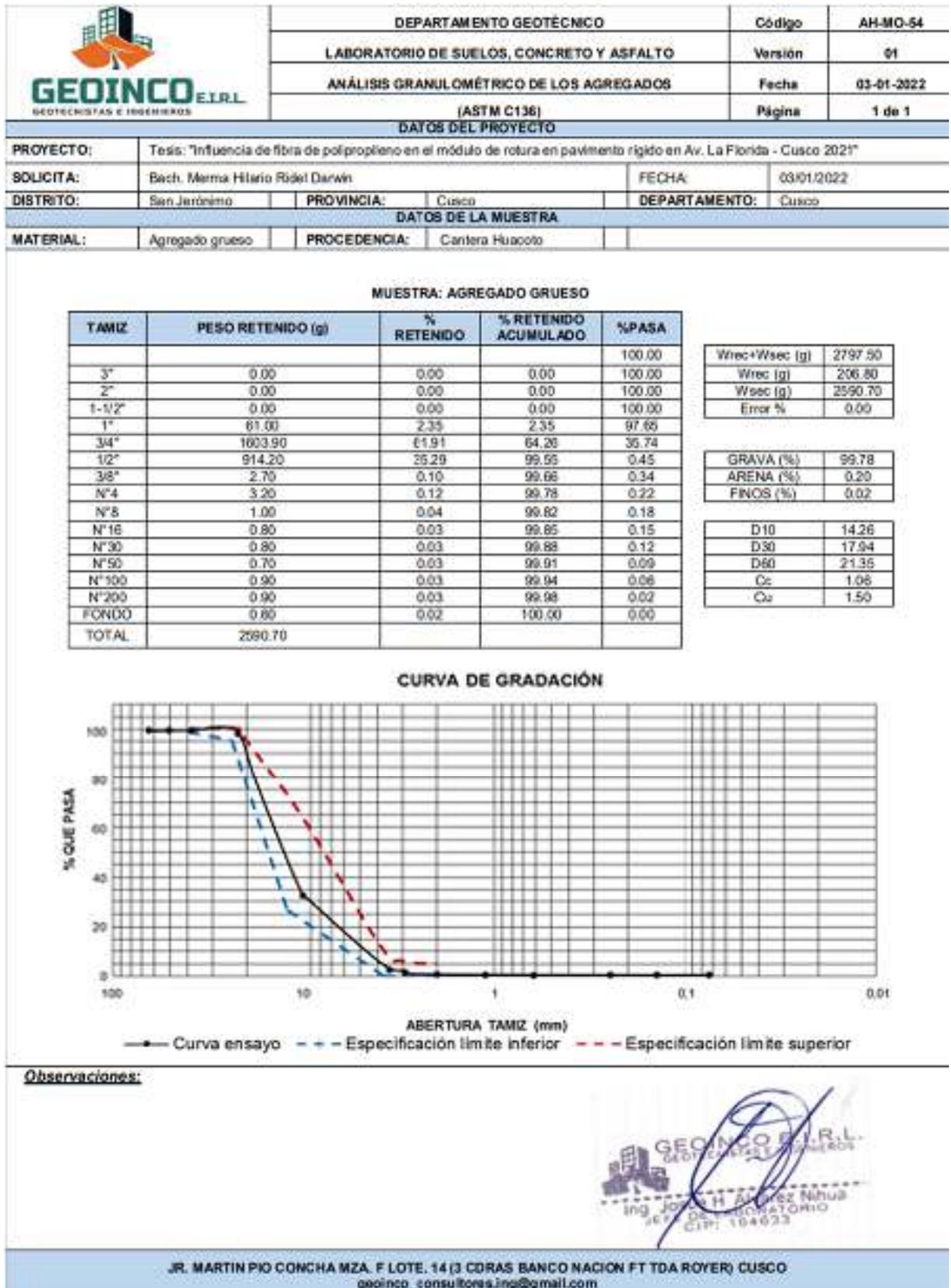


Figura 13. Análisis granulométrico para agregado grueso.

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

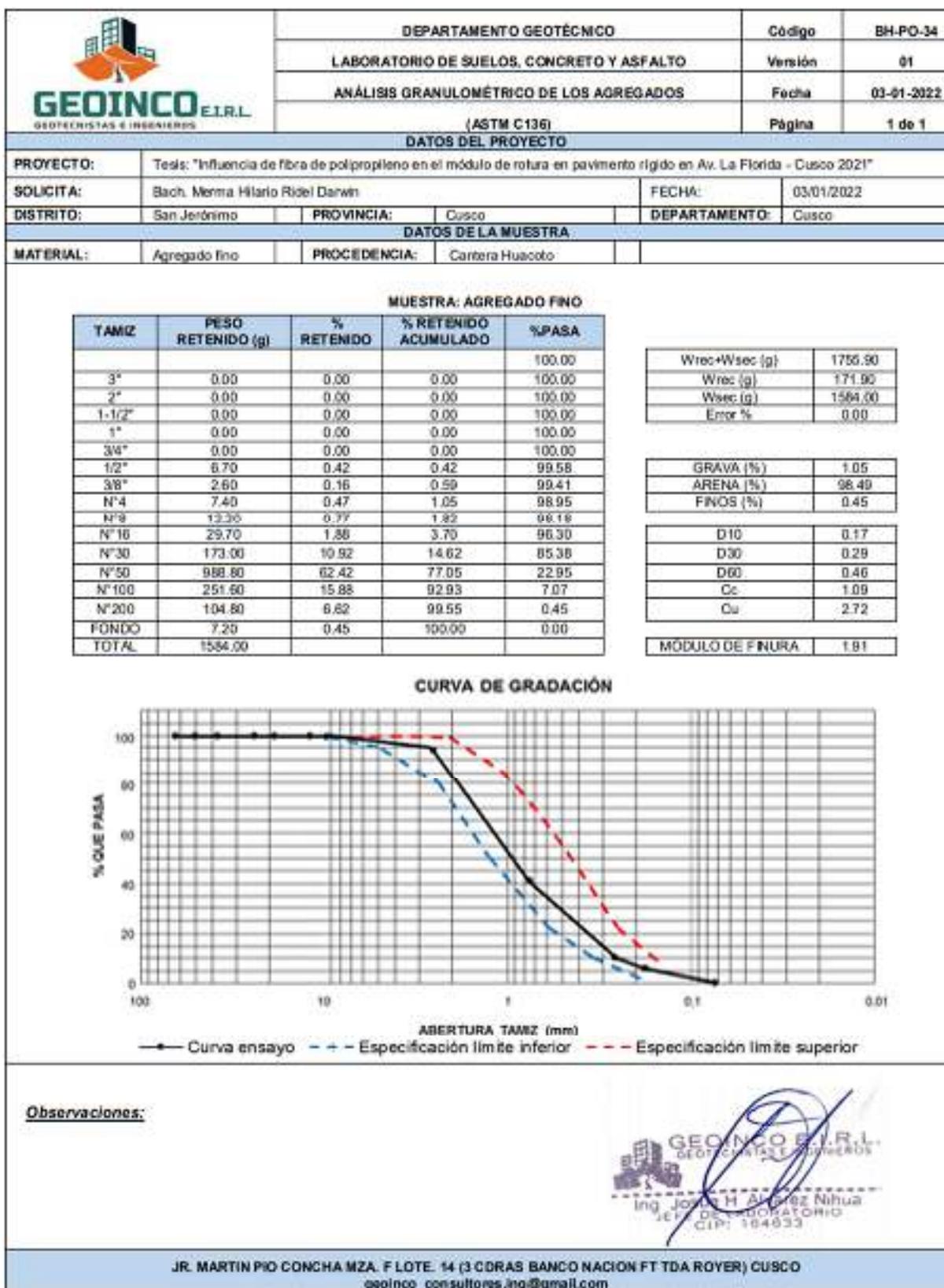


Figura 14. Análisis granulométrico para agregado fino.

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

	DEPARTAMENTO GEOTÉCNICO		Código	SH-NQ-23	
	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		Versión	01	
	CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS (ASTM C568-19)		Fecha	03-01-2022	
			Página	1 de 1	
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>					
PROYECTO:	Tesis: "Influencia de fibra de polipropileno en el módulo de rotura en pavimento rígido en Av. La Florida - Cusco 2021"				
SOLICITA:	Bach. Merma Hilario Ridel Darwin	FECHA:	03/01/2022		
DISTRITO:	San Jerónimo	PROVINCIA:	Cusco	DEPARTAMENTO:	Cusco
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
MATERIAL:	Agregados	PROCEDENCIA:	Cantera Huacoto		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	DATOS	CANTERA	
1	Wrec + Whum	g	2916.50	Huacoto	
2	Wrec + Wsec	g	2909.80		
3	Wrec	g	206.70		
4	Wagua	g	6.70		
5	Wsec	g	2703.10		
6	Contenido de humedad (%)	%	0.2		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO</b>					
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND.	DATOS	CANTERA	
1	Wrec + Whum	g	1945.60	Huacoto	
2	Wrec + Wsec	g	1847.90		
3	Wrec	g	171.80		
4	Wagua	g	97.70		
5	Wsec	g	1676.10		
6	Contenido de humedad (%)	%	6.8		
<b>Observaciones:</b>					
					
JR. MARTIN PIO CONCHA MZA. F LOTE. 14 (3 CDRAS BANCO NACION FT TDA ROYER) CUSCO geoinco_consultores.ing@gmail.com					

Figura 15. Contenido de humedad de agregado grueso y fino.

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

	DEPARTAMENTO GEOTÉCNICO		Código	RT-NP-38
	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		Versión	01
	DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS		Fecha	03-01-2022
	(ASTM C29 / C29M -17a)		Página	1 de 1
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>				
<b>PROYECTO:</b>	Tesis: "Influencia de fibra de polipropileno en el módulo de rotura en pavimento rígido en Av. La Florida - Cusco 2021"			
<b>SOLICITA:</b>	Bach. Marna Hilario Ridel Darwin		<b>FECHA:</b>	03/01/2022
<b>DISTRITO:</b>	San Jerónimo	<b>PROVINCIA:</b>	Cusco	<b>DEPARTAMENTO:</b> Cusco
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>				
<b>MATERIAL:</b>	Agregado grueso	<b>PROCEDENCIA:</b>	Cantera Huacoto	
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>UND.</b>	<b>DATOS</b>	<b>CANTERA</b>
1	Peso molde	g	3968.00	Huacoto
2	Peso molde + grava (1)	g	16211.00	
3	Peso molde + grava (2)	g	16036.00	
4	Peso molde + grava (3)	g	16051.00	
5	Peso molde + grava promedio	g	16089.40	
6	Peso de la grava seca	g	12232.40	
7	Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	9564.80	
8	Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1279.00	
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>UND.</b>	<b>DATOS</b>	<b>CANTERA</b>
1	Peso molde	g	3868.00	Huacoto
2	Peso molde + grava (1)	g	17861.00	
3	Peso molde + grava (2)	g	17863.00	
4	Peso molde + grava (3)	g	17711.00	
5	Peso molde + grava promedio	g	17745.00	
6	Peso de la grava seca	g	13878.00	
7	Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	9564.00	
8	Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1452.00	
<b>Observaciones:</b>				
				
<b>JR. MARTIN PÍO CONCHA MZA. F LOTE. 14 (3 CDRAS BANCO NACION FT TDA ROYER) CUSCO</b> geoinco_consultores.ing@gmail.com				

Figura 16. Ensayo de peso unitario suelto y compactado para agregado grueso.

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

	<b>DEPARTAMENTO GEOTÉCNICO</b>		Código	RT-CF-42
	<b>LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>		Versión	01
	<b>DETERMINACIÓN DEL PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO DE LOS AGREGADOS</b>		Fecha	03-01-2022
	(ASTM C29 / C29M-17a)		Página	1 de 1
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>				
<b>PROYECTO:</b>	Tesis: "Influencia de fibra de polipropileno en el módulo de rotura en pavimento rígido en Av. La Florida - Cusco 2021"			
<b>SOLICITA:</b>	Bach. Merna Hilario Ridel Darwin	<b>FECHA:</b>	03/01/2022	
<b>DISTRITO:</b>	San Jerónimo	<b>PROVINCIA:</b>	Cusco	<b>DEPARTAMENTO:</b> Cusco
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>				
<b>MATERIAL:</b>	Agregado fino	<b>PROCEDECENCIA:</b>	Carrera Huacoto	
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>UND.</b>	<b>DATOS</b>	<b>CANTERA</b>
1	Peso molde	g	5140.00	Huacoto
2	Peso molde + arena (1)	g	9603.00	
3	Peso molde + arena (2)	g	9608.00	
4	Peso molde + arena (3)	g	9584.00	
5	Peso molde + arena promedio	g	9598.80	
6	Peso de la arena seca	g	4458.60	
7	Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	3121.90	
8	Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1429.00	
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>				
<b>ÍTEM</b>	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>UND.</b>	<b>DATOS</b>	<b>CANTERA</b>
1	Peso molde	g	5140.00	Huacoto
2	Peso molde + arena (1)	g	10170.00	
3	Peso molde + arena (2)	g	10221.00	
4	Peso molde + arena (3)	g	10221.00	
5	Peso molde + arena promedio	g	10204.00	
6	Peso de la arena seca	g	5064.00	
7	Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	3121.80	
8	Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1623.00	
<b>Observaciones:</b>				
				
<b>JR. MARTIN PIO CONCHA MZA. F LOTE. 14 (3 CDRAS BANCO NACION FT TDA ROYER) CUSCO</b> <b>geoinco_consultores.ing@gmail.com</b>				

Figura 17. Ensayo de peso unitario suelto y compactado para agregado fino.

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

	DEPARTAMENTO GEOTÉCNICO			Código	MP-GR-74																																																		
	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			Versión	01																																																		
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DENSIDAD RELATIVA Y LA ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS (ASTM C127-15)			Fecha	03-01-2022																																																		
				Página	1 de 1																																																		
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>																																																							
PROYECTO:	Tesis: "Influencia de fibra de polipropileno en el módulo de rotura en pavimento rígido en Av. La Florida - Cusco 2021"																																																						
SOLICITA:	Bach. Merma Hilario Ridei Darwin			FECHA:	03/01/2022																																																		
DISTRITO:	San Jerónimo	PROVINCIA:	Cusco	DEPARTAMENTO:	Cusco																																																		
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>																																																							
MATERIAL:	Agregado grueso	PROCEDENCIA:	Cantera Huacoto																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ÍTEM</th> <th>IDENTIFICACIÓN</th> <th>UND.</th> <th>DATOS</th> <th>CANTERA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Peso canastilla en el aire</td> <td>g</td> <td>1370.00</td> <td rowspan="11" style="text-align: center;">Huacoto</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Peso canastilla + grava SSS en el aire</td> <td>g</td> <td>6370.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Peso canastilla + grava en el agua</td> <td>g</td> <td>4331.00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Peso canastilla en agua</td> <td>g</td> <td>1204.00</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Peso canastilla + grava seca</td> <td>g</td> <td>6339.00</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Masa de la muestra seca, M</td> <td>g</td> <td>4989.00</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Masa en el agua muestra saturada, Ma (g)</td> <td>g</td> <td>3127.00</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Masa en el aire muestra saturada, Ms (g)</td> <td>g</td> <td>5000.00</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Densidad aparente, Da</td> <td>g/cm<sup>3</sup></td> <td>2.65</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Densidad nominal, Dn</td> <td>g/cm<sup>3</sup></td> <td>2.70</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Absorción</td> <td>%</td> <td>0.62</td> </tr> </tbody> </table>						ÍTEM	IDENTIFICACIÓN	UND.	DATOS	CANTERA	1	Peso canastilla en el aire	g	1370.00	Huacoto	2	Peso canastilla + grava SSS en el aire	g	6370.00	3	Peso canastilla + grava en el agua	g	4331.00	4	Peso canastilla en agua	g	1204.00	5	Peso canastilla + grava seca	g	6339.00	6	Masa de la muestra seca, M	g	4989.00	7	Masa en el agua muestra saturada, Ma (g)	g	3127.00	8	Masa en el aire muestra saturada, Ms (g)	g	5000.00	9	Densidad aparente, Da	g/cm <sup>3</sup>	2.65	10	Densidad nominal, Dn	g/cm <sup>3</sup>	2.70	11	Absorción	%	0.62
ÍTEM	IDENTIFICACIÓN	UND.	DATOS	CANTERA																																																			
1	Peso canastilla en el aire	g	1370.00	Huacoto																																																			
2	Peso canastilla + grava SSS en el aire	g	6370.00																																																				
3	Peso canastilla + grava en el agua	g	4331.00																																																				
4	Peso canastilla en agua	g	1204.00																																																				
5	Peso canastilla + grava seca	g	6339.00																																																				
6	Masa de la muestra seca, M	g	4989.00																																																				
7	Masa en el agua muestra saturada, Ma (g)	g	3127.00																																																				
8	Masa en el aire muestra saturada, Ms (g)	g	5000.00																																																				
9	Densidad aparente, Da	g/cm <sup>3</sup>	2.65																																																				
10	Densidad nominal, Dn	g/cm <sup>3</sup>	2.70																																																				
11	Absorción	%	0.62																																																				
<b>Observaciones:</b>																																																							
 <p> <b>GEOINCO E.I.R.L.</b>          GEOTECNISTAS E INGENIEROS          Ing. Jhon H. Andrez Nihua          JEFE DE LABORATORIO          CIP: 164633       </p>																																																							
JR. MARTIN PIO CONCHA MZA. F LOTE. 14 (3 CDRAS BANCO NACION FT TDA ROYER) CUSCO geoinco_consultores.ing@gmail.com																																																							

Figura 18. Densidad y absorción de agregado grueso.

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

	DEPARTAMENTO GEOTÉCNICO		Código	MN-GT-82																																														
	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO		Versión	01																																														
	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO (ASTM C128-15)		Fecha	03-01-2022																																														
			Página	1 de 1																																														
<b>DATOS DEL PROYECTO</b>																																																		
PROYECTO:	Tesis: "Influencia de fibra de polipropileno en el módulo de rotura en pavimento rígido en Av. La Florida - Cusco 2021"																																																	
SOLICITA:	Bach. Merma Hilario Ridel Darwin	FECHA:	03/01/2022																																															
DISTRITO:	San Jerónimo	PROVINCIA:	Cusco	DEPARTAMENTO:	Cusco																																													
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>																																																		
MATERIAL:	Agregado fino	PROCEDENCIA:	Cantera Huacoto																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>ÍTEM</th> <th>IDENTIFICACIÓN</th> <th>UND.</th> <th>DATOS</th> <th>CANTERA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Masa de la probeta vacía</td> <td>g</td> <td>48.80</td> <td rowspan="10" style="text-align: center;">Huacoto</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Masa de la probeta con agua y con material</td> <td>g</td> <td>526.70</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Peso del recipiente</td> <td>g</td> <td>202.20</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Peso del recipient + arena seca</td> <td>g</td> <td>700.80</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Masa arena seca</td> <td>g</td> <td>498.80</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Masa arena saturada y seca superficialmente</td> <td>g</td> <td>500.00</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Volumen de probeta</td> <td>cm3</td> <td>500.00</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Densidad aparente, Da</td> <td>g/cm3</td> <td>2.24</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Densidad nominal, Dn</td> <td>g/cm3</td> <td>2.26</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Absorción</td> <td>%</td> <td>0.28</td> </tr> </tbody> </table>					ÍTEM	IDENTIFICACIÓN	UND.	DATOS	CANTERA	1	Masa de la probeta vacía	g	48.80	Huacoto	2	Masa de la probeta con agua y con material	g	526.70	3	Peso del recipiente	g	202.20	4	Peso del recipient + arena seca	g	700.80	5	Masa arena seca	g	498.80	6	Masa arena saturada y seca superficialmente	g	500.00	7	Volumen de probeta	cm3	500.00	8	Densidad aparente, Da	g/cm3	2.24	9	Densidad nominal, Dn	g/cm3	2.26	10	Absorción	%	0.28
ÍTEM	IDENTIFICACIÓN	UND.	DATOS	CANTERA																																														
1	Masa de la probeta vacía	g	48.80	Huacoto																																														
2	Masa de la probeta con agua y con material	g	526.70																																															
3	Peso del recipiente	g	202.20																																															
4	Peso del recipient + arena seca	g	700.80																																															
5	Masa arena seca	g	498.80																																															
6	Masa arena saturada y seca superficialmente	g	500.00																																															
7	Volumen de probeta	cm3	500.00																																															
8	Densidad aparente, Da	g/cm3	2.24																																															
9	Densidad nominal, Dn	g/cm3	2.26																																															
10	Absorción	%	0.28																																															
<u>Observaciones:</u>																																																		
																																																		
<b>JR. MARTIN PIO CONCHA MZA. F LOTE. 14 (3 CDRAS BANCO NACION FT TDA ROYER) CUSCO</b> geoinco_consultores.ing@gmail.com																																																		

Figura 19. Densidad y absorción de agregado fino.

Fuente: GEOINCO E.I.R.L.

## ANEXO 5: Certificados de calibración

		<b>LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LC - 001</b>															
				Registro N° LC - 001													
<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° V-5468-2022</b>																	
				Expediente N°: 94682													
Fecha de emisión: 2022-01-12		Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.															
<b>1. Solicitante:</b> GEOINCO E.I.R.L. <b>2. Dirección:</b> Jr. Martín Pío Concha Mz. F Lt. 14, Santa Ana – La Convención – Cusco		METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.															
<b>3. Equipo:</b> PRENSA DE CONCRETO Marca: HMEIGH Modelo: X5 N° Serie: 748 Intervalo de Indicación: 0 kg a 30000 kg División de Escala: 1 kg Diámetro de Rosca: ½" NPT Posición de Trabajo: Vertical Procedencia: PERÚ Fecha de calibración: 2022-01-11		Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).															
<b>4. Lugar de calibración:</b> Instalaciones de GEOINCO E.I.R.L.		Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.															
<b>5. Método de calibración:</b> La calibración se efectuó por comparación indirecta utilizando el PIC-023 "Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga".																	
<b>6. Condiciones ambientales</b>																	
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Magnitud</th> <th>Inicial</th> <th>Final</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td>27.3 °C</td> <td>27.9 °C</td> </tr> <tr> <td>Humedad relativa</td> <td>58.5%</td> <td>58.6%</td> </tr> <tr> <td>Presión</td> <td>1 005.0 hPa</td> <td>1 005.0 hPa</td> </tr> </tbody> </table>				Magnitud	Inicial	Final	Temperatura	27.3 °C	27.9 °C	Humedad relativa	58.5%	58.6%	Presión	1 005.0 hPa	1 005.0 hPa
Magnitud	Inicial	Final															
Temperatura	27.3 °C	27.9 °C															
Humedad relativa	58.5%	58.6%															
Presión	1 005.0 hPa	1 005.0 hPa															
																	
		Ing. GERARDO A. GOICOCHEA DE LA CRUZ Gerente Técnico (r) C.I.P.: 171505															
<b>METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.</b>																	
Av. Venezuela N° 2040 - Lima 01 - Lima, Perú Central Telefónica: (511) 713-0060 / (511) 713-5650 / 569 048 151 Atención al Cliente: 375 193 739 Consulta Técnica: (511) 713-6610 / 375 432 445 / 365 403 250 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe																	

Figura 20. Certificado de calibración – Prensa de concreto.

Fuente: METROIL S.A.C.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LC - 001



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° V-5467-2022



Expediente N°: 94681

Fecha de emisión: 2022-01-08

- Solicitante:** GEOINCO E.I.R.L.
- Dirección:** Jr. Marlin Plo Concha Mz. F Lt. 14, Santa Ana – La Convención – Cusco
- Equipo:** **BALANZA ELECTRÓNICA**  
Marca: SARTORIUS  
Modelo: LC22015  
N° Serie: 50310007  
Capacidad máxima: 2200 g  
Resolución: 0.01 g  
División de verificación: 0.1 g  
Clase de Exactitud: II  
Capacidad Mínima: 5 g  
Procedencia: Alemania  
Ubicación: Laboratorio  
Variación de  $\Delta T$  Local: 5 °C  
Fecha de calibración: 2022-01-08
- Lugar de calibración:** Instalaciones de GEOINCO E.I.R.L.
- Método de calibración:** La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II", Cuarta Edición - Abril 2010, SNM-INDECOPI.

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

Ing. GERARDO A. GÓICOCHEA DE LA CRUZ  
Gerente Técnico (e)  
C.I.P.: 171505

METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 - Lima 01 - Lima, Perú Central Telefónica: (511) 713-9080 / (511) 713-6666 / 999 040 161 Atención al Cliente: 975 153 739  
Consulta Técnica: (511) 713-9610 / 975 432 445 / 965 403 256 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

Figura 21. Certificado de calibración – Balanza electrónica.

Fuente: METROIL S.A.C.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° V-5466-2022



Expediente N°: 94680

- Fecha de emisión: 2022-01-08
- Solicitante:** GEOINCO E.I.R.L.
  - Dirección:** Jr. Martín Pío Concha Mz. F Lt. 14, Santa Ana – La Convención – Cusco
  - Equipo:** HORNO  
 Marca: GEMMY  
 Modelo: YCO-010  
 N° Serie: 510847  
 Tipo de Ventilación: Turbulencia  
 Procedencia: Alemania  
 Identificación: No indica  
 Instrumento de medición: Termómetro digital  
 Marca: No indica  
 Alcance: 1°C a 250°C  
 Resolución: 1°C  
 Tipo de controlador: Digital  
 Marca: No indica  
 Alcance: 1°C a 250°C  
 Resolución: 1°C  
 Fecha de calibración: 2022-01-04  
 Ubicación: Laboratorio
  - Lugar de calibración:** Instalaciones de GEOINCO E.I.R.L.
  - Método de calibración:** La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC-018 "Procedimiento de calibración o caracterización de medidores isoterms con aire como medio termostático". Segunda Edición – Junio 2009. SNM – INDECOPI.
  - Condiciones ambientales:**

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

METROIL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

Ing. GERARDO A. GOICOCHEA DE LA CRUZ  
Gerente Técnico (e)  
C.I.P.: 171595

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	28.4 °C	28.7 °C
Humedad relativa	44.2 %	42.8 %

### METROLOGÍA E INGENIERÍA LINO S.A.C.

Ax. Venezuela N° 2040 - Lima 01 - Lima, Perú - Central Telefónica: (511) 713-9080 / (511) 713-9656 / 999 048 181 Atención al Cliente: 975 193 729  
 Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / 965 403 296 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe

Figura 22. Certificado de calibración – Horno.

Fuente: METROIL S.A.C.

## ANEXO 5: Ficha técnica Sikafiber PE

	
<h1>HOJA TÉCNICA</h1> <h2>Sikafiber® PE</h2>	
Fibra de Polipropileno para el refuerzo de concreto	
<b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>	<p>Sikafiber® PE, es un refuerzo de fibra de polipropileno modificada que evita el agrietamiento de concretos y morteros.</p> <p>Sikafiber® PE está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados.</p> <p>Durante la mezcla Sikafiber® PE se distribuye aleatoriamente dentro de la masa de concreto o mortero formando una red tridimensional muy uniforme.</p> <p><b>USOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Losas de concreto (placas, pavimentos, techos, etc)</li><li>• Mortero y concreto proyectado. (Shotcrete).</li><li>• Paneles de fachada.</li><li>• Elementos prefabricados.</li><li>• Revestimientos de canales.</li></ul> <p><b>CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS</b></p> <p>La adición de Sikafiber® PE, sustituye a la armadura destinada a absorber las tensiones que se producen durante el fraguado y endurecimiento del concreto, aportando las siguientes ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Reducción de la fisuración por retracción e impidiendo su propagación.</li><li>• Aumento importante del índice de tenacidad del concreto.</li><li>• Mejora la resistencia al impacto, reduciendo la fragilidad.</li><li>• En mayor cuantía mejora la resistencia a la tracción y a la compresión.</li><li>• La acción del Sikafiber PE es de tipo físico y no afecta el proceso de hidratación del cemento.</li></ul>
<b>DATOS BÁSICOS</b>	
<b>FORMA</b>	<b>ASPECTO</b> Fibra <b>COLOR</b> Crema
Hoja Técnica Sikafiber® PE 24.03.13, 11/00017	
1/3	

Figura 23. Ficha técnica de fibra de polipropileno Sikafiber PE – Hoja 1.

Fuente: Sika AG.

	<b>PRESENTACIÓN</b> Bolsa de 600 gr
<b>ALMACENAMIENTO</b>	<b>CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL</b> Un año en un lugar seco y bajo techo, en envases bien cerrados.
<b>DATOS TÉCNICOS</b>	<b>DENSIDAD REAL APROX.</b> 0,91 kg/l. <b>ABSORCIÓN DE AGUA</b> Ninguna <b>MÓDULO DE ELASTICIDAD</b> 15.000 kg/cm <sup>2</sup> <b>ALARGAMIENTO DE ROTURA</b> 20-30% <b>RESISTENCIA A TRACCIÓN</b> 300 - 350 kg/cm <sup>2</sup> <b>RESISTENCIA QUÍMICA</b> Inerte a los álcalis del cemento, ácidos en general, agua de mar, residuos alimentarios y ganaderos, aceites vegetales. No se pudre y es resistente a hongos y bacteria. <b>DURABILIDAD</b> Indefinida <b>TEMPERATURA DE FUSIÓN</b> 160-170 °C <b>LONGITUD</b> 19 mm <b>NORMA</b> A los concretos a los que se agregado Sikafiber® PE cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C 1116 <b>PRECAUCIONES</b> Sikafiber® PE no sustituye a las armaduras principales y secundarias resultantes del cálculo. La adición de Sikafiber® PE no evita las grietas derivadas de un mal dimensionamiento y aunque ayuda a controlarlo, no evita las grietas producto de un deficiente curado. La adición de Sikafiber® PE es compatible con cualquier otro aditivo de Sika.
<b>INFORMACIÓN DEL SISTEMA</b>	
<b>MÉTODO DE APLICACIÓN</b>	<b>MODOS DE EMPLEO</b> Se agrega, en planta o a pie de obra directamente a la mezcla de concreto o mortero. No disolver en el agua de amasado. Una vez añadido el Sikafiber® PE basta con prolongar el mezclado al menos 5 minutos. <b>DOSIFICACIÓN</b> El Sikafiber® PE se empleará para todo tipo de concretos hasta f'c = 300 kg/cm <sup>2</sup> se debe usar 600 gr por m <sup>3</sup> de concreto y para concretos de alta resistencia mayores a f'c = 300 kg/cm <sup>2</sup> se colocará 1 kg/m <sup>3</sup> . Usar de 2 a 8 Kg. En caso de mezcla de shotcrete
<b>INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD</b>	
<b>PRECAUCIONES DURANTE LA MANIPULACIÓN</b>	Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.
<p>Hoja Técnica Sikafiber® PE 04-1114-6600x2</p> <p>2/3</p> <p style="text-align: right;"><b>BUILDING TRUST</b> </p>	

Figura 24. Ficha técnica de fibra de polipropileno Sikafiber PE – Hoja 2.

Fuente: Sika AG.

<b>OBSERVACIONES</b>	<p>La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de internet en nuestra página web: <a href="http://www.sika.com.pe">www.sika.com.pe</a></p>
<b>NOTAS LEGALES</b>	<p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o aptitud del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las marcas, patentes deben ser respetados.</p> <p>Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hoja Técnica de los productos; cuyos copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web <a href="http://www.sika.com.pe">www.sika.com.pe</a>.</p> <p><b>*La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 1 la misma que deberá ser destruida*</b></p>
<p><b>PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sikafiber® PE :</b></p>	
<p>1.- SIKa PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS</p>	
	
<p>2.- SIKa CIUDAD VIRTUAL</p>	
	
<p>Sika Perú S.A.          Concreto          Centro Industrial "Las Praderas"          de Lurin" s/n MZ B, Lotes 5 y 6,          Lurin          Lima          Perú  <a href="http://www.sika.com.pe">www.sika.com.pe</a></p>	<p>Versión elaborada por: Sika Perú S.A.          CG, Departamento Técnico          Tel: 618-6060          Fax: 618-6070          Mail: <a href="mailto:informacion@pe.sika.com">informacion@pe.sika.com</a></p>
<p>Hoja Técnica          Sikafiber® PE          D1, D1.1.4, Edición 2</p>	
<p>3/3</p>	<p>BUILDING TRUST </p>

Figura 25. Ficha técnica de fibra de polipropileno Sikafiber PE – Hoja 3.

Fuente: Sika AG.

7.5 Cuando la determinación de densidad no es requerida y la relación de longitud a diámetro es menor que 1,8 o mayor que 2,2; medir la longitud de la probeta con aproximación de 0,05 D

## 8. PROCEDIMIENTO

8.1 Los ensayos a compresión de probetas del curado húmedo serán hechas tan pronto como sea práctico luego de retirarlos del almacenaje de humedad.

8.2 Los cilindros serán protegidos de pérdida de humedad por cualquier método conveniente durante el periodo entre el retiro del almacenaje de humedad y el ensayo. Los cilindros serán ensayados en condición húmedos.

8.3 Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo serán fracturados dentro el tiempo permisible de tolerancias prescritas como sigue:

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	± 0,5 h ó 2,1 %
3 d	± 2 h ó 2,8 %
7 d	± 6 h ó 3,6 %
28 d	± 20 h ó 3,0 %
90 d	± 48 h ó 2,2%

8.4 Colocación: Colocar el bloque de rotura inferior, sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura superior directamente bajo la rótula del cabezal. Limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior y las de la probeta de ensayo y colocar el cilindro sobre el bloque inferior de rotura. Cuidadosamente alinear los ejes de la probeta con el centro de empuje de la rótula del bloque asentado.

8.4.1 Verificación del cero y asiento del bloque: Antes de ensayar la probeta, verificar que el indicador de carga este en cero, ajustar el indicador (Nota 8). Como el bloque asentado sobre la rótula es aplicado sobre la probeta, rotar su porción móvil cuidadosamente con la mano a fin de que el asiento sea uniforme.

Figura 26. Procedimiento para realización de ensayo de compresión – hoja 1.

Fuente: Indecopi.

NOTA 8: La técnica usada para la verificación y ajuste del indicador de carga a cero variará dependiendo del fabricante de la máquina. Consulte con su manual idóneo o calibrador de máquinas de compresión para una técnica apropiada.

8.5 Velocidad de carga: Aplicar la carga continuamente y sin detenimiento.

8.5.1 La carga será aplicada a una velocidad de movimiento correspondiendo a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de  $0,25 \pm 0,05$  MPa/s (Véase Nota 9). La velocidad de movimiento diseñada será mantenida al menos durante la mitad final de la fase de carga anticipada.

NOTA 9: Para una máquina de ensayo de tornillo o de desplazamiento controlado, preliminarmente al ensayo será necesario establecer la velocidad requerida de movimiento para alcanzar la velocidad de esfuerzo especificado. La velocidad requerida de movimiento dependerá del tamaño del espécimen de ensayo, el módulo de elasticidad del concreto y de la solidez de la máquina de ensayo.

8.5.2 Durante la aplicación de la 1ra. mitad de la fase de la carga anticipada, una alta velocidad de carga será permitida. La alta velocidad de carga será aplicada de manera controlada.

8.5.3 No hacer ajustes en la velocidad de movimiento cuando la carga final está siendo aplicada y la velocidad de esfuerzo decrece debido a la fractura del espécimen.

8.6 Aplicar la carga de compresión mientras el indicador muestra que la carga disminuye constantemente y el espécimen muestra un patrón de fractura bien definido (Tipos del 1 al 4 en la Figura 2). Para una máquina de ensayo, el cierre automático de la máquina de ensayo está prohibido mientras la carga ha caído a un valor menor del 95 % de la carga máxima. Cuando se ensayan con capas de embonado, una fractura en la esquina similar a los patrones tipos 5 o 6 mostrados en la Figura 2 puede ocurrir antes que la capacidad última del espécimen ha sido alcanzado. Registrar la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo, y anotar el tipo de patrón de fractura de conformidad con la Figura 2, esquematizar y describir el patrón de fractura brevemente. Si la resistencia medida es menor a lo esperada, examinar la fractura del concreto y notar la evidencia de segregación, si las fracturas pasan predominantemente alrededor o a través de las partículas del agregado grueso, y verificar el refrentado de conformidad con las NTP 339.037 o NTP 339.216.

Figura 27. Procedimiento para realización de ensayo de compresión – hoja 2.

Fuente: Indecopi.

6.2 El laboratorista que lleve a cabo los ensayos de las vigas de concreto para los ensayos de aceptación, deberá cumplir con la ASTM C 1077, para técnico de laboratorio de concreto, incluyendo esta Norma Técnica Peruana como una prueba relevante.

NOTA 1: El laboratorio de ensayo que realiza este método puede ser evaluado de conformidad con ASTM C 1077.

## 7. PROCEDIMIENTO

7.1 La prueba de flexión se realizará tan pronto como sea posible, luego de retirar la viga de la cámara de curado. Las vigas con superficie seca arrojan resultados menores en mediciones del módulo de rotura.

7.2 Cuando se usan vigas moldeadas, se gira sobre uno de los lados con respecto a la posición de moldeado y se centra sobre las placas de apoyo. Cuando se usan vigas cortadas, se posiciona ésta para que la tensión corresponda a la superficie superior o al inferior de la misma, tal como se hizo el corte inicialmente.

7.3 Se centra el sistema de aplicación de carga en relación con la fuerza aplicada. Se colocan los bloques a los cuales se aplicará la carga en contacto con la superficie de la muestra en los tercios de la luz de la viga y aplicar una carga entre 3 % y 6% de la carga de rotura estimada. Usando medidores de espesores tipo láminas de 0,10 mm y 0,40 mm, determinar si algún espacio existente entre la muestra y el bloque de carga o los de soporte, es mayor o menor que cada uno de los medidores de espesor en una longitud de 25 mm o más. Si no se obtiene un contacto completo entre la viga y los bloques de aplicación de la carga, será necesario refrentar, lijar o poner una cuña de cuero. Las tiras de cuero serán de un espesor uniforme de 6 mm y tendrán un ancho comprendido entre 25 mm a 50 mm, y deberán extenderse a todo el ancho de la viga. Los espacios de más de 0,40 mm deben ser eliminados solamente mediante refrentado o esmerilado. El lijado de las superficies laterales debe ser mínimo, debido a que esta acción puede cambiar las características físicas de las muestras. El refrentado se hará en conformidad con las secciones aplicables de la NTP 339.037.

7.4 Se aplica la carga al espécimen de forma continua y sin impactos. La carga se aplica a una velocidad constante hasta el punto de ruptura. Aplicar la carga a una

Figura 28. Procedimiento para realización de ensayo de flexión – hoja 1.

Fuente: Indecopi.

velocidad que incremente constantemente la resistencia de la fibra extrema, entre 0,9 MPa/min y 1,2 MPa/min , hasta producir la rotura de la viga. La relación de carga se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$r = \frac{Sbd^2}{L} \quad (1)$$

En donde:

- r : es la relación de carga, en N/min
- S : tasa de incremento de la tensión máxima en la cara de tracción, en MPa/min
- b : ancho promedio de la viga según su disposición para el ensayo, mm
- d : altura promedio de la viga, según su disposición para el ensayo, mm
- L : longitud del tramo, en mm

## 8. MEDICIÓN DE LAS MUESTRAS LUEGO DE LAS PRUEBAS

8.1 Para determinar las dimensiones de la sección transversal de la muestra para su aplicación en el cálculo del módulo de ruptura, tomar las mediciones a través de una de las caras fracturadas después de la prueba. El ancho y profundidad se miden en la muestra conforme se dispuso para el ensayo. Para cada dimensión, tomar una medición en cada borde y una en el centro de la sección transversal. Tomar tres medidas a lo largo de cada dimensión (una en cada extremo y al centro), para determinar el ancho promedio, altura promedio y ubicación de la línea de fractura de la viga en la sección de falla. Tomar todas las medidas con una precisión de 1 mm . Si la fractura ocurre en una sección de refrentado, se incluye la medida del espesor de la capa.

Figura 29. Procedimiento para realización de ensayo de flexión – hoja 2.

Fuente: Indecopi.

## ANEXO 8: Análisis de costos unitarios

COSTO POR 1 M <sup>3</sup> DE CONCRETO CONVENCIONAL DE FC = 210 KG/CM <sup>3</sup>					
PARTIDA		CONCRETO F' C=210 KG/CM <sup>3</sup>			
RENDIMIENTO	10 M <sup>3</sup> /DÍA	COSTO UNITARIO CONCRETO POR M <sup>3</sup>			441.56
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	1.00	0.800	24.57	19.66
OPERARIO	HH	2.00	1.600	21.84	34.94
OFICIAL	HH	2.00	1.600	17.69	28.30
PEÓN	HH	8.00	6.400	16.42	105.09
					<b>187.99</b>
<b>MATERIALES</b>					
CEMENTO TIPO I (42.5 KG)	BOLSA		9.000	19.20	172.80
PIEDRA CHANCADA	M <sup>3</sup>		0.874	42.00	36.71
ARENA GRUESA	M <sup>3</sup>		0.815	25.20	20.54
AGUA	M <sup>3</sup>		0.195	40.00	7.80
					<b>237.85</b>
<b>HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.030	174.80	5.24
MEZCLADORA DE CONCRETO 8HP 9P3		0.50	0.400	11.40	4.56
VIBRADOR DE CONCRETO (3/4" 2")		0.50	0.400	14.80	5.92
					<b>15.72</b>
<b>COSTO POR 1 M<sup>3</sup> DE CONCRETO CONVENCIONAL DE FC = 210 KG/CM<sup>3</sup> + 0.1 KG/M<sup>3</sup> DE SIKAFIBER PE</b>					
PARTIDA		CONCRETO F' C=210 KG/CM <sup>3</sup>			
RENDIMIENTO	10 M <sup>3</sup> /DÍA	COSTO UNITARIO CONCRETO POR M <sup>3</sup>			445.56
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	1.00	0.800	24.57	19.66
OPERARIO	HH	2.00	1.600	21.84	34.94
OFICIAL	HH	2.00	1.600	17.69	28.30
PEÓN	HH	8.00	6.400	16.42	105.09
					<b>187.99</b>
<b>MATERIALES</b>					
CEMENTO TIPO I (42.5 KG)	BOLSA		9.000	19.20	172.80
PIEDRA CHANCADA	M <sup>3</sup>		0.874	42.00	36.71
ARENA GRUESA	M <sup>3</sup>		0.815	25.20	20.54
AGUA	M <sup>3</sup>		0.195	40.00	7.80
FIBRA DE POLIPROPILENO SIKAFIBER PE	KG		0.100	40.00	4.00
					<b>241.85</b>
<b>HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.030	174.80	5.24
MEZCLADORA DE CONCRETO 8HP 9P3		0.50	0.400	11.40	4.56
VIBRADOR DE CONCRETO (3/4" 2")		0.50	0.400	14.80	5.92
					<b>15.72</b>

Figura 30. Análisis de costos unitarios – hoja 1.

Fuente: Elaboración propia.

COSTO POR 1 M <sup>3</sup> DE CONCRETO CONVENCIONAL DE FC = 210 KG/CM <sup>2</sup> + 0.2 KG/M <sup>3</sup> DE SIKAFIBER PE					
PARTIDA	CONCRETO F' C=210 KG/CM <sup>2</sup>				
RENDIMIENTO	10 M <sup>3</sup> /DÍA	COSTO UNITARIO CONCRETO POR M <sup>3</sup>			449.56
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	1.00	0.800	24.57	19.66
OPERARIO	HH	2.00	1.600	21.84	34.94
OFICIAL	HH	2.00	1.600	17.69	28.30
PEON	HH	8.00	6.400	16.42	105.09
					<b>187.99</b>
<b>MATERIALES</b>					
CEMENTO TIPO I (42.5 KG)	BOLSA		9.000	19.20	172.80
PIEDRA CHANCADA	M <sup>3</sup>		0.874	42.00	36.71
ARENA GRUESA	M <sup>3</sup>		0.815	25.20	20.54
AGUA	M <sup>3</sup>		0.195	40.00	7.80
FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA	KG		0.200	40.00	8.00
					<b>245.85</b>
<b>HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.030	174.80	5.24
MEZCLADORA DE CONCRETO 8HP 9P3		0.50	0.400	11.40	4.56
VIBRADOR DE CONCRETO (3/4"-2")		0.50	0.400	14.80	5.92
					<b>15.72</b>
<b>COSTO POR 1 M<sup>3</sup> DE CONCRETO CONVENCIONAL DE FC = 210 KG/CM<sup>2</sup> + 0.3 KG/M<sup>3</sup> DE SIKAFIBER PE</b>					
PARTIDA	CONCRETO F' C=210 KG/CM <sup>2</sup>				
RENDIMIENTO	10 M <sup>3</sup> /DÍA	COSTO UNITARIO CONCRETO POR M <sup>3</sup>			453.56
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	1.00	0.800	24.57	19.66
OPERARIO	HH	2.00	1.600	21.84	34.94
OFICIAL	HH	2.00	1.600	17.69	28.30
PEÓN	HH	8.00	6.400	16.42	105.09
					<b>187.99</b>
<b>MATERIALES</b>					
CEMENTO TIPO I (42.5 KG)	BOLSA		9.000	19.20	172.80
PIEDRA CHANCADA	M <sup>3</sup>		0.874	42.00	36.71
ARENA GRUESA	M <sup>3</sup>		0.815	25.20	20.54
AGUA	M <sup>3</sup>		0.195	40.00	7.80
FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA	KG		0.300	40.00	12.00
					<b>249.85</b>
<b>HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.030	174.80	5.24
MEZCLADORA DE CONCRETO 8HP 9P3		0.50	0.400	11.40	4.56
VIBRADOR DE CONCRETO (3/4"-2")		0.50	0.400	14.80	5.92
					<b>15.72</b>

Figura 31. Análisis de costos unitarios – hoja 2.

Fuente: Elaboración propia.

COSTO POR 1 M <sup>3</sup> DE CONCRETO CONVENCIONAL DE FC = 210 KG/CM <sup>2</sup> + 0.4 KG/M <sup>3</sup> DE SIKAFIBER PE					
PARTIDA RENDIMIENTO DESCRIPCIÓN	10 M <sup>3</sup> /DÍA UNIDAD	CONCRETO F' C=210 KG/CM <sup>2</sup> COSTO UNITARIO CONCRETO POR M <sup>3</sup>			457.56
		CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	1.00	0.800	24.57	19.66
OPERARIO	HH	2.00	1.600	21.84	34.94
OFICIAL	HH	2.00	1.600	17.69	28.30
PEÓN	HH	8.00	6.400	16.42	105.09
					<b>187.99</b>
<b>MATERIALES</b>					
CEMENTO TIPO I (42.5 KG)	BOLSA		9.000	19.20	172.80
PIEDRA CHANCADA	M <sup>3</sup>		0.874	42.00	36.71
ARENA GRUESA	M <sup>3</sup>		0.815	25.20	20.54
AGUA	M <sup>3</sup>		0.195	40.00	7.80
FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA	KG		0.400	40.00	16.00
					<b>253.85</b>
<b>HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.030	174.80	5.24
MEZCLADORA DE CONCRETO 8HP 9P3		0.50	0.400	11.40	4.56
VIBRADOR DE CONCRETO (3/4"-2")		0.50	0.400	14.80	5.92
					<b>15.72</b>
<b>COSTO POR 1 M<sup>3</sup> DE CONCRETO CONVENCIONAL DE FC = 210 KG/CM<sup>2</sup> + 0.5 KG/M<sup>3</sup> DE SIKAFIBER PE</b>					
PARTIDA RENDIMIENTO DESCRIPCIÓN	10 M <sup>3</sup> /DÍA UNIDAD	CONCRETO F' C=210 KG/CM <sup>2</sup> COSTO UNITARIO CONCRETO POR M <sup>3</sup>			461.56
		CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL
<b>MANO DE OBRA</b>					
CAPATAZ	HH	1.00	0.800	24.57	19.66
OPERARIO	HH	2.00	1.600	21.84	34.94
OFICIAL	HH	2.00	1.600	17.69	28.30
PEÓN	HH	8.00	6.400	16.42	105.09
					<b>187.99</b>
<b>MATERIALES</b>					
CEMENTO TIPO I (42.5 KG)	BOLSA		9.000	19.20	172.80
PIEDRA CHANCADA	M <sup>3</sup>		0.874	42.00	36.71
ARENA GRUESA	M <sup>3</sup>		0.815	25.20	20.54
AGUA	M <sup>3</sup>		0.195	40.00	7.80
FIBRA DE POLIPROPILENO SIKA	KG		0.500	40.00	20.00
					<b>257.85</b>
<b>HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS</b>					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.030	174.80	5.24
MEZCLADORA DE CONCRETO 8HP 9P3		0.50	0.400	11.40	4.56
VIBRADOR DE CONCRETO (3/4"-2")		0.50	0.400	14.80	5.92
					<b>15.72</b>

Figura 32. Análisis de costos unitarios – hoja 3.

Fuente: Elaboración propia.

**ANEXO 8: Panel fotográfico.**



Figura 33. Foto 1.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 34. Foto 2.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 35. Foto 3.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 36. Foto 4.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 37. Foto 5.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 38. Foto 6.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 39. Foto 7.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 40. Foto 8.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 41. Foto 9.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 42. Foto 10.

Fuente: Elaboración propia.