

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Influencia de la adición de la fibra de acero trefilada y fibra de polipropileno en las propiedades del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay -

2023

Asesor:

Ing. Acosta Valer, Hugo Virgilio

Autor:

Zamalloa Sanchez, Liz Sharely

Para optar el Título Profesional de: Ingeniero Civil

Abancay – Apurímac – Perú

2025



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 034



En la ciudad de Abancay, a los 07 días del mes de marzo del 2025, siendo las 09:00 am horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0223-2025- EPIC-FI-UTEA-SA de fecha 25 de febrero del 2025, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente :	MSc. Ing. Maldonado Mendivil, Angel
Dictaminante :	Ing. Holguer, Cayo Baca
Replicante :	Ing. Rubén, Gamarra Mota

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Influencia de la adición de la fibra de acero trefilado y fibra de polipropileno en las propiedades del concreto $fc=280kg/cm^2$ para pavimentos de avenidas – Abancay-2023

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br: ZAMALLOA SANCHEZ, LIZ SHARELY

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: Unanimidad
(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Zamalloa Sanchez, Liz Sharely	Aprobado

Siendo las 10:39am horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: MSc. Ing. Maldonado Mendivil, Angel

Dictaminante: Ing. Holguer, Cayo Baca

Replicante: Ing. Rubén, Gamarra Motta

Abancay 16 de mayo del 2025

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 333

(*) Mayoría: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.
(**) 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.




23% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 19%  Fuentes de Internet
- 7%  Publicaciones
- 17%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Metadatos

Datos del Autor		
Apellidos y nombre	:	Zamalloa Sanchez Liz Sharely
Tipo de documento de identidad	:	DNI
Numero de documento de identidad	:	71898335
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0004-7837-275X
Datos del Asesor		
Apellidos y nombre	:	Acosta Valer Hugo Virgilio
Tipo de documento de identidad	:	DNI
Numero de documento de identidad	:	31036555
URL ORCID	:	https://orcid.org/0000-0003-1492-0441
Datos de la Investigación		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela profesional	:	Ingeniería Civil
Línea de investigación	:	Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible - Transporte
Rango de años en que se realizó la investigación	:	2023 - 2024
Fuente de financiamiento	:	Financiado por la Universidad Tecnológica de los Andes.
Porcentaje de similitud	:	23%
URL de OCDE	:	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford# 2.01.01

Dedicatoria

A mi padre Hugo Zamalloa Zea, a mi madre Yony Sanchez Elguera, a mis hermanos Yozamny y Cristhian, a mi abuelita Virginia y a mis sobrinos, quienes son mi mayor fortaleza y motivación para seguir adelante y cumplir todas mis metas. Esta investigación nace por todo el amor y el esfuerzo que han puesto en mí.

Agradecimiento

Agradezco a Dios por darme la fuerza para culminar con éxito este logro en mi vida.

A mis padres por su amor, su sacrificio, su apoyo incondicional y acompañarme siempre en cada momento de mi vida. A mi abuelita y a mis hermanos por brindarme su cariño, su apoyo para crecer como profesional.

Al Ing. Hugo V. Acosta Vales, mi asesor de tesis, quien me apoyo, me aconsejo, me motivo, y me acompaño en la elaboración del proyecto de investigación.

Al centro de investigación de la universidad tecnológica de los andes por impulsar la investigación en los estudiantes y por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto.

A mis amigos, compañeros y a todas las personas que de alguna manera hicieron posible la realización de este proyecto, aportando recursos, tiempo y apoyo.

Resumen

El presente trabajo de investigación propone una alternativa para mejorar las propiedades del concreto $f'c=280$ kg/cm² y así poder controlar las fisuras, agrietamientos, y otros daños en los pavimentos de la ciudad de Abancay.

El objetivo es conocer la influencia de estas fibras en las propiedades del concreto en sus dos estados, para llegar al objetivo se utilizó un método experimental realizando ensayos como resistencia a la compresión y flexión, se diseñó un concreto patrón $f'c=280$ kg/cm² para compararlas con las otras muestras incorporadas con fibras de acero al 0.5%, 1% y 1.5%, y fibra de polipropileno al 0.25 %, 0.5% y 0.75 % por m³ con respecto al cemento, se realizó también una combinación de ambas fibras para conocer el comportamiento que puede producir en el concreto.

Se realizaron un total de 72 briqueta y 72 vigas, de los resultados obtenidos, se concluyó que la fibra de polipropileno conserva buena trabajabilidad a diferencia de la fibra de acero, Ante la resistencia a la compresión el uso de las fibras no influye progresivamente, pero cumple con el diseño teórico, con respecto a la resistencia a la flexión y fisuración el uso de las fibra de polipropileno al 0.25% tiene el mejor comportamiento superando un 9.31% a la muestra patrón y reduciendo 72% las fisuras respectivamente, con respecto a los costos-beneficio se observó que el uso de las fibras de polipropileno son más económicas y con mejores resultados ante el uso de la fibras metálicas.

Palabras clave: fibras de acero, fibras de polipropileno, módulo de rotura, combinación de fibras.

Abstract

The present research work proposes an alternative to improve the properties of concrete $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ and thus be able to control fissures, cracks, and other damages in the pavements of the city of Abancay.

The objective is to know the influence of these fibers on the properties of the concrete in its two states. To reach the objective, an experimental method was used, carrying out tests such as resistance to compression and flexion, a concrete pattern $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ was designed to compare them with the other samples incorporated with steel fibers at 0.5%, 1% and 1.5%, and polypropylene fiber at 0.25%, 0.5% and 0.75% per m^3 with Regarding cement, a combination of both fibers was also made to know the behavior it can produce in concrete.

A total of 72 briquettes and 72 beams were made, from the results obtained, it was concluded that the polypropylene fiber retains good workability unlike the steel fiber. Given the compression resistance, the use of the fibers does not progressively influence, but complies with the theoretical design, with respect to resistance to bending and cracking, the use of polypropylene fibers at 0.25% has the best performance, exceeding the standard sample by 9.31% and reducing 72% cracks respectively, with respect to cost-benefit it was observed that the use of polypropylene fibers are more economical and with better results compared to the use of metallic fibers.

Key words: steel fibers, polypropylene fibers, flexural strength, combination fibers.

Índice general

Portada	i
Acta de sustentación	ii
Reporte de similitud	iii
Metadatos	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
Índice general	ix
Índice de tablas	xiii
Índice de figuras	xvi
Índice de anexos	xix
I. Introducción	22
II. Planteamiento del problema	23
2.1. Descripción y formulación del problema	23
2.1.1. Realidad problemática	23
2.1.2. Formulación de problemas	28
2.2. Objetivos	28
2.2.1. Objetivos generales	28
2.2.2. Objetivo específico	29
2.3. Justificación e importancia	29

2.4.	Hipótesis.....	32
2.4.1.	Hipótesis general	32
2.4.2.	Hipótesis específica.....	32
2.5.	VARIABLES.....	32
III.	Marco teórico.....	35
3.1.	Antecedentes	35
3.1.1.	A nivel internacional	35
3.1.2.	A nivel nacional.....	37
3.1.3.	A nivel regional y local	43
3.2.	Bases teóricas.	45
3.2.1.	Incorporación de la fibra de acero y fibra de polipropileno en el pavimento de avenidas	45
3.2.2.	Influencia de las fibras de acero trefiladas y las fibras de polipropileno en el concreto fresco.	55
3.2.3.	Influencia de las fibras de acero trefiladas y las fibras de polipropileno en el concreto endurecido.....	65
3.3.	Definición de términos.	72
IV.	Metodología.....	74
4.1.	Tipo y nivel de investigación	74
4.1.1.	Tipo de investigación	74
4.1.2.	Nivel de investigación.....	74
4.2.	Ámbito temporal y espacial.....	75
4.2.1.	Ámbito temporal de la investigación.....	75

4.2.2.	Ámbito espacial de la investigación.....	75
4.3.	Población y muestra	75
4.3.1.	Población	75
4.3.2.	Muestra	76
4.4.	Instrumentos	77
4.4.1.	Validación de instrumentos:.....	77
4.5.	Procedimientos	78
4.5.1.	Diseño de mezcla.....	79
4.5.2.	Rotura de los especímenes de concreto	84
4.5.3.	Cálculo de fisuración.....	84
4.6.	Análisis de datos.....	85
4.6.1.	Diseño de Mezcla ACI 211.1	85
4.6.2.	Dosificación de las fibras.	102
4.6.3.	Proporciones de diseño.....	102
4.6.4.	Cantidades de especímenes	106
4.6.5.	Análisis estadístico	107
4.7.	Consideraciones éticas	110
V.	Resultados y discusiones	111
5.1.	Resultandos	111
5.1.1.	Resultados del primer objetivo específico.....	111
5.1.2.	Resultados del segundo objetivo específico.....	121
5.1.3.	Resultados del tercer objetivo específico.	141

5.1.4.	Resultados del ensayo de contracción plástica (Fisuración)	161
5.1.5.	Costos adicionales por m^3	163
5.1.6.	Relación Costo-Beneficio.....	164
5.2.	Prueba de hipótesis.....	166
5.2.1.	Para la primera hipótesis específica:	166
5.2.2.	Para la segunda hipótesis específica:.....	173
5.2.3.	Para la tercera hipótesis específica:.....	182
5.3.	Discusiones.....	192
VI.	Conclusiones.....	196
VII.	Recomendaciones.....	199
VIII.	Referencias	200
IX.	Anexos.....	213

Índice de tablas

Tabla 1 Estado de las principales avenidas en la ciudad de Abancay	25
Tabla 2 Operacionalización de variables.....	33
Tabla 3 Costo por % de fibra de acero en relación a 1 bolsa de cemento	52
Tabla 4 Costo por % de fibra de polipropileno en relación a 1 bolsa de cemento	55
Tabla 5 Normas empleadas para los ensayos en laboratorio	56
Tabla 6 Resistencia promedio requerida a la compresión.	57
Tabla 7 Asentamiento máximo y mínimo.	58
Tabla 8 Cantidades Aproximadas de agua para diferentes asentamientos	60
Tabla 9 Aire atrapado en función del tamaño máximo nominal	60
Tabla 10 Relación agua/cemento vs $f'c$ a los 28 días.....	60
Tabla 11 Asentamiento máximo y mínimo	61
Tabla 12 Primera estimación del peso del concreto fresco.....	62
Tabla 13 Edades de ensayos y tolerancias permisibles.	68
Tabla 14 Cantidad total de especímenes.....	76
Tabla 15 Procedimiento	78
Tabla 16 Análisis granulométrico del agregado grueso	85
Tabla 17 Análisis granulométrico del agregado fino.....	86
Tabla 18 Contenido de humedad del AG	89
Tabla 19 Contenido de humedad del AF	89
Tabla 20 Peso unitario suelto y % de vacíos del AG.....	90
Tabla 21 Peso unitario suelto y % de vacíos del AF	91
Tabla 22 Peso unitario compactado y % de vacíos del agregado grueso	92
Tabla 23 Peso unitario compactado y % de vacíos del agregado fino	92
Tabla 24 peso específico y el % de absorción del AG.	94

Tabla 25 Gravedad específica y el % de absorción del AF.	95
Tabla 26 Resumen de los datos previos al diseño	97
Tabla 27 Peso de elementos para 1 m ³ de concreto	101
Tabla 28 Proporción de diseño para el concreto patrón	102
Tabla 29 Proporción de diseño con 1 % de FA	103
Tabla 30 Proporción de diseño con 1.5 % de FA	103
Tabla 31 Proporción de diseño con 2 % de FA	104
Tabla 32 Proporción de diseño con 0.25 % de FP	104
Tabla 33 Proporción de diseño con 0.50 % de FP	105
Tabla 34 Proporción de diseño con 0.75 % de FP	105
Tabla 35 Proporción de diseño con 0.50% de FA + 0.125 % de FP. (mc).....	106
Tabla 36 Cantidad total de especímenes.....	106
Tabla 37 Coeficiente de variación y desviación estándar.....	106
Tabla 38 Resultados del ensayo de medición del asentamiento de la muestra patrón	111
Tabla 39 Resultados del ensayo de medición del asentamiento de la muestra con 1% de Fibra de acero	112
Tabla 40 Resultados del ensayo de medición del slump de la muestra con 1.5 % de fibra de acero	113
Tabla 41 Resultados del ensayo de medición del slump de la muestra con 2 % de FA ...	114
Tabla 42 Resultados del ensayo de medición del slump de la muestra con 0.25 % de FP	115
Tabla 43 Resultados del ensayo de medición del slump de la muestra con 0.50 % de FP	116
Tabla 44 Resultados del ensayo de medición del asentamiento de la muestra con 0.75 % de FP.....	117

Tabla 45 Resultados del ensayo de medición del slump de la muestra con 0.5 % de FA + 0.125 % de FP.....	118
Tabla 46 Resultados del ensayo de medición del asentamiento.....	119
Tabla 47 Resultados del ensayo de RC de la muestra patrón.....	121
Tabla 48 Resultados del ensayo de RC de la muestra con 1% de FA.....	122
Tabla 49 Resultados del ensayo de RC de la muestra con 1.5% de FA.....	124
Tabla 50 Resultados del ensayo de RC de la muestra con 2% de FA.....	127
Tabla 51 Resultados del ensayo de RC de la muestra con 0.25% de FP.....	128
Tabla 52 Resultados del ensayo de RC de la muestra con 0.5% de FP.....	131
Tabla 53 Resultados del ensayo de RC de la muestra con 0.75% de FP.....	133
Tabla 54 Resultados del ensayo de RC de la muestra con 0.5 % de FA y 0.125 % de FP.....	135
Tabla 55 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión.....	137
Tabla 56 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días.....	138
Tabla 57 Resultados del ensayo de resistencia a la flexión de la muestra patrón.....	141
Tabla 58 Resultados del ensayo de RF de la muestra con 1% de FA.....	142
Tabla 59 Resultados del ensayo de RF de la muestra con 1.5% de FA.....	144
Tabla 60 Resultados del ensayo de RF de la muestra con 2% de FA.....	146
Tabla 61 Resultados del ensayo de RF de la muestra con 0.25% de FP.....	149
Tabla 62 Resultados del ensayo de RF de la muestra con 0.5% de FP.....	150
Tabla 63 Resultados del ensayo de RF de la muestra con 0.75% de FP.....	152
Tabla 64 Resultados del ensayo de RF de la muestra con 0.5% de FA + 0.125% de FP.....	155
Tabla 65 Resultados del ensayo de resistencia a la flexión.....	157
Tabla 66 Resultados del ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días.....	158
Tabla 67 Resultados del ensayo de contracción plástica.....	161

Tabla 68 Calculo e interpretación de resultados.....	162
Tabla 69 Dosificación para 1m ³	163
Tabla 70 Costos de fibras por m ³	164
Tabla 71 Costos unitarios del concreto utilizado en el proyecto de la Av. Núñez.....	165
Tabla 72 Relación costo-beneficio	165
Tabla 73 Media, varianza y d. Estandar, del primer objetivo específico.....	167
Tabla 74 Prueba de normalidad, para la primera hipótesis específica.....	169
Tabla 75 Prueba de homogeneidad de varianzas, para la primera hipótesis específica ...	170
Tabla 76 Prueba Anova para la primera hipótesis específica.....	171
Tabla 77 Sub conjuntos homogéneos de la primera hipótesis específica.....	172
Tabla 78 Media, varianza y d. Estándar, del segundo objetivo específico	173
Tabla 79 Prueba de normalidad, para la segunda hipótesis específica	179
Tabla 80 Prueba de homogeneidad de varianzas, para la segunda hipótesis específica...	180
Tabla 81 Prueba Anova para la segunda hipótesis específica	181
Tabla 82 Sub conjuntos homogéneos de la segunda hipótesis específica	181
Tabla 83 Media, varianza y D. Estándar, del tercer objetivo específico.	183
Tabla 84 Prueba de normalidad, para la tercera hipótesis específica	188
Tabla 85 Prueba de homogeneidad de varianzas, para la tercera hipótesis específica.....	189
Tabla 86 Prueba Anova para la tercera hipótesis específica	190
Tabla 87 Sub conjuntos homogéneos de la tercera hipótesis específica	191

Índice de figuras

Figura 1 Mecanismo de control de propagación de las fisuras	47
Figura 2 Patrones de fracturas	69
Figura 3 Diagrama de un dispositivo para ensayar a flexión vigas con cargas.....	70
Figura 4 Peso unitario y vacíos de los agregados.....	79
Figura 5 Humedad natural de los agregados	80
Figura 6 Granulometría del agregado fino	81
Figura 7 Granulometría del agregado grueso	81
Figura 8 Gravedad específica y absorción de agregados finos:	82
Figura 9 Absorción y peso específico del agregado grueso.	83
Figura 10 Curva de análisis granulométrico de agregado grueso.....	86
Figura 11 Curva de análisis granulométrico de agregado fino.....	88
Figura 12 Resultados del slump del concreto patrón.....	112
Figura 13 Resultados del slump del concreto con 1 % de FA.....	112
Figura 14 Resultados del slump del concreto con 1.5 % de FA.....	113
Figura 15 Resultados del slump del concreto con 2 % de FA.....	114
Figura 16 Resultados del slump del concreto con 0.25 % de FP	115
Figura 17 Resultados del slump del concreto con 0.50 % de FP	117
Figura 18 Resultados del slump del concreto con 0.75 % de FP	118
Figura 19 Resultados del slump del concreto con 0.5 % de FA + 0.125 % de FP.....	119
Figura 20 Resumen de los resultados del slump del concreto.....	120
Figura 21 Resultados de la resistencia a la compresión concreto patrón	122
Figura 22 Resultados de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días del concreto patrón.....	122
Figura 23 Resultados de la resistencia a la compresión de la muestra con 1% de FA.....	124

Figura 24 Resultados de RC a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 1% de FA.....	124
Figura 25 Resultados de RC de la muestra con 1.5% de FA.....	126
Figura 26 Resultados de RC a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 1.5% de FA.....	126
Figura 27 Resultados de RC de la muestra con 2% de FA.....	128
Figura 28 Resultados de RC a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 2% de FA.....	128
Figura 29 Resultados de RC de la muestra con 0.25% de FP	130
Figura 30 Resultados de RC a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 0.25% de FP	130
Figura 31 Resultados de RC de la muestra con 0.50% de FP	132
Figura 32 Resultados de RC a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 0.5 % de FP	132
Figura 33 Resultados de RC de la muestra con 0.75% de FP	134
Figura 34 Resultados de la RC a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 0.75% de FP.....	134
Figura 35 Resultados de la RC de la muestra con 0.5% de FA + 0.125% de FP.....	136
Figura 36 Resultados de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 0.5% de fibra de acero + 0.125% de fibra de polipropileno	136
Figura 37 Resumen de los resultados de resistencia a la compresión.....	139
Figura 38 Grafico del resumen de los resultados de resistencia a la compresión	140
Figura 39 Resultados de la resistencia a la compresión concreto patrón	142
Figura 40 Resultados de la resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días del concreto patrón	142
Figura 41 Resultados de la resistencia a la compresión de la muestra con 1% de FA.....	144
Figura 42 Resultados de la RF a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 1% de FA	144
Figura 43 Resultados de RF de la muestra con 1.5% de FA.....	146
Figura 44 Resultados de RF a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 1.5% de FA	146
Figura 45 Resultados de la resistencia a la flexión de la muestra con 2% de FA	148
Figura 46 Resultados de la RF a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 2% de FA	148

Figura 47 Resultados de la resistencia a la flexión de la muestra con 0.25% de FP	150
Figura 48 Resultados de la RF a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 0.25% de FP	150
Figura 49 Resultados de la resistencia a la flexión de la muestra con 0.50% de FP	152
Figura 50 Resultados de la RF a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 0.5 % de FP	152
Figura 51 Resultados de la resistencia a la flexión de la muestra con 0.75% de FP	154
Figura 52 Resultados de la RF a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 0.75% de FP	154
Figura 53 Resultados de la RF de la muestra con 0.5% de FA + 0.125% de FP	156
Figura 54 Resultados de la RF a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 0.5% de fa + 0.125% de FP	156
Figura 55 Resumen de los resultados de resistencia a la flexión	159
Figura 56 Grafico del resumen de los resultados de resistencia a la flexión.....	160
Figura 57 Grafico de la resistencia a la flexión a los 28 días de los grupos más relevantes	160
Figura 58 Gráfico de medias	168
Figura 59 Gráfico de medias a los 7 días, hipótesis específica 2	176
Figura 60 Gráfico de medias a los 14 días, hipótesis específica 2	176
Figura 61 Gráfico de medias a los 28 días, hipótesis específica 2	177
Figura 62 Gráfico de medias a los 7 días, hipótesis específica 3	185
Figura 63 Gráfico de medias a los 14 días, hipótesis específica 3	185
Figura 64 Gráfico de medias a los 28 días, hipótesis específica 3	186
Figura 65 Fibras de acero y fibras de polipropileno.....	213
Figura 66 Resistencia a la compresión de briquetas adicionadas con fibra de acero al 1%. 1.5% y 2% a los 28 días.....	213
Figura 67 Resistencia a la compresión de briquetas adicionadas con fibra de polipropileno al 0.25%, 0.50% y 0.75% a los 28 días.....	214

Figura 68 Resistencia a la flexión de especímenes adicionadas con fibra de acero al 1%. 1.5% y 2% a los 28 días	214
Figura 69 Resistencia a la flexión de especímenes adicionadas con fibra de polipropileno al 0.25%, 0.50% y 0.75% a los 28 días	215
Figura 70 Medición del asentamiento con el cono de abrams de las diferentes muestras	215
Figura 71 Resistencia a la compresión y resistencia a la flexión de la muestra patrón a los 7,14 y 28 días.	216
Figura 72 Resistencia a la compresión de la muestra combinada a los 7,14 y 28 días	216
Figura 73 Resistencia a la flexión de la muestra combinada a los 7,14 y 28 días.....	217
Figura 74 Especímenes fibroreforzados	217
Figura 75 Resultados del ensayo de contracción plástica - medicion de fisuras.....	218
Figura 76 Verificación del estado situacional actual de la av. Argentina, av. Brasil y av. Malvina de la ciudad de Abancay.	219
Figura 77 Verificación del estado situacional actual de la av. Circunvalación, av. Aymas y av. San miguel de la ciudad de Abancay.....	219
Figura 78 Verificación del estado situacional actual de la av. Panamá, av. Manuel seoane y av. Venezuela de la ciudad de Abancay	220
Figura 79 Verificación del estado situacional actual de la av. Manuel prado alto, av. Arequipa y av. Bella abanquina de la ciudad de Abancay	220
Figura 80 Verificación del estado situacional actual de la av. Martinelli, av. El sol y av. Lima de la ciudad de Abancay	221
Figura 81 Ensayo de rugosidad del pavimento de la av. Dias barcenav. Lima.....	221
Figura 82 Ensayo de rugosidad del pavimento de la av. Panama. Av manuel seoane y av. Manuel prado alto.....	222

Índice de anexos

Anexo 1 Panel fotográfico.....	213
Anexo 2 Matriz de consistencia	223
Anexo 3 Instrumentos de recolección	225
Anexo 4 Resultados de laboratorio	237
Anexo 5 Certificados de calibración de los instrumentos	300

I. Introducción

Las avenidas en la ciudad de Abancay en su mayoría pavimentos rígidos, donde se emplea el concreto, es de conocimiento que el concreto tiene un alta resistencia a la compresión, pero tiene un bajo aguante a la flexión, dando paso a la aparición de grietas y fisuras en la capa de rodadura, pueden existir diferentes causales, pero se atribuyen a factores como el tráfico constante, vehículos de alto tonelaje o fricción producida por el frenado de vehículos.

Hoy en día existen diferentes tecnologías que mejoran las propiedades del concreto, y empleándolas en los pavimentos pueden ayudar a controlar o desaparecer las fisuras, entre estas tecnologías encontramos a las fibras metálicas y fibras sintéticas.

En la presente investigación se propone un concreto para avenidas con una resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$, a esto se incorporó fibra metálica (fibra de acero) y fibra sintética (fibra de polipropileno) adicionando porcentajes de acuerdo a las especificaciones técnicas y evaluando la rentabilidad de costo resistencia se optó por el 1 %, 1.5 % y 2 % de fibra de acero por peso de cemento. Por otro lado, para la dosificación de las fibras de polipropileno se consideró las especificaciones técnicas optando por el 0.25 %, 0.50% y 0.75 % por peso de cemento, así mismo se realizó una combinación de los mejores resultados, comparando precio y beneficio. Con la finalidad de conocer el comportamiento y/o influencia del concreto en sus dos estados (asentamiento, resistencia a la compresión y el módulo de rotura), finalmente se realiza el ensayo de contracción plástica donde se compara las fisuraciones de las muestras, luego se brinda una recomendación sobre los porcentajes más óptimos de las fibras metálicas y sintéticas con relación costo-beneficio para los pavimentos de la ciudad de Abancay. En la investigación se pueden apreciar el proceso desde la formulación del problema, los resultados obtenidos en laboratorio, y finalizando con las conclusiones.

II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del problema.

2.1.1. Realidad problemática

Los pavimentos que presentan problemas estructurales graves como como fisuración, agrietamiento, desprendimientos y deterioro prematuro. se atribuyen a factores como el tránsito vehicular pesado, condiciones climáticas adversas, deficiencias en el diseño, materiales empleados en la construcción, asentamiento o presencia de un suelo inestable, tráfico constante, frenado de vehículos que producen fricción y otros, siendo esto los factores que provocan un desgaste en él y esté presente fisuras que con el paso del tiempo se tornan más grandes. Todas estas fallas existen en varias partes del mundo debido a muchas causas que no fueron tomadas en cuenta al realizar los proyectos.

Las razones varían en cada situación específica, pero generalmente se deben a una mezcla de problemas relacionados con el diseño, la construcción, el mantenimiento y la regulación del tráfico. Los pavimentos deben satisfacer criterios de eficiencia, rentabilidad, confiabilidad y económicas en el inicio de la obra como en el mantenimiento.

Uno de los principales motivos por el cual falla el concreto y se ocasiona las fisuras se atribuye a sus propiedades de resistencia a la flexión ya que el concreto es reconocido por su gran resistencia a la compresión, aunque presenta una limitación en cuanto a su capacidad para soportar esfuerzos de flexión. Por ello, se emplean refuerzos de acero, los cuales permiten que el concreto pueda absorber esfuerzos de tracción, contribuyendo a disminuir o evitar la aparición de fisuras. (FRATELLI, 1998).

Según el Dr. Celso Bambarén Alatrística, coordinador de la Estrategia Sanitaria Nacional de Accidentes de Tránsito, dice que el (1.45%) de los accidentes son provocados por carreteras en mal estado. Indicó que estos problemas pueden ocurrir en todo el país, pero se presenta con más intensidad en regiones como La Libertad, Cusco, Arequipa, Ancash, Lima-Callao, Junín, Tacna, Piura y Puno. Por otro lado, los problemas causados por el pavimento en mal estado en el Perú, llegan a ser las pérdidas económicas y pérdidas del producto transportado por los usuarios. (Gob.pe, 2005)

En la ciudad Abancay existen más de 50 vías urbanas en diferentes partes de la ciudad donde se observa un deterioro del pavimento rígido alto, las avenidas principales como Manuel Prado Alto, Av. Panama, Av. Manuel Seoane, Av. Argentina, y entre otras, donde se consideró una $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$, ya que requieren una resistencia más alta debido al tipo de vehículos y la frecuencia de transitabilidad que pasan por estas vías, Según la inspección visual entre el 40% y 70% de los pavimentos en estas avenidas presentan grietas extensas, lo que compromete la durabilidad y seguridad de las vías.

El 12 de marzo del 2024 se realizó una visita a las principales avenidas de la ciudad de Abancay donde se confirmó el estado deteriorado y la presencia de baches, fisuras y grietas extensas que evitan la buena transpirabilidad de los vehículos, estas fallas pueden llegar a ocasionar choques, atropellos, congestión vehicular, y otros tipos de accidentes, las principales causas de estas fisuras son, la alta cantidad de vehículos de alto tonelaje con carga que circulan por las vías, el desgaste por el tiempo, el diseño angosto de las avenidas, la combinaciones de pavimento flexible con pavimento rígido ignorando las propiedades de dilatación, los malos mantenimientos, los bacheos, el mal estado del sistema pluvial, el descuido y desinterés de las autoridades y la fricción de los vehículos al frenar.

Otras razones que producen estos problemas en el pavimento en la ciudad de Abancay, se deben a que por no contar con una vía de evitamiento habilitada los vehículos de alto tonelaje, que realiza viajes departamentales, distritales, nacionales, pasan exactamente por la parte urbana de la ciudad.

Tómanos como ejemplo a la Av. Manuel Seoane. Con una antigüedad de mas de 50 años, una extensión de 642m de largo 6m de ancho por calzada, se observó que tiene el 79.3 % del pavimento con fisuras, grietas, baches, con un índice de serviciabilidad, PSI de 1.963 calificado como “MALO” según la norma técnica (CE 0.10 PAVIMENTOS URBANOS, 2000). La avenida Panamá que tiene un largo de 1094 m de ancho 6 m y tiene el 54.3 % del pavimento desgasto, fisurado, con grietas, con un índice de serviciabilidad, PSI de 2.907 calificado como “REGULAR”. Teniendo en cuenta la pendiente de estas avenidas se sabe de la fricción que causan los vehículos al frenar bruscamente en el transcurso.

Por otro lado, la Avenida Manuel prado alto tiene el 89 % en un estado desgastado, fisurado, con sectores extremadamente dañados con un índice de serviciabilidad, PSI de 1.540 calificado como “MALO”.

Tabla 1

Estado de las principales avenidas en la ciudad de Abancay

AVENIDAS	ANCHO			ESTADO
	DE CALZADA (m)	LARGO (m)	AREA (m ²)	FISURADO O AGRIETADO - VISUALIZACIÓN (%)
AV. BRASIL	6.83	347.3	2372.059	68%
AV. MALVINAS	7.27	465.8	3386.366	44%

AVENIDAS	ANCHO			ESTADO
	DE CALZADA (m)	LARGO (m)	AREA (m ²)	FISURADO O AGRIETADO - VISUALIZACIÓN (%)
AV. CIRCUNVALACION	6	1878.39	11270.34	38%
AV. AYMAS	6.5	397.7	2585.05	74%
AV. SOL	9.7	547.7	5312.69	57%
AV. PANAMA	6	1093.6	6670.96	54.3%
AV. SAN MIGUEL	6.64	536.5	3562.36	46%
AV. ARGENTINA	7.5	365.05	2737.875	81%
AV. CARMELITAS	7.85	136.16	1068.856	48.9%
AV. ARCO	6.1	531	3239.1	1.1%
AV. 4 DE NOVIEMBRE	4.58	1032.3	4727.934	7.0%
AV. BELLA ABANQUINA	6.6	447.18	2951.388	12.0%
AV. JULIO C.TELLO	6	688	4128	17.7%
AV. MANUEL SEOANE	6	641.9	3851.4	79.3%
AV. MANUEL PRADO ALTO	7	971.2	6798.4	89.0%
AV. VENEZUELA	8.5	676.9	5753.65	8.0%
AV. AREQUIPA	8.8	837.1	7366.48	39.0%
AV. LIMA	7.75	952.9	7384.975	46.6%
AV. ENRIQUE PELACH	4.06	486.8	1976.408	53.9%
AV. PACHACUTEC	6.06	763.4	4626.204	77.0%
AV. JUAN PABLO CASTRO	6.14	524.4	3219.816	77.0%
AV. DIAZ BARCENAS	6	781.5	4689	NUEVO
AV. MANUEL PRADO BAJO	7.5	572.9	4296.75	NUEVO

Nota: en la tabla se muestra las longitudes de las principales avenidas de la ciudad de Abancay y el porcentaje (%) del estado fisurado y agrietado del pavimento. Elaboración propia.

Teniendo en consideración estos problemas se propuso como alternativa usar dos diferentes tipos de fibras siendo una fibra metálica y la otra sintética, las fibras de acero trefiladas y FP respectivamente, adicionadas al concreto para obtener un pavimento más duradero, optimizando el tiempo de ejecución y buscando desaparecer y/o controlar la aparición de fisuras, observando el comportamiento que tienen ambas fibras con respecto al concreto considerando el costo y beneficio.

El uso de ambas fibras puede cumplir satisfactoriamente las condiciones. Se tiene en consideración que la fibra de acero interactúa dentro del concreto y absorbe el esfuerzo por tensión en cualquier punto generando una mayor resistencia en todos los lados del concreto evitando que se generen fisuras, y las fibras de polipropileno ayudan en la reducción de fisuras causadas por la retracción y asentamientos, finalmente se tiene un pavimento con bajos costos de mantenimiento y bajos costos iniciales.

Sin embargo, en la región de Abancay, no se cuenta con estudios específicos que evalúen la influencia de estas fibras en el concreto con $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$, resistencia estándar para pavimentos rígidos locales. Esto genera incertidumbre sobre la viabilidad técnica y económica de esta solución.

Por lo tanto, surge la necesidad de analizar cómo la adición de fibras de acero trefilada y polipropileno afecta las propiedades mecánicas del concreto, con el fin de mejorar la resistencia y durabilidad de los pavimentos en Abancay.

2.1.2. Formulación de problemas

2.1.2.1. *Problema general*

¿De qué manera la adición de fibra de acero trefilada y fibra de polipropileno influyen en las propiedades del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay - 2023?

2.1.2.2. *Problemas específicos*

- a) ¿Cómo influye la adición de fibras de acero trefilado y fibras de polipropileno con respecto al asentamiento en estado fresco del concreto $f'c=280\text{ kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay - 2023?
- b) ¿Cómo influye la adición de fibras de acero trefilado y fibras de polipropileno en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280\text{ kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay - 2023?
- c) ¿Cómo influye la adición de fibras de acero trefilado y fibras de polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto $f'c=280\text{ kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay - 2023?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivos generales

Determinar la influencia al añadir fibras de acero trefilado y fibras de polipropileno en las propiedades del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay - 2023.

2.2.2. Objetivo específico

- a) Determinar la influencia al añadir fibras de acero trefilado y fibras de polipropileno con respecto al asentamiento en estado fresco del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay - 2023
- b) Determinar la influencia al añadir fibras de acero trefilado y fibras de polipropileno en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay - 2023
- c) Determinar la influencia al añadir fibras de acero trefilado y fibras de polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay - 2023

2.3. Justificación e importancia

Justificación

La presente investigación aborda la problemática de los pavimentos rígidos en Abancay, los cuales presentan deterioro acelerado debido a cargas vehiculares pesadas y condiciones adversas. Este deterioro genera costos significativos por reparaciones frecuentes, accidentes vehiculares y disminución de la calidad de vida de los ciudadanos.

Incorporar fibras de acero trefilado y fibras de polipropileno en el diseño de concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ofrece una solución técnica innovadora, pues estas fibras actúan como refuerzos internos que mejoran la RF y el control de fisuración, aumentando la durabilidad del material. Al incorporar las fibras se conocerá los beneficios que producen ambas fibras, con la finalidad de poder mejorar sus propiedades del concreto, como su módulo de rotura, para así reducir los agrietamientos y fallas en los pavimentos rígido.

El uso de las fibras de acero trefiladas en el concreto en una forma de reforzamiento más eficaz ya que la fibra se vuelve parte de la matriz del concreto y se convierte en un material compuesto, las fibras de acero forman una capa de refuerzo en toda la estructura, y aumenta su ductilidad, a diferencia de los aceros tradicionales que conocemos, que estos brindan soporte y refuerzan a lugar específicos del concreto. En el caso de las FP este actúa como segundo reforzamiento y permite aumentar la resistencia a los cambios térmicos, también dispersa uniformemente sus propiedades y partículas en el concreto, es impermeable e incrementa la vida útil del pavimento.

Con el uso de las 2 diferentes fibras en el concreto, se disminuirá estos agrietamientos ya que cuando hay una fisura los extremos de los ganchos de la fibra de acero se anclan en cada lado, actúan como medios de transferencia de tensiones. Anteriormente ya se usó las fibras de acero para reforzar el concreto y las fibras de polipropileno con el mismo objetivo, pero en la presente investigación se realizará una comparación de ambas fibras y también una combinación de los mejores resultados de ambas fibras para poder lograr un módulo de rotura adecuado y proponer un pavimento reforzado con todos los beneficios que ofrecen las fibras metálicas y sintéticas, con una colocación más rápida en obra, y llegando a tener las características parecidas que proporciona el acero convencional al pavimento.

La presente investigación tiene el objetivo de buscar nuevas opciones o alternativas de solución para controlar o desaparecer la aparición de hendiduras y deformaciones en pavimentos rígidos mejorando las propiedades del concreto, también conocer el comportamiento y la influencia que tienen las fibras metálicas y de las fibras sintéticas. Se considera la resistencia a flexión y compresión que eventualmente alcanza a incrementar, esto varía de acuerdo a la calidad de los materiales que se integran al concreto, para poder mejorar

sus propiedades, en su estado endurecido y fresco se propone adicionar las 2 fibras en el concreto conjuntas o separadas.

La inclusión de fibras en el concreto se plantea como una alternativa complementaria en el diseño y construcción de estructuras que lo necesiten. Según (LEVY & RIVEROS, 2015) el uso de concreto reforzado con fibras ha experimentado un incremento en los últimos años en el Perú. Este tipo de concreto puede emplearse en pavimentos rígidos, así como en el refuerzo de la estabilidad de túneles, lo que contribuye a aumentar su resistencia. De acuerdo a la (CE 0.10 PAVIMENTOS URBANOS, 2000) Se puede considerar como una solución un pavimento rígido reforzado con fibras.

Importancia

Este estudio es crucial para establecer una propuesta más eficiente y duradero para pavimentos rígidos en ciudades con alta demanda vehicular como Abancay. Los resultados contribuirán al desarrollo de soluciones de infraestructura sostenibles y accesibles, reduciendo los costos de mantenimiento y promoviendo una mejor calidad de vida. Además, el uso de estas fibras tiene el potencial de ser replicado en otros contextos regionales con desafíos similares, posicionando esta investigación como un aporte significativo al avance de la ingeniería civil.

Al realizar esta investigación podremos conocer más sobre la incorporación y la influencia de estas 2 diferentes fibras una de ellas metálica y otra sintética para pavimento rígido de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, que nos incrementaran conocimientos sabiendo que si agregamos las fibras de polipropileno y las fibras de acero trefiladas podremos alcanzar un buen módulo de rotura, un control de fisuración as eficaz. y una ejecución de obra en menos tiempo, nos

facilita información valiosa para poder aplicarlas en las obras ingenieriles de los años siguiente, conoceremos también que sucede al agregar diferentes porcentajes de estas fibras al concreto.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La adición de fibras de acero trefiladas y fibras de polipropileno tienen una influencia en las propiedades del concreto $f'_c=280\text{kg/cm}^2$ para pavimento en avenidas, Abancay-2023

2.4.2. Hipótesis específica

- a) La adición de fibras de acero trefiladas y fibras de polipropileno tienen una influencia con respecto al asentamiento en el estado fresco del concreto $f'_c= 280\text{ kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay - 2023
- b) La adición de fibras de acero trefiladas y fibras de polipropileno tienen una influencia en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c=280\text{ kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay - 2023
- c) La adición de fibras de acero trefiladas y fibras de polipropileno tienen una influencia en la resistencia a la flexión del concreto $f'_c=280\text{ kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay - 2023

2.5. Variables

Variable independiente: Fibras de acero trefiladas y fibras de polipropileno

Variable dependiente: Propiedades del concreto $f'_c= 280\text{ kg/cm}^2$

Objeto de estudio: Pavimentos de avenidas

Tabla 2*Operacionalización de variables*

	Variab	Definiciones conceptuales	Definición operacional o técnica	Dimensiones	Indicadores	Ítems o unidades	Instrumentos
Independiente	Fibras de acero trefiladas	Las fibras de acero se obtienen a partir del corte de alambres de acero trefilado, presentando diámetros que varían entre 0,25 y 0,80 mm y longitudes comprendidas entre 10 y 75 mm, y se emplean como elemento de refuerzo en el concreto. (Cánovas, 1982)	Las fibras metálicas, como lo son las de acero, son ampliamente utilizadas para reforzar el concreto debido a su alta efectividad y costo asequible. El acero tiene un módulo de elasticidad que es diez veces mayor que el del concreto. Las fibras de acero ofrecen una excelente adherencia a la mezcla, una gran capacidad de alargamiento antes de la rotura y, además, se integran. (Cánovas, 1982)	Incorporación en un % de fibras de acero trefilada	Incorporación del 1 % , 1.5 % y 2 % del volumen del concreto	(%)	Catálogo de los fabricantes.
	Fibras de polipropileno	La fibra de polipropileno son fragmentos rectos o deformados de materiales poliméricos, se pueden distinguir como microfibras y macro fibras que actúan como un refuerzo tridimensional mejorando las propiedades mecánicas del concreto. (Blazy & Blazy, 2021)	La incorporación del polipropileno en fibras para el concreto genera ventajas significantes, ya que en el estado endurecido aumentan la tenacidad y la resistencia al impacto y en el estado fresco ayuda a controlar la contracción plástica, adicional a esto las fibras controlan la aparición de grietas y fisuras en la vida útil del pavimento. (Mendoza, Aire, & Dávila, 2011)	Incorporación en un % de fibras de polipropileno	Incorporación del 0.25 % , 0.50 % y 0.75% del volumen del concreto	(%)	Catálogo de los fabricantes.

Dependiente

<p>Propiedades del concreto</p> <p>$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$</p>	<p>Las propiedades del concreto corresponden a las cualidades y atributos que lo describen, entre las que se incluyen su facilidad de colocación o trabajabilidad y el comportamiento que presenta ante esfuerzos mecánicos, como la resistencia frente a cargas de compresión y de flexotracción. (Menendez, 2016)</p>	<p>Las cualidades de trabajabilidad del concreto en estado fresco, junto con su resistencia a la compresión y a la flexotracción después del fraguado, se determinan a partir de los resultados obtenidos en ensayos realizados en laboratorio. (Merma, 2022)</p>	<p>Propiedades del concreto</p> <p>$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ en estado fresco</p>	<p>La trabajabilidad, consistencia, Segregación y Exudación</p>	<p>(pulg, %)</p>	<p>Formato control de slump (ASTM C143 – NTP 339.035). Fichas de recolección validadas por un experto.</p>
<p>Propiedades del concreto</p> <p>$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$</p>	<p>Las propiedades del concreto corresponden a las cualidades y atributos que lo describen, entre las que se incluyen su facilidad de colocación o trabajabilidad y el comportamiento que presenta ante esfuerzos mecánicos, como la resistencia frente a cargas de compresión y de flexotracción. (Menendez, 2016)</p>	<p>Las cualidades de trabajabilidad del concreto en estado fresco, junto con su resistencia a la compresión y a la flexotracción después del fraguado, se determinan a partir de los resultados obtenidos en ensayos realizados en laboratorio. (Merma, 2022)</p>	<p>Propiedades del concreto</p> <p>$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ en estado endurecido</p>	<p>La resistencia de la compresión y flexión o módulo de rotura</p>	<p>(kg/cm^2)</p>	<p>Formato de prueba a compresión conforme a (ASTM C39 – NTP 339.034) y formato de prueba a la flexión conforme a (ASTM C78 – NTP 339.078). Fichas de recolección validadas por un experto.</p>

III. Marco teórico

3.1. Antecedentes

3.1.1. A nivel internacional

Orbe & Rosero. (2018) en su estudio llevado a cabo en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en la ciudad de Quito. Tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de los pavimentos rígidos de concreto, se propuso evaluar el rendimiento de mezclas de concreto y buscar posibles mejoras al agregar fibras de acero DRAMIX 3D. Los métodos utilizados en esta investigación incluyeron una serie de ensayos diseñados para determinar la resistencia $f'c$ del concreto reforzado. Para cada ensayo se emplearon al menos dos probetas. Se partió de un diseño base con una resistencia a la compresión de 315 kg/cm^2 , al que se incorporaron distintas dosificaciones de fibras de acero (5, 10, 20 y 25 kg/m^3). En las pruebas se utilizó un concreto patrón con resistencia inicial ($f'c$) de 433.38 kg/cm^2 . Los resultados obtenidos en compresión fueron los siguientes: $f'c = 435.9 \text{ kg/cm}^2$, equivalente a un incremento del 0,6%; $f'c = 448.47 \text{ kg/cm}^2$, con un aumento del 3,4%; $f'c = 457.85 \text{ kg/cm}^2$, con un incremento del 5,3%; y $f'c = 466.01 \text{ kg/cm}^2$, con una mejora del 7%. En los ensayos de flexión, las mediciones mostraron los siguientes valores: módulo de ruptura (Mr) de 52 kg/cm^2 , con un incremento del 38,23%; $Mr = 54.35 \text{ kg/cm}^2$, con un aumento del 40,90%; $Mr = 56.08 \text{ kg/cm}^2$, con un incremento del 42,72%; y $Mr = 60.57 \text{ kg/cm}^2$, con una mejora del 50,73%. Estos se compararon con el valor inicial del concreto sin fibras, que presentó un Mr de 32.12 kg/cm^2 . En síntesis, la adición de fibras de acero generó una ligera mejora en la resistencia a la compresión, pero tuvo un impacto mucho más significativo en la resistencia a la flexión, lo que indica que contribuyeron a aumentar la capacidad del material para soportar esfuerzos de flexión y mejorar su ductilidad.

Forero & Rodríguez. (2017) en su investigación realizada en la universidad católica de Colombia, Tuvieron como objetivo llevar a cabo un análisis comparativo de la resistencia a la compresión y flexión utilizando fibras metálicas en proporciones del 4% y 6% en el concreto de 3000 psi. El objetivo era determinar la mejor resistencia obtenida con estas proporciones de fibras metálicas. Para el ensayo de resistencia a la compresión se elaboraron 18 cilindros, mientras que para la evaluación de la resistencia a la tracción se utilizaron 9 cilindros adicionales, y para la resistencia a la flexión se prepararon 9 viguetas. En total, se trabajó con 36 especímenes, realizando el diseño de mezclas y el procedimiento correspondiente para la confección de las probetas y viguetas. En cuanto a la trabajabilidad, el concreto patrón (0% de fibra) presentó un asentamiento de 3,1"; la mezcla con un 4% de fibras registró 2,5" y la que contenía 6% de fibras alcanzó 2,6". Respecto a la resistencia a la compresión, el concreto con 4% de fibras obtuvo $f'_c = 4340,9$ psi y el de 6% alcanzó $f'_c = 4350,2$ psi, lo que representa incrementos del 17,3% y 17,6%, respectivamente, en comparación con el concreto patrón, que registró $f'_c = 3700,8$ psi.

En los ensayos de flexión, el concreto con 4% de fibras logró un módulo de ruptura (M_r) de 775,4 psi, y el de 6% alcanzó 835,7 psi. Estos resultados evidencian incrementos del 44,9% y 56,3% respecto al concreto sin fibras, cuyo M_r fue de 534,8 psi.

En resumen, la adición de fibras de acero en la mezcla de concreto produce un incremento reducido en la resistencia a la compresión, pero una mejora considerable en la resistencia a la flexión. No obstante, se observó una disminución en la trabajabilidad a medida que aumenta el contenido de fibras.

3.1.2. A nivel nacional

Huamani & Arenas (2021) realizaron su investigación en la Universidad san Martín de Porres – Lima – Perú, donde su principal objetivo es incorporar fibras de acero recicladas al hormigón para mejorar sus propiedades de resistencia. Creen que mejorar estas propiedades les permitirá diseñar espesores de losa más pequeños para pavimentación sólida, y están constantemente buscando mejoras en el concreto. El estudio se llevó a cabo en Lima, Perú, y se enfocó en la aplicación de un método específico en el campo de la ingeniería civil. Para garantizar la funcionalidad, la cuantificación y la aplicabilidad del método, se utilizaron 12 vigas y 12 especímenes en las pruebas realizadas en esta investigación. Como resultado, se encontró que la adición de fibras de acero recicladas no solo mejoró las propiedades del hormigón, como el módulo de fractura y la resistencia a la compresión, sino que también permitió el diseño de losas de menor espesor y módulo de fractura. Se observó un aumento del 5,88% en el módulo de fractura con un aumento del 1% en la proporción de fibras de acero recicladas (FAR), un aumento del 9,71% con un FAR del 1,5% y un aumento del 19,42% con un FAR del 2%. Estos resultados indican que un FAR del 2% es óptimo en comparación con el hormigón estándar sin refuerzo.

En el caso más favorable, la adición de un 1% de FRA redujo el espesor de la losa del piso en 0,60 cm, mientras que con un 1,5% de FRA se redujo en 1,30 cm y con un 2% de FRA se redujo en 2,40 cm en comparación con el hormigón estándar sin refuerzo. Se concluyó que 14 días después de la fabricación de la muestra, la resistencia a la compresión alcanzó el 89% del nivel de resistencia propuesto originalmente, que era de 210 kg/cm².

Merma. (2022) estudiante de la Universidad Continental, sede Cusco, desarrolló una investigación orientada a evaluar el efecto de las fibras de polipropileno en las propiedades

mecánicas del concreto utilizado para la construcción de un pavimento en la avenida La Florida, en la ciudad de Cusco. Para el estudio, se prepararon cinco dosificaciones distintas (100 g, 200 g, 300 g, 400 g y 500 g) y se fabricaron un total de 12 probetas cilíndricas y 24 vigas prismáticas. Los ensayos evidenciaron que, con una dosificación de 300 g de fibras, el módulo de rotura del concreto se incrementó hasta en un 10%, mientras que la resistencia a la compresión mostró un aumento del 27,2% en comparación con la mezcla convencional. En conclusión, la incorporación de fibras de polipropileno generó una mejora notable en el desempeño resistente del concreto.

Uribe de la Cruz. (2017) estudiante de la Universidad César Vallejo (UCV), llevó a cabo una investigación cuyo propósito fue evaluar el efecto de la incorporación de fibras de acero Wirand® FF1 en las propiedades del concreto de 28 MPa empleado en la ciudad de Lima, Perú. El trabajo se desarrolló bajo un enfoque descriptivo y semiempírico de tipo aplicado, realizando ensayos de laboratorio con diferentes proporciones de fibras para obtener y validar los resultados. En total, se elaboraron 48 probetas: 24 cilindros para las pruebas de resistencia a la compresión y 24 probetas prismáticas (6 correspondientes al concreto patrón y 18 con distintos contenidos de fibras). Adicionalmente, se confeccionaron 8 vigas prismáticas para los ensayos de tracción (2 del concreto convencional y 6 con refuerzo de fibras).

Los resultados mostraron que la adición de fibras de acero disminuye la trabajabilidad del concreto, pero incrementa su densidad en comparación con la mezcla sin refuerzo.. Es decir, disminuye cuando se realiza la prueba de deflexión. El asentamiento se reduce en un 25% en comparación con el hormigón ordinario. El incremento porcentual en peso agregado no es un factor crítico y representa un ligero cambio del 0.3% con respecto al diseño original. La adición de fibras de acero a este tipo de concreto resultó en un aumento del 1.5% en el

peso unitario en comparación con el peso unitario original, lo cual indica un concreto de alta calidad. Además, se observó una reducción del 15% en el contenido de aire de la mezcla original en términos de volumen, lo que indica que el concreto presenta una menor porosidad y una mayor resistencia. También reduce la tasa de lixiviación en un 16%. Esto es a la vez perjudicial y beneficioso. Si puede controlar esto, obtendrá un hormigón más duradero. Si este aspecto no se controla adecuadamente, la losa puede resultar estructuralmente deficiente, ocurriendo el efecto contrario al esperado. Los ensayos realizados demostraron que la adición de fibras al concreto incrementa de forma notable su resistencia a compresión, tracción y flexión, optimizando así su desempeño mecánico.

En específico, al incorporar hilos de acero Wirand® FF1 en una dosis igual o superior a 25 kg/m^3 , se obtuvo un incremento del 11,65% en la resistencia a la compresión respecto a un concreto convencional, evaluando adiciones de 20, 25 y 35 kg/m^3 . Del mismo modo, con una dosificación de 35 kg/m^3 de estas fibras, la resistencia a la tracción después de 28 días aumentó un 20,08% en comparación con el concreto sin refuerzo. Finalmente, en lo referente a la resistencia a la flexión, el concreto con 35 kg/m^3 de fibras presentó, tras 28 días, una mejora del 45,26% frente a la mezcla estándar.

Carrillo & Rojas. (2017) estudiantes de la Universidad Andina del Cusco, Llevaron a cabo una investigación cuyo propósito fue comparar las resistencias a la compresión y flexión del concreto sin la adición de fibras. con una resistencia característica de 210 kg/cm^2 (f_c), y el concreto con diferentes cantidades de fibras de acero de la marca Dramix 3D incorporadas. 1%, 2%, 3% y 4% de la masa total de agregado fino para diseños compuestos. Estudio descriptivo con un diseño de investigación semi empírico. Se fabricaron noventa especímenes cilíndricos y noventa núcleos prismáticos para proporcionar las pruebas requeridas de acuerdo

con ASTM C 31/C 31M. 1%, 2%, 3% y 4% aumentan la resistencia a la compresión ya la flexión del hormigón de 210 kg/cm² f_c respecto a la masa de árido fino en un 20% respecto al hormigón estándar.

Las muestras sometidas a pruebas de flexión y compresión tras 28 días de curado mostraron un aumento del 9.84% y 9.62% en la resistencia a la compresión con un 2% y 3% de adición de fibras Dramix 3D, respectivamente, en comparación con el concreto convencional. Sin embargo, cuando se añadió un 1% de fibras Dramix 3D y un 4% de fibras, no se observó un aumento en la resistencia en comparación con el concreto estándar.

Las proporciones son de 20.49% y 22.08% respecto al concreto estampado, y con un incremento porcentual de 1% y 4%, este incremento es de 2.02% y 17.69% respecto al concreto original, respectivamente. Los resultados obtenidos permiten probar la primera sub hipótesis, En referencia a la dosis de fibras de acero Dramix 3D, se encuentra cercana a la proporción 1:2:3 de cemento, arena y piedra.

Carhuapoma (2018) estudiante de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (Pasco) desarrolló una investigación orientada a evaluar la incorporación de fibras de polipropileno en mezclas de concreto con resistencias de diseño de 210 kg/cm² y 280 kg/cm², empleando agregados provenientes de la cantera de Cochamarca para determinar su influencia. Se estudiaron dos diseños que incluyeron cuatro tipos diferentes de fibras de polipropileno. En el primer diseño, correspondiente a un concreto con resistencia a la compresión de 280 kg/cm², se añadieron 2 kg, 5 kg y 9 kg de macrofibras por m³ de mezcla, así como 600 g de microfibras por m³ de concreto. Se elaboraron y ensayaron un total de 15 probetas, sometidas a pruebas de compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, con el objetivo de obtener datos cuantitativos sobre el efecto de las fibras.

Los resultados mostraron que, para un $f'c$ de 280 kg/cm², el concreto patrón alcanzó 382,88 kg/cm²; con 2 kg de fibras se logró 406,25 kg/cm²; con 5 kg, 433,89 kg/cm²; con 6 kg, 371,39 kg/cm²; y con 600 g de microfibras, 416,92 kg/cm². Además, se observó que las probetas con fibras mantenían su integridad incluso al presentar fisuras tras la compresión, mientras que las mezclas sin refuerzo tendían a desgarrarse o incluso fragmentarse por completo tras la fractura.

Ivala (2018) en su investigación analizó el impacto de la incorporación de fibras sintéticas de polipropileno como método de control de fisuras por retracción plástica en losas aligeradas de concreto con resistencias a la compresión de $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=245$ kg/cm². La investigación se llevó a cabo en la Universidad Continental, ubicada en Huancayo. Para los ensayos, el autor empleó tres probetas por prueba, siguiendo la metodología utilizada en investigaciones previas para obtener datos comparables.

Los resultados evidenciaron que la adición de fibras de polipropileno de 20 mm en concretos de ambas resistencias contribuye a disminuir la aparición de fisuras, tanto en su longitud como en su espesor, logrando un control efectivo de las grietas asociadas a la retracción plástica en losas aligeradas. Sin embargo, se constató que un mayor contenido de fibras reduce la trabajabilidad del concreto.

Por ejemplo, en concretos con $f'c=210$ kg/cm² y dosificaciones de 0.4(20), 0.7(20) y 1.2(20), la trabajabilidad disminuyó un 37.50%, 46.75% y 68.75%, respectivamente, frente al concreto sin fibras (CSF $f'c=210$ kg/cm²). En el caso de concretos con $f'c=245$ kg/cm², las mismas dosificaciones ocasionaron reducciones del 22.92%, 43.75% y 50.00%, respectivamente, en comparación con el concreto sin fibras (CSF $f'c=245$ kg/cm²). Asimismo, se identificó que el tiempo de fraguado varía en función de la cantidad de fibra añadida. En

concretos de $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$, las dosificaciones de 0.4(20), 0.7(20) y 1.2(20) provocaron incrementos del 47.56%, reducciones del 24.03% y disminuciones del 20.94%, respectivamente, frente al concreto sin fibras. De forma similar, para $f_c=245 \text{ kg/cm}^2$, dichas dosificaciones generaron aumentos del 67.03%, reducciones del 16.57% y aumentos del 46.66%, respectivamente, en comparación con el concreto sin fibras.

Valera (2017) en su investigación tuvo como objetivo analizar los efectos de la incorporación de fibras de polipropileno (Sika Fibre Force PP48) en hormigón con una resistencia a la compresión de 28 MPa. La investigación se realizó en la Universidad César Vallejo, en Lima, y se centró en evaluar las propiedades estructurales del hormigón. Se probaron un total de 24 muestras (6 por cada diseño), que fueron curadas en baño húmedo, con pruebas realizadas a los 3, 7, 14 y 28 días. Para la prueba de resistencia a la flexión, se evaluaron 3 vigas por diseño, analizando 12 vigas en total para determinar el porcentaje óptimo promedio. Los datos obtenidos fueron gestionados y presentados por el investigador en los laboratorios de la Universidad Federico Villarreal.

La investigación reveló que la adición de fibras de polipropileno en las mezclas de concreto tuvo un impacto en su consistencia, que se evaluó mediante la prueba de sedimentación del cono de Abrams. Se encontró una reducción de hasta el 80% (0,75 pulgadas) en la consistencia al agregar 4 kg/m^3 de fibra/ m^3 . Además, se concluyó que el concreto mostró un desempeño destacado a los 7, 14 y 21 días, logrando un módulo de ruptura de 83.51 kg/cm^2 . En comparación, el diseño original alcanzó un módulo de ruptura de 71 kg/cm^2 en 28 días. Al respecto, se puede estimar que la aparición de fallas por tracción y flexión tardan en presentarse con grietas apenas perceptibles.

Chapoñan & Quispe (2017) estudiantes de la Universidad Nacional de Santa, en Nuevo Chimbote, evaluaron el efecto de la incorporación de fibra de polipropileno en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos en el A.A.H.H. Villa María, considerando las condiciones del suelo y las cargas previstas en la zona; para ello, se realizaron ensayos a los agregados conforme a la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos y el Manual de Carreteras, elaborando un concreto patrón de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y cuatro mezclas adicionales con igual resistencia, incorporando fibra en proporciones del 75%, 100%, 115% y 125% de la dosis recomendada por el fabricante, a las cuales se aplicaron pruebas de compresión en probetas cilíndricas y de flexión en vigas prismáticas según normas ASTM, MTC y NTP, evaluando las propiedades en estado fresco y endurecido, concluyendo que el porcentaje óptimo de fibra fue del 115% de la recomendación del fabricante.

3.1.3. A nivel regional y local

Quispe. (2022) realizó su investigación en la ciudad de Abancay orientada a encontrar una alternativa eficiente para el mejoramiento de la infraestructura vial, específicamente en calles, mediante la incorporación de fibras de acero tipo I en el concreto. El objetivo principal fue evaluar cómo la adición de este material influye en la resistencia mecánica de un concreto base con resistencia de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Para ello, se establecieron tres porcentajes de adición de fibras: 1%, 1.5% y 2%, siguiendo una metodología de tipo aplicada, con un enfoque explicativo y experimental, sustentada en un método deductivo y de análisis cuantitativo. El programa experimental contempló la fabricación y ensayo de 36 probetas cilíndricas para medir la resistencia a la compresión y 36 probetas prismáticas para evaluar la resistencia a la flexión, cumpliendo con los protocolos normativos establecidos. Los resultados obtenidos indicaron que la incorporación de fibras de acero tipo I, elaboradas a

partir de alambre trefilado en frío, no generó alteraciones significativas en las propiedades del concreto en estado fresco. En cuanto a la resistencia a la compresión, el concreto patrón alcanzó un valor de $f'c = 394.38 \text{ kg/cm}^2$, mientras que las mezclas con 1%, 1.5% y 2% de fibras registraron resistencias de $f'c = 394.32 \text{ kg/cm}^2$ (-0.02%), $f'c = 362.83 \text{ kg/cm}^2$ (-8%) y $f'c = 353.03 \text{ kg/cm}^2$ (-10.5%), respectivamente. Por otro lado, en la evaluación de la resistencia a la flexión, el concreto patrón obtuvo un módulo de rotura de $Mr. = 33.24 \text{ kg/cm}^2$, en tanto que las mezclas con 1%, 1.5% y 2% de fibras alcanzaron valores de $Mr. = 35.50 \text{ kg/cm}^2$ (+6.8%), $Mr. = 39.54 \text{ kg/cm}^2$ (+19.0%) y $Mr. = 42.75 \text{ kg/cm}^2$ (+28.6%), respectivamente. De estos resultados se desprende que la adición de fibras de acero tipo I mejora notablemente la resistencia a la flexión del concreto, lo que representa una ventaja para aplicaciones donde predominan esfuerzos de tracción o flexión, aunque su uso en porcentajes elevados podría ocasionar una reducción moderada en la resistencia a la compresión, lo que sugiere la necesidad de un balance adecuado entre ambos parámetros para optimizar el desempeño estructural del material.

Flores & Ostos (2019) en su investigación que fue desarrollada en la ciudad de Abancay en la Universidad Tecnológica de los Andes (UTEA), tuvo como propósito principal analizar el comportamiento mecánico del concreto con una resistencia inicial de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ al incorporar fibras de acero y fibras de vidrio, comparando sus resultados con los obtenidos en un concreto patrón sin adiciones. El estudio se enmarcó en un enfoque aplicado, con base metodológica deductiva, y empleó un total de 54 briquetas para la realización de ensayos de laboratorio, con el fin de determinar la resistencia a la compresión a los 28 días. Los resultados revelaron que, al incorporar un 4% de fibras de acero, el concreto alcanzó una resistencia de 377.41 kg/cm^2 , mientras que con un 6% de adición la resistencia se incrementó

hasta 382.32 kg/cm², superando al concreto patrón, que registró 341.89 kg/cm². Este comportamiento evidencia un incremento significativo de la capacidad resistente gracias a la presencia de fibras de acero. En contraste, las mezclas que incluyeron fibras de vidrio presentaron un comportamiento menos favorable: con un 4% de adición se alcanzó una resistencia de 258.14 kg/cm² y con un 6% se obtuvo 295.75 kg/cm², lo que representó reducciones del 24.3% y 13.27% respectivamente respecto al concreto sin fibras. En conclusión, los hallazgos demostraron que la incorporación de fibras de acero mejora notablemente la resistencia a la compresión del concreto, mientras que el uso de fibras de vidrio, en los porcentajes evaluados, provoca una disminución de dicha propiedad, posiblemente debido a la menor capacidad de adherencia de este material con la matriz.

3.2. Bases teóricas.

3.2.1. Incorporación de la fibra de acero y fibra de polipropileno en el pavimento de avenidas

3.2.1.1. Pavimentos de avenidas.

Los pavimentos de avenida, también conocidos como pavimentos urbanos o pavimentos de calles principales, son superficies de rodadura diseñadas específicamente para soportar el tráfico vehicular de alta densidad en áreas urbanas. Un pavimento se clasifica como urbano cuando se utiliza en calles y avenidas dentro de áreas urbanas y no permite mantener una velocidad constante debido a las interferencias y condiciones de tráfico variables. (Chile, s.f.)

(FRAPIAL, 2022) Un pavimento rígido está compuesto principalmente por losas de concreto de cemento Portland, que pueden ser simples o armadas, colocadas sobre la capa base o sub base. Esta estructura se caracteriza por su rigidez, que distribuye las cargas sobre una superficie más extensa gracias a su alto módulo de elasticidad en comparación con el suelo subyacente, reduciendo así la presión sobre la base de la carretera.

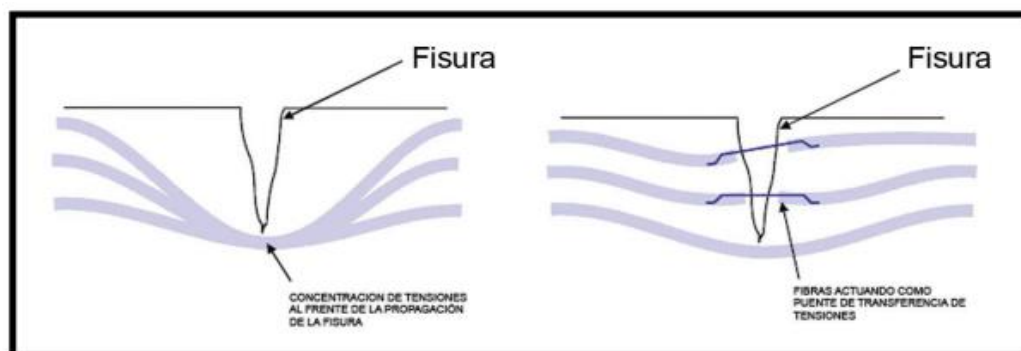
3.2.1.2. *Pavimento reforzado con fibras de acero*

(Segundo, Farroñan, Gómez, Chuzón, & Muñoz, 2021) La incorporación de fibras de acero puede mejorar las propiedades físicas y mecánicas del hormigón, además de contribuir a la conservación de materias primas y reducir la contaminación ambiental. Estos concretos pueden emplearse en pavimentos, losas deportivas, entre otros.

El hormigón reforzado con fibras de acero incorpora pequeñas fibras distribuidas aleatoriamente que ayudan a prevenir fisuras, similar al hormigón armado. A diferencia de las barras de refuerzo, las fibras son pequeñas y dispersas. Sin embargo, agregar fibras reduce la trabajabilidad del concreto, lo que limita su cantidad. Además, es importante evitar usar pocas fibras, ya que ha producido resultados negativos en proyectos anteriores. En el concreto con fibras el refuerzo está compuesto por numerosas partículas de pequeño diámetro distribuidas de forma aleatoria, que reciben los esfuerzos cuando la matriz del concreto comienza a fisurarse. (Flor Chávez Gino, 2019).

Figura 1

Mecanismo de control de propagación de las fisuras



Nota: en la figura se observa el mecanismo de control de las fibras metálicas ante la aparición de fisuras en el concreto.

Fuente: tesis de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicada.

<file:///C:/Users/Pc/Downloads/Tesis%20original.pdf>

Según la (CE 0.10 PAVIMENTOS URBANOS, 2000) Un pavimento reforzado con fibras metálicas puede tener un espaciamiento entre juntas de hasta 9 metros como máximo, mientras que un pavimento convencional solo puede tener un espaciamiento de 4.6 metros como máximo.

Las fibras se utilizan en aplicaciones estructurales para obtener beneficios como la reducción de costos laborales, mayor durabilidad y posible eliminación del refuerzo tradicional. (Sotil & Zegarra, 2015)

3.2.1.3. *Pavimento reforzado con fibras de polipropileno*

El uso de fibras de polipropileno en el concreto mejora su resistencia al proporcionar un mecanismo que aumenta la energía asociada a la ruptura y limita la propagación de fisuras. Las fibras actúan como puentes de transferencia de tensiones, reduciendo la concentración de

estas en los bordes de las fisuras y ralentizando su expansión. Esto hace que el concreto sea menos frágil y más resistente después de fisurarse, resultando en una menor fisuración en comparación con el concreto sin refuerzo. (Mohod, 2015)

Las principales ventajas de incorporar fibras sintéticas en el concreto incluyen, en estado endurecido, un aumento en la tenacidad y la resistencia al impacto, y, en estado fresco, un mejor control de la contracción plástica. Además, ayuda a prevenir la formación de fisuras a lo largo de la vida útil de la estructura y proporciona una mayor resistencia a la fatiga. (Mendoza, Aire, & Dávila, 2011)

3.2.1.4. *Concreto Fibroreforzado.*

Los usos de las fibras en el concreto reducen el tiempo de ejecución en obra, a comparación del acero convencional, barras de refuerzo o mayas electro soldadas. La incorporación de las fibras modifica las propiedades del concreto ya sea en estado fresco y en estado endurecido (ACI COMMITTEE 544, 2014).

3.2.1.5. *Evolución del Concreto Fibroreforzado*

A partir de los años 50, comenzaron las investigaciones sobre concreto reforzado con fibras de acero. En la década de los 70, se empezó a utilizar esta tecnología en Europa, especialmente en España, para proyectos como revestimientos de túneles y pavimentos industriales. Durante este periodo, I. Kennedy patentó un proceso para producir láminas de concreto reforzado con fibras de asbesto, aunque fue descontinuado entre 1970 y 1980 debido a problemas de salud relacionados. Hoy en día, el concreto reforzado con fibras de acero goza de éxito y aceptación en diversas aplicaciones, incluyendo usos militares, gracias a sus ventajas demostradas en investigaciones recientes. (Sotil & Zegarra, 2015)

3.2.1.6. *Fibras de acero*

Las fibras de acero se obtienen cortando alambre trefilado de acero, con diámetros que varían entre 0.25 y 0.80 mm y longitudes que van de 10 a 75 mm. Estas fibras se emplean como refuerzo en el concreto. (Cánovas, 1982)

Las fibras de acero son elementos de longitud corta y sección reducida que se añaden al hormigón para proporcionarle características específicas. Están hechas de alambre de acero trefilado en frío, lo que le confiere una alta resistencia a la tracción. Estas fibras están diseñadas para distribuirse de forma aleatoria en una mezcla de hormigón fresco, utilizando técnicas de mezclado convencionales. (Flor Chávez Gino, 2019)

3.2.1.6.1. *Tipos de fibras de acero*

Según (ASTM 820/A820M, 2011) Las fibras de acero se clasifican en 5 tipos:

- Tipo 1 se considera al alambre estirado en frío.
- Tipo 2 se considera a la hoja cortada.
- Tipo 3 extraído por fusión.
- Tipo 4 es la fibra fresada.
- Tipo 5 es el alambre estirado en frío modificado.

3.2.1.6.2. *Dosificación de las fibras de acero*

El diseño del hormigón reforzado con fibras de acero sigue la norma ACI-544 del Instituto Americano del Concreto, que incluye una tabla con rangos generales para las proporciones de los componentes. Sin embargo, esta tabla no especifica las cantidades exactas

requeridas para alcanzar la resistencia deseada en aplicaciones específicas, como en losas de pavimentos rígidos. (Flor Chávez Gino, 2019)

De acuerdo a la hoja técnica de (Z ADITIVOS, fibra metálica para refuerzo de concreto, 2022) la fibra metálica usada en el proyecto, El uso de la fibra en el concreto oscila entre 15 a 45 kg/m^3 , como recomendación.

Generalmente, no se observan problemas de segregación ni la formación de erizos cuando las fibras tienen diámetros de entre 0,4 y 0,8 mm y longitudes de entre 25 y 70 mm, siempre que se utilicen en proporciones que no excedan el 1,5% en volumen. al exceder esta cantidad, pueden surgir problemas con la manejabilidad del concreto. (Fernández, 1982)

3.2.1.6.3. Ventajas de las fibras de acero

(Fernández, 1982) Los principales beneficios que brinda el uso de las fibras de acero en el concreto son:

- Mejora del comportamiento a flexotracción.
- Reducción de la deformación bajo cargas mantenidas.
- Incremento de la resistencia a tracción.
- Incremento en el módulo de rotura.
- Fuerte incremento en la resistencia a impacto y choque.
- Figuración controlada y aumento de la durabilidad

Según (Becosan Concrete Floors-Made Better, 2020) otras ventajas que proporciona un pavimento reforzado con fibras de acero son:

- Reemplaza a la utilización de las mallas de acero.
- Aumenta la durabilidad del concreto
- Mayor resistencia a impactos y explosiones.
- Posibilita el ahorro de materiales, con espesores reducidos y pesos ligeros.
- Construcción de un área más grande sin el uso de juntas, favoreciendo a su mantenimiento y limpieza.

El 29 de mayo del 2024, Se llevó a cabo una charla presencial titulada “Uso de fibras en el hormigón”, impartida por el Dr. Xijun Shi, profesor de Ingeniería Civil en la Texas State University y autor de más de 50 artículos publicados en reconocidas revistas científicas. El Dr. Xijun Shi resaltó que una de las principales ventajas del uso de fibras de acero es la reducción de costos, logrando hasta un 20% menos en comparación con el hormigón armado tradicional. Además, destacó que también se disminuye el tiempo de ejecución en obra al reducirse la necesidad de emplear barras de refuerzo parcial o completamente. (CENTRO US, 2024)

3.2.1.6.4. Desventajas de las fibras de acero

Según (Becosan Concrete Floors-Made Better, 2020) las desventajas que proporciona un pavimento reforzado con fibras de acero son:

- Existe el riesgo de que las fibras de acero se manifiesten en la superficie de la estructura.
- La adición de fibras de acero puede afectar la facilidad de manejo del concreto.
- La presencia de fibras en la superficie puede alterar la estética del acabado.

3.2.1.6.5. *Costos de la fibra de acero.*

El costo de la fibra de acero trefilada puesto en Abancay Apurímac de la empresa (ZADITIVOS, 2022) es de S/. 248.00, por 20 kg y teniendo en cuenta que en una bolsa de cemento viene 42.5 kg, en relación al cemento calculamos:

Tabla 3

Costo por % de fibra de acero en relación a 1 bolsa de cemento

CANTIDAD DE FIBRAS	KG DE FIBRA	COSTO
1% DE FIBRA DE ACERO	0.425	S/ 5.27
1.5% DE FIBRA DE ACERO	0.638	S/ 7.91
2% DE FIBRA DE ACERO	0.850	S/ 10.54
4% DE FIBRA DE ACERO	1.700	S/ 21.08
8% DE FIBRA DE ACERO	3.400	S/ 42.16
12% DE FIBRA DE ACERO	5.100	S/ 63.24

Nota: el costo representa el adicional por bolsa de cemento al gasto total. Elaboración propia.

3.2.1.7. *Fibras de polipropileno*

Las fibras de polipropileno son repelentes al agua, lo que significa que no la absorben. Por esta razón, al incorporarlas en una mezcla de concreto, solo requieren mezclarse lo suficiente para asegurar su distribución uniforme. Los fabricantes de fibras fibriladas sugieren su uso en pavimentos para disminuir la contracción plástica y la permeabilidad, y mejorar la resistencia al impacto, la abrasión, la fatiga y la cohesión. (Mohod, 2015)

3.2.1.7.1. Tipos de fibras de polipropileno

Según la investigación de (VALERO, 2015) las fibras de polipropileno se clasifican en:

- a) Monofilamentos: Se fabrican mediante un proceso de extrusión. En este proceso, el material se funde y se empuja a través de un molde con sección circular, formando varios filamentos continuos.
- b) Fibriladas: Se fabrican a través de un proceso de extrusión que emplea un disco de forma rectangular. Este procedimiento da lugar a láminas delgadas de polipropileno que se transforman en cintas de ancho uniforme. Durante la producción, las fibras se agrupan en paquetes fibrilados formados por numerosas fibras pequeñas. Al mezclar el concreto, el movimiento de los agregados corta estos paquetes en fragmentos más pequeños o en fibras individuales.

3.2.1.7.2. Dosificación de las fibras de polipropileno

La cantidad recomendada de fibras de polipropileno en mezclas de pavimento y otras aplicaciones es del 0.1% en volumen de concreto (0.889 a 0.949 kg por metro cúbico).

Aunque se han probado volúmenes de hasta el 7.0%, niveles superiores al 2.0% generalmente requieren fibras continuas, que presentan problemas para la construcción de pavimentos. Se pueden utilizar volúmenes de hasta el 0.5% sin ajustes significativos en la mezcla, pero niveles cercanos al 0.5% requieren aditivos reductores de agua y otros. (Mohod, 2015)

De acuerdo a la hoja técnica de (Z ADITIVOS, 2022) El uso de la fibra en el concreto oscila entre 0.4 y 2.0 kg/m³, como recomendación.

3.2.1.7.3. Ventajas de las fibras de polipropileno

De acuerdo a (Z ADITIVOS, 2022) El uso de las fibras de polipropileno generan diversas ventajas como:

- Aumenta la resistencia a la flexión.
- Disminuye la fisuración por retracción plástica.
- Se dosifica e integra fácilmente en las mezclas de concreto.
- Reduce el efecto de desprendimiento superficial en concretos expuestos a altas temperaturas.
- Mejora la resistencia a la abrasión, impacto y fatiga en las estructuras.

De acuerdo a (VALERO, 2015) Otras ventajas que genera el uso de las fibras de polipropileno son:

- En relación de costo beneficio con respecto a las fibras metálicas son mas económicas.
- La baja densidad de las fibras permite que se integren bien en el concreto durante el vibrado, sin afectar la apariencia estética de la pieza.

3.2.1.7.4. Desventajas de las fibras de polipropileno

Según (VALERO, 2015) Las principales desventajas son:

- Bajo módulo de elasticidad.
- No es adecuado como reemplazo del refuerzo principal.

- Su adición disminuye la consistencia del concreto.
- Al no absorber agua durante la mezcla ni durante el fraguado, presenta un problema de adherencia con la matriz cementosa.

3.2.1.7.5. Costos de la fibra de polipropileno

El costo de la fibra de polipropileno puesto en Abancay Apurímac de la empresa (ZADITIVOS, 2022) es de S/. 59.50 por 1.6 kg y teniendo en cuenta que en una bolsa de cemento viene 42.5 kg, en relación al cemento calculamos:

Tabla 4

Costo por % de fibra de polipropileno en relación a 1 bolsa de cemento

CANTIDAD DE FIBRAS	KG DE FIBRA	COSTO
0.25% DE POLIPROPILENO	0.106	S/ 3.95
0.50% DE POLIPROPILENO	0.213	S/ 7.90
0.75% DE POLIPROPILENO	0.319	S/ 11.85

Nota: la tabla muestra el costo adicional por bolsa de cemento al gasto total.

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Influencia de las fibras de acero trefiladas y las fibras de polipropileno en el concreto fresco.

3.2.2.1. Parámetros para elaborar el diseño de mezcla

La norma (ASTM INTERNACIONAL, 2015) que habla sobre las especificaciones para el concreto reforzado con fibras, recomienda usar la normal ACI 211.1 para la selección de proporciones para el concreto.

Para poder elaborar el diseño de mezcla según la norma ACI 211.1, se necesita recopilar información:

1. **Resistencia requerida del concreto:** A los 28 días (f'_c).
2. **Tamaño máximo del agregado:** Definir el tamaño máximo nominal del agregado, que influirá en la proporción de los componentes y la trabajabilidad.
3. **Requisito de asentamiento (slump):** Determinar el asentamiento necesario de la mezcla (trabajabilidad), dependiendo de las condiciones de colocación y tipo de estructura.
4. **Densidad y características del agregado:**

Agregado fino (arena): Densidad aparente, módulo de finura, y humedad.

Agregado grueso (grava): Densidad aparente y absorción de agua.

Normas para determinar las características de los agregados:

Tabla 5

Normas empleadas para los ensayos en laboratorio

DESCRIPCION	NORMA
Muestreo para materiales de construcción	MTC E 201
Peso unitario y vacíos de los agregados	MTC E 203
Análisis granulométrico de AG y AF	MTC E 204
Gravedad específica y absorción de AF	MTC E 205
Peso específico y absorción de AG	MTC E 206
Contenido de humedad total de los agregados por secado	MTC E 215

Nota: en la tabla se observa las normas empleadas en los ensayos realizados en el laboratorio.

Fuente: normas técnicas peruanas.

3.2.2.1.1. *Diseño de mezcla para un concreto $f'c = 280\text{kg/cm}^2$*

El diseño teórico de la mezcla se basa en las directrices del American Concrete Institute (ACI), desarrollado por el Comité 211. Este documento describe un resumen del procedimiento para el diseño de mezclas de concreto, siguiendo los pasos detallados a continuación.

Paso 1: Determinar la resistencia de diseño

Dependiendo de la resistencia solicitada:

Tabla 6

Resistencia promedio requerida a la compresión.

Resistencia especificada a la compresión, MPA	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPA
$f'c < 21$	$f_{cr}' = f'c + 7.0$
$21 \leq f'c \leq 35$	$f_{cr}' = f'c + 8.3$
$f'c > 35$	$f_{cr}' = 1.10f'c + 5.0$

Nota: en la tabla se observa las resistencias requeridas para el diseño de mezcla de acuerdo a la normativa.

Fuente: ACI 211.1.

Paso 2: Elección de asentamiento

Para elegir el asentamiento adecuado se deberá usar la siguiente tabla:

Tabla 7

Asentamiento máximo y mínimo.

TIPO DE ESTRUCTURA	ASEN. MAX (Pulg)	ASEN. Min (Pulg)
Zapatas y muros reforzados	3	1
Cimentación simple y calzaduras	3	1
Vigas y Muros armados	4	1
Columnas	4	2
Losas y Pavimentos	3	1
Concreto ciclópeo	2	1

Nota: se observa en la tabla los asentamientos máximos y mínimos para el diseño de mezcla.

Fuente: ACI 211.1.

Paso 3: Elección del tamaño máximo de agregado

Para la elección del tamaño máximo nominal consideramos los datos obtenidos del ensayo de granulometría a los áridos gruesos.

TM: Corresponde al tamiz donde queda toda la muestra del agregado grueso.

TMN: Corresponde al menor tamiz que produce el retenido mayor al 5%.

Paso 4: Cálculo del agua de mezclado y el contenido de aire

Estimación del agua de mezclado: Se debe establecer una relación entre el asentamiento, el TMN del AG y si el concreto será con aire incorporado o no, se usa la tabla:

Tabla 8

Cantidades Aproximadas de agua para diferentes asentamientos

Revenimiento [cm]	Agua [kg/m ³] para el concreto de agregado de tamaño nominal máximo [pulg] indicado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incluido								
2.5 a 5.0	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 a 10.0	228	216	204	193	181	169	145	124
15.0 a 17.5	243	228	216	202	190	178	160	
Cantidad aproximada de aire en concreto sin aire incluido [%]								
	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 a 5.0	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 a 10.0	202	193	184	175	163	154	132	119
15.0 a 17.5	216	205	197	174	166	154		
Promedio recomendado de contenido de aire según el nivel de exposición [%]								
Exposición ligera	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Exposición moderada	6	5.5	5	4.5	4	3.5	3	2.5
Exposición severa	7.5	7	6	5.5	5	4.5	4	4

Nota: en la tabla se observa las cantidades aproximadas de agua para diferentes asentamientos para el diseño de mezcla.

Fuente: tablas de dosificación ACI 211.1 (UDOCZ, s.f.)

Elección del contenido de aire atrapado:

Depende del TMN del agregado grueso.

Tabla 9

Aire atrapado en función del tamaño máximo nominal

TMN (Plg)	AIRE ATRAPAGO (%)
3/8	3
1/2	2.5
3/4	2
1	1.5
1 1/2	1
2	0.5
3	0.3
6	0.2

Nota: en la tabla se observa el aire atrapado en función del TMN para el diseño de mezcla. *Fuente:* ACI 211.1.

Paso 5: Selección de la relación agua-cemento

La relación agua/cemento se calcula con los datos de la Tabla 9.

Tabla 10

Relación agua/cemento vs $F'c$ a los 28 días.

f'c a los 28 días (kg/cm ²)	Relacion Agua/ Cemento en peso	
	Sin aire	Con aire
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.39
300	0.55	0.45
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Nota: en la tabla se observa la relación agua/cemento que se necesita para el diseño de mezcla. *Fuente:* (ACI 211.1)

Paso 6: Cálculo del contenido de cemento

Se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$\text{CANTIDAD DE CEMENTO (kg/m}^3\text{)} = \text{Agua(kg/m}^3\text{)} / (\text{Relación agua-cemento})$$

Paso 7: Estimación del contenido de agregado grueso

El volumen de agregado grueso seco compactado (V.A.G.S.C) se obtendrá utilizando la Tabla 10, que relaciona el TMN con el módulo de fineza (M.F). Posteriormente, para determinar la cantidad en peso del agregado grueso, se aplicará la ecuación siguiente:

$$\text{Peso del agregado grueso(kg/m}^3\text{)} = (\text{P. U. S. C}) * (\text{V. A. G. S. C})$$

Tabla 11

Asentamiento máximo y mínimo

TMN	VOLUMEN DEL AGREGADO EN FUNCIÓN DEL MÓDULO DE FINEZA			
	2.4	2.6	2.8	3
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	0.93	0.81

Nota: en la tabla se observa la relación agua/cemento que se necesita para el diseño de mezcla.

Fuente: ACI 211.1.

Paso 8: Estimación del contenido de agregado fino

Método de pesos:

Se considera los datos anteriores para utilizarlos en la ecuación:

$$\text{Peso del agregado fino (kg/m}^3\text{)} = P.C^\circ - (\text{Cemento} + \text{Agua} + \text{Agregado Grueso})$$

El P.C° es la primera estimación del peso del concreto fresco, se calcula en la siguiente tabla en relación del tamaño máximo nominal del agregado.

Tabla 12

Primera estimación del peso del concreto fresco.

TMN	PESO DEL M3 DE CONCRETO (kg/cm3)	
	Sin aireante	Con aireante
3/8"	2285	2190
1/2"	2315	2235
3/4"	2355	2280
1"	2375	2315
1 1/2"	2420	2355
2"	2445	2375
3"	2465	2400
6"	2505	2435

Nota: en la tabla se observa la estimación del peso del concreto fresco que se realiza para poder calcular los pesos finales de los componentes del concreto.

Fuente: ACI 211.1.

Método de Volúmenes:

Se considera la siguiente formula:

$$Volumen (m^3) = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso especifico de la masa}}$$

Paso 9: Ajuste por humedad del agregado

La corrección en los agregados se realiza debido a la humedad natural del ambiente.

$$\text{Peso húmedo del agregado} = \text{Peso del agregado} (1 + \% \text{humedad})$$

Paso 10: Corrección por absorción y cálculo de agua efectiva.

Los agregados retienen humedad en su estado natural y, además, tienen la capacidad de absorber agua, por lo que es necesario calcular la cantidad de agua que aportan tanto los agregados finos como los gruesos a la mezcla.

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua diseño} - \left(\left(\frac{W\% - a\%}{100} \right) * \text{Peso del AG} + \left(\frac{W\% - a\%}{100} \right) * \text{Peso del AF} \right)$$

Paso 11: Diseño de mezcla final.

La cantidad de cemento, agregado grueso, agregado fino y agua se determina en peso, utilizando el peso específico correspondiente para cada material, si es necesario.

3.2.2.2. Propiedades del concreto fresco

Según (Bustamante, 2016) El estado fresco al comienzo es un “masa” blanda y puede ser trabajable o moldeable, y se mantiene así hasta su colocación, las propiedades más importantes del concreto en su estado fresco son:

- **Trabajabilidad:** Es la facilidad con los ingredientes que componen el concreto pueden mezclarse, la mezcla resulta manejable y transportable.
- **Exudación:** Es cuando el agua se eleva a la superficie de la mezcla, suele suceder debido a que los sólidos se sedimentan.
- **Segregación:** Es la descomposición mecánica, es cuando el agregado grueso tiende a separarse del mortero.

3.2.2.3. *Procedimiento para el ensayo en concreto fresco*

3.2.2.3.1. *Ensayo de asentamiento con tronco de cono de Abrams*

Según (NTP 339.035, 1999) Medición del asentamiento con el Cono de Abrams

Objetivo: El ensayo se utiliza para evaluar el comportamiento del concreto en estado fresco y evaluar su trabajabilidad. El resultado del asentamiento en esta prueba refleja su trabajabilidad, es decir, su capacidad para ser mezclado, colocado, transportado y compactado.

Equipos:

- Molde de Abrams (en forma de cono) con un diámetro inferior de 200 mm, un diámetro superior de 100 mm y una altura de 300 mm.
- Una barra de acero lisa de aproximadamente 16 mm de diámetro y 600 mm de largo.
- Superficie de ensayo plana, rígida y no absorbente.

Procedimiento: Lo primero que se realiza para un correcto ensayo es colocar el cono de Abrams en un área plana, y mantenerlo estático apretando las alas, luego se procede con el llenado del molde con 3 capas de volumen aproximado de la mezcla, cada capa debe

compactarse 25 veces usando la varilla. Una vez llenado se enraza la superficie al nivel del molde, y finalmente se retira el molde verticalmente, permitiendo que el concreto se asiente con su propio peso.

Medición del asentamiento: Al retirar el molde y esperar que el concreto se asiente, se realiza la medición de la diferencia de altura entre el molde y el centro de la parte superior del concreto.

3.2.3. Influencia de las fibras de acero trefiladas y las fibras de polipropileno en el concreto endurecido.

3.2.3.1. *Propiedades del concreto endurecido.*

El concreto endurecido es el resultado final posterior a su colocación y su curado, en esta etapa el concreto adquiere sus propiedades mecánicas y físicas finales, lo que determina su rendimiento y calidad del concreto, sus propiedades son resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, durabilidad, permeabilidad, densidad, Adherencia y resistencia al desgaste, de los cuales. (ULTRACEM, s.f.)

- Resistencia a la compresión: La **resistencia a la compresión** es una de las características clave del concreto endurecido, ya que refleja su capacidad para resistir cargas sin sufrir fracturas o daños. Esta propiedad se mide en unidades de presión, como los **megapascuales (MPa) o kg/cm^2** , y es fundamental para asegurar que el concreto cumpla con los requisitos estructurales del proyecto. Un concreto de buena calidad, correctamente diseñado, debe tener una resistencia adecuada para soportar las cargas previstas en la estructura, garantizando su seguridad y durabilidad.

- **Resistencia a la Flexión:** La resistencia del concreto frente a fuerzas de flexión o módulo de rotura mide su capacidad para soportar estas cargas sin fracturarse. Esta propiedad es esencial en componentes estructurales como las vigas y losas, donde se requiere garantizar la seguridad y estabilidad de la edificación. Según la (IGG, 2018) el módulo de rotura para un pavimento rígido tiene que ser mayor o igual a 34 kg/cm^2 o 3.4 MPa.

3.2.3.2. *Procedimiento para el ensayo en concreto endurecido*

3.2.3.2.1. *Procedimiento para realizar probetas y vigas de concreto*

Para realizar una probeta de concreto destinada a la prueba de resistencia a la compresión, se siguen los siguientes pasos:

Preparación de la mezcla: Se mezcla el concreto según la dosificación requerida, utilizando cemento, agregados (arena y grava), y agua, asegurando una consistencia adecuada.

Moldeo: La mezcla de concreto se coloca en moldes de tamaño estandarizado, con dimensiones específicas para las pruebas de compresión. Para usar moldes de 100 mm de diámetro y 200 mm de altura en ensayos de compresión de concreto, El tamaño máximo del agregado no debe sobrepasar el 25% del diámetro del molde. Esto implica que el tamaño nominal máximo del agregado permitido sería de 25 mm (1 pulgada).

Compactación: Se compacta la mezcla dentro del molde para eliminar los vacíos y asegurar la uniformidad del material.

Fraguado y curado: Una vez moldeadas, las probetas se dejan fraguar (endurecer) durante un período específico, generalmente 24 horas. Posteriormente, se retiran los moldes y las muestras se sumergen en agua o se mantienen en un ambiente húmedo para el proceso de

curado, lo que garantiza una adecuada hidratación del cemento. El curado dura al menos 7 o 28 días, dependiendo de la normativa.

Para realizar una viga de concreto destinada a la prueba de resistencia a la flexión, se siguen los siguientes pasos:

Preparación de la mezcla: Se prepara la mezcla de concreto con la dosificación adecuada, que incluye cemento, agregados (arena y grava), y agua.

Moldeo de la viga: La mezcla se vierte en moldes de vigas con dimensiones específicas. Según las normas más comunes, como la (ASTM C78), los moldes suelen tener dimensiones de **150 mm x 150 mm x 500 mm** o **100 mm x 100 mm x 400 mm**. Las dimensiones exactas dependen de los requisitos del proyecto.

Compactación: Se compacta el concreto dentro del molde para eliminar vacíos, lo cual puede realizarse por vibración o varillado manual.

Fraguado y curado: Las vigas permanecen en los moldes durante un período inicial de fraguado, generalmente de 24 horas. Después, se desmoldan y se sumergen en agua.

3.2.3.2.2. Ensayo de compresión

Según (NTP 339.034, 2015) Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

Objetivo: El procedimiento consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros de concreto o muestras extraídas, utilizando una velocidad específica. La resistencia del concreto se calcula dividiendo la carga máxima que la muestra puede soportar antes de fracturarse por el área de su sección transversal.

Aparatos:

- **Máquina de ensayo:** Tiene que ser una maquina con la capacidad suficiente y capaz de proveer una velocidad de carga indicada, La máquina tiene que ser calibrada conforme a la ASTM E4, su calibración no debe de exceder de los 13 meses como máximo, la maquina debe de ser operativa por energía (no manual).

Procedimiento: El ensayo se tiene que realizar inmediatamente después de retirarlos del anclaje de curado. Los especímenes serán ensayados en condiciones húmedas y serán sometidos a la carga axial dentro los tiempos permisibles como indica en la tabla 4.

Tabla 13

Edades de ensayos y tolerancias permisibles.

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24h	0.5 h ó 2.1 %
3d	2 h ó 2.8 %
7d	6 h ó 3.6 %
28d	20 h ó 3.0 %
90d	45h ó 2.2 %

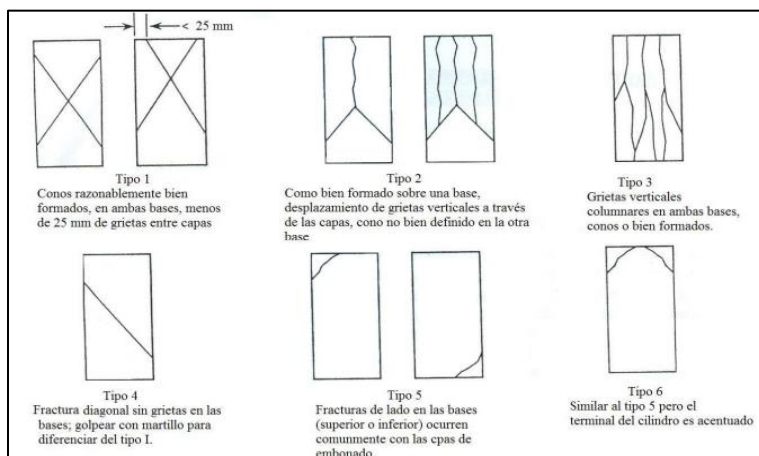
Nota: en la tabla se muestra la tolerancia para cada edad de los ensayos.

Fuente: (NTP 339.034, 2015)

Tipos de fractura:

Figura 2

Patrones de fracturas



Nota: en la figura se observa los 6 tipos de fracturas en los especímenes.

Fuente: (NTP 339.078, 2012)

3.2.3.2.3. Ensayo de flexión

Según (NTP 339.078, 2012) Método de ensayo para la obtener la resistencia a la flexión del concreto en muestras en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

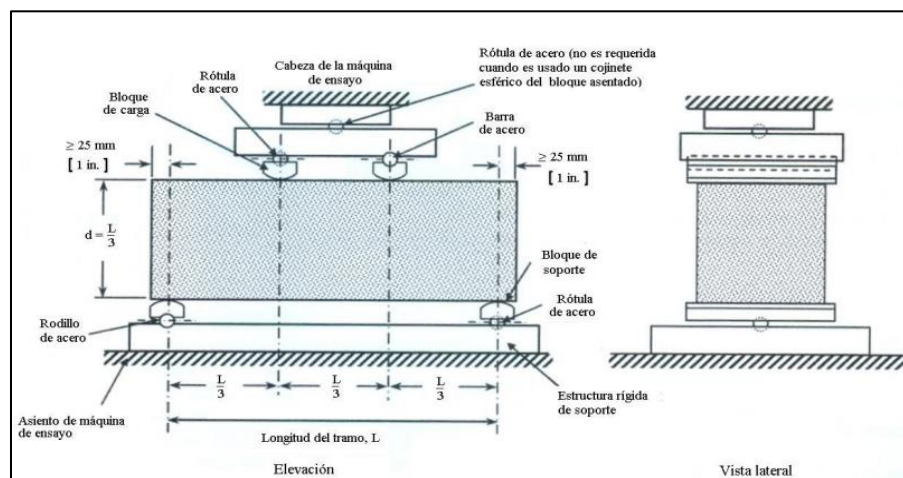
Objetivo: Este método de ensayo implica aplicar una carga sobre una viga en los puntos que dividen su longitud en tres partes iguales hasta que la viga falle. El cálculo del **módulo de rotura** dependerá del lugar donde ocurra la fractura si sucede dentro del tercio central o a una distancia menor o igual al 5 % de la longitud libre de la viga.

Aparatos: Máquina de ensayo, La máquina no debe de ser la máquina de ensayo debe adherirse a los requisitos establecidos en las secciones correspondientes a la verificación.

Procedimiento: La carga se aplica a la viga de manera continua, ejerciendo la fuerza a una velocidad constante hasta llegar al punto de ruptura o fractura.

Figura 3

Diagrama de un dispositivo para ensayar a flexión vigas con cargas a los tercios



Nota: en la figura se observa el diagrama de aplicación de carga (NTP 339.078, 2012).

3.2.3.2.4. Evidencia de aplicación de las fibras de acero trefilada.

- En Lomas Larga de Monterrey – México, se utilizó fibras de acero en el concreto lanzado para la ejecución del primer túnel. (Ochoa, 2014)
- Maccaferri, en colaboración con Sociedad Minera Cerro Verde, ha utilizado concreto reforzado en las losas rígidas con fibras metálicas WIRAND de 25 y 35 kg por metro cúbico de concreto y peraltes de 550 a 700mm para áreas de estacionamiento de camiones mineros y otros vehículos pesados. (ECOMIN, 2020)
- Se utilizó fibra de acero Dramix, en la ejecución de la vía expresa en Uchumayo, Arequipa. (Prodac, 2015)

3.2.3.2.5. *Evidencia de aplicación de las fibras sintéticas*

- En Chile, una de las experiencias más importantes utilizando las fibras sintéticas fue en el tramo realizado en 2010 en la Ruta CH-60 los Andes – Cristo Redentor, una ruta con el tránsito pesado, donde utilizaron losas de hormigón en dos tramos de 500 m cada uno, uno de ellos con las fibras sintéticas con un espesor de 15 cm y otro sin fibra de 17 cm. Hasta la fecha el tramo de prueba se ha comportado muy bien cumpliendo sus expectativas. (ICH, 2012)
- En Cerro Sombrero, se ejecutó una vía con un espesor de 14 cm la cual incluyó las fibras sintéticas. (ICH, 2012)
- En la región de Aysén, se construyó 4 sectores con losas de bajo espesor, uno sin fibras, 2 con fibras sintéticas y uno con fibras metálicas. (ICH, 2012)

3.2.3.2.6. *Ensayo estándar para evaluar la fisuración por retracción plástica.*

El método de ensayo estándar para evaluar la fisuración por retracción plástica del concreto reforzado con fibras, tiene como objetivo calcular el % de fisuración con concreto realizando cálculos a partir de los resultados que se obtiene en laboratorio, se calcula la relación entre la fisura del concreto patrón y la fisura de las muestras con diferentes adiciones de fibras. (ASTM C1579-06, 2011)

FORMULA:
$$CRR(\%) = 1 - \frac{\text{Ancho medio de grieta de mezcla de hormigón reforzado con fibra}}{\text{Ancho medio de grieta de mezcla de hormigón de control}} * 100$$

3.3. Definición de términos.

Concreto: El concreto es una mezcla de cemento, grava, arena, aditivos y agua. Moldeable en su forma líquida y con gran RC en su estado endurecido. (Muños, 2019)

Acero: Es un elemento compuesto por hierro, y carbono en un porcentaje variable donde el contenido de carbono se encuentra en el rango de 0.05 hasta 1%, este elemento adquiere propiedades como dureza, elasticidad, maleabilidad, ductilidad o resistencia. (Maldonado, 2015)

Fibras de acero: Son flejes estirados en frío rectos y deformados, hilos fundidos y bloques de acero estirados en frío. (UNE-EN 14889-1, 2008)

Pavimento rígido: Son aquellos pavimentos elaborados con concreto, estos se apoyan sobre una base de material granular, que esta a su vez ayuda a disipar las cargas distribuidas a la subrasante. (Mora & Arguelles, 2015)

Resistencia a compresión: Se calcula mediante la aplicación de una fuerza sobre el área del testigo que va a resistir usando una máquina de prensa hidráulica (Castillo, 2017)

Resistencia a la flexión: Es un indicador de la resistencia a la tensión y puede ser definido como el esfuerzo máximo a tensión para que ocurra la ruptura durante un ensayo de flexión de una viga de concreto simplemente apoyada. (Anguas & López, 2017)

Trabajabilidad: Es una característica de los materiales que facilita su manipulación, traslado, colocado y acabado. (Castillo, 2017)

Segregación: La segregación se refiere a la dispersión desigual de los elementos que conforman el concreto. Una distribución uniforme de los agregados y la pasta es crucial, ya

que tiene un impacto directo en las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto.

(Benito & Rodríguez, 2015)

Exudación: se refiere a la separación del agua y otros componentes líquidos de la mezcla de concreto fresco, que ascienden a la superficie durante su colocación y compactación. (Vidaud & Frómeta, 2019)

Agregados: Materiales que componen el concreto armado o no armado, como Son arenas, gravas naturales y piedras triturad. (Castillo, 2017)

Cemento portland tipo I: Se utiliza en la fabricación de concreto y morteros que necesiten estabilidad, durabilidad, plasticidad, buena adherencia y capacidad para retener agua. (Corrales & Suarez, 2023)

Fibras de polipropilenos: Es un material termoplástico cristalino que se forma a través del proceso de polimerización del polipropileno pertenece al grupo de las poliolefinas. (Villanueva & Yaranga, 2015)

Módulo de rotura: Indica la máxima fuerza que un material puede aguantar antes de romperse o fracturarse debido a la tensión aplicada. Se analiza empleando el ensayo ASTM C78 de la viga cargada en los tercios. (IGG, 2018)

Diseño de Pavimento: Es un elemento estructural formado por múltiples capas, que se apoya en toda su base y está diseñado y construido para soportar cargas tanto estáticas como dinámicas durante un período específico. Durante este periodo, se debe aplicar algún tipo de mantenimiento o tratamiento para extender su vida útil. (Saavedra & Sarmiento, 2021)

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo Correlacional.

“Los estudios correlacionales analizan la relación entre dos o más variables, observando cómo los cambios en una afectan a las otras. Si existe una correlación entre las variables, se puede afirmar que, cuando una de ellas cambia, la otra también presenta alguna modificación" (Grajales, 2000)

Al incorporar un % específico de fibras en la mezcla del concreto existirá una influencia positiva, negativa o nula con respecto a las propiedades del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$, por este motivo se considera que existe una correlación entre las variables.

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, puesto que se empleará la obtención de valores numéricos para comparar la resistencia del concreto patrón con $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ frente a la resistencia del concreto modificado mediante la incorporación de fibras de acero trefilado y de polipropileno.

4.1.2. Nivel de investigación

Esta investigación es de nivel explicativa

“La investigación explicativa verifica sus hipótesis utilizando tanto diseños experimentales como no experimentales. Es un nivel más avanzado y riguroso de la investigación básica, cuyo principal objetivo es verificar hipótesis causales o explicativas” (Nieto, 2018)

Será de nivel explicativo, ya que se analizarán distintas condiciones del concreto con la adición de ambas fibras en proporciones de 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibra sintética, así como de 1%, 1.5% y 2% de fibra metálica. El objetivo es explicar qué ocurre cuando se incorpora estas fibras al concreto. Se describirán los fenómenos y los hechos observados en esta investigación, y se validarán las hipótesis mediante datos experimentales.

4.2. Ámbito temporal y espacial

4.2.1. Ámbito temporal de la investigación

La investigación se realizó entre el año 2023 – 2024.

4.2.2. Ámbito espacial de la investigación

La investigación se enfoca exactamente en los pavimentos rígidos de alta resistencia o de alto tránsito donde se necesite una resistencia a la compresión $f'c=280$ kg/cm² en el distrito de Abancay, provincial de Abancay departamento de Apurímac. Exactamente en las Avenidas más transcurridas que presentan un flujo vehicular constante o presencia de vehículos de alto tonelaje.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

De acuerdo con (Hospinal, Mejía, Lazo, & Contreras, 2020) La población teórica representa el conjunto de elementos a estudiar. El investigador debe identificar estos elementos y, si la unidad de observación son sujetos, ubicar el lugar para caracterizarlos adecuadamente.

En la presente investigación se consideró como población al conjunto de muestras adicionadas con FA y FP haciendo un total de 72 probetas cilíndricas y 72 vigas para poder

realizar los ensayos correspondientes, se consideró esta cantidad debido a que mientras más datos se obtenga se tendrá un resultado más exacto.

4.3.2. Muestra

Se considera muestra al sub conjunto de la población, siendo una porción o parte de esta (Pastor, 2019). La presente investigación se desarrollará por muestras no probabilísticas, La muestra no probabilística es cuando el investigador hace la selección de la muestra basadas en un juicio subjetivo, lo contrario a la selección al azar (VEGA, 2019).

En este estudio, la muestra estuvo conformada por probetas y vigas de concreto elaboradas con la incorporación de fibras de acero en proporciones del 1%, 1.5% y 2%. fibras de polipropileno 0.25%, 0.50%, 0.75% y la combinación de ambas al 0.5% FA+ 0.125% FP, para el pavimento rígido de avenidas con $F'c=280 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 14

Cantidad total de especímenes

TIPO DE MUESTRA	Probetas para la resistencia a la compresión			Probetas para la resistencia a la flexión		
	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MUESTRA PATRÓN (MP)	3	3	3	3	3	3
MFA (1 %)	3	3	3	3	3	3
MFA (1.5 %)	3	3	3	3	3	3
MFA (2 %)	3	3	3	3	3	3
MFP (0.25 %)	3	3	3	3	3	3
MFP (0.50 %)	3	3	3	3	3	3
MFP (0.75 %)	3	3	3	3	3	3
MC	3	3	3	3	3	3
	TOTAL = 72			TOTAL = 72		
	TOTAL DE MUESTRAS = 144					

Nota: en la tabla se presentan las cantidades de especímenes destinados a los ensayos de resistencia a compresión y a flexión. Elaboración propia.

4.4. Instrumentos

De acuerdo con (Mendoza & Avila, 2020), los instrumentos son herramientas técnicas que nos permiten recopilar información necesaria para dar respuesta a las preguntas de la investigación, está orientado a crear condiciones de medición.

Son las herramientas técnicas que nos ayudaran en la toma de datos, como instrumentos de recolección de datos, se tubo los formatos de cada ensayo:

- Formatos para los ensayos de los agregados en laboratorio.
- Protocolos de diseño de mezcla y elaboración de concreto.
- Formato de revenimiento para el ensayo de asentamiento del concreto.
- Formato para el ensayo de resistencia a la compresión.
- Formato para el ensayo de resistencia a la flexión.
- Formato para el ensayo de contracción plástica.

4.4.1. Validación de instrumentos:

Se elaboró fichas de recolección de datos para los ensayos realizados en laboratorio, luego se procedió hacerlos validar (analizar y firmar) por 3 expertos de la universidad tecnológica de los andes. Se tiene las fichas validadas de la recopilación de datos en los anexos.

En el apartado 9.3, “Instrumentos de recolección de datos”, ubicado en los anexos, se incluyen la ficha de control utilizada para el ensayo de medición del asentamiento del

hormigón con el cono de Abrams, conforme a la norma NTP 339.035, así como la ficha de control correspondiente al ensayo de resistencia a la compresión del concreto, de acuerdo con la norma NTP 339.034 y la ficha de control para el ensayo de resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas aplicadas en los tercios del tramo, de acuerdo con la norma NTP 339.078. Teniendo en cuenta los indicadores las 3 fichas fueron validados por los 3 expertos, Mg. Marco Antonio Gálvez Quintana, Msc. Oswald Casaverde Lopez y Dr. Wilfredo Soto Palomino quienes coincidieron sus opiniones consideraron las fichas como aplicable para la investigación.

4.5. Procedimientos

Para obtener los resultados buscados por la investigación se realizó los siguientes ensayos:

Tabla 15

Procedimiento

1ro	Diseño de mezcla	Características de los agregados	Humedad natural
			Granulometría
			Tamaño máximo nominal
			Módulo de fineza
			Gravedad específica y absorción AF
			Absorción y Peso específico del AG
2do	Elaboración de los especímenes	72 probetas cilíndricas	
		72 viguetas	
3ro	Ensayos en el concreto fresco	Medición del slump	
4to	Ensayos en el concreto endurecido	Resistencia a la compresión	
		Resistencia a la flexión	
5to	Cálculo de fisuración	Ensayo de contracción plástica	

Nota: en la tabla se observa el resumen del procedimiento que se realizó para poder obtener los resultados necesarios en laboratorio.

Fuente: elaboración propia.

Se comenzó por realizar un diseño de mezcla para pavimentos con un $F'c=280 \text{ kg/cm}^2$, para esto se requiere realizar ensayos previos a los agregados.

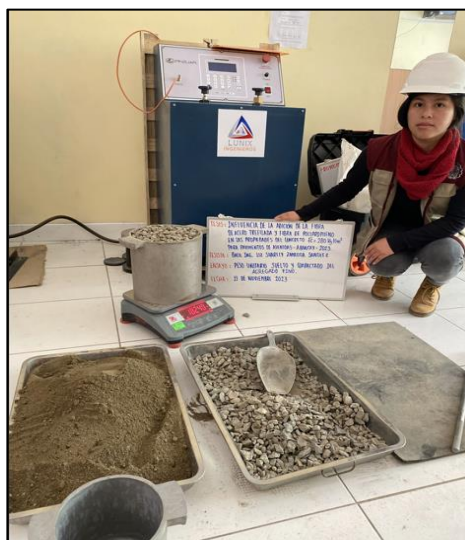
4.5.1. Diseño de mezcla

4.5.1.1. Características de los agregados

Peso unitario y vacíos del agregado: De acuerdo al Manual de ensayo de materiales (MTC, 2016) Sección MTC E 203. Se determinó el peso unitario suelto y compactado, así como el porcentaje de vacíos. Para el PU suelto, se tamizó el material (tamiz 3/8”), se llenó el molde por gravedad, se enrasó y pesó tres veces. Para el PU compactado, el molde se llenó en tres capas, aplicando 25 golpes con varilla de 3/8” por capa antes de enrasar y pesar..

Figura 4

Peso unitario y vacíos de los agregados



Nota: en la figura se observa el ensayo que realice para calcular el peso unitario suelto, peso unitario compactado y vacíos del agregado.

Humedad natural: De acuerdo al Manual de ensayo de materiales (MTC, 2016)

Sección MTC E 215. Primero se realizó la toma una muestra del agregado (arena o grava). La cantidad de muestra varía, pero generalmente se usa entre 500 g y 2 kg, se pesó la muestra en su estado húmedo o tal como fue extraída, este fue el peso húmedo, después se introdujo el recipiente con la muestra se seca al 100% y se procede a secar, para obtener los resultados y procesarlos.

Figura 5

Humedad natural de los agregados



Nota: en la figura se observa el ensayo que realice para calcular la humedad natural de los agregados.

Granulometría: De acuerdo al Manual de ensayo de materiales (MTC, 2016) Sección MTC E 204. Después de seleccionar los tamices en orden para ambos agregados se procedió a

tamizarlos mecánico entre 10 y 15 minutos, al finalizar el tamizado se procede a pesar los agregados por tamices para luego procesar los datos.

Figura 6

Granulometría del agregado fino



Nota: en la figura se observa el ensayo de granulometría por tamizado del agregado fino.

Figura 7

Granulometría del agregado grueso



Nota: en la figura se observa el ensayo de granulometría por tamizado del agregado grueso.

- **Tamaño máximo nominal:** Corresponde al menor tamiz que produce el retenido mayor al 5%.
- **Módulo de fineza:** Es la suma del % retenido acumulado sin considerar el tamiz # 200 dividido por 100.

Gravedad específica y absorción de AF: Según lo establecido en el Manual de Ensayo de Materiales (MTC, 2016), sección MTC E 205, inicialmente se procedió al secado de una muestra de agregado fino en horno a una temperatura de entre 105 °C y 110 °C; posteriormente, el material fue sumergido en agua por un periodo de 24 horas para alcanzar la condición de saturado con superficie seca (SSS)., después se retiró el exceso de agua superficial utilizando una toalla absorbente hasta que el agregado ya no brille, luego se llenó el frasco pycnómetro con el agregado y agua, se eliminan burbujas y completa con agua hasta la línea de referencia. Se pesó el pycnómetro con el agregado y el agua, por último, se secó el agregado y se pesó, luego se realiza los cálculos.

Figura 8

Gravedad específica y absorción de agregados finos:



Nota: en la figura se observa el ensayo que realice para para calcular la Gravedad específica y absorción del agregado fino.

Absorción y Peso específico del agregado grueso: Según el Manual de ensayo de materiales (MTC, 2016) En la Sección MTC E 206 se establece que el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (tras 24 horas) del agregado grueso se obtienen a partir de material previamente sumergido en agua durante dicho periodo. El procedimiento consistió en mantener la muestra de agregado en inmersión durante unas 24 horas para permitir la saturación de sus poros; posteriormente, se extrajo, se eliminó la humedad superficial y se registró su peso. Luego, se realizó un nuevo pesaje con la muestra aún sumergida y, finalmente, se secó en horno para efectuar una tercera medición de masa.

Figura 9

Absorción y Peso específico del agregado grueso.



Nota: en la figura se observa el ensayo que realice para para calcular la Absorción y Peso específico del agregado grueso.

Después de obtener los resultados se procedió a elaborar el diseño de mezcla ACI 211.1 para tener la dosificación exacta para comenzar con la elaboración de probetas cilíndricas y prismáticas. Se utilizaron probetas de 20 cm de altura y 10 cm diámetro teniendo en consideración el tamaño máximo nominal del agregado que fue $\frac{3}{4}$ ", se utilizó probetas prismáticas de 6" * 6" * 21". Para la colocación del concreto en los moldes se realizó en 2 capas haciendo 25 a 30 golpes en cada capa para consolidar el concreto, después de transcurrir 24 horas se desmoldó y se puso a curar los especímenes.

4.5.2. Rotura de los especímenes de concreto

Después de transcurrir 7, 14 y 28 días, se comenzó con la rotura de probetas y vigas, para el ensayo de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión se utilizó la máquina de ensayos a compresión uniaxial, Marca PINZUAR, modelo C020504//PC-42D serie 312 // 521

Se tomó en consideración que a los 7 días el concreto tiene que llegar a una resistencia estimada del 65% en relación a su diseño, a los 14 días tiene que llegar a un 90 % y a los 28 días a un 99% -100% de su diseño. (Goytia, 2022).

4.5.3. Cálculo de fisuración

Finalmente, con el ensayo de contracción plástica podremos realizar la comparación de fisuración que se produce en el concreto, Según la norma ASTM C1579-06, después de realizar el moldeado del concreto con y sin fibras en los moldes específicos y acorde a la norma, se coloca los especímenes en la cámara de viento donde la velocidad de viento es controlada no mayor a 4.5 (m/s), Pasando 24 horas se realiza la medición de las grietas con el fisurómetro o vernier para obtener la medida en mm, finalmente después de realizar el cálculo se obtiene los % de fisuración en relación a la muestra patrón.

4.6. Análisis de datos.

4.6.1. Diseño de Mezcla ACI 211.1

4.6.1.1. Características de los agregados

4.6.1.1.1. Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos

Se realizó el análisis granulométrico del agregado grueso y del agregado fino según el (MTC, 2016) Sección E 204, para obtener el tamaño máximo nominal y el módulo de fineza de los agregados.

Tabla 16

Análisis granulométrico del agregado grueso

Datos de la muestra					
Material: Agregado Grueso					TM: 1”
Masa seca lavada sobre el tamiz N° 200 (g): 4400.00 g					TMN: 3/4”
Masa total húmeda antes del lavado (g): 4000.00 g					Fecha: 14/11/2023
Masa total seca calculada (g): 3948.2 g					Cantera: Murillo
Tamiz		Retenido Masa (g)	% Retenido	% RA	% Pasa
U.S Standard	mm				
4"	100.00	0.0	0.0	0.0	100.0
3 1/2"	90.00	0.0	0.0	0.0	100.0
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.00	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	253.5	6.4	6.4	93.6
1/2"	12.50	1938.0	49.1	55.5	44.5
3/8”	9.50	750.2	19.0	74.5	25.5

Datos de la muestra

Material: Agregado Grueso

TM: 1"

Masa seca lavada sobre el tamiz N° 200 (g): 4400.00 g

TMN: 3/4"

Masa total húmeda antes del lavado (g): 4000.00 g

Fecha: 14/11/2023

Masa total seca calculada (g): 3948.2 g

Cantera: Murillo

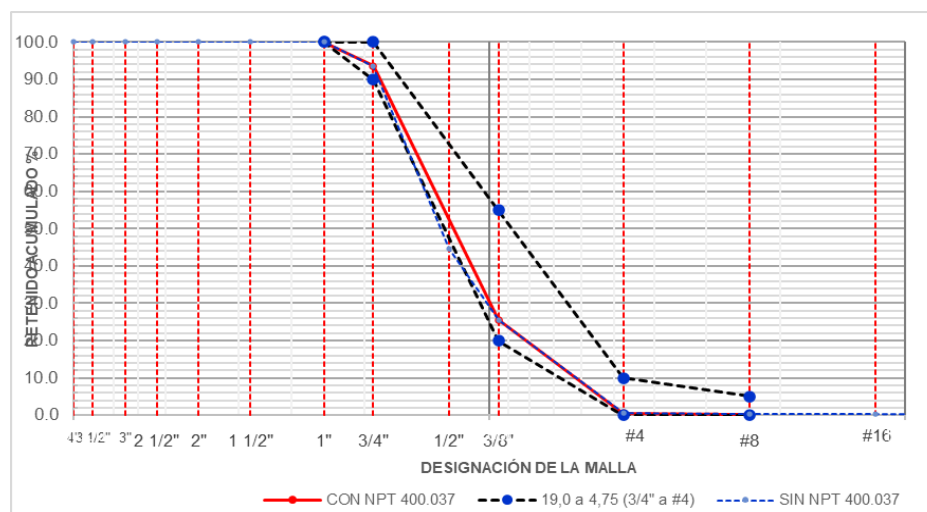
#4	4.75	984.1	24.9	99.4	0.6
#8	2.36	10.2	0.3	99.7	0.3
#16	1.18	2.0	0.1	99.7	0.3
#50	0.30	8.4	0.2	100.0	0.0
Pasa #50		2.8	0.1		
Total tamizado (g)		3946.4			

Nota: en la tabla se observan los resultados obtenidos del ensayo granulométrico del AG en laboratorio.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 10

Curva de análisis granulométrico de agregado grueso.



Nota: en la grafica se observa la distribución granulométrica del AG.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 17

Análisis granulométrico del agregado fino

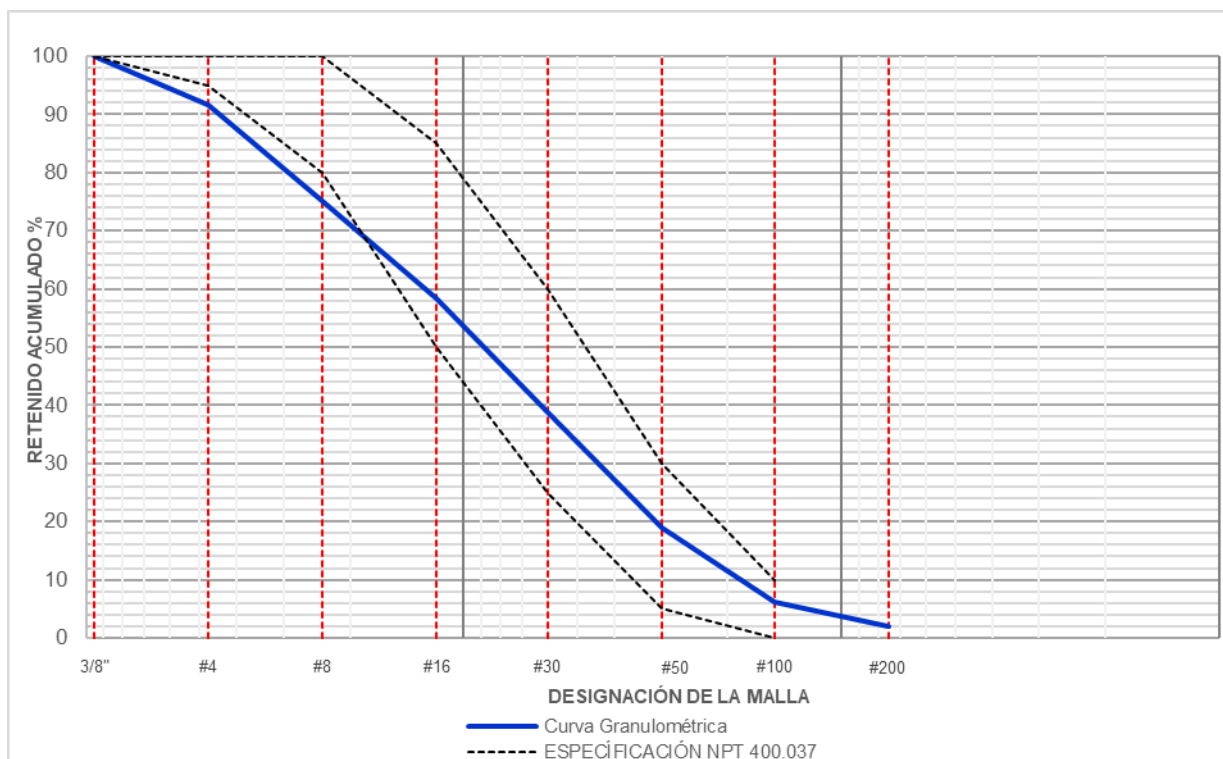
Datos de la muestra					
Material: Agregado Fino					
Masa seca lavada sobre el tamiz N° 200 (g): 3642.4 g					
Masa total húmeda antes del lavado (g): 4330.0 g				Fecha: 14/11/2023	
Masa total seca calculada (g): 3684.2 g				Cantera: Murillo	
Tamiz		Reteni			
U.S		do	%	% Retenido	
Standar	mm	Masa	Retenido	Acumulado	% Pasa
d		(g)			
3/8"	9.50	31.5	0.0	0.0	100.0
#4	4.74	309.1	8.4	8.4	91.6
#8	2.36	606.0	16.4	24.8	75.2
#16	1.18	615.9	16.7	41.6	58.4
#30	0.60	722.5	19.6	61.2	38.8
#50	0.30	731.7	19.9	81.0	19.0
#100	0.15	472.7	12.8	93.9	6.1
#200	0.08	153.0	4.2	98.0	2.0
Pasa #200		29.3	0.8		
Total tamizado (g)		3942.4	Módulo de fineza		
			3.1		

Nota: en la tabla se observan los resultados obtenidos del ensayo granulométrico del AF en laboratorio.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 11

Curva de análisis granulométrico de agregado fino



Nota: en la grafica se observa la distribución granulométrica del AF.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

4.6.1.1.2. Contenido de humedad total de los agregados por secado

Se determinó el contenido de humedad del agregado grueso y del agregado fino según el (MTC, 2016) Sección E 215.

Tabla 18*Contenido de humedad del AG*

CONTENIDO DE HUMENDAD DEL A. G			
ENSAYO	1	2	3
Cap. N°	1	2	3
PAH + recipiente (g)	660	661.05	660.95
PAS + recipiente (g)	658.1	659.2	659.1
Peso del H2O (g)	1.9	1.85	1.85
Peso del recipiente (g)	71.8	70.59	71.95
PN del suelo seco (g)	586.3	558.61	587.15
% de Humedad	0.32	0.31	0.32
% de Hum. Prom.	0.32		

Nota: en la tabla se ve los resultados de los ensayos de humedad del agregado grueso.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 19*Contenido de humedad del AF*

CONTENIDO DE HUMENDAD DEL A. F			
ENSAYO	1	2	3
Cap. N°	1	2	3
PAH + recipiente (g)	451	452.9	451.5
PAS + recipiente (g)	49	441.3	438.9
Peso del H2O (g)	12	11.6	12.6
Peso del recipiente (g)	75.9	74.1	73.5
PN del suelo seco (g)	363.1	367.2	365.4
% de Humedad	3.3	3.16	3.45
% de Hum. Prom.	3.3		

Nota: : en la tabla se ve los resultados de los ensayos de humedad del agregado fino.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

4.6.1.1.3. Peso Unitario y vacíos de los agregados

Se determinó el peso unitario suelto y compactado de los ambos áridos según el (MTC, 2016) Sección E 203.

Tabla 20

Peso unitario suelto y % de vacíos del AG

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA
	01	02	03
PM (gr)	3960	3960	3960
PM + MS (gr)	18240	18430	18410
PMS (gr)	14280	14470	14450
Vol. del Molde (cm³)	9438.95	9438.95	9438.95
PUS (gr/cm³)	1.513	1.533	1.531
Peso Específico (kg/m³)	2594.974	2594.974	2594.974
PUS (kg/m³)	1512.88	1533.009	1530.891
% de Vacíos	41.70%	40.92%	41.01%
PUS (kg/m³)	1525.593		
Porcentaje de Vacíos	41.21%		

Nota: en la tabla se expresan los resultados del peso unitario suelto y % de vacíos del AG.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 21

Peso unitario suelto y % de vacíos del AF

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA
	01	02	03
PM (gr)	2130	2130	2130
PM + MS (gr)	6540	6740	6510
PMS (gr)	4410	4610	4380
Vol. del Molde (cm ³)	2831.68	2891.68	2831.68
PUS (gr/cm ³)	1.557	1.628	1.547
Peso Específico (kg/m ³)	2788.568	2788.568	2788.568
PUS (kg/m ³)	1557.379	1628.009	1546.785
% de Vacíos	44.15%	41.62%	44.53%
PUS (kg/m³)	1577.391		
Porcentaje de Vacíos	43.43%		

Nota: en la tabla se expresan los resultados del peso unitario suelto y % de vacíos del AF.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 22*Peso unitario compactado y % de vacíos del agregado grueso*

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA
	01	02	03
N° de capas	3	3	3
Numero de golpes	25	25	25
peso de molde (gr) (1)	3960	396	3960
PM + muestra varillada (gr) (2)	19550	19560	1983
(1) + (2)	15590	15600	15870
Vol. molde (cm3)	9438.95	9438.95	9438.95
Peso unit. Varillado (gr/cm3)	1.652	1.653	1.681
Peso especifico	2594.974	2594.974	2594.974
Peso unit. Varillado (gr/cm3)	1651.67	1652.73	1681.33
Porcentaje de vacíos	36.35%	36.31%	35.21%
PUV (kg/m3)		1661.91	
Porcentaje de vacíos		35.96%	

Nota: en la tabla se expresan los resultados del peso unitario compactado y % de vacíos del AG.

Fuente: laboratorio Linux Ingenieros S.R.L.

Tabla 23

Peso unitario compactado y % de vacíos del agregado fino

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA MUESTRA MUESTRA		
	01	02	03
N° de capas	3	3	3
Numero de golpes	25	25	25
peso de molde (gr) (1)	2130	2130	2130
PM + muestra varillada (gr) (2)	7510	7410	7410
+ (2)	5380	5280	5280
Vol. molde (cm3)	2831.68	2831.68	2831.68
Peso unit. Varillado (gr/cm3)	1.9	1.865	1.865
Peso especifico	2788.568	2788.568	2788.568
Peso unit. Varillado (gr/cm3)	1899.932	1864.617	1864.617
Porcentaje de vacíos	31.87%	33.13%	33.13%
PUV (kg/m3)		1876.39	
Porcentaje de vacíos		32.71%	

Nota: en la tabla se expresan resultados del peso unitario compactado y % de vacíos del AF.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

4.6.1.1.4. Peso específico y absorción de agregados gruesos

Se determinó el peso específico y el % de absorción del agregado grueso según el (MTC, 2016) Sección E 206.

Tabla 24

Peso específico y el % de absorción del AG.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO			
DATOS	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
PCS (gr)	0	0	0
PMS (gr)	3224.9	3113.5	3122.5
Canastilla + muestra sumergida (gr)	2002.5	2006.3	1962.7
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	3270	3170	3180
Peso del H2O Absorbida (gr)	45.1	56.5	57.5
P.E (gr/cm³)	2.54	2.68	2.57
C.A (%)	1.40%	1.81%	1.84%
P.E. Prom (gr/cm³)		2.59	
C.A Prom. (%)		1.68%	

Nota: en la tabla se expresan resultados del peso específico y % de absorción del AG.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

4.6.1.1.5. Gravedad específica y absorción del agregado fino

Se determinó la gravedad específica y el % de absorción del agregado fino según el (MTC, 2016) Sección E 205.

Tabla 25*Gravedad específica y el % de absorción del AF.*

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO			
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Vol. Pict. (ml)	500	500	500
Peso del Pict. (gr)	158.6	148.6	168.5
PMS (gr)	487.5	489.3	493.6
Peso del Pict. + H2O + Muestra (gr)	962.5	967.5	959.6
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	500	503	506
Peso del Pict. + H2O (gr)	655.9	645.8	645.4
PM Sumergida (gr)	306.6	321.7	314.2
Peso del H2O Desplazada (gr)	180.9	167.6	179.4
Peso del H2O Absorbida (gr)	12.5	13.7	12.4
P.E. (gr/cm³)	2.69	2.92	2.75
C.A (%)	2.56%	2.80%	2.51%
P.E. Prom (gr/cm³)		2.79	
C.A. Prom (%)		2.63%	

Nota: en la tabla se expresan resultados de la gravedad específica y % de absorción del AF.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

4.6.1.2. *Características de las fibras de acero trefilada.*

Según (Z ADITIVOS, fibra metalica para refuerzo de concreto, 2022):

- Forma: Recta
- Longitud: 60 mm
- Diámetro: 0.75 mm
- Long/Diámetro: 80
- Resistencia a la tracción: 1100 Mpa
- Elongación de rotura: 4%

4.6.1.3. *Características de las fibras de polipropileno:*

Según (Z ADITIVOS, 2022)

- Material: 100% polipropileno
- Diámetro: 25 +/- 5
- Resistencia a la tensión: Max. a 460 Mpa
- Elongación: Max. 15 %
- Humedad: 5% Max
- Densidad: 0.91-0.93 g/cm³
- Longitud: 12mm
- Módulo de elasticidad: Max. 4600 Mpa
- Resistencia a álcalis: Max. 98%
- Punto de fusión: 160-170° C

4.6.1.4. *Elaboración del diseño de mezcla.*

Después de obtener todos los datos necesarios procedemos a realizar el diseño de mezcla ACI 211.1.

Tabla 26

Resumen de los datos previos al diseño

DATOS PARA EL DISEÑO			
Resistencia a la compresión	f'c=280 kg/cm²		
Tipo de estructura	Pavimento Rígido		
Tipo de cemento	Yura Tipo I con P.e = 3.10		
Características	Und	AG	AF
Humedad natural	%	0.32	3.3
TMN	Pulg	0.75	-
Modulo de fineza	-	-	3.1
Huzo	-	67	NTP. 400.037
P.U. suelto	kg/m ³	1525.59	1577.39
P.U. Compactado	kg/m ³	1661.91	1876.39
P.e. / Gravedad específica	g/m ³	2.59	2.79
Absorción	%	0.0168	0.0263

Nota: en la tabla se observa todos los datos necesarios para el diseño de mezcla.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Paso 1: Determinar la resistencia de diseño

Se tomó como referencia una resistencia específica de $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$, considerando que los ensayos se llevarán a cabo únicamente en laboratorio.

Paso 2: Elección de asentamiento

Para elegir el asentamiento adecuado se utilizó la tabla 7. Siendo el tipo de estructura pavimento, se considera un asentamiento máximo de 3" y mínimo 1".

Paso 3: Elección del tamaño máximo de agregado

$$\text{TMN} = 3/4''$$

Paso 4: Cálculo del agua de mezclado y el contenido de aire

Tomando como referencia la Figura 2, que indica las cantidades aproximadas de agua para distintos valores de asentamiento, el volumen de agua determinado según la tabla corresponde a $V = 205,0 \text{ L/m}^3$.

Elección del contenido de aire atrapado: Considerando la tabla 8 el contenido de aire atrapado es 2.0 %

Paso 5: Selección de la relación agua-cemento

La relación de los elementos agua/cemento se calcula con los datos de la tabla 9 considerando que nuestro $f'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$, y la relación Agua/Cemento es sin aire incorporado, interpolando la relación $A/C = 0.58$

Paso 6: Cálculo del contenido de cemento

Se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$\text{CANTIDAD DE CEMENTO (kg/m}^3\text{)} = \text{Agua(kg/m}^3\text{)} / (\text{Relación agua-cemento})$$

$$\text{CANTIDAD DE CEMENTO (kg/m}^3\text{)} = 205(\text{kg/m}^3) / (0.58)$$

$$\text{CANTIDAD DE CEMENTO (kg/m}^3\text{)} = 353.448 \text{ kg/m}^3$$

Paso 7: Estimación del contenido de agregado grueso

El volumen de agregado grueso seco compactado (V.A.G.S.C) se obtuvo utilizando tabla 10, con relación de tamaño máximo nominal = ¾“ con el módulo de fineza = 3.1 , pero debido a los valores de la tabla se consideró un módulo de fineza = 3.0. Posteriormente, para determinar la cantidad en peso del agregado grueso, se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{Peso del agregado grueso(kg/m}^3\text{)} = (\text{P. U. S. C}) * (\text{V. A. G. S. C})$$

$$\text{Peso del agregado grueso(kg/m}^3\text{)} = 1661.91 \text{ kg/m}^3 * 0.6$$

$$\text{Peso del agregado grueso(kg/m}^3\text{)} = 997.146 \text{ kg/m}^3$$

Paso 8: Estimación del contenido de agregado fino

El volumen de agregado fino se calculará usando la siguiente ecuación:

$$\text{VAF(m}^3\text{)} = 1 - (\text{VAG} + \text{Vagua} + \text{Vaire} + \text{Vcemento})$$

Método de pesos:

$$\text{Cemento} = 353.448 \text{ kg/m}^3$$

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

$$\text{Agregado grueso} = 997.146 \text{ kg/m}^3$$

De la tabla 1, el peso del concreto fresco =2355

$$\text{Peso del agregado fino (kg/m}^3\text{)} = \text{P.C}^\circ - (\text{Cemento} + \text{Agua} + \text{Agregado Grueso})$$

$$\text{Peso del agregado fino (kg/m}^3\text{)} = 2355 - (353.448 \text{ kg/m}^3 + 205 \text{ lt/m}^3 + 997.146 \text{ kg/m}^3)$$

$$\text{Peso del agregado fino (kg/m}^3\text{)} = 799.406 \text{ kg/m}^3$$

Método de Volúmenes:

Se considera la siguiente formula:

$$\text{Volumen (m}^3\text{)} = \frac{\text{peso seco}}{\text{peso especifico de la masa}}$$

$$\text{Vol. Cemento} = \frac{353.448 \text{ kg/m}^3}{3.1 \cdot 1000} = 0.114 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Agua} = \frac{205 \text{ kg/m}^3}{1 \cdot 1000} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. aire atrapado} = 2 \% = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Agregado grueso} = \frac{997.146 \text{ kg/m}^3}{2.59 \cdot 1000} = 0.385 \text{ m}^3$$

$$\text{Sumatoria de volúmenes} = 0.724 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Agregado fino} = 1 \text{ m}^3 - 0.724 \text{ m}^3 = 0.276 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso seco del Agregado fino} = 0.276 \text{ m}^3 \cdot (2.79 \cdot 1000) = 770.04 \text{ kg}$$

$$\text{Se usa el peso seco del agregado fino menor} = 770.04 \text{ kg/m}^3$$

Paso 9: Ajuste por humedad del agregado

$$\text{Peso húmedo del agregado} = \text{Peso del agregado} (1 + \% \text{ humedad})$$

$$\text{Peso húmedo del agregado Grueso} = 997.146 (1 + 0.32\%) = 1000.337$$

$$\text{Peso húmedo del agregado fino} = 770.04 (1 + 3.30\%) = 795.451$$

Paso 10: Corrección por absorción y cálculo de agua efectiva.

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua diseño} - \left(\left(\frac{W\% - a\%}{100} \right) * \text{Peso del AG} + \left(\frac{W\% - a\%}{100} \right) * \text{Peso del AF} \right)$$

$$\text{Agua efectiva} = 205 - \left(\left(\frac{0.32\% - 1.68\%}{100} \right) * 997.146 \text{ kg/m}^3 + \left(\frac{3.3\% - 2.79\%}{100} \right) * 770.04 \text{ kg/m}^3 \right)$$

$$\text{Agua efectiva} = 214.634 \text{ lts}$$

Paso 11: Diseño de mezcla final.**Tabla 27**

Peso de elementos para 1 m³ de concreto

ELEMENTO	POR PESO	POR VOLUMEN
	/ m ³	SUELTO
Agua	241.634 kg	0.242 m ³
Cemento	353.45 kg	8.32 bolsas
AG	1000.34 kg	0.656 m ³
AF	795.45 kg	0.504 m ³

Nota: en la tabla se observa la cantidad en kg de cada elemento. Laboratorio Lunix

Ingenieros S.R.L.

Dosificación en pesos.

$$\text{Agua} = \frac{214.634 \text{ kg}}{353.45 \text{ kg}} = 0.61$$

$$\text{Cemento} = \frac{353.45 \text{ kg}}{353.45 \text{ kg}} = 1$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{1000.34 \text{ kg}}{353.45 \text{ kg}} = 2.83$$

$$\text{Agregado fino} = \frac{795.45 \text{ kg}}{353.45 \text{ kg}} = 2.25$$

Proporción en pesos: 0.61: 1: 2.83: 2.25

4.6.2. Dosificación de las fibras.

De acuerdo a su ficha técnica (Z ADITIVOS, 2022), el uso de las fibras oscila entre 0.4 a 2.0 kg/ m^3 . Por lo tanto, teniendo la dosificación realizamos el cálculo en función al cemento.

Si la dosificación del cemento para 1 m^3 es 353.45 kg, se calcula que porcentaje tiene el 0.4 kg y 2.0 kg teniendo como resultados 0.11 % y 0.55 % respectivamente, por lo tanto los % escogidos fueron 0.25 %, 0.5 %, 0.75 %.

Del mismo modo de acuerdo a su ficha técnica (Z ADITIVOS, 2022), el uso de las fibras oscila entre 15 a 45 kg/ m^3 . Por lo tanto, se utilizó el 1%, 1.5%, 2% de fibra de acero con respecto al peso de cemento teniendo en cuenta un análisis de costo beneficio.

4.6.3. Proporciones de diseño

Tabla 28

Proporción de diseño para el concreto patrón

Elemento	Por peso / m^3
Agua	214.634 kg
Cemento	353.45 kg
AG	1000.34 kg
AF	795.45 kg

Nota: en la tabla se observa las proporciones de diseño para el concreto patrón.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Proporción en peso = 0.61: 1: 2.83: 2.25

Tabla 29*Proporción de diseño con 1 % de FA*

Elemento	Por peso / m³
Agua	214.634 kg
Cemento	353.45 kg
AG	1000.34 kg
AF	795.45 kg
FA (1%)	3.53 kg

Nota: en la tabla se observa las proporciones de diseño para el concreto con 1% de FA.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Proporción en peso = 0.61: 1: 2.83: 2.25: 0.01

Tabla 30*Proporción de diseño con 1.5 % de FA*

Elemento	Por peso / m³
Agua	214.634 kg
Cemento	353.45 kg
AG	1000.34 kg
AF	795.45 kg
FA (1.5 %)	5.30 kg

Nota: en la tabla se observa las proporciones de diseño para el concreto con 1.5% de

Fibra metálica . Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Proporción en peso = 0.61: 1: 2.83: 2.25: 0.015

Tabla 31*Proporción de diseño con 2 % de FA*

Elemento	Por peso / m³
Agua	214.634 kg
Cemento	353.45 kg
AG	1000.34 kg
AF	795.45 kg
FA (2%)	7.07kg

Nota: en la tabla se observa las proporciones de diseño para el concreto con 2% de FA.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Proporción en peso = 0.61: 1: 2.83: 2.25: 0.02

Tabla 32*Proporción de diseño con 0.25 % de FP*

Elemento	Por peso / m³
Agua	214.634 kg
Cemento	353.45 kg
AG	1000.34 kg
AF	795.45 kg
FP (0.25%)	0.89 kg

Nota: en la tabla se observa las proporciones de diseño para el concreto con 0.25% de

FP. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Proporción en peso = 0.61: 1: 2.83: 2.25: 0.003

Tabla 33*Proporción de diseño con 0.50 % de FP*

Elemento	Por peso / m³
Agua	214.634 kg
Cemento	353.45 kg
AG	1000.34 kg
AF	795.45 kg
FP (0.50%)	1.77 kg

Nota: en la tabla se observa las proporciones de diseño para el concreto con 0.50% de FP. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Proporción en peso = 0.61: 1: 2.83: 2.25: 0.005

Tabla 34*Proporción de diseño con 0.75 % de FP*

Elemento	Por peso / m³
Agua	214.634 kg
Cemento	353.45 kg
AG	1000.34 kg
AF	795.45 kg
FP (0.75%)	2.65 kg

Nota: en la tabla se observa las proporciones de diseño para el concreto con 0.75% de FP. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Proporción en peso = 0.61: 1: 2.83: 2.25: 0.007

Tabla 35

Proporción de diseño con 0.50% de FA + 0.125 % de FP. (MC)

Elemento	Por peso / m³
Agua	214.634 kg
Cemento	353.45 kg
Agregado Grueso	1000.34 kg
Agregado Fino	795.45 kg
Fibra de acero (0.50%)	1.77 kg
Fibra de polipropileno (0.125%)	0.44 kg

Nota: en la tabla se observa las proporciones de diseño para el concreto combinado.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Proporción en peso = 0.61: 1: 2.83: 2.25: 0.005: 0.001

4.6.4. Cantidades de especímenes

Tabla 36

Cantidad total de especímenes.

TIPO DE MUESTRA	Probetas cilíndricas			Probetas prismáticas		
	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MUESTRA PATRÓN (MP)	3	3	3	3	3	3
MFA (1 %)	3	3	3	3	3	3
MFA (1.5 %)	3	3	3	3	3	3
MFA (2 %)	3	3	3	3	3	3
MFP (0.25 %)	3	3	3	3	3	3
MFP (0.50 %)	3	3	3	3	3	3
MFP (0.75 %)	3	3	3	3	3	3
MC	3	3	3	3	3	3
TOTAL = 72			TOTAL = 72			
TOTAL DE MUESTRAS = 144						

Nota: en la tabla se observa la cantidad total de especímenes.

Fuente: elaboración propia.

4.6.5. Análisis estadístico

4.6.5.1. *Media*

La media es un valor estadístico que se estima a partir de una o más muestras de una población, es la medida de posición central, para calcularla se suma todas las muestras y se dividen por el número de ella (Hernández, 2008)

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 \dots + x_n}{n}$$

Donde n es el tamaño de las muestras y x_1 el valor de cada muestra.

4.6.5.2. *Varianza*

La varianza maestra es una medida de dispersión con respecto a los valores de la media y se calcula con el promedio del cuadrado de las desviaciones respecto a su media (Hernández, 2008).

$$s^2 = \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Donde \bar{x} es la media y n es el tamaño de la muestra.

4.6.5.3. *Desviación estándar*

La desviación estándar Se emplea para medir un rango de confianza o el grado de dispersión, es la raíz cuadrada positiva de la varianza.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Tabla 37*Coefficiente de variación y desviación estándar*

Variación general					
Clase de operación	Excelente	Muy bien	Bien	Justo	Pobre
General construcción pruebas	Por debajo de 400 (por debajo de 2,8)	400 a 500 (2,8 a 3,4)	500 a 600 (3,4 a 4,1)	600 a 700 (4,1 a 4,8)	Por encima de 700 (por encima de 4,8)
Laboratorio lotes de prueba	Por debajo de 200 (por debajo de 1,4)	200 a 250 (1,4 a 1,7)	250 a 300 (1,7 a 2,1)	300 a 350 (2,1 a 2,4)	Por encima de 350 (por encima de 2,4)
Variación dentro del lote					
Clase de operación	Excelente	Muy bueno	Bueno	Justo	Pobre
Control de campo pruebas	Por debajo de 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	Por encima de 6.0
Laboratorio lotes de prueba	Por debajo de 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	Por encima de 5.0

Nota: en la tabla se observa los coeficientes de variación y desviación estándar de la norma ACI.

Fuente: (ACI 214R-11, 2011)

4.6.5.4. Normalidad

Para verificar el supuesto de normalidad en una población, se llevan a cabo los siguientes pasos:

- Formular las hipótesis relacionadas con la normalidad de las varianzas de la población.

H_0 = Hipótesis nula = La distribución es normal

H_1 = Hipótesis alterna = La distribución no es normal

Para verificar el supuesto de normalidad con muestras menores a 50, se emplea la prueba de Shapiro-Wilk, utilizando el software IBM SPSS Statistics Base 26.

Si, el valor de la significancia $p \geq 0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

4.6.5.5. *Homocedasticidad*

La homocedasticidad es un supuesto que implica la igualdad de varianzas, y para comprobarlo se siguen estos pasos:

- Formular las hipótesis sobre la homogeneidad de las varianzas poblacionales.

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

$$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$$

Para comprobar el supuesto de homogeneidad de varianzas entre las poblaciones, se aplicó la prueba de Levene utilizando el software IBM SPSS Statistics Base 26. Cuando el valor de significancia p es mayor o igual a 0.05, se descarta la hipótesis alternativa y se mantiene la hipótesis nula.

4.6.5.6. *Análisis de varianza de un factor*

El análisis de varianza de un factor (ANOVA) se utiliza para evaluar la hipótesis de que tres o más medias poblacionales no presentan diferencias significativas entre sí. como en $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$. Se aplica a datos clasificados según un factor (o tratamiento), donde una característica se emplea para dividir los datos de la muestra en distintas categorías. (Triola, 2009)

Para realizar el análisis ANOVA se debe cumplir los siguientes requisitos:

- Tiene que cumplir el supuesto de normalidad.
- Tiene que cumplir el supuesto de homocedasticidad.
- Las muestras presentan desviaciones estándar que no varían significativamente entre sí. Sus hipótesis se formulan así:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots \dots = \mu_n$$

H₁: por lo menos una de las medias es diferente.

- Para verificar la hipótesis, utilizamos el análisis de varianza de un factor con el apoyo del software IBM SPSS Statistics Base 26.
- Si, el valor de la significancia $p \geq 0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula

4.7. Consideraciones éticas

La investigación se realizó conforma a principios éticos que aseguren el avance de conocimientos, a su vez se deben orientar en mejorar la condición humana y su compromiso con labores éticas como confidencialidad, bienestar animal y preservación del medio ambiente (CSIC, 2013)

El reglamento de comité y ética de investigación Volumen 4 de la Universidad Tecnológica de los andes, Realiza este reglamento con la finalidad de proteger los derechos en general, en este reglamento con brindan todo tipo de información necesaria como funciones, deberes, principios, para poder realizar una investigación sin alterar datos, veras, real y justa. (DI, 2020)

En la presente investigación se garantiza las principales condiciones éticas, asegurando la sinceridad y claridad en todos los resultados obtenidos en la investigación.

V. Resultados y discusiones

5.1. Resultandos

5.1.1. Resultados del primer objetivo específico.

1° objetivo específico: Determinar la influencia al añadir fibras de acero trefilado y fibras de polipropileno con respecto al asentamiento en estado fresco del concreto $f'c=280$ kg/cm² para pavimentos de avenidas - Abancay – 2023.

Tabla 38

Resultados del ensayo de medición del asentamiento de la muestra patrón

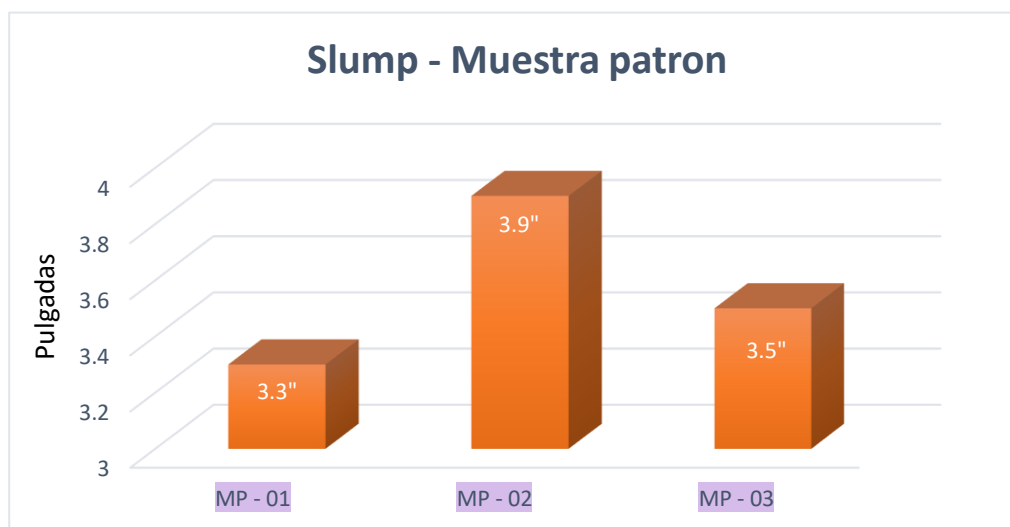
RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO					
NORMA NTP 339.035					
Muestra: Concreto Patrón (MP)					
Fecha de elaboración: 09 -Abril - 24					
RC = $f'c=280$ kg/cm ²					
Código de muestra	Fecha de elaboración	SLUMP (Pulg)	SLUMP (cm)	PROMEDIO	CONSISTENCIA
MP - 01	09-Abr-24	3.3"	8.38		
MP - 02	09-Abr-24	3.9"	9.91	9.06	Plástica
MP - 03	09-Abr-24	3.5"	8.89		

Nota: en la tabla se observa que la consistencia es muy buena y plástica, que es la base para realizar la comparación.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 12

Resultados del slump del concreto patrón



Nota: se observa en el gráfico del slump de tres pruebas realizadas para la muestra patrón.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 39

Resultados del ensayo de medición del asentamiento de la muestra con 1 % de FA

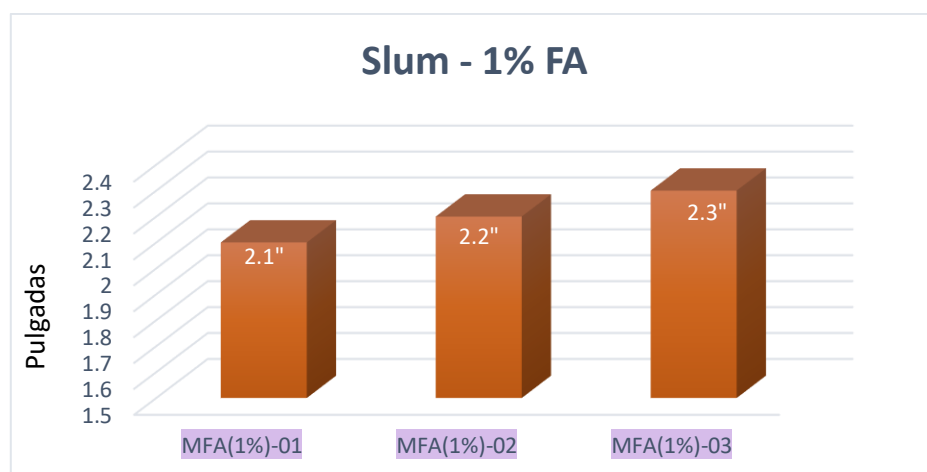
RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO					
NORMA NTP 339.035					
Muestra: Con 1% de FA			Fecha de elaboración: 04 - Enero - 24		
RC = f 'c =280 kg/cm ²					
Código de muestra	Fecha de elaboración	SLUMP (Pulg)	SLUMP (cm)	PROMEDIO	CONSISTENCIA
MFA(1%)-01	04-Ene-24	2.1"	5.33		
MFA(1%)-02	04-Ene-24	2.2"	5.59	5.59	Plastica
MFA(1%)-03	04-Ene-24	2.3"	5.84		

Nota: en la tabla se observa que la consistencia es muy buena y plástica.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 13

Resultados del slump del concreto con 1 % de FA



Nota: se observa en el gráfico del slump de tres pruebas realizadas para el concreto reforzado con 1% de Fibra de acero.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 40

Resultados del ensayo de medición del slump de la muestra con 1.5 % de FA.

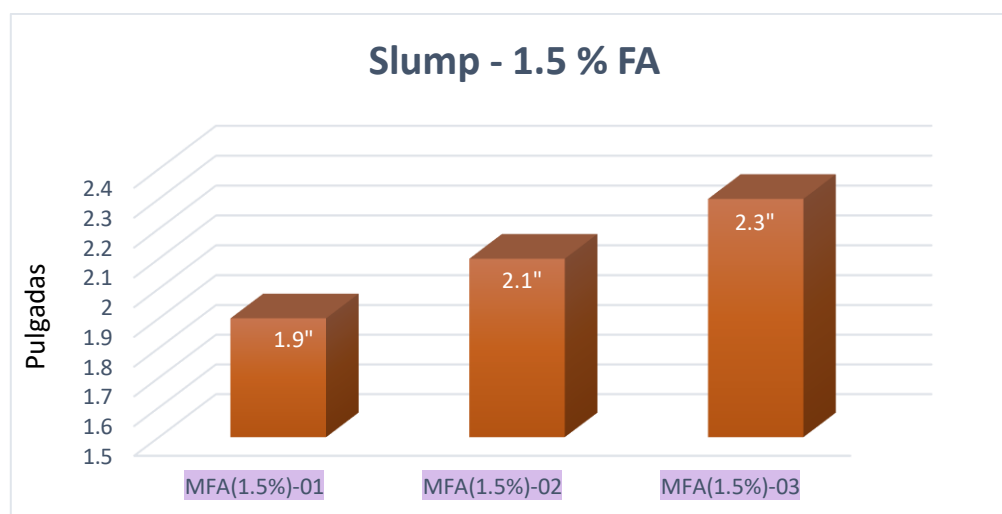
RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO					
NORMA NTP 339.035					
Muestra: Con 1.5% de FA			Fecha de elaboracion: 05 - Enero - 24		
RC = f 'c=280 kg/cm ²					
Código de muestra	Fecha de elaboración	SLUMP (Pulg)	SLUMP (cm)	PROMEDIO	CONSISTENCIA
MFA(1.5%)-01	05-Ene-24	1.9"	4.83		
MFA(1.5%)-02	05-Ene-24	2.1"	5.33	5.33	Plastica
MFA(1.5%)-03	05-Ene-24	2.3"	5.84		

Nota: en la tabla se observa que la consistencia es muy buena y plástica.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 14

Resultados del slump del concreto con 1.5 % de FA



Nota: se observa en el gráfico del slump de tres pruebas realizadas para el concreto reforzado con 1.5% de Fibra de acero.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 41

Resultados del ensayo de medición del slump de la muestra con 2 % de FA

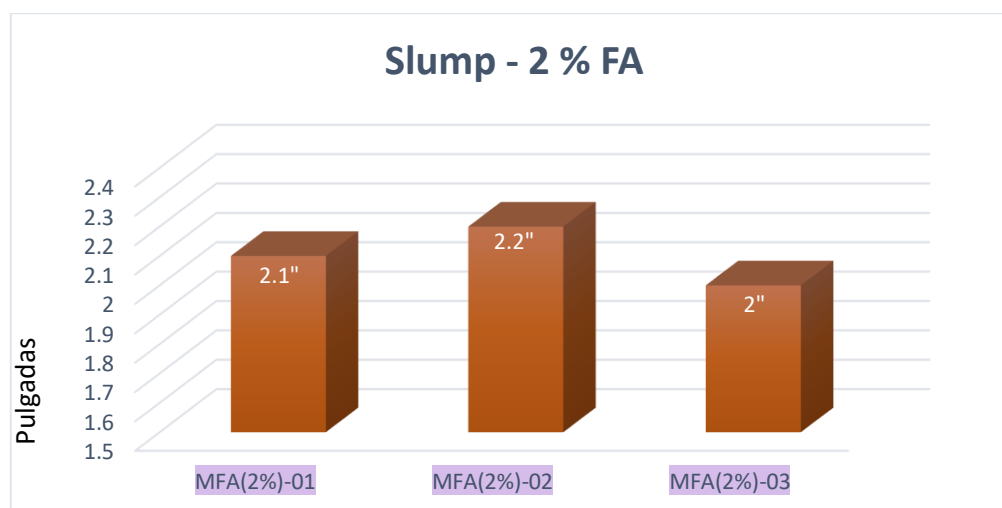
RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO					
NORMA NTP 339.035					
Muestra: Con 2 % de FA			Fecha de elaboración: 09 - Enero - 24		
RC = f 'c=280 kg/cm ²					
Código de muestra	Fecha de elaboración	SLUMP (Pulg)	SLUMP (cm)	PROMEDIO	CONSISTENCIA
MFA(2%)-01	09-Ene-24	2.1"	5.33		
MFA(2%)-02	09-Ene-24	2.2"	5.59	5.33	Plastica
MFA(2%)-03	09-Ene-24	2"	5.08		

Nota: en la tabla se e observa que la consistencia es muy buena y plástica.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 15

Resultados del slump del concreto con 2 % de FA



Nota: se observa en el gráfico del slump de tres pruebas realizadas para el concreto reforzado con 2 % de Fibra de acero.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 42

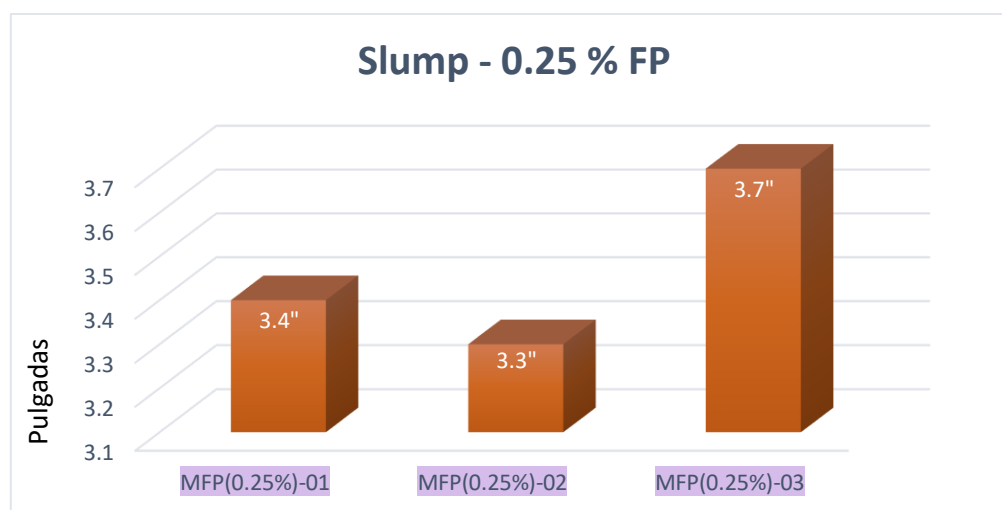
Resultados del ensayo de medición del slump de la muestra con 0.25 % de FP.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO					
NORMA NTP 339.035					
Muestra: Con 0.25 % de FP			Fecha de elaboración: 18 – Diciembre - 23		
Resistencia de diseño $f'c=280$ kg/cm ²					
Código de muestra	Fecha de elaboración	SLUMP (Pulg)	SLUMP (cm)	PROMEDIO	CONSISTENCIA
MFP(0.25%)-01	18-Dic-23	3.4"	8.64	8.81	Plastica
MFP(0.25%)-02	18-Dic-23	3.3"	8.38		
MFP(0.25%)-03	18-Dic-23	3.7"	9.40		

Nota: en la tabla se observa que la consistencia plástica, pero ya tiende acercarse a una consistencia seca. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 16

Resultados del slump del concreto con 0.25 % de FP



Nota: se observa en el gráfico del slump de tres pruebas realizadas para el concreto reforzado con 0.25 % de Fibra de Polipropileno. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 43

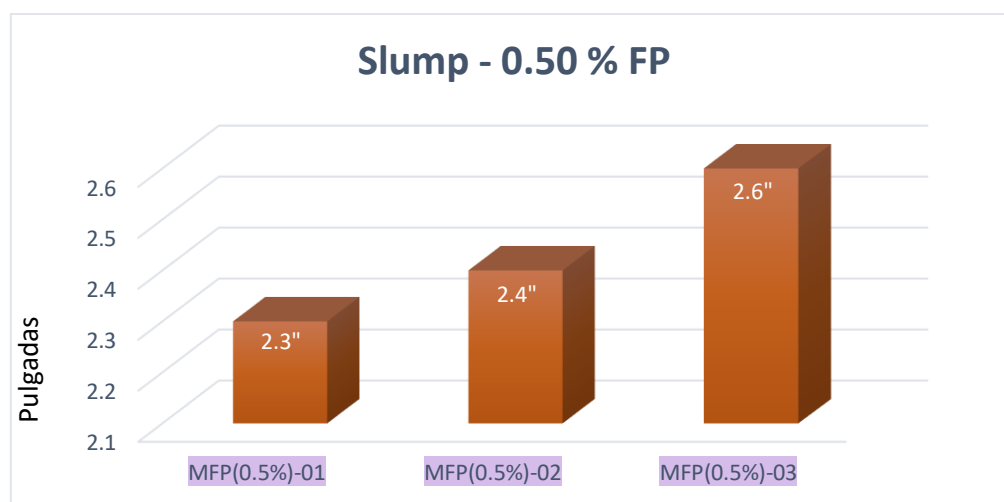
Resultados del ensayo de medición del slump de la muestra con 0.50 % de FP.

RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO					
NORMA NTP 339.035					
Muestra: Con 0.50 % de FP			Fecha de elaboración: 18 – Diciembre - 23		
RC = f 'c=280 kg/cm ²					
Código de muestra	Fecha de elaboración	SLUMP (Pulg)	SLUMP (cm)	PROMEDIO	CONSISTENCIA
MFP(0.50%)-01	18-Dic-23	2.3"	5.84		
MFP(0.50%)-02	18-Dic-23	2.4"	6.10	6.18	Plastica
MFP(0.50%)-03	18-Dic-23	2.6"	6.60		

Nota: en la tabla se observa que la consistencia es muy buena y plástica. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 17

Resultados del slump del concreto con 0.50 % de FP



Nota: se observa en el gráfico del slump de tres pruebas realizadas para el concreto reforzado con 0.50 % de Fibra de Polipropileno. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 44

Resultados del ensayo de medición del asentamiento de la muestra con 0.75 % de FP.

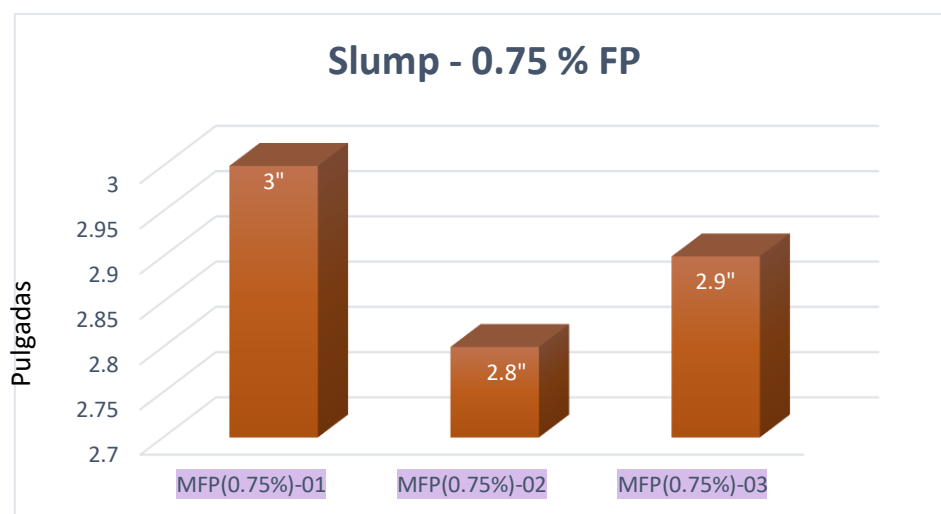
RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO					
NORMA NTP 339.035					
Muestra: Con 0.75 % de FP			Fecha de elaboración: 18 – Diciembre - 23		
RC = f 'c=280 kg/cm ²					
Código de muestra	Fecha de elaboración	SLUMP (Pulg)	SLUMP (cm)	PROMEDIO	CONSISTENCIA
MFP(0.75%)-01	18-Dic-23	3"	7.62		
MFP(0.75%)-02	18-Dic-23	2.8"	7.11	7.37	Plastica
MFP(0.75%)-03	18-Dic-23	2.9"	7.37		

Nota: en la tabla se observa que la consistencia es buena y plástica.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 18

Resultados del slump del concreto con 0.75 % de FP



Nota: se observa en el gráfico del slump de tres pruebas realizadas para el concreto reforzado con 0.75 % de Fibra de Polipropileno.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 45

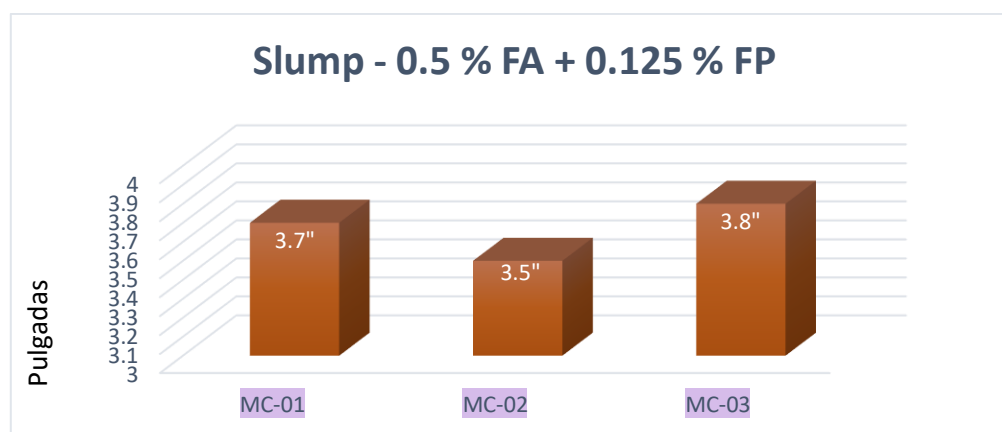
Resultados del ensayo de medición del slump de la muestra con 0.5 % de FA + 0.125 % de FP

RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO					
NORMA NTP 339.035					
Muestra: Con 0.5 % de FA + 0.125 % de FP.			Fecha de elaboración: 10 – Abril - 24		
RC = f 'c=280 kg/cm ²					
Código de muestra	Fecha de elaboración	SLUMP (Pulg)	SLUMP (cm)	PROMEDIO	CONSISTENCIA
MFP(0.75%)-01	10-Abr-24	3.7"	9.40		
MFP(0.75%)-02	10-Abr-24	3.5"	8.89	9.31	Plástica
MFP(0.75%)-03	10-Abr-24	3.8"	9.65		

Nota: en la tabla se observa una consistencia plástica, pero tiende acercarse a una consistencia fluida. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 19

Resultados del slump del concreto con 0.5 % de FA + 0.125 % de FP



Nota: se observa en el gráfico del slump de tres pruebas realizadas para el concreto reforzado con la combinación de ambas fibras.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

5.1.1.1. *Resumen de resultados del primer objetivo específico*

Tabla 46

Resultados del ensayo de medición del asentamiento.

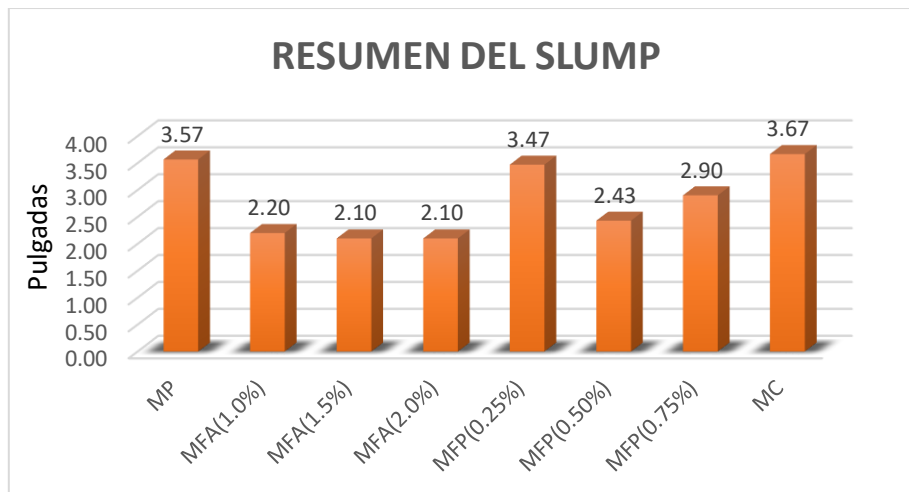
RESUMEN DE LOS RESULTADOS DEL ASENTAMIENTO NORMA NTP 339.035					
Código de muestra	Fecha de elaboración	PROMEDIO (pulg)	PROMEDIO (cm)	Relacion (%)	Consistencia
MP	05-Abr-24	3.57"	9.06	100.0%	Plástica
MFA(1.0%)	04-Ene-24	2.20"	5.59	-38.3%	Plástica
MFA(1.5%)	05-Ene-24	2.10"	5.33	-41.2%	Plástica
MFA(2.0%)	09-Ene-24	2.10"	5.33	-41.2%	Plástica
MFP(0.25%)	19-Dic-23	3.47"	8.81	-2.8%	Plástica
MFP(0.50%)	19-Dic-23	2.43"	6.18	-31.8%	Plástica
MFP(0.75%)	18-Dic-23	2.90"	7.37	-18.7%	Plástica
MC	10-Abr-24	3.67"	9.31	2.8%	Plástica

Nota: en la tabla se expresa las comparaciones de los resultados obtenidos en el ensayo de asentamiento del concreto en estado fresco.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 20

Resumen de los resultados del slump del concreto.



Nota: en la figura se visualiza el promedio de los resultados de slump de acuerdo a los diferentes grupos. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el Slump de la MP es 3.57” con una consistencia plástica visualmente con muy buena trabajabilidad, mientras que la muestra con 1%, 1.5%, 2% de Fibra de acero obtuvo 2.2”, 2.1”, 2.1” respectivamente disminuyendo considerablemente la trabajabilidad considerándose una consistencia plásticas pero acercándose a una consistencia seca, la muestra con 0.25%, 0.50%, 2.0% de Fibra de polipropileno obtuvo 3.47”, 2.43”, 2.9” respectivamente disminuyendo un poco la trabajabilidad con respecto a la MP pero considerándose una consistencia plásticas con buena trabajabilidad, finalmente la combinación de ambas fibras obtuvo un slump de 3.67” siendo muy parecida al slump de la muestra patrón considerándose una buena trabajabilidad.

5.1.2. Resultados del segundo objetivo específico.

2° objetivo específico: Determinar la influencia al añadir fibras de acero trefilado y fibras de polipropileno en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm² para pavimentos de avenidas - Abancay – 2023.

Tabla 47

Resultados del ensayo de RC de la muestra patrón.

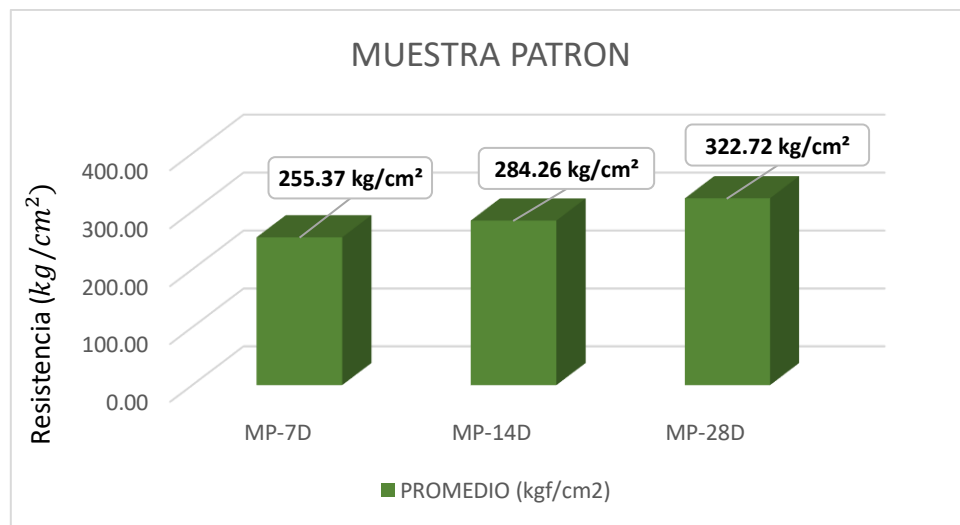
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RC - NTP 339.034							
Muestra: Muestra patrón							
Fecha de elaboración: 05 -Abr - 24							
RC = $f'c=280$ kg/cm ²							
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kgf)	Resistencia $f'c$ ensayo	
						kgf/cm ²	PROM. (kgf/cm ²)
MP01-7	12-Abr-24	7	80.99	b	20703	255.61	
MP02-7	12-Abr-24	7	80.75	d	20694	256.26	255.37
MP03-7	12-Abr-24	7	81.32	b	20674	254.23	
MP01-14	19-Abr-24	14	80.91	b	22993	284.20	
MP02-14	19-Abr-24	14	80.58	d	23015	285.62	284.26
MP03-14	19-Abr-24	14	80.78	e	22857	282.96	
MP01-28	03-May-24	28	80.58	d	26069	323.52	
MP02-28	03-May-24	28	81.17	b	26187	322.62	322.72
MP03-28	03-May-24	28	80.48	a	25917	322.02	

Nota: en la tabla se presentan los resultados de la resistencia a compresión de la muestra patrón a los 7, 14 y 28 días, para su posterior comparación.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 21

Resultados de la resistencia a la compresión concreto patrón

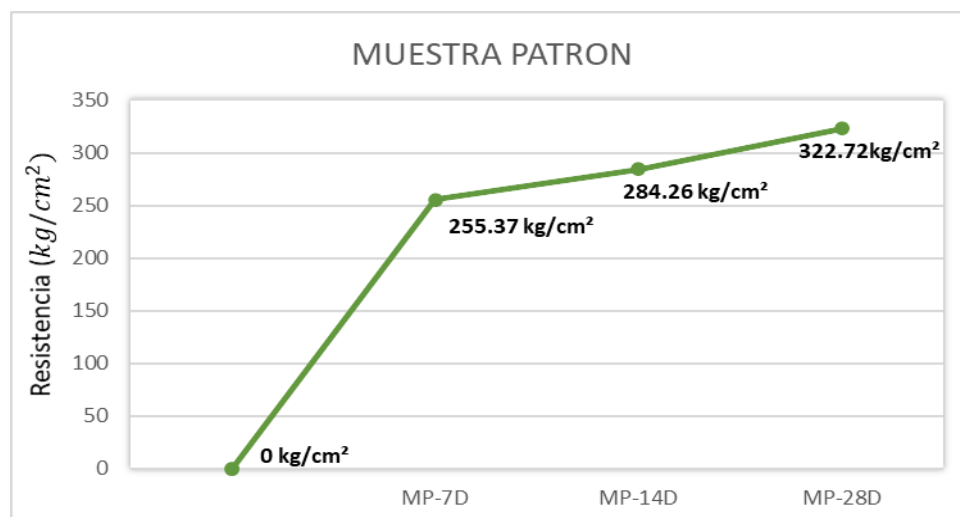


Nota: se observa en el gráfico los promedios de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días para la muestra patrón.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 22

Resultados de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días del concreto patrón



Nota: se observa en la gráfica de líneas los promedios y los aumentos de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 48

Resultados del ensayo de RC de la muestra con 1% de FA.

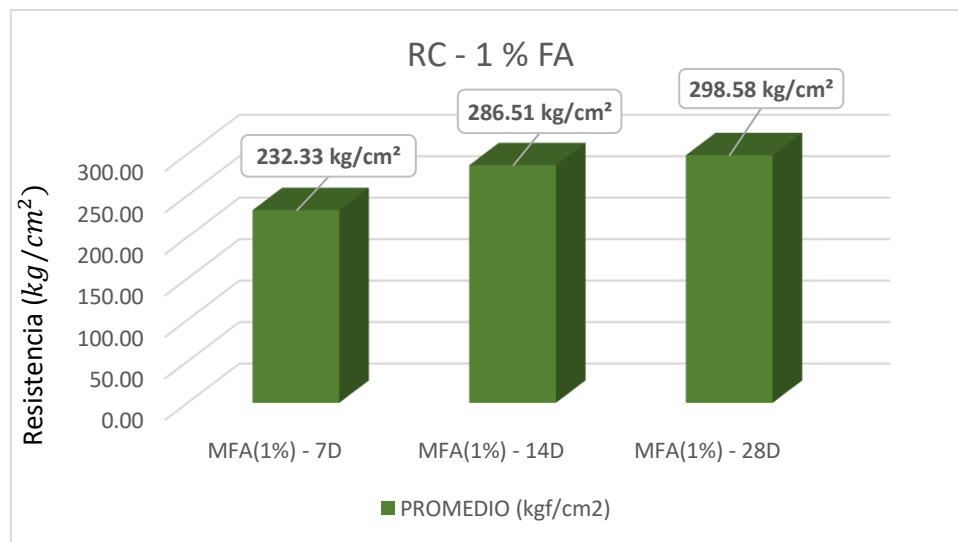
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RC - NTP 339.034							
Muestra: Con 1% de FA							
Fecha de elaboración: 09 - Diciembre - 23							
RC = f 'c=280 kg/cm ²							
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kgf)	Resistencia f'c ensayo	
						kgf/cm ²	PROM. (kgf/cm ²)
MFA(1%)01-7	16-Dic-23	7	80.67	d	19269	238.87	
MFA(1%)02-7	16-Dic-23	7	82.65	d	19036	230.31	232.33
MFA(1%)03-7	16-Dic-23	7	80.60	d	18361	227.82	
MFA(1%)01-14	23-Dic-23	14	80.52	d	23168	287.75	
MFA(1%)02-14	23-Dic-23	14	81.39	e	23315	286.45	286.51
MFA(1%)03-14	23-Dic-23	14	79.99	d	22824	285.33	
MFA(1%)01-28	06-Ene-24	28	81.94	d	24125	294.43	
MFA(1%)02-28	06-Ene-24	28	80.08	d	23994	299.63	298.58
MFA(1%)03-28	06-Ene-24	28	80.44	d	24265	301.67	

Nota: en la tabla se observa los resultados sobre la resistencia a la compresión de la muestra con 1% de fibra de acero a los 7,14 y 28 días, cumpliendo la resistencia mínima de diseño.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 23

Resultados de la resistencia a la compresión de la muestra con 1% de FA.

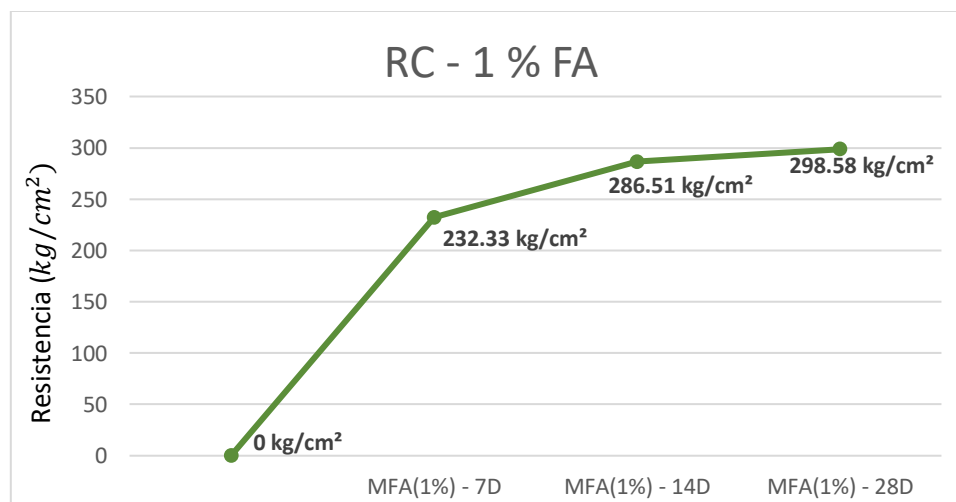


Nota: se observa en el gráfico los promedios de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 1% de Fibra de acero.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 24

Resultados de RC a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 1% de FA



Nota: se observa en la gráfica de líneas los promedios de la RC a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 1% de FA.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 49

Resultados del ensayo de RC de la muestra con 1.5% de FA.

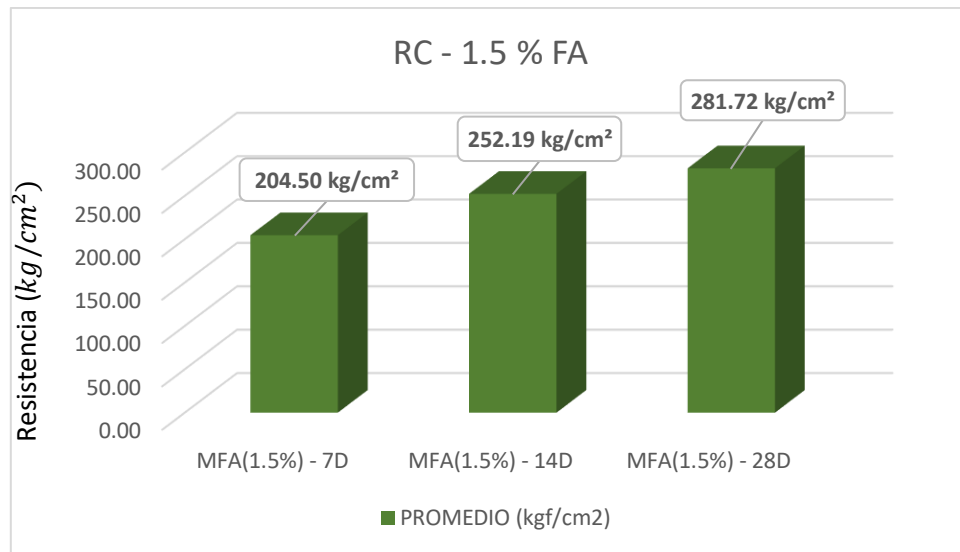
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RC - NTP 339.034							
Muestra: Con 1.5% de FA							
Fecha de elaboración: 09 - Diciembre - 23							
RC = f 'c=280 kg/cm ²							
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kgf)	Resistencia f'c ensayo	
						kgf/cm ²	PROM. (kgf/cm ²)
MFA(1.5%)01-7	16-Dic-23	7	82.22	d	17017	206.97	
MFA(1.5%)02-7	16-Dic-23	7	80.07	b	16415	205.01	204.50
MFA(1.5%)03-7	16-Dic-23	7	81.46	d	16418	201.54	
MFA(1.5%)01-14	23-Dic-23	14	80.51	b	20284	251.95	
MFA(1.5%)02-14	23-Dic-23	14	80.48	d	20329	252.61	252.19
MFA(1.5%)03-14	23-Dic-23	14	80.83	b	20372	252.02	
MFA(1.5%)01-28	06-Ene-24	28	80.03	d	22565	281.95	
MFA(1.5%)02-28	06-Ene-24	28	80.33	b	22584	281.13	281.72
MFA(1.5%)03-28	06-Ene-24	28	81.45	d	22974	282.07	

Nota: en la tabla se observa los resultados sobre la resistencia a la compresión de la muestra con 1.5% de fibra de acero a los 7,14 y 28 días.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 25

Resultados de RC de la muestra con 1.5% de FA.

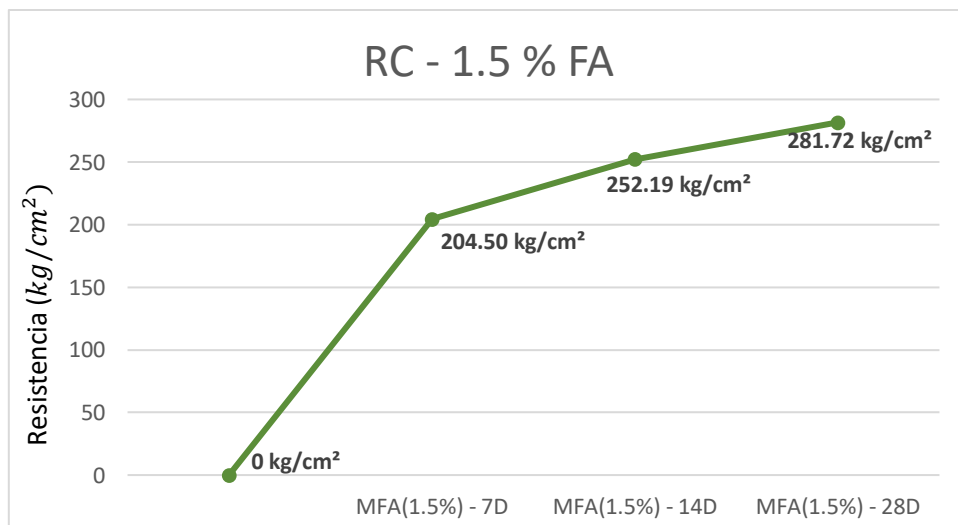


Nota: se observa en el gráfico los promedios de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 1.5% de Fibra de acero.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 26

Resultados de RC a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 1.5% de FA.



Nota: se observa en el gráfico los promedios de la RC a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 1.5% de FA. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 50*Resultados del ensayo de RC de la muestra con 2% de FA*

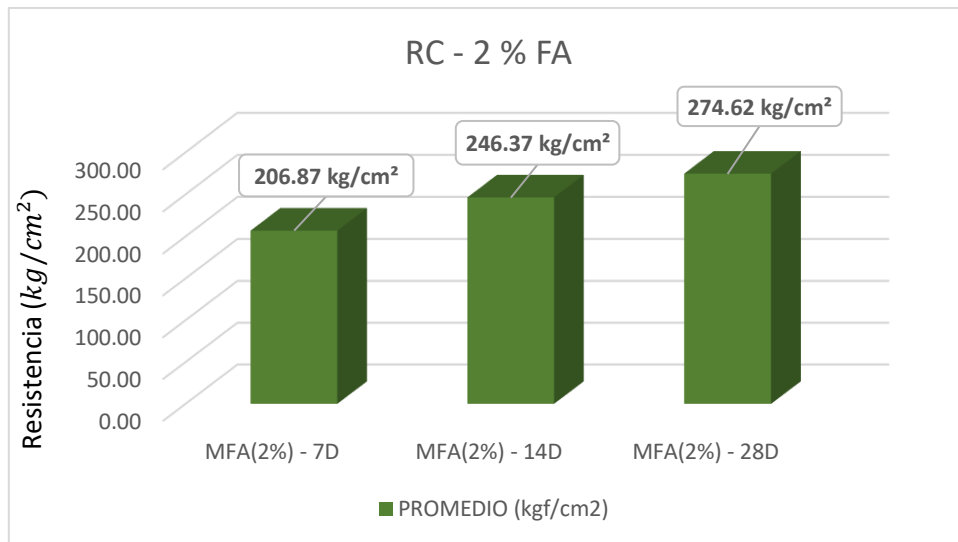
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RC - NTP 339.034							
Muestra: Con 2% de FA							
Fecha de elaboración: 09 - Diciembre - 23							
RC f'c=280 kg/cm ²							
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kgf)	Resistencia f'c ensayo	
						kgf/cm ²	PROM. (kgf/cm ²)
MFA(2%)01-7	16-Dic-23	7	79.68	d	16542	207.60	
MFA(2%)02-7	16-Dic-23	7	81.28	d	16844	207.23	206.87
MFA(2%)03-7	16-Dic-23	7	80.56	d	16576	205.77	
MFA(2%)01-14	23-Dic-23	14	81.06	d	19974	246.42	
MFA(2%)02-14	23-Dic-23	14	80.59	b	19896	246.89	246.37
MFA(2%)03-14	23-Dic-23	14	80.79	b	19859	245.80	
MFA(2%)01-28	06-Ene-24	28	80.53	d	21979	272.92	
MFA(2%)02-28	06-Ene-24	28	80.02	b	21963	274.48	274.62
MFA(2%)03-28	06-Ene-24	28	79.92	b	22095	276.46	

Nota: en la tabla se muestran los resultados de la resistencia a compresión de la muestra con un 2% de fibra de acero, analizada a los 7, 14 y 28 días.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 27

Resultados de RC de la muestra con 2% de FA.

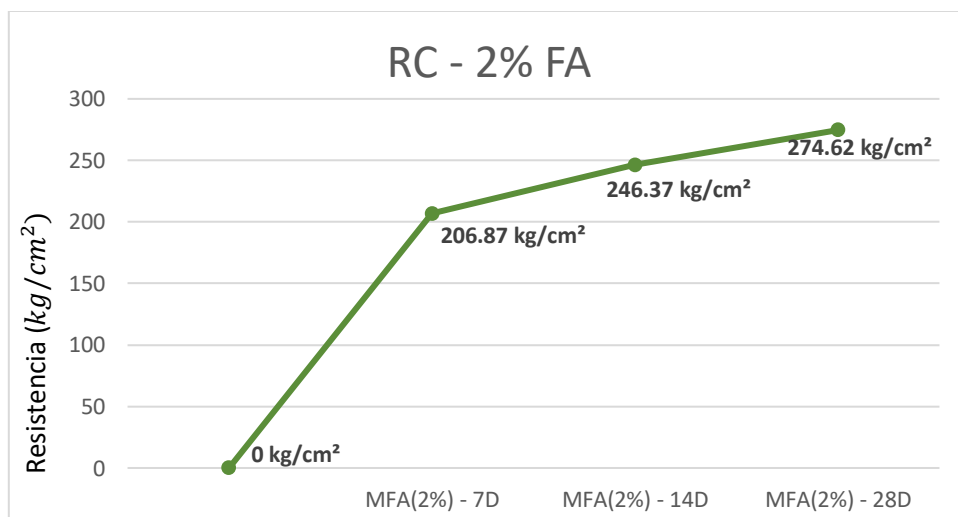


Nota: se observa en el gráfico los promedios de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 2 % de Fibra de acero.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 28

Resultados de RC a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 2% de FA.



Nota: se observa en el gráfico los promedios de la RC a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 2 % de FA.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 51

Resultados del ensayo de RC de la muestra con 0.25% de FP.

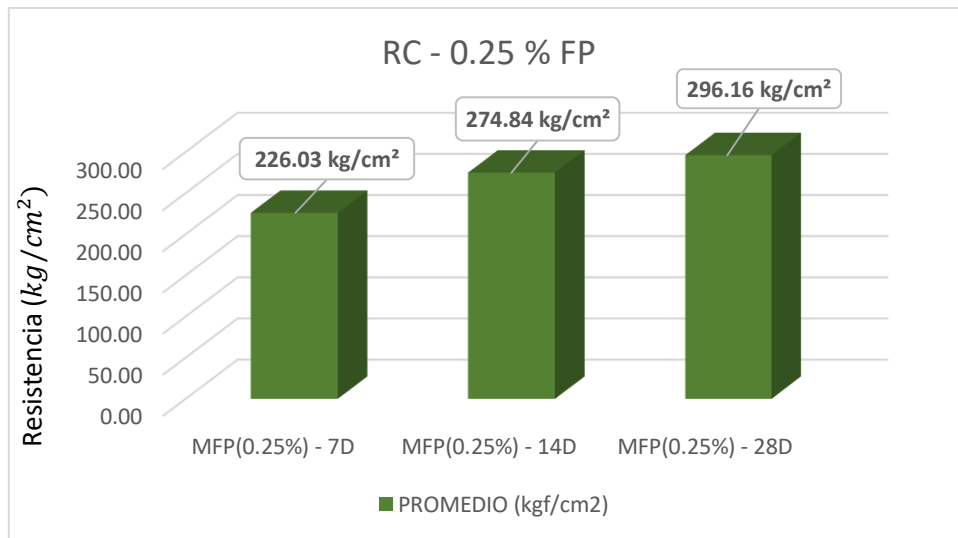
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RC - NTP 339.034							
Muestra: Con 0.25 % de Fibra de Polipropileno							
Fecha de elaboración: 07 - Diciembre - 23							
RC = f 'c=280 kg/cm ²							
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kgf)	Resistencia f'c ensayo	
						kgf/cm ²	PROM. (kgf/cm ²)
MFP(0.25%)01-7	14-Dic-23	7	80.69	d	18215	225.74	
MFP(0.25%)02-7	14-Dic-23	7	81.30	c	18466	227.12	226.03
MFP(0.25%)03-7	14-Dic-23	7	80.57	e	18147	225.23	
MFP(0.25%)01-14	21-Dic-23	14	80.23	a	22026	274.54	
MFP(0.25%)02-14	21-Dic-23	14	80.27	b	22032	274.48	274.84
MFP(0.25%)03-14	21-Dic-23	14	81.30	d	22401	275.52	
MFP(0.25%)01-28	04-Ene-24	28	80.19	d	23881	297.81	
MFP(0.25%)02-28	04-Ene-24	28	80.23	b	23643	294.69	296.16
MFP(0.25%)03-28	04-Ene-24	28	81.23	d	24043	295.98	

Nota: en la tabla se observa los resultados sobre la resistencia a la compresión de la muestra con 0.25 % de fibra de polipropileno a los 7,14 y 28 días.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 29

Resultados de RC de la muestra con 0.25% de FP

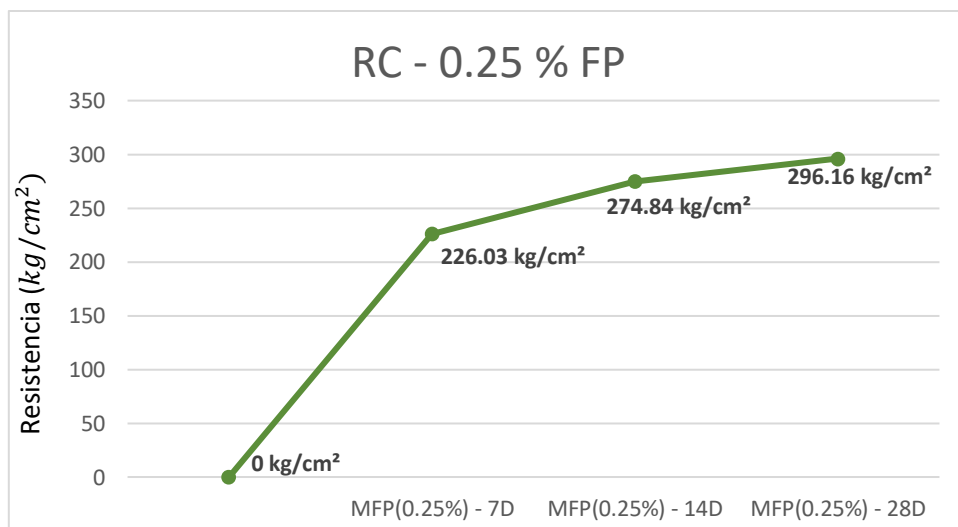


Nota: observa en el gráfico los promedios de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 0.25% de Fibra de Polipropileno.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 30

Resultados de RC a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 0.25% de FP.



Nota: se observa en el gráfico los promedios de la RC a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 0.25% de FP. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 52

Resultados del ensayo de RC de la muestra con 0.5% de FP.

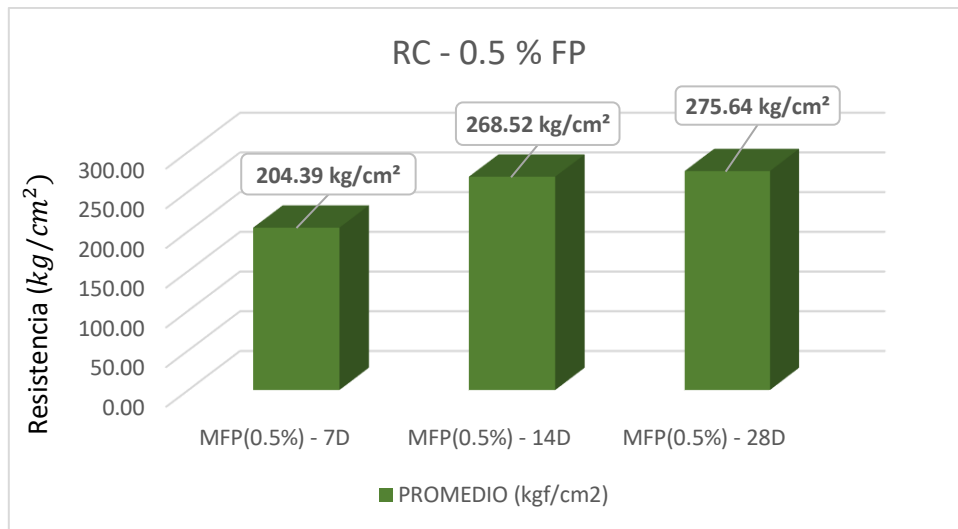
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RC - NTP 339.034							
Muestra: Con 0.50% de Fibra de Polipropileno							
Fecha de elaboracion: 07 - Diciembre - 23							
RC = f 'c=280 kg/cm ²							
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kgf)	Resistencia f'c ensayo	
						kgf/cm ²	PROM. (kgf/cm ²)
M-FP (0.5%)01-7	14-Dic-23	7	80.53	b	16462	204.42	
M-FP (0.5%)02-7	14-Dic-23	7	79.90	a	16207	202.83	204.39
M-FP (0.5%)03-7	14-Dic-23	7	81.23	c	16727	205.91	
M-FP (0.5%)01-14	21-Dic-23	14	81.15	b	21784	268.46	
M-FP (0.5%)02-14	21-Dic-23	14	80.44	b	21553	267.95	268.52
M-FP (0.5%)03-14	21-Dic-23	14	80.52	d	21672	269.17	
M-FP (0.5%)01-28	04-Ene-24	28	80.37	d	22161	275.73	
M-FP (0.5%)02-28	04-Ene-24	28	80.70	d	22064	273.41	275.64
M-FP (0.5%)03-28	04-Ene-24	28	80.08	c	22245	277.79	

Nota: en la tabla se presentan los resultados de la resistencia a compresión de la muestra con un 0.5% de fibra de polipropileno, evaluada a los 7, 14 y 28 días.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 31

Resultados de RC de la muestra con 0.50% de FP.

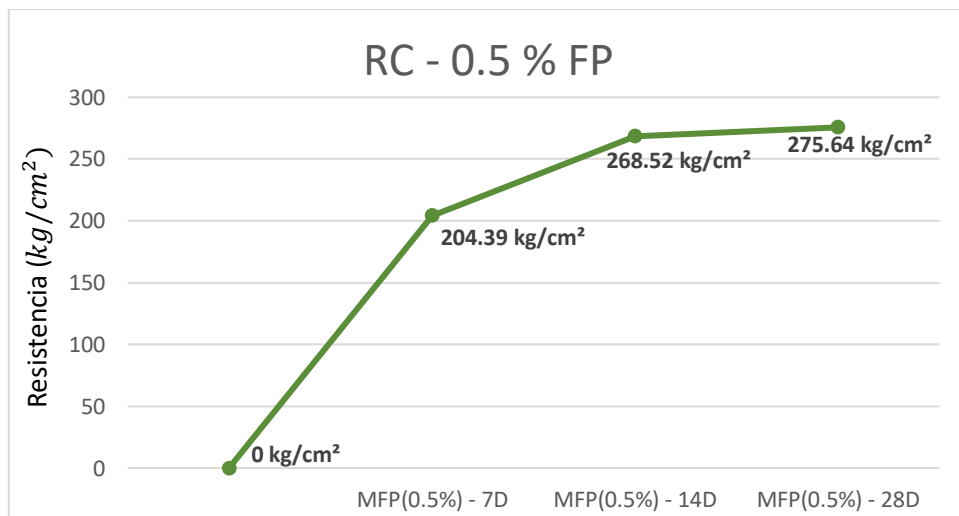


Nota: se observa en el gráfico los promedios de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 0.5% de Fibra de polipropileno.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 32

Resultados de RC a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 0.5 % de FP.



Nota: se observa en el gráfico los promedios de la RC a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 0.5% de FP. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 53

Resultados del ensayo de RC de la muestra con 0.75% de FP.

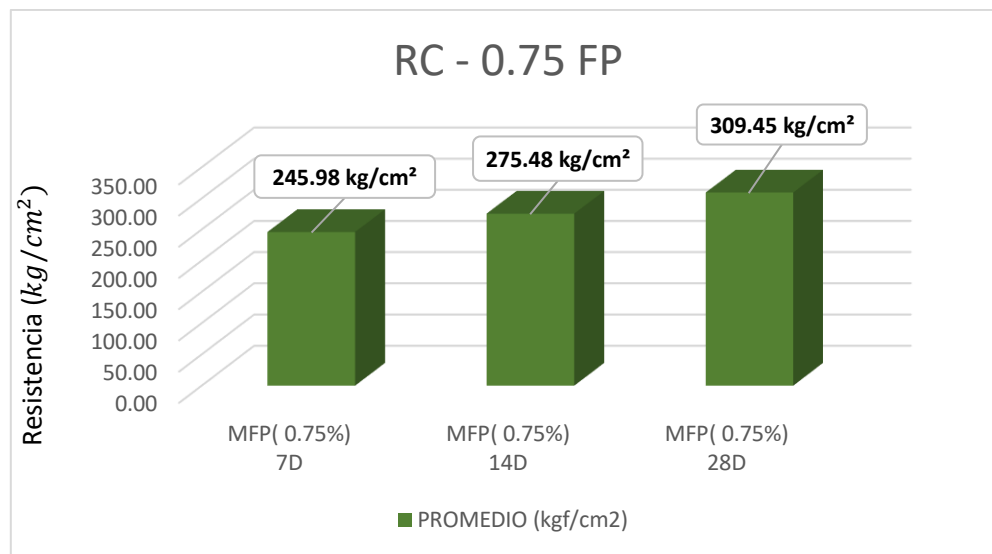
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RC - NTP 339.034							
Muestra: Con 0.75% de Fibra de Polipropileno							
Fecha de elaboración: 07 - diciembre - 23							
Resistencia de diseño $f'c=280$ kg/cm ²							
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kgf)	Resistencia $f'c$ ensayo	
						kgf/cm ²	PROM. (kgf/cm ²)
MFP(0.75%)01-7	14-Dic-23	7	80.13	e	19745	246.40	
MFP(0.75%)02-7	14-Dic-23	7	80.38	d	19861	247.09	245.98
MFP(0.75%)03-7	14-Dic-23	7	80.20	a	19604	244.45	
MFP(0.75%)01-14	21-Dic-23	14	80.14	a	22153	276.42	
MFP(0.75%)02-14	21-Dic-23	14	80.35	c	21875	272.25	275.48
MFP(0.75%)03-14	21-Dic-23	14	80.83	c	22450	277.76	
MFP(0.75%)01-28	04-Ene-24	28	81.35	b	25201	309.77	
MFP(0.75%)02-28	04-Ene-24	28	80.13	d	24868	310.33	309.45
MFP(0.75%)03-28	04-Ene-24	28	80.79	b	24905	308.25	

Nota: en la tabla se observa los resultados sobre la resistencia a la compresión de la muestra con 0.75% de fibra de polipropileno a los 7,14 y 28 días.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 33

Resultados de RC de la muestra con 0.75% de FP

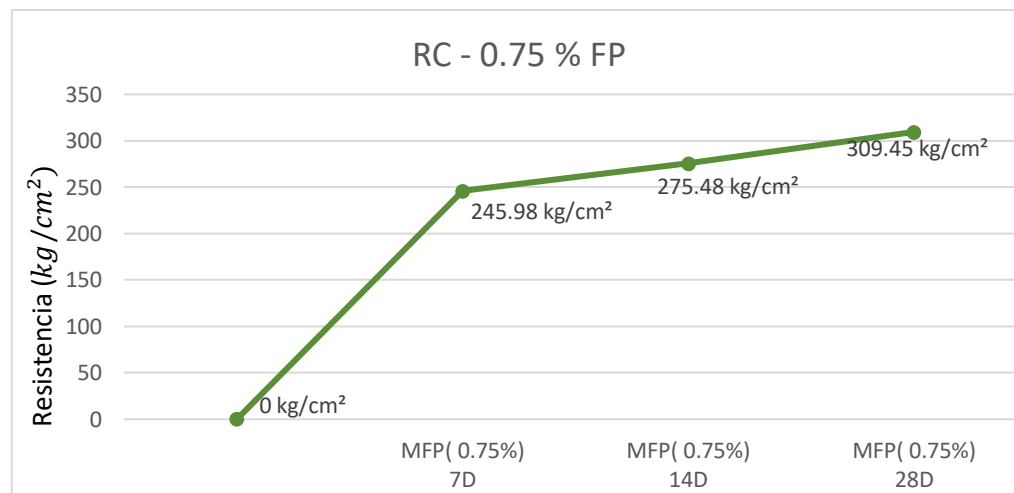


Nota: se observa en el gráfico los promedios de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 0.75% de Fibra de polipileno.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 34

Resultados de la RC a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 0.75% de FP



Nota: se observa en el gráfico los promedios de la RC a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 0.75% de FP. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 54

Resultados del ensayo de RC de la muestra con 0.5 % de FA + 0.125 % de FP.

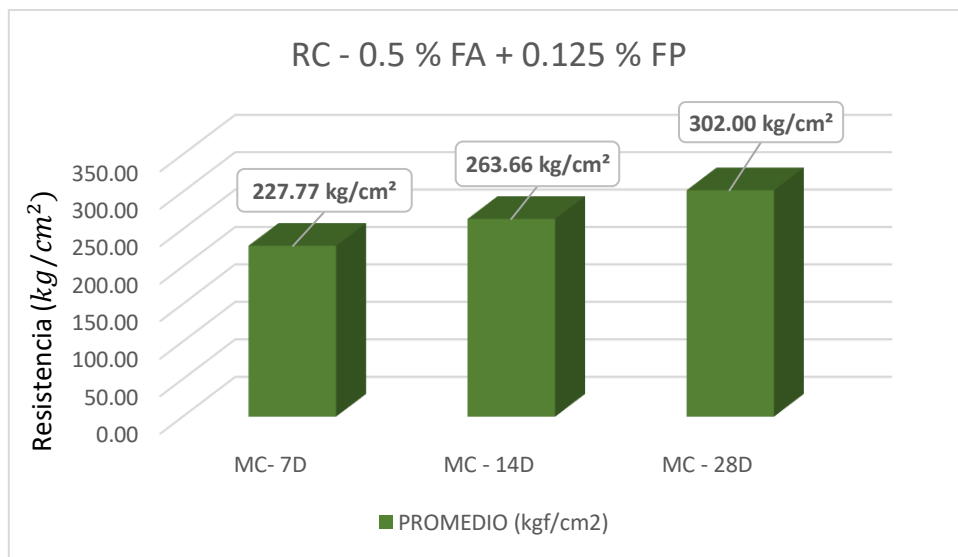
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RC - NTP 339.034							
Muestra: Combinación de 0.5% de Fibra de acero + 0.125% de Fibra de Polipropileno							
Fecha de elaboracion: 10 - Abril - 24							
RC = f 'c=280 kg/cm ²							
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	Área (cm ²)	Tipo de falla	Carga (kgf)	Resistencia f'c ensayo	
						kgf/cm ²	PROM. (kgf/cm ²)
MC01-7	17-Abr-24	7	80.21	d	18134	226.07	
MC02-7	17-Abr-24	7	81.00	e	18395	227.09	227.77
MC03-7	17-Abr-24	7	80.36	e	18496	230.15	
MC01-14	24-Abr-24	14	80.72	b	21295	263.81	
MC02-14	24-Abr-24	14	81.46	d	21410	262.81	263.66
MC03-14	24-Abr-24	14	81.66	d	21589	264.36	
MC01-28	08-May-24	28	80.67	e	24369	302.09	
MC02-28	08-May-24	28	80.23	b	24184	301.44	302.00
MC03-28	08-May-24	28	80.52	b	24353	302.46	

Nota: en la tabla se presentan los resultados de la resistencia a compresión de la muestra con 0.5% de fibra de acero y 0.125% de fibra de polipropileno, evaluada a los 7, 14 y 28 días.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 35

Resultados de la RC de la muestra con 0.5% de FA + 0.125% de FP

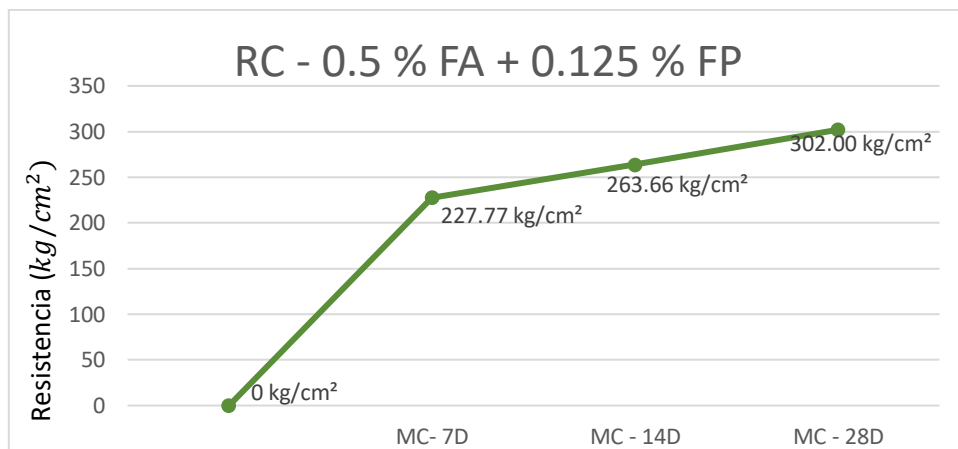


Nota: se observa en el gráfico los promedios de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 0.5% de Fibra de acero + 0.125% de Fibra de Polipropileno.

Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 36

Resultados de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 0.5% de Fibra de acero + 0.125% de Fibra de Polipropileno



Nota: se observa en el gráfico los promedios de la RC a los 7, 14 y 28 días para la muestra combinada. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

5.1.2.1. *Resumen de resultados del segundo objetivo específico***Tabla 55***Resultados del ensayo de resistencia a la compresión*

RESUMEN DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
- NORMA NTP 339.034					
Resistencia de diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$					
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	Promedio Area (cm^2)	Promedio Carga (kgf)	PROMEDIO $f'c$ (kgf/cm^2)
MP-7	12-Abr-24	7	81.02	20690.33	255.36
MP-14	19-Abr-24	14	80.75	22955.00	284.26
MP-28	03-May-24	28	80.74	26057.67	322.72
MFA(1%)-7	16-Dic-23	7	81.30	18888.67	232.32
MFA(1%)-14	23-Dic-23	14	80.63	23102.33	286.51
MFA(1%)-28	06-Ene-24	28	80.82	24128.00	298.55
MFA(1.5%)-7	16-Dic-23	7	81.25	16616.67	204.51
MFA(1.5%)-14	23-Dic-23	14	80.61	20328.33	252.19
MFA(1.5%)-28	06-Ene-24	28	80.60	22707.67	281.72
MFA(2%)-7	16-Dic-23	7	80.51	16654.00	206.87
MFA(2%)-14	23-Dic-23	14	80.81	19909.67	246.37
MFA(2%)-28	06-Ene-24	28	80.16	22012.33	274.62
MFP(0.25%)-7	14-Dic-23	7	80.86	18276.00	226.03
MFP(0.25%)-14	21-Dic-23	14	80.60	22153.00	274.85
MFP(0.25%)-28	04-Ene-24	28	80.55	23855.67	296.16
MFP(0.50%)-7	14-Dic-23	7	80.56	16465.33	204.40
MFP(0.50%)-14	21-Dic-23	14	80.70	21669.67	268.52
MFP(0.50%)-28	04-Ene-24	28	80.38	22156.67	275.64
MFP(0.75%)-7	14-Dic-23	7	80.24	19736.67	245.98
MFP(0.75%)-14	21-Dic-23	14	80.44	22159.33	275.48
MFP(0.75%)-28	04-Ene-24	28	80.76	24991.33	309.45

Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	Promedio Area (cm ²)	Promedio Carga (kgf)	PROMEDIO f'c (kgf/cm ²)
MC-7	17-Abr-24	7	80.53	18341.67	227.77
MC-14	24-Abr-24	14	81.28	21431.33	263.66
MC-28	08-May-24	28	80.47	24302.00	302.00

Nota: en la tabla se encuentra el resumen y la comparación de resultados del ensayo de resistencia a la compresión del concreto en estado endurecido.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 56

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días.

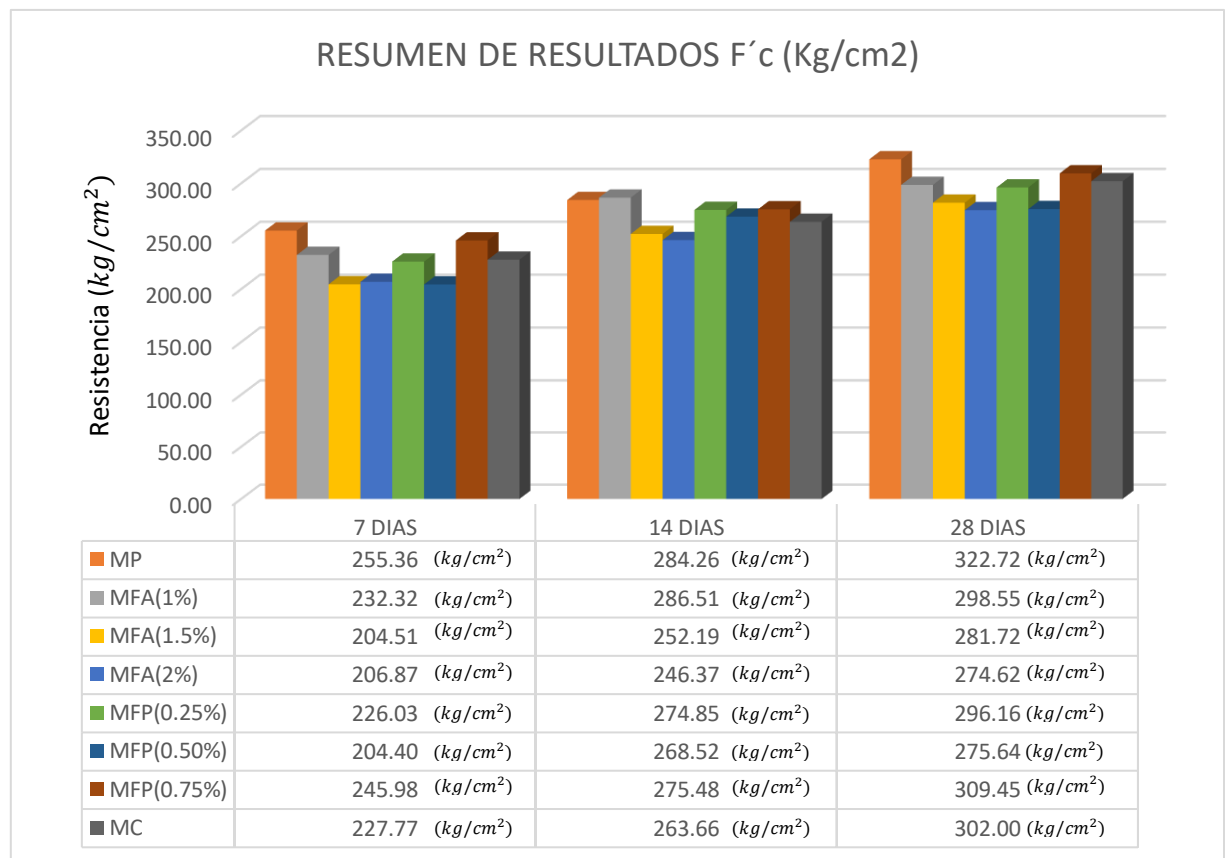
RESUMEN DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN - NTP 339.034						
Resistencia de diseño f 'c=280 kg/cm ²						
Resistencia de a los 28 DÍAS						
Código de muestra	Fecha de ensayo	Edad de ensayo (DÍAS)	Promedio Area (cm ²)	Promedio Carga (kgf)	Promedio f'c (kgf/cm ²)	Relación con la MP (%)
MP-28	03/05/2024	28	80.74	26057.67	322.72	100.00%
MFA(1%)-28	06/01/2024	28	80.82	24128.00	298.55	-7.49%
MFA(1.5%)-28	06/01/2024	28	80.60	22707.67	281.72	-12.71%
MFA(2%)-28	06/01/2024	28	80.16	22012.33	274.62	-14.90%
MFP(0.25%)-28	04/01/2024	28	80.55	23855.67	296.16	-8.23%
MFP(0.50%)-28	04/01/2024	28	80.38	22156.67	275.64	-14.59%
MFP(0.75%)-28	04/01/2024	28	80.76	24991.33	309.45	-4.11%
MC-28	08/05/2024	28	80.47	24302.00	302.00	-6.42%

Nota: en la tabla se observa la resistencia a la compresión final pasado los 28 días que indica la norma, por otro lado, también se observa la relación que existe de cada grupo con respecto al resultado de la muestra patrón, donde se ve que existió una disminución de resistencia.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 37

Resumen de los resultados de resistencia a la compresión

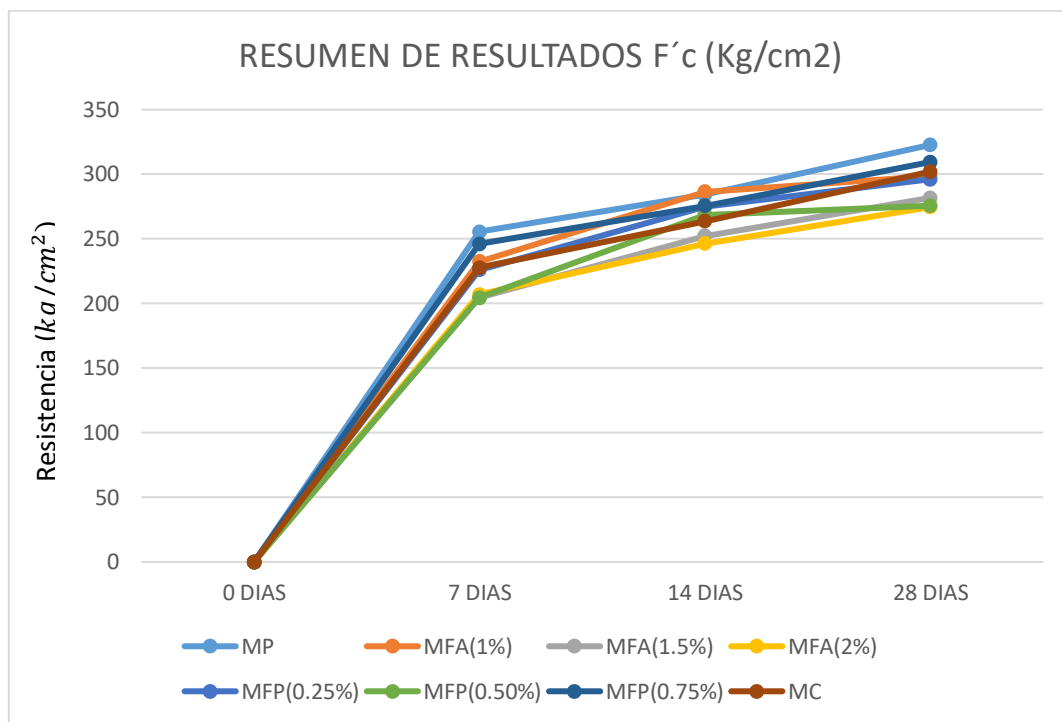


Nota: en la figura se visualiza el promedio de los resultados de resistencia a la compresión de acuerdo a los diferentes grupos.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 38

Gráfico del resumen de los resultados de resistencia a la compresión



Nota: la figura expresa de acuerdo a los resultados obtenidos, la resistencia a la compresión de la MP a los 28 días fue $f'c = 322.72 \text{ kg/cm}^2$ superando a la resistencia de diseño $f'c = 280.00 \text{ kg/cm}^2$, mientras que la muestra con 1%, 1.5%, 2% de Fibra de acero obtuvo $f'c = 298.55 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 281.55 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 274.62 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente existiendo una disminución de resistencia, la muestra con 0.25%, 0.50%, 2.0% de Fibra de polipropileno obtuvo $f'c = 296.16 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 275.64 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 309.45 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente también existiendo una disminución de resistencia con respecto a la MP, finalmente la combinación de ambas fibras obtuvo una resistencia de $f'c = 302.00 \text{ kg/cm}^2$ siendo parecida a la resistencia de la MP.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

5.1.3. Resultados del tercer objetivo específico.

3° objetivo específico: Determinar la influencia al añadir fibras de acero trefilado y fibras de polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto $f'c=280$ kg/cm² para pavimentos de avenidas - Abancay – 2023.

Tabla 57

Resultados del ensayo de resistencia a la flexión de la muestra patrón.

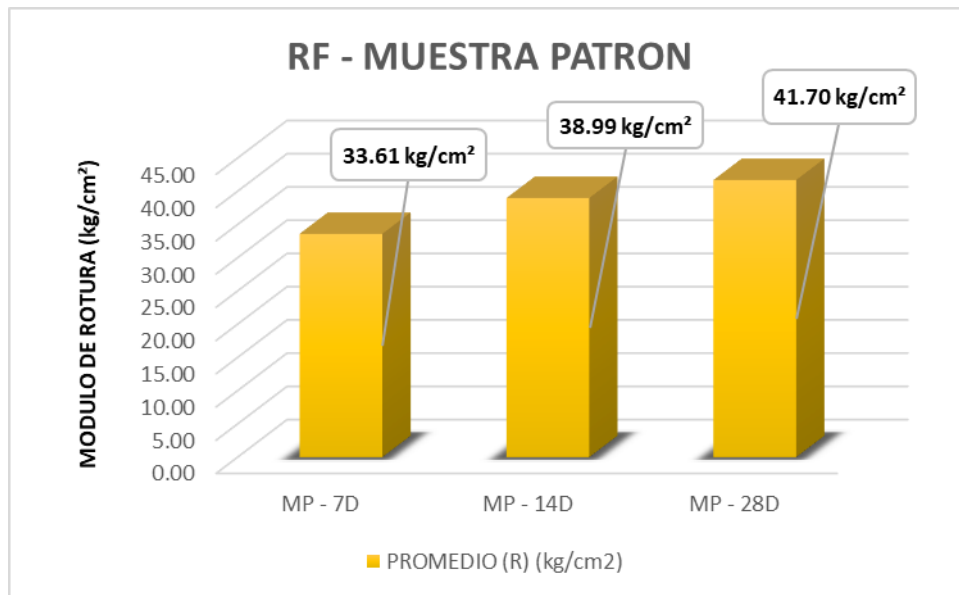
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RF						
NTP 339.078						
Muestra: Concreto patrón						
Fecha de elaboración: 05 -Abr - 24						
RC = $f'c=280$ kg/cm ²						
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	CARGA (P) (kg/f)	Módulo de Rotura (R) (Mpa)	Módulo de Rotura (R) (kg/cm ²)	PROMEDIO (R) (kg/cm ²)
MP01-7	12-Abr-24	7	2694.00	3.36	34.25	
MP02-7	12-Abr-24	7	2627.00	3.28	33.40	33.61
MP03-7	12-Abr-24	7	2609.00	3.25	33.17	
MP01-14	19-Abr-24	14	3163.00	3.94	40.21	
MP02-14	19-Abr-24	14	3062.00	3.82	38.93	38.99
MP03-14	19-Abr-24	14	2976.00	3.71	37.83	
MP01-28	03-May-24	28	3322.00	4.14	42.23	
MP02-28	03-May-24	28	3293.00	4.11	41.86	41.70
MP03-28	03-May-24	28	3224.00	4.02	40.99	

Nota: en la tabla se presentan los resultados de la resistencia a compresión de la muestra patrón a los 7, 14 y 28 días, con el fin de efectuar la comparación posteriormente.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 39

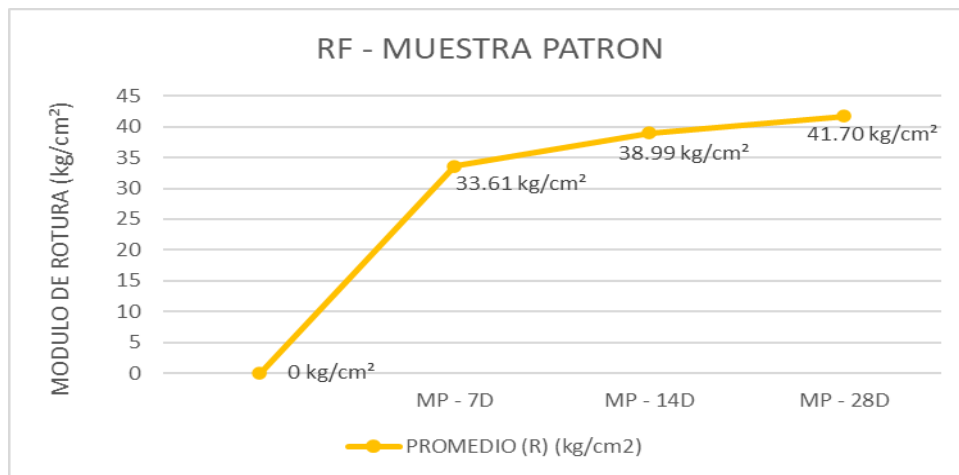
Resultados de la resistencia a la flexion concreto patrón



Nota: se observa en el gráfico los promedios de la resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días para la muestra patrón. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 40

Resultados de la resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días del concreto patrón



Nota: se observa en el gráfico los promedios de la RF a los 7, 14 y 28 días para la muestra patrón.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 58

Resultados del ensayo de RF de la muestra con 1% de FA.

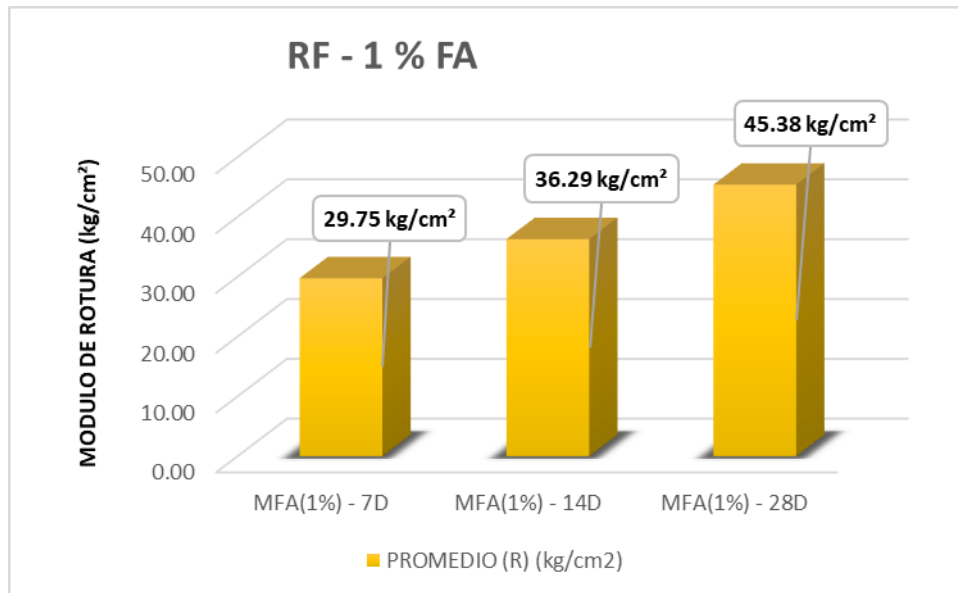
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RF						
NTP 339.078						
Muestra: Con 1% de Fibra de Acero						
Fecha de elaboración: 05 -enero- 24						
RC = f 'c=280 kg/cm ²						
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	CARGA (P) (kg/f)	Módulo de Rotura (R) (Mpa)	MR (R) (kg/cm ²)	PROMEDIO (R) (kg/cm ²)
MFA(1%)01-7	12-Ene-24	7	2440.00	3.04	31.02	
MFA(1%)02-7	12-Ene-24	7	2349.00	2.93	29.86	29.75
MFA(1%)03-7	12-Ene-24	7	2231.00	2.78	28.36	
MFA(1%)01-14	19-Ene-24	14	2892.00	3.61	36.77	
MFA(1%)02-14	19-Ene-24	14	2858.00	3.56	36.33	36.29
MFA(1%)03-14	19-Ene-24	14	2814.00	3.51	35.78	
MFA(1%)01-28	02-Feb-24	28	3594.00	4.48	45.69	
MFA(1%)02-28	02-Feb-24	28	3501.00	4.36	44.51	45.38
MFA(1%)03-28	02-Feb-24	28	3614.00	4.51	45.95	

Nota: en la tabla se observa los resultados sobre la resistencia a la flexión de la muestra con 1% de fibra de acero a los 7,14 y 28 días.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 41

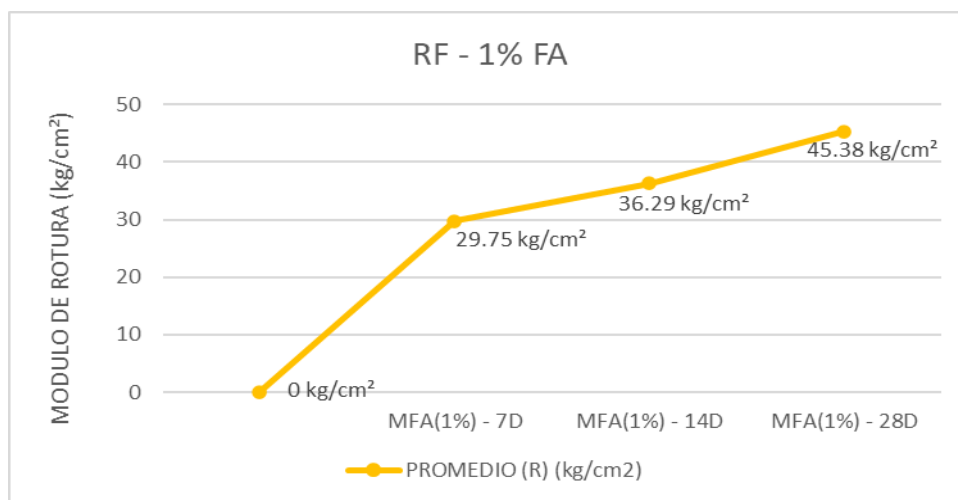
Resultados de la resistencia a la compresión de la muestra con 1% de FA



Nota: se observa en el gráfico los promedios de la resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 1% de Fibra de acero. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 42

Resultados de la RF a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 1% de FA



Nota: se observa en el gráfico los promedios de la RF a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 1% de FA.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 59

Resultados del ensayo de RF de la muestra con 1.5% de FA.

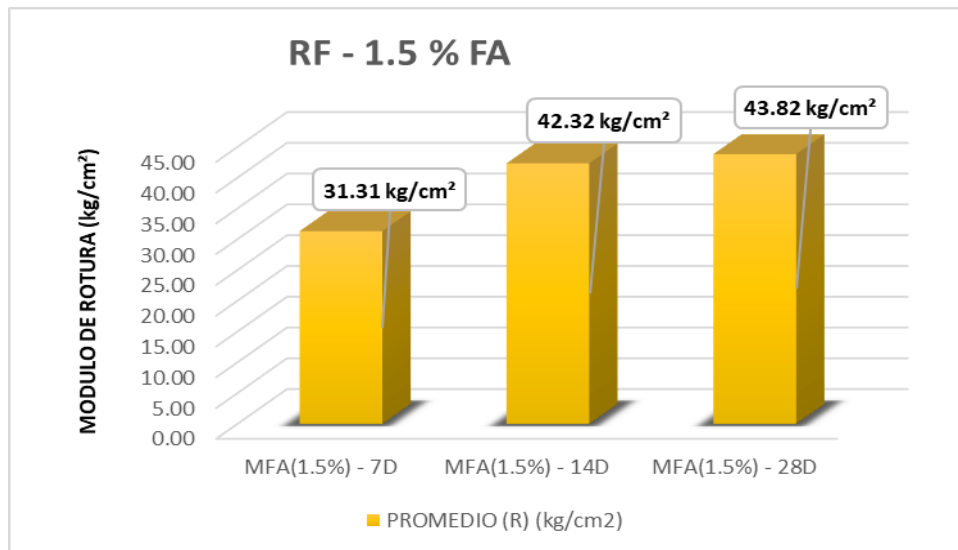
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RF						
NTP 339.078						
Muestra: Con 1.5% de Fibra de Acero						
Fecha de elaboración: 04 -enero- 24						
RC = f 'c=280 kg/cm ²						
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	CARGA (P) (kg/f)	Módulo de Rotura (R) (Mpa)	MR (R) (kg/cm ²)	PROMEDIO (R) (kg/cm ²)
MFA(1.5%)01-7	11-Ene-24	7	2454.00	3.06	31.20	
MFA(1.5%)02-7	11-Ene-24	7	2470.00	3.08	31.40	31.31
MFA(1.5%)03-7	11-Ene-24	7	2465.00	3.07	31.34	
MFA(1.5%)01-14	18-Ene-24	14	3325.00	4.15	42.27	
MFA(1.5%)02-14	18-Ene-24	14	3306.00	4.12	42.03	42.32
MFA(1.5%)03-14	18-Ene-24	14	3356.00	4.18	42.67	
MFA(1.5%)01-28	01-Feb-24	28	3493.00	4.35	44.41	
MFA(1.5%)02-28	01-Feb-24	28	3459.00	4.31	43.98	43.82
MFA(1.5%)03-28	01-Feb-24	28	3389.00	4.23	43.09	

Nota: en la tabla se observa los resultados sobre la resistencia a la flexión de la muestra con 1.5% de fibra de acero a los 7,14 y 28 días.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 43

Resultados de RF de la muestra con 1.5% de FA.

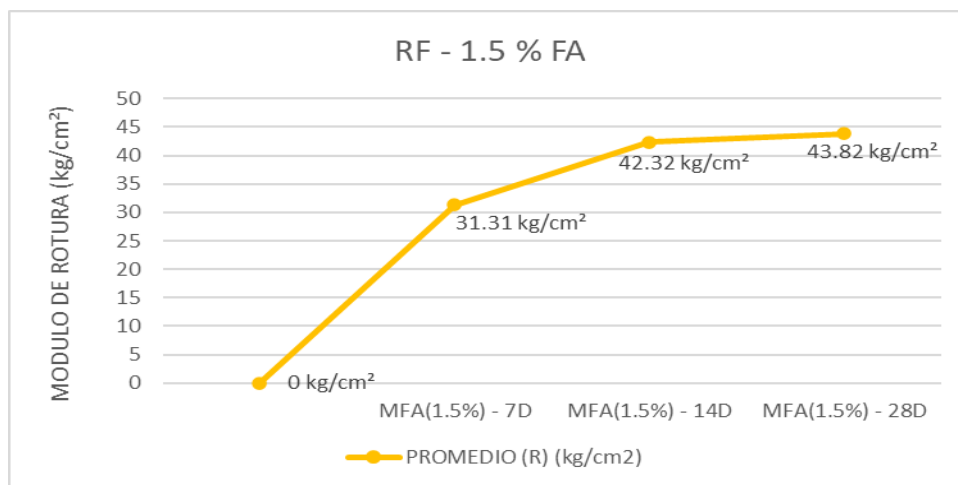


Nota: se observa en el gráfico los promedios de la resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 1.5% de Fibra de acero.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 44

Resultados de RF a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 1.5% de FA.



Nota: se observa en el gráfico los promedios de la RF a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 1.5% de FA.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 60

Resultados del ensayo de RF de la muestra con 2% de FA.

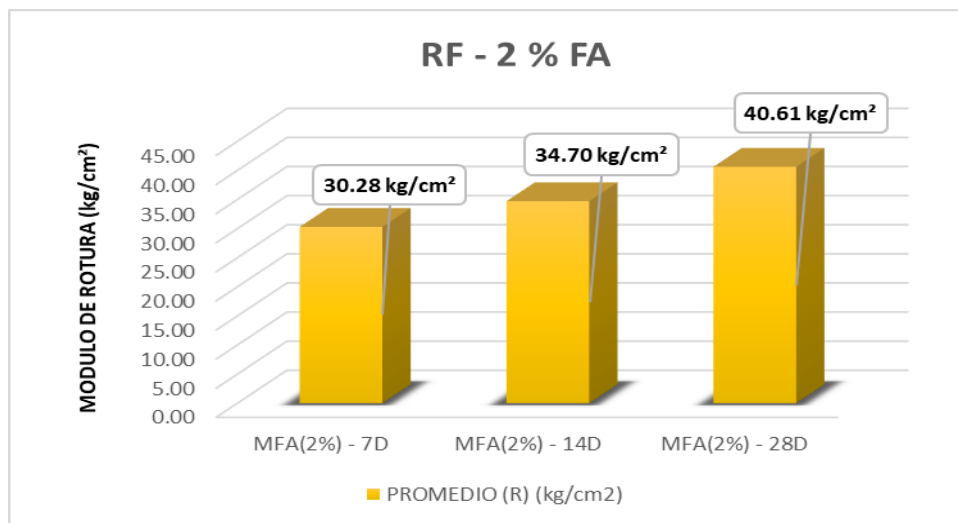
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RF						
NTP 339.078						
Muestra: Con 2% de Fibra de Acero						
Fecha de elaboración: 09 – Diciembre -2023						
RC = f 'c=280 kg/cm ²						
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	CARGA (P) (kg/f)	Módulo de Rotura (R) (Mpa)	MR (R) (kg/cm ²)	PROMEDIO (R) (kg/cm ²)
MFA(1.5%)01-7	16-Ene-24	7	2315.00	2.89	29.43	
MFA(1.5%)02-7	16-Ene-24	7	2394.00	2.98	30.44	30.28
MFA(1.5%)03-7	16-Ene-24	7	2436.00	3.04	30.97	
MFA(1.5%)01-14	23-Ene-24	14	2605.00	3.25	33.12	
MFA(1.5%)02-14	23-Ene-24	14	2830.00	3.53	35.98	34.70
MFA(1.5%)03-14	23-Ene-24	14	2754.00	3.43	35.01	
MFA(1.5%)01-28	06-Feb-24	28	3163.00	3.94	40.21	
MFA(1.5%)02-28	06-Feb-24	28	3226.00	4.02	41.01	40.61
MFA(1.5%)03-28	06-Feb-24	28	3195.00	3.98	40.62	

Nota: en la tabla se presentan los resultados de la resistencia a flexión de la muestra con un 2% de fibra de acero, evaluada a los 7, 14 y 28 días.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 45

Resultados de la resistencia a la flexión de la muestra con 2% de FA.

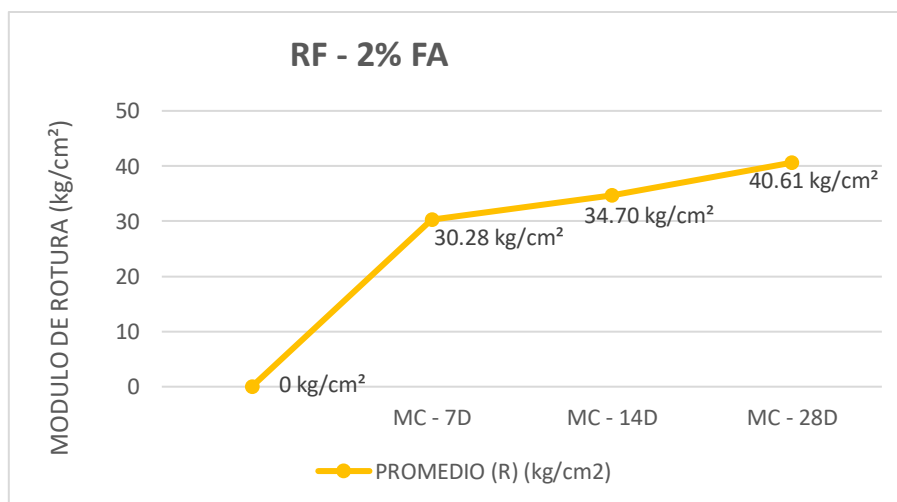


Nota: se observa en el gráfico los promedios de la resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 2 % de Fibra de acero.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 46

Resultados de la RF a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 2% de FA.



Nota: se observa en el gráfico los promedios de la RF a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 2 % de FA.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 61

Resultados del ensayo de RF de la muestra con 0.25% de FP.

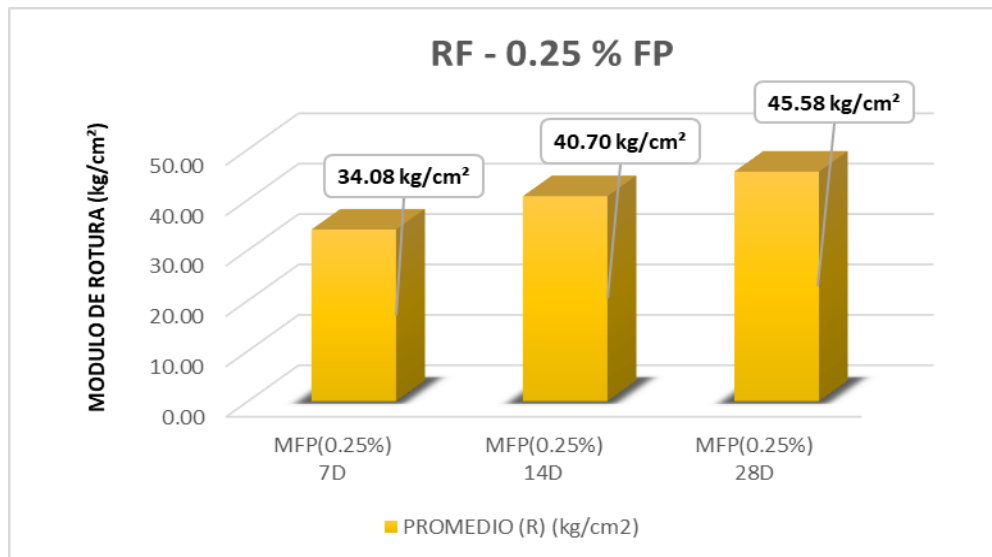
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RF						
NTP 339.078						
Muestra: Con 0.25 % de Fibra de Polipropileno						
Fecha de elaboración: 07 – Diciembre -2023						
RC f 'c=280 kg/cm ²						
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	CARGA (P) (kg/f)	Módulo	MR (R) (kg/cm ²)	Promedio (R) (kg/cm ²)
				de Rotura (R) (Mpa)		
MFP(0.25%)01-7	14-Dic-23	7	2661.00	3.32	33.83	
MFP(0.25%)02-7	14-Dic-23	7	2639.00	3.29	33.55	34.08
MFP(0.25%)03-7	14-Dic-23	7	2743.00	3.42	34.87	
MFP(0.25%)01-14	21-Dic-23	14	3234.00	4.03	41.11	
MFP(0.25%)02-14	21-Dic-23	14	3181.00	3.97	40.44	40.70
MFP(0.25%)03-14	21-Dic-23	14	3190.00	3.98	40.56	
MFP(0.25%)01-28	04-Ene-24	28	3549.00	4.42	45.12	
MFP(0.25%)02-28	04-Ene-24	28	3612.00	4.50	45.92	45.58
MFP(0.25%)03-28	04-Ene-24	28	3594.00	4.48	45.69	

Nota: en la tabla se observa los resultados sobre la resistencia a la flexión de la muestra con 0.25 % de fibra de polipropileno a los 7,14 y 28 días.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 47

Resultados de la resistencia a la flexión de la muestra con 0.25% de FP.

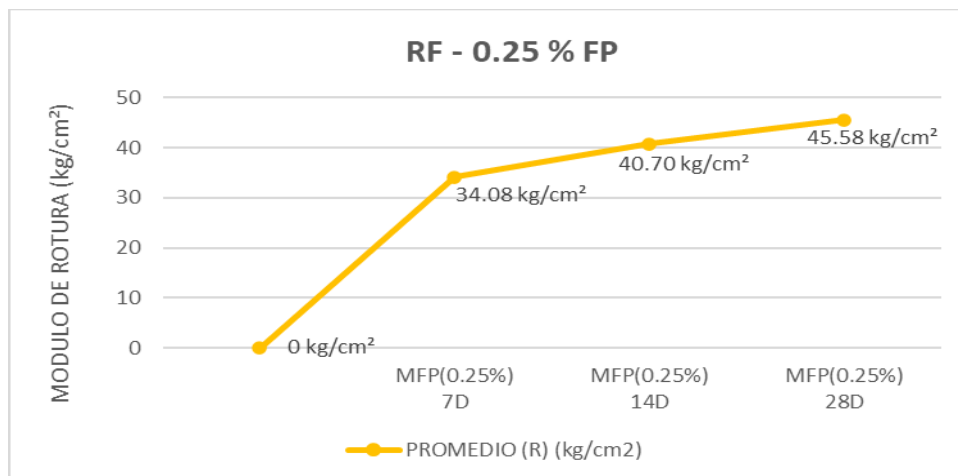


Nota: se observa en el gráfico los promedios de la resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 0.25% de Fibra de Polipropileno.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 48

Resultados de la RF a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 0.25% de FP



Nota: se observa en el gráfico los promedios de la RF a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 0.25% de FP. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 62*Resultados del ensayo de RF de la muestra con 0.5% de FP*

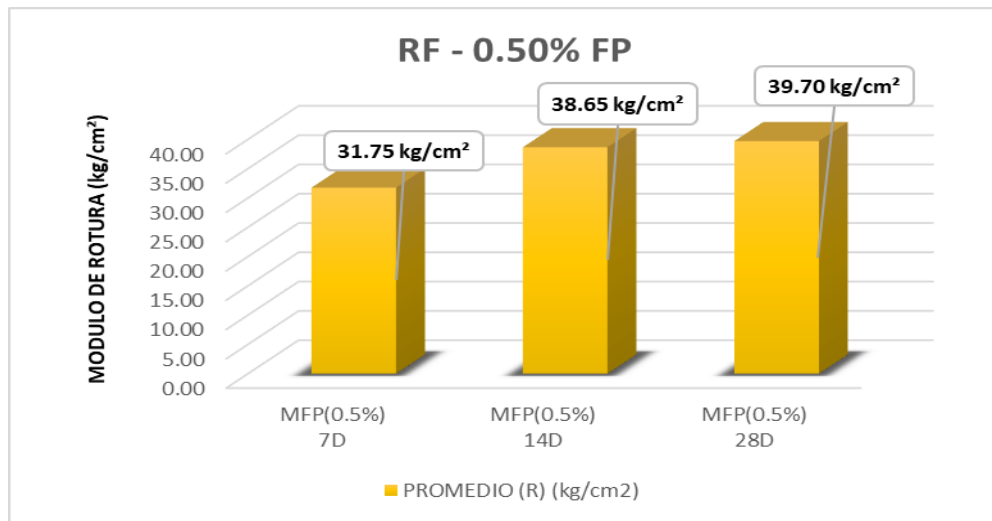
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RF						
NORMA NTP 339.078						
Muestra: Con 0.50 % de Fibra de Polipropileno						
Fecha de elaboración: 08 – Diciembre -2023						
RC = f 'c=280 kg/cm ²						
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	CARGA (P) (kg/f)	Módulo	MR (R) (kg/cm ²)	Promedio (R) (kg/cm ²)
				de Rotura (R) (Mpa)		
M-FP (0.5%)01-7	15-Dic-23	7	2576.00	3.21	32.75	
M-FP (0.5%)02-7	15-Dic-23	7	2422.00	3.02	30.79	31.75
M-FP (0.5%)03-7	15-Dic-23	7	2495.00	3.11	31.72	
M-FP (0.5%)01-14	22-Dic-23	14	2941.00	3.67	37.39	
M-FP (0.5%)02-14	22-Dic-23	14	3308.00	4.12	42.06	38.65
M-FP (0.5%)03-14	22-Dic-23	14	2872.00	3.58	36.51	
M-FP (0.5%)01-28	05-Ene-24	28	3098.00	3.86	39.39	
M-FP (0.5%)02-28	05-Ene-24	28	3103.00	3.87	39.45	39.70
M-FP (0.5%)03-28	05-Ene-24	28	3167.00	3.95	40.26	

Nota: en la tabla se observa los resultados sobre la resistencia a la flexión de la muestra con 0.5% de fibra de polipropileno a los 7,14 y 28 días.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 49

Resultados de la resistencia a la flexión de la muestra con 0.50% de FP

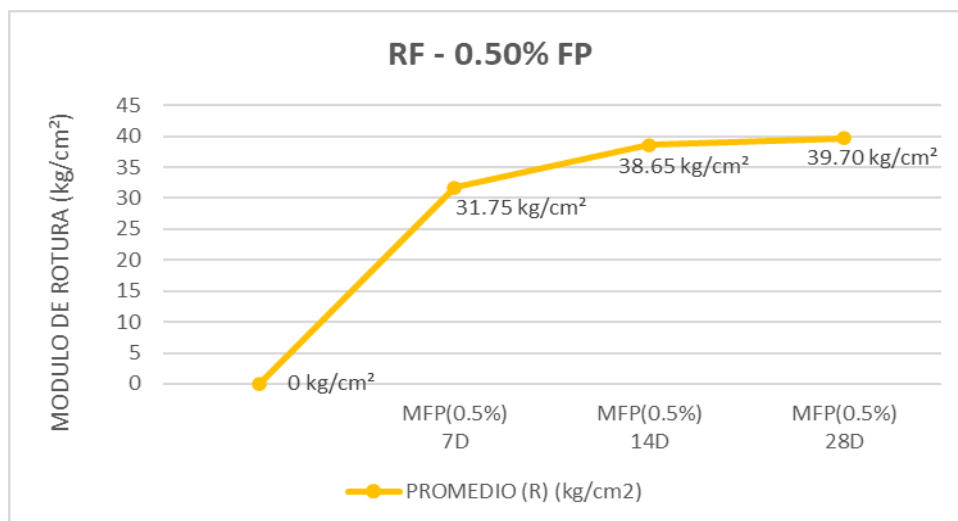


Nota: se observa en el gráfico los promedios de la resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 0.5% de Fibra de polipropileno.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 50

Resultados de la RF a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 0.5 % de FP



Nota: se observa en el gráfico los promedios de la RF a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 0.5% de FP. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 63

Resultados del ensayo de RF de la muestra con 0.75% de FP.

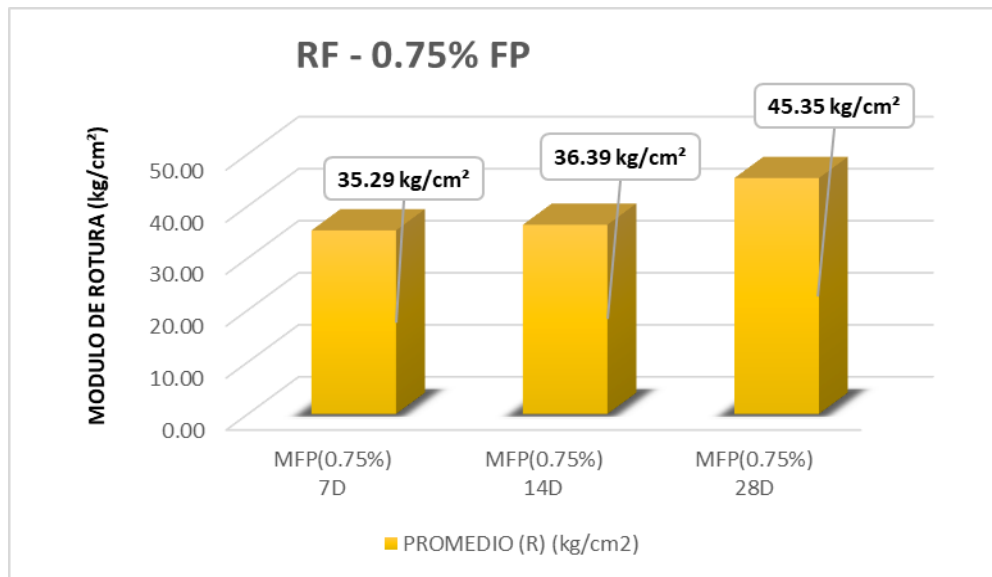
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RF						
NTP 339.078						
Muestra: Con 0.75 % de Fibra de Polipropileno						
Fecha de elaboración: 09 – Diciembre -2023						
RC = f 'c=280 kg/cm ²						
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	CARGA (P) (kg/f)	Módulo	MR (R) (kg/cm ²)	Promedio (R) (kg/cm ²)
				de Rotura (R) (Mpa)		
MFP(0.75%)01-7	16-Dic-23	7	2787.00	3.47	35.43	
MFP(0.75%)02-7	16-Dic-23	7	2681.00	3.34	34.08	35.29
MFP(0.75%)03-7	16-Dic-23	7	2860.00	3.57	36.36	
MFP(0.75%)01-14	23-Dic-23	14	2874.00	3.58	36.54	
MFP(0.75%)02-14	23-Dic-23	14	2955.00	3.68	37.57	36.39
MFP(0.75%)03-14	23-Dic-23	14	2757.00	3.44	35.05	
MFP(0.75%)01-28	06-Ene-24	28	3515.00	4.38	44.69	
MFP(0.75%)02-28	06-Ene-24	28	3696.00	4.61	46.99	45.35
MFP(0.75%)03-28	06-Ene-24	28	3491.00	4.35	44.38	

Nota: en la tabla se observa los resultados sobre la RF de la muestra con 0.75% de fibra de polipropileno a los 7,14 y 28 días.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 51

Resultados de la resistencia a la flexión de la muestra con 0.75% de FP.

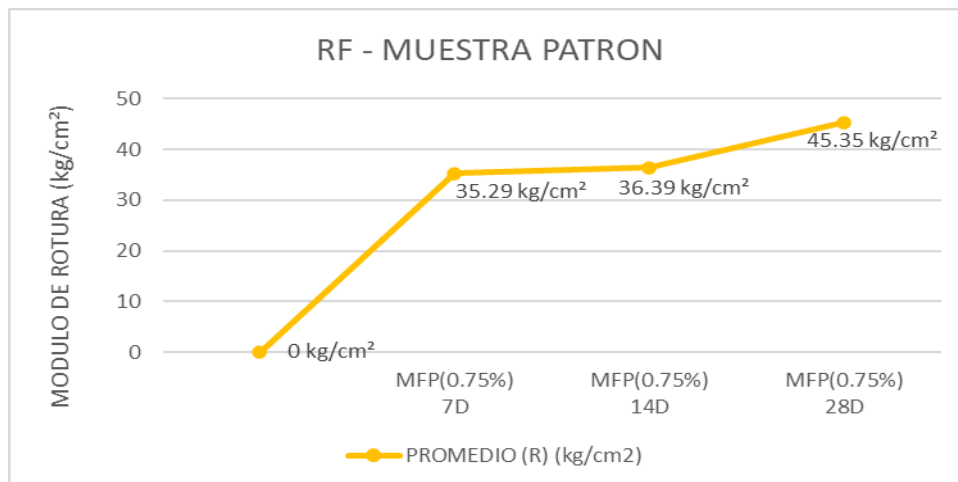


Nota: se observa en el gráfico los promedios de la resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 0.75% de Fibra de polipropileno.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 52

Resultados de la RF a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 0.75% de FP.



Nota: se observa en el gráfico los promedios de la RF a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 0.75% de FP. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 64

Resultados del ensayo de RF de la muestra con 0.5 % de FA + 0.125 % de FP

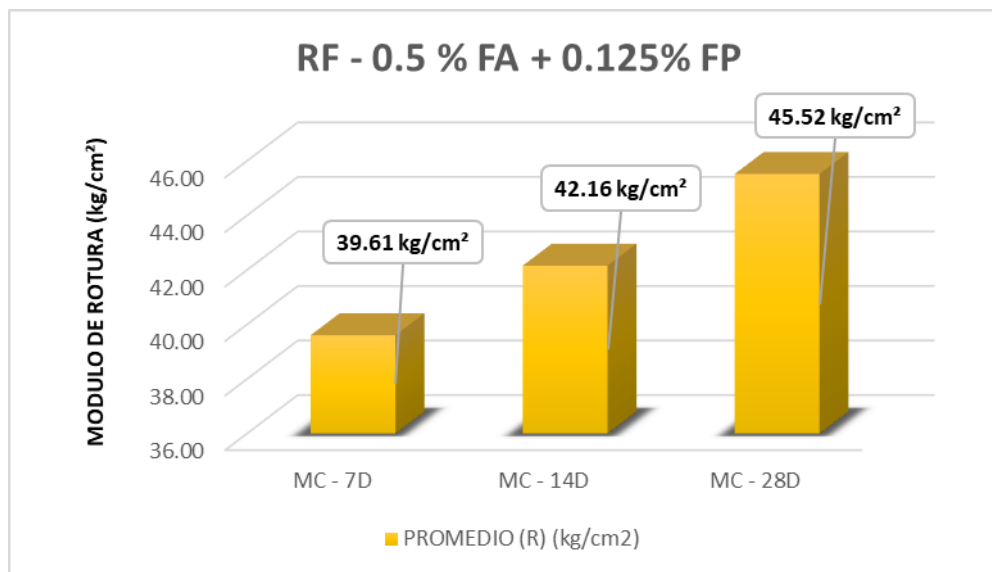
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RF						
NTP 339.078						
Muestra: Combinación de 0.5% de Fibra de acero + 0.125% de Fibra de Polipropileno						
Fecha de elaboración: 10 –Abril - 2024						
RC = f 'c=280 kg/cm ²						
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	CARGA (P) (kg/f)	Módulo	MR	Promedio
				de Rotura (R) (Mpa)	(R) (kg/cm ²)	(R) (kg/cm ²)
MC01-7	17-Abr-24	7	3051.00	3.80	38.79	
MC02-7	17-Abr-24	7	3105.00	3.87	39.47	39.61
MC03-7	17-Abr-24	7	3190.00	3.98	40.56	
MC01-14	24-Abr-24	14	3325.00	4.15	42.27	
MC02-14	24-Abr-24	14	3433.00	4.28	43.64	42.16
MC03-14	24-Abr-24	14	3190.00	3.98	40.56	
MC01-28	08-May-24	28	3668.00	4.57	46.63	
MC02-28	08-May-24	28	3567.00	4.45	45.35	45.52
MC03-28	08-May-24	28	3507.00	4.37	44.59	

Nota: en la tabla se observa los resultados sobre la resistencia a la flexión de la muestra con 0.5% de Fibra de acero + 0.125% de Fibra de Polipropileno a los 7,14 y 28 días.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 53

Resultados de la RF de la muestra con 0.5% de FA + 0.125% de FP

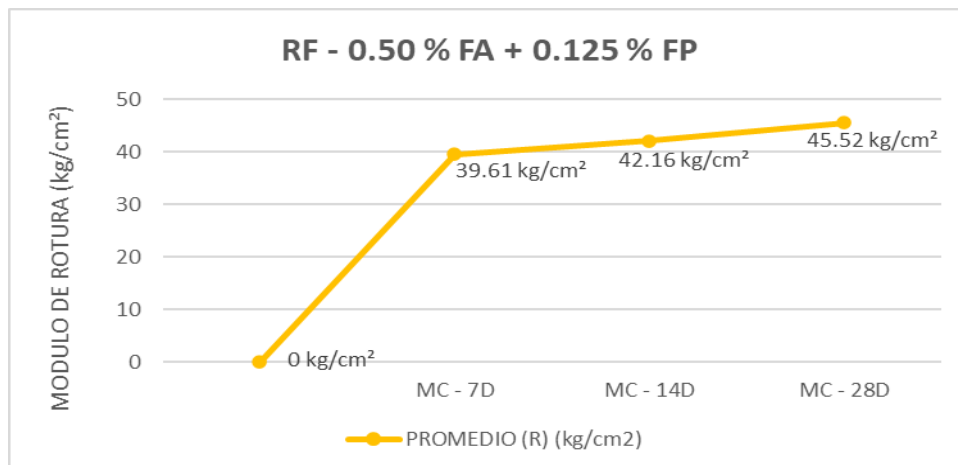


Nota: se observa en el gráfico los promedios de la resistencia a la flexión a los 7, 14 y 28 días para la muestra con 0.5% de Fibra de acero + 0.125% de Fibra de Polipropileno.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 54

Resultados de la RF a los 7, 14 y 28 días de la muestra con 0.5% de FA + 0.125% de FP



Nota: en la tabla se observa en el gráfico los promedios de la RF a los 7, 14 y 28 días para la muestra combinada. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

5.1.3.1. *Resumen de resultados del tercer objetivo específico***Tabla 65***Resultados del ensayo de resistencia a la flexión*

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RF					
NTP 339.078					
Resistencia de diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$					
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	Carga promedio (P) (kg/f)	Módulo de Rotura (R) promedio (Mpa)	Módulo de Rotura (R) promedio (kg/cm ²)
MP-7	12-Abr-24	7	2643.33	3.30	33.61
MP-14	19-Abr-24	14	3067.00	3.82	38.99
MP-28	03-May-24	28	3279.67	4.09	41.70
MFA(1%)-7	12-Ene-24	7	2340.00	2.92	29.75
MFA(1%)-14	19-Ene-24	14	2854.67	3.56	36.29
MFA(1%)-28	02-Feb-24	28	3569.67	4.45	45.38
MFA(1.5%)-7	11-Ene-24	7	2463.00	3.07	31.31
MFA(1.5%)-14	18-Ene-24	14	3329.00	4.15	42.32
MFA(1.5%)-28	01-Feb-24	28	3447.00	4.30	43.82
MFA(2%)-7	16-Ene-24	7	2381.67	2.97	30.28
MFA(2%)-14	23-Ene-24	14	2729.67	3.40	34.70
MFA(2%)-28	06-Feb-24	28	3194.67	3.98	40.61
MFP(0.25%)-7	14-Dic-23	7	2681.00	3.34	34.08
MFP(0.25%)-14	21-Dic-23	14	3201.67	3.99	40.70
MFP(0.25%)-28	04-Ene-24	28	3585.00	4.47	45.58
MFP(0.50%)-7	15-Dic-23	7	2497.67	3.11	31.75
MFP(0.50%)-14	22-Dic-23	14	3040.33	3.79	38.65
MFP(0.50%)-28	05-Ene-24	28	3122.67	3.89	39.70

Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	Carga promedio (P) (kg/f)	Módulo de Rotura (R) promedio (Mpa)	Módulo de Rotura (R) promedio (kg/cm ²)
MFP(0.75%)-7	16-Dic-23	7	2776.00	3.46	35.29
MFP(0.75%)-14	23-Dic-23	14	2862.00	3.57	36.39
MFP(0.75%)-28	06-Ene-24	28	3567.33	4.45	45.35
MC-7	17-Abr-24	7	3115.33	3.88	39.61
MC-14	24-Abr-24	14	3316.00	4.13	42.16
MC-28	08-May-24	28	3580.67	4.46	45.52

Nota: en la tabla se observa el resumen y comparación de resultados del ensayo de resistencia a la flexión del concreto en estado endurecido. Laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 66

Resultados del ensayo de resistencia a la flexión a los 28 DÍAS

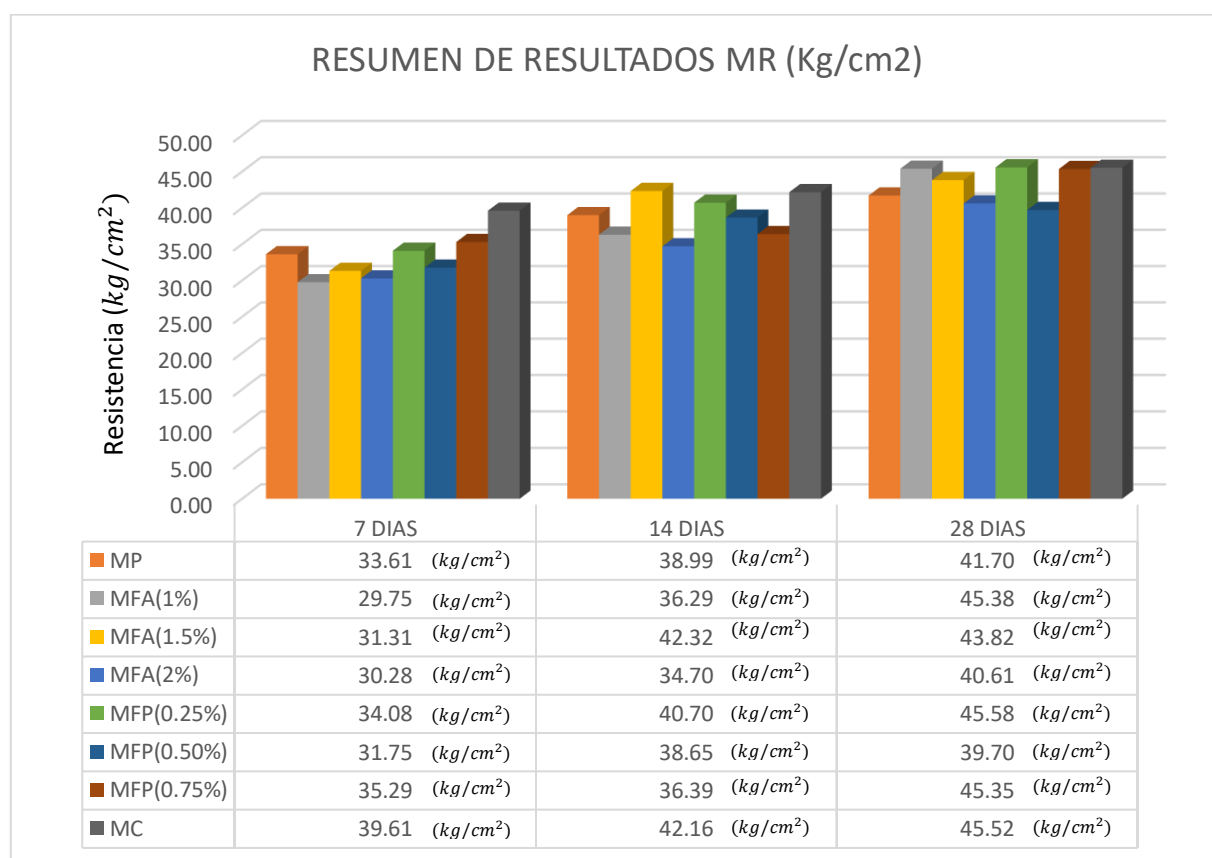
RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN NTP 339.078						
Resistencia de diseño $f'c=280$ kg/cm						
Resistencia de a los 28 días						
Código de muestra	Fecha	Edad (DÍAS)	Carga promedio (P) (kg/f)	Módulo de Rotura (R) promedio (Mpa)	Módulo de Rotura (R) promedio (kg/cm ²)	Relación con la MP (%)
MP-28	03/05/2024	28	3279.67	4.09	41.70	100.00%
MFA(1%)-28	02/02/2024	28	3569.67	4.45	45.38	8.84%
MFA(1.5%)-28	01/02/2024	28	3447.00	4.30	43.82	5.10%
MFA(2%)-28	06/02/2024	28	3194.67	3.98	40.61	-2.59%
MFP(0.25%)-28	04/01/2024	28	3585.00	4.47	45.58	9.31%
MFP(0.50%)-28	05/01/2024	28	3122.67	3.89	39.70	-4.79%
MFP(0.75%)-28	06/01/2024	28	3567.33	4.45	45.35	8.77%
MC-28	08/05/2024	28	3580.67	4.46	45.52	9.18%

Nota: en la tabla se observa la resistencia a la flexión final pasado los 28 días que indica la norma, por otro lado, también se observa la relación que existe de cada grupo con respecto al resultado de la muestra patrón, donde se ve que existió un incremento en la resistencia.

Fuente: laboratorio Linux Ingenieros S.R.L.

Figura 55

Resumen de los resultados de resistencia a la flexión

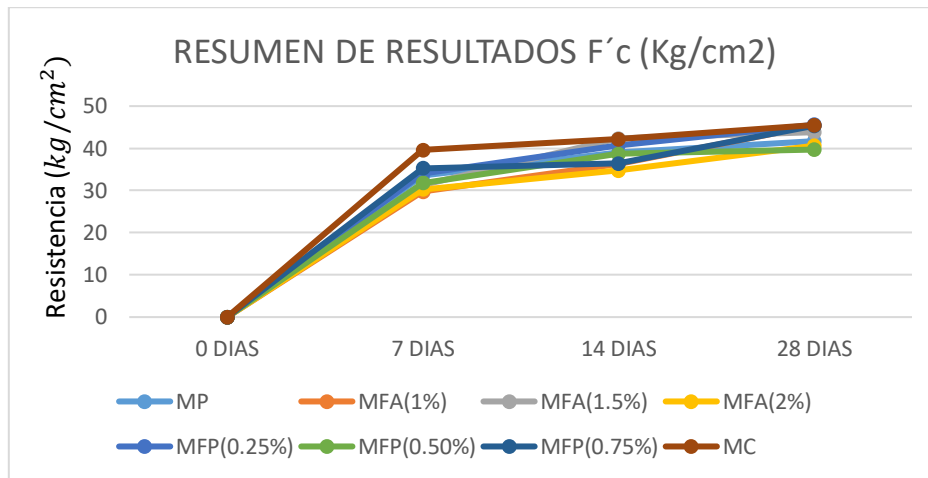


Nota: en la tabla se visualiza el promedio de los resultados de resistencia a la flexión de acuerdo a los diferentes grupos.

Fuente: laboratorio Linux Ingenieros S.R.L.

Figura 56

Grafico del resumen de los resultados de resistencia a la flexión

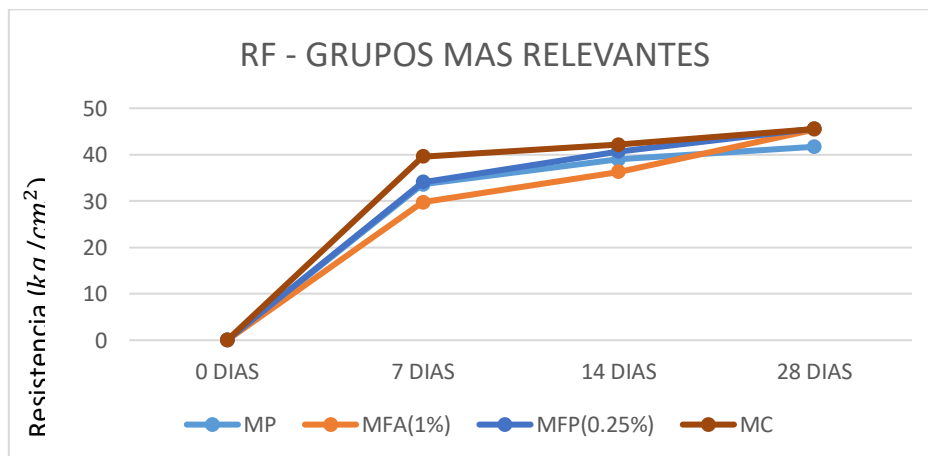


Nota: se observa en la figura que el módulo de rotura de la muestra patrón está por debajo de los resultados con adición de fibra metálica y sintética.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Figura 57

Grafico de la resistencia a la flexión a los 28 días de los grupos más relevantes



Nota: se observa en la figura el módulo de rotura de los resultados mas relevantes.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el módulo de rotura de la MP a los 28 días fue $Mr. = 41.70 \text{ kg/cm}^2$, mientras que la muestra con 1%, 1.5%, 2% de Fibra de acero obtuvo $Mr. = 45.38 \text{ kg/cm}^2$, $Mr. = 43.82 \text{ kg/cm}^2$, $Mr. = 40.61 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente existiendo un incremento de resistencia y una disminución, la muestra con 0.25% 0.50%, 0.75% de Fibra de polipropileno obtuvo $Mr. = 45.58 \text{ kg/cm}^2$, $Mr. = 39.70 \text{ kg/cm}^2$, $Mr. = 45.35 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente también existiendo un incremento y disminución de resistencia con respecto a la MP, finalmente la combinación de ambas fibras obtuvo un $Mr. = 45.52 \text{ kg/cm}^2$ superando al módulo de rotura de la MP, satisfaciendo la norma técnica CE 0.10. PU (IGG, 2018)

5.1.4. Resultados del ensayo de contracción plástica (Fisuración)

Tabla 67

Resultados del ensayo de Contracción Plástica

Nº	MUESTRA	CODIGO DE MUESTRA	FECHA DE ELABORACION	MEDIDA (mm)	PROMEDIO (mm)
1	MUESTRA PATRON	MP-01	27/01/2025	0.64	
2	MUESTRA PATRON	MP-02	27/01/2025	0.66	0.66
3	MUESTRA PATRON	MP-03	27/01/2025	0.67	
4	(1%) FIBRA DE ACERO	FA-01	27/01/2025	0.40	
5	(1%) FIBRA DE ACERO	FA-02	27/01/2025	0.39	0.40
6	(1%) FIBRA DE ACERO	FA-03	27/01/2025	0.40	
7	(0.25%) FIBRA DE POLIPROPILENO	FP-01	27/01/2025	0.18	
8	(0.25%) FIBRA DE POLIPROPILENO	FP-02	27/01/2025	0.19	0.19
9	(0.25%) FIBRA DE POLIPROPILENO	FP-03	27/01/2025	0.19	
10	MUESTRA COMBINADA	MC-01	27/01/2025	0.30	
11	MUESTRA COMBINADA	MC-02	27/01/2025	0.28	0.29
12	MUESTRA COMBINADA	MC-03	27/01/2025	0.29	

Nota: en la tabla se observa los resultados del ensayo de Contracción Plástica.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

Tabla 68

Calculo e interpretación de resultados

MUESTRA	PROMEDIO (mm)	RELACION DE REDUCCION DE GRIETAS	INTERPRETACION
MUESTRA PATRON	0.66	0%	Muestra base para las futuras comparaciones-
(1%) FIBRA DE ACERO	0.40	40%	La adición de FA al 1% en relación al cemento, disminuye un 40% el agrietamiento del concreto con relaciona a la muestra patrón.
(0.25%) FIBRA DE POLIPROPILENO	0.19	72%	La adición de Fibra de Polipropileno al 0.25% en relación al cemento, disminuye un 72% el agrietamiento del concreto con relaciona a la muestra patrón, siendo prácticamente imperceptible
MUESTRA COMBINADA	0.29	56%	La adición de FA al 0.5% y Fibra de Polipropileno al 0.125 %en relación al cemento, disminuye un 56% el agrietamiento del concreto con relaciona la muestra patrón.

Nota: en la tabla se observa los resultados e interpretación del ensayo de Contracción Plástica.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la fibra de acero al 1% de adición reduce un 40% la presencia de fisuras, la muestra combinada reduce un 56 % y la fibra de polipropileno al 0.25% de adición reduce un 72% la presencia de fisuras siendo prácticamente imperceptible a la vista, en comparación a la muestra patrón, obteniendo el mejor resultado a diferencia de las otras muestras.

5.1.5. Costos adicionales por m^3

Al hacer uso de las FA y FP, existirán costos adicionales por m^3 a todos los proyectos donde se requiera. Por ende, se realizó un cálculo por bolsa y por m^3 del gasto adicional.

Tabla 69

Dosificación para $1m^3$

ELEMENTO	POR PESO	POR VOLUMEN
	$/ m^3$	SUELTO
Agua	241.634 kg	0.242 m^3
Cemento	353.45 kg	8.32 bolsas
Agregado Grueso	1000.34 kg	0.656 m^3
Agregado Fino	795.45 kg	0.504 m^3

Nota: en la tabla se observa la dosificación para 1 m^3 de concreto.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

1 bolsa de cemento = 42.5 kg

1.6 kg de Fibra de Polipropileno = S/. 59.50 soles

20 kg de Fibra de acero = S/248.00 soles

Para 1% de FA, se utilizaría 0.425 kg de FA por bolsa, y para m^3 se requieren 8.32 bolsas por lo tanto por m^3 se utilizaría $(0.425 * 8.32) = 3.535$ kg de FA, por lo tanto si 20 Kg cuesta S/248.00 soles, 3.535 kg costaría S/.43.83 soles usando la misma lógica resulta la siguiente tabla.

Tabla 70*Costos de fibras por m³*

% DE FIBRAS	Fibra por bol (kg)	Fibra por m³ (kg)	Costo por m³ (S/.)
1% DE FIBRA DE ACERO	0.425	3.53	S/43.83
1.5% DE FIBRA DE ACERO	0.638	5.30	S/65.74
2% DE FIBRA DE ACERO	0.850	7.07	S/87.66
0.25% DE POLIPROPILENO	0.106	0.88	S/10.96
0.50% DE POLIPROPILENO	0.213	1.77	S/21.91
0.75% DE POLIPROPILENO	0.319	2.65	S/32.87

Nota: la tabla muestra el costo adicional por metro cúbico generado al emplear fibras de acero y fibras de polipropileno, en función de la dosificación requerida.

Fuente: Elaboración propia

5.1.6. Relación Costo-Beneficio.

Teniendo como referencia los costos unitarios del proyecto (“MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AV. NUÑEZ, ABANCAY – APURIMAC “, 2019), donde se empleó pavimento con resistencia $f'c=280$ kg/cm² y acero de temperatura. El costo por m³ del concreto premezclado $f'c=280$ kg/cm² en pavimento rígido $e=0.20$ m fue de S/. 412.84.

Tabla 71

Costos unitarios del concreto utilizado en el proyecto de la Av. Núñez.

Partida: 04.01.04. Concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² en pavimento rígido $e=0.20$ m						
Rendimiento: m ³ /DÍA	MO. 120.0000		EQ. 120.0000		C.U.D m³: S/. 412.84	
Mano de Obra						
Código	Descripción	Und	Cuadrilla	Cant.	Precio S/.	Parcial S/.
147010002	Operario	hh	1	0.0667	16.1	1.07
147010003	Oficial	hh	2	0.1333	13.81	1.84
147010004	Peón	hh	2	0.1333	12.45	1.66
						4.57
Materiales						
205010004	Arena gruesa	m ³		0.52	60	31.2
205030005	Piedra chancada de 3/4"	m ³		0.75	60	45
208000005	Aditivo incorporador de aire	gln		1.02	55	6.6
221000000	Cemento portland tipo i	BOL		11	18.5	203.5
239050000	Agua	m ³		1	1	0.19
						286.49
Equipos						
337010001	Herramientas manuales	%MO	3		4.57	0.14
349070001	Vibrador de concreto 4 hp 1.35"	hm	1	0.0667	25	1.67
349070052	Equipo para preparar concreto pre-mezclado	hm	2	0.1333	900	119.97
						121.78

Nota: en la tabla se observa el análisis de precio unitario de la partida de concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm² en pavimento rígido $e=0.20$ m, que se utilizó como referencia en la presente investigación.

Fuente: (“MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN LA AV. NUÑEZ, ABANCA Y – APURIMAC “, 2019)

Tabla 72*Relación costo-beneficio*

% DE FIBRAS	Costo por m³ (S/.)	Costo m³ PR (S/.)	MR a los 28 días (Kg/cm²)	Relación C-B
MUESTRA PATRON	S/ 0.00	S/ 412.84	41.7	0.10
1% DE FIBRA DE ACERO	S/ 43.83	S/ 456.67	45.38	0.10
1.5% DE FIBRA DE ACERO	S/ 65.74	S/ 478.58	43.82	0.09
2% DE FIBRA DE ACERO	S/ 87.66	S/ 500.50	40.61	0.08
0.25% DE POLIPROPILENO	S/ 10.96	S/ 423.80	45.58	0.11
0.50% DE POLIPROPILENO	S/ 21.91	S/ 434.75	39.7	0.09
0.75% DE POLIPROPILENO	S/ 32.87	S/ 445.71	45.35	0.10
0.5% FA Y 0.125% FP	S/ 27.40	S/ 440.24	45.52	0.10

Nota: el cuadro expresa los resultados en relación al costo-beneficio donde la adición de fibra de polipropileno al 0.25 % obtiene la relación más favorable y beneficiosa.

Fuente: laboratorio Lunix Ingenieros S.R.L.

5.2. Prueba de hipótesis

Para contrastar las hipótesis planteadas en la investigación, se realizará un análisis de varianza de un factor, complementado con pruebas post hoc de Tukey. Se emplea el método ANOVA debido a la participación de más de dos medias poblacionales.

5.2.1. Para la primera hipótesis específica:

La adición de fibras de acero trefiladas y fibras de polipropileno tienen una influencia con respecto al asentamiento en el estado fresco del concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay – 2023.

Media, varianza y desviación estándar

Tabla 73

Media, Varianza y D. estándar, del primer objetivo específico.

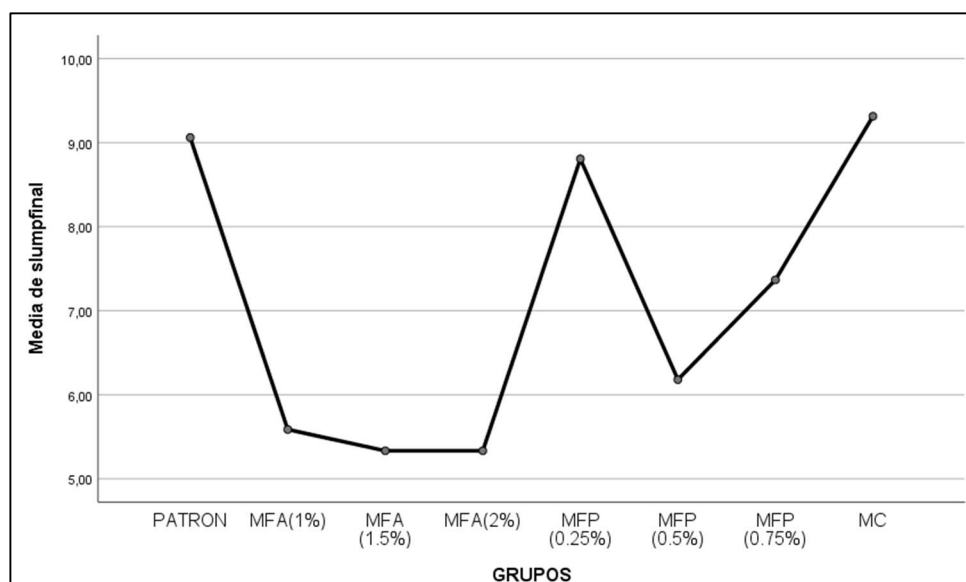
Código de muestra	SLUMP (cm)	Media	Varianza	Desviación estándar
MP - 01	8.38			
MP - 02	9.91	9.06	0.607	0.77904
MP - 03	8.89			
MFA(1%)-01	5.33			
MFA(1%)-02	5.59	5.59	0.65	0.25502
MFA(1%)-03	5.84			
MFA(1.5%)-01	4.83			
MFA(1.5%)-02	5.33	5.33	0.255	0.50501
MFA(1.5%)-03	5.84			
MFA(2%)-01	5.33			
MFA(2%)-02	5.59	5.33	0.65	0.25502
MFA(2%)-03	5.08			
MFP(0.25%)-01	8.636			
MFP(0.25%)-02	8.382	8.81	0.281	0.53003
MFP(0.25%)-03	9.398			
MFP (0.5%)-01	5.842			
MFP (0.5%)-02	6.096	6.18	0.149	0.38626
MFP (0.5%)-03	6.604			
MFP(0.75%)-01	7.62			
MFP(0.75%)-02	7.112	7.37	0.65	0.25502
MFP(0.75%)-03	7.366			
MC-01	9.398			
MC-02	8.89	9.31	0.15	0.38734
MC-03	9.652			

Nota: en la tabla esta el análisis corresponde a los resultados del objetivo específico 1, resultados obtenidos del programa (IBM SPSS v26)

Los valores de obtenidos con respecto a la desviación estándar y varianza se categorizan como excelentes de acuerdo a la Figura 15.

Figura 58

Gráfico de medias



Nota: el grafico expresa las medias correspondientes al objetivo secundario 1.

Fuente: programa IBM SPSS v26.

Definición de las medias muestrales:

μ_1 = Media del asentamiento del concreto correspondiente a la muestra patrón.

μ_2 = Media del asentamiento del concreto correspondiente a la muestra con 1% FA.

μ_3 = Media del asentamiento del concreto correspondiente a la muestra con 1.5% FA.

μ_4 = Media del asentamiento del concreto correspondiente a la muestra con 2% FA.

μ_5 = Media del asentamiento del concreto correspondiente a la muestra con 0.25% FP.

μ_6 = Media del asentamiento del concreto correspondiente a la muestra con 0.50% FP.

μ_7 = Media del asentamiento del concreto correspondiente a la muestra con 0.75% FP.

μ_8 = Media del asentamiento del concreto correspondiente a la muestra con FA y FP.

Prueba de normalidad

H_0 = Hipótesis nula = La distribución es normal

H_1 = Hipótesis alterna = La distribución no es normal

Si, el valor de la significancia $p \geq 0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula

Tabla 74

Prueba de normalidad, para la primera hipótesis específica

Pruebas de normalidad				
Variable dependiente	GRUPOS	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
SLUMP	MP	0.964	3	0.637
	MFA (1%)	1.000	3	0.978
	MFA (1.5%)	1.000	3	0.989
	MFA (2%)	1.000	3	0.978
	MFP (0.25%)	0.926	3	0.473
	MFP (0.5%)	0.968	3	0.656
	MFP (0.75%)	1.000	3	0.978
	MC	0.962	3	0.628

Nota: en la tabla se muestra los resultados de la prueba de normalidad del ensayo de slump, que corresponde a la primera hipótesis específica.

Fuente: programa IBM SPSS v26

La tabla 74, Los resultados evidencian un valor de significancia $p \geq 0.05$ en la prueba estadística Shapiro-Wilk, lo que lleva a rechazar la hipótesis alternativa y aceptar la hipótesis nula, la cual indica que los datos provienen de una distribución normal.

Prueba de homogeneidad de varianzas.

H_0 = Las varianzas de los grupos son iguales.

H_1 = Las varianzas de los grupos no son iguales.

Si, el valor de la significancia $p \geq 0.05$, las varianzas son homogéneas

Si, el valor de la significancia $p < 0.05$, las varianzas no son homogéneas

Tabla 75

Prueba de homogeneidad de varianzas, para la primera hipótesis específica.

Prueba de homogeneidad de varianzas					
	Est. Levene	gl1	gl2	Sig.	
SLUMP	Se basa en la Md	1.19	7	16	0.362
	Se basa en la mediana	0.485	7	16	0.831
	Se basa en la mediana y con gl ajustad	0.485	7	8.847	0.823
	Se basa en la Md R.	1.134	7	16	0.39

Nota: en la tabla se muestra los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas del ensayo de slump, que corresponde a la primera hipótesis específica obtenidos del programa.

Fuentes: programa IBM SPSS v26.

La tabla 75, evidencia que los resultados muestran una significancia $p \geq 0.05$, con el estadístico de prueba **Levene** concluyendo que, Se descarta la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula, la cual señala que las variaciones entre los diferentes grupos son iguales.

Análisis de varianza de un factor (ANOVA)

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8$$

$H_{1=}$ al menos una de las medias es diferente de las demás.

Si, el valor de la significancia $p \geq 0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

Tabla 76

Prueba anova para la primera hipótesis específica

ANOVA					
	Suma	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	63.297	7	9.042	44.185	0.000
Dentro de grupos	3.274	16	0.205		
Total	66.571	23			

Nota: en la tabla se muestra los resultados del análisis de varianza de un factor del ensayo de slump, que corresponde a la primera hipótesis específica obtenidos del programa.

Fuente: programa IBM SPSS v26.

La tabla 76, evidencia que los resultados muestran una significancia $p \leq 0.05$,

concluyendo que, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, la cual establece que al menos una de las medias que representan al asentamiento del concreto es diferente de las demás.

Sub conjuntos homogéneos

Tabla 77

Sub conjuntos homogéneos de la primera hipótesis específica

GRUPOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
MFA (1.5%)	3	5.3333		
MFA (2%)	3	5.3333		
MFA (1%)	3	5.5867		
MFP (0.5%)	3	6.1800	6.1800	
MFP (0.75%)	3		7.3667	
MFP (0.25%)	3			8.8067
MP	3			9.0600
MC	3			9.3133
Sig.		0.354	0.079	0.857

Nota: en la tabla se muestra los sub conjuntos homogéneos de la primera hipótesis específica.

Fuente: programa IBM SPSS v26.

En la Tabla 77 se presentan los subconjuntos homogéneos obtenidos a partir de los resultados de asentamiento del concreto con distintos porcentajes de incorporación de fibras, se observa que los grupos MC, MP y MFP (0.25%) pertenecen al mismo sub conjunto concluyendo que no existe influencia significativa ante la trabajabilidad siendo un punto positivo para la mezcla, a diferencia de los otros.

5.2.2. Para la segunda hipótesis específica:

La adición de fibras de acero trefiladas y fibras de polipropileno tienen una influencia en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay – 2023.

Media, Varianza y Desviación estándar

Tabla 78

Media, Varianza y D. Estándar, del segundo objetivo específico.

MUESTRA PATRÓN			
CODIGO DE MUESTRA	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MP 01	255.61	284.20	323.52
MP 02	256.26	285.62	322.62
MP 03	254.23	282.96	322.02
Media	255.37	284.26	322.72
Varianza	1.075	7.507	0.570
Desviación estándar	1.03665	2.73981	0.75498
MFA (1%)			
CODIGO DE MUESTRA	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MFA(1%) 01	238.872	287.746	294.432
MFA(1%) 02	230.313	286.451	299.630
MFA(1%) 03	227.818	285.330	301.668
Media	232.33	286.51	298.58
Varianza	3.448	1.467	13.937
Desviación estándar	1.85689	1.21112	3.73317

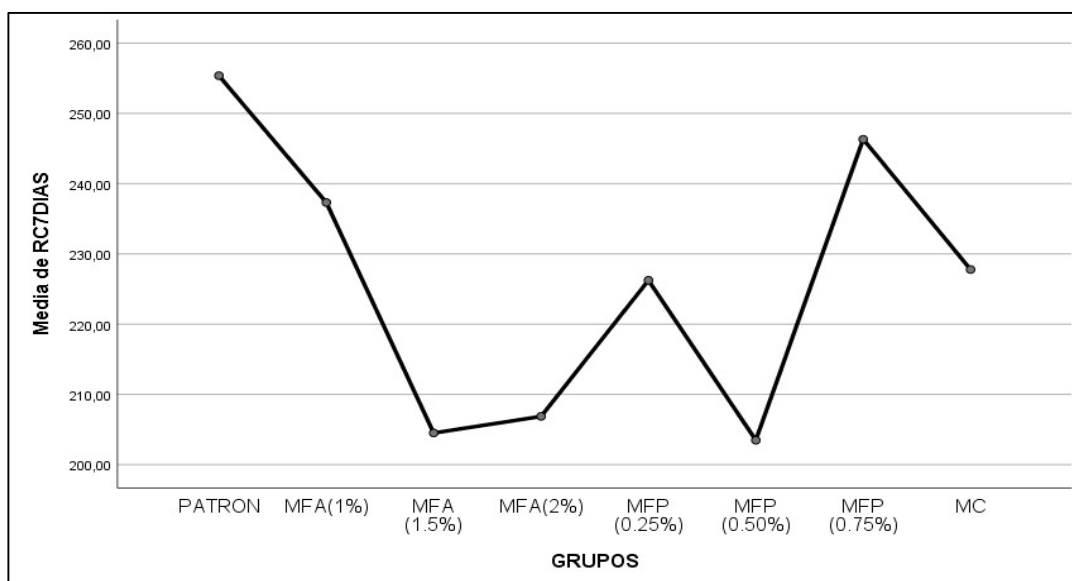
MFA (1.5%)			
CODIGO DE MUESTRA	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MFA(1.5%) 01	206.97	206.97	281.95
MFA(1.5%) 02	205.01	205.01	281.13
MFA(1.5%) 03	201.54	201.54	282.07
Media	204.50	204.50	281.72
Varianza	7.561	0.131	0.262
Desviación estándar	2.74977	0.36254	0.5116
MFA (2%)			
CODIGO DE MUESTRA	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MFA(2%) 01	207.60	246.42	272.92
MFA(2%) 02	207.23	246.89	274.48
MFA(2%) 03	205.77	245.80	276.46
Media	206.87	246.37	274.62
Varianza	0.936	0.299	3.148
Desviación estándar	0.96759	0.54672	1.77415
MFP (0.25%)			
CODIGO DE MUESTRA	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MFP(0.25%) 01	225.739	274.537	297.806
MFP(0.25%) 02	227.121	274.476	294.692
MFP(0.25%) 03	225.229	275.519	295.976
Media	226.03	274.84	296.16
Varianza	0.904	0.341	5.016
Desviación estándar	0.95102	0.58389	2.23974

MFP (0.50%)			
CODIGO DE MUESTRA	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MFP(0.50%) 01	204.42	268.46	275.73
MFP(0.50%) 02	202.83	267.95	273.41
MFP(0.50%) 03	205.91	269.17	277.79
Media	204.39	268.52	275.64
Varianza	0.698	118.612	4.802
Desviación estándar	0.83548	10.8909	2.19129
MFP (0.75%)			
CODIGO DE MUESTRA	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MFP(0.75%) 01	246.40	276.42	309.77
MFP(0.75%) 02	247.09	272.25	310.33
MFP(0.75%) 03	244.45	277.76	308.25
Media	245.98	275.48	309.45
Varianza	0.678	8.257	1.158
Desviación estándar	0.82343	2.87358	1.07629
MC			
CODIGO DE MUESTRA	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MC 01	226.07	263.81	302.09
MC 02	227.09	262.81	301.44
MC 03	230.15	264.36	302.46
Media	227.77	263.66	302.00
Varianza	4.508	0.618	0.267
Desviación estándar	2.123	0.78581	0.51637

Nota: El análisis corresponde a los resultados del objetivo específico 2, donde se observa la media, variación y desviación estándar por cada grupo a los 7, 14 y 28 días, los resultados fueron obtenidos del programa (IBM SPSS v26).

Figura 59

Gráfico de medias a los 7 días, hipótesis específica 2

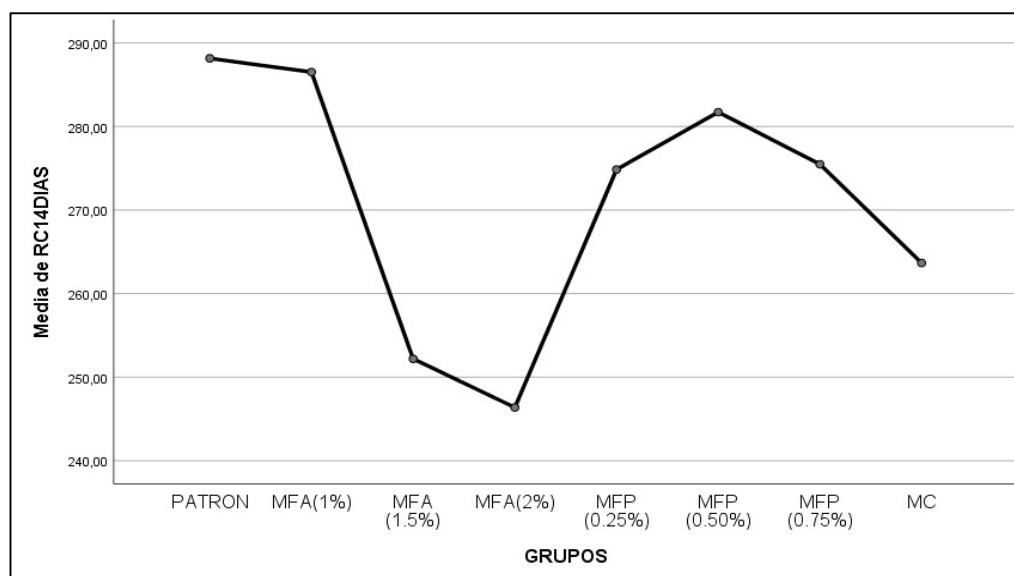


Nota: se observa el gráfico de medias a los 7 días para la hipótesis específica 2.

Fuente: programa IBM SPSS v26

Figura 60

Gráfico de medias a los 14 días, hipótesis específica 2

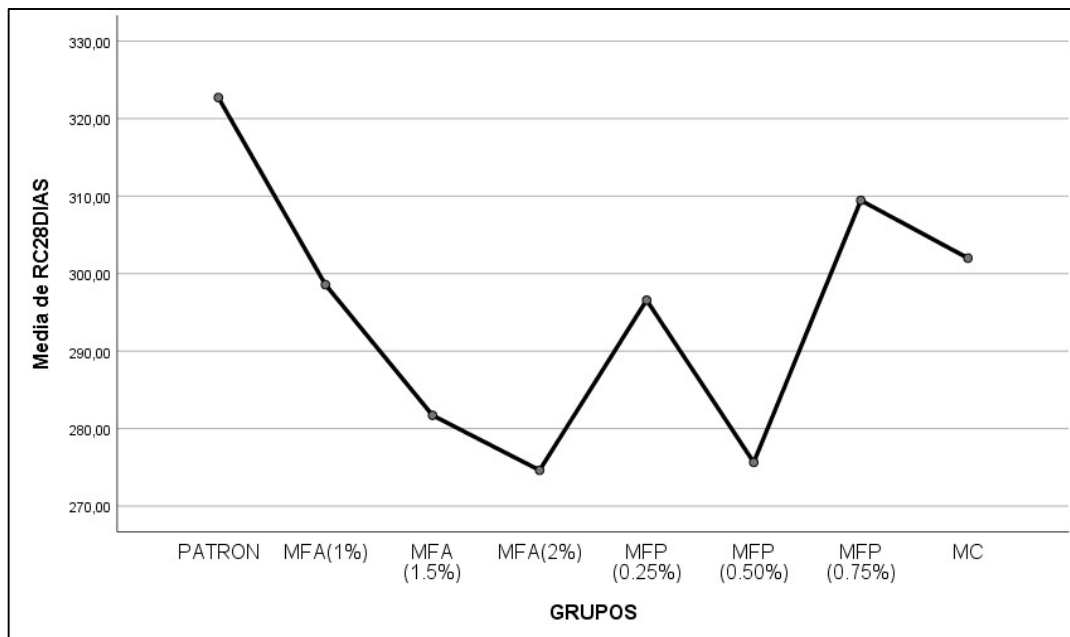


Nota: se observa el gráfico de medias a los 14 días para la hipótesis específica 2.

Fuente: programa IBM SPSS v26

Figura 61

Gráfico de medias a los 28 días, hipótesis específica 2



Nota: se observa el gráfico de medias a los 28 días para la hipótesis específica 2.

Fuente: programa IBM SPSS v26

Definición de las medias muestrales:

En la presente investigación se optó por analizar las muestras obtenidas a los 28 días para el análisis de varianza de un factor ya que es el día en el que el concreto llega a su máxima resistencia y se puede evaluar su influencia.

μ_{RC-1} = Media de RC del concreto a los 28 días correspondiente a la MP.

μ_{RC-2} = Media de RC del concreto a los 28 días correspondiente a la muestra con 1% FA.

μ_{RC-} = Media de RC del concreto a los 28 días correspondiente a la muestra con 1.5% FA.

μ_{RC-4} = Media de RC del concreto a los 28 días correspondiente a la muestra con 2% FA.

μ_{RC-5} = Media de RC del concreto a los 28 días correspondiente a la muestra con 0.25% FP.

μ_{RC-} = Media de RC del concreto a los 28 días correspondiente a la muestra con 0.50% FP.

μ_{RC-7} = Media de RC del concreto a los 28 días correspondiente a la muestra con 0.75% FP.

μ_{RC-8} = Media de RC del concreto a los 28 días correspondiente a la muestra con FA y FP.

Prueba de normalidad

H_0 = Hipótesis nula = La distribución es normal

H_1 = Hipótesis alterna = La distribución no es normal

Si, el valor de la significancia $p \geq 0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

Tabla 79*Prueba de normalidad, para la segunda hipótesis específica*

Pruebas de normalidad				
Variable dependiente	GRUPOS	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
RC a los 28 días	MP	0.987	3	0.780
	MFA (1%)	0.940	3	0.529
	MFA (1.5%)	0.844	3	0.225
	MFA (2%)	0.995	3	0.869
	MFP (0.25%)	0.947	3	0.558
	MFP (0.5%)	0.999	3	0.935
	MFP (0.75%)	0.934	3	0.503
	MC	0.975	3	0.700

Nota: en la tabla se muestra los resultados de la prueba de normalidad del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días, que corresponde a la segunda hipótesis específica obtenidos del programa.

Fuente: programa IBM SPSS v26.

La tabla 79, Los resultados indican un valor de significancia $p \geq 0.05$ en la prueba estadística Shapiro-Wilk, lo que permite rechazar la hipótesis alternativa y aceptar la hipótesis nula, la cual sostiene que los datos siguen una distribución normal.

Prueba de homogeneidad de varianzas.

H_0 = Las varianzas de los grupos son iguales.

H_1 = Las varianzas de los grupos no son iguales.

Si, el valor de la significancia $p \geq 0.05$, las varianzas son homogéneas

Si, el valor de la significancia $p < 0.05$, las varianzas no son homogéneas

Tabla 80

Prueba de homogeneidad de varianzas, para la segunda hipótesis específica

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Est. Levene	gl1	gl2	Sig.
	Se basa en la Md	2.578	7	16	0.055
RC - 28	Se basa en la mediana	0.968	7	16	0.486
días	Se basa en la mediana y con gl ajustad	0.968	7	5.973	0.524
	Se basa en la Md. R	2.442	7	16	0.066

Nota: la tabla presenta los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas del ensayo de resistencia a compresión a los 28 días, correspondiente a la segunda hipótesis específica, obtenidos mediante el programa.

Fuente: programa IBM SPSS v26.

La tabla 80, evidencia que los resultados muestran una significancia $p \geq 0.05$, con el estadístico de prueba **Levene** concluyendo que, Se descarta la hipótesis alternativa y se confirma la hipótesis nula, la cual indica que las variaciones entre los distintos grupos son equivalentes.

Análisis de varianza de un factor (ANOVA)

$$H_0 = \mu_{RC-1} = \mu_{RC-2} = \mu_{RC-3} = \mu_{RC-4} = \mu_{RC-5} = \mu_{RC-6} = \mu_{RC-7} = \mu_{RC-8}$$

$H_{1=}$ al menos una de las medias es diferente de las demás.

Si, el valor de la significancia $p \geq 0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

Tabla 81*Prueba anova para la segunda hipótesis específica*

ANOVA					
	Suma	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	6023.052	7	860.436	236.067	0.000
Dentro de grupos	58.318	16	3.645		
Total	6081.370	23			

Nota: la tabla presenta los resultados del análisis de varianza de un factor para el ensayo de resistencia a compresión a los 28 días, correspondiente a la segunda hipótesis específica, obtenidos mediante el programa.

Fuente: programa IBM SPSS v26.

La tabla 81, evidencia que los resultados muestran una significancia $p \leq 0.05$, concluyendo que, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, la cual establece que al menos una de las medias que representan al asentamiento del concreto es diferente de las demás.

Sub conjuntos homogéneos

Tabla 82*Sub conjuntos homogéneos de la segunda hipótesis específica*

GRUPOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
MFA (2%)	3	274.6200					
MFP (0.50%)	3	275.6433					
MFA (1.5%)	3		281.7167				

Subconjunto para alfa = 0.05							
GRUPO	N	1	2	3	4	5	6
MFP (0.25%)	3			296.5733			
MFA (1%)	3			298.5767	298.5767		
MC	3				301.9967		
MFP (0.75%)	3					309.4500	
MP	3						322.7200
Sig.		0.997	1.000	0.892	0.403	1.000	1.000

Nota: en la tabla se muestra los sub conjuntos homogéneos de la segunda hipótesis específica la segunda hipótesis específica obtenidos del programa.

Fuente: programa IBM SPSS v26.

En la tabla 82 se Se presentan los subconjuntos homogéneos obtenidos del ensayo de resistencia a compresión a los 28 días en concretos con distintos porcentajes de adición de fibras. Se identifican seis subconjuntos, donde la muestra patrón (MP) registra el valor más alto en comparación con los demás grupos experimentales, lo que indica que las fibras de acero y de polipropileno influyen en la resistencia del concreto. Asimismo, se observa que los grupos MFA (1.5%), MFP (0.25%), MFA (1%), MC y MFP (0.75%) superan la resistencia teórica de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

5.2.3. Para la tercera hipótesis específica:

La adición de fibras de acero trefiladas y fibras de polipropileno tienen una influencia en la resistencia a la flexión del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay – 2023.

Media, varianza y desviación estándar

Tabla 83

Media, Varianza y D. estándar, del tercer objetivo específico.

MUESTRA PATRÓN			
	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MP 01	34.25	40.21	42.23
MP 02	33.40	38.93	41.86
MP 03	33.17	37.83	40.99
Media	33.61	38.99	41.70
Varianza	0.324	1.419	0.405
Desviación estándar	0.58889	1.19113	0.63658
MFA (1%)			
	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MFA(1%) 01	31.020	36.767	45.69
MFA(1%) 02	29.863	36.335	44.51
MFA(1%) 03	28.363	35.775	45.95
Media	29.75	36.29	45.38
Varianza	1.779	0.246	0.589
Desviación estándar	1.33362	0.49602	0.76742
MFA (1.5%)			
	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MFA(1.5%) 01	31.20	42.27	44.41
MFA(1.5%) 02	31.40	42.03	43.98
MFA(1.5%) 03	31.34	42.67	43.09
Media	31.31	42.32	43.82
Varianza	0.011	0.105	0.453
Desviación estándar	0.10263	0.32332	0.67323
MFA (2%)			
	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MFA(2%) 01	29.43	33.12	40.21
MFA(2%) 02	30.44	35.98	41.01
MFA(2%) 03	30.97	35.01	40.62
Media	30.28	34.70	40.61
Varianza	0.612	2.115	0.16
Desviación estándar	0.78237	1.45445	0.40004

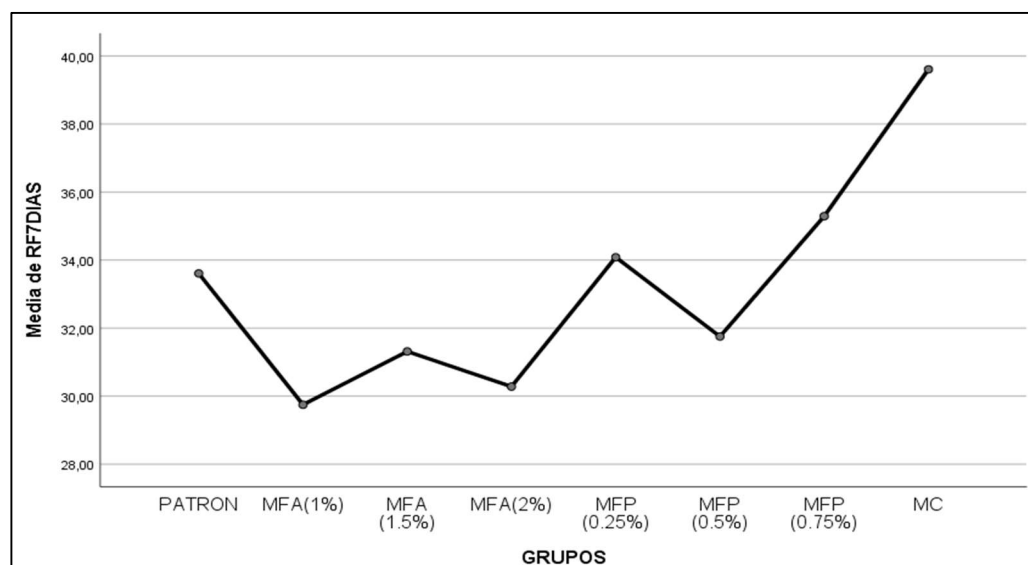
MFP (0.25%)			
	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MFP(0.25%) 01	33.83	41.11	45.12
MFP(0.25%) 02	33.55	40.44	45.92
MFP(0.25%) 03	34.87	40.56	45.69
Media	34.08	40.70	45.58
Varianza	0.484	0.128	0.17
Desviación estándar	0.69551	0.35726	0.41187
MFP (0.50%)			
	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MFP(0.50%) 01	32.75	37.39	39.39
MFP(0.50%) 02	30.79	42.06	39.45
MFP(0.50%) 03	31.72	36.51	40.26
Media	31.75	38.65	39.70
Varianza	0.961	8.898	0.236
Desviación estándar	0.98043	2.98289	0.4859
MFP (0.75%)			
	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MFP(0.75%) 01	35.43	36.54	44.69
MFP(0.75%) 02	34.08	37.57	46.99
MFP(0.75%) 03	36.36	35.05	44.38
Media	35.29	36.39	45.35
Varianza	1.314	1.605	2.033
Desviación estándar	1.14643	1.26698	1.42584
MC			
	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
MC 01	38.79	42.27	46.63
MC 02	39.47	43.64	45.35
MC 03	40.56	40.56	44.59
Media	39.61	42.16	45.52
Varianza	0.797	2.381	1.063
Desviación estándar	0.89288	1.5432	1.03099

Nota: la tabla expresa el análisis corresponde a los resultados del objetivo específico 3, donde se observa la media, variación y desviación estándar por cada grupo a los 7, 14 y 28 días.

Fuente: programa IBM SPSS v26,

Figura 62

Gráfico de medias a los 7 días, hipótesis específica 3

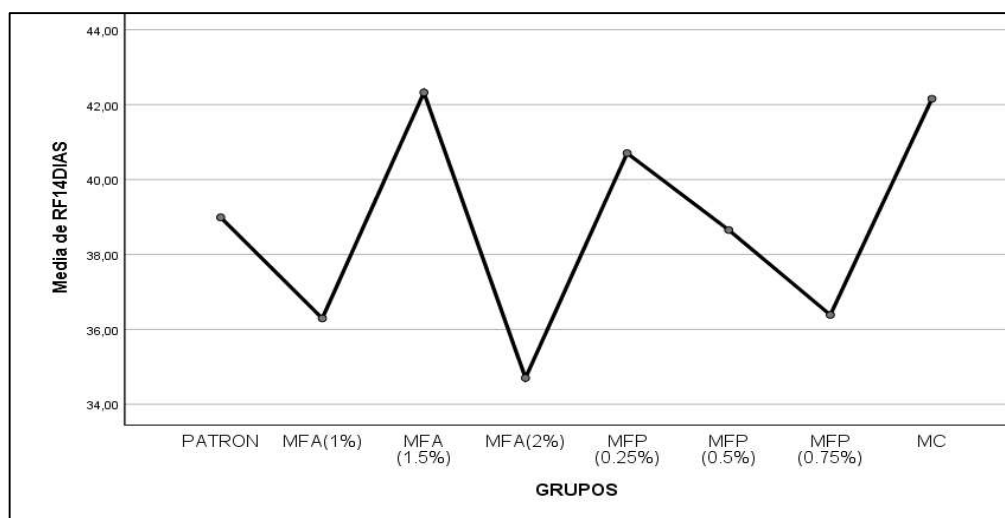


Nota: el grafico corresponde a las medias a los 7 días para la hipótesis específica 3

Fuente: programa IBM SPSS v26

Figura 63

Gráfico de medias a los 14 días, hipótesis específica 3

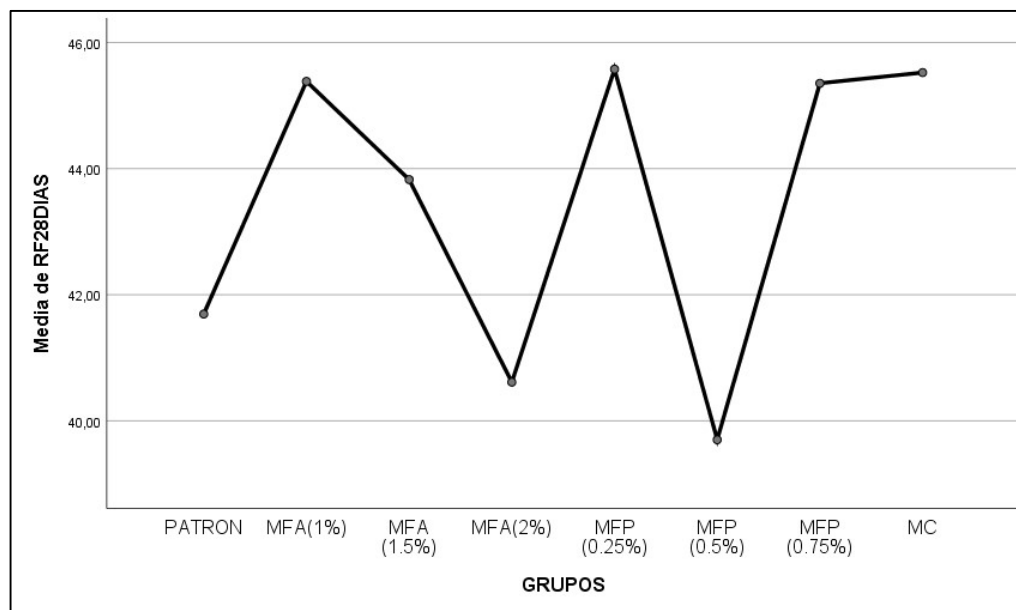


Nota: el grafico corresponde a las medias a los 14 días para la hipótesis específica 3

Fuente: programa IBM SPSS v26

Figura 64

Gráfico de medias a los 28 días, hipótesis específica



Nota: el grafico corresponde a las medias a los 28 días para la hipótesis específica 3

Fuente: programa IBM SPSS v26

Definición de las medias muestrales:

Se optó por analizar las muestras obtenidas a los 28 días para el análisis de varianza de un factor ya que es el día en el que el concreto llega a su máxima resistencia y se puede evaluar su influencia.

μ_{RF-1} = Media de RF del concreto a los 28 días correspondiente a la MP.

μ_{RF-2} = Media de RF del concreto a los 28 días correspondiente a la muestra con 1% FA.

μ_{RF-3} = Media de la RF del concreto a los 28 días correspondiente a la muestra con 1.5% FA.

μ_{RF-} = Media de RF del concreto a los 28 días correspondiente a la muestra con 2% FA.

μ_{RF-5} = Media de RF del concreto a los 28 días correspondiente a la muestra con 0.25% FP.

μ_{RF-6} = Media de RF del concreto a los 28 días correspondiente a la muestra con 0.50% FP.

μ_{RF-7} = Media de RF del concreto a los 28 días correspondiente a la muestra con 0.75% FP.

μ_{RF-8} = Media de RF del concreto a los 28 días correspondiente a la muestra con FA y FP.

Prueba de normalidad

H_0 = Hipótesis nula = La distribución es normal

H_1 = Hipótesis alterna = La distribución no es normal

Si, el valor de la significancia $p \geq 0.05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

Tabla 84*Prueba de normalidad, para la tercera hipótesis específica*

Pruebas de normalidad				
Variable dependiente	GRUPOS	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
RF a los 28 días	MP	0.949	3	0.563
	MFA(1%)	0.880	3	0.325
	MFA(1.5%)	0.961	3	0.621
	MFA(2%)	1.000	3	0.972
	MFP(0.25%)	0.943	3	0.540
	MFP(0.5%)	0.801	3	0.118
	MFP(0.75%)	0.838	3	0.208
	MC	0.979	3	0.721

Nota: la tabla presenta los resultados de la prueba de normalidad del ensayo de resistencia a flexión a los 28 días, correspondiente a la tercera hipótesis específica, obtenidos mediante el programa.

Fuente: IBM SPSS v26.

La tabla 84, evidencia que los resultados muestran una significancia $p \geq 0.05$, con el estadístico de prueba **Shapiro-Wilk** concluyendo que, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, la cual establece que los datos provienen de una distribución normal.

Prueba de homogeneidad de varianzas.

H_0 = Las varianzas de los grupos son iguales.

H_1 = Las varianzas de los grupos no son iguales.

Si, el valor de la significancia $p \geq 0.05$, las varianzas son homogéneas

Si, el valor de la significancia $p < 0.05$, las varianzas no son homogéneas

Tabla 85

Prueba de homogeneidad de varianzas, para la tercera hipótesis específica

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Est. Levene	gl1	gl2	Sig.
	Se basa en la Md	2.052	7	16	0.111
RF - 28	Se basa en la mediana	0.359	7	16	0.913
días	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.359	7	6.624	0.899
	Se basa en la Md R.	1.84	7	16	0.148

Nota: la tabla presenta los resultados de la prueba de homogeneidad de varianzas del ensayo de resistencia a flexión a los 28 días, correspondiente a la tercera hipótesis específica, obtenidos mediante el programa.

Fuente: IBM SPSS v26.

La tabla 85, evidencia que los resultados muestran una significancia $p \geq 0.05$, con el estadístico de prueba **Levene** concluyendo que, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula, la cual establece que las variaciones de los distintos grupos son iguales.

Análisis de varianza de un factor (ANOVA)

$$H_0 = \mu_{RF-1} = \mu_{RF-2} = \mu_{RF-3} = \mu_{RF-4} = \mu_{RF-5} = \mu_{RF-6} = \mu_{RF-7} = \mu_{RF-8}$$

$H_{1=}$ al menos una de las medias es diferente de las demás.

Si el valor de significancia p es mayor o igual a 0.05, se descarta la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula.

Tabla 86

Prueba Anova para la tercera hipótesis específica

ANOVA					
	Suma	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	124.555	7	17.794	27.861	0.000
Dentro de grupos	10.218	16	0.639		
Total	134.773	23			

Nota: en la tabla se muestra los resultados del análisis de varianza de un factor del ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días, que corresponde a la tercera hipótesis específica obtenidos del programa.

Fuente: IBM SPSS v26.

La tabla 86, evidencia que los resultados muestran una significancia $p \leq 0.05$, concluyendo que, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, la cual establece que al menos una de las medias que representan al asentamiento del concreto es diferente de las demás.

Sub conjuntos homogéneos

Tabla 87

Sub conjuntos homogéneos de la tercera hipótesis específica

GRUPOS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
MFP (0.5%)	3	39.7000		
MFA (2%)	3	40.6133		
MP	3	41.6933	41.6933	
MFA (1.5%)	3		43.8267	43.8267
MFP (0.75%)	3			45.3533
MFA (1%)	3			45.3833
MC	3			45.5233
MFP (0.25%)	3			45.5767
Sig.		0.105	0.071	0.198

Nota: en la tabla se muestra los subconjuntos homogéneos de la tercera hipótesis específica obtenidos del programa.

Fuente: IBM SPSS v26.

En la Tabla 87 se presentan los subconjuntos homogéneos obtenidos del ensayo de resistencia a flexión a los 28 días en concretos con distintos porcentajes de incorporación de fibras, se observa 3 subconjuntos donde los grupos experimente MFA (1.5%), MFP (0.75%), MFA (1%), MC, MFP (0.25%) que se encuentran en el sub conjunto 3 superan a la MP que se encuentra en el sub conjunto 2 concluyendo que si existe una influencia positiva con respecto a la resistencia a la flexión del concreto, por otro lado, los grupos experimentales MFP(0.50%) y MFA (2%) que se encuentran en el sub conjunto 1 donde se muestra una disminución de resistencia ante la MP, pero superando a la resistencia requerida de la norma CE 0.10.

5.3. Discusiones

El proyecto presente tiene como objetivo conocer la influencia de dos tipos de fibras diferentes, siendo una metálica y la otra sintética con respecto a las propiedades del concreto en sus dos estados, para el diseño de un pavimento rígido de $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$. Tomando en cuentas las dimensiones e indicadores de las variables se consideró 3 objetivos específicos:

- d) Determinar la influencia al añadir fibras de acero trefilado y fibras de polipropileno con respecto al asentamiento en estado fresco del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay - 2023
- e) Determinar la influencia al añadir fibras de acero trefilado y fibras de polipropileno en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay - 2023
- f) Determinar la influencia al añadir fibras de acero trefilado y fibras de polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ para pavimentos de avenidas - Abancay - 2023

Se procedió a elaborar el diseño de mezcla con la incorporación de 1%, 1.5% y 2% de fibra de acero y 0.25%, 0.5% y 0.75% de fibra de polipropileno con respecto al peso del cemento, y adicional una combinación de los mejores resultados para conocer el comportamiento de este ante las propiedades del concreto. posteriormente se obtuvieron los resultados en laboratorio para realizar el siguiente análisis:

Objetivo 1: Para conocer el asentamiento en estado fresco del concreto, se realizó la prueba del cono de Abrams según la norma NTP 339.035, del cual los resultados obtenidos fueron: Para la muestra patrón el asentamiento resultó 3.57", para la adición de 1%, 1.5% y

2% de fibra de acero es el asentamiento resulto 2.20",2.1" y 2.1" respectivamente observando una disminución de trabajabilidad, por otro lado para la adición de 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibra de polipropileno el asentamiento resulto 3.47",2.43" y 2.90" respectivamente observando una disminución aceptable y finalmente para la combinación de ambas fibras el asentamiento resulto 3.67" siendo muy parecida al de la muestra patrón.

(Quispe, 2022) En su investigación donde utilizo fibras de acero tipo 1, utilizando 1%, 1.5% y 2% por volumen obtuvo como resultado de slump 4", 2.8" y 2.4" respectivamente, observando una disminución con respecto a la trabajabilidad del concreto patrón que fue 4.5", concordando con el objetivo 1.

(Carrillo & Rojas, 2017) En la investigación se emplearon fibras de acero Dramix 3D en proporciones del 1%, 2%, 3% y 4% respecto al peso del agregado fino, obteniéndose valores de asentamiento de 3.02", 3.10", 3.21" y 3.29", respectivamente. Estos resultados evidenciaron un aumento en la trabajabilidad en comparación con el concreto patrón, cuyo asentamiento fue de 2.87", lo que difiere del objetivo 1.

(Valera, 2017) En la investigación se emplearon fibras de polipropileno para un diseño con $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, utilizando 2 kg/m^3 (0.46%), 3 kg/m^3 (0.68%) y 4 kg/m^3 (0.91%) de fibra, porcentajes calculados respecto al peso del cemento. Los resultados de asentamiento obtenidos fueron de 4", 3.5" y 2", respectivamente, evidenciándose tanto incrementos como disminuciones en comparación con el concreto patrón, cuyo asentamiento fue de 3.4".

Objetivo 2: Para conocer la RC del concreto, se realizó la prueba según la NTP 339.034, del cual los resultados obtenidos fueron: Para la muestra patrón resulto $f'c = 322.72 \text{ kg/cm}^2$, para la adición de 1%, 1.5% y 2% de fibra de acero la RC resulto $f'c = 298.55$

kg/cm^2 , $f'c = 281.55 kg/cm^2$, $f'c = 274.62 kg/cm^2$ respectivamente observando una disminución de resistencia ante la MP, por otro lado para la adición de 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibra de polipropileno la resistencia resulto $f'c = 296.16 kg/cm^2$, $f'c = 275.64 kg/cm^2$, $f'c = 309.45 kg/cm^2$ respectivamente observando también una disminución y finalmente para la combinación de ambas fibras la resistencia resulto $f'c = 302.00 kg/cm^2$.

(Quispe, 2022) En su investigación donde utilizo fibras de acero tipo 1 para un diseño $f'c = 210 kg/cm^2$, considerando 1%, 1.5% y 2% por volumen obtuvo como resultado $f'c = 394.32 kg/cm^2$, $f'c = 362.83 kg/cm^2$ y $f'c = 353.03 kg/cm^2$ respectivamente, observando una disminución con respecto a la resistencia del concreto patrón $f'c = 394.38 kg/cm^2$, concordando con el objetivo 2.

(Carrillo & Rojas, 2017) En la investigación se emplearon fibras de acero Dramix 3D en un diseño con $f'c = 210 kg/cm^2$, incorporando proporciones del 1%, 2%, 3% y 4% de fibra respecto al peso del agregado fino. Los valores de resistencia obtenidos fueron $f'c = 207.12 kg/cm^2$, $f'c = 236.3 kg/cm^2$, $f'c = 235.83 kg/cm^2$ y $f'c = 196.33 kg/cm^2$, respectivamente, observándose tanto incrementos como disminuciones en comparación con la resistencia del concreto patrón, que fue de $f'c = 215.14 kg/cm^2$.

(Valera, 2017) En su investigación utilizaron fibras polipropileno para un diseño $f'c = 280 kg/cm^2$, considerando $2 kg/cm^3$ (0.46%), $3 kg/cm^3$ (0.68%), $4 kg/cm^3$ (0.91%) de fibra (% con respecto al peso del cemento), obtuvo como resultado de resistencia $f'c = 286.7 kg/cm^2$, $f'c = 290.4 kg/cm^2$, $f'c = 286.0 kg/cm^2$ respectivamente, observando un incremento ante la resistencia del concreto patrón $f'c = 281.77 kg/cm^2$. concordando con el objetivo 2.

Objetivo 3: Se realizó la prueba de resistencia a la flexión del concreto según la NTP 339.078. La muestra patrón obtuvo una resistencia de 41.70 kg/cm². Con adición de fibras de acero (1%, 1.5% y 2%), las resistencias fueron 45.38, 43.82 y 40.61 kg/cm², mostrando un incremento en comparación con la muestra patrón. Para las fibras de polipropileno (0.25%, 0.50% y 0.75%), las resistencias fueron 45.58, 39.70 y 45.35 kg/cm², también evidenciando mejoras. Finalmente, la combinación de ambas fibras alcanzó una resistencia de 45.52 kg/cm²

(Quispe, 2022) En su investigación donde utilizo fibras de acero tipo 1 para un diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, considerando 1%, 1.5% y 2% por volumen obtuvo como resultado $M_r = 35.5 \text{ kg/cm}^2$, $M_r = 39.54 \text{ kg/cm}^2$, $M_r = 42.75 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente, observando un incremento con respecto a la resistencia del concreto patrón $M_r = 33.24 \text{ kg/cm}^2$ concordando con el objetivo 3.

(Carrillo & Rojas, 2017) En la investigación se utilizaron fibras de acero Dramix 3D en un diseño con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, incorporando proporciones del 1%, 2%, 3% y 4% respecto al peso del agregado fino. Los resultados de resistencia a la flexión (M_r) fueron 47.36 kg/cm², 55.93 kg/cm², 56.67 kg/cm² y 54.63 kg/cm², respectivamente, evidenciando un incremento en comparación con el concreto patrón, cuyo valor fue de 46.42 kg/cm², lo que coincide con el objetivo 3.

(Valera, 2017) En su investigación utilizaron fibras polipropileno para un diseño $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, considerando 2 kg/cm³ (0.46%), 3 kg/cm³ (0.68%), 4 kg/cm³ (0.91%) de fibra (% con respecto al peso del cemento), obtuvo como resultado de resistencia $M_r = 68.24 \text{ kg/cm}^2$, $M_r = 75.83 \text{ kg/cm}^2$, $M_r = 82.53 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente, observando un incremento en cuanto a la resistencia del concreto patrón $M_r = 70.85 \text{ kg/cm}^2$. concordando con el objetivo 3.

VI. Conclusiones

Con respecto al primero objetivo específico, de acuerdo a los resultados obtenidos, sobre el asentamiento del concreto, el Slump de la muestra patrón resulto 3.57” con una consistencia plástica visualmente con muy buena trabajabilidad, mientras que la muestra con 1%, 1.5%, 2% de Fibra de acero obtuvo 2.2”, 2.1”, 2.1” disminuyendo un 38.3%, 41.2% y 41.2% respectivamente considerando así la trabajabilidad como una consistencia plásticas pero acercándose a una consistencia seca, la muestra con 0.25%, 0.50%, 2.0% de Fibra de polipropileno obtuvo 3.47”, 2.43”, 2.9” disminuyendo la trabajabilidad un 2.8%, 31.8% y 18.7% respectivamente con respecto a la MP pero considerándose una consistencia plásticas con buena trabajabilidad, finalmente la combinación de ambas fibras obtuvo un slump de 3.67” aumentando 2.8% al de la MP considerándose una buena trabajabilidad. Se concluye que, si existe una influencia negativa ante la trabajabilidad del con relación a la adición de ambas fibras.

Con respecto al segundo objetivo específico, de acuerdo a los resultados obtenidos, la resistencia a la compresión de la muestra a los 28 días resulto $f'c = 322.72 \text{ kg/cm}^2$ superando a la resistencia de diseño $f'c = 280.00 \text{ kg/cm}^2$, mientras que la muestra con 1%, 1.5%, 2% de Fibra de acero obtuvo $f'c = 298.55 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 281.55 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 274.62 \text{ kg/cm}^2$ disminuyendo un 7.49%, 12.71%, 14.90% respectivamente ante la resistencia del concreto patrón, la muestra con 0.25%, 0.50%, 0.75% de Fibra de polipropileno obtuvo $f'c = 296.16 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 275.64 \text{ kg/cm}^2$, $f'c = 309.45 \text{ kg/cm}^2$ disminuyendo la resistencia 8.23% 14.59% 4.11% respectivamente con respecto a la MP actuando de mejor manera a diferencia de las fibras metálicas, finalmente la combinación de ambas fibras obtuvo una resistencia de $f'c = 302.00 \text{ kg/cm}^2$ disminuyendo un 6.42% a la resistencia de la MP. Se concluye que, si existen un

incremento de resistencia a la compresión ante la resistencia del diseño $f'c = 280.00 \text{ kg/cm}^2$, pero una disminución antes la muestra del concreto patrón, por ende las fibras si tienen una influencia en relación a la resistencia de compresión.

Con respecto al tercer objetivo específico, de acuerdo a los resultados obtenidos, la RF de la muestra a los 28 días resulto $Mr. = 41.70 \text{ kg/cm}^2$, mientras que las muestras con 1%, 1.5%, 2% de Fibra de acero obtuvo $Mr. = 45.38 \text{ kg/cm}^2$, $Mr. = 43.82 \text{ kg/cm}^2$, $Mr. = 40.61 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente observando que para la adición del 1% incremento un 8.84% la resistencia, para la adición de 1.5% incremento un 5.10% y para la adición del 2% disminuyó un 2.59% con respecto la muestra patrón, visualizando una disminución de resistencia ante la presencia de más cantidad de fibra de acero. Por otro lado las muestras con 0.25% 0.50%, 0.75% de Fibra de polipropileno obtuvo $Mr. = 45.58 \text{ kg/cm}^2$, $Mr. = 39.70 \text{ kg/cm}^2$, $Mr. = 45.35 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente observando que para la adición del 0.25% incremento un 9.31% la resistencia, para la adición de 0.50% disminuyo un 4.79% y para la adición del 0.75% aumento un 8.77% con respecto la muestra patrón, finalmente la combinación de ambas fibras obtuvo un $Mr. = 45.52 \text{ kg/cm}^2$ superando en un 9.18% al módulo de rotura de la MP. Se concluye que las fibras si tienen una influencia positiva en relación a la resistencia a la flexión del concreto y que satisface la condición mínima del valor de módulo de rotura para el diseño de un pavimento rígido según la norma técnica CE 0.10. (IGG, 2018)

Finalmente podemos concluir que las FAT y las FP disminuyen la trabajabilidad del concreto, cumplen con llegar a la resistencia de diseño y tiene un incremento notorio ante la RF, mejorando evidentemente el módulo de rotura para los pavimentos rígidos, también se observó que los especímenes con FA y FP permaneces entrelazadas incluso después de someterlas a la prueba de compresión, a diferencia de los especímenes sin refuerzo que sufren

una falla explosiva después de someterlos a la prueba, siendo esto demostrado también en el ensayo de contracción plástica donde la MP obtuvo la fisura con más dimensión y notoriedad en relación a las muestra con fibras, considerando el mejor resultado de la fibra de polipropileno al 0.25% disminuyendo un 72% la fisura siendo casi imperceptible. Por otro lado, se concluye también que las fibras de polipropileno actúan de mejor o igual manera a comparación de las FA con relación de la muestra patrón, considerado la relación de costo-benéfico que se observa en la tabla 69, obteniendo la mejor relación (0.11) la adición de 0.25% de fibra de polipropileno, favoreciendo en términos de reducción de futuros mantenimientos y mayor vida útil compensando la inversión inicial.

VII. Recomendaciones

Se sugiere emplear fibras sintéticas, dado que su incorporación no repercute de manera significativa en la trabajabilidad del concreto, a diferencia de las fibras de acero trefilado.

Se recomienda evaluar la adición de fibra de acero con respecto a la resistencia a la compresión y su costo-beneficio.

Se recomienda el uso de la fibra de polipropileno en proyectos que ameriten dicha adición, debido a su incremento en el módulo de rotura y su control ante la presencia de fisuras y grietas.

Se recomienda tener en consideración los costos por que pueden ocasionar por m^3 el uso de las fibras de acero ante los costos de las fibras de polipropileno.

Se recomienda investigar cual sería la proporción más óptima de combinación de ambas fibras ya que teóricamente las fibras de acero pueden remplazar el acero convencional y las fibras de polipropileno actúan excelentemente como segundo refuerzo.

Implementar el uso de FAT y FP en el diseño de concreto para pavimentos rígidos en avenidas con alto tránsito vehicular en Abancay, siguiendo las proporciones óptimas establecidas en la presente investigación

VIII. Referencias

ACI 211.1. (2013). *diseño de mezcla*, <https://es.slideshare.net/HebertPoemape/diseo-de-mezclas-23718139#11>

ACI 214R-11. (2011). *Guía para la Evaluación de Resultados de la prueba de resistencia del concreto*. american concrete institute. <https://es.scribd.com/document/649956698/ACI-214R11-Guide-to-Evaluation-of-Stren-Espano>

ACI COMMITTEE 544. (2014). *Fibre Reinforced Concrete*.
https://www.researchgate.net/profile/Ederli-Marangon-2/publication/334539063_Effect_of_steel_fibres_on_the_tensile_behaviour_of_self-consolidating_reinforced_concrete_blocks/links/5ed92c76299bf1c67d3c8e97/Effect-of-steel-fibres-on-the-tensile-behaviour-of

Anguas, P. G., & López, J. A. (2017). *Mecánica de materiales para pavimentos*. Mexico.
<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt197.pdf>

ASTM 820/A820M, A. (2011). *Especificación estándar para Fibras de acero para hormigón reforzado con fibras*.
<https://cdn.standards.iteh.ai/samples/78219/5b419920011c42d5a7cfa7dbf1b0138b/ASTM-A820-A820M-11.pdf>

ASTM C1579-06. (2011). *Método de prueba estándar para evaluación del agrietamiento por contracción plástica del hormigón reforzado con fibra*.

ASTM C78. (s.f.). *Método de Ensayo Estándar para Resistencia a la Flexión del Concreto (Usando Viga Simple con Carga a los Tercios del Claro)*.

https://www.academia.edu/31702311/ASTM_Designaci%C3%B3n_C_78_M%C3%A9todo_de_Ensayo_Est%C3%A1ndar_para_Resistencia_a_la_Flexi%C3%B3n_del_Concreto_Usando_Viga_Simple_con_Carga_a_los_Tercios_del_Claro

ASTM INTERNACIONAL. (2015). *Estándar especificación de Concreto reforzado con fibras y hormigón proyectado*. <https://www.fortaferro.com/pdfs/internal%20documents/ASTM%20Reports/ASTM%20C%201116-15.pdf>

Becosan Concrete Floors-Made Better. (17 de febrero de 2020). *Hormigón reforzado con fibras de acero*. <https://www.becosan.com/es/hormigon-reforzado-hormigon-con-fibras-de-acero/>

Benito, F. P., & Rodríguez, C. (2015). *método para cuantificar la segregación en hormigones autocompactantes*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=361235333003>

Blazy, J., & Blazy, R. (2021). Estudios de caso en materiales de construcción. *Hormigón reforzado con fibras de polipropileno y su aplicación en la creación de formas arquitectónicas de espacios públicos*. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00549>

Bustamante, T. R. (26 de enero de 2016). Slideshare. *Propiedades del concreto fresco* <https://es.slideshare.net/slideshow/propiedades-del-concreto-fresco/57534033>

Cánovas, M. F. (1982). Informes De La Construcción .*Hormigones reforzados con fibras de acero..* <https://doi.org/10.3989/ic.1982.v34.i342.2079>

Carhuapoma, C. W. (2018). *efecto de las fibras de polipropileno para concretos de resistencias a la compresión de 210 kg/cm² y 280 kg/cm², elaborados con agregados*

de la cantera de cochamarca – pasco. [Tesis de título profesional]. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco - Perú.

http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/329/1/T026_46108687_T.pdf

Carrillo, J. R., & Rojas, J. F. (2017). *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de compresión y flexión de un concreto patrón $f'c$ 210kg/cm² y un concreto reemplazado en porcentajes del 1, 2, 3 y 4% con Dramix 3D respecto al volumen del agregado fino de la mezcla.* [Tesis de título profesional]. Universidad Andina Del Cusco, Cusco - Perú. file:///C:/Users/Pc/Downloads/Joel_Jairo_Tesis_bachiller_2016.pdf

Castillo, F. A. (2017). *Tecnología del concreto.* Lima - Perú.

<https://es.scribd.com/document/626885395/Tecnologia-Del-Concreto-Ing-Flavio-Abanto-Castillo-1>

CENTRO US. (10 de junio de 2024). *Uso de Fibras de Acero Recicladas, una alternativa sostenible en el hormigón.* <https://centrohormigon.uc.cl/actualidad/noticias/863-uso-de-fibras-de-acero-recicladas-una-alternativa-sostenible-en-el-hormigon>

Chapoñan, C. J., & Quispe, C. J. (2017). “*Análisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el A.A.H.H villamaria-nuevo chimbote*”. [Tesis de título profesional]. Universidad Nacional del Santa, chimbote.

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSR_7ff58cfd9716d51f22a19a15b5ac7a95/Details

- Chile, I. d. (s.f.). *Pavimentos urbanos*: <https://ich.cl/areas/pavimentos-urbanos/#:~:text=Se%20considera%20a%20un%20pavimento,la%20interacci%C3%B3n%20entre%20usuarios%20y>
- Comerciales, C. (1999). *NTP 339.035*. Lima. <https://es.scribd.com/document/352508777/1-NTP-339-035-1999-Medicion-del-Slump-pdf>
- Corrales, J., & Suarez, M. (2024). *Análisis estadístico de la resistencia a la compresión y porosidad de concretos elaborados con cemento portland tipo 1 y adicionados cpca1 y cpca2*. Venezuela. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=570376055002>
- CSIC, C. S. (16 de setiembre de 2013). *Ética en la investigación*. <https://www.csic.es/es/el-csic/etica/etica-en-la-investigacion>
- DI, D. d. (2020). *Reglamento del comité de ética de investigación v 04*. Universidad Tecnológica De Los Andes, Abancay. <https://transparencia.utea.edu.pe/download/eje-gobierno-y-gestion/documentos-de-gestion/reglamentos/reglamento-del-comite-etica-investigacion-2019-version-4.pdf>
- Ecomin. (2020). *Uso de fibras de acero para losas de concreto en infraestructuras mineras*. <https://ecomingrupo.com/uso-de-fibras-de-acero-para-losas-de-concreto-en-infraestructuras-mineras/>
- Fernández, C. M. (1982). *Hormigones reforzados con fibras de acero*. <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/2079/2281>

- Flor Chávez Gino. (2019). “*Determinación de cantidad óptima de Fibra de Acero para la elaboración de Hormigón de Cemento Portland para losas de Pavimentos Rígidos*.” LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology, 10. https://laccei.org/LACCEI2019-MontegoBay/full_papers/FP363.pdf
- Flores, E. C., & Ostos, B. E. (2019). *Análisis comparativo del concreto diseñado para soportar una resistencia a compresión $f'c=210$ kg/cm² con adición de fibra de acero y fibra de vidrio utilizado en estructuras de concreto en la ciudad de Abancay – Apurímac 2019*. [Tesis de título profesional]. Univesidad Tecnologica De Los Andes, Abancay. <https://repositorio.utea.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a05b916d-a901-443b-861f-47c825da0ab5/content>
- FORERO, H. N., & RODRÍGUEZ, J. L. (2017). *Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto*. universidad católica de Colombia, Bogota, Colombia. [Tesis de título profesional]. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/0611884c-1efb-4d7d-b6f1-a403b36724a1/content>
- FRAPIAL. (14 de Diciembre de 2022). *¿Qué es el pavimento rígido? ¿Qué es el pavimento rígido?:* <https://www.frapial.com/que-es-pavimento-rigido/>
- FRATELLI, M. G. (1998). *diseño estructural en concreto armado*. [file:///C:/Users/Pc/Downloads/Diseno_estructural_en_concreto_armado_M%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Pc/Downloads/Diseno_estructural_en_concreto_armado_M%20(1).pdf)
- GERENCIA, I. I. (2000). *CE 0.10 pavimentos urbanos*. https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos_Urbanos.pdf

- Gob.pe. (18 de junio de 2005). *El 80% de accidentes de tránsito que ocurren en el país pueden prevenirse*. Gob.pe. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/42712-el-80-de-accidentes-de-transito-que-ocurren-en-el-pais-pueden-prevenirse>
- Goytia, Ó. (27 de julio de 2022). *Resistencia del concreto*. Cementos Torices <https://cementostorices.com/blog/construccion/resistencia-del-concreto-resolvemos-tus-dudas-sobre-el-tema/>
- Grajales, G. T. (2000). *Tipos de investigación*. <https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>
- Hernández, P. C. (2008). *Media, varianza y desviación estándar*. Ciencia y mar, 29-36. <https://biblat.unam.mx/hevila/Cienciaymar/2008/no34/3.pdf>
- Hospinal, L. F., Mejía, R. C., Lazo, O. M., & Contreras, R. D. (2020). *Evaluación de procedimientos empleados para determinar la población y muestra en trabajos de investigación de posgrado*. Revista Científica de Ciencias Sociales y Humanidades. <http://revistas.udh.edu.pe/index.php/udh/article/view/253e/23>
- Huamani, D. R., & Arenas, J. A. (2021). *Evaluación del concreto reforzado con fibras de acero recicladas para mejorar las propiedades de un pavimento rígido*. [Tesis de título profesional]. Universidad San Martín De Porres. https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/8860/toribio_hdr-ugaz_aja.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ICH, I. d. (2012). *Edición especial pavimentos de hormigón*. Revista Hormigón al Día – Edición 51, 13-15. <https://hormigonaldia.ich.cl/edicion-digital/revista-hormigon-al-dia-edicion-51/>

- IGG. (2018). *Norma tecnica CE.010 de pavimentos urbanos*. https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos_Urbanos.pdf
- Ivala, E. C. (2018). *Estudio de la fibra sintetica de polipropileno, en las fisuras por retracción plástica de losas aligeradas de concreto con resistencia $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $F'c=245 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Huancayo 2017*. [Tesis de título profesional]. Universidad Continental, Huancayo.
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4899/1/INV_FIN_105_T_E_Ivala_Espinoza_2018.pdf
- LEVY, A. J., & RIVEROS, J. E. (2015). “*Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero wirand®ff3 y concreto reforzado con fibras de acero wirand®ff4 aplicado a losas industriales de pavimento rígido*”. [Tesis de título profesional]. Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas.
<file:///C:/Users/Sharely/Downloads/Tesis%20original.pdf>
- Maldonado, J. L. (2015). *Acero y sus aplicaciones*.
<http://eprints.uanl.mx/421/1/1020118272.PDF>
- Mendoza, C. J., Aire, C., & Dávila, P. (2011). *Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ccid/v2n2/v2n2a3.pdf>
- Mendoza, S. L., & Avila, D. D. (2020). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*. Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA, Hidalgo.
<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/view/6019/7678>

- Menendez, A. J. (2016). *Ingeniería de pavimentos Materiales diseño y conservación*. Lima: Fondo Editorial del Instituto de Construcción y Gerencia (ICG).
<https://es.scribd.com/document/394190553/Ingenieria-de-Pavimentos-Ing-Jose-Rafael-Menendez-Acuario>
- Merma, R. D. (2022). *Influencia de fibra de polipropileno en las propiedades del concreto para pavimento rígido en av. La Florida - Cusco 2021*. Universidad Continental, Cusco-Perú.
[file:///C:/Users/Pc/Downloads/IV_FIN_105_TE_Merma_Hilario_2022%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Pc/Downloads/IV_FIN_105_TE_Merma_Hilario_2022%20(1).pdf)
- Mohod, M. V. (2015). *Performance of Polypropylene Fibre Reinforced Concrete*.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/102728564/E012112836-libre.pdf?1685267669=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DPerformance_of_Polypropylene_Fibre_Reinf.pdf&Expires=1726467795&Signature=Fgh6MFLxB3PeDBPE8W3rtHF7UGyWGeTp0H2kN0MJlUkVTFvEH2
- Mora, & Arguelles. (2015). *Diseño de pavimento rígido para la urbanización Caballero y Góngora, municipio de Honda - Tolima*. Colombia. [Tesis de título profesional].
 .Universidad Católica de Colombia.
<https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/16362779-c0e9-4fac-8e2e-cb908f35f69c>
- MPA. (2019). “*Mejoramiento del servicio de transitabilidad vehicular y peatonal en la av. nuñez, abancay – apurimac* “. Abancay Apurimac.

MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales*.

http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf

Muños, J. L. (2019). *Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar*. <https://www.redalyc.org/journal/707/70760276009/html/>

Nieto, T. E. (2018). *Tipos de investigación*. Universidad Santo Domingo de Guzmán.

<https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/99846223/250080756->

[libre.pdf?1678813555=&response-content-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/99846223/250080756-libre.pdf?1678813555=&response-content-)

[disposition=inline%3B+filename%3DTipos_de_Investigacion.pdf&Expires=1726947](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/99846223/250080756-libre.pdf?1678813555=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTipos_de_Investigacion.pdf&Expires=1726947)

[148&Signature=SN-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/99846223/250080756-libre.pdf?1678813555=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTipos_de_Investigacion.pdf&Expires=1726947)

[HEr9JxzYMfeGp6nJNzP9punNZUqllvtMLzic16G6o51UjsR9QFFX9x01aRXCZwqTL](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/99846223/250080756-libre.pdf?1678813555=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTipos_de_Investigacion.pdf&Expires=1726947)

[T3](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/99846223/250080756-libre.pdf?1678813555=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTipos_de_Investigacion.pdf&Expires=1726947)

NTP 339.034. (2015). *Metodo de Ensayo Normalizado para La Determinacion de La*

Resistencia A La Compresion Del Concreto en Muestras Cilindricas. Lima-Perú.

[file:///C:/Users/Pc/Downloads/ntp-339034-metodo-de-ensayo-normalizado-para-la-](file:///C:/Users/Pc/Downloads/ntp-339034-metodo-de-ensayo-normalizado-para-la-determinacion-de-la-resistencia-a-la-compresion-del-concreto-en-muestras-cilindricas_compress%20(1).pdf)

[determinacion-de-la-resistencia-a-la-compresion-del-concreto-en-muestras-](file:///C:/Users/Pc/Downloads/ntp-339034-metodo-de-ensayo-normalizado-para-la-determinacion-de-la-resistencia-a-la-compresion-del-concreto-en-muestras-cilindricas_compress%20(1).pdf)

[cilindricas_compress%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Pc/Downloads/ntp-339034-metodo-de-ensayo-normalizado-para-la-determinacion-de-la-resistencia-a-la-compresion-del-concreto-en-muestras-cilindricas_compress%20(1).pdf)

NTP 339.078. (2012). *Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del*

concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

file:///C:/Users/Pc/Downloads/ntp-339078-ensayo-de-flexion_compress.pdf

Ochoa, R. (Febrero de 2014). *Concreto lanzado para túneles y taludes*.

<http://imcyc.com/revistacyt/pdf/febrero2014/especial>

Orbe, K. M., & Rosero, D. E. (2018). *“Evaluación de las propiedades mecánicas de la mezcla de hormigón y fibras de acero dramix 3d en diferentes dosificaciones para la aplicación en pavimentos rígidos, utilizando cemento puzolánico he y agregados de la planta Holcim Pifo-Quito”*. [Tesis de título profesional]. Pontificia Universidad catolica de Ecuador

https://rraae.cedia.edu.ec/Record/PUCE_6961c8a46ee594dca487991fbaa35024

Pastor, B. F. (2019). *Población y muestra*. Pueblo Cont.

<https://journal.upao.edu.pe/index.php/PuebloContinente/article/view/1269/1099>

Prodac. (2015). *Soluciones confiables para el sectorinfraestructura*.

<https://studylib.es/doc/7426080/descargue-aqu%C3%AD-el-cat%C3%A1logo--prodac>

Quispe, C. E. (2022). *Incorporación de las fibras de acero tipo i alambre trefilado en frío en el comportamiento de las propiedades del concreto $f'c=210$ kg/cm² para pavimento rígido en el casco urbano de Abancay, 2020*. [Tesis de título profesional].Universidad Tecnológica De Los Andes, Abancay.

<https://www.studocu.com/pe/document/universidad-san-pedro/analisis-matematico/incorporacion-de-las-fibras-de-acero-tipo-i-alambre-trefilado-en-frio-en-el-comportamiento-de-las-propiedades-del-concreto/38346871>

Saavedra, F., & Sarmiento, A. (2021). *Mantenimiento de pavimento rígido y flexible para evitar un desgaste prematuro en vías urbanas*.

https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/4748/T030_41547977_T%20%20%20SAAVEDRA%20RUIZ%20FÉLIX%20DANKO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Segundo, R. A., Farroñan, S. M., Gómez, C. L., Chuzón, C. N., & Muñoz, P. S. (2021).

Adiciones de fibras de acero para mejorar las propiedades mecánicas del concreto.

Epistemia. Vol. 5 Núm. 1, 8.

<https://revistas.uss.edu.pe/index.php/EPT/article/view/1838/2416>

Sotil, L. A., & Zegarra, R. J. (2015). *Análisis comparativo del comportamiento del concreto*

sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero Wirand® FF3 y concreto

reforzado con fibras de acero wirand® FF4 aplicado a losas industriales de

pavimento rígido. [Tesis de título profesional]. Universidad Peruana De Ciencias

Aplicadas, Lima. file:///C:/Users/Pc/Downloads/Tesis%20original.pdf

Triola, M. F. (2009). *Estadística*. (decima, Ed.) Mexico.

<https://www.uv.mx/rmipe/files/2015/09/Estadistica.pdf>

UDOCZ. (s.f.). *Tablas de dosificación*. ACI 211.1.

<https://www.udocz.com/apuntes/61531/tablas-de-dosificacion-aci-211-1>

ULTRACEM. (s.f.). <https://ultracem.co/calidad-y-propiedades-del-concreto-en-estado-endurecido/>

UNE-EN 14889-1, 2. (2008). *Fibras para hormigon Parte 1: Fibras de Acero Definiciones, especificaciones y conformidad*. Madrid - España.

file:///C:/Users/PC/Downloads/(EX)UNE-EN_14889-1=2008%20(1).pdf

Uribe de la Cruz, W. (2017). *Influencia de las fibras de acero Wirand®FF1, en las*

características físicas. [Tesis de título profesional]. Universidad Cesar Vallejo, Lima -

Perú. file:///C:/Users/Pc/Downloads/Uribe_DLCW.pdf

- Valera, P. E. (2017). *Incorporación de fibras de polipropileno (sikaFiber Force pp48) para mejorar las propiedades plásticas y mecánicas en un concreto con resistencia a la compresión 28Mpa para el departamento de lima*. [Tesis de título profesional]. Universidad Cesar Vallejo, Lima.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22053/Valera_PEA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- VALERO, G. J. (2015). *Influencia de las fibras de polipropileno en la fisuración asociadas a la retracción plástica en pavimentos de concreto, huancayo 2014*". [Tesis de título profesional]. Universidad Nacional Del Centro Del Perú, Huancayo.
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/399/TCIV_09.pdf;jsessionid=4351375E11CC2E63926359790C5E29C9?sequence=1
- VEGA, C. S. (2019). *Muestra probabilística y no probabilística*. Universidad autónoma del estado de México, estado de México.
http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108928/secme-10911_1.pdf
- Vidaud, Q. I., & Frómeta, S. (2019). *Control de calidad en estructuras de hormigón para la construcción en zonas de elevado peligro sísmico*. Cuba. btenido de
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181358738016>
- Villanueva, E., & Yaranga, h. (2015). *"Estudio de la influencia de fibras de polipropileno provenientes de plásticos reciclados en concretos de $f'c=210$ kg/cm² en el distrito de lircay, provincia de angaraes, región huancavelica"*. [Tesis de título profesional]. Universidad Nacional de Huancavelica.

<https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f184dbda-1c6f-45ac-aa53-97df9965b36c/content>

Z ADITIVOS. (2022). *Fibra metalica para refuerzo de concreto*. Lima - Perú.

[file:///C:/Users/Pc/Downloads/HT%20FIBRA%20METALICA%20Z%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Pc/Downloads/HT%20FIBRA%20METALICA%20Z%20(1).pdf)

Z ADITIVOS. (2022). *Microfibra sintetica para refuerzo de concreto*. Lima - Perú.

[file:///C:/Users/Pc/Downloads/HT%20FIBRA%20ZPP%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Pc/Downloads/HT%20FIBRA%20ZPP%20(2).pdf)

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes