



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Fibra de polipropileno para reducir el agrietamiento por contracción plástica
del hormigón

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero(a) Civil

AUTORES

Piñarreta Gutierrez, Ismael Humberto

ORCID: 0000-0002-1835-3416

Aleman Ynfante, Micaela

ORCID: 0000-0002-5648-8282

ASESORA:

Chavarria Reyes, Liliana Janet

ORCID: 000-0002-1759-2132

Lima-Perú
2022

Metadatos Complementarios

Datos del autor(es)

Piñarreta Gutierrez, Ismael Humberto

DNI: 72278574

Aleman Ynfante, Micaela

DNI: 71475606

Datos de asesor

Chavarria Reyes, Liliana Janet

DNI: 25481792

Datos del jurado

JURADO 1

Donayre Córdova, Oscar Eduardo

DNI: 06162939

ORCID: 0000-0002-5142-3789

JURADO 2

Chavarry Vallejos, Carlos Magno

DNI: 07410234

ORCID: 0000-0003-0512-8954

JURADO 3

Torres Chung, César Roberto

DNI: 41182279

ORCID: 0000-0002-3212-2817

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Luis y Nancy, a mi hermano Gustavo, compañeros del trabajo Walter y a mis amigos quienes siempre me brindaron un consejo sabio y sincero no dejando que me rinda como siempre lo han hecho, se los dedico con todo el cariño y los invito a que celebren mis logros, hoy, ahora y siempre.

(Piñarreta Gutierrez, Ismael Humberto)

Esta tesis se la dedico a mis padres, a mi hermana, a la niña y a mis abuelitos que me cuidan desde el cielo. Son ellos quienes han estado presentes en cada paso que doy y cada logro es gracias a ustedes.

(Aleman Ynfante, Micaela)

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos salud y permitirnos lograr cada uno de nuestros objetivos.

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra Alma Mater, por formar seres humanos para una cultura de paz, a nuestros padres y amigos.

El más profundo agradecimiento a nuestra asesora Mg. Ing. Liliana Chavarría Reyes, por la dedicación que nos ha brindado, seguido así de largas horas de investigación

(Piñarreta Gutierrez, Ismael Humberto y Aleman Ynfante, Micaela)

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN	iii
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	1
1.1.1. Problema e importancia	1
1.1.2. Árbol del Problema	2
1.2. Formulación del problema	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3. Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Delimitación de la investigación	5
1.4.1. Geográfica.....	5
1.4.2. Temporal.....	5
1.4.3. Temática.....	5
1.4.4. Muestral	5
1.5. Justificación del estudio.....	5
1.5.1. Conveniencia.....	5
1.5.2. Relevancia Social.....	6
1.5.3. Aplicaciones prácticas	6
1.5.4. Utilidad metodológica.....	6
1.5.5. Valor teórico	6
1.6. Importancia del estudio.....	6
1.6.1. Nuevos conocimientos	6
1.6.2. Aporte	7
1.7. Limitaciones del estudio	7
1.7.1. Falta de estudios previos de investigación.....	7
1.7.2. Metodológicos o prácticos	7
1.7.3. Medidas para la recolección de los datos.....	7
1.7.4. Obstáculos en la investigación.....	7

1.8. Alcance	8
1.9. Viabilidad del estudio	8
1.9.1. El tiempo	8
1.9.2. Espacio	8
1.9.3. Las condiciones económicas	8
1.9.4. Las fuentes de información	8
1.9.5. Recolección de los datos	8
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1. Marco histórico	9
2.2. Investigaciones relacionadas al tema	14
2.2.1. Investigaciones internacionales	14
2.2.2. Investigaciones Nacionales	15
2.3. Definición de términos básicos	16
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	18
3.1. Hipótesis	18
3.1.1. Hipótesis general	18
3.1.2. Hipótesis específicas	18
3.2. Variables	18
3.2.1. Variable independiente	18
3.2.2. Variable dependiente	18
3.2.3. Variables intervinientes	18
3.2.4. Definición conceptual	18
3.2.5. Definición operacional	19
CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO	20
4.1. Método de Investigación	20
4.2. Tipo de Investigación	20
4.3. Nivel de Investigación	20
4.4. Diseño de la Investigación	20
4.5. Población y Muestra	20
4.5.1. Población	20
4.5.2. Muestra	21
4.6. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos	22

4.6.1. Instrumento de recolección de datos	22
4.6.2. Métodos y técnicas.....	22
4.7. Descripción y procesamientos de análisis	23
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA	
INVESTIGACIÓN.....	24
5.1. Resultados e investigación.....	24
5.1.1. Resultados del específico 1	24
5.1.2. Resultados del específico 2	37
5.1.3. Resultados del específico 3	49
5.1.4. Resultados del específico 4	56
5.2. Análisis y contrastación de resultados	59
5.2.1. Hipótesis 1: Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno se reduce el índice de grieta.	59
5.2.2. Hipótesis 2 Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno aumenta la resistencia a la compresión	61
5.2.3. Hipótesis 3 Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno aumenta la resistencia a la flexión	63
5.2.4. Hipótesis 4 Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno aumenta la tenacidad.....	65
5.3. Análisis y comparación de resultados.....	66
DISCUSIÓN	67
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
ANEXOS.....	76
Anexos 1 Matriz de consistencia	77
Anexos 2 Operacionalización de variables	78
Anexos 3 Investigaciones consultadas.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de Operacionalización de Variables	19
Tabla 2 Características de la Fibra.....	25
Tabla 3 Ficha de observación para el paño del Hormigón Patrón.....	25
Tabla 4 Ficha de observación para el paño de Hormigón Fibrorreforzado 1CF	27
Tabla 5 Resumen de longitudes para cada diseño y porcentaje que se redujo	28
Tabla 6 Análisis de la variación del tiempo de aparición de fisuras con adición de fibras ..	30
Tabla 7 Resumen de anchos de fisuras para el Hormigón Patrón	31
Tabla 8 Relación de reducción de fisuración CCR en ensayos en túnel de viento.....	32
Tabla 9 Tiempo de aparición de fisuras en losas de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$	33
Tabla 10 Cantidad de fisuras en losas.....	34
Tabla 11 Clasificación y cantidad de fisuras.	35
Tabla 12 Longitud promedio y variación de fisuras de las losas aligeradas.....	36
Tabla 13 Porcentaje de Incremento de la Resistencia a la compresión	38
Tabla 14 Incremento de la Resistencia a la Compresión según dosis de fibra	39
Tabla 15 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación fibra - cemento 0%	40
Tabla 16 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación fibra - cemento 0.1114% ...	41
Tabla 17 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación fibra - cemento 0.1485% ...	42
Tabla 18 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación fibra - cemento 0.1708% ...	43
Tabla 19 Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación fibra - cemento 0.1856% ...	44
Tabla 20 Tabla comparativa resistencia a edad de 7 días	45
Tabla 21 Tabla comparativa de resistencias a edad de 28 días.....	46
Tabla 22 Resistencia a compresión del hormigón	47
Tabla 23 Módulo de rotura a flexión según resistencia y dosis de fibra	50
Tabla 24 Resultados resumen del módulo de rotura de MR y MR k en diferentes porcentajes de fibra.....	51
Tabla 25 Resistencia a tensión por flexión	52
Tabla 26 Resistencia a tensión por flexión de las mezclas con grava de $\frac{3}{4}$ " y arena sin lavar	53
Tabla 27 Resistencia a tensión por flexión de las mezclas con grava de $\frac{3}{8}$ " y arena lavada; Relación fibra-cemento 0%	54

Tabla 28 Resultado de los ensayos a flexión	55
Tabla 29 Resultado de las pruebas de tenacidad de las mezclas con grava de ¾” y arena sin lavar	56
Tabla 30 Resultado de las pruebas de tenacidad de las mezclas con grava de 3/8” arena lavada.....	57
Tabla 31 Comparación de resultados y propuesta de dosis óptima de fibra.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol del problema.....	3
Figura 2. Resumen del proceso de la fibra de Polipropileno	13
Figura 3. Fisuras y hora de brote vs Longitud de fisuras.....	26
Figura 4. Fisuras vs Longitud de fisuras y temperatura.....	26
Figura 5. Fisuras y hora de brote vs Longitud de fisura	28
Figura 6. Diseño de mezcla vs Suma de longitud de fisuras	29
Figura 7. Diseño de mezcla vs Porcentaje reducido de fisuras.....	29
Figura 8. Diseño de mezcla vs Reducción de tiempo en porcentaje.....	30
Figura 9. Fisuras vs Ancho promedio de brote	31
Figura 10. Diseño de mezcla vs Ancho promedio de Fisura	32
Figura 11. Nomenclatura del investigador.....	33
Figura 12. Tiempo de aparición de fisuras	34
Figura 13. Cantidad de fisuras	35
Figura 14. Clasificación y variación de fisuras.....	36
Figura 15. Longitud de fisuras vs Variación.....	37
Figura 16. Porcentaje de incremento de Resistencia	38
Figura 17. Incremento de la resistencia a la compresión según dosis de fibra	39
Figura 18. Presentación de resultados A/C 0.466, Relación fibra-cemento 0%	40
Figura 19. Presentación de resultados A/C 0.466, Relación fibra-cemento 0.1114%	41
Figura 20. Presentación de resultados A/C 0.466, Relación fibra-cemento 0.1485%	42
Figura 21. Presentación de resultados A/C 0.466, Relación fibra-cemento 0.1708%	43
Figura 22. Presentación de resultados A/C 0.466, Relación fibra-cemento 0.1856%	44
Figura 23. Comparación entre f'_{ck} y f'_{cm} a los 7 días	45
Figura 24. Comparación entre f'_{ck} y f'_{cm} a los 28 días.....	46
Figura 25. Resistencia a compresión. grava 19.0 mm	48
Figura 26. Resistencia a compresión. grava 9.5 mm	48
Figura 27. Módulo de rotura por flexión	50
Figura 28. Comparación de módulo de rotura de MR m y MR k con diferentes porcentajes de fibra, a/c 0.466 a los 28 días.....	51
Figura 29. Mezclas vs Resistencia a la flexión	52

Figura 30. Resistencia a la flexión, con gravas de 3/4 “	53
Figura 31. Resistencia a la flexión, con gravas de 3/8”	54
Figura 32. Módulo de rotura de las distintas mezclas a los 7, 14 y 28 días.....	55
Figura 33. Índice de Tenacidad para grava 3/4” sin lavar	57
Figura 34. Índice de Tenacidad para grava 3/8” arena lavada.....	58

RESUMEN

La presente investigación, fibras de polipropileno para reducir el agrietamiento por contracción plástica del hormigón, tuvo como objetivo principal determinar el porcentaje óptimo de fibra de polipropileno para reducir el agrietamiento por contracción plástica del hormigón.

Las fibras de polipropileno estudiadas han sido las microfibras y las macrofibras de polipropileno, con la finalidad de aumentar el conocimiento del uso de ellas. Esta investigación fue de tipo descriptiva, explicativa y correlacional de nivel descriptivo con un diseño longitudinal usando como fuentes los artículos y tesis relacionados al tema.

De las tesis, artículos y revistas consultadas se llegó a la conclusión que el óptimo porcentaje de fibra de polipropileno en calidad de microfibras, utilizadas en el hormigón en estado fresco es de 1200 gr/m^3 . Sin embargo, en las macrofibras para ensayos en el hormigón endurecido, se concluyó que se comporta mejor con una dosis de 5 kg/m^3 tomando en cuenta la calidad del agregado utilizado, pues en las investigaciones relacionadas al índice de grietas se observa que aumentó la dosificación hasta llegar a valores máximos como 1200 gr/m^3 y 400 gr/m^3 . En otros autores, se observa una reducción notoria del ancho y la longitud de las fisuras, reduciendo así el índice de grietas, para las investigaciones relacionadas a la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y la tenacidad, se llegó a un valor de 5 kg/m^3 , con lo cual se concluyó que, para obtener mejor comportamiento del hormigón en estado fresco, se debe usar una dosis de microfibra de 1200 gr/m^3 , para un concreto endurecido, dosis de macrofibras de 5 kg/m^3 .

Palabras clave: Fibra de polipropileno, índice de grietas, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, tenacidad.

ABSTRACT

The main objective of this research, polypropylene fibers to reduce plastic shrinkage cracking of concrete, was to determine the optimal percentage of polypropylene fiber to reduce plastic shrinkage cracking of concrete.

The polypropylene fibers studied have been microfibers and polypropylene macrofibers, in order to increase knowledge of their use. This research was descriptive, explanatory and correlational at a descriptive level with a longitudinal design using articles and theses related to the topic as sources.

From the theses, articles and magazines consulted, it was concluded that the optimum percentage of polypropylene fiber as microfibers, used in fresh concrete, is 1200 gr/m³. However, in the macrofibers for tests in hardened concrete, it was concluded that it behaves better with a dose of 5 kg/m³ taking into account the quality of the aggregate used, since in the investigations related to the crack index it is observed that the dosage until reaching maximum values such as 1200 gr/m³ and 400 gr/m³. In other authors, a noticeable reduction in the width and length of the cracks is observed, thus reducing the crack index, for investigations related to compressive strength, flexural strength and toughness, a value of 5kg/m³, with which it was concluded that, in order to obtain better behavior of the concrete in the fresh state, a microfiber dose of 1200 gr/m³ should be used, for a hardened concrete, a macrofiber dose of 5 kg/m³.

Keywords: Polypropylene fiber, crack index, compressive strength, flexural strength, Tenacity.

INTRODUCCIÓN

El hormigón es uno de los materiales más utilizados a nivel mundial, ya que nos permite moldearlo en un sinnúmero de formas, siendo utilizado incluso como fines estéticos. En esta investigación nos enfocamos en cómo mejorar sus propiedades mediante el uso de fibras de polipropileno; en la actualidad el hormigón se viene desarrollando de manera rápida con las investigaciones realizadas, en donde este es sometido a condiciones especiales, donde se le añade a su diseño de mezcla muchos factores, así como agregados o fibras. Las fibras como tal en sus diferentes materiales ya sean metálicas, sintéticas, de vidrio o naturales, aportan según sus especificaciones características únicas en la mezcla.

La presente investigación acerca de las fibras de polipropileno es para aportar un mejor uso de acuerdo al tipo de hormigón que se va a emplear, pues estas vienen en diferentes presentaciones, siendo agrupadas en macrofibras y microfibras, unas para hormigones endurecidos y otros para estado frescos.

El objetivo de esta investigación es determinar el porcentaje óptimo de fibra de polipropileno para reducir el agrietamiento por contracción plástica del hormigón

Se plantea los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que disminuye el índice de grietas.
- Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta la resistencia a la compresión.
- Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta la resistencia a la flexión.
- Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta la tenacidad.

La presente investigación consta de V capítulos que se dividen en la siguiente forma:

En el capítulo I tenemos el planteamiento del problema, que consta de descripción de la realidad problemática, formulación del problema, objetivos de la investigación, delimitación de la investigación, justificación del estudio, importancia del estudio, limitaciones del estudio, alcances y viabilidad del estudio. En el capítulo II tenemos el marco teórico, con un marco histórico e investigaciones relacionadas al tema. En el capítulo III tenemos el sistema

de hipótesis, con sus hipótesis generales, específicas y sus respectivas variables. En el capítulo IV tenemos el marco metodológico, con método de la investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación y los instrumentos de recopilación de datos. En el capítulo V tenemos la presentación y análisis de resultados de la investigación. Finalmente, pero no como capítulos, tenemos la discusión, conclusiones, recomendaciones y anexos.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

1.1.1. Problema e importancia

En los últimos años las empresas de construcción han logrado que se dé un mayor uso del hormigón, por sus múltiples factores a favor que tiene tanto como en uso y costo, llevando así a la construcción de estructuras más durables y más seguras para la sociedad.

Las grietas en el hormigón pueden tener muchas causas, pueden ser factores estéticos o estructurales, sin embargo, estas influyen mucho en el tipo de estructura, pues las exigencias de este no serán las mismas. El correcto tratamiento de las grietas tiene mucha influencia en el hormigón en su estado fresco u endurecido, la manera adecuada de tratarlas influirá en la vida útil del hormigón, ya que juegan roles importantes la combinación de diferentes factores como es el caso, de altas temperaturas, la velocidad del aire y la humedad relativa, pues en los últimos años se vienen realizando investigaciones acerca del uso de fibras para evitar que el hormigón presente grietas de contracción plástica (ACI, 2007).

El estudio de las fibras en los pavimentos rígidos se toma mucho más en serio en los aeropuertos, debido a que estos tienen una gran demanda. Por el lado de mantenimiento, se destina una gran suma de dinero, generando así un presupuesto considerable, los aeropuertos o pistas de aterrizaje que se encuentran en zonas con factores climáticos bruscos y también tienen una alta demanda de cargas, todo esto suma a que los aeropuertos generen altos costos de mantenimiento (Karmacharya, Gamarra, & Shih-Ho, 2019). La vida útil de los pavimentos rígidos también es un factor de importancia, las losas no deben fallar a consecuencia de agrietamientos en la calzada ya que esto puede influir en el sistema estructural, viéndose perjudicada la subbase y la subrasante, esto conllevará a la pérdida de transpirabilidad del pavimento (Nishihara Alcocer, 2019).

El (Manual de carreteras, 2014, pág. 224) comenta que los pavimentos rígidos se llaman como tal por su naturaleza rígida, pues la losa absorbe todos los esfuerzos, menciona incluso 3 tipos de pavimentos rígidos: pavimento de hormigón siempre con juntas, pavimento de hormigón reforzado con juntas, pavimento de hormigón continuamente reforzado.

La condición crítica existe cuando la tasa o velocidad de evaporación de la humedad superficial excede la tasa en el cual el agua de exudación que sube puede reemplazarla. El agua que se encuentra por debajo de la superficie del hormigón forma un menisco entre las partículas finas de cemento y de agregados causando una fuerza de tensión que se desarrolla en las capas superficiales. Si la superficie del hormigón ha comenzado a fraguar y ha desarrollado suficiente resistencia a la tensión para resistir dichas fuerzas, no se forman las grietas. Si la superficie se seca muy rápidamente, el hormigón puede permanecer plástico y las grietas no se desarrollan en ese momento, pero se formarán seguramente tan pronto como el hormigón se endurezca un poco más. La incorporación de un refuerzo de fibras sintéticas en la mezcla de hormigón puede ayudar a resistir la tensión con la ayuda de la formación de una micro armadura cuando el hormigón es muy frágil. Las grietas por contracción plástica se forman en la superficie del hormigón fresco inmediatamente después de su vaciado o durante 24 horas y mientras permanece en estado plástico.

1.1.2. Árbol del Problema

Para la formulación del problema, ¿De qué manera las fibras de polipropileno influyen en el agrietamiento por contracción plástica del hormigón? Los investigadores plantean una secuencia lógica, donde se muestra los pasos que realizan en la investigación.

- a) Índice de grietas.
- b) La resistencia a la compresión.
- c) La resistencia a la flexión.
- d) Tenacidad.

Los problemas de la investigación son extraídos minuciosamente de las distintas investigaciones consultadas, tanto como tesis y artículos, nacionales e internacionales, relacionados al tema de las fibras de polipropileno, ya que ellos concuerdan en como las microfibras de polipropileno influyen en el hormigón en su estado fresco en las primeras 24 horas, para poder ayudar a reducir de manera considerada el agrietamiento por contracción plástica, pues este factor toma en cuenta los anchos de grieta; en cuestión a los demás problemas, se han analizado como características propias del hormigón en su estado endurecido, pues las fibras aportaron una ligera mejora en las resistencias a la compresión, flexión, índice de grietas y en la tenacidad. Sin embargo, no en todas las investigaciones concuerdan que las fibras presenten una mejora sustancial en dichos indicadores.

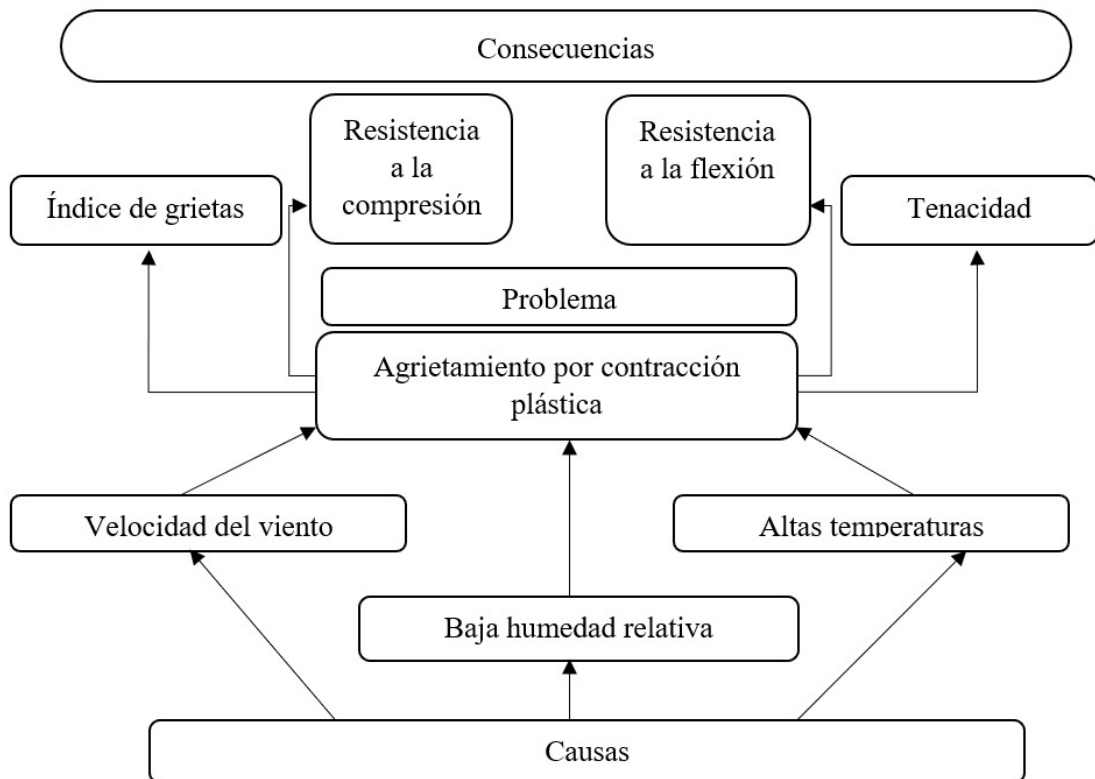


Figura 1. Árbol del problema
Fuente: Elaboración Propia

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera las fibras de polipropileno influyen en el agrietamiento por contracción plástica del hormigón?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿De qué manera el porcentaje de fibras de polipropileno influye en el índice de grietas?
- b) ¿De qué manera el porcentaje de fibras de polipropileno influye en la resistencia a la compresión?
- c) ¿De qué manera el porcentaje de fibras de polipropileno contribuye en la resistencia a la flexión?
- d) ¿De qué manera el porcentaje de fibras de polipropileno afecta en la tenacidad?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno para reducir el agrietamiento por contracción plástica del hormigón.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que disminuye el índice de grietas.
- b) Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta la resistencia a la compresión.
- c) Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta la resistencia a la flexión.
- d) Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta la tenacidad.

1.4. Delimitación de la investigación

1.4.1. Geográfica

La presente investigación se dirige a diferentes zonas climáticas, que rondan en temperaturas entre 15°C a 28°C.

1.4.2. Temporal

La investigación se desarrolló durante el mes de mayo al mes de noviembre del 2022.

1.4.3. Temática

Campo: Adición de fibras de polipropileno en el hormigón.

Área académica: Aditivos en forma de fibras.

Línea de investigación: Tecnología del hormigón.

Sub-línea de investigación: Descripción de las fuentes nacionales e internacionales consultadas.

1.4.4. Muestral

Definido la una unidad de análisis, la delimitación de la información se realiza observando otras investigaciones de diferentes autores que concuerdan con las especificaciones de la investigación propuesta, de acuerdo a las normas E060, ASTM C1116, C1383, ASTM C 1018 y ASTM C597.

1.5. Justificación del estudio

1.5.1. Conveniencia

En la construcción de carreteras o aceras, es importante tener un buen comportamiento del pavimento rígido. En lugares donde la temperatura, la humedad y el viento, pueden afectar el acabado del pavimento rígido dando forma a las grietas. Es por esto que se busca una fibra que ayude al hormigón a mejorar sus propiedades. Las fibras de Polipropileno son un tipo de fibra que se utiliza en la mezcla del hormigón para ayudar a reducir las grietas por contracción plástica.

Por lo que el hormigón con la adición de fibras de Polipropileno es útil cuando se quiere obtener acabados sin ningún agrietamiento y dando un mejor aspecto al pavimento.

1.5.2. Relevancia Social

Es importante tener diferentes opciones en la realización del pavimento rígido para diferentes zonas de trabajo, ya sean en diferentes temperaturas, humedad o velocidad de viento. Es por esto que al agregar fibras de polipropileno en el hormigón para pavimento rígido ayudaría mucho a los transportistas y/o ciudadanos en una mejor transitividad. Por lo que, el uso del pavimento rígido con la adición de fibras de polipropileno sería beneficioso para reducir las grietas por contracción plástica en infraestructuras viales.

1.5.3. Aplicaciones prácticas

La adición de las fibras de polipropileno en el hormigón asegura que este mejore sus propiedades, pues este viene siendo utilizado siempre con juntas, pavimentos de hormigón reforzado con juntas, pavimentos de hormigón continuamente reforzado, en el caso de otro tipo de fibras se puede llegar a resistencias a fuego y desempeñar hormigón de ultra alta resistencia.

1.5.4. Utilidad metodológica

Se realizó la búsqueda de artículos de diferentes investigadores, en las cuales se realizaron ensayos en laboratorios para poder determinar el correcto uso de las fibras de polipropileno en el proceso de la elaboración del hormigón y así determinar las variaciones que tiene en sus propiedades con respecto al porcentaje óptimo de fibra.

1.5.5. Valor teórico

La presente investigación deja cierta información que se recopila de diversos autores en los cuales se utiliza la fibra de polipropileno en el proceso de elaboración del hormigón, que pueden ser usados para ampliar los estudios en la comparación del porcentaje óptimo de fibra de polipropileno, así observar la variación en sus propiedades y en su comportamiento.

1.6. Importancia del estudio

1.6.1. Nuevos conocimientos

La presente investigación proporciona la comparación acerca del comportamiento de las propiedades del hormigón cuando se utiliza la fibra de

polipropileno en la preparación del mismo. Asimismo, nos mostrará los diversos datos que se obtienen sometándolo a pruebas ya normadas para el hormigón en su estado endurecido y también sincerar mejora la información, comparando distintos autores.

1.6.2. Aporte

La investigación realizada aporta gráficos comparativos de los porcentajes óptimos de fibra de polipropileno utilizado en el hormigón, también referencias del como la temperatura, humedad y velocidad de viento, además de otros factores, podrían tomar un papel dentro de esta.

1.7. Limitaciones del estudio

1.7.1. Falta de estudios previos de investigación

Las fibras de polipropileno no son tan difundidas en nuestro medio, ha sido importante tener que buscar muchas investigaciones de estándares internacionales, expuestas a diferentes factores y características de fibras, para así poder llegar a mejores conclusiones.

1.7.2. Metodológicos o prácticos

Se tienen diferencias con sus metodologías, pero se tomarán algunas variables para la recolección de datos en la investigación.

1.7.3. Medidas para la recolección de los datos

Con las diversas investigaciones obtenidas, se consideró la variación en los porcentajes de fibra de polipropileno utilizada para reducir el agrietamiento por contracción plástica del hormigón, dentro de este análisis, se recopilaron datos de pruebas realizadas al hormigón en su estado fresco y endurecido.

1.7.4. Obstáculos en la investigación

No es posible la utilización de un laboratorio de la universidad debido a la emergencia sanitaria que aún se sigue dando en el mundo, sin embargo, esta investigación cuenta con referencias bibliográficas nacionales e internacionales sobre el tema.

1.8. Alcance

La presente investigación realizó el estudio de los resultados de las diferentes variables como la fibra de polipropileno y el agrietamiento por contracción plástica, cuando se aplica un porcentaje de fibra de polipropileno al hormigón.

1.9. Viabilidad del estudio

1.9.1. El tiempo

Se contó con un tiempo de 6 meses para realizar la investigación, que inició en el mes de mayo y concluyó en el mes de noviembre.

1.9.2. Espacio

La presente investigación se realizó en el departamento y provincia de Lima.

1.9.3. Las condiciones económicas

Al ser una investigación de carácter descriptiva, los costos usados para desarrollarla son solo en el pago que nos brinda los asesores metodológicos y especialistas en la materia.

1.9.4. Las fuentes de información

La información necesaria se recopiló buscando tesis, artículos, libros y revistas ya sean nacionales e internacionales.

1.9.5. Recolección de los datos

La recolección de la información requerida para la realización de nuestra investigación nos la ofrece la Universidad Ricardo Palma, teniendo una base de datos académica en la cual se encuentran, *ProQuest*, *Knovel*, *ALICIA*, el repositorio de tesis de la universidad, así como también se encontró información en *ScopusPriew* y en *Google Académico*.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco histórico

Se sabe que hace más de 3000 años se usaban fibras naturales como la paja para mejorar el adobe, siguiendo la línea cronológica. Por los años 1960s, los primeros científicos en estudiar las fibras como el acero en el hormigón fueron los científicos Romualdi and Batson (1963); Naaman and Shah (1976), desde esas épocas se viene utilizando el hormigón con fibra, logrando así proyectos exitosos (ACI, 2018). A través de la historia el hombre ha venido mejorando las formas de construcción, de acuerdo a las condiciones que se les presentaba, ya sean como factor de forma o factor de uso, esto lo impulso a ir buscando nuevos materiales para poder mejorar las unidades de construcción, innovando el uso de los materiales que se encontraban en la naturaleza como por ejemplo la paja en el adobe.

Continuando la línea del tiempo y aun así en pleno uso de métodos antiguos, la tecnología nos ha permitido fabricar distintos agregados o llamémoslo componentes de los materiales de construcción, los cuales nos permite replicar y mejorar las características que los materiales naturales nos ofrecía, como es así el uso de las distintas fibras que se encuentran en el mercado. En el caso del hormigón, el cual es el motivo de esta investigación, presenta cualidades a favor y otras en contra, el hormigón en su estado endurecido presenta una buena respuesta ante los esfuerzos de compresión, sin embargo se sabe que frente a los esfuerzos de tracción no tiene la misma respuesta, esto obliga a que el hormigón necesite refuerzos tales como el acero o fibras, estas últimas en sus diferentes presentaciones, siendo así las microfibras las que se usan para que el hormigón en su primeras horas de fraguado, y se reduzca así los agrietamientos por contracción plástica, en otros elementos, el hormigón es reforzado con mallas electrosoldadas, dando así buenos resultados antes las grietas por contracción plástica (SIKA, 2011).

Las microfibras añadidas al hormigón vienen desde 1970, pues estas lo ayudan en su estado fresco a disminuir las grietas por contracción plástica incluso grietas de contracción por secado. Sin embargo, con el acero forma lo que es llamado el hormigón armado, este último aporta la resistencia a la flexión que este necesita, muy

distinto al acero de refuerzo se tiene el uso de las fibras ya que estas dentro del hormigón se distribuyen de manera uniforme en el volumen de la mezcla (ACI, 2018, pág. 2). Haciendo más énfasis en las fibras según (Linares-Durand et al, 2021), las deficiencias que normalmente se presentan son las de agrietamiento del hormigón, plasticidad y fraguado prematuro, todo esto se genera producto de las tensiones internas y se menciona que las grietas o fisuras en el hormigón se pueden generar al no soportar las fuerzas de tracción al momento de la instalación, estas fisuras traen problemas de estética, mas no en todos los casos de pérdida de resistencias.

A raíz de este problema con el hormigón, las diferentes industrias en el rubro de la construcción, con ayuda de los avances tecnológicos, se ven en la necesidad de crear estructuras más resistentes, más duraderas y seguras. En la actualidad se tienen variedad de tipos de fibras, clasificándolas así en macro y micro fibras. Las macro fibras normalmente están destinadas para que el hormigón en su estado endurecido no presente fisuras, las dosificaciones más comunes para este tipo de fibras son de entre 0.2% a 0.8% del volumen del hormigón, las más usadas de esta clasificación de fibras son las sintéticas y las metálicas, las cuales sus diámetros oscilan entre 0.05mm a 2.00mm, tienen una relación de aspecto (L/D) entre 20 a 100.

Las variaciones de dosificación varían mucho en términos de peso, de acuerdo a la densidad del material, como las de acero que requiere de 20 a 50 kg/m³ de hormigón, sin embargo, las sintéticas (polipropileno) varía entre 2 a 9 kg/m³, las macro fibras en el diseño de mezcla se toman como si fueran un agregado más, incluso llegando a tomarse tiempos de mezclado de entre 3 a 5 minutos, las microfibras (metálicas o sintéticas) en cuestión de reacciones de volumen no aumentan tan significativamente la resistencia a la compresión, pero si se presentan mejora en la disminución de grietas (SIKA, 2011).

Según (Linares-Durand et al , 2021) las macrofibras ayudan a controlar el ancho de grieta del hormigón en su estado endurecido, ayudando así a que la estructura agrietada siga funcionando correctamente, coinciden al igual que SIKA que la dosis más común es de 0.2% a 0.8% del volumen de hormigón, a comparación de ellas se tienen las micro fibras que se utilizan para reducir la fisuración del hormigón en su

estado fresco en las primeras 24 horas; su dosificación en la mezcla de hormigón varía entre 0.03% a 0.15% , siendo las más frecuentes las fibras de polipropileno que tienen una dosificación en peso de 0.3 a 1.2 kg/m³, los diámetros son de 0.023mm a 0.050mm, este tipo de fibras en el hormigón en su estado fresco en ocasiones da una apariencia de pérdida de manejabilidad o asentamiento, sin embargo con una pequeña dosis de energía o vibrador, se llega a la trabajabilidad deseada (SIKA, 2011).

Las microfibras de Polipropileno llegan a tener mayor resistencia a los cambios térmicos, ayudan a distribuir uniformemente las propiedades del hormigón e impermeabilizan los componentes. La fibra de polipropileno es un termoplástico que se obtiene de la polimerización del polipropileno, como subproducto gaseoso del refinado del petróleo, este tiene un proceso cuidadoso, con un control preciso de temperatura y presión, el polímero se puede dividir en 3 tipos (homopolímero, copolímero aleatorio y copolímero de alto impacto), actúa como aislante de la humedad, tiene resistencia química, es transparente y puede ser utilizado en la industria textil, construcción y en la industria farmacéutica.

En el año 1954 se obtuvo el Polipropileno fruto del trabajo científico en Europa, siendo después para el uso doméstico, en su comienzo no tuvo tanto éxito como las fibras de acero, sin embargo, las siguientes investigaciones lograron que sea más usado en las matrices de hormigón, logrando así que las fibras sean más finas y sintéticas, los norteamericanos en sus investigaciones llegaron a la conclusión que la cantidad apropiada de hormigón era equivalente a 454g/ yd³, más tarde se determinó que 450g/ m³ eran suficientes para contrarrestar la contracción plástica. En América Latina se concluyó que con 600gr/m³ (Linares-Durand et al, 2021).

En el caso de pavimentos rígidos, estos asumen las cargas de los ejes equivalentes en solo la capa de hormigón, se sabe que en los pavimentos rígidos los materiales que se usan son el hormigón y el acero, estos se obtienen de manera rápida en el mercado debido a su alta demanda (Newman & Choo, 2003). Según (Maccaferri, 2010) las fibras deben presentar una adecuada resistencia mecánica a la tracción, deben estar homogéneamente distribuidas dentro de la mezcla para que así estas constituyan una micro armadura la cual es eficaz para contrarrestar el fenómeno llamado,

agrietamiento por contracción plástica. Este hormigón fibroreforzado es utilizado como reforzamiento en elementos estructurales, también es usado en túneles o proyectos de revestimientos, diseño de pavimentos y prefabricados.

Las fibras de polipropileno son usadas con mayor frecuencia hoy en día, en esta investigación nos centramos en las fibras de polipropileno que nos ayudan a controlar la fisuración por contracción plástica, la cual se presenta en el hormigón en su estado fresco a pocas horas de su vaciado y suelen aparecer en superficies horizontales debido a una rápida pérdida de agua, según (CONCRETE, 2020), la lucha contra el agrietamiento por contracción plástica y los diferentes medios que se han utilizado para combatirlas no han sido muy efectivos, pues ellos mencionan que una de las mejores formas sería de prever el tiempo antes del vaciado, verificando las condiciones, ya sea el viento, la temperatura, las condiciones de donde será colocado. Todas estas condiciones influyen en la presencia de las grietas pueden ser controladas, con barreras contra el viento, nebulizadores, aspersores, incluso mejorando el suelo (en caso este húmedo).

En su investigación (Muñoz Cebrián, 2011), realiza su investigación con un objetivo general del determinar cómo es que varían las propiedades mecánicas del hormigón al adicionarle distintos porcentajes de fibra de polipropileno multifilamento, como específicos determinó la resistencia a la compresión y a la flexo compresión, esta investigación fue consultada solo para aspectos teóricos que no varían en mucho con la presente investigación, fue analizada en este aspecto debido a que las resistencias analizadas en dicha investigación son muy altas a las que nosotros hemos planteado, de manera correcta comenta acerca de la fabricación de las fibras de polipropileno, desde la obtención de la materia prima (petróleo), este proceso es variado y se puede sintetizar en 5 etapas:

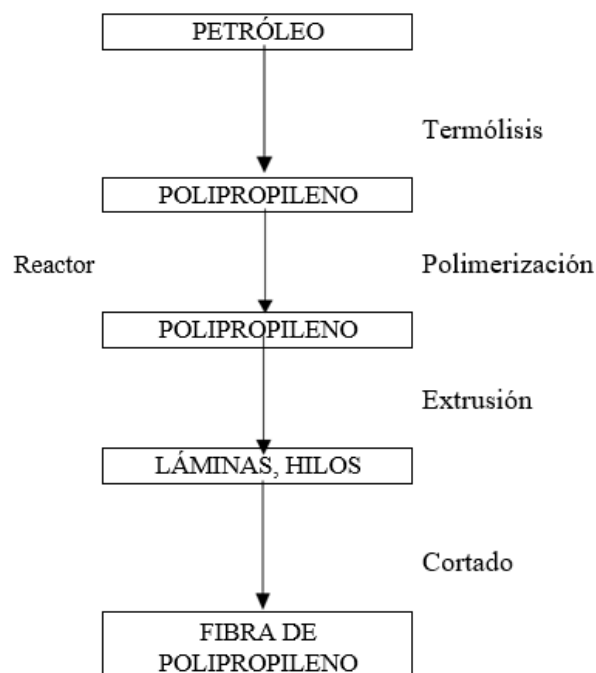


Figura 2. Resumen del proceso de la fibra de Polipropileno

Fuente: Muñoz Cebrián (2011)

En la investigación de (Hernández Murcia & León Otálora, 2017) coloca las propiedades de algunas de las fibras de polipropileno, según la referencia comercial, fuente, morfología, peso específico, diámetro, longitud, módulo de elasticidad, esfuerzo a la tensión, elongación en la fractura, punto de fusión.

Con respecto a las resistencias estudiadas, ya sea resistencia a la compresión o resistencia a la tracción, estas se toman en cuenta en esta investigación, ya que son características innatas del hormigón, ya sea con fibras o sin fibra. La resistencia a la compresión se obtiene mediante ensayos en el hormigón, mayormente en forma cilíndrica en donde se busca la capacidad para soportar una carga por unidad de área y se expresa en términos de esfuerzo, con las unidades de kg/cm^2 , la resistencia a la flexión, la cual si se estudio es el módulo de rotura el cual está relacionado con la capacidad de deformación por flexión del hormigón.

2.2. Investigaciones relacionadas al tema

2.2.1. Investigaciones internacionales

(Hernandez, D., & Leon, D., 2017) analizaron experimentalmente al hormigón, donde verificaron la influencia de las adiciones de fibras de polipropileno o sintéticas, el estado endurecido como se va a ver afectado u optimizado en función de la resistencia a flexión y a compresión con distintos diseños de mezcla.

(CONCRETE, 2020), indica que antes de realizar el vaciado del hormigón se deben inspeccionar las condiciones en las que se encontrara en su estado fresco, plantean diferentes medidas para contrarrestar cada factor.

(Figueroa Andrade, 2021-2013), comenta como es que la fibra de polipropileno (microfibra-monofilamento), aporta al hormigón una restricción de fisuras, menciona que cuando se dosifican de manera correcta aportan resistencias a impactos, al fuego y aumenta la tenacidad, mejorando así su comportamiento contra sismos y vientos, todo esto puede mejorar si es que se maneja de forma adecuada la cantidad de fibra, hace mención en como el hormigón convencional tiene factores en contra, como lo es la baja resistencia a la tracción, a la ductilidad y a la capacidad de absorción de energía, menciona unas nomenclaturas como lo es HRF (hormigones reforzados con fibras), HRFA (hormigones reforzados con fibras de acero).

(D.I.C. Betancourt Chávez et al, 2018), comentan en su investigación acerca del uso de la fibra de polipropileno y las fibras de acero en la industria como alternativa y mejora de las fibras naturales, experimentando con mezclas que contienen cada una de las fibras, y llegan a la conclusión que las más usadas son las fibras de acero y polipropileno, ya que le dan mejor comportamiento mecánico, siendo así su principal uso en pisos, aeropuertos y pavimentos rígidos.

(ACI, 2018), comentan en esta guía sobre como el hormigón necesita del acero para soportar los esfuerzos a tracción, para el cual él no tiene una correcta respuesta, menciona que las microfibras son usadas mayormente para

controlar las fisuras por contracción plástica y así mejorar las características plásticas del hormigón.

(Aguilar Armas, 2016), concluyo que su dosis de fibra de polipropileno de 400 gr/m^3 logra reducir las fisuras por contracción plástica, hasta en un 90%, reduce el asentamiento en un 50%, como también mencionaron otros investigadores, la pérdida del asentamiento causa problemas de supervisión, así mismo concluye que sus propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y la flexión solo incrementan un 3% y 14% a los 28 días, respectivamente.

2.2.2. Investigaciones Nacionales

(Mendizabal Lluque, 2019)), determina que la resistencia a la compresión, con las diferentes proporciones de fibra de polipropileno en 0 gr/m^3 , 300 gr/m^3 y 600 gr/m^3 ; se determina que las probetas con fibra tienen mayor resistencia con respecto al patrón en un 2.66 % con una proporción de 300 gr/m^3 y un 4.54 % con una proporción de 600 gr/m^3 . Por lo tanto, se contrasta su hipótesis donde se manifestó que la incorporación de la fibra de Polipropileno si varía la resistencia a la compresión del hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

(Perez Amasifuen, 2020), concluye que al realizar los ensayos de flexión en vigas de hormigón con adición de fibra y sin adición, podemos verificar que la viga de 0.20% tuvo un mejor comportamiento a flexión. Dando como resultado a los 28 días un incremento de 9.98%, generando una resistencia de 40.33 kg/cm^2 con respecto al diseño patrón (36.67 kg/cm^2). Con respecto a las fisuras, no se logró verificar el tamaño de la fisura ya que logro un fallo de mayor magnitud. A diferencia de la viga de 0.20% con armadura, su resistencia a la flexión a los 28 días aumentó en 6.67%, generando un valor de 80 kg/cm^2 con respecto al diseño patrón (75 kg/cm^2).

(Isidro Perca, 2017) estudio el efecto que tiene la fibra de polipropileno en un hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad de Puno, tomando así todos los materiales de la misma ciudad, siendo así los agregados de la cantera Cutimbo, el cemento Portland Tipo I, los agregados fueron gradados según la norma

ASTM C333, pues el concluye que la fibra de polipropileno de 19mm reduce la resistencia a la compresión y aumenta la resistencia a la tracción.

(Chapoñan Cueva & Quispe Cirilo, 2017), comenta el estudio que realizo acerca de las propiedades del hormigón hidráulico adicionando fibras de polipropileno en el A.A.H.H Villa María-Nuevo Chimbote, comentando así los diferentes factores contra los que tuvo que lidiar, pues en esta investigación tomo como base las normas técnicas vigentes, el menciona que las ventajas de la fibra de polipropileno en el hormigón hidráulico es que elimina totalmente las fisuras, protege la cabilla, permite un fraguado homogéneo, evita la necesidad de un posterior curado y homogeniza la mezcla.

(Cervantes Fernández, 2019), en la presente investigación comenta en cómo influyen las fibras de polipropileno en la resistencia a la compresión del hormigón hidráulico, llegando a una conclusión que la mejor dosificación es la que tiene el 10% de fibra reduciendo también las fisuras.

2.3. Definición de términos básicos

Hormigón

“El hormigón puede definirse como la mezcla de un material aglutinante, un material de relleno, agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un todo compacto y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión” (Sanchez de Guzman, 2001).

Resistencia a la compresión

“La resistencia a la compresión del hormigón es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar por compresión agrietamiento, rotura” (Abanto Castillo, 2018, págs. 50-51)

Trabajabilidad

“Propiedad del hormigón que determina su capacidad de ser colocado, compactado y acabado sin la presencia perjudicial de segregación” (Abanto Castillo, 2018, pág. 47).

Contracción plástica

La contracción de este tipo se manifiesta cuando la mezcla pierde humedad de manera rápida en su estado plástico o fresco, esto genera tensiones de tracción. (ACI, 2007).

Fibra de Polipropileno

“Las fibras sintéticas se fabrican con 11 materiales de poliolefina, que normalmente incluyen polipropileno y polietileno” (ACI, 2018, pág. 9)

Pavimentos Rígidos

“Los pavimentos de hormigón reciben el apelativo de rígidos debido a la naturaleza de la losa de hormigón que la constituye. Debido a su naturaleza rígida la losa absorbe casi la totalidad de los esfuerzos producidos por las repeticiones de las cargas de tránsito, proyectando en menor intensidad los esfuerzos a las capas inferiores y finalmente a la sub rasante” (MTC, 2014)

Microfibras

“Fibras que se pueden dosificar por volúmenes de entre 0.03% a 0.15% con un peso de entre 0.3 a 1.2 kg/m³ de hormigón, tienen un diámetro de 0.03mm a 0.050mm que pueden ser monofilamento o fibradas” (SIKA, 2011)

Macrofibras

“Fibras que se pueden dosificar por volúmenes de entre 0.2% a 0.8% con un peso de entre 2 a 9 kg/m³ en fibras sintéticas (polipropileno), tienen un diámetro de 0.05mm a 2.00mm que pueden ser metálicas, sintéticas o naturales” (SIKA, 2011)

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno se reduce el agrietamiento por contracción plástica del hormigón.

3.1.2. Hipótesis específicas

- a. Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de Polipropileno se reduce el índice de grieta.
- b. Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno aumenta en la resistencia a la compresión.
- c. Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno aumenta la resistencia a la flexión.
- d. Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno aumenta la tenacidad.

3.2. Variables

3.2.1. Variable independiente

Fibra de polipropileno.

3.2.2. Variable dependiente

Agrietamiento por contracción plástica.

3.2.3. Variables intervinientes

- Velocidad del viento.
- Humedad relativa.
- Temperatura.
- Tipo de fibra.

3.2.4. Definición conceptual

Fibras de Polipropileno: “las fibras sintéticas se fabrican con 11 materiales de poliolefina, que normalmente incluyen polipropileno y polietileno” (ACI, 2018, pág. 9).

Agrietamiento Plástico: La contracción de este tipo se manifiesta cuando la mezcla pierde humedad de manera rápida en su estado plástico o fresco, esto genera tensiones de tracción. (ACI, 2007).

3.2.5. Definición operacional

Variable independiente: La fibra de polipropileno es una gran opción en reemplazo u ayuda del acero, ya que permite distribuir de manera adecuada un refuerzo en la mezcla, sin embargo, al ser usada de manera simple se deben tomar en cuenta las variables intervinientes, ya que estas influyen en el agrietamiento plástico.

Variable dependiente: El agrietamiento plástico sucede cuando el hormigón está en su estado fresco y presenta pérdida de agua de manera muy rápida, ya sea por los diferentes factores que aportan las variables intervinientes, pues esto se plasma en la investigación presentada.

Tabla 1
Resumen de Operacionalización de Variables

Variable Independiente	Indicadores
Fibra de Polipropileno	Porcentaje de Fibras de Polipropileno
Variable Dependiente	Índice de Grietas
Arietamiento por Contracción Plástica	Resistencia a la Compresión
	Resistencia a la Flexión
	Contracción por secado en el tiempo

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO

4.1. Método de Investigación

El método de investigación fue deductivo, ya que nos permite determinar características de una realidad en este caso el añadir la fibra de polipropileno a nuestras mezclas, partiendo así de la descripción tomando en cuenta los problemas, en el estudio se recopiló información de tesis, artículos, libros, entre otros, los cuales nos ayudaron a obtener información de como la fibra de polipropileno se utiliza y también como es que influye en mejorar las propiedades físicas del hormigón en estado fresco y endurecido.

4.2. Tipo de Investigación

La investigación es de tipo descriptiva, correlacional y explicativa, ya que se planteó la descripción de un problema, se explican los posibles factores, las posibles soluciones con las referencias bibliográficas nacionales e internacionales, con tesis, artículos y libros relacionadas a las variables independiente la cual es las fibras de polipropileno.

4.3. Nivel de Investigación

Descriptiva ya que existen resultado con datos y características de la población, se estudian los factores externos e internos que afectan a la mezcla de hormigón en pavimentos rígidos, influyendo así en el agrietamiento plástico.

4.4. Diseño de la Investigación

El diseño de investigación es experimental, debido a que el estudio se centra en una variable dependiente e independiente y determinar mediante información recopilada la influencia entre las mismas, con una base de datos de fuentes confiables, se determinó los factores necesarios para que se disminuya el agrietamiento plástico.

4.5. Población y Muestra

4.5.1. Población

(Hernández Murcia & León Otálora, 2017), Estudio de hormigón adicionado con fibra de polipropileno o sintéticas al 2%. Consideró ensayos en 3 mezclas

con diseños distintos, agregando así un total de 29 probetas cilíndricas de 150 mm x 300 mm según la NTC 1377.

(Perez Amasifuen, 2020) Control de fisuras en vigas de hormigón armado adicionando fibras de polipropileno en el A.H 12 de octubre, SMP-2020. Consideró una población de 36 probetas a compresión, 40 a flexión y 40 prismáticas tipo viga.

(Mendizabal Lluque, 2019) Fibra de polipropileno y las variaciones de las propiedades físicas del hormigón $F'_c=210 \text{ kg/cm}^2$. Consideró en su investigación 18 probetas a compresión y 27 probetas a flexión.

(Isidro Perca, 2017) Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del hormigón $F'_c 210 \text{ kg/cm}^2$. Consideró una población de 60 probetas analizadas a compresión y 46 a flexión.

4.5.2. Muestra

(Hernández Murcia & León Otálora, 2017) en su investigación realizo 3 diseños de mezclas distintas, en el diseño patrón (diseño de mezcla con agregados fino y grueso San Nicolas) realizo 10 ensayos a compresión, en el diseño N°1(material grueso de procedencia Cayto 1", material fino de agregados nacionales con 500 gr de macrofibras) realizo 9 probetas y por último en el diseño N°2(agregado grueso San Nicolas, agregado fino San Nicolas con 8000 gramos de macro fibras) realizo 10 probetas más, dando un total de 29 probetas.

(Perez Amasifuen, 2020) en su investigación uso 12 probetas a 7 días a compresión, 12 a 14 días y 12 a 28 días como diferentes porcentajes de fibra, seguido así de 4 con acero reforzado en los ensayos de flexión.

(Mendizabal Lluque, 2019) en su investigación tiene 18 probetas (6 testigos por cada diseño respectivamente a compresión) y 27 probetas (9testigos para cada diseño respectivamente) a flexión, tomando en cuentas las edades de 7, 14 y 28 días.

(Isidro Perca, 2017) en su investigación realizo 60 probetas ensayadas a compresión, donde indico que pierden resistencia y solo pasan 4 de ellas, también se analizaron 46 a flexión.

4.6. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos

4.6.1. Instrumento de recolección de datos

(Hernández Murcia & León Otálora, 2017), de acuerdo al investigador los instrumentos utilizados son:

Se realizo la determinación de masas unitarias y loas vacíos entre partículas de agregados NTC 92.

Se determinó la granulometría NTC 77-78.

Se determino la densidad y absorción de agua NTC 176.

(Perez Amasifuen, 2020) de acuerdo al investigador se utilizó la técnica de observación, sus datos fueron obtenidos de sus ensayos y formatos de laboratorio en base a la NTP o las normas internacionales ASTM.

(Mendizabal Lluque, 2019) de acuerdo al investigador uso, así como instrumento las fichas técnicas de laboratorio para usar los apuntes necesarios

(Isidro Perca, 2017) según el investigador los instrumentos utilizados son:

- Balanza.
- Herramientas manuales.
- Moldes para vaciado de probetas cilíndricas-ASTM C31.
- Moldes para vaciado de probetas prismáticas-ASTM C293.
- Moldes para vaciado de probetas prismáticas-ASTM C1012.
- Varilla lisa de 5/8” para el apisonado.

4.6.2. Métodos y técnicas

(Mendizabal Lluque, 2019), de acuerdo a la investigación se usó el método de recolección de datos y llenado en el instrumento que ya fue mencionado, el cual le permite ordenar los datos.

(Perez Amasifuen, 2020) el investigador menciona que recolectar datos y los analiza de acuerdo a las diferentes norman peruanas y la ASTM.

(Isidro Perca, 2017) el investigador uso en su investigación los siguientes métodos:

- Norma ASTM C39/C39M-14.
- Norma ASTM C293-02.
- Norma ASTM C1012-04.
- Datos resistencia a la compresión.
- Datos resistencia a la flexión.

4.7. Descripción y procesamientos de análisis

(Perez Amasifuen, 2020), según el investigador se consideró la investigación en 4 fases.

Fase I -. Donde recopilo información de diferentes referentes bibliográficos (revistas, tesis, normas técnicas, etc.) Para obtener mayor conocimiento de la investigación.

Fase II -. Realizo el diseño de mezcla con las dosificaciones respectivas para elaborar las probetas y vigas que se estudiaran.

Fase III -. Ensayos de Laboratorio.

Fase IV-. Realizo el análisis de los resultados obtenidos, posteriormente a ello plasmo sus conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Resultados e investigación

En la presentación de estos resultados, se han tomado todos los aportes de los autores consultados en esta investigación bibliográfica, usando microfibras de polipropileno, realizando ensayos para determinar los objetivos específicos planteados, índice de grietas, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, contenido de aire en la mezcla, contracción por secado en el tiempo, tenacidad.

Los autores tuvieron algunas similitudes, como también discrepancias con respecto al aporte que le da la fibra de polipropileno al hormigón, tomando en cuenta que según (SIKA, 2011), comenta que las fibras de polipropileno son clasificadas, como microfibras y macrofibras, las microfibras son usadas en el hormigón en sus primeras 24 horas en estado fresco para poder reducir las grietas por contracción plástica, sin embargo las macrofibras de polipropileno son usadas en el hormigón para reducir las grietas en su estado endurecido

5.1.1. Resultados del específico 1

Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que disminuye en el índice de grietas.

En la Tabla 2 el autor (Huacho Ochoa, 2021) dice las características de la fibra de polipropileno que ha utilizado en su investigación, con estos datos realizó la Tabla 3, para obtener las fisuras con sus respectivas características, como son el ancho brote, la longitud de fisura, temperatura del hormigón, velocidad del viento y su clasificación.

Los resultados obtenidos fueron plasmados en la Figura 3 y 4.

Tabla 2
Características de la Fibra

Descripción	Sika Fiber PE
Longitud (m)	1.17
Densidad Real (kg/ml)	15,000
Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	2
Absorción de agua (%)	26
Elongación e rotura (%)	100
color	crema
Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	468

Fuente: Huacho Ochoa, (2021)

Tabla 3
Ficha de observación para el paño del Hormigón Patrón

Fisura	Hora de brote	Ancho prom. de brote (mm)	Longitud de fisura (mm)	Temperatura del hormigón al brotar la fisura(°C)	Velocidad del viento al brotar la fisura (m/s)	Temp. ambiente (°C)	Clasificación según ancho
F1	02:56	0.250	16	17.00	2.00	13.00	Macrofisura
F2	02:57	0.175	31	17.00	2.10	13.00	Fisura
F3	02:59	0.200	18	17.10	3.00	14.00	Fisura
F4	03:01	0.350	25	16.50	3.10	13.00	Macrofisura
F5	03:03	0.425	55	18.00	3.00	13.50	Grieta
F6	03:05	0.400	80	17.20	2.50	13.00	Macrofisura
F7	03:18	0.450	59	18.00	3.10	12.50	Grieta
F8	03:23	0.150	29	18.50	3.40	13.00	Fisura
F9	03:30	0.100	17	18.00	2.50	13.50	Microfisura
Total			330				

Fuente: Huacho Ochoa, (2021)

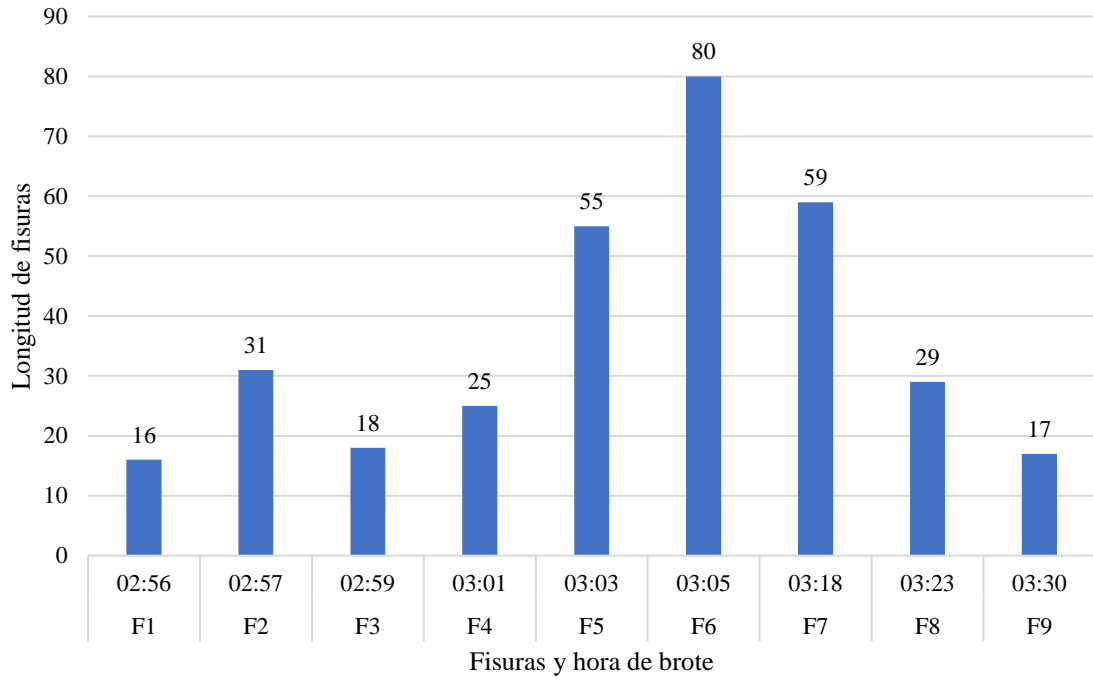


Figura 3. Fisuras y hora de brote vs Longitud de fisuras
Fuente: Elaboración Propia

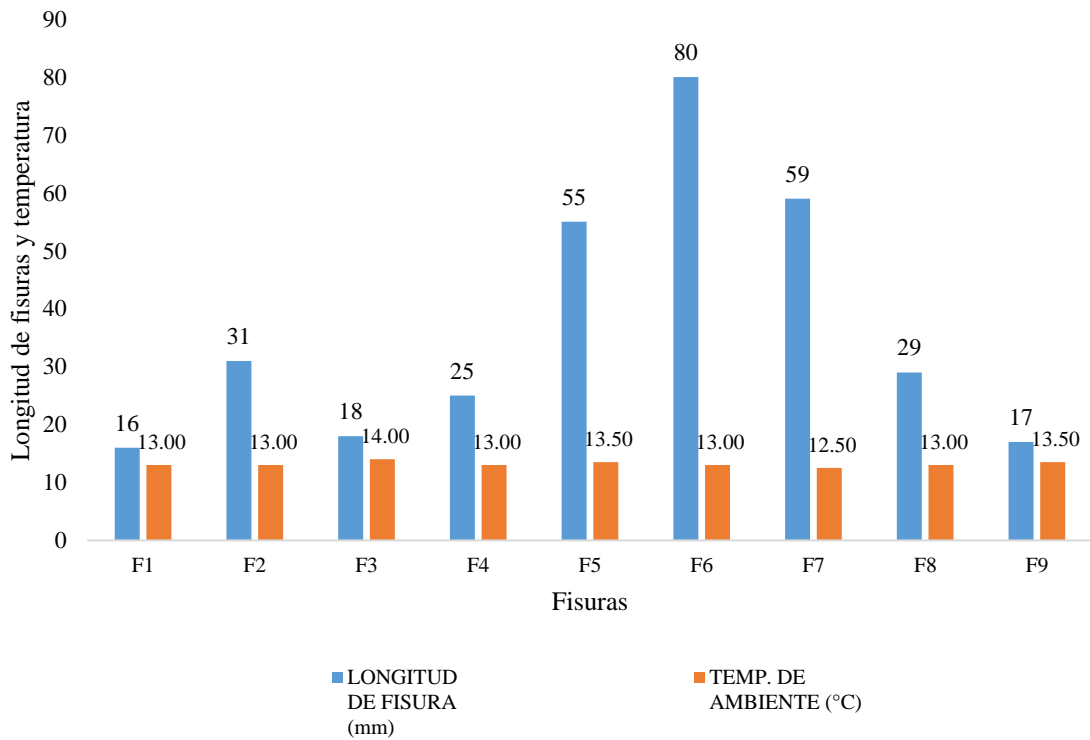


Figura 4. Fisuras vs Longitud de fisuras y temperatura
Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 4 se extrae de la ficha de observación para el Hormigón Fibroreforzado 1 CF1 300gr/m³, nos permite apreciar la diferencia con la Tabla 5 se muestran los hormigones fibroreforzados CF1, CF2 Y CF3 con añadidos de fibra de 300, 600 y 1200 gr/m³ respectivamente en donde compara los distintos diseños y los plasmamos en las Figuras 6 y 7, en la Tabla 6 el autor nos muestra la aparición de fisuras con sus respectivas características, plasmados en la Figura 8.

Tabla 4
Ficha de observación para el paño de Hormigón Fibrorreforzado 1CF

Fisura	Hora de brote	Ancho prom. de brote (mm)	Longitud de fisura (mm)	Temperatura del hormigón al brotar la fisura (mm)	Velocidad del viento al brotar la fisura (m/s)	Temp. del ambiente al brotar la fisura (°C)	Clasificación según el ancho
F1	03:20	0.10	15	17.50	2.90	13.00	Microfisura
F2	03:26	0.15	18	17.00	3.50	13.50	Fisura
Total			33				

Fuente: Huacho Ochoa, (2021)

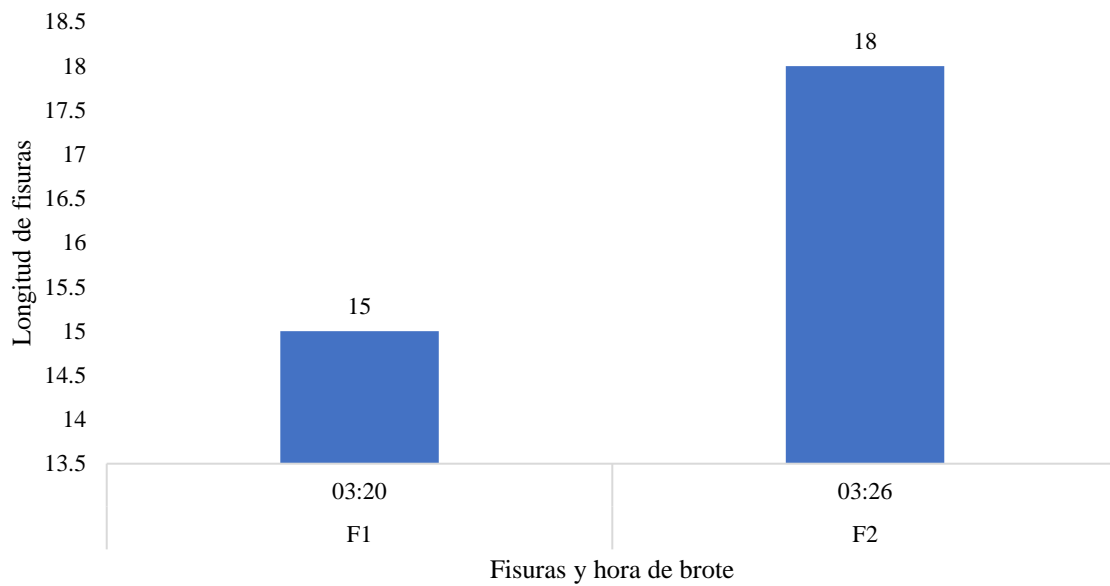


Figura 5. Fisuras y hora de brote vs Longitud de fisura
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5
Resumen de longitudes para cada diseño y porcentaje que se redujo

Diseño de mezcla	Suma de longitud de fisuras	Porcentaje (%) reducido de fisuras
Hormigón Patrón CP	330	--
Hormigón Fibrorreforzado 1 CF1	33	90
Hormigón Fibrorreforzado 2 CF2	0	100
Hormigón Fibrorreforzado 3 CF3	0	100

Fuente: Huacho Ochoa, (2021)

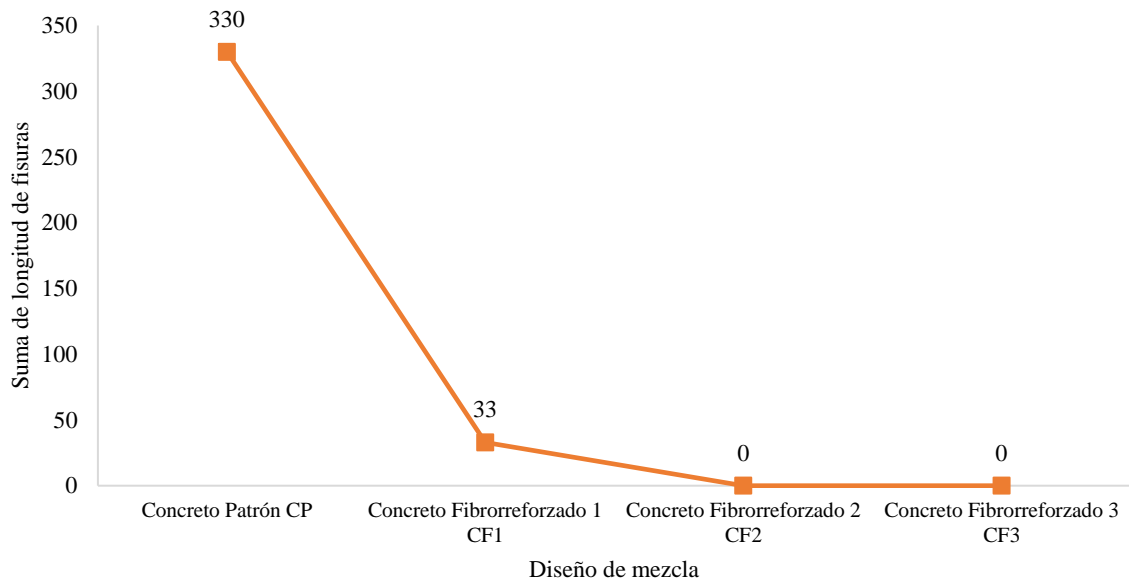


Figura 6. Diseño de mezcla vs Suma de longitud de fisuras
 Fuente: Huacho Ochoa, (2021)

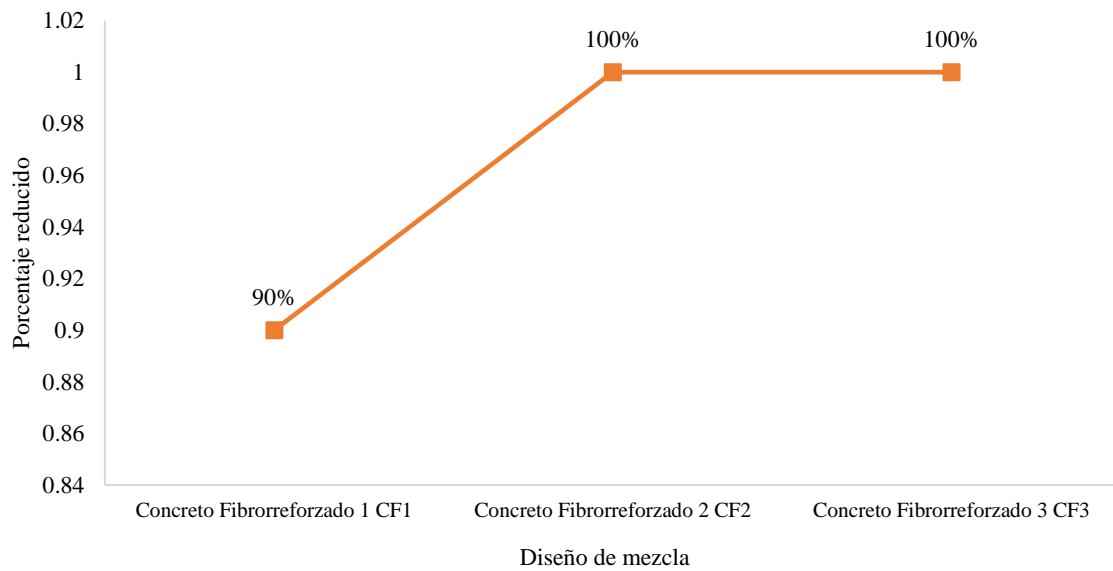


Figura 7. Diseño de mezcla vs Porcentaje reducido de fisuras
 Fuente: Huacho Ochoa, (2021)

Tabla 6

Análisis de la variación del tiempo de aparición de fisuras con adición de fibras

Diseño de mezcla	Primera fisura	Última fisura	Tiempo de fisuración (min)	Cantidad de fisuras (und)	Velocidad de fisuración (und/min)	Reducción de tiempo (%)
C.P.	02:56	03:30	34	9	0.26	-
CF1 300gr/m ³	03:20	03:26	6	2	0.33	84
CF2 600gr/m ³	-	-	-	-	-	100
CF31200gr/m ³	-	-	-	-	-	100

Fuente: Huacho Ochoa, (2021)

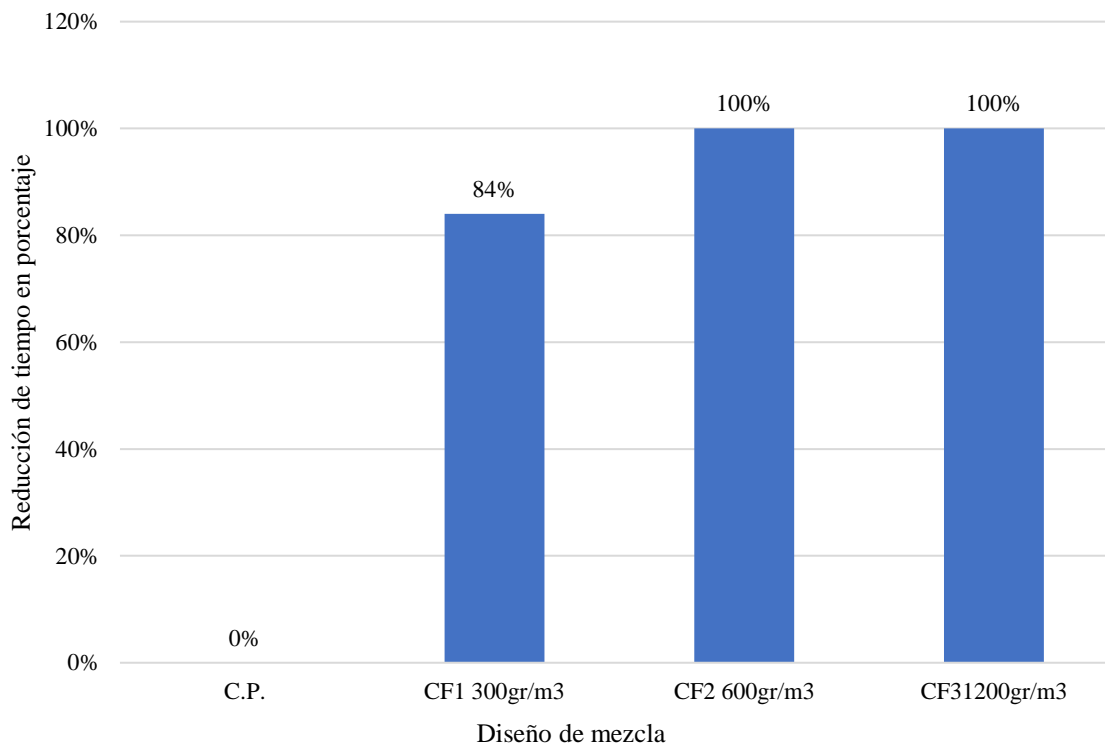


Figura 8. Diseño de mezcla vs Reducción de tiempo en porcentaje

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7
Resumen de anchos de fisuras para el Hormigón Patrón

Fisura	Ancho prom. de brote (mm)	Clasificación según el ancho
F1	0.250	Macrofisura
F2	0.175	Fisura
F3	0.200	Fisura
F4	0.350	Macrofisura
F5	0.425	Grieta
F6	0.400	Macrofisura
F7	0.450	Grieta
F8	0.150	Fisura
F9	0.100	Microfisura

Fuente: Huacho Ochoa, (2021)

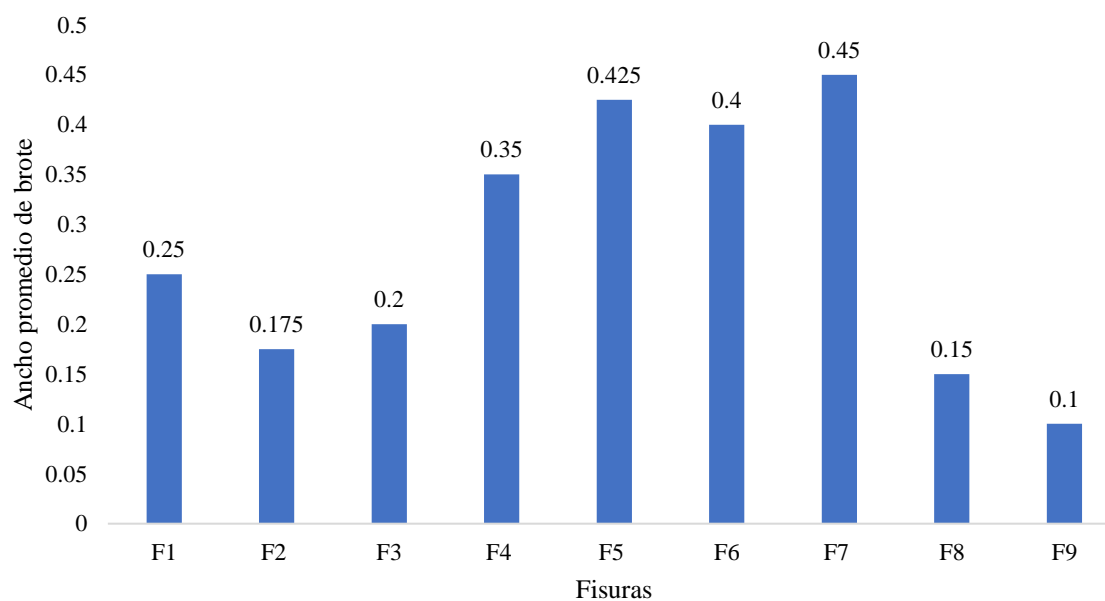


Figura 9. Fisuras vs Ancho promedio de brote
Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 8 el autor nos muestra diferentes diseños de mezcla para distintas resistencias con dosificaciones de 0, 200, 300 y 400 gr/m³ en donde determina la primera fisura y la relación de reducción de fisuración y sus siglas en inglés CCR (*crack reduction ratio*), mediante el ensayo de túnel de viento, siendo así plasmados en la Figura 10.

Tabla 8
Relación de reducción de fisuración CCR en ensayos en túnel de viento

Diseño de mezcla	Dosis	Primera fisura	Ancho promedio de fisura, mm	CRR, %	Tasa Evaporación kg/m ² /h
175.00 kg/cm ²	0.00 gr/m ³	1 hr 25 min	2.00	0	≥1.5
	200.00 gr/m ³	2 hr 30 min	1.20	40	≥1.5
	300.00 gr/m ³	2 hr 55 min	0.90	55	≥1.5
	400.00 gr/m ³	3 hr 10 min	0.70	65	≥1.5
210.00 kg/cm ²	0.00 gr/m ³	1 hr 20 min	1.80	0	≥1.5
	200.00 gr/m ³	2 hr 15 min	1.00	44.44	≥1.5
	300.00 gr/m ³	2 hr 45 min	0.80	55.56	≥1.5
	400.00 gr/m ³	3 hr 0 min	0.60	66.67	≥1.5
280.00 kg/cm ²	0.00 gr/m ³	1 hr 0 min	1.70	0	≥1.5
	200.00 gr/m ³	2 hr 10 min	0.90	47.06	≥1.5
	300.00 gr/m ³	2 hr 50 min	0.70	58.82	≥1.5
	400.00 gr/m ³	3 hr 35 min	0.60	64.71	≥1.5

Fuente: Aguilar Armas (2016)

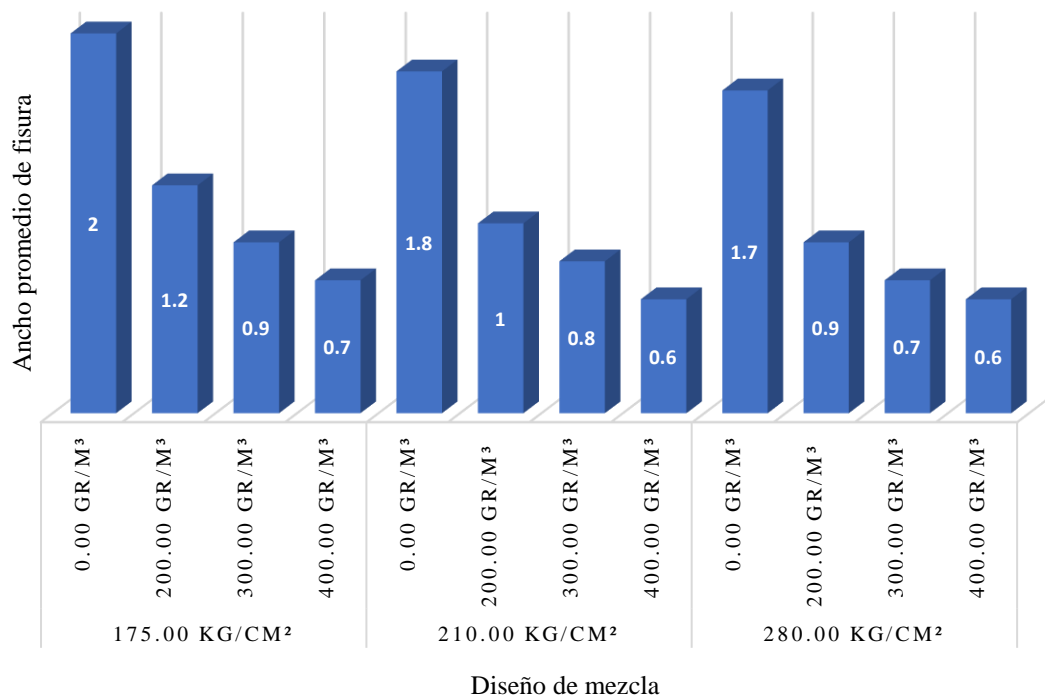


Figura 10. Diseño de mezcla vs Ancho promedio de Fisura
 Fuente: Elaboración Propia

En los siguientes datos de las investigaciones consultadas se toma en cuenta la siguiente nomenclatura de dosis de fibras para hormigón.

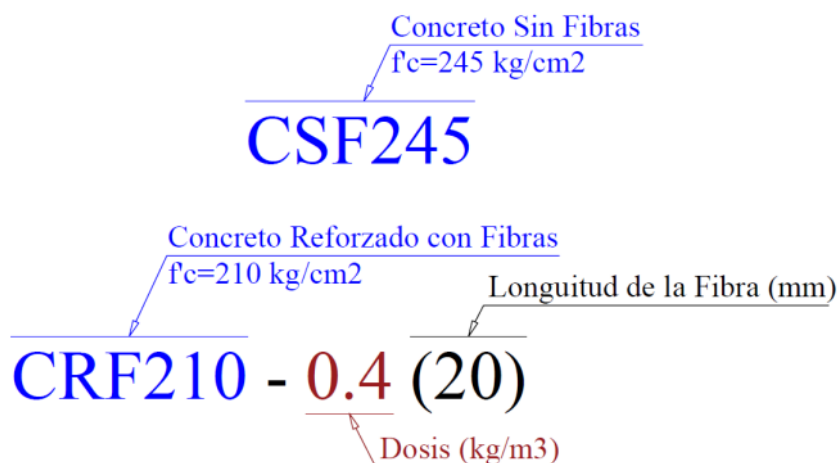


Figura 11. Nomenclatura del investigador
Fuente: Ivala Espinoza, (2017)

Tabla 9
Tiempo de aparición de fisuras en losas de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'_c=245 \text{ kg/cm}^2$

Diseño de mezcla	Hora primera fisura (min)	Hora ultima fisura (min)
CSF 210	55	121
CRF 210-0.4(20)	50	132
CRF 210-0.7(20)	55	130
CRF 210-1.2(20)	71	107
CSF245	57	111
CRF245-0.4(20)	53	117
CRF245-0.7(20)	60	106
CRF245-1.2(20)	59	100

Fuente: Ivala Espinoza, (2017)

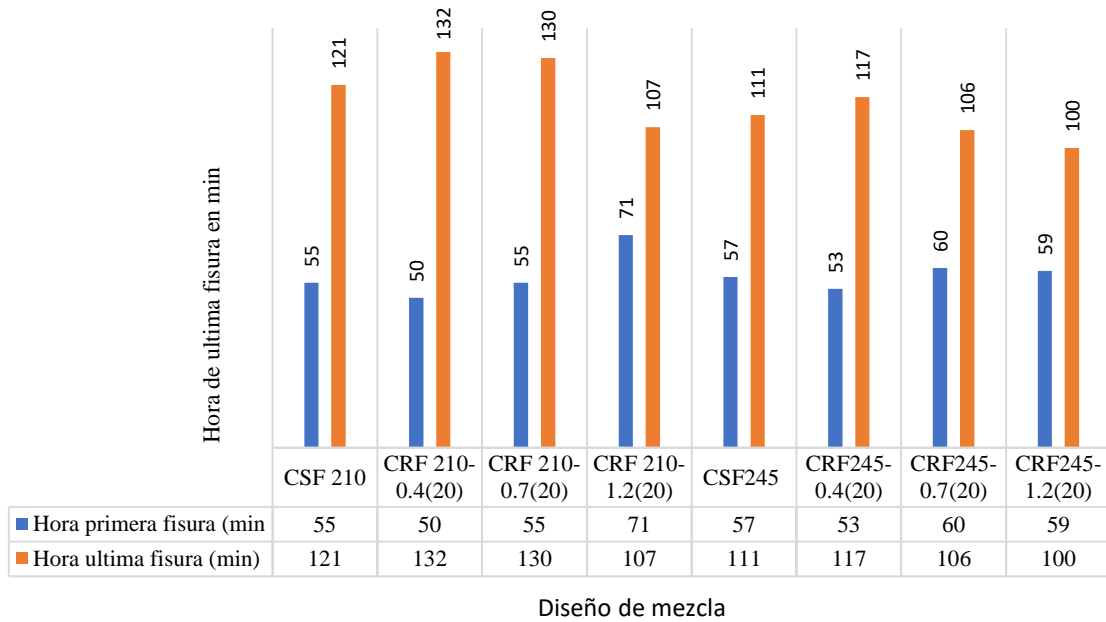


Figura 12. Tiempo de aparición de fisuras
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10
Cantidad de fisuras en losas

Diseño de mezcla	210 kg/cm ² (und)	245 kg/cm ² (und)
CSF	48	39
CRF-0.4(20)	33	32
CRF-0.7(20)	28	26
CRF-1.2(20)	24	12

Fuente: Ivala Espinoza, (2017)

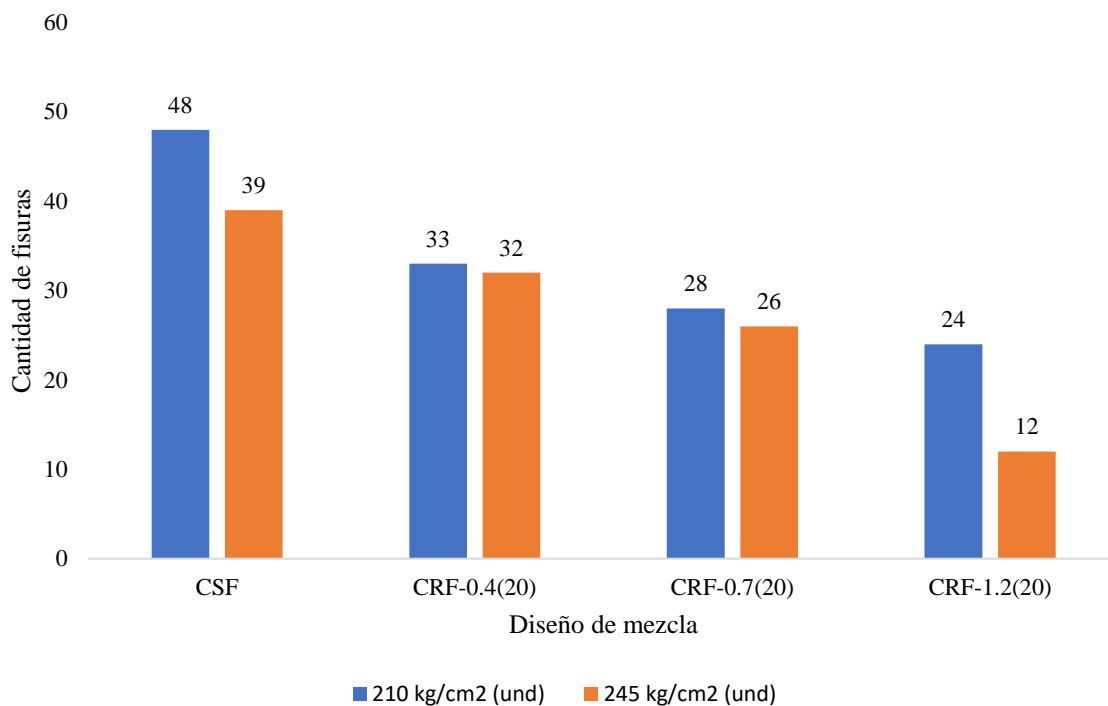


Figura 13. Cantidad de fisuras
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 11
Clasificación y cantidad de fisuras.

Diseño de mezcla	N° de Fisuras	Microfisuras .05 < e ≤ .10 N°	Fisuras .10 < e ≤ .20 N°	Macrofisuras .20 < e ≤ .40 N°	Grietas .40 < e ≤ .8 N°
CSF210	48	17	11	14	6
CRF210-0.4(20)	33	12	14	7	0
CRF210-0.7(20)	28	8	13	7	0
CRF210-1.2(20)	24	12	10	2	0
CSF245	39	10	9	17	3
CRF245-0.4(20)	32	7	9	12	4
CRF245-0.7(20)	26	3	8	13	2
CRF245-1.2(20)	12	0	6	5	1

Fuente: Ivala Espinoza, (2017)

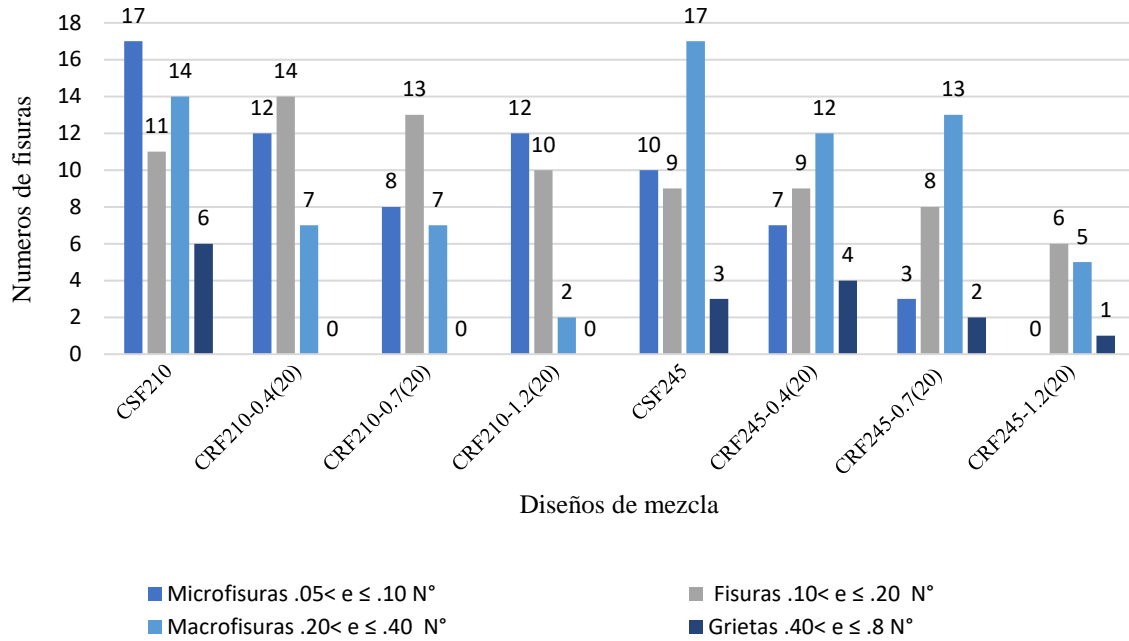


Figura 14. Clasificación y variación de fisuras
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12
Longitud promedio y variación de fisuras de las losas aligeradas

Diseño de mezcla	f'c=210 kg/cm ²		f'c=245 kg/cm ²	
	Promedio	Variación (%)	Promedio	Variación (%)
CSF	13.55	0	17	0
CRF-0.4(20)	12.95	4.41	16.84	0.92
CRF-0.7(20)	13.55	0.01	16.61	2.31
CRF-1.2(20)	12.48	7.92	16.88	0.74

Fuente: Ivala Espinoza, (2017)

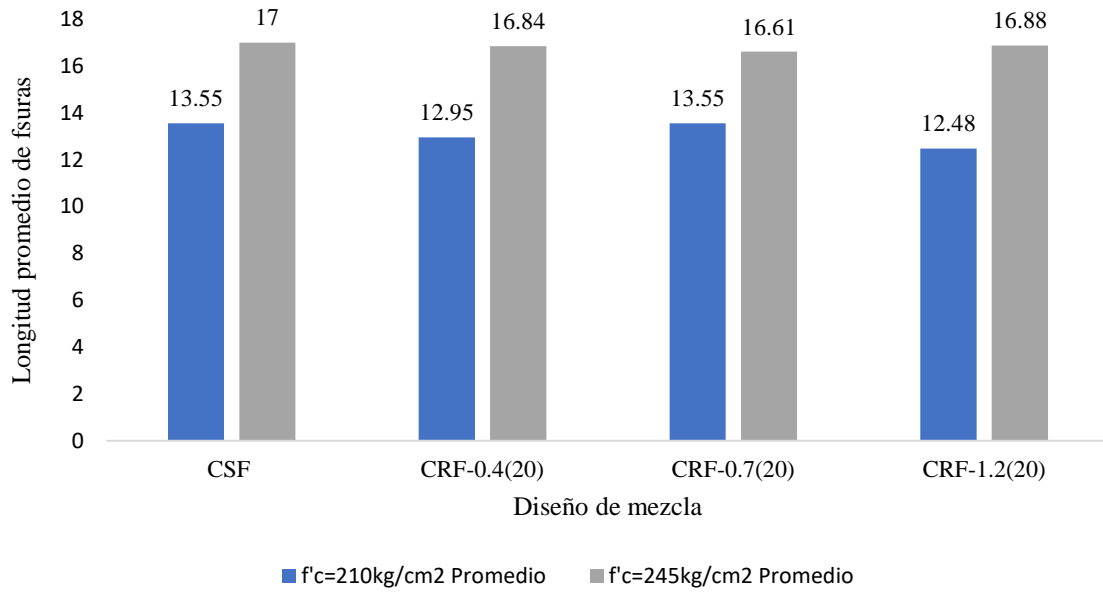


Figura 15. Longitud de fisuras vs Variación
Fuente: Elaboración Propia

5.1.2. Resultados del específico 2

Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta en la resistencia a la compresión

Para poder realizar el específico 2 el autor (Aguilar Armas, 2016) realizó distintos diseños de mezcla con un aumento de la dosificación, los distintos diseños de mezcla fueron ensayados a los 28 días, los datos fueron plasmados en la Tabla 13, en la Figura 16 y 17.

Tabla 13

Porcentaje de Incremento de la Resistencia a la compresión

Fuente: Aguilar Armas, (2016)

f'c	Dosis Fibra	f'c 28 días	% Incremento de Resistencia
175	0 gr/m ³	181.82	0.00
	200 gr/m ³	183.29	0.81
	300 gr/m ³	186.6	2.63
	400 gr/m ³	187.23	2.97
210	0.00 gr/m ³	209.95	0.00
	200.00 gr/m ³	211.75	0.86
	300.00 gr/m ³	215.68	2.73
	400.00 gr/m ³	216.31	3.03
280	0.00 gr/m ³	298.82	0.00
	200.00 gr/m ³	301.68	0.96
	300.00 gr/m ³	306.93	2.71
	400.00 gr/m ³	306.93	3.05

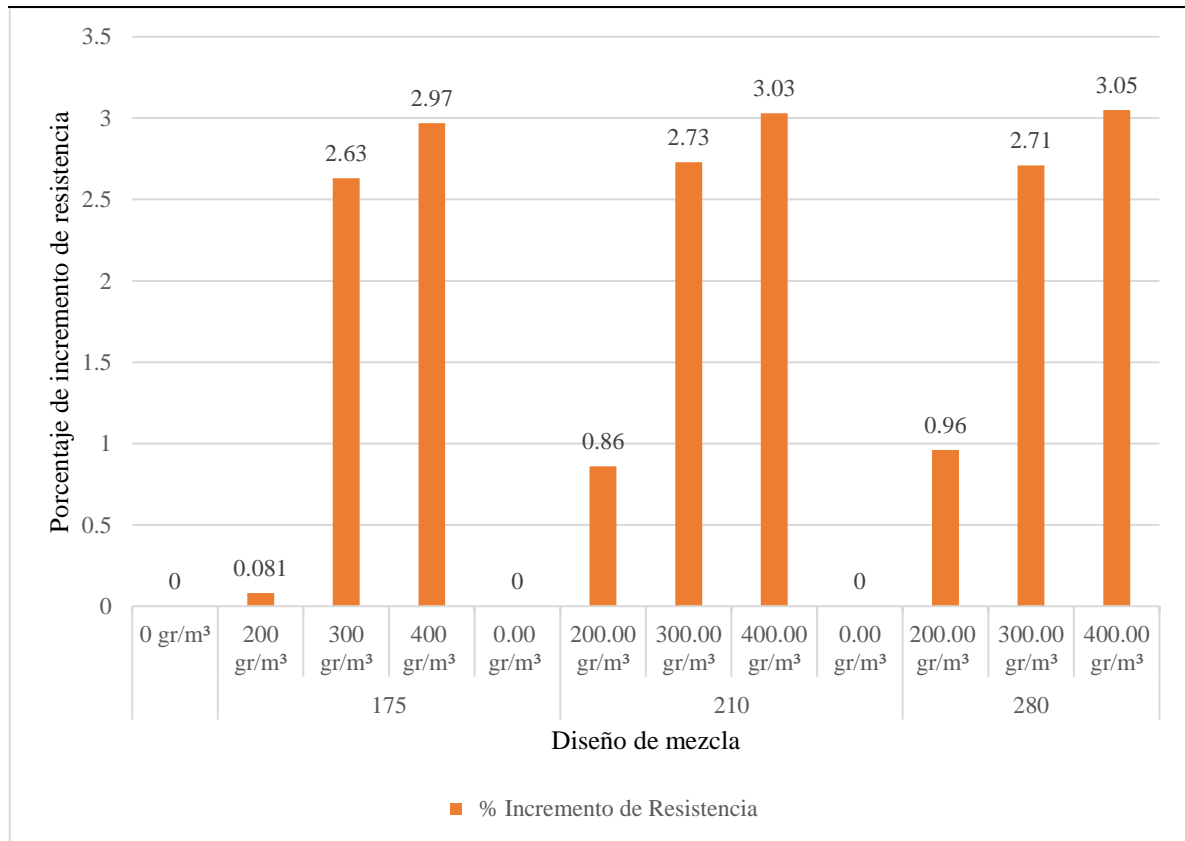


Figura 16. Porcentaje de incremento de Resistencia

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14
Incremento de la Resistencia a la Compresión según dosis de fibra

f'c	Dosis Fibra	f'c 28 días
175	0 gr/m ³	181.82
	200 gr/m ³	183.29
	300 gr/m ³	186.6
	400 gr/m ³	187.23
210	0.00 gr/m ³	209.95
	200.00 gr/m ³	211.75
	300.00 gr/m ³	215.68
	400.00 gr/m ³	216.31
280	0.00 gr/m ³	298.82
	200.00 gr/m ³	301.68
	300.00 gr/m ³	306.93
	400.00 gr/m ³	306.93

Fuente: Aguilar Armas, (2016)

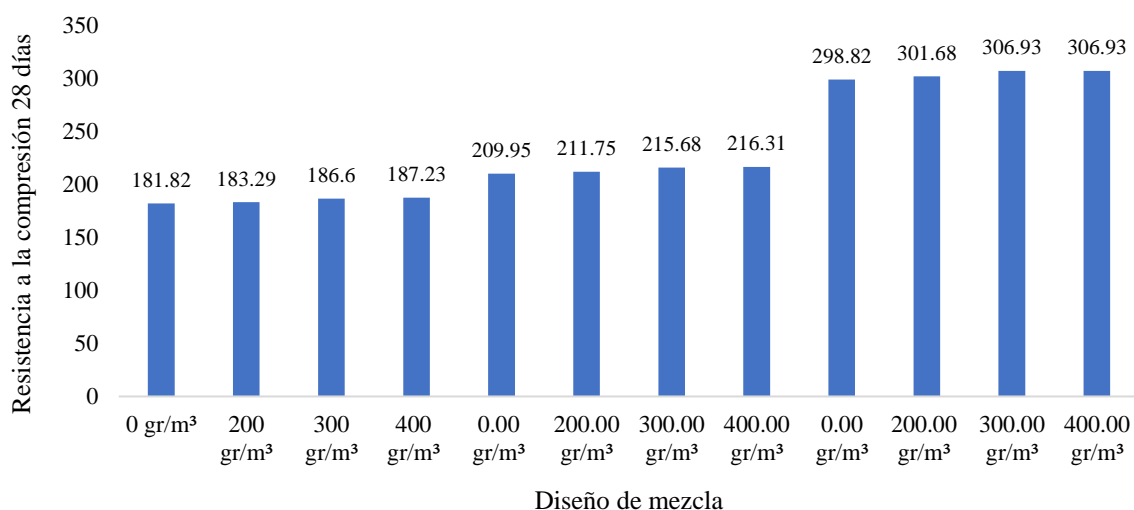


Figura 17. Incremento de la resistencia a la compresión según dosis de fibra

Fuente: Elaboración Propia

En las Tablas 15, 16, 17, 18, 19 y 20 son resumidas en la Tabla 21 en donde nos muestras las resistencias características y las resistencias promedios de los distintos diseños de mezcla con sus respectivas relaciones agua/cemento, la cual se mantiene en el valor de

0.466 en todas las tablas, en la Tabla 21 nos muestra esos resultados a los 28 días y son plasmados en la Figura 24.

Tabla 15

Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación fibra - cemento 0%

Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0%		
	Resistencia obtenida a los 7 días $f'c$ (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28 días $f'c$ (kg/cm ²)
Probeta 1	206.47	317.16
Probeta 2	210.43	315.64
Probeta 3	208.16	315.25
$f'c$ m (kg/cm ²)	208.35	316.02
Desviación	1.99	1.01
$f'c$ k (kg/cm ²)	205.69	314.66

Fuente: Chapañan Cueva & Quispe Cirilo, (2017)

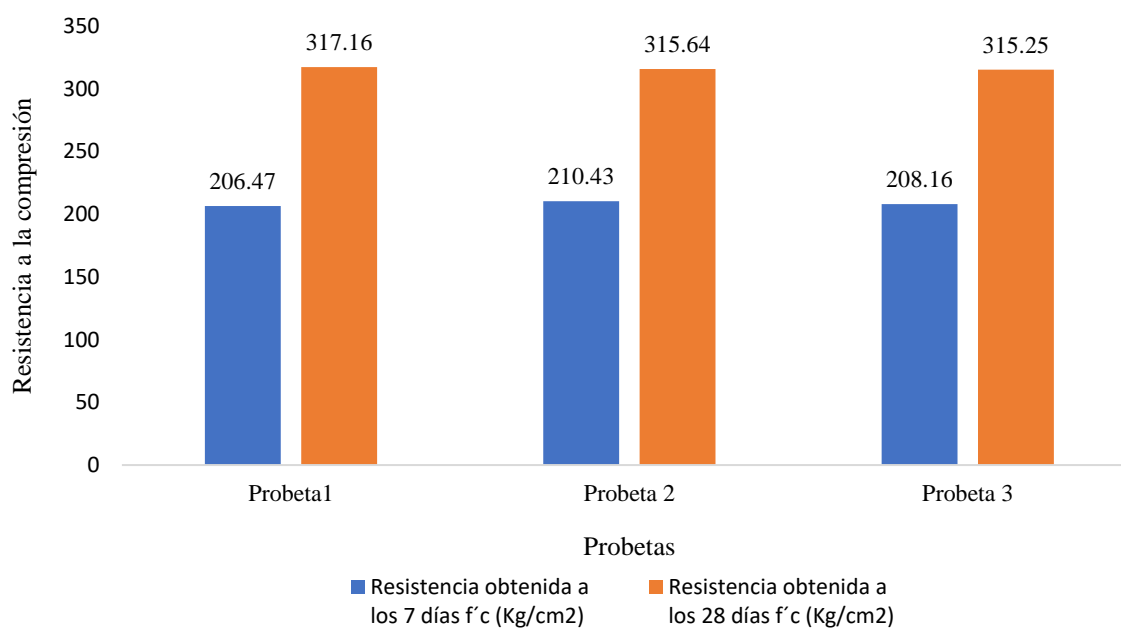


Figura 18. Presentación de resultados A/C 0.466, Relación fibra-cemento 0%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16

Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación fibra - cemento 0.1114%

Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1114%		
	Resistencia obtenida a los 7 días $f'c$ (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28 días $f'c$ (kg/cm ²)
Probeta1	204.23	302.93
Probeta 2	200.81	304.33
Probeta 3	200.24	301.2
$f'c$ m (kg/cm ²)	201.76	302.82
Desviación	2.16	1.56
$f'c$ k (kg/cm ²)	198.87	300.72

Fuente: Chapañan Cueva & Quispe Cirilo, (2017)

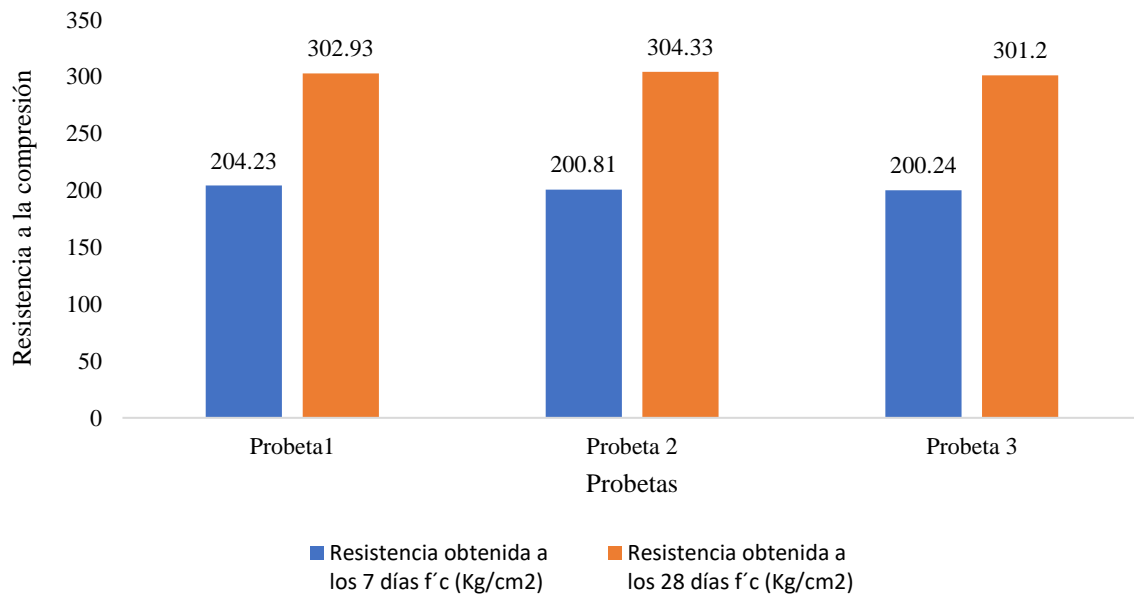


Figura 19. Presentación de resultados A/C 0.466, Relación fibra-cemento 0.1114%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 17

Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación fibra - cemento 0.1485%

	Resistencia obtenida a los 7 días $f'c$ (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28 días $f'c$ (kg/cm ²)
Probeta1	210.99	327.98
Probeta 2	204.77	322.43
Probeta 3	206.47	322.56
$f'c$ m (kg/cm ²)	207.41	324.32
Desviación	3.22	3.17
$f'c$ k (kg/cm ²)	203.1	320.07

Fuente: Chapañan Cueva & Quispe Cirilo, (2017)

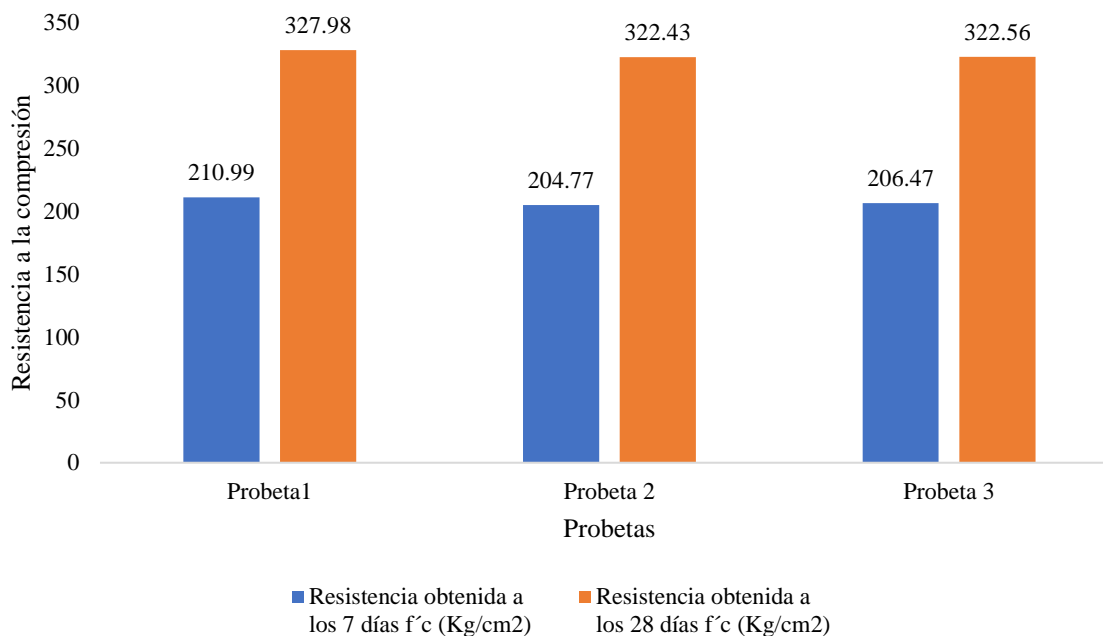


Figura 20. Presentación de resultados A/C 0.466, Relación fibra-cemento 0.1485%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18

Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación fibra - cemento 0.1708%

Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1708%		
	Resistencia obtenida a los 7 días f'c (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28 días f'c (kg/cm ²)
Probeta1	215.52	334.82
Probeta 2	217.21	333.18
Probeta 3	218.91	328.74
f'c m (kg/cm ²)	217.21	332.24
Desviación	1.7	3.14
f'c k (kg/cm ²)	214.94	328.03

Fuente: Chapoñan Cueva & Quispe Cirilo, (2017)

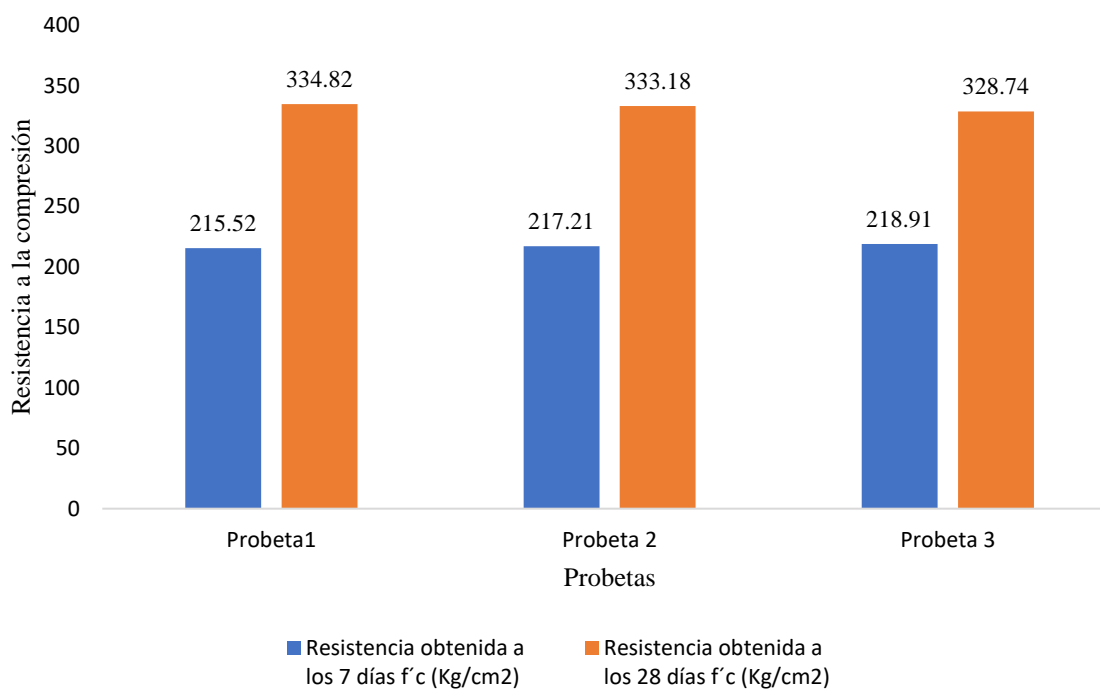


Figura 21. Presentación de resultados A/C 0.466, Relación fibra-cemento 0.1708%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 19

Resultados a compresión a los 7 y 28 días; Relación fibra - cemento 0.1856%

Dosificación con relación A/C de 0.466 con relación fibra/cemento de 0.1856%		
	Resistencia obtenida a los 7 días $f'c$ (kg/cm ²)	Resistencia obtenida a los 28 días $f'c$ (kg/cm ²)
Probeta 1	225.13	342.22
Probeta 2	217.21	335.44
Probeta 3	223.44	336.04
$f'c$ m (kg/cm ²)	221.93	337.9
Desviación	4.17	3.75
$f'c$ k (kg/cm ²)	216.34	332.87

Fuente: Chapoñan Cueva & Quispe Cirilo, (2017)

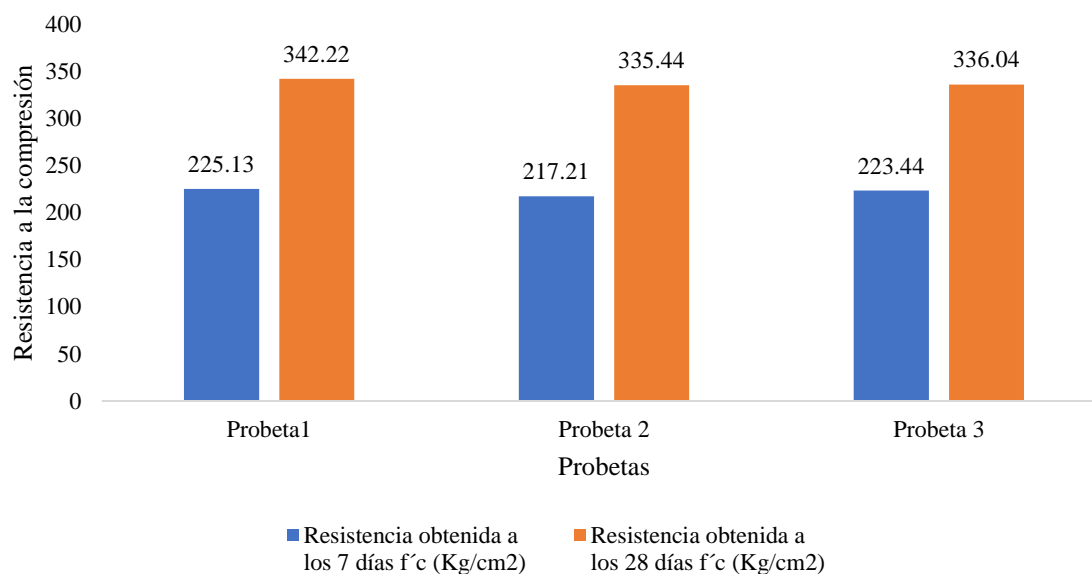


Figura 22. Presentación de resultados A/C 0.466, Relación fibra-cemento 0.1856%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 20
 Tabla comparativa resistencia a edad de 7 días

Relación Fibra/cemento (%)	f'_{ck} kg/cm ²	f'_{cm} m kg/cm ²
0	205.69	208.35
0.1114	198.87	201.76
0.1485	203.10	207.41
0.1708	214.94	217.21
0.1856	216.34	221.93

Fuente: Chapoñan Cueva & Quispe Cirilo, (2017)

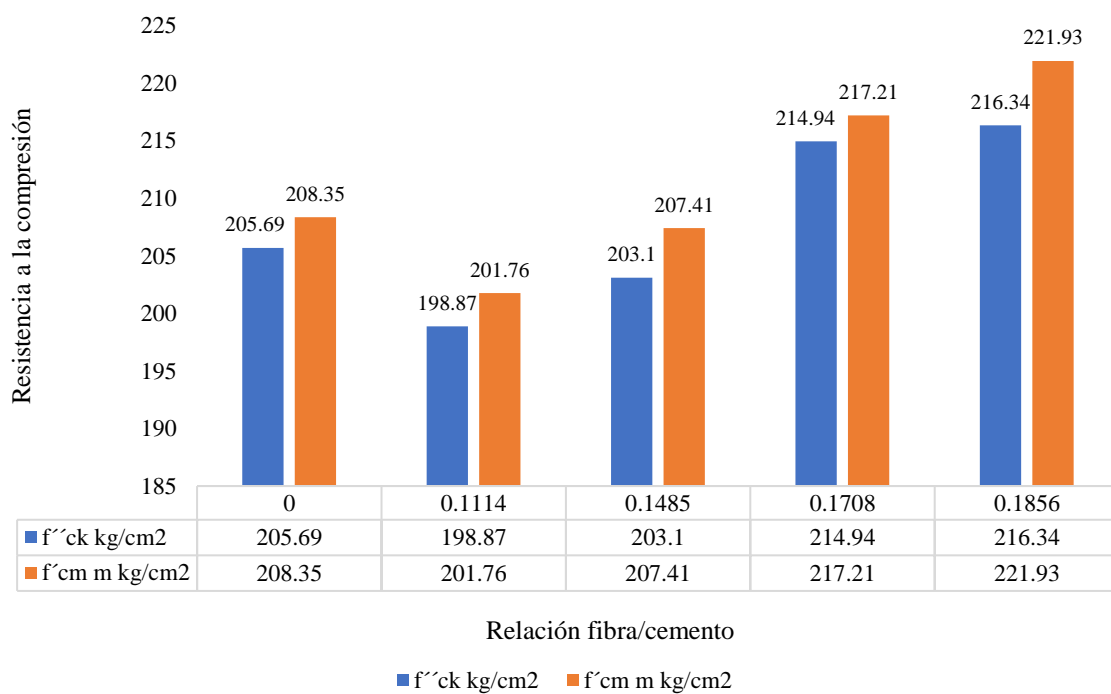


Figura 23. Comparación entre f'_{ck} y f'_{cm} a los 7 días
 Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21
 Tabla comparativa de resistencias a edad de 28 días.

Relación Fibra/cemento (%)	f''_{ck} kg/cm ²	f'_{cm} m kg/cm ²
0	314.66	316.02
0.1114	300.72	302.82
0.1485	310.44	320.19
0.1708	328.03	332.24
0.1856	328.73	336.02

Fuente: Chapañan Cueva & Quispe Cirilo, (2017)

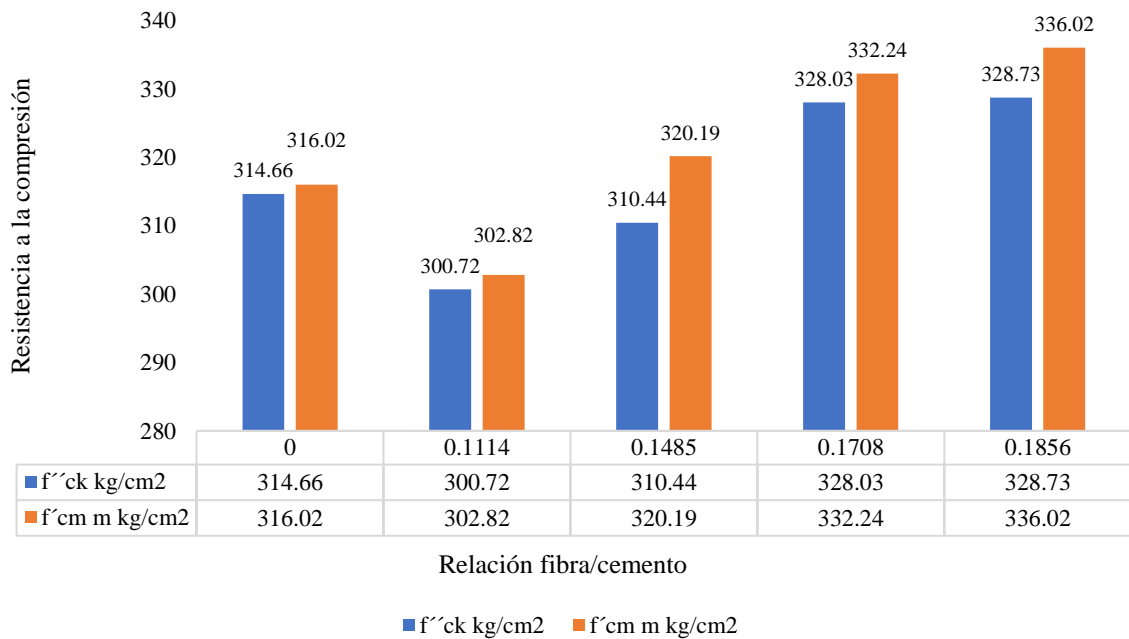


Figura 24. Comparación entre f'_{ck} y f'_{cm} a los 28 días
 Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 22 los autores realizaron muestras de hormigón con distintas dosificaciones de fibra de polipropileno, por las dosis trabajadas de fibras de polipropileno se han utilizado

macrofibras de polipropileno, se usan como un agregado más, el autor muestra las características del agregado, ya sea su diámetro o si se encuentra lavada o no lavada.

Tabla 22

Resistencia a compresión del hormigón

Mezclas con gravas de 19.0mm y arena sin lavada			
	Resistencia a compresión f'c kg/cm ²		f'c 7 días/f'c 28días
	7 días	28 días	
m1 -0kg de fibra/m ³	238	366	0.65
m2-1kg de fibra/m ³	241	346	0.7
m3-3kg de fibra/m ³	230	334	0.69
m4-5kg de fibra/m ³	252	365	0.69
Mezclas con gravas de 9.5mm y arena lavada			
Diseño de mezcla	Resistencia a compresión f'c kg/cm ²		f'c 7 días/f'c 28días
	7 días	28 días	
m5 -0kg de fibra/m ³	251	350	0.72
m6-1kg de fibra/m ³	264	352	0.75
m7-3kg de fibra/m ³	243	336	0.72
m8-5kg de fibra/m ³	247	334	0.73

Fuente: Linares-Durand et al, (2021)

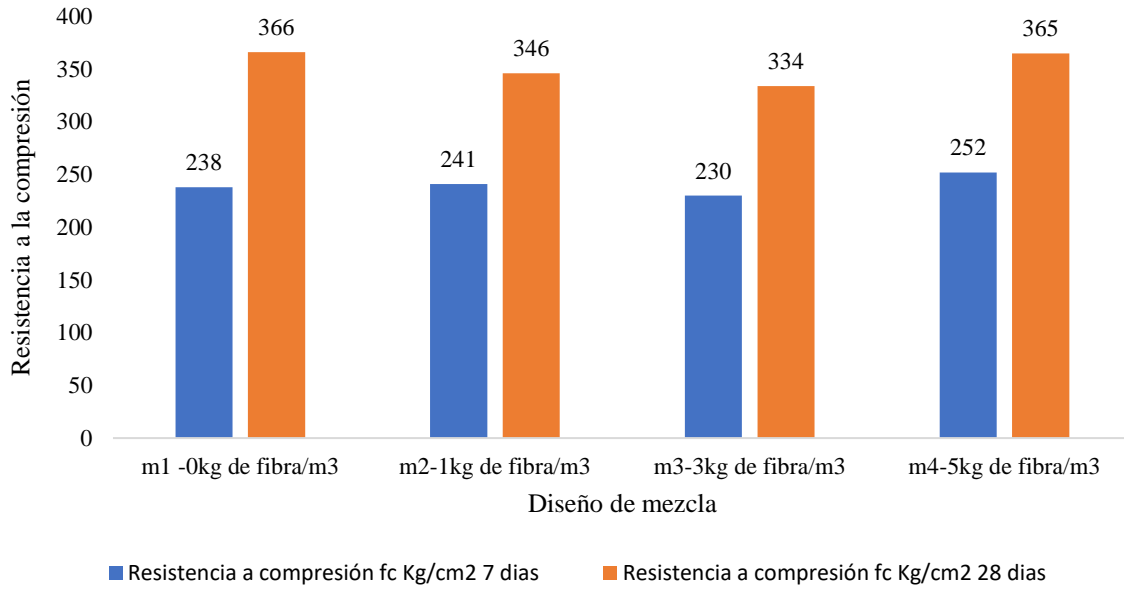


Figura 25. Resistencia a compresión. grava 19.0 mm
Fuente: Elaboración Propia

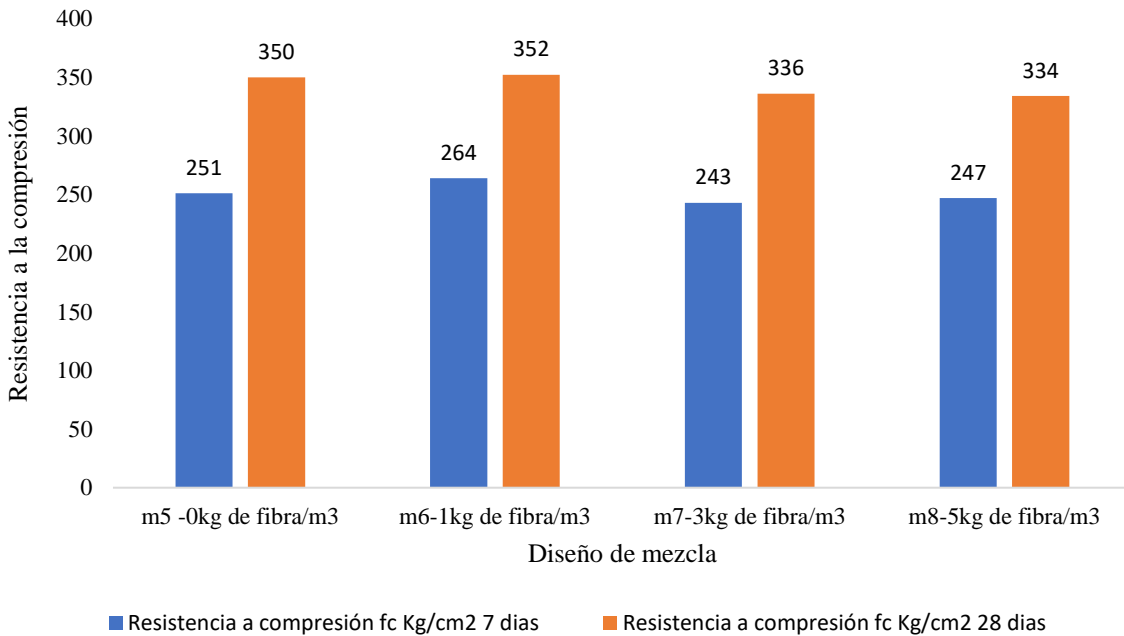


Figura 26. Resistencia a compresión. grava 9.5 mm
Fuente: Elaboración Propia

5.1.3. Resultados del específico 3

Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta en la resistencia a la flexión

Para los datos del específico 3, el autor (Aguilar Armas, 2016) usa las macrofibras de polipropileno, ya que estas se utilizan para mejorar las características de un concreto endurecido, lo plasma en la Tabla 23 en donde nos muestras las secciones de la vigas usadas para este experimento y se plasma en una gráfica en la Figura 27, para la Tabla 24 el autor (Chapoñan Cueva & Quispe Cirilo, 2017) usa distintas relaciones de Fibra y cemento para poder determinar los módulos de rotura promedio y característicos, plasmados en la Figura 28. El autor de la Tabla 25 usa también las macrofibras de polipropileno y los plasma en la Figura 29. En las Tablas 26 y 27 el autor (Paula, 2010) nos muestras distintas dosificaciones y plasmamos los resultados en las Figuras 30 y 31.

Tabla 23

Módulo de rotura a flexión según resistencia y dosis de fibra

Resistencia a la compresión $f'c$	Dosis de fibra	Carga P, kg	Sección Viga		Luz	Módulo Rotura por flexión MR, kg/cm^2	Incremento %
			Base b, cm	Peralte d, cm	L, cm		
175.00 kg/cm^2	0.00 gr/m^3	2550.5	15.24	15.24	48.34	34.83	100
	200.00 gr/m^3	2670.73	15.24	15.24	48.34	36.47	104.71
	300.00 gr/m^3	2790.5	15.24	15.24	48.34	38.11	109.41
	400.00 gr/m^3	2890.55	15.24	15.24	48.34	39.48	113.33
210.00 kg/cm^2	0.00 gr/m^3	3050.52	15.24	15.24	48.34	41.66	100
	200.00 gr/m^3	3180.2	15.24	15.24	48.34	43.43	104.25
	300.00 gr/m^3	3360.63	15.24	15.24	48.34	45.9	110.27
	400.00 gr/m^3	3480.55	15.24	15.24	48.34	47.53	114.1
280.00 kg/cm^2	0.00 gr/m^3	4100.36	15.24	15.24	48.34	56	100
	200.00 gr/m^3	4322.37	15.24	15.24	48.34	59.03	105.41
	300.00 gr/m^3	4490	15.24	15.24	48.34	61.32	109.5
	400.00 gr/m^3	4690.69	15.24	15.24	48.34	64.06	114.4

Fuente: Aguilar Armas, (2016)

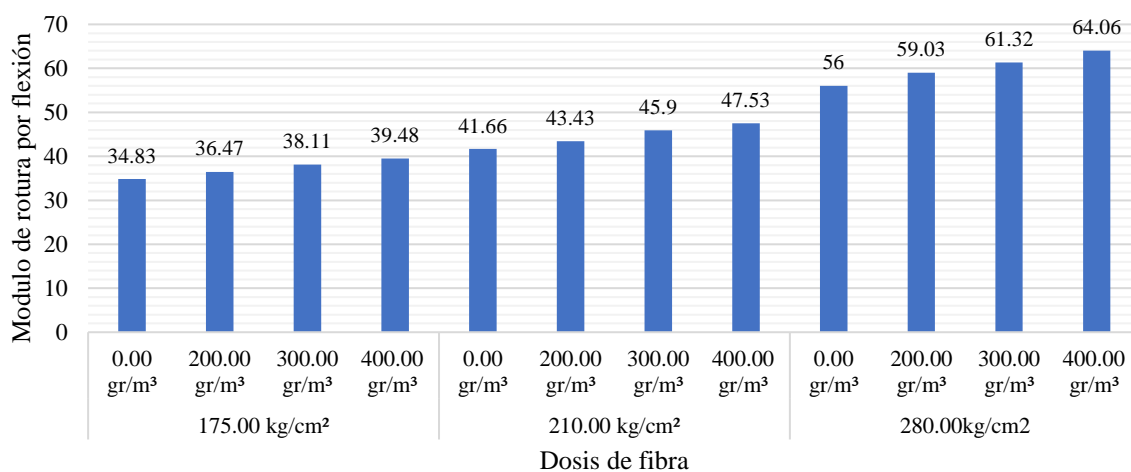


Figura 27. Módulo de rotura por flexión

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24

Resultados resumen del módulo de rotura de MR y MR k en diferentes porcentajes de fibra

Relación Fibra/cemento (%)	MR m kg/cm ²	MRk m kg/cm ²
0.00%	45.84	45.59
0.1114	44.56	43.82
0.1485	48.05	47.21
0.1708	45.92	45.34
0.1856	43.73	43.4

Fuente: Chapoñan Cueva & Quispe Cirilo, (2017)

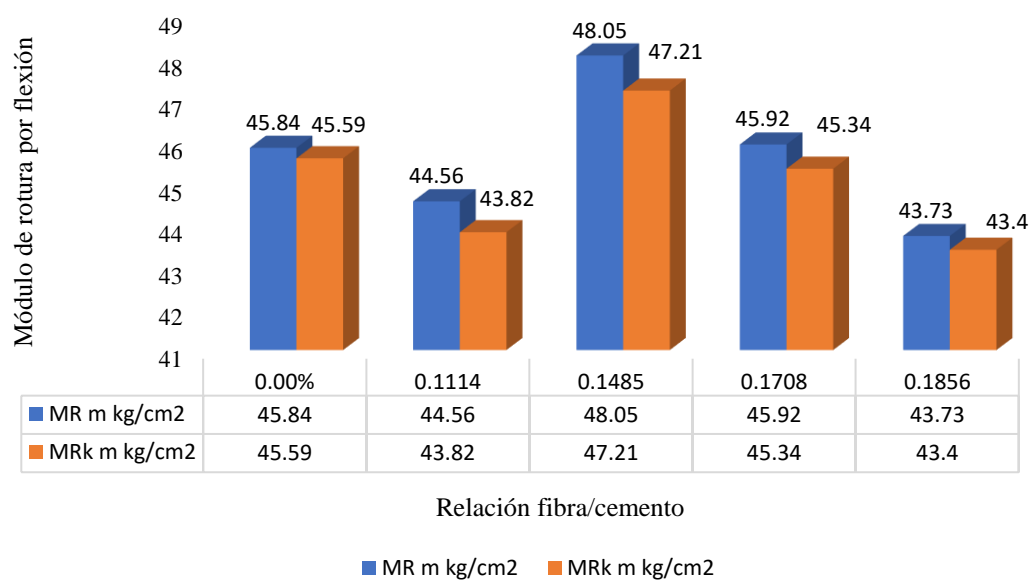


Figura 28. Comparación de módulo de rotura de MR m y MR k con diferentes porcentajes de fibra, a/c 0.466 a los 28 días

Fuente: Chapoñan Cueva & Quispe Cirilo, (2017)

Tabla 25
Resistencia a tensión por flexión

Diseños de mezcla	Resistencia a compresión, $f'c$, kg/cm ²	Resistencia a flexión, ff , kg/cm ²	$ff/f'c$, %	$ff / \text{raiz } f'c$
Mezclas con gravas de 19.0 mm y arena sin lavar				
M1 (0 kg de fibra/m ³)	366	35	9.6	1.83
M2 (1 kg de fibra/m ³)	346	39	11.3	2.1
M3 (3 kg de fibra/m ³)	334	39	11.7	2.13
M4 (5 kg de fibra/m ³)	365	40	11	2.1
Mezclas con gravas de 9.5 mm y arena lavada				
M5 (0 kg de fibra/m ³)	350	48	13.7	2.56
M6 (1 kg de fibra/m ³)	352	35	9.9	1.89
M7 (3 kg de fibra/m ³)	336	41	12.2	2.22
M8 (5 kg de fibra/m ³)	334	43	12.9	2.34

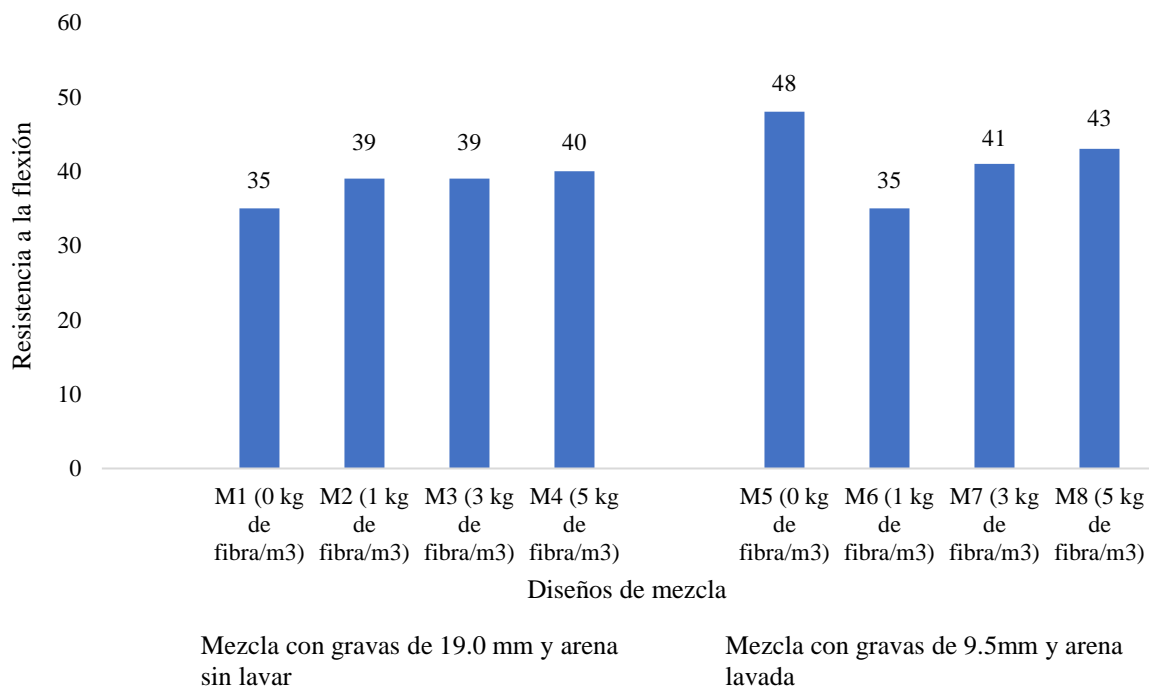


Figura 29. Mezclas vs Resistencia a la flexión
Fuente: (Mendoza, Aire, & Davila, 2011)

Tabla 26

Resistencia a tensión por flexión de las mezclas con grava de 3/4" y arena sin lavar

Diseños de mezcla	Resistencia a compresión kg/cm ²	Resistencia a flexión kg/cm ²	ff/f'c (%)	ff/raíz f'c
M1	366	35	9.6	1.83
M2	346	39	11.3	2.1
M3	334	39	11.7	2.13
M4	365	40	11	2.1

Fuente: Paula, (2010)

Nota: M1, M2, M3, M4 tienen 0 kg/m³, 1 kg/m³, 3 kg/m³ y 5 kg/m³ respectivamente

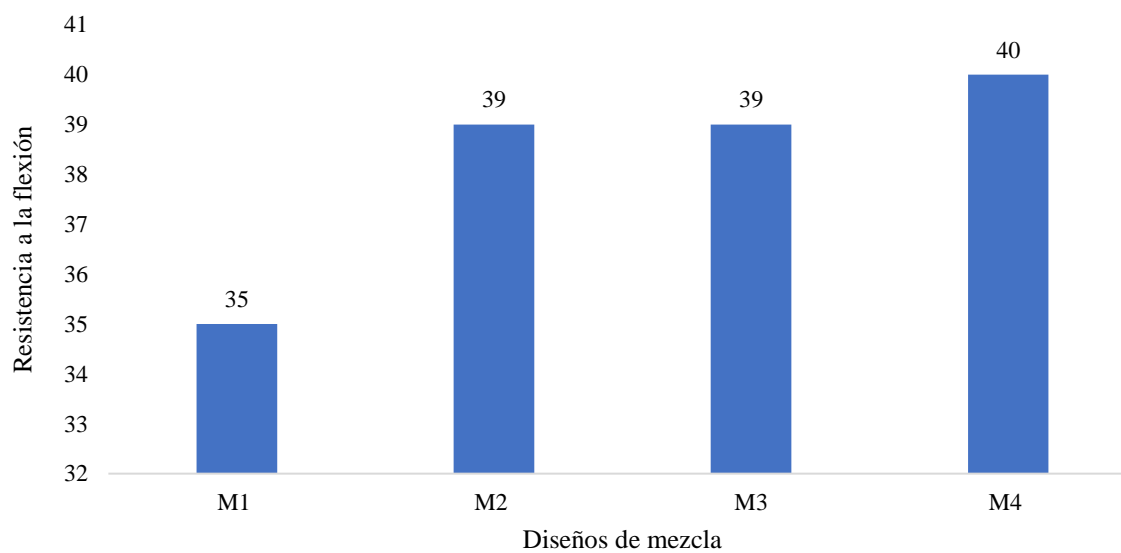


Figura 30. Resistencia a la flexión, con gravas de 3/4"

Fuente: (Paula, 2010)

Tabla 27

Resistencia a tensión por flexión de las mezclas con grava de 3/8" y arena lavada;
Relación fibra-cemento 0%

Diseño de mezcla	Resistencia a compresión kg/cm ²	Resistencia a flexión kg/cm ²	ff/f'c (%)	ff/raiz f'c
M5	350	48	13.7	2.56
M6	352	35	9.9	1.89
M7	336	41	12.2	2.22
M8	334	43	12.9	2.34

Fuente: (Paula, 2010)

Nota: M5, M6, M7, M8 tienen 0 kg/m³, 1 kg/m³, 3 kg/m³ y 5 kg/m³ respectivamente

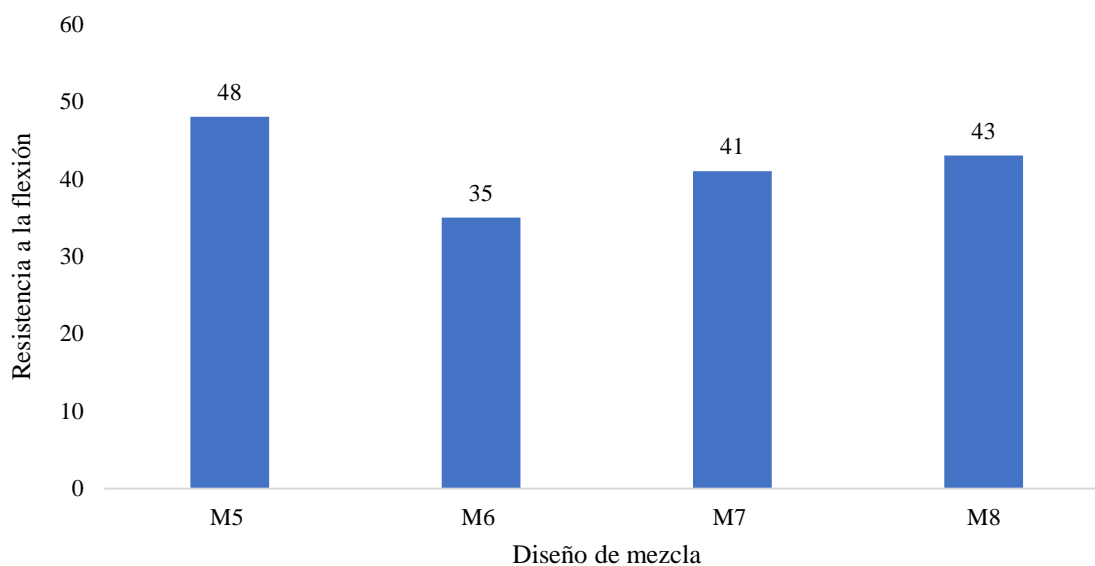


Figura 31. Resistencia a la flexión, con gravas de 3/8"

Fuente: Paula, (2010)

En la Tabla 28 el autor (Perez Amasifuen, 2020) nos muestra 5 diseños de mezcla, el patrón, de 0.12%, de 0.16% y de 0.20% con valores de 45.9, 61.20, 76.4 gr ensayados a los 7, 14 y 28 días y lo plasmamos en la Figura 32.

Tabla 28
 Resultado de los ensayos a flexión

	Patrón			0.12%			0.16%			0.20%		
Días/muestras	7	14	28	7	14	28	7	14	28	7	14	28
1	28	33	36	27	33	37	27	34	39	29	37	41
2	27	33	37	27	33	38	28	34	38	29	37	40
3	28	33	37	27	34	37	28	34	38	29	37	40
Promedio	27.67	33	36.67	27	33.33	37.33	27.67	34	38.33	29	37	40.33

Fuente: Perez Amasifuen, (2020)

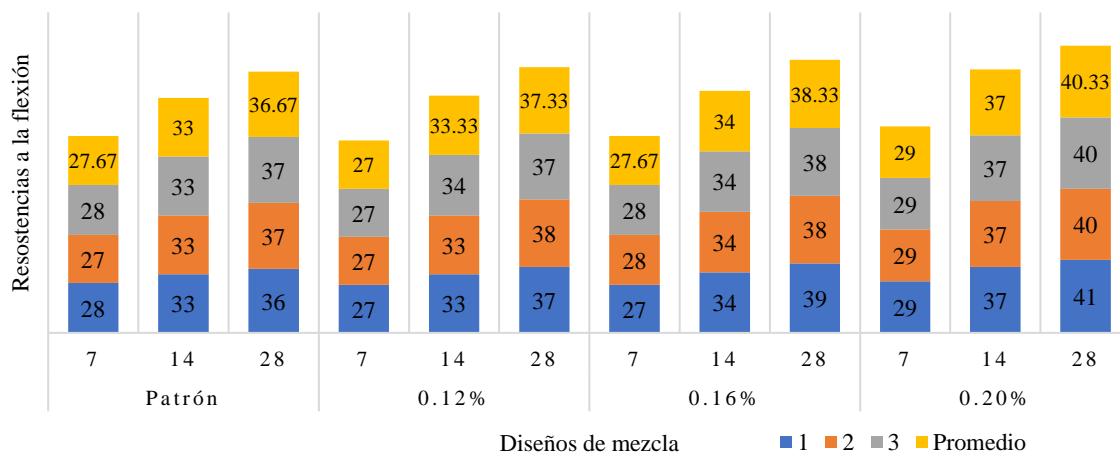


Figura 32. Módulo de rotura de las distintas mezclas a los 7, 14 y 28 días
 Fuente: Perez Amasifuen, (2020)

5.1.4. Resultados del específico 4

Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta la tenacidad

La tenacidad la cual es nuestro específico 4 y corresponde a la absorción de energía del hormigón, el autor (Paula, 2010), en la Tabla 29 y 30 nos muestra los valores, según la norma ASTM C 1018, en donde plasmamos los resultados en las Figuras 33 y 34, mostrando las nomenclaturas de M2, M3 Y M4 con dosificaciones de 1, 3 y 5 kg/m³ respectivamente.

Tabla 29

Resultado de las pruebas de tenacidad de las mezclas con grava de ¾" y arena sin lavar

Diseños de mezcla	Tenacidad (Joules)				Índices de tenacidad		
	Tδ	T3δ	T5.5δ	T10.5δ	I5	I10	I20
M2	35.65	62.46	69.82	82.64	1.75	1.96	2.32
M3	27.95	50.08	70.93	99.64	1.79	2.54	3.57
M4	32.08	71.94	119.16	197.11	2.24	3.72	6.16

Fuente: Paula, (2010)

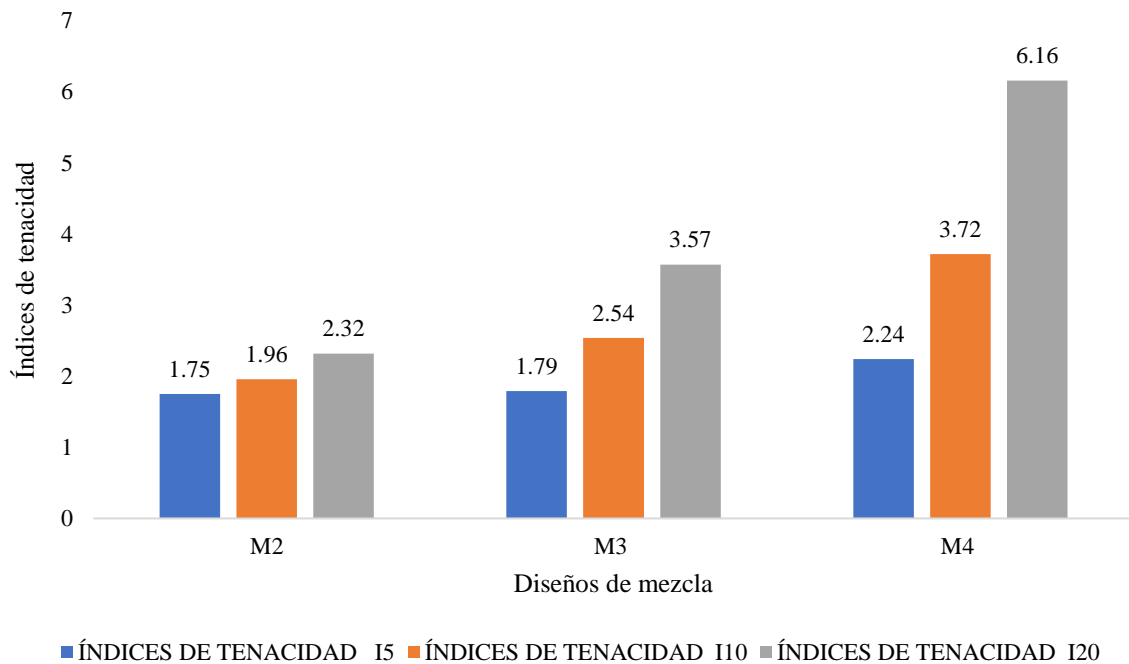


Figura 33. Índice de Tenacidad para grava ¾" sin lavar
Fuente: Paula, (2010)

Tabla 30

Resultado de las pruebas de tenacidad de las mezclas con grava de 3/8" arena lavada

Diseños de mezcla	Tenacidad (Joules)				Índices de tenacidad		
	T8	T38	T5.58	T10.58	I5	I10	I20
M6	19.2	39.15	52.69	65.43	2	2.62	3.25
M7	5.24	16.2	23.76	36.29	3.1	4.54	6.93
M8	4.87	17.73	29.04	48.19	3.7	6.08	10.14

Fuente: Paula, (2010)

Nota: M6, M7, M8 son muestras de hormigón con dosificación de 1 kg/m³, 3kg/m³ y 5kg/m³ respectivamente, las cuales fueron sometidas al ensayo de tenacidad según la norma ASTM C1018.

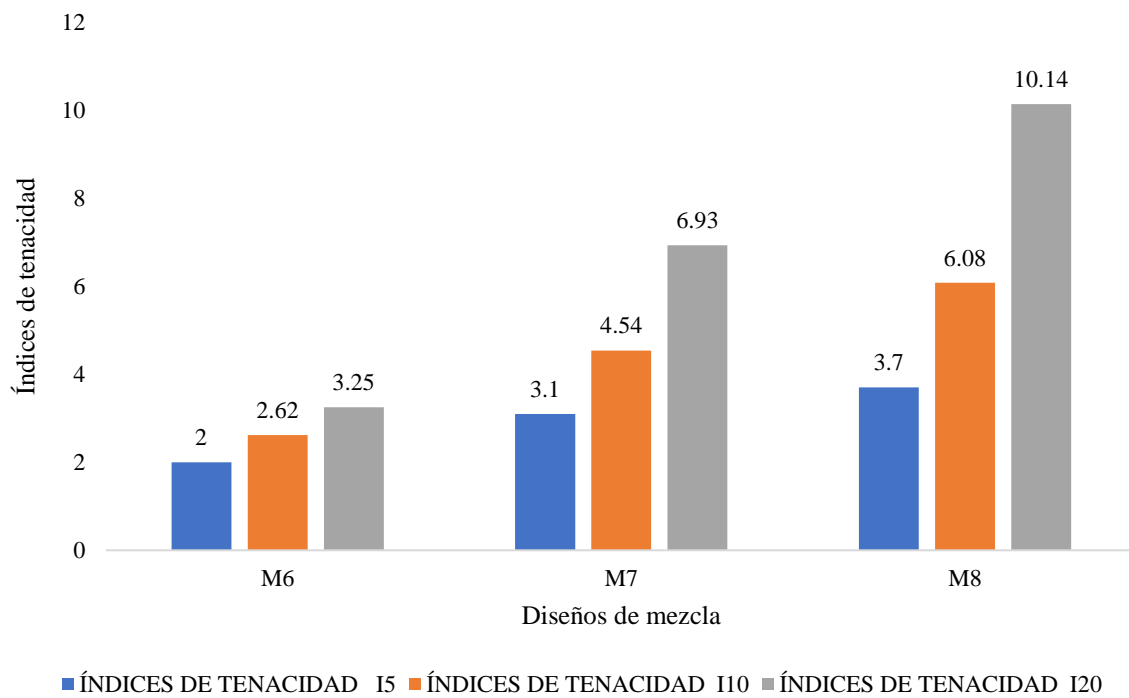


Figura 34. Índice de Tenacidad para grava 3/8" arena lavada
 Fuente: Paula, (2010)

5.2. Análisis y contrastación de resultados

5.2.1. Hipótesis 1: Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno se reduce el índice de grieta.

Para poder determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que reduce el índice de grieta, se tomaron una serie de datos de distintos investigadores, artículos y tesis.

Hipótesis auxiliar

H0: Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno no se reduce el índice de grieta

H1: Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno si se reduce el índice de grieta

Observación: Según la Tabla 5, el investigador (Huacho Ochoa, 2021) realizó este experimento con un hormigón patrón y con las características puestas en la Tabla 4, en lo cual obtuvo una suma de longitudes de fisuras de 330 mm, con una longitud de 80mm a los 03:05 (Hora de Brote), a diferencia de la Tabla 6 el investigador añadió 300 kg/m³ de fibra a la mezcla, obteniendo así una suma de 33mm, diez veces menos al del hormigón patrón, con horas de brote mucho más altas, en comparación a la Tabla 5.

El investigador consultado (Huacho Ochoa, 2021), en la Tabla 7 realizó un resumen de su investigación mostrando, así como el aumento de la cantidad de fibra desde los valores de 0 gr/m³(hormigón patrón), 300 gr/m³ (CF1), 600 gr/m³(CF2), 1200 gr/m³(CF3), reduce la suma de longitudes de fisura y aumenta el porcentaje reducido, en la Tabla 8 nos muestra cómo es que reduce el tiempo de aparición de las fisuras.

El investigador (Aguilar Armas, 2016) nos muestra en la Tabla 10 diferentes diseños de mezcla, hormigón de resistencia de 175 kg/cm², 210 kg/cm² y 280 kg/cm², estos los diseño aplicándoles variaciones en la cantidad de fibra siendo así 0 gr/m³, 200 gr/m³, 300 gr/m³, 400 gr/m³, se puede apreciar como el ancho promedio de fisura que esta medido en mm, se reduce a medida que

aumenta la cantidad de fibra en la mezcla, realizaron un ensayo en túnel de viento, sometiendo a la mezcla a una condición en la cual fuerzan la aparición de fisuras.

En la Figura 11 el investigador (Ivala Espinoza, 2017), nos muestra una nomenclatura la cual usa en su investigación, CSF245 (hormigón sin fibra $f_c=245 \text{ kg/cm}^2$), CRF210-0.4(20) (hormigón reforzado con fibra $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$, cantidad de dosis de 0.4 y longitud de la fibra en mm), todo lo plasmó en la Tabla 11 lo cual realiza una comparación, entre su hormigón patrón y el hormigón reforzado con distintas cantidades de fibra, pero con la misma longitud de fibra, pues como se aprecia es que en la dosis de 1.2 kg/m^3 para el hormigón de resistencia 210 kg/cm^2 se comporta mucho mejor, llegando a aparecer a los 71 minutos la primera fisura y en el minuto 107 la última fisura, para el hormigón 245 kg/cm^2 las mejores dosis han sido de 0.7 kg/m^3 y 1.2 kg/m^3 , en la Tabla 12 realiza un breve resumen de su investigación en donde para el hormigón 210 kg/cm^2 se comporta mejor la dosis de 1.2 kg/m^3 , pero esta vez en aparición de cantidad de fisuras, para el hormigón 245 kg/cm^2 se comporta de mejor manera el hormigón con la dosis de 1.2 kg/m^3 , ya que reduce el número de grietas que aparecen, lo particular de este autor es que clasifica las fisuras, como microfisuras, fisuras, macrofisuras y grietas, como se aprecia en la Tabla 13.

De las tesis y artículos consultados observamos como es que el índice de grietas va disminuyendo a medida que la dosificación de fibras de polipropileno se aumenta, siendo así el porcentaje óptimo de 1.2 kg/m^3 .

Por lo tanto, se acepta la hipótesis H1 ya que los valores de los investigadores lo demuestran y se rechaza la hipótesis nula H0.

5.2.2. Hipótesis 2 Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno aumenta la resistencia a la compresión

Para poder determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta la resistencia a la compresión, se tomaron una serie de datos de distintos investigadores, artículos y tesis.

H0: Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno disminuye la resistencia a la compresión

H1: Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno aumenta la resistencia a la compresión

Observación: Según la Tabla 15, el investigador (Aguilar Armas, 2016) realizó una Tabla resumen en donde nos muestra las diferentes resistencias ensayadas, ya sea hormigón de resistencia $f'c$ 175 kg/cm², $f'c$ 210 kg/cm² y $f'c$ 280 kg/cm², en cada resistencia realizó cuatro muestras, con distintas dosis de fibra de polipropileno, siendo 0 gr/m³, 200 gr/m³, 300 gr/m³, 400 gr/m³ respectivamente, pues fue realizado a los 28 días el ensayo a la compresión, como se puede apreciar en la Tabla 15 y en la Figura 16, se aprecia que con una dosificación de 400 gr/m³ en los distintos diseños de mezcla, incrementa el porcentaje de resistencia en un 2.97%, 2.03% y 3.05%.

(Chapoñan Cueva & Quispe Cirilo, 2017) nos muestra resultados de probetas de hormigón con un diseño de mezcla para hormigón 280 kg/cm², el realiza este diseño con una relación a/c 0.466 con diferentes porcentajes de fibra de polipropileno, el muestra la diferencia de las resistencia promedio y la resistencia característica a los 7 y 28 días, como se muestra en la Tabla 22 y la Tabla 23, en la Tabla 22 se aprecia claramente que la resistencia promedio aumenta la resistencia a la compresión con una dosificación de 0.1856% de fibra de polipropileno esta misma dosificación en la Tabla 23 la cual es a los 28 días nos muestra una resistencia de 329.73 kg/cm² como resistencia promedio, esto indica que la fibra de polipropileno ha mejorado o llamémoslo aumenta la resistencia a la compresión del hormigón.

(Linares-Durand et al, 2021) nos comentan en su investigación que un factor importante es las características de los agregados que se usan, en la Tabla 24 ellos nos muestran un resumen de sus diseños de mezcla, con distintas cantidades de fibras añadidas una diferencia entre la grava de 19.0 mm y la grava de 9.5 mm pues estas mezclas fueron ensayadas a los 7 y 28 días en donde se aprecia que la grava de 9.5 mm tiene un mejor comportamiento con la fibra de polipropileno.

De los artículos y tesis consultadas se observa que a medida que se va aumentando la cantidad de macrofibras de polipropileno, se ve mejorada la capacidad de la compresión del concreto.

Por lo tanto. Se acepta la hipótesis H1 y se rechaza la hipótesis nula H0.

5.2.3. Hipótesis 3 Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno aumenta la resistencia a la flexión

Para poder determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta la resistencia a la flexión, se tomaron una serie de datos de distintos investigadores, artículos y tesis.

H0: Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno disminuye la resistencia a la flexión

H1: Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno aumenta la resistencia a la flexión

Observación: Según la Tabla 25, el investigador (Aguilar Armas, 2016) realizó una Tabla resumen en donde nos muestra las diferentes resistencias ensayadas, ya sea hormigón de resistencia $f'c$ 175 kg/cm², $f'c$ 210 kg/cm² y $f'c$ 280 kg/cm², en cada resistencia realizó cuatro muestras, con distintas dosis de fibra de polipropileno, siendo 0 gr/m³, 200 gr/m³, 300 gr/m³, 400 gr/m³ respectivamente, pues fue realizado a los 28 días el ensayo a flexión nos muestra valores del Módulo de Rotura por flexión MR kg/cm² los cuales los resume en la Tabla 26 mostrando la diferencia entre el Módulo de Rotura medio y característico, pues nos podemos percatar que los valores medios para la dosis de 0.1485% se tienen los valores más altos.

(Mendoza, Aire, & Davila, 2011) nos presentan en su investigación la resistencia a la flexión de las distintas mezclas de hormigón con distintos añadidos de fibra, tomando en cuenta las características del agregado, siendo así 19.0 mm con arena sin lavar y 9.5 mm arena lavada, se muestra en la Tabla 27 y en la Figura 29 que el módulo de rotura alcanza un pico de 48 kg/cm² con el agregado de 9.5 mm arena lavada.

(Paula, 2010) en su investigación realiza ensayos de flexión con mezclas M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8 en las Tablas 28 y Tabla 29 respectivamente, pues usan distintos agregados, grava de ¾" sin lavar para la Tabla 28 y grava 3/8" arena lavada para la Tabla 29, pues en la muestra M4 se tiene mayor

resistencia a la flexión al igual que en la muestra M5, dando a evidencia que no aumento la resistencia a la flexión, necesariamente por el contenido de fibra en la mezcla sino más bien la calidad de los agregados tomados en cuenta, la muestra M5 presenta grava de 3/8" con arena lavada. (Perez Amasifuen, 2020) en su investigación presenta en la Tabla 30 un resumen de su investigación mostrando los ensayos a flexión realizados a 3 vigas con diferentes porcentajes de fibras, 0.12 %, 0.16 % y 0.20 %, ensayadas a los 7, 14 y 28 días, mostrando así en la Figura 32 que el Módulo de Rotura es más elevado en la dosificación de 0.20% a los 28 días.

De las tesis y artículos consultados observamos como es que las macrofibras de polipropileno aumentan la resistencia a la flexión del hormigón en estado endurecido a los 28 días se realizaron los ensayos normados.

Por lo tanto. Se acepta la hipótesis H1 y se rechaza la hipótesis nula H0.

5.2.4. Hipótesis 4 Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno aumenta la tenacidad

Para poder determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta la tenacidad, se tomaron una serie de datos de distintos investigadores, artículos y tesis.

H0: Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno disminuye la tenacidad

H1: Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno aumenta la tenacidad

Observación: Según la Tabla 31, la investigadora (Paula, 2010) nos muestra en sus muestras M2, M3, M4 con dosificación de 1kg/m^3 , 3kg/m^3 y 5kg/m^3 que fueron ensayadas según las norma ASTM C1018 la cual indica que la tenacidad o absorción de energía es el área bajo la curva carga-desplazamiento, se toman 4 valores o puntos en el eje de desplazamiento que toman los siguientes valores, δ (previo al pico), 3δ , 5.5δ y 10.5δ (post pico), el primer valor δ se toma como punto de primera grieta (llamada también tenacidad elástica o tenacidad pre pico). En la Figura 33, se aprecia como es que aumenta la tenacidad a medida que se aumenta la cantidad de fibra para la mezcla con grava de $\frac{3}{4}$ " arena sin lavar. En la Tabla 32 se muestra las muestras M6, M7, M8 con la misma cantidad de fibra de polipropileno, mostrando los resultados en la Figura 34 con grava $\frac{3}{8}$ " arena lavada, nos podemos percatar entre la Tabla 33 y Tabla 34 que mejor comportamiento se presenta en la grava de $\frac{3}{8}$ " arena lavada con una dosificación de 5kg/m^3 .

De las tesis y artículos consultados observamos que a medida que se aumenta la cantidad de microfibras, la tenacidad aumenta, siempre tomando en cuenta la calidad y características de los agregados.

Por lo tanto. Se acepta la hipótesis H1 y se rechaza la hipótesis nula H0.

5.3. Análisis y comparación de resultados

En la Tabla 31 mostramos los respectivos autores utilizados para los objetivos específicos planteados en la investigación, seguido así de las dosis de fibra que se recomienda, cabe precisar que en los ensayos de concreto endurecido debe utilizarse macrofibras de polipropileno, esto está descrito en la discusión de la investigación.

Tabla 31
Comparación de resultados y propuesta de dosis óptima de fibra

Objetivos específicos	Autores	Tipo	Dosis óptima
Índice de grietas	(Huacho Ochoa, 2021)	Microfibras	300 gr/m ³
	(Aguilar Armas, 2016)	Microfibras	400 gr/m ³
	(Ivala Espinoza, 2017)	Microfibras	1200 gr/m ³
Resistencia a la compresión	(Aguilar Armas, 2016)	Microfibras	400 gr/m ³
	(Chapoñan Cueva & Quispe Cirilo, 2017)	Microfibras	400 a 600gr/m ³
	(Linares-Durand et al, 2021)	Macrofibras	5 kg/m ³
Resistencia a la flexión	(Aguilar Armas, 2016)	Microfibras	400gr/m ³
	(Chapoñan Cueva & Quispe Cirilo, 2017)	Microfibras	400 a 600gr/m ³
	(Mendoza, Aire, & Davila, 2011)	Macrofibras	5 kg/m ³
	Paula	Macrofibras	5 kg/m ³
	(Perez Amasifuen, 2020)	Macrofibras	76.4 gr
Tenacidad	(Paula, 2010)	Macrofibras	5 kg/m ³

Fuente: Elaboración Propia

DISCUSIÓN

Para la presente investigación se ha tomado en cuenta artículos, tesis y revistas nacionales e internacionales, lamentablemente no en todas las investigaciones hemos podido obtener literalmente el tipo de fibra utilizada, sin embargo, mediante la teoría que nos brinda (SIKA, 2011), ellos nos indican la diferencia entre la microfibra de polipropileno y las macrofibras de polipropileno, pues las microfibras de polipropileno son usadas para combatir las grietas por contracción plástica en el hormigón en estado fresco, dentro de las primeras 24 horas, se utiliza una dosificación en peso de entre 0.3 a 1.2 kg/m³ con un diámetro entre 0.023 mm a 0.050 mm, por otro lado las macrofibras de polipropileno su dosificación en peso es de 2 a 9 kg/m³ con diámetros entre 0.05 mm a 2.00 mm .

El artículo también comenta que las microfibras de polipropileno se pueden añadir a la mezcla en caso está la requiera pues esta como ya se mencionó, trabajara solo las primeras 24 horas, a comparación de las macrofibras de polipropileno que por sus características y dosificación en peso son tomadas en cuenta como una agregado más dentro del diseño de mezcla, es por eso que en los resultados se observa como los investigadores toman en cuenta el diámetro y la condición que tiene la grava en sus investigaciones, llámese así grava sin lavar y grava lavada, pues se presencia como es que las características del agregado en conjunto de una óptima dosificación de fibra de polipropileno se puede llegar a valores esperados en los ensayos del hormigón en estado endurecido, como es el ensayo a compresión, el ensayo a flexión y el de tenacidad, en algunos autores se encuentra como es que ellos usan de manera incorrecta el tipo de fibra, usando las microfibras para ensayos de hormigón endurecido, se puede apreciar solo en la dosificación usada.

En la Tabla 5 se muestra datos del primer objetivo el cual es determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que disminuye en el índice de grietas, tomándose en cuenta los datos de la Tabla 4 el investigador (Huacho Ochoa, 2021) nos muestra una serie de fisuras, con sus respectivas horas de brote, anchos promedio de brote, longitud de fisura, temperatura del hormigón al brotar la fisura, velocidad del viento al brotar la fisura, temperatura ambiente y una clasificación según el ancho de fisura, las cuales son catalogadas como microfisura, fisura, macrofisura y grieta, en esta Tabla el autor muestra una longitud total de fisura

respecto a un hormigón patrón, pues en la fisura F6 se aprecia una longitud de fisura de 80 mm bastante mayor a las demás fisuras, la longitud de fisuras total es de 330 mm, en la Tabla 6 el investigador realiza un Hormigón Fibroreforzado 1CF 300 gr/m³, por la dosificación podemos observar que utiliza una microfibras de polipropileno de 0.3 kg/m³, puesto tipo de fibra la utiliza para cumplir el objetivo, el cual es reducir el índice de grieta, llegando solo a presenciar en la Tabla 6 solo dos fisuras, la fisura F1 y la fisura F2, con horas de brote similares a las ultimas fisuras de la Tabla 5 y también reducir la longitud de fisura a 33mm, demostrando así que las microfibras de polipropileno si reduce el índice de grietas, en la Tabla 7 el investigador presenta un resumen con las demás mezclas utilizadas, la cuales aumento la dosificación en 600 gr/m³ y 1200 gr/m³ para las mezclas 2CF2 y 3CF3 respectivamente, mostrando valores iguales a 0 en la suma de longitudes, con un porcentaje de 100% de reducción de fisuras.

El uso de las microfibras de polipropileno el investigador (Aguilar Armas, 2016) el cual en Tabla 10 muestra diseños de mezcla para diferentes resistencias del hormigón siendo así 175 kg/cm², 210 kg/cm² y 280 kg/cm², con dosis de 0, 200, 300 y 400 gr/m³ de fibras de polipropileno, pues nos muestra un CRR (relación de reducción de fisuración), por sus siglas en inglés, *crack reduction ratio*, demostrando que para una dosificación de 400 gr/m³ el hormigón presenta un CRR con valores de 65%, 66.67% y 64.71% para las mezclas 175 kg/cm², 210 kg/cm² y 280 kg/cm² respectivamente, esta dosificación de 400 gr/m³ el investigador (Ivala Espinoza, 2017) lo usa en la Tabla 11 la cual es su primera dosificación, el usa 400, 700 y 1200 gr/m³, para hormigones de 210 kg/cm² y 245 kg/cm² respectivamente, pues las muestras con dosificación de 1200 gr/m³ no dieron mejores resultados para las horas de fisura, mejor se comportó la muestra con dosificación de 700 gr/m³, pero para el número de fisuras que nos brinda la Tabla 13 se comporta mejor las dosis de 1200 gr/m³.

Con respecto al segundo objetivo que es determinar el porcentaje de fibras de polipropileno que aumenta la resistencia a la compresión, el investigador (Aguilar Armas, 2016), en la Tabla 15 nos muestras distintos diseños de mezcla con sus variaciones de dosificación, estamos hablando de un ensayo de hormigón endurecido a los 28 días al cual no se le debería tomar en cuenta para el análisis de resultados ya que si nos percatamos en las dosificación que va entre 0 a 400 gr/m³, estamos hablando de un hormigón reforzado con microfibras de

polipropileno y como ya habíamos mencionado las microfibras son usadas solo en el hormigón en su estado fresco, pues en la Tabla 15 podemos darnos cuenta que el % de incremento de resistencia a los 28 días para las dosis de 400 gr/m^3 son 2.97%, 3.03% y 3.05%, lo cual no son resultados tan esperados para nosotros, se puede decir que es un incremento pero no como podría actuar una macrofibra, las cuales son adecuadas para este tipo de ensayo, el investigador (Linares-Durand et al, 2021) en la Tabla 24 se usa de manera correcta las fibras llegando a dosificaciones de 5 kg/m^3 , característico de las macrofibras de polipropileno donde podemos observar cómo es que el investigador tomó en cuenta el agregado que añade, en la Tabla 24 usa grava de 19.00 mm arena sin lavar y grava de 9.5 mm arena lavada, se comporta de mejor manera la mezcla con grava de 9.5 mm arena lavada, la cual a los 7 días para las dosis de 0, 1 y 3 kg/m^3 alcanza resistencias mucho más altas, para la dosis de 5 kg/m^3 a los 7 días disminuye, sin embargo a los 28 días se comporta mejor la mezcla con grava de 19.00 mm, cabe precisar que este ensayo es para determinar la resistencia a la compresión y visto desde el punto el agregado más grande se va a comportar mejor.

En el tercer objetivo que es determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta en la resistencia a la flexión, de manera errónea el investigador (Aguilar Armas, 2016) usa la microfibra en la Tabla 25, siendo este un ensayo en hormigón endurecido, al contrario de (Mendoza, Aire, & Davila, 2011) que en la Tabla 27 nos muestra el uso de macrofibras de polipropileno, las cuales en las gravas de 9.5 mm arena lavada se comporta mejor la dosificación de 5 kg/m^3 de fibra de polipropileno.

En el cuarto objetivo que es determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta la tenacidad, apreciamos el uso de macrofibras de polipropileno, ya que es un ensayo en hormigón endurecido, pues el autor (Paula, 2010) tomando en cuenta la norma ASTM C1018 nos muestra la toma de datos en los diferentes puntos que nos dice la gráfica de la norma ASTM C1018, la cual define a la tenacidad como el área bajo la curva esfuerzo-deformación, pues se presenció un mejor comportamiento en la Tabla 32 la cual tiene grava de 3/8" arena lavada, teniendo así índices de tenacidad más altos.

CONCLUSIONES

1. De las tesis, artículos y revistas consultadas se llegó a la conclusión que el óptimo porcentaje de fibra de polipropileno en calidad de microfibras, utilizadas en el hormigón en estado fresco es de 1200 gr/m^3 , sin embargo en las macrofibras para ensayos en el hormigón endurecido, se llegó a la conclusión que se comporta mejor el hormigón con una dosis de 5 kg/m^3 tomando en cuenta la calidad del agregado utilizado, pues en las investigaciones relacionadas al índice de grietas, en el cual aumentó la dosificación hasta llegar a valores máximos como 1200 gr/m^3 y 400 gr/m^3 . En otros autores, se observa una reducción notoria del ancho y la longitud de las fisuras, reduciendo así el índice de grietas, para las investigaciones relacionadas a la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y la tenacidad, se llegó a un valor de 5 kg/m^3 .
2. El primer objetivo el cual fue determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que disminuye el índice de grietas, (Huacho Ochoa, 2021) ha mostrado como es que las fisuras en el hormigón en estado fresco disminuyen, a medida que la dosis de fibra de polipropileno aumenta, en la Tabla 7 nos muestra un resumen de su investigación en como disminuyó para CF2 y CF3 la suma de longitudes de fisuras, llegando a 0 con porcentajes reducidos del 100%, el investigador (Aguilar Armas, 2016), en la Tabla 10 con un sayo de túnel de viento nos demostró que la aparición de fisuras y también su ancho de las mismas se ve reducido con las dosificaciones de 400 gr/m^3 , el investigador (Ivala Espinoza, 2017) realizó ensayos con dosis más altas de microfibras de polipropileno, llegando a usar 1200 gr/m^3 , concluyendo que esa dosificación es la adecuada para disminuir las grietas por contracción plástica.
3. Para el segundo objetivo el cual fue determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta en la resistencia a la compresión, el investigador (Aguilar Armas, 2016), no usó macrofibras de polipropileno, pero sí usó microfibras, la cual no es la adecuada, pero cumplió en demostrar que las fibras mejoraron dicha propiedad del hormigón en su estado endurecido, (Linares-Durand et al, 2021) en su investigación usó de manera correcta las macrofibras de polipropileno, para determinar la resistencia a la compresión del hormigón, usándola como agregado en

la mezcla con dos diferentes tipos de grava, siendo mejor la grava de 9.5 mm arena lavada con una dosificación de 5 kg/m^3 .

4. Para el tercer objetivo el cual fue determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta en la resistencia a la flexión, (Aguilar Armas, 2016) no uso macrofibras de polipropileno, pero (Mendoza, Aire, & Davila, 2011) si las uso las macrofibras como agregados, el cual para 5 kg/m^3 y con grava de 9.5mm arena lavada, se comporta muy bien para la resistencia a la flexión, (Paula, 2010) al presentar sus resultados también uso macrofibras de polipropileno la cual se comportó de mejor manera con una dosis de 5 kg/m^3 con grava de 3/8" arena lavada, (Perez Amasifuen, 2020) demostró que a los 7, 14 y 28 días se comportó mejor el hormigón con una dosis de 0.20%.
5. Para el cuarto objetivo el cual fue determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta la tenacidad, (Paula, 2010) nos muestra en la Tabla 31 que la tenacidad se aumenta a medida que aumentamos la cantidad de macrofibras de polipropileno, tomando en cuenta los agregados de la Tabla 32, concluimos que se comporta mejor la mezcla de hormigón con 5 kg/m^3 con grava de 3/8" arena lavada.

RECOMENDACIONES

1. Según la investigación que se realizó para reducir el índice de grietas, se recomienda usar un valor entre 400 gr/m^3 a 1200 gr/m^3 , pues ambos valores dieron excelentes resultados, se tiene que tomar en cuenta solo las microfibras de concreto para reducir el índice de grietas.
2. Con respecto al segundo objetivo específico que fue determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta la resistencia a la compresión, como habíamos mencionado para pruebas en el concreto endurecido en la medida de lo posible utilizar macrofibras de polipropileno ya que estas son utilizadas para concretos en estado endurecido.
3. Para el tercer objetivo específico que fue determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta en la resistencia a la flexión, debemos tomar en cuenta al igual que el específico 2, las macrofibras y la calidad de los agregados, en esta investigación se comportó mejor el agregado lavado, ya que tiene mejor adherencia por la ausencia de finos, tomando en cuenta el diámetro de las conclusiones.
4. El último objetivo que fue determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta la tenacidad, pues al igual que la flexión y la compresión, debemos utilizar las macrofibras, en la dosificación que viene predeterminada, ya que hemos encontrado que cumple tal cual las especificaciones que nos dan los proveedores.
5. Para los futuros investigadores, se recomienda hacer más énfasis en el tipo de fibras que se utiliza, estudiar a más profundidad la calidad de los agregados al añadir fibras de polipropileno, ya sea macrofibra o microfibra y profundizar en ensayos coherentes de tenacidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (2018). Tecnología del Concreto. *Tecnología del Concreto*.
- ACI. (2007). Causes, Evaluation, and Repair of Cracks in Concrete Structures. *Causes, Evaluation, and Repair of Cracks in Concrete Structures*.
- ACI. (Julio de 2018). Guide to Design with Fiber-Reinforced Concrete. *Guide to Design with Fiber-Reinforced Concrete*.
- Aguilar Armas, C. H. (2016). Efectos de la adición de fibras de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico. *Efectos de la adición de fibras de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico*.
- Cervantes Fernández, A. A. (2019). Caracterización mecánica del concreto hidráulico usando fibras de polipropileno para la resistencia a la compresión. *Caracterización mecánica del concreto hidráulico usando fibras de polipropileno para la resistencia a la compresión*. Huánuco, Perú.
- Chapoñan Cueva, J. M., & Quispe Cirilo, J. (2017). Analisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rigidos adicionando fibras de polipropileno en el A.A.H.H Villamaria-Nuevo Chimbote. *Analisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rigidos adicionando fibras de polipropileno en el A.A.H.H Villamaria-Nuevo Chimbote*. Chimbote, PERÚ.
- CONCRETE, N. (. (2020). Hormigón el concreto en la practica. *CP5-Agrietamiento por contrascción plastica*.
- D.I.C. Betancourt Chávez, J. R., Ing.Hernández Rodriguez, P., Dra. Narayanasamy, R., & M.I. Rentería Soto, J. (24 al 26 de Octubre de 2018). Revisión sobre el uso de fibras en concretos y su comportamiento mecánico. *Revisión sobre el uso de fibras en concretos y su comportamiento mecánico*. Sinaloa, México.
- Figuroa Andrade, M. (2021-2013). Comparativa de la tenacidad entre hormigón convencional. hormigón reforzado con fibras de acero y hormigón reforzado con fibras de polipropileno. *Comparativa de la tenacidad entre hormigón convencional*.

hormigón reforzado con fibras de acero y hormigón reforzado con fibras de polipropileno. ESPAÑA.

Hernández Murcia, D. F., & León Otálora, D. A. (2017). Hernandez, D., & Leon, D.

Estudio de concreto adicionado con fibra de polipropileno o sintéticos al 2%.

Huacho Ochoa, A. A. (2021). Control de fisuras por retracción en estado plástico en pavimentos de concreto mediante fibras de polipropileno, Cotabambas, Apurímac.

Control de fisuras por retracción en estado plástico en pavimentos de concreto mediante fibras de polipropileno, Cotabambas, Apurímac.

Isidro Perca, G. (2017). Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto $f'c$ 210 Kg/cm². *Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto $f'c$ 210 Kg/cm².*

Ivala Espinoza, C. M. (2017). Estudio de la fibra sintética de polipropileno en las fisuras por retracción plástica de losas aligeradas de concreto con resistencia $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=245$ kg/cm² en la ciudad de Huancayo 2017. *Estudio de la fibra sintética de polipropileno en las fisuras por retracción plástica de losas aligeradas de concreto con resistencia $f'c=210$ kg/cm² y $f'c=245$ kg/cm² en la ciudad de Huancayo 2017.*

Karmacharya, A., Gamarra, J., & Shih-Ho, C. (2019). Use of Ultra-High-Performance Fiber-Reinforced Concrete (UHP-FRC) for Fast and Sustainable Repair of Rigid Pavements. *Use of Ultra-High-Performance Fiber-Reinforced Concrete (UHP-FRC) for Fast and Sustainable Repair of Rigid Pavements.* EE.UU.

Linares-Durand, J., Linares-Fonseca, D., Melgarejo-Madueño, L., Campos-Vásquez, N., & Manturano-Chipana, R. (21-23 de JULIO de 2021). Influencia de adición de fibras de polipropileno al concreto. *Influencia de adición de fibras de polipropileno al concreto.* BUENOS AIRES, ARGENTINA.

Maccaferri. (2010). *Fibras como elemento estructural del hormigón.*

Mendizabal Lluque, L. F. (2019). Fibra de polipropileno y las variaciones de las propiedades mecánicas del concreto $F'c=210$ Kg/cm². *Fibra de polipropileno y las variaciones de las propiedades mecánicas del concreto $F'c=210$ Kg/cm².*

- Mendoza, C. J., Aire, C., & Davila, P. (2011). Carlos Javier Mendoza; Carlos Aire y Paula Dávila. *Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estado plastico y endurecido.*
- MTC. (2014). Manual de carreteras. *Manual de carreteras sección suelos y pavimentos.*
- Muñoz Cebrián, F. (2011). Comportamiento mecánico del hormigon reforzado con fibra de polipropileno multifilamento: influencia del porcentaje de fibra adicionado. *Comportamiento mecánico del hormigon reforzado con fibra de polipropileno multifilamento: influencia del porcentaje de fibra adicionado.* España.
- Newman, j., & Choo, B. S. (2003). Concrete roads and pavements, parte 8, (pag 2). *Advanced Concrete Technology, 4 Volume Set.*
- Nishihara Alcocer, J. L. (2019). Nishihara Alcocer, Jorge Luis. *Control de Fisuras por retracción plástica en pavimentos rígidos mediante concretos con adición de fibras de Agave Americano.*
- Paula, D. M. (2010). Efecto de la adición de fibras sintéticas en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto. *Efecto de la adición de fibras sintéticas en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto.*
- Perez Amasifuen, G. A. (2020). Control de fisuras en vigas de concreto armado adicionando fibras de polipropileno en el A.H 12 de octubre. *Control de fisuras en vigas de concrerto armado adicionando fibras de polipropileno en el A.H 12 de Octubre, SMP-2020.*
- Sanchez de Guzman, D. (2001). Tecnologia de Concreto y del Mortero. *Tecnologia de Concreto y del Mortero.*
- SIKA. (2011). Concreto reforzado con fibras. *SIKA INFORMACIONES TÉCNICAS.*

ANEXOS

Anexos 1 Matriz de consistencia	77
Anexos 2 Operacionalización de variables	78
Anexos 3 Investigaciones consultadas.....	79

Anexos 1 Matriz de consistencia

FIBRA DE POLIPROPILENO PARA DISMINUIR EL AGRIETAMIENTO POR CONTRACCIÓN PLÁSTICA DEL HORMIGÓN

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Indicadores	Método
¿De qué manera las Fibras de Polipropileno influyen en el agrietamiento por contracción plástica del hormigón?	Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno para reducir el agrietamiento por contracción plástica del hormigón.	Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno se reduce el agrietamiento por contracción plástica del hormigón.	Fibra de Polipropileno	Cantidad de Fibra Tipo de fibra Característica de la Fibra	La investigación es bibliográfica documental descriptivo, según las tesis, artículos y papers consultados
Problema Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especifica			
a) De qué manera el porcentaje de fibras de polipropileno influye en el índice de grietas	a) Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que disminuye el índice de grietas	a) Al determinar el porcentaje de fibras de polipropileno se reduce el índice de grieta			
b) De qué manera el porcentaje de fibras de polipropileno influye en la resistencia a la compresión	b) Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumentan en la resistencia a la compresión	b) Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno aumenta en la resistencia a la compresión	Variable Dependiente	Índice de Grietas	El método fue deductivo, aplicado, cuantitativo
c) De qué manera el porcentaje de fibras de polipropileno contribuye en la resistencia a la flexión	c) Determinar el porcentaje óptimo fibras de polipropileno que aumenta en la resistencia a la flexión	c) Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno aumenta la resistencia a la flexión	Agrietamiento por Contracción Plástica	Resistencia a la Compresión Resistencia a la Flexión	El tipo: descriptiva, correlacional y explicativa El nivel: Descriptivo El Diseño: Experimental, Longitudinal y Retrospectivo
d) De qué manera el porcentaje de fibras de polipropileno afecta en la tenacidad	d) Determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno que aumenta la tenacidad	d) Al determinar el porcentaje óptimo de fibras de polipropileno aumenta la tenacidad		Tenacidad	

Fuente: Elaboración Propia

Anexos 2 Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Índices	Unidad	Escala	Instrumentos	Herramientas	Ítems
Fibra de polipropileno	Fibras de Polipropileno: "las fibras sintéticas se fabrican con 11 materiales de poliolefina, que normalmente incluyen polipropileno y polietileno" (ACI, 2018, pág. 9).	Variable independiente: La fibra de polipropileno es una gran opción en reemplazo u ayuda del acero, ya que nos permite distribuir de manera adecuada un refuerzo en la mezcla, sin embargo, al ser usada de manera simple se deben tomar en cuenta las variables intervinientes, ya que estas influyen en el agrietamiento plástico.	Funcionalidad	Porcentaje de Fibras de Polipropileno	Dosis de Fibra de polipropileno	kg/m ³	Cuantitativa; continua	Formato de laboratorios, NTC, NTP, ASTM, cuadros estadísticos, hojas técnicas, cotizaciones	Norma E060, ACI, ASTM y Fichas técnicas	Indicado en los formatos
Agrietamiento Plástico	Agrietamiento Plástico: La contracción de este tipo se manifiesta cuando la mezcla pierde humedad de manera rápida en su estado plástico o fresco, esto genera tensiones de tracción. (ACI, 2007).	Variable dependiente: El agrietamiento plástico sucede cuando el hormigón está en su estado fresco y presenta pérdida de agua de manera muy rápida, ya sea por los diferentes factores que aportan las variables intervinientes, pues esto se plasma en la investigación presentada.	Fresco (físicas)	Índice de Grietas Resistencia a la Compresión Resistencia a la Flexión	Slump	mm	Cuantitativa	Formato de laboratorios	Norma E060, ASTM y fichas técnicas	
				Tenacidad						
					Fisuración					

Fuente: Elaboración Propia

Anexos 3 Investigaciones consultadas

Ítem	Nombre bibliográfico	Año	Título	Tipo	URL
1	Huacho Ochoa, A. A. (2021).	2021	Control de fisuras por retracción en estado plástico en pavimentos de hormigón mediante fibras de polipropileno, Cotabambas, Apurímac.	Tesis nacional	https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10787/1/IV_FIN_105_TE_Huacho_Ochoa_2021.pdf
2	Linares-Durand, J., Linares-Fonseca, D., Melgarejo-Madueño, L., Campos-Vásquez, N., & Manturano-Chipana, R. (21-23 de JULIO de 2021)	2021	Influencia de adición de fibras de polipropileno al hormigón	Artículo nacional	https://laccei.org/LACCEI2021-VirtualEdition/full_papers/FP211.pdf
3	CONCRETE, N. (. (2020).	2020	Hormigón el hormigón en la práctica. <i>CP5-Agrietamiento por contracción plástica.</i>	Revista nacional	https://www.nrmca.org/wp-content/uploads/2020/04/CIP5es.pdf
4	Perez Amasifuen, G. A. (2020).	2020	Control de fisuras en vigas de hormigón armado	Tesis nacional	https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59787

5	Cervantes Fernández, A. A. (2019).	2019	adicionando fibras de polipropileno en el A.H 12 de octubre Caracterización mecánica del hormigón hidráulico usando fibras de polipropileno para la resistencia a la compresión.	Tesis nacional	https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/4685/TIC00179C48.pdf?sequence=1&isAllowed=y
6	Karmacharya, Gamarra, & Shih-Ho, 2019	2019	Use of Ultra- High- Performance Fiber-Reinforced Concrete (UHP- FRC) for Fast and Sustainable Repair of Rigid Pavements	Artículo internacional	https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpAHPDCCE5/cid:kt0126W812/viewerType:khtml/root_slug:airfield-highway-pavements/url_slug:use-ultra--introduction?b-q=rigid%20pavements%20maintenance&include_synonyms=no&sort_on=default&page=1&view=collapsed&zoom=1&q=rigid%20pavements%20maintenance
7	Mendizabal Lluque, L. F. (2019).	2019	Fibra de polipropileno y las variaciones de las propiedades mecánicas del hormigón F'c=210 Kg/cm ² .	Tesis nacional	https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/56237

8	Nishihara Alcocer, J. L. (2019).	2019	Control de Fisuras por retracción plástica en pavimentos rígidos mediante hormigones con adición de fibras de Agave Americano.	Tesis nacional	https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2198/T030_70228652_M%20%20JORGE%20LUIS%20NISHIHARA%20ALCOSER.pdf?sequence=1&isAllowed=y
9	Abanto Castillo, F. (2018).	2018	Tecnología del Concreto	Libro	http://hebmerma.com/wp-content/uploads/2020/11/TECNOLOGIA-DEL-CONCRETO-Ing.-Flavio-Abanto-Castillo-1.pdf
10	ACI. (Julio de 2018).	2018	Guide to Design with Fiber-Reinforced Concrete. Guide to Design with Fiber-Reinforced Concrete.	Norma	https://cecollection2.files.wordpress.com/2020/05/544.4r-18-guide-to-design-with-fiber-reinforced-concrete.pdf
11	D.I.C. Betancourt Chávez, J. R., Ing.Hernández Rodríguez, P., Dra. Narayanasamy, R., & M.I. Rentería Soto, J. (24 al 26 de octubre de 2018)	2018	Revisión sobre el uso de fibras en hormigones y su comportamiento mecánico. Sinaloa, México.	Artículo internacional	https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/6009e0250f4d6a58cfa23575/1611259949190/Compendio+de+Investigaci%C3%B3n+Academia+Journals+Los+Mochis+2018+-+Tomo+02.pdf

12	Chapoñan Cueva, J. M., & Quispe Cirilo, J. (2017).	2017	Análisis del comportamiento en las propiedades del hormigón hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el A.A.H.H Villamaría- Nuevo Chimbote. Chimbote, PERÚ. <i>Estudio de hormigón adicionado con fibra de polipropileno o sintéticas al 2%.</i> Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del hormigón f'c 210 Kg/cm ² . Estudio de la fibra sintética de polipropileno en las fisuras por	Tesis nacional	http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2724
13	Hernández Murcia, D. F., & León Otálora, D. A. (2017).	2017		Tesis internacional	https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/15016
14	Isidro Perca, G. (2017).	2017		Tesis internacional	http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3842
15	Ivala Espinoza, C. M. (2017).	2017		Tesis nacional	https://hdl.handle.net/20.500.12394/4899

			retracción plástica de losas aligeradas de hormigón con resistencia f'c=210 kg/cm ² y f'c=245 kg/cm ² en la ciudad de Huancayo 2017 Efectos de la adición de fibras de polipropileno en las		
16	Aguilar, C. H. (2016).	2016	propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico. Manual de carreteras sección suelos y pavimentos. Comparativa de la tenacidad entre hormigón convencional. hormigón reforzado con fibras de acero y hormigón reforzado con fibras de polipropileno.	Tesis nacional	https://hdl.handle.net/20.500.12802/2712
17	MTC. (2014)	2014		Manual nacional	https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf
18	Figueroa Andrade, M. (2021-2013).	2013		Tesis internacional	https://docplayer.es/7101329-Comparativa-de-la-tenacidad-entre-hormigon-convencional-hormigon-reforzado-con-fibras-de-acero-y-hormigon-reforzado-con-fibras-de-polipropileno.html

19	Mendoza, C. J., Aire, C., & Davila, P. (2011)	2011	Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del hormigón en estado plástico y endurecido. Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de polipropileno multifilamento: influencia del porcentaje de fibra adicionado.	Artículo	https://www.scielo.org.mx/pdf/ccid/v2n2/v2n2a3.pdf
20	Muñoz Cebrián, F. (2011).	2011	Hormigón reforzado con fibras. <i>SIKA INFORMACION ES TÉCNICAS.</i>	Tesis internacional	https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13552/PFG%20completo.pdf?sequence=1
21	SIKA. (2011).	2011	Fibras como elemento estructural del hormigón. Efecto de la adición de fibras sintéticas en las propiedades plásticas y mecánicas del hormigón.	Revista informativa	https://per.sika.com/dms/getdocument.get/743731e6-f615-3cf1-96f6-f2ebfac98803/Concreto%20Reforzado%20con%20Fibras_Brochure.pdf
22	Maccaferri. (2010).	2010	Fibras como elemento estructural del hormigón. Efecto de la adición de fibras sintéticas en las propiedades plásticas y mecánicas del hormigón.	Libro	https://www.academia.edu/42781434/Fibras_como_elemento_estructural_para_el_Refuerzo_en_el_hormigon
23	Paula, D. M. (2010).	2010	Fibras como elemento estructural del hormigón. Efecto de la adición de fibras sintéticas en las propiedades plásticas y mecánicas del hormigón.	Tesis internacional	http://132.248.9.195/ptd2010/marzo/0655050/0655050_A1.pdf

24	ACI. (2007)	2007	Causes, Evaluation, and Repair of Cracks in Concrete Structures.	Norma	http://civilwares.free.fr/ACI/MCP04/2241r_93.pdf
25	Newman, j., & Choo, B. S. (2003).	2003	Causes, Concrete roads and pavements, parte 8, (pag 2. Advanced Concrete Technology, 4 Volume Set.	Libro	https://www.academia.edu/35623424/Advanced_Concrete_Technology_Processes
26	Sanchez de Guzman, D. (2001).	2001	Tecnologia de Hormigón y del Mortero.	Libro	https://books.google.com.co/books?id=EWq-QPJhsRAC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false
