

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**DESEMPEÑO DE LA MACROFIBRA SINTÉTICA PARA
MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO**
TESIS
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADA POR:

Bach. ASTO QUISPE, JOSEPH ANTHONY

Bach. QUIROZ FLORES, RENZO EDSON

ASESOR:

Mg. Ing. CHAVARRÍA REYES, LILIANA JANET

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres y hermanos que me apoyaron y me enseñaron los valores de la educación, esfuerzo y dedicación; a mis amigos y compañeros que con los que aprendí mucho en todo momento en la universidad y en el colegio; a mi madrina que me apoyo en mi educación y confianza para tener una actitud firme en mi desarrollo; finalmente a mis maestros con su sabiduría y conocimiento lograron que salga adelante en mi camino.

Asto Quispe Joseph Anthony

Dedico esta tesis a mis padres, hermanos y a toda mi familia tanto los que siguen en el presente como los que partieron, por haberme dado siempre su apoyo y motivación para seguir avanzando por este camino el cual opte, y a mis amigos que siempre me acompañaron en mis etapas de aprendizaje.

Quiroz Flores Renzo Edson

AGRADECIMIENTO

A nuestros padres, quienes siempre nos apoyaron a lo largo de la carrera, motivándonos a seguir en estas etapas de nuestras vidas; a nuestros hermanos, que con firmes consejos y motivación siempre nos apoyaron; a nuestros asesores Liliana J. Chavarría Reyes y Carlos M. Chavarry Vallejos que compartieron con nosotros lo más valioso que poseen, el conocimiento.

Asto Quispe, Joseph y Quiroz
Flores, Renzo

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN	iii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACION DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	1
1.2 Formulación del problema	1
1.2.1 Problema general.....	1
1.2.2 Problemas específicos	1
1.3 Objetivos de la investigación.....	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos.....	2
1.4 Justificación de la investigación	2
1.4.1 Conveniencia.....	2
1.4.2 Relevancia social.....	3
1.4.3 Aplicaciones prácticas	3
1.4.4 Utilidad metodológica	3
1.4.5 Valor teórico.....	3
1.5 Importancia	4
1.5.1 Nuevos conocimientos	4
1.5.2 Aporte.....	4
1.6 Limitaciones de la investigación	4
1.6.1 Falta de estudios previos de investigación	4
1.6.2 Metodológicos o prácticos	4
1.6.3 Medidas para la recolección de datos.....	5
1.6.4 Obstáculos en la investigación	5
1.7 Delimitación de la investigación	5
1.7.1 Delimitación geográfica	5
1.7.2 Delimitación temporal.....	5
1.7.3 Delimitación temática	5
1.7.4 Delimitación muestral	5

1.8 Alcance	6
1.9 Viabilidad	6
1.9.1 Tiempo	6
1.9.2 Espacio	6
1.9.3 Condiciones Económico.....	6
1.9.4 Fuentes de información	6
1.9.5 Recolección de datos	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1 Marco histórico	7
2.2 Investigaciones relacionadas con el tema	7
2.2.1 Antecedentes internacionales	7
2.2.2 Antecedentes nacionales	9
2.2.3 Artículos relaciones con el tema	10
2.3 Estructura teórica y científicas que sustenta el estudio.....	11
2.3.1 Macrofibra sintética.....	11
2.3.2 Materiales	14
2.3.3 Propiedades del concreto.....	16
2.4 Definición de términos básicos.....	22
2.5 Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis	23
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	24
3.1 Hipótesis	24
3.1.1 Hipótesis general	24
3.1.2 Hipótesis específicas	24
3.2 Variables	24
3.2.1 Variables independientes.....	24
3.2.2 Variables dependientes.....	24
3.3 Sistema de variables	24
3.3.1 Definición conceptual	24
3.3.2 Definición operacional	25
3.3.3 Operacionalización de variables.....	26

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	27
4.1 Método de investigación.....	27
4.2 Tipo de investigación.....	28
4.3 Nivel de investigación	29
4.4 Diseño de investigación.....	29
4.5 Población y muestra.....	30
4.5.1 Población.....	30
4.5.2 Muestra.....	30
4.5.3 Unidad de análisis	33
4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
4.7 Descripción de procedimiento y análisis	33
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
5.1 Resultados de la investigación.....	34
5.1.1 Objetivo 1: Analizando la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a la compresión del concreto.	34
5.1.2 Objetivo 2: Analizando la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a la tracción del concreto.	44
5.1.3 Objetivo 3: Analizando la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a la flexión del concreto.	53
5.1.4 Objetivo 4: Analizando la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia al cortante del concreto.....	61
5.1.5 Objetivo 5: Analizando la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la tenacidad del concreto.	67
5.2 Contrastación de Resultados.....	73
5.2.1 Contrastación de la primera hipótesis	73
5.2.2 Contrastación de la segunda hipótesis.....	75
5.2.3 Contrastación de la tercera hipótesis	76
5.2.4 Contrastación de la cuarta hipótesis	77
5.2.5 Contrastación de la quinta hipótesis.....	79

DISCUSIÓN	81
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
ANEXOS.....	91
ANEXO 1 Matriz de Consistencia.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Consistencia del concreto en función del asentamiento.	17
Tabla 2 Clasificación del concreto según su resistencia.....	19
Tabla 3 Resumen operacionalización de la variable.....	25
Tabla 4 Operacionalización de la variable.....	26
Tabla 5 Probetas de concreto patrón.....	31
Tabla 6 Probetas de concreto + macrofibra (3 kg/m ³).....	31
Tabla 7 Probetas de concreto + macrofibra (5 kg/m ³).....	31
Tabla 8 Probetas de concreto + macrofibra (7 kg/m ³).....	31
Tabla 9 Total de probetas para muestra/población	31
Tabla 10 Muestras para el ensayo a compresión	32
Tabla 11 Muestras para el ensayo a flexión.....	32
Tabla 12 Muestras para el ensayo de doble punzonamiento	32
Tabla 13 Cantidad de ensayos de cada fibra para el concreto hidráulico	33
Tabla 14 Ensayo de resistencia a la compresión con fibras de polipropileno rizadas y fibras de polipropileno gofradas.....	35
Tabla 15 Ensayo de resistencia a la compresión con fibras de macropoliméricas de 39 mm de largo.....	37
Tabla 16 Ensayo de resistencia a la compresión con fibras de polipropileno de 50 mm.....	39
Tabla 17 Ensayo de resistencia a la compresión con fibras de polipropileno de 40 mm.....	41
Tabla 18 Ensayo de resistencia a la tracción con fibras sintética estirado (Polipropileno y polietileno) y fibras sintéticas texturizada (Polipropileno).	44
Tabla 19 Ensayo de resistencia a la tracción con fibras de polyester (PY) y fibras de polipropileno (PP).	46
Tabla 20 Ensayo de resistencia a la tracción con fibras de polipropileno de 53.1 mm.....	48
Tabla 21 Ensayo de resistencia a la tracción con fibras de polipropileno de 48 mm.	50
Tabla 22 Ensayo de resistencia a la flexión con fibras de polipropileno rizadas (p1) y fibras de polipropileno gofradas (p2).	53

Tabla 23 Ensayo de resistencia a la flexión con fibras de poliolefina (3 tipos de formas: barchip (B), fibrilar (F) y retorcido (T)).	56
Tabla 24 Ensayo de resistencia a la flexión con fibras de fibras de poliolefina de 60 mm (PO).	58
Tabla 25 Ensayo de resistencia al cortante con fibras sintética estirado (polipropileno y polietileno) y fibras sintéticas texturizada (polipropileno).	61
Tabla 26 Ensayo de resistencia al cortante con fibras de polipropileno - MASTERFIBER MAC MATRIX-BASF.	63
Tabla 27 Ensayo de resistencia al cortante con fibras de polipropileno	65
Tabla 28 Ensayo de tenacidad con fibra de polipropileno macro sintética estructural...	67
Tabla 29 Ensayo de tenacidad con fibras de polipropileno de 53.1 mm de largo.	69
Tabla 30 Ensayo de tenacidad con fibras de fibras sintéticas de 51 mm (mezcla de polipropileno y polietileno).	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representación de esfuerzos actuantes entre fibra y concreto.	12
Figura 2: Fisura y rotura de adherencia.	18
Figura 3: Prueba de tensión directa.....	20
Figura 4: Prueba de tensión indirecta – esquema de rotura y fisuración.	20
Figura 5: Prueba de tensión por flexión en especímenes prismáticas.....	21
Figura 6: Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis	23
Figura 7: Resistencia a la compresión (kg/cm^2) vs Muestras de fibra de polipropileno rizadas y fibras de polipropileno gofradas.	35
Figura 8: Variación porcentual de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón de la mezcla C45 con dosificaciones de fibras de polipropileno rizadas y fibras de polipropileno gofradas.....	36
Figura 9: Variación porcentual de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón de la mezcla C50 con dosificaciones de fibras de polipropileno rizadas y fibras de polipropileno gofradas.....	36
Figura 10: Resistencia a la compresión (kg/cm^2) vs Dosificación (kg/m^3) de fibras macropoliméricas.	38
Figura 11: Variación porcentual de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras macropoliméricas.	38
Figura 12: Resistencia a la compresión (kg/cm^2) vs dosificación (kg/m^3) de fibras de polipropileno de 50 mm.	40
Figura 13: Variación porcentual de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras de polipropileno de 50 mm.	40
Figura 14: Resistencia a la Compresión (kg/cm^2) vs Dosificación (kg/m^3) de fibras de polipropileno de 40 mm.....	42
Figura 15: Variación porcentual de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras de polipropileno de 40 mm.	42
Figura 16: Porcentaje de aumento de la Resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón utilizado en cada fuente bibliográfica consultada.	43

Figura 17: Resistencia a la tracción (kg/cm^2) vs Dosificación (kg/m^3) de fibras sintética estirado (polipropileno y polietileno) y fibras sintéticas texturizado (polipropileno).....	45
Figura 18: Variación porcentual de la resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras sintética estirado (polipropileno y polietileno) y fibras sintéticas texturizado (polipropileno).....	45
Figura 19: Resistencia a la tracción (kg/cm^2) vs Muestras de fibras de polyester (PY) y fibras de polipropileno (PP).	47
Figura 20: Variación porcentual de la Resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras de polyester (PY) y fibras de polipropileno (PP).....	47
Figura 21: Resistencia a la tracción (kg/cm^2) vs Dosificación de fibras polipropileno de 53.1 mm (kg/m^3).....	49
Figura 22: Variación porcentual de la resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras polipropileno de 53 mm.....	49
Figura 23: Resistencia a la tracción (kg/cm^2) vs Dosificación de fibras polipropileno de 48 mm (kg/m^3).....	51
Figura 24: Variación porcentual de la resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras polipropileno de 48 mm.....	51
Figura 25: Porcentaje de aumento de la resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón utilizado en cada fuente bibliográfica consultada.	52
Figura 26: Resistencia a la flexión (kg/cm^2) vs Muestras con fibras de polipropileno rizadas (p1) y fibras de polipropileno gofradas (p2) – mezcla C45.....	54
Figura 27: Variación porcentual de la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón de las mezclas C45 con dosificaciones de fibras de polipropileno rizadas (p1) y fibras de polipropileno gofradas (p2).....	54
Figura 28: Resistencia a la flexión (kg/cm^2) vs Muestras con fibras de polipropileno rizadas (p1) y fibras de polipropileno gofradas (p2) – mezcla C50.....	55

Figura 29: Variación porcentual de la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón de las mezclas C50 con dosificaciones de fibras de polipropileno rizadas (p1) y fibras de polipropileno gofradas (p2).	55
Figura 30: Resistencia a la flexión (kg/cm ²) vs Muestras de fibras de poliolefina (3 tipos de formas: barchip (B), fibrilar (F) y retorcido (T)).	57
Figura 31: Variación porcentual de la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras de poliolefina (3 tipos de formas: barchip (B), fibrilar (F) y retorcido (T)).	57
Figura 32: Resistencia a la flexión (kg/cm ²) vs Dosificación (kg/m ³) con fibras de poliolefina de 60 mm (PO).	59
Figura 33: Variación porcentual de la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras de poliolefina de 60 mm (PO).	59
Figura 34: Porcentaje de aumento de las resistencias a la flexión con respecto al concreto patrón utilizado en cada fuente bibliográfica consultada.	60
Figura 35: Resistencia al cortante (kg/cm ²) vs Muestras de fibras sintética estirado (polipropileno y polietileno) y fibras sintéticas texturizada (polipropileno).	62
Figura 36: Variación porcentual de la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras sintética estirado (polipropileno y polietileno) y fibras sintéticas texturizada (polipropileno).	62
Figura 37: Resistencia al cortante (kg/cm ²) vs Dosificaciones (kg/m ³) de fibras de polipropileno - MasterFiber MAC Matrix-BASF.	64
Figura 38: Variación porcentual de la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras de polipropileno - MasterFiber MAC Matrix-BASF.	64
Figura 39: Resistencia al cortante (kg/cm ²) vs dosificaciones (kg/m ³) de fibras de polipropileno	65
Figura 40: Porcentaje de aumentó de las resistencias al cortante con respecto al concreto patrón utilizado en cada fuente bibliográfica consultada.	66

Figura 41: Tenacidad (Joule) vs Dosificación (kg/cm^3) de fibra de polipropileno macro sintética estructural con línea de tendencia y extrapolado la confiabilidad.....	68
Figura 42: Tenacidad (Joule) vs Dosificación (kg/m^3) con fibra de polipropileno macro sintética estructural.....	68
Figura 43: Tenacidad (Joule) vs Dosificación (kg/cm^3) de fibra de polipropileno de 53.1 mm de largo con línea de tendencia y extrapolado la confiabilidad.	70
Figura 44: Tenacidad (Joule) vs Dosificación (kg/m^3) con fibras de polipropileno de 53.1 mm de largo.....	70
Figura 45: Tenacidad (Joule) vs Dosificación (kg/cm^3) de fibras sintéticas de 51 mm (mezcla de polipropileno y polietileno) con línea de tendencia y extrapolado la confiabilidad.	72
Figura 46: Tenacidad (Joule) vs Dosificación (kg/m^3) con fibras sintéticas de 51 mm (mezcla de polipropileno y polietileno).	72
Figura 47: Máximos resultados de las Tenacidades de las muestras de vigas para las diferentes fuentes bibliográficas consultadas.	73

RESUMEN

La presente tesis es “Desempeño de la macrofibra sintética para mejorar las propiedades mecánicas del concreto”, tuvo como objetivo analizar el desempeño de la macrofibra sintética para mejorar las propiedades mecánicas del concreto utilizando las Normas nacionales e internacionales de las investigaciones consultadas, el concreto tiene deficiencias con respecto a las tensiones que son provocadas por las cargas de servicio, por esto se utilizó la macrofibra sintética como refuerzo para mejorar estas propiedades. Esta investigación fue documental bibliográfico y descriptivo, de tipo correlacional y explicativo, donde se utilizaron estudios como fuentes de información, utilizando el método deductivo, orientación aplicada, enfoque cuantitativo y se usó instrumentos de recolección de datos de forma retroactivos, de nivel descriptivo y el diseño es retrospectivo. Se obtuvieron resultados óptimos en la fibra de polipropileno con un rango de dosificación de 4.6 a 9.30 kg/m³ en las propiedades mecánicas, por lo que concluye que en la compresión se usó una dosificación de 9.1 kg/m³ de macropolimérico con un aumento de 8%, en la resistencia a la tracción con dosificación de 7.18 kg/m³ de polipropileno-polietileno con un aumento de 73%, en la flexión con dosificación de 5.4 kg/m³ de poliolefina con un aumento de 82%, en la cortante con dosificación de 7.18 kg/m³ de Polipropileno – polietileno con un aumento de 73% y en la tenacidad con dosificación óptima de 16 kg/m³ en losas y en vigas su dosificación óptima es de 13 kg/m³, todos los ensayos con curado a los 28 días.

Palabras Clave: macrofibra sintética, propiedades mecánicas, dosificación óptima, concreto reforzado, aditivo superplastificante.

ABSTRACT

The thesis was titled "Performance of synthetic macrofiber to improve the mechanical properties of concrete", its objective was to analyze the performance of synthetic macrofiber to improve the mechanical properties of concrete using the national and international standards of the researches consulted. It is known that concrete has a deficiency in the tensions that are caused by service loads, for this reason synthetic macro fibers were used as reinforcement to improve this property. This research was bibliographic and descriptive documentary, correlational and explanatory, where reviewed studies were used, using the deductive method, applied orientation and quantitative approach, data collection instruments were also used retroactively, descriptive level and the design is retrospective. Optimal results were obtained in the polypropylene fiber with a dosage range of 4.6 to 9.30 kg / m³ in the mechanical properties, for which it concludes that in the compression a dosage of 9.1 kg / m³ of macropolymeric was used with an increase of 8 %, in tensile strength with a dosage of 7.18 kg / m³ of polypropylene-polyethylene with an increase of 73%, in bending with a dosage of 5.4 kg / m³ of polyolefin with an increase of 82%, in shear with a dosage of 7.18 kg / m³ of Polypropylene - polyethylene with an increase of 73%, in toughness with optimal dosage of 16 kg / m³ in slabs and beams, its optimal dosage is 13 kg / m³, all tests with curing at 28 days .

KeyWords: synthetic macrofiber, mechanical properties, optimal dosage, reinforced concrete, superplasticizer additive.

INTRODUCCIÓN

El concreto simple no soporta los esfuerzos a tensión, por esto se utiliza como refuerzo las varillas de acero en el concreto, pero el costo en la producción de esta es muy alto, por esto en la innovación de nuevos materiales en la tecnología del concreto se están aplicando alternativas de refuerzo como es el caso de la fibra sintética. Por lo cual esta investigación analiza el desempeño de la fibra sintética como refuerzo en el concreto para mejorar sus propiedades mecánicas.

El trabajo de investigación es conveniente, ya que incentiva al conocimiento de nuevas tecnologías para mejorar las propiedades mecánicas del concreto y sus aplicaciones. Es relevante difundir el conocimiento de la macrofibras sintéticas, tanto en el sector construcción como a la sociedad, ya que esta se presenta como alternativa para mejorar el comportamiento mecánico del concreto con su uso.

La investigación da a conocer cómo se desempeña la macrofibra sintética en la mejora de las propiedades del concreto, de esta forma determinar cómo estas mejoran las propiedades con respecto a la compresión, tracción, flexión, cortante y la tenacidad, además a los agrietamientos o fisuras.

El uso de estas fibras en el concreto tiene como enfoque aumentar las propiedades mecánicas del material; por consiguiente, se afirma que la estructura después de agrietarse, puede seguir recibiendo carga.

En este trabajo se recolectó información de artículos y otras investigaciones con el fin presentar una investigación que sintetice e informe sobre los aportes de estas fibras en los concretos simples.

La macrofibra sintética es un material que puede beneficiar mucho en la economía de la construcción porque se obtendría a un costo más cómodo a comparación con el acero, y también en su costo de traslado. Este material está compuesto de procesos químico derivados del petróleo, lo que hace de los desperdicios se han reutilizables para su uso, y además pueden ser utilizados con el fin de reparación y reforzamiento de estructuras antiguas o con daños estructurales.

El objetivo de la presente investigación es analizar el desempeño de la macrofibra sintética para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. Y de esta manera, se han planteado cinco objetivos específicos:

- Analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética para aumentar la resistencia a la compresión del concreto.
- Analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética para aumentar la resistencia a la tracción del concreto.
- Analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética para aumentar la resistencia a la flexión del concreto.
- Analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética para aumentar la resistencia al cortante del concreto.
- Analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética para aumentar la tenacidad del concreto.

Se analiza la mejora de las propiedades mecánicas del concreto con la incorporación de fibras sintéticas, analizando las dosificaciones óptimas de diferentes investigaciones y autores, considerándose los diseños de las mezclas usadas.

Esta investigación consta de cinco capítulos. El primero, presenta la descripción de la realidad problemática, formulación del problema, objetivos, la justificación, importancia, limitaciones, delimitación, alcance y viabilidad de la investigación; el segundo, describe el marco teórico que es una recopilación de fuentes bibliográficas para el desarrollo del marco histórico, antecedentes, estructura teórica y científica, definiciones y fundamentos teóricos; el tercero, se encuentra el sistema de hipótesis y la operacionalización de variables; el cuarto, se desarrolla el método, tipo, nivel, diseño de la investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección, además el procesamiento y análisis de datos; el quinto, describe la presentación de resultados y contrastación de la hipótesis de la investigación. Para concluir se presenta la discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones logradas en este trabajo de investigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACION DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El concreto es un material muy usado para fines de construcción infraestructural y estructural, las cuales debe cumplir con los estándares reglamentarios de las normas internacionales para que sea viable su uso, de esta manera tenemos como objeto de estudio el concreto reforzado con macrofibras sintéticas como los temas más discutidos con respecto a su comportamiento, durabilidad, proceso constructivo y ámbito económico, lo que provoca el análisis comparativo de cuál de estas es mejor opción en cuanto a los puntos mencionados. Podemos observar en los trabajos de investigación, con respecto al concreto, que su mecánica a los esfuerzos a compresión es gratamente satisfactoria en las estructuras, pero deficiente a los esfuerzos a tensión, por lo que se fueron innovando nuevas técnicas para el desarrollo de esta tecnología. En la cual se establecen dos temas que se tiene interés para el futuro de la construcción. Se sabe que el concreto con macrofibras sintéticas tiene un mejor comportamiento que el concreto simple, que corresponde a aumentar la capacidad de soportar cargas a compresión y a tracción, antes que estas colapsen y fallen. También tiene un mayor retraso en su fisuramiento y a su vez disminuye el ancho de la fisura; además de una buena distribución en todo el volumen del elemento estructural.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo se desempeña la macrofibra sintética en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la óptima dosificación de la macrofibra sintética para aumentar la resistencia a la compresión del concreto?
- b) ¿Cuál es la óptima dosificación de la macrofibra sintética para aumentar la resistencia a la tracción del concreto?

- c) ¿Cuál es la óptima dosificación de la macrofibra sintética para aumentar la resistencia a la flexión del concreto?
- d) ¿Cuál es la óptima dosificación de la macrofibra sintética para aumentar la resistencia al cortante del concreto?
- e) ¿Cuál es la óptima dosificación de la macrofibra sintética para aumentar la tenacidad del concreto?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Analizar el desempeño de la macrofibra sintética para mejorar las propiedades mecánicas del concreto utilizando las Normas nacionales e internacionales de las investigaciones consultadas.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética para aumentar la resistencia a la compresión del concreto.
- b) Analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética para aumentar la resistencia a la tracción del concreto.
- c) Analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética para aumentar la resistencia a la flexión del concreto.
- d) Analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética para aumentar la resistencia al cortante del concreto.
- e) Analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética para aumentar la tenacidad del concreto.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Conveniencia

El trabajo de investigación es conveniente, ya que incentiva al conocimiento de nuevas tecnologías para mejorar las propiedades mecánicas del concreto y sus aplicaciones. Rojas (2017) afirma, “Son bicomponentes que están destinados a prevenir la fisuración en estado endurecido, a reducir el ancho de la fisura, si ésta se presenta, y a permitir el adecuado funcionamiento de la estructura fisurada”. (p.16)

1.4.2 Relevancia social

La tecnología del concreto ha estado realizando que las obras ejecutadas sean más resistentes. Por lo cual, esta ha ido adaptándose según las necesidades que se requiera, uno de estos es el uso de las macrofibras sintéticas. Por eso es relevante difundir el conocimiento de este tipo de fibra, tanto al sector construcción como a la sociedad, con lo cual este trabajo de investigación presenta como alternativa de mejorar el comportamiento mecánico del concreto con su uso.

1.4.3 Aplicaciones prácticas

El uso de las macrofibras en los concretos es para aumentar las propiedades del material; por consiguiente, se afirma que la estructura después de agrietarse; puede seguir recibiendo carga.

1.4.4 Utilidad metodológica

En este trabajo se recolectó información de artículos y otras investigaciones con respecto al tema expuesto, con el fin de tener una información más densa y con otras ideas técnicas en los cuales nosotros podamos apoyarnos para presentar una investigación que sintetice e informe sobre los aportes de estas fibras en los concretos simples.

1.4.5 Valor teórico

Económico

La macrofibra sintética es un material que puede beneficiar mucho en la economía de la construcción porque se obtendría a un costo más bajo a comparación con el acero, y con respecto también en su costo de traslado, además que mejorará la producción de la construcción por su fácil manejabilidad del material a la hora de distribuirse en la obra.

Medio ambiente

Este tipo de material está compuesto de procesos químicos derivados del petróleo, lo que hace de los desperdicios algo reutilizable y por consiguiente este disminuye mucho el tema de la contaminación en el medio ambiente.

Reparación y reforzamiento

Las macrofibras sintéticas también pueden ser utilizadas para productos que son utilizados con el fin de reparación y reforzamiento de estructuras antiguas o con daños estructurales.

1.5 Importancia

1.5.1 Nuevos conocimientos

La investigación da a conocer cómo se desempeña la macrofibra sintética en la mejora de las propiedades del concreto, de esta forma determinar cómo estas mejoran las propiedades con respecto a la compresión, tracción, flexión, cortante y la tenacidad, además a los agrietamientos o fisuras. Será de utilidad para otras investigaciones como material de información en las cuales se puedan apoyar para conocer los beneficios mecánicos que aporta al concreto simple, por ello esta investigación recolecta tanto nuestro análisis comparativo como también otras ideas de autores para sintetizar una información más amplia del tema tratado.

1.5.2 Aporte

Con la investigación se demostrará que la inclusión de la macrofibra sintéticas en el concreto mejorará las propiedades mecánicas ya sea con respecto a sus resistencias y la tenacidad.

1.6 Limitaciones de la investigación

1.6.1 Falta de estudios previos de investigación

No se tiene mucha información detallada sobre investigaciones de este tema en nuestro país con respecto al que es el uso de macrofibras sintéticas en el concreto, lo cual se tuvo que buscar, recolectar información de artículos y trabajos de investigaciones internacionales sobre nuestro tema de estudio.

1.6.2 Metodológicos o prácticos

La metodología de este trabajo de investigación será el uso de datos recopilados de fuentes asociadas al tema investigado, para el análisis y comparación de los datos.

1.6.3 Medidas para la recolección de datos

Nuestra medida de recolección de datos será utilizando la base de datos Académicas de la Universidad Ricardo Palma y de otras investigaciones para las cuales se analizará los resultados obtenidos de estas, lo que nos dará el aporte para el desarrollo de este trabajo de investigación.

1.6.4 Obstáculos en la investigación

No se pudo realizar ensayos en los laboratorios para obtener resultados con las macrofibras sintéticas por la actual coyuntura que se está atravesando tanto en todo el país como a nivel global por la pandemia del covid-19, lo cual dificultó la recolección de los datos del laboratorio de tecnología del concreto.

1.7 Delimitación de la investigación

1.7.1 Delimitación geográfica

La investigación está delimitada con respecto a fuentes de estudios existentes de resultados de laboratorios de concreto.

1.7.2 Delimitación temporal

El proyecto de investigación se desarrolla en el mes de mayo del año 2021 hasta noviembre del 2021.

1.7.3 Delimitación temática

Campo: Desempeño de las macrofibras sintéticas en el concreto.

Área académica: Tecnología del concreto.

Línea de investigación: Diseño de mezclas.

Sub-línea de Investigación: Análisis de diseños.

1.7.4 Delimitación muestral

Definida la unidad, se procede a delimitar con información recolectada de artículos y proyectos de investigación que mantengan relación con el tema expuesto.

1.8 Alcance

Con este trabajo de investigación se pretende dar a conocer las dosificaciones óptimas para que las macrofibras aporten al concreto una mayor durabilidad y prevención al fisuramiento en el estado endurecido.

1.9 Viabilidad

1.9.1 Tiempo

El tiempo para finalizar la investigación es de 6 meses.

1.9.2 Espacio

Para el trabajo de investigación ambos nos encontramos en Lima, lo cual nos favoreció por la conectividad y el alcance de información.

1.9.3 Condiciones Económico

Para esta investigación no fue necesario el uso de equipos de laboratorio o de materiales para los ensayos, el costo para esta investigación se basa únicamente en el curso de titulación, el cual nos brinda el asesoramiento correspondiente.

1.9.4 Fuentes de información

Se recolectó información de artículos y trabajos de investigación.

1.9.5 Recolección de datos

Para la recolección de datos se tomó de la base de datos académicos de la Universidad Ricardo Palma.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico

Anteriormente ya en nuestro país se estuvo utilizando las fibras como refuerzo para la construcción con ladrillos de adobe, como se puede observar en viviendas al interior del país. En la década de los cincuenta se desarrollaron los primeros estudios con fibras de acero y fibras de vidrio, a partir de estos se empiezan a utilizar las fibras sintéticas en la década de los sesenta. Con el fin de difundir conocimiento sobre el uso de las fibras para el refuerzo en concretos, en el año 1965 se formó el comité ACI 544, en el que se proponen recomendaciones para el uso de las fibras y mejoras de la tecnología del concreto fibroreforzado.

Carhuapoma (2018), en los últimos tiempos, el uso de fibras como refuerzo del concreto ha tenido un progreso interesante en los diseños y elaboración de la mezcla, el rol fundamental de las fibras está ligado en disminuir la fisuración por asentamiento, disminuir la fisuración por contracción plástica, reducir la permeabilidad, aumentar en la resistencia a la abrasión y al impacto.

Las fibras sintéticas proporcionan un soporte interno a la estructura de concreto, disminuyen y previenen el fisuramiento en la etapa de endurecimiento, que es por lo general donde se presentan comúnmente las fisuras.

2.2 Investigaciones relacionadas con el tema

2.2.1 Antecedentes internacionales

Amaya y Ramírez (2019), indicó que el concreto con dosificaciones con fibras se utilizan en el sector de la construcción como otro tipo de concreto, en el cual se emplean fibras de acero (según norma NSR-10), además también de distintos materiales, entre ellas fibras de vidrio, fibras sintéticas o fibras naturales. La trascendencia que tienen los concretos reforzados con fibras, en este caso macrofibras, es que previenen el fisuramiento del concreto en estado endurecido y a disminuir el ancho de la fisura si esta se presenta; además las fibras ayudan al concreto a mejorar su tenacidad, en pocas palabras el concreto reforzado con fibras puede seguir soportando cargas aun después que este tenga fisuramiento.

Zamorano (2018), tuvo como objetivo demostrar que las adiciones de macrofibras de polipropileno para hormigón pueden reemplazar a la malla electro-soldada, enfocada en pavimentos industriales. Para esto se realizará un análisis comparativo a nivel técnico-económico de ambos componentes de refuerzo para hormigones de pavimentos industriales. Mostrando las diferencias entre dos componentes de refuerzo del hormigón.

Elorza (2015), indicó sobre la adición de fibras de polipropileno que ha resultado eficiente para el control de la fisuración de las muestras expuestas a condiciones de alta evaporación, en el período de inicio del curado. Con respecto al desempeño de este tipo de concreto frente a la penetración de agua y sales solubles, que intervienen en la durabilidad de la estructura, no cuenta con información específica, particularmente en cuanto a su resistencia a la penetración de iones cloruro.

Torres (2017), detalló que el concreto, al igual que otros materiales de construcción, se expande y contrae con los cambios de temperatura y humedad, y se deforma dependiendo de la carga y de las condiciones de apoyo. En condiciones fisuradas los concretos pierden significativamente su capacidad resistente debido a que ya no está presente el monolitismo y la continuidad de su masa para poder disipar energía o cargas, lo cual está ligado a una limitación de la estructura que originalmente estaba diseñada para cierta carga de servicio y que ya no es posible soportar en un 100% debido a esta falla. Actualmente existe la forma de devolver en un gran porcentaje esa capacidad de carga a los concretos fisurados mediante el uso de macrofibras sintéticas estructurales, adicionadas en un porcentaje o dosificación en volumen, ya que hacen un puenteo o transferencia de carga en miles de puntos a lo largo de la fisuración presentada y esta asume los esfuerzos hasta el límite final del material que lo compone.

Sanes (2017), realizó un estudio profundo teórico, práctico y estadístico del comportamiento de los materiales y en cómo estos influyen en la resistencia final del concreto, así como, los efectos obtenidos al realizar adiciones de microsílíce y polipropileno en las mezclas del mismo y la variación de

resistencia final obtenida con ellas. Para garantizar la validez de los resultados este trabajo se realizó usando una metodología mixta, es decir, se recopiló información preliminar necesaria para la producción de las muestras, así como los diseños de mezcla, propiedades de materiales y planteamiento del modelo experimental. Luego, se llevó a cabo la producción de las muestras y el experimento planteado y demás ensayos necesarios para obtener los resultados y proceder al análisis de los mismos.

2.2.2 Antecedentes nacionales

Rojas (2017), realizó un ensayo en el laboratorio donde se comparó la tenacidad del concreto patrón y el concreto con la inclusión fibras se obtuvo una variación en la energía que se representa bajo la curva de resistencia de la tenacidad donde a mayor porcentaje de macro fibra en el concreto es mayor es resistente a la tenacidad.

Dolores (2019), comprobó la tenacidad de una muestra de concreto con la inclusión de fibra macro sintéticas con adicciones de fibra entre 5 kg/cm^3 , 7 kg/cm^3 con un curado a los 7 días se obtuvo un aumento de tenacidad del 35.86%.

Carhuapoma (2018), presentó ensayos de muestras de concreto utilizando material de cantera Cochamarca – Pasco para verificar la resistencia a compresión donde los resultados tiene un incremento de variación como también disminución se ve en las diferentes etapas de curados de 7, 14 y 28 días.

Ruiz (2019), evaluó las fibras sintéticas usadas en el concreto para el funcionamiento en pavimento rígido por lo que se evaluó tres tipos de fibras estructurales que son la reciclada, virgen y yute. La idea principal para esta investigación es examinar tres aditivos empleados en el concreto hidráulico de un pavimento y determinar su resistencia residual para el ensayo de flexión; este estudio conoció las propiedades por medio de una carga estimada; con una dosis de 8 kg/m^3 de aditivo.

Armas (2016), estudió los efectos del uso de fibra de polipropileno en las propiedades mecánicas y plásticas del concreto hidráulico, con el objetivo de disminuir la previsible fisuración en el concreto, por autógena, plástica, contracción, carbonatación, térmica, etc. Se aplicó el método analítico, mediante la observación y el análisis realizado a los datos obtenidos en la experimentación en laboratorio permitió reconocer los efectos que produce la fibra de polipropileno en las propiedades plásticas (asentamiento, peso unitario, temperatura, contenido de aire y fisuración) y mecánicas (flexión y compresión) del concreto simple.

2.2.3 Artículos relaciones con el tema

Yehia et al. (2019), indicaron como el uso de materiales cementantes suplementarios (SCM) y/o fibras cambian la interacción entre los componentes del concreto a un micro nivel, lo que podría mejorar la durabilidad. En el artículo, se evaluaron las propiedades mecánicas y los aspectos de durabilidad del hormigón ligero, autocompactante, de alta resistencia y reforzado con fibra. Las muestras de hormigón se expusieron a ciclos de mojado y secado durante 1 año en agua salada para simular el ataque de cloruro presente en los Emiratos Árabes Unidos y luego se compararon con las muestras de control.

Bahmani et al. (2020), investigaron los efectos de diferentes fibras sintéticas y minerales, y polvo de piedra caliza sobre las propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibras de ultra alto rendimiento (UHPFRC). Las pruebas revelaron que las mezclas que contienen fibras sintéticas registraron considerables resistencias a la compresión y flexión cerca de las mezclas reforzadas con fibras de acero.

Shafei et al. (2021), indicaron sobre los de diferentes tipos de fibra considerados para aplicaciones de hormigón reforzado con fibra (FRC) con un enfoque en sus capacidades, limitaciones, usos comunes, y avances más recientes. Investigaron en primer lugar las principales propiedades de las fibras que influyen en las características de los composites cementosos en estado fresco y endurecido. Luego, el estudio se extiende a la estabilidad de

las fibras identificadas en ambientes alcalinos y cómo se unen con matrices cementosas. También se exploran los efectos del tipo de fibra sobre la trabajabilidad, las propiedades mecánicas previas y posteriores al pico, la contracción y la resistencia a temperaturas extremas del FRC.

Oliari et al. (2019), informaron sobre el uso de hormigón autocompactante de alta resistencia reforzado con fibra parece ser una solución viable para la industria del hormigón prefabricado, ya que el hormigón se puede entregar directamente en los moldes, sin vibraciones ni esfuerzos de compactación, mejorando la calidad y durabilidad de las estructuras. Mientras se asocia el comportamiento de ablandamiento por deformación con la apertura de grietas, es posible que el FRC de acero y el FRC sintético no muestran la misma respuesta. Dado que las fibras contribuyen a la etapa posterior al agrietamiento, generalmente se usa la ley constitutiva basada en la mecánica de la fractura (relación tensión-apertura de la fisura) en lugar del modelo continuo basado en la mecánica (relación tensión-deformación).

Huang et al. (2020), presentaron los resultados experimentales de la prueba de módulo elástico de FRC con diferentes fibras, los contenidos indican que el módulo de elasticidad se ve afectado positivamente por las fibras de polipropileno o acero y aumenta con el incremento del contenido de fibra. Finalmente, las curvas experimentales de tensión-deformación obtenidas en la prueba del sistema servo electrohidráulico MTS se ajustan mediante un modelo constitutivo dinámico de daños de FRC. El buen ajuste con los resultados experimentales demuestra que el modelo podría ser apropiado para describir las propiedades mecánicas dinámicas de FRC.

2.3 Estructura teórica y científicas que sustenta el estudio

2.3.1 Macrofibra sintética

Rojas (2017), indicó que las fibras sintéticas estructurales o macrofibras son elementos que se añaden a la mezcla del hormigón para mejorar la durabilidad y las propiedades mecánicas del mismo. Esto se consigue debido al hecho de que son elaboradas a partir de materiales sintéticos que

pueden resistir la alcalinidad del hormigón y las condiciones desfavorables del ambiente.

Aporte resistente de las macrofibras para el concreto

Torres (2017), la transmisión de los esfuerzos de la matriz a la fibra se realiza a través de los esfuerzos tangenciales unitarios de adherencia (τ) como se observa en la Figura 1, las tensiones normales crecen en la medida que aumenta la longitud de la fibra desde cero hasta el valor en que se rompe (σ_{fr}), al ser muy superiores los esfuerzos normales (σ_m) a las posibilidades de resistir a partir de los esfuerzos tangenciales unitarios

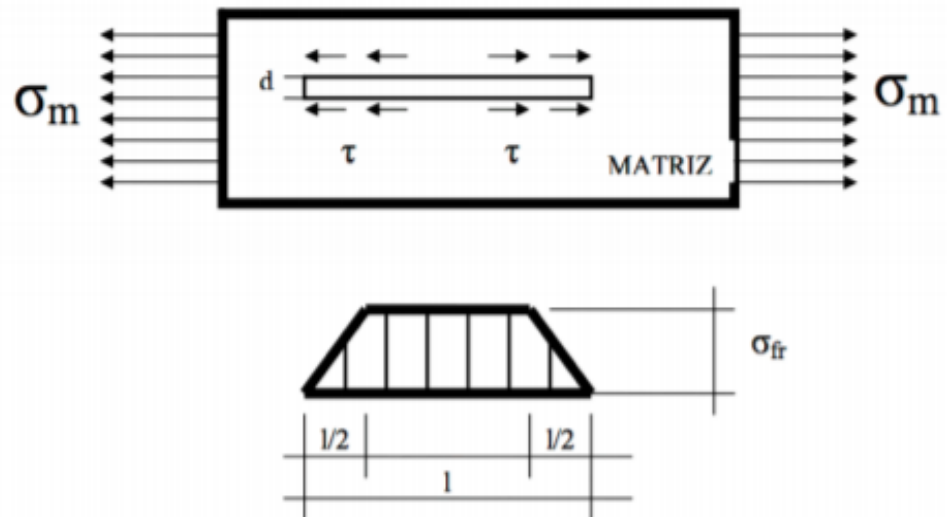


Figura 1: Representación de esfuerzos actuantes entre fibra y concreto.

Fuente: Torres (2017)

Carhuapoma (2018), indica que al añadir al concreto las fibras, estas se esparcen adecuadamente por todo el volumen de éste. Esto concede a dicha matriz un armado en tres direcciones en el que las fibras amarran las fisuras del concreto creando un “puente” entre los agregados gruesos, controlando así una formación de las fisuras, y que llevan al concreto a un comportamiento dúctil después de la fisuración inicial. La adición de estas fibras no condiciona la naturaleza de los componentes del concreto por lo que éstos deben ser los adecuados para que el concreto alcance y mantenga las características requeridas. El buen efecto de las fibras está enlazado con

la capacidad de dispersión, frecuencia de fibra y finura de ésta misma. Es evidente que, en función de la dosificación, de las longitudes de fibra y de las propiedades de las mismas se concede al concreto propiedades diferentes, de esta manera se nota más el aumento de unas propiedades sobre otras, con respecto de los distintos usos y aplicaciones del concreto con dosificaciones de las fibras.

Uso de la macrofibra

Rojas (2017), menciona sobre el uso de la macrofibra, debido a sus propiedades mecánicas es recomendada para ser usada en las siguientes aplicaciones:

- Pisos industriales y bodegas.
- Losas comerciales y residenciales de alta calidad.
- Cubiertas y revestimientos de concreto.
- Reemplazo de malla de alambre electrosoldada y fibra metálica. Como refuerzo en concreto lanzado, para taludes, túneles, minería, etc.

Beneficios de la macrofibra

Rojas (2017), se menciona que:

- Resistencias equivalentes a las obtenidas con la malla de acero electrosoldada y varilla de refuerzo determinados por los cálculos de ingeniería.
- Controla y mitiga, el agrietamiento por contracción plástica, también reduce la segregación y sangrado.
- Proporciona refuerzo tridimensional contra micro y macro-agrietamiento.
- En aplicaciones de concreto lanzado, reduce el desgaste del equipo y el rebote de fibra e incrementa el espesor de recubrimiento comparado con la fibra de acero.
- Incrementa la durabilidad, la resistencia a la fatiga y tenacidad a la flexión.

- Reducción de costos en comparación con la malla de acero electrosoldada, control de agrietamiento por contracción.
- Se agregan fácilmente a la mezcla de concreto en cualquier momento, antes de la colocación.
- Ensayadas de acuerdo con las normas ASTM C 1399, C 1550, C 1609 y C 1018.

Ventajas:

- Reduce contracción plástica por secado diferido.
- Provee un reforzamiento multidimensional.
- Mejora la resistencia a flexión.
- Mejora la resistencia al impacto, fatiga y abrasión del concreto.
- Incrementa la durabilidad y dureza del concreto.
- Es un verdadero reemplazo de la malla de alambre soldado, del refuerzo metálico de calibre delgado y de la fibra metálica.

Dosificaciones

Rojas (2017), indica que la recomendación estándar, va de 0.890 kg a 4.45 kg por metro cúbico de concreto, o bien según se requiera en la especificación del diseño de mezcla. Para lograr la equivalencia de 0.1% de volumen de concreto debe ser usada una dosis mínima recomendada de 1.8 kg por metro cúbico.

2.3.2 Materiales

Llanos (2014), el concreto está compuesto principalmente de tres materiales como es el cemento, agregados y agua, en algunos casos para mejorar sus propiedades y con respecto a las condiciones en las que se encuentra se le incorporan los aditivos.

Según la NTE E.060 explica que, el muestreo y los ensayos de materiales del concreto debe hacerse de acuerdo con las Normas Técnicas Peruanas – NTP correspondientes.

Las principales normas de requisito para el cemento son:

- NTP 334.009 2013.
- NTP 334.090 2013.
- NTP 334.082 2011.
- NTP 334.156 2011.

Para el caso de agregados es:

- NTP 400.012.2001.

Para el caso del agua es:

- NTP 339.088.2014.

Cementos

Rojas (2017), afirma que el cemento pórtland es un cemento hidráulico que es derivado del proceso de la pulverización del clinker, que es una mezcla esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como dosificación durante la molienda. Al combinarlo con agua se transforma en una masa (pasta) muy plástica y moldeable, después de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad.

Agregados

Rojas (2017), indica que los agregados gruesos y finos ocupan usualmente de 60% a 75% del volumen total del concreto (70% a 85% en peso), y afecta considerablemente en las propiedades del concreto fresco y endurecido, en las cantidades de la mezcla, y en la economía.

Guillén y Llerena (2020), las características principales de los agregados que influyen en las propiedades del concreto son forma y textura, absorción, gradación, resistencia, mineralogía y módulo de elasticidad, tamaño máximo, gravedad específica, resistencia al ataque de sulfatos y dureza.

Agua

Rojas (2017), el agua usada en la elaboración y curado del concreto, debe ser potable. Está prohibido el uso de aguas ácidas; aguas que provienen de

relaves o minas, aguas que contengan residuos industriales o minerales, descargas de desagües.

Aditivos

Rojas K. (2017), se define a un aditivo como un material distinto del agua, del agregado, o el cemento, el cual es utilizado como un componente del concreto y que se añade a este antes o durante el mezclado a fin de modificar una o algunas de sus propiedades. Se usan aditivos para procesos tales como acelerar o retardar el fraguado, y el endurecimiento inicial; reducir los requisitos de agua de la mezcla; mejorar la trabajabilidad; incrementar la resistencia; o modificar otras propiedades del concreto.

2.3.3 Propiedades del concreto

El concreto al igual que cualquier otro material posee ciertas propiedades que están determinadas por la calidad y estado de los materiales. Analizaremos entonces las propiedades más importantes del concreto:

Propiedades físicas del concreto.

Trabajabilidad

Sanes (2017), Es la simplicidad con la cual pueden combinarse los materiales que conforman la mezcla de concreto, además corresponde también a la manejabilidad que posee la misma, para transportarse y colocarse sin perder o teniendo poca pérdida de homogeneidad.

Carhuapoma (2018), el método común de medir la trabajabilidad ha sido durante varios años el asentamiento o “Slump” con el cono de abrams, ya que admite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, no obstante, debe tener en cuenta que es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad. De acuerdo a la consistencia del concreto se clasifican en seca, plástica, blanda, fluida y líquida. En la Tabla 1 se indican los tipos de estados de consistencia del concreto en función del asentamiento que se obtiene a través del cono de Abrams.

Tabla 1 Consistencia del concreto en función del asentamiento.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
Seca (S)	0 a 2 cm
Plástica (P)	3 a 5 cm
Blanda (B)	6 a 9 cm
Fluida (F)	10 a 15 cm
Líquida (L)	>16 cm

Fuente: Carhuapoma (2018)

Movilidad - Segregación

Carhuapoma (2018) afirma: Es la simplicidad del concreto a ser transportado en la que se emplea un trabajo externo para su desplazamiento. Se analizan con respecto de la cohesión, viscosidad y resistencia interna al corte. La viscosidad viene dada por la fricción entre las capas de la pasta de cemento, la cohesión es la fuerza de adherencia entre los agregados y la pasta de cemento, y la resistencia interna al corte la provee la aptitud de las partículas de agregados a desplazarse y rotar dentro de este conglomerado.

Exudación – Contracción

Carhuapoma (2018), es la propiedad por la cual un porcentaje del agua de mezcla se desglosa de la masa y se eleva hacia la superficie del concreto, Es un caso común de sedimentación en que los sólidos se asientan internamente en la masa plástica. El fenómeno está regido por las leyes físicas del flujo de un líquido en un sistema capilar, antes que el efecto de la diferencia de densidades y la viscosidad. Este proceso ocurre siempre en el concreto, ya que es una propiedad propia a la estructura, por lo que es importante analizar y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener.

Propiedades mecánicas del concreto.

Cambios volumétricos en el concreto

Armas (2016), el concreto cambia levemente su volumen por distintas razones, y comprender la naturaleza de estos cambios es útil para planificar o analizar las estructuras de concreto. Si el hormigón no presentará cualquier restricción para deformarse, los cambios normales de volumen tendrían pocas consecuencias, pero dado que el hormigón utilizado a menudo está limitado por los cimientos (cimentación y fundación), subrasantes, refuerzo

o elementos conectados, se pueden desarrollar esfuerzos significantes. Esto es principalmente cierto para los esfuerzos de tracción (tensión). Las fisuras (grietas) se producen porque el hormigón es relativamente débil a esfuerzos a la tracción, pero caso contrario con los esfuerzos a la compresión (Ver Figura 2). El control de las variables que afectan los cambios de volumen puede minimizar los esfuerzos elevados y las grietas. La anchura tolerable de las grietas debe tenerse en cuenta en el diseño estructural. El cambio de volumen se define simplemente como un aumento o una disminución del volumen.

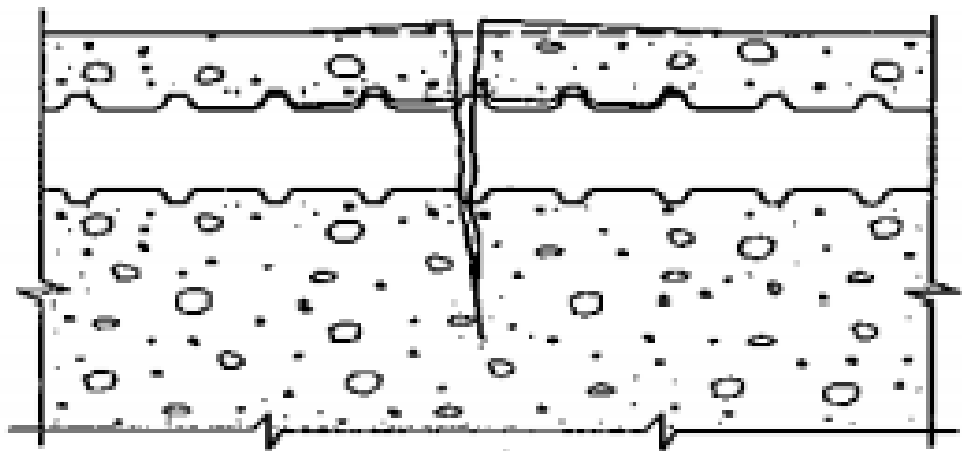


Figura 2: Fisura y rotura de adherencia.

Fuente: Armas (2016)

Durabilidad

Sanes (2017), es la capacidad que posee el hormigón de resistir los embates ambientales, productos químicos y desgastes a los que estará expuesto a través del tiempo de servicio del mismo.

Resistencia

Sanes (2017), es la capacidad que posee el hormigón de soportar esfuerzos, es determinada por la resistencia final de una probeta a compresión, como el concreto tiende a incrementar su resistencia al pasar el tiempo. Esta propiedad es medida usualmente a los 28 días de fundida la mezcla. La resistencia física es la propiedad más importante del concreto, en general los concretos resistentes son más densos, menos permeables, poseen mejor

resistencia a la exposición ambiental y los agentes destructivos, aunque si el concreto es demasiado resistente se puede generar cierta tendencia al agrietamiento. El concreto por si solo es capaz de soportar grandes esfuerzos a compresión, pero presenta muy poca resistencia a los esfuerzos a tracción.

Resistencia a la compresión ($F'c$)

Sanes (2017), la resistencia a la compresión se puede indicar como la máxima resistencia medida en una muestra de concreto a carga axial, usualmente es medida en kg/cm^2 a los 28 días de edad del espécimen y puede variar de acuerdo a las especificaciones, de acuerdo a la resistencia el concreto puede clasificarse según la Tabla 2.

Carhuapoma (2018), la prueba universal para determinar la resistencia a la compresión es la de probetas cilíndricas fabricadas en moldes especiales de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura. Las normas NTC 550 y 673 son las normas que rigen la fabricación de cilindros y las pruebas de compresión, respectivamente.

Tabla 2 Clasificación del concreto según su resistencia

CLASIFICACIÓN DEL CONCRETO	RESISTENCIA (MPa)
Normal	14 – 42
Resistente	43 – 100
Ultra resistente	Mayor que 100

Fuente: Sanes (2017).

Resistencia a la tracción (tensión)

Carhuapoma (2018), la resistencia a tracción depende de las resistencias a la tensión propias de la pasta de cemento y los agregados, y de la adherencia producida entre estos materiales, los efectos relativos de estos factores pueden variar según los procesos utilizados para determinar la resistencia del hormigón a la tensión, que son básicamente tres y se presentan esquemáticamente.

Sanes (2017), el concreto presenta muy poca resistencia a la tracción y se ha estimado que esta está alrededor del 10% de la resistencia a la compresión del concreto.

Carhuapoma (2018), prueba de tracción directa: Por medio del ensayo de especímenes cilíndricos o prismáticos, sometidos a una fuerza de tracción axial (Ver Figura 3).

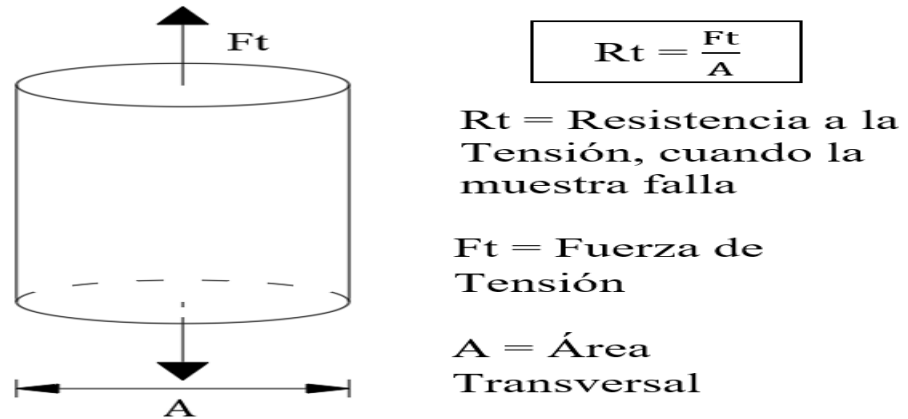


Figura 3: Prueba de tensión directa

Fuente: Elaboración propia.

Prueba de tracción indirecta: Carhuapoma (2018), mediante el ensayo de especímenes cilíndricos, sujetos a una carga de compresión diametral (Ver Figura 4).

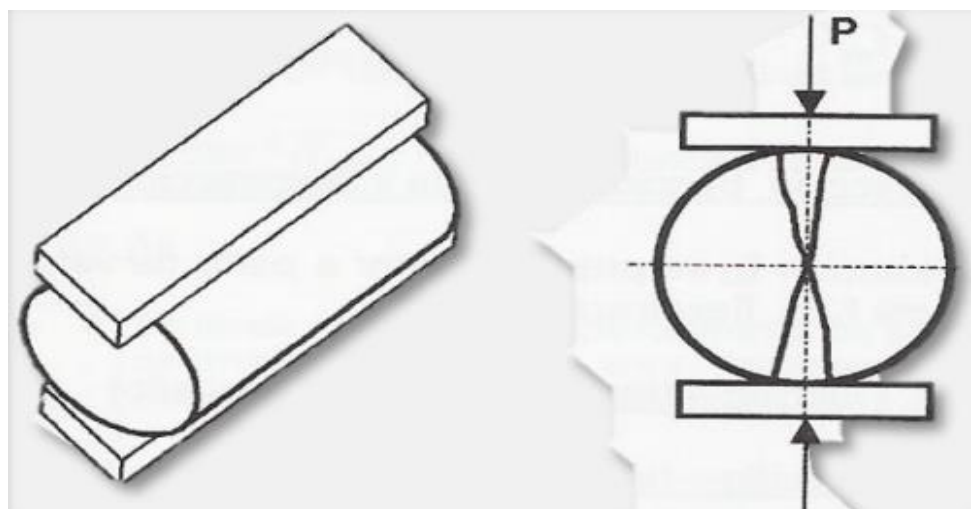


Figura 4: Prueba de tensión indirecta – esquema de rotura y fisuración.

Fuente: Carhuapoma (2018)

Prueba de tensión por flexión en especímenes prismáticos (vigas): Carhuapoma (2018), los cuales pueden ser ensayados opcionalmente con una carga en el centro del claro, o con dos cargas concentradas iguales aplicadas en los dos tercios del claro (Ver Figura 5).

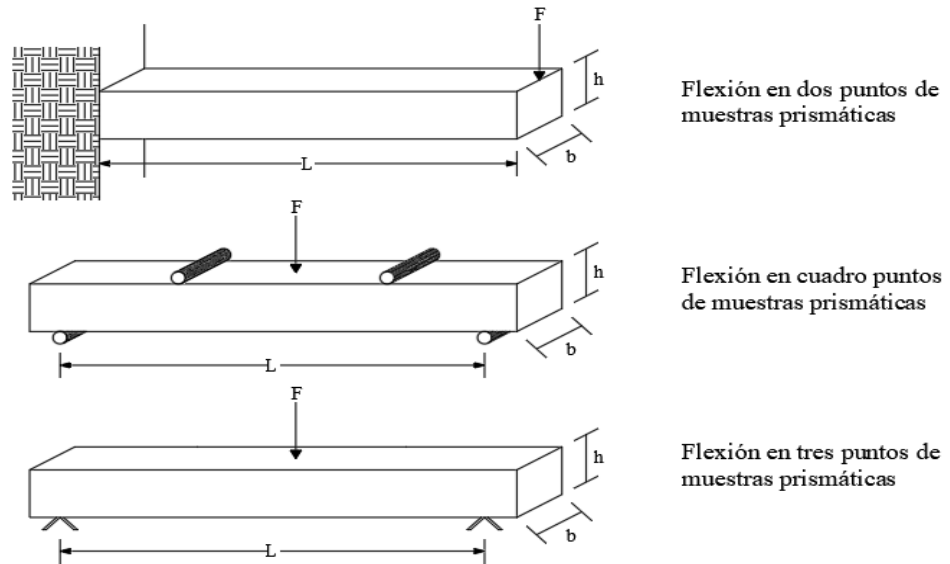


Figura 5: Prueba de tensión por flexión en especímenes prismáticos

Fuente: Elaboración propia.

Resistencia al cortante

Bernal de León (2014), la resistencia del hormigón al esfuerzo cortante, es una propiedad que no se puede determinar directamente, ya que, en una probeta sometida a esta condición de esfuerzo, se producen inevitablemente esfuerzos iguales de tensión en otro plano, lo que eventualmente hace que el hormigón se rompa debido a la fuerza de tracción, antes de que se pueda lograr el valor del esfuerzo cortante máximo que el hormigón puede soportar. Por lo tanto, la resistencia del concreto al cortante a menudo se determina indirectamente, deduciéndola del ensayo del testigo sometidos a condiciones de carga que producen esfuerzos combinados.

Tenacidad

López (2015), explica que la tenacidad es la energía que se deforma un material que sin embargo es capaz de lograr absorber un material en este caso el concreto antes de que este alcance la rotura, por diversas causas. La

prueba más simple que se recomienda es la de flexión, pues es importante recalcar que la cantidad de fibras, el tipo, esbeltez, refuerzan la matriz y esto se ve claramente en el aumento de la tenacidad. Por lo que se puede evidenciar que la tenacidad es una característica del concreto muy estudiada por nuestra carrera, ya que este se puede medir y verificar con diversas pruebas o ensayos de laboratorio, este depende del lugar y facilidades del investigador. Así mismo nos menciona que la tenacidad es la medida de la capacidad de absorción de energía de un material y es utilizada para caracterizar la aptitud para resistir fracturas cuando es sometido a esfuerzos estáticos o dinámicos de impacto.

2.4 Definición de términos básicos

Concreto: Amaya y Ramirez (2019), indica que es una mezcla de agregados finos y gruesos (grava y arena), agua y cemento que al mezclarse y solidificarse adquiere propiedades pétreas. Su mayor característica es la resistencia a la compresión, que varía dependiendo la mezcla.

Macrofibra sintéticas: Torres (2017), afirma que esta definida como un elemento tipo monofilamento o multifilamento de dimensiones cortas (Aproximadamente 2”) de material sintético de diámetros equivalentes entre (0.4 mm y 1.5 mm) de sección transversal circular, ovalada o rectangular, diseñadas especialmente para poder ser incorporadas al concreto en estado fluido o fresco mediante medios mecánicos o manuales y cuya distribución debe quedar de forma dispersa y discontinua en toda la masa del concreto en la pasta de mortero y entre los agregados.

Resistencia: Rojas (2017), indica que la resistencia está definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse.

Compresión: Amaya y Ramirez (2019), indican que es el esfuerzo máximo que puede soportar un determinado material ante una carga de aplastamiento. Cuando el material no se rompe por la acción de la carga, se define la resistencia a la compresión como la cantidad de esfuerzo para deformar el material.

Tracción: Sánchez (2001), explica que el concreto presenta muy poca resistencia a la tracción y se ha estimado que esta está alrededor del 10% de la resistencia a la compresión del concreto.

Ductilidad: Amaya y Ramírez (2019), indican que es la propiedad que presentan ciertos materiales, para deformarse sin llegar a romperse ante la acción de una fuerza aplicada.

Comportamiento mecánico: William (2007), define como la relación entre la fuerza aplicada y la respuesta del material (ósea, su deformación).

Concreto fibroreforzado: Rojas (2017), define que es una mezcla constituida a partir de cemento hidráulico, contenido agregados finos y gruesos y filamentos o fibras discretas discontinuas. Estructuralmente proporcionan una mayor energía de rotura, sustituyendo parcial o completamente los sistemas convencionales de armaduras de acero.

Tenacidad: Amaya y Ramirez (2019), indican que es la propiedad que tienen los materiales de soportar esfuerzos bruscos sin romperse o de resistirse a deformarse o romperse.

2.5 Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis

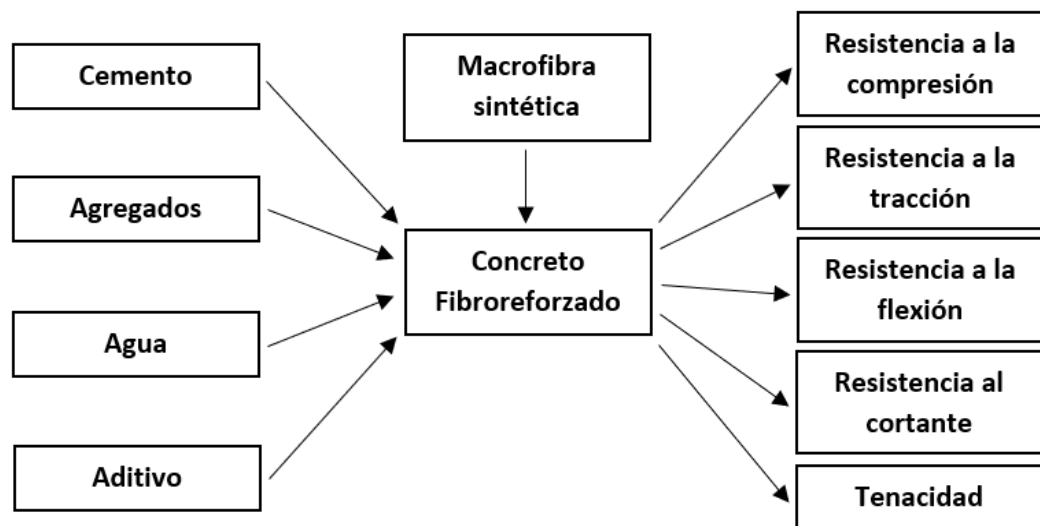


Figura 6: Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general

Al analizar el desempeño de la macrofibra sintética se mejora las propiedades mecánicas del concreto.

3.1.2 Hipótesis específicas

- a) Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a la compresión del concreto.
- b) Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a la tracción del concreto.
- c) Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a la flexión del concreto.
- d) Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia al cortante del concreto.
- e) Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la tenacidad del concreto.

3.2 Variables

3.2.1 Variables independientes

Macrofibra sintética.

3.2.2 Variables dependientes

Propiedades mecánicas del concreto.

3.3 Sistema de variables

3.3.1 Definición conceptual

- a) Macrofibra sintética.

Las macrofibras sintéticas son productos derivados del petróleo o nylon que está destinado en reducir las fisuras provocadas por las contracciones del fraguado y cargas.

b) Propiedades mecánicas del concreto.

Las propiedades mecánicas permiten al concreto a tener resistencia, adherencia, tenacidad.

3.3.2 Definición operacional

c) Macrofibra sintética.

Para el concreto con la implementación de Macrofibras Sintéticas, se evaluará considerando las características y su dosificación, los cuales serán medidos respectivamente con sus indicadores.

d) Propiedades mecánicas del concreto.

Se puede medir mediante ensayos de compresión, directa e indirecta a tracción y flexión donde se obtendrá datos para su análisis con normas nacionales e internacionales consultadas.

Tabla 3 Resumen operacionalización de la variable

Variable independiente		Variable dependiente	
Desempeño de la macrofibra sintética		Propiedades mecánicas del concreto	
Indicadores	Índices	Indicadores	Índices
		Tenacidad	Energía
			Compresión
			Tracción
			Flexión
			Cortante
Dosificaciones fibra sintética.	Dosificación	Resistencia	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 Operacionalización de variables

Tabla 4 Operacionalización de la variable

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Índices	Unidad de medida	Instrumento	Herramienta
Desempeño de la Macrofibra Sintética	Las macrofibras sintéticas son productos derivados del petróleo o nylon que está destinado en reducir las fisuras provocados por las contracciones del fraguado y cargas.	Para el concreto con la implementación de Macrofibras Sintéticas, se evaluará considerando las características y su dosificación, los cuales serán medidos respectivamente con sus indicadores.	Dosificaciones	Dosificación de macrofibra sintética	Dosificación	kg/cm ³	Formato del laboratorio	Norma técnica colombiana
Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Índices	Unidad de medida	Instrumento	Herramienta
Propiedades Mecánicas del Concreto	Las propiedades mecánicas permiten al concreto a tener resistencia, adherencia, tenacidad.	Se puede medir mediante ensayos de compresión, directa e indirecta a tracción y flexión donde se obtendrá datos para su análisis con normas nacionales e internacionales consultadas.	Endurecido	Tenacidad Resistencia	Energía Compresión Tracción Flexión Cortante	Joule kg/cm ² kg/cm ² kg/cm ² kg/cm ²	Formato del laboratorio	Norma Técnica peruano 339.034

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Método de investigación

La presente investigación es un estudio documental, bibliográfico y descriptivo. Es documental bibliográfico porque se apoya en un marco teórico-técnico a partir de artículos científicos, investigaciones que involucra las variables en estudio, especificaciones técnicas, entre otros; basado en distintas normas utilizadas por los especialistas e investigadores acerca del desempeño del concreto con macro fibras sintética en el estado fresco y/o endurecido, se obtiene información relevante y fidedigna. En el estudio efectuado por Asto y Quiroz (2021), Desempeño de la macrofibra sintética en la incorporación en el concreto para la mejora de sus propiedades mecánicas. El método fue deductivo, orientación aplicada, enfoque cuantitativo y como instrumentos de recolección de datos retrolectivos, de tipo de investigación descriptivo, correlacional y explicativo. Utilizaron un diseño prospectivo y es una investigación causal dado que estudia la relación entre la variable independiente Desempeño de la macrofibra sintética (causa) y variable dependiente propiedades del concreto (efecto). Su objetivo es conocer el efecto positivo o negativo que puede producir un cambio inesperado entre las variables.

En el estudio efectuado por Armas (2016), “Efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico “. El método fue deductivo, orientación aplicada, enfoque cuantitativo y como instrumentos de recolección de datos fue por medio observación, de tipo experimental. Utilizaron un diseño experimental, longitud, prospectivo y es una investigación causal dado que estudia la relación entre la variable independiente Fibra de Polipropileno (causa) y la variable dependiente estado plástico (efecto). Su objetivo es conocer el efecto positivo o negativo que puede producir un cambio inesperado entre las variables.

En el estudio efectuado por Dolores (2019), “Evaluación de fibras para el concreto hidráulico de un pavimento determinando su resistencia residual mediante el ensayo de flexión, Lima 2019”. El método fue deductivo, orientación aplicada, enfoque cuantitativo y como instrumentos de recolección de datos fue por medio observación sistemática, de tipo aplicada. Utilizaron un diseño transversal y es una

investigación causal dado que estudia la relación entre la variable independiente Implementación de macrofibras sintéticas (causa) y la variable dependiente la tenacidad del concreto en losas rígidas para uso de estacionamiento (efecto). Su objetivo es conocer el efecto positivo o negativo que puede producir un cambio inesperado entre las variables.

En el estudio efectuado por Ruiz (2019), “Implementación de macrofibras sintéticas para mejorar la tenacidad de losas rígidas de estacionamiento del proyecto multifamiliar Córdova, Miraflores, Lima, 2019”. El método fue deductivo, orientación aplicada, enfoque cuantitativo y como instrumentos de recolección de datos fue por medio observación sistemática, de tipo aplicada. Utilizaron un diseño experimental y es una investigación causal dado que estudia la relación entre la variable independiente Fibras para el concreto hidráulico (causa) y la variable dependiente Resistencia residual (efecto). Su objetivo es conocer el efecto positivo o negativo que puede producir un cambio inesperado entre las variables.

4.2 Tipo de investigación

Ruiz (2019), La investigación de tiene un carácter de tipo aplicada o activa, puesto que se está buscando comparar y mejorar las propiedades de un concreto hidráulico cuando esta falla incorporándole distintos tipos de fibras, dando solución a los problemas de agrietamientos por sobrecarga en las carreteras con este tipo de pavimento rígido. (p.31)

Dolores (2019), Para el actual proyecto de investigación, se consideró que esta investigación es aplicada, ya que este tiene como objetivo de estudio lograr mejorar la tenacidad del concreto en losas rígidas de estacionamiento. (p.21)

(Wilmer,2018), El tipo de investigación es cuantitativo, debido a que permite examinar los datos de manera numérica. (p.83)

La investigación es de tipo descriptivo, correlacional y explicativo dado que se describirá los principales problemas en las propiedades mecánicas del concreto como también explicar las causas y soluciones que se tendrá con la inclusión de la macrofibra sintética y analizar si se tendrá un efecto positivo o negativo.

4.3 Nivel de investigación

Ruiz (2019), indica que la investigación tiene un nivel de investigación explicativa; puesto que, se dará repuesta a la interrogante planteada, demostrando la situación de esta, del por qué ocurrió y cuanto fue su variación a comparación de las demás variables. (p.32)

Dolores (2019), comenta que este proyecto de investigación, fue considerado un nivel transversal explicativo, ya que está orientada a determinar a los fenómenos, logrando así generar un sentido de entendimiento, en este caso la implementación de macro-fibras sintéticas en dos dosificaciones para mejorar la tenacidad del concreto, para lo cual se hará los ensayos correspondientes en base a la realidad problemática. (p.21)

Wilmer (2018), indica que la investigación es experimental, debido a que las variables independientes influenciaron en las variables dependientes, ya que el resultado de este se dará en función de cuan estudiadas están. (p.83)

Nivel de esta investigación descriptivo donde se tendrá datos numéricos y gráficos de las investigaciones consultadas que están representadas en la bibliografía.

4.4 Diseño de investigación

Ruiz (2019), comenta que la investigación tiene un diseño experimental; puesto que, se pretende manipular la variable independiente y verificar el resultado generado en la variable dependiente. (p.31)

Dolores (2019), explica en cuanto al diseño, la investigación es cuasi-experimental, ya que el propósito de los estudios experimentales es poder probar la existencia de una relación entre dos o más variables en estudio en este caso vendría a ser la variable dependiente, con la independiente. (p.21)

Wilmer (2018), indica el diseño de la investigación post-prueba únicamente y grupos intactos. (p.83)

El diseño de investigación es retrospectivo donde se obtendrá información de investigaciones consultadas representadas en la bibliografía y tendrá un enfoque causal dado que se estudia la relación entre la variable independiente: desempeño de la macrofibra sintética (causa) y variable dependiente: propiedades mecánicas

del concreto (efecto). Su objetivo es conocer el efecto positivo o negativo que puede producir un cambio inesperado entre las variables.

4.5 Población y muestra

4.5.1 Población

Se tomó como referencia investigaciones pasadas para el análisis de sus resultados en los laboratorios de concreto.

- a) Rojas (2017), en la investigación se tomó como población probetas elaboradas en el laboratorio de tecnología de concreto de la UPN, basándose según Norma UNE-EN 14488-5.
- b) Dolores (2019), según el autor la población de estudio del proyecto de investigación se encuentra conformada por losas rígidas de estacionamiento.
- c) Carhuapoma (2018), la población considerada es el concreto de resistencias a la compresión de 210 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 , elaborados con agregados de la Cantera de Cochamarca.
- d) Ruiz (2019), la población se determinó por medio de las variables y dimensiones, las cuales sirvieron para poder determinar la muestra indicada y llevar a cabo el objetivo planteado en la investigación, dicho esto se puede indicar que la población de la tesis es “Vigas prismáticas de concreto hidráulico en el laboratorio de la UNI”.

4.5.2 Muestra

La muestra para esta investigación son de los ensayos que se realizó en las investigaciones que se usó de referencia.

1. Rojas (2017), la muestra usada en esta investigación fue de 08 probetas: 02 probetas con el diseño de mezcla de concreto y 06 probetas reforzadas con macrofibras. En las Tablas 5, 6, 7, 8 y 9 se especifica las cantidades de probetas de acuerdo a sus dosificaciones.

Tabla 5 Probetas de concreto patrón

Concreto Patrón	
N° de Ensayos	N° de Probetas
1	02

Fuente: Rojas (2017)

Tabla 6 Probetas de concreto + macrofibra (3 kg/m³)

Macrofibra (3 kg/m ³)	
N° de Ensayos	N° de Probetas
1	02

Fuente: Rojas (2017)

Tabla 7 Probetas de concreto + macrofibra (5 kg/m³)

Macrofibra (5 kg/m ³)	
N° de Ensayos	N° de Probetas
1	02

Fuente: Rojas (2017)

Tabla 8 Probetas de concreto + macrofibra (7 kg/m³)

Macrofibra (7 kg/m ³)	
N° de Ensayos	N° de Probetas
1	02

Fuente: Rojas (2017)

Tabla 9 Total de probetas para muestra/población

Tipo de Concreto	N° de Probetas
Concreto Patrón	02
Concreto + Macrofibra (3 kg/m ³)	02
Concreto + Macrofibra (3 kg/m ³)	02
Concreto + Macrofibra (3 kg/m ³)	02
Total de Probetas	08

Fuente: Rojas (2017)

2. Dolores (2019), la muestra vendría a ser losas rígidas de estacionamiento del proyecto multifamiliar Córdova, Miraflores, Lima (Ver Tablas 10, 11 y 12).

Tabla 10 Muestras para el ensayo a compresión

Grupos de Estudio		Tiempo de Curado			Nro. De Probetas
Descripción	Dosificación	7 días	14 días	8 días	
Concreto Patrón	0 kg/m ³	2 probetas cilíndricas	2 probetas cilíndricas	2 probetas cilíndricas	6
Macrofibras sintéticas	5 kg/m ³	2 probetas cilíndricas	2 probetas cilíndricas	2 probetas cilíndricas	6
	7 kg/m ³	2 probetas cilíndricas	2 probetas cilíndricas	2 probetas cilíndricas	6
CANTIDAD TOTAL DE PROBETAS CILÍNDRICAS					18

Fuente: Dolores (2019)

Tabla 11 Muestras para el ensayo a flexión.

Grupos de Estudio		Tiempo de Curado			Nro. De Probetas
Descripción	Dosificación	7 días	14 días	8 días	
Concreto Patrón	0 kg/m ³	2 probetas de viga	2 probetas de viga	2 probetas de viga	6
Macrofibras sintéticas	5 kg/m ³	2 probetas de viga	2 probetas de viga	2 probetas de viga	6
	7 kg/m ³	2 probetas de viga	2 probetas de viga	2 probetas de viga	6
CANTIDAD TOTAL DE PROBETAS CILÍNDRICAS					18

Fuente: Dolores (2019)

Tabla 12 Muestras para el ensayo de doble punzonamiento

Grupos de Estudio		Tiempo de Curado			Nro. De Probetas
Descripción	Dosificación	7 días	14 días	8 días	
Concreto Patrón	0 kg/m ³	3 probetas cilíndricas	2 probetas cilíndricas	2 probetas cilíndricas	6
Macrofibras sintéticas	5 kg/m ³	3 probetas cilíndricas	2 probetas cilíndricas	2 probetas cilíndricas	6
	7 kg/m ³	3 probetas cilíndricas	2 probetas cilíndricas	2 probetas cilíndricas	6
CANTIDAD TOTAL DE PROBETAS CILÍNDRICAS					18

Fuente: Dolores (2019)

3. Carhuapoma (2018), este estudio fue objeto de investigación de 2 diseños de mezclas con 4 diferentes adiciones de Fibras de Polipropileno. El Primer diseño de mezcla será para concreto de resistencia a la compresión de 280 kg/cm², a dicha mezcla se adicionará 2, 5 y 9 kg de Macro Fibra de Polipropileno por m³ de concreto, y de 600 gr de Micro Fibra de Polipropileno por m³, obteniendo un total de 15 probetas, las cuales se ensayarán a los 7 días, 14 días y 28 días.
4. Ruiz (2019), esta investigación se puede definir que el tipo de muestra es no probabilística, puesto que la en la tesis se empleó la misma

cantidad tanto en muestras como en muestreos que se efectuaron en la investigación, las cuales según su avance se verán reflejados para la determinación de los objetivos por medio de los ensayos que se realizarán. Dicho esto, se puede indicar que la muestra de la presente investigación será: doce (12) probetas de viga prismática de concreto hidráulico como se presenta en la Tabla 13.

Tabla 13 Cantidad de ensayos de cada fibra para el concreto hidráulico

FIBRAS	CURADO			N° DE VIGAS
	14 días	21 días	28 días	
Concreto patrón	1 viga (sin fibra)	1 viga (sin fibra)	1 viga (sin fibra)	3
Macrofibra sintética estructural virgen	1 viga (8kg/m ³)	1 viga (8kg/m ³)	1 viga (8kg/m ³)	3
Macrofibra Sintética estructural reciclada	1 viga (8kg/m ³)	1 viga (8kg/m ³)	1 viga (8kg/m ³)	3
Fibra de yute	1 viga (8kg/m ³)	1 viga (8kg/m ³)	1 viga (8kg/m ³)	3
CANTIDAD TOTAL DE VIGAS PARA ENSAYOS				12

Fuente: Ruiz (2019)

4.5.3 Unidad de análisis

Rojas (2017), la unidad de análisis son dos probetas, una probeta plana reforzada con macrofibra sintética y una probeta con el diseño de mezcla de concreto.

Ruiz (2019), el autor definió que la unidad de análisis (UA) de la investigación incluye las variables que han sido trabajadas a lo largo de la tesis. Dicho esto, la UA es: Concreto hidráulico.

4.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recopilación de datos, usó trabajos de investigación, libros y artículos para la obtener de información en la que consultaron sobre ensayos que se realizó en laboratorios para el desarrollo de esta tesis, dado por la coyuntura actual del covid-19 por lo cual esta investigación optó por este tipo de técnica.

4.7 Descripción de procedimiento y análisis

Con respecto al procedimiento de análisis se tuvo como referencia los diversos resultados de los ensayos de laboratorio de los autores que se consultó para esta tesis, para que se dé a conocer el aporte que genera el uso de la macrofibra para mejora de las propiedades del concreto.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1 Resultados de la investigación

En el análisis y comparación de resultados para el presente trabajo investigación, en la que se enfoca en el desempeño de las macrofibras sintéticas en las propiedades mecánicas del concreto, se recopiló resultados tanto de trabajos de investigación como artículos, para sustentar cada uno de los específicos detallados en esta tesis.

5.1.1 Objetivo 1: Analizando la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a la compresión del concreto.

Guerini et al. (2018)

- Tipo de macrofibra sintética: En este artículo hay dos tipos de fibras: fibras de polipropileno rizadas de 40 mm de largo (p1) y fibras de polipropileno gofradas de 54 mm de largo (p2).
- Contenido de la mezcla: Realizó la preparación de una mezcla de concreto, en la cual se empleó cemento portland tipo I, una relación agua/cemento para las mezclas C45 y C50, las cuales corresponden a 0.5 y 0.45 respectivamente, y adicionalmente las dosis de aditivo Superplastificante 0.05% y 0.11% (% del contenido de cemento).
- Método de ensayo: Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión en probetas de diámetro 150 mm y longitud 300 mm a los 28 días, según el método de prueba estándar para resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto (ASTM C39).
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 14 Ensayo de resistencia a la compresión con fibras de polipropileno rizadas y fibras de polipropileno gofradas.

Tipo de fibra	Muestras	Dosificación de la fibra (kg/m ³)	Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm ²)
Patrón	C45-PC	0.00	437
	C45-p1-0,5%	4.6	476
Polipropileno rizadas (p1)	C45-p1-1%	9.1	495
	C45-p2-0,5%	4.6	455
	C45-p2-1%	9.1	473
Patrón	C50-PC	0.00	510
	C50-p1-0,5%	4.6	561
Polipropileno rizadas (p2)	C50-p1-1%	9.1	561
	C50-p2-0,5%	4.6	508
	C50-p2-1%	9.1	493

Fuente: Elaboración propia

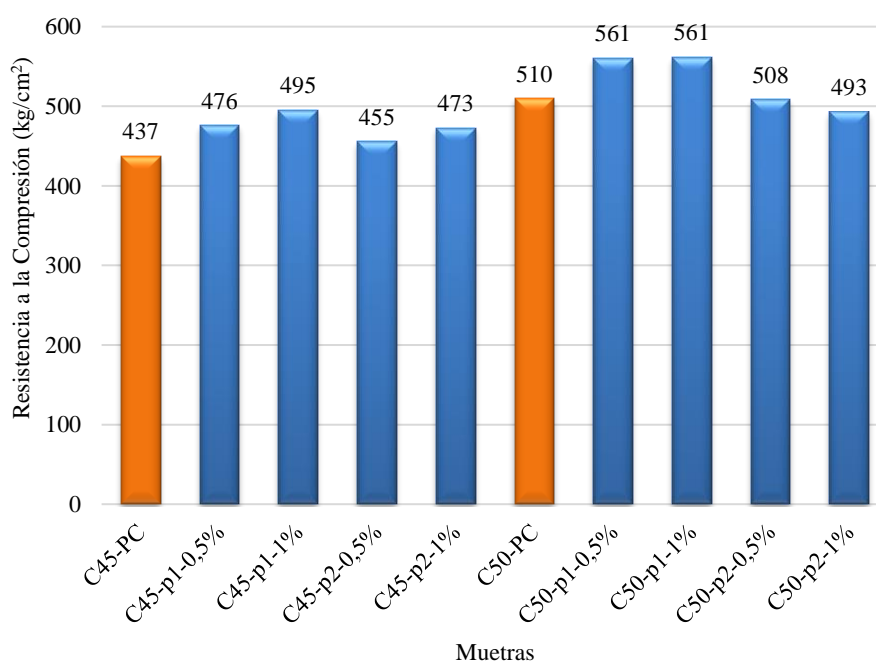


Figura 7: Resistencia a la compresión (kg/cm²) vs Muestras de fibra de polipropileno rizadas y fibras de polipropileno gofradas.

Fuente: Elaboración propia.

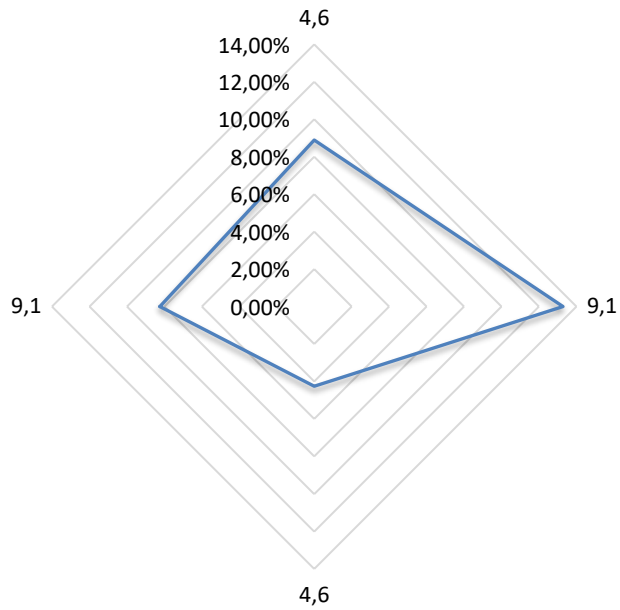


Figura 8: Variación porcentual de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón de la mezcla C45 con dosificaciones de fibras de polipropileno rizadas y fibras de polipropileno gofradas.

Fuente: Elaboración propia.

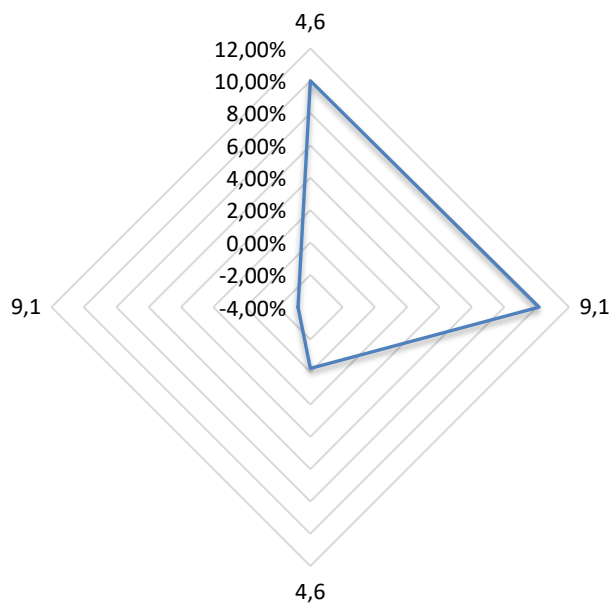


Figura 9: Variación porcentual de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón de la mezcla C50 con dosificaciones de fibras de polipropileno rizadas y fibras de polipropileno gofradas.

Fuente: Elaboración propia.

Fallah y Nematzadeh (2017)

- Tipo de macrofibra sintética: En este artículo usan fibras de macro poliméricas de 39 mm de largo.
- Contenido de la mezcla: Realizó la preparación de una mezcla de concreto, en la cual se empleó Cemento portland ordinario tipo 1, una relación agua/cemento de 0.31, y adicionalmente las dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato modificado.
- Método de ensayo: Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión en probetas cilíndricas de 100 mm x 200 mm a los 28 días, según el método de prueba estándar para resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de hormigón (ASTM C39).
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 15 Ensayo de resistencia a la compresión con fibras de macropoliméricas de 39 mm de largo.

Tipo de fibra	Muestras	Dosificación de la fibra (kg/m ³)	Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm ²)
Macro poliméricas	Simple	0.00	600
	MP0.25	2.275	648
	MP0.5	4.55	625
	MP0.75	6.825	619
	MP1.0	9.1	606
	MP1.25	11.375	575

Fuente: Elaboracion propia

Comentario: Las fibras poliméricas en el concreto se tiene un aumento en la resistencia a compresión, pero el exceo en las dosificaciones puede no ser muy beneficioso ya que disminuye la resistencia por esto se busca el óptimo para tener la mayor capacidad del concreto reforzado con fibra sintéticas.

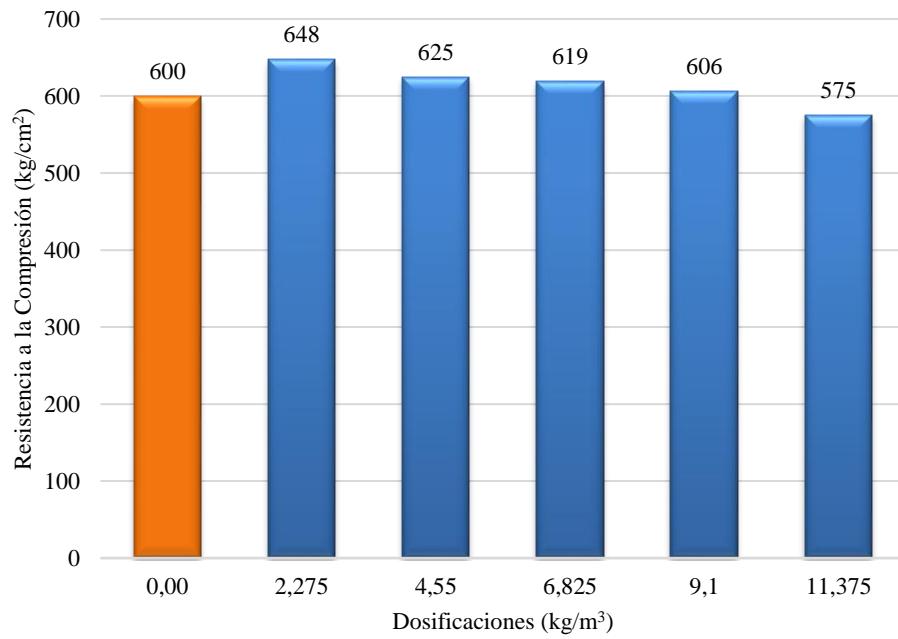


Figura 10: Resistencia a la compresión (kg/cm^2) vs Dosificación (kg/m^3) de fibras macropoliméricas.

Fuente: Elaboración propia.

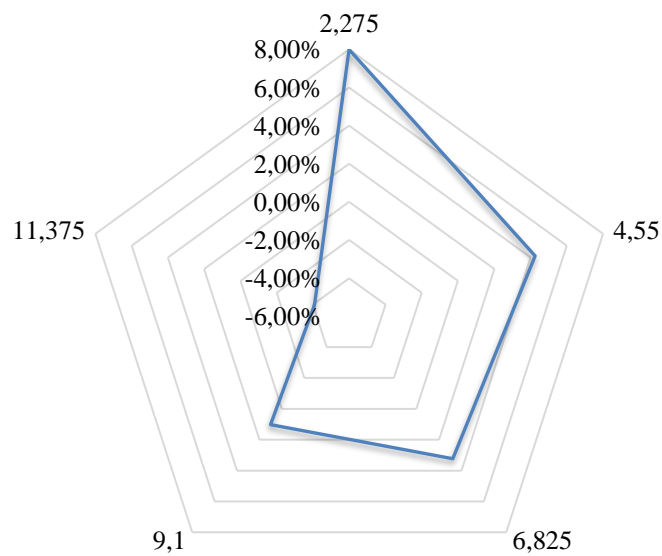


Figura 11: Variación porcentual de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras macropoliméricas.

Fuente: Elaboración propia.

Orouji et al. (2021)

- Tipo de macrofibra sintética: En este artículo usan fibras de polipropileno de 50 mm de largo.
- Contenido de la mezcla: Realizó la preparación de una mezcla de concreto, en la cual se empleó cemento tipo I, una relación agua/cemento de 0.28, y adicionalmente las dosis de aditivo superplastificante a base de policarboxilato.
- Método de ensayo: Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión en probetas de forma cúbica de 150 mm x 150 mm x 150 mm a los 28 días, según el método de ensayo de concreto endurecido, según método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de los morteros de cemento hidráulico (ASTM C109M- 20b).
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 16 Ensayo de resistencia a la compresión con fibras de polipropileno de 50 mm.

Tipo de fibra	Muestras	Dosificación de la fibra (kg/m ³)	Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm ²)
Polipropileno	CF0G0	0.00	418
	CF0.5G0	2.275	561
	CF0.75G0	4.55	581
	CF1G0	6.825	612
	CF1.5G0	9.1	635
	CF2G0	11.375	620

Fuente: Elaboración propia.

Comentario: Al tener una relación de agua y cemento muy bajo, se tuvo buenos resultados a la compresión, pero en un momento las fibras pudieron ser perjudicar en la resistencia del concreto por esto se buscó el óptimo donde tiene mayor resistencia.

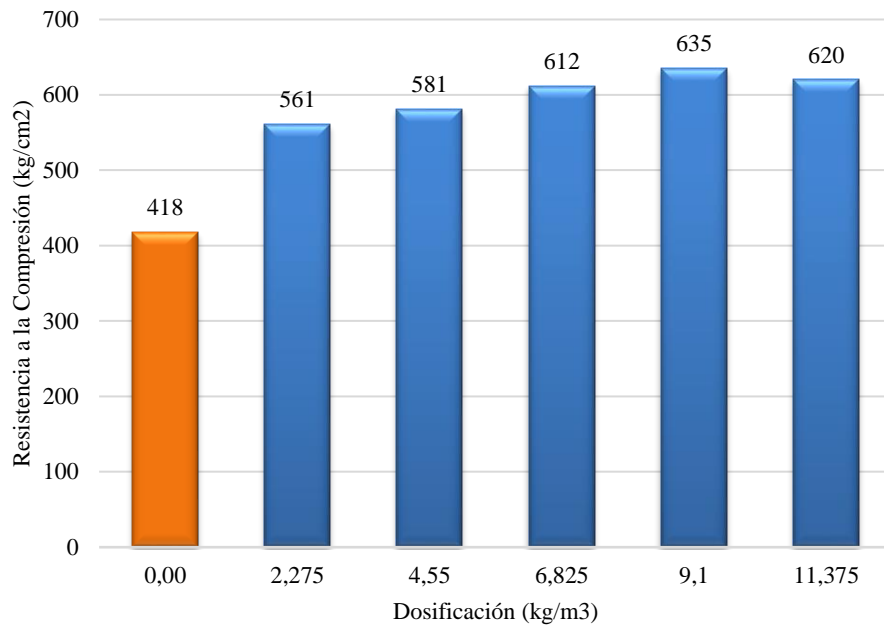


Figura 12: Resistencia a la compresión (kg/cm^2) vs dosificación (kg/m^3) de fibras de polipropileno de 50 mm.

Fuente: Elaboración propia.

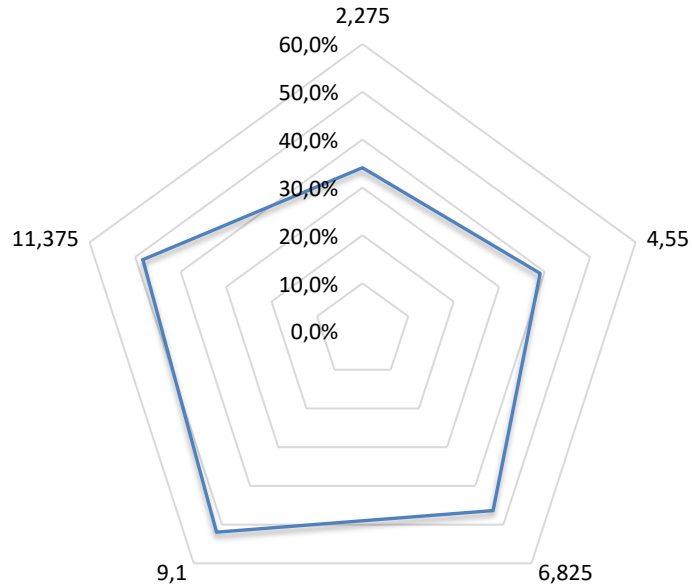


Figura 13: Variación porcentual de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras de polipropileno de 50 mm.

Fuente: Elaboración propia.

Sarath y Bala (2017)

- Tipo de macrofibra sintética: En este artículo usan fibras de polipropileno de 40 mm de largo.
- Contenido de la mezcla: Realizó la preparación de una mezcla de concreto, en la cual se empleó cemento Portland ordinario, una relación agua/cemento de 0.42.
- Método de ensayo: Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión en probetas de forma cúbica de 100 mm x 100 mm x 100 mm a los 28 días, según la Prueba de concreto endurecido, Parte 3: Resistencia a la compresión de las probetas. BSI, Londres, BS EN 12390-3, 5-9.
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 17 Ensayo de resistencia a la compresión con fibras de polipropileno de 40 mm.

Tipo de fibra	Muestras	Dosificación de la fibra (kg/m ³)	Resistencia a la Compresión a los 28 días (kg/cm ²)
Polipropileno	1	0	397
	2	3	413
	3	3.8	422
	4	4.6	424

Fuente: Elaboración propia

Comentario: El uso del polipropileno es muy constante en los polímeros por esto se trabaja en el concreto como refuerzo para ver el comportamiento por que se tuvo resultados de un aumento constante de la resistencia en el concreto también que el uso de una longitud más grande puede convertirse en un factor el aumento en las resistencias en el concreto.

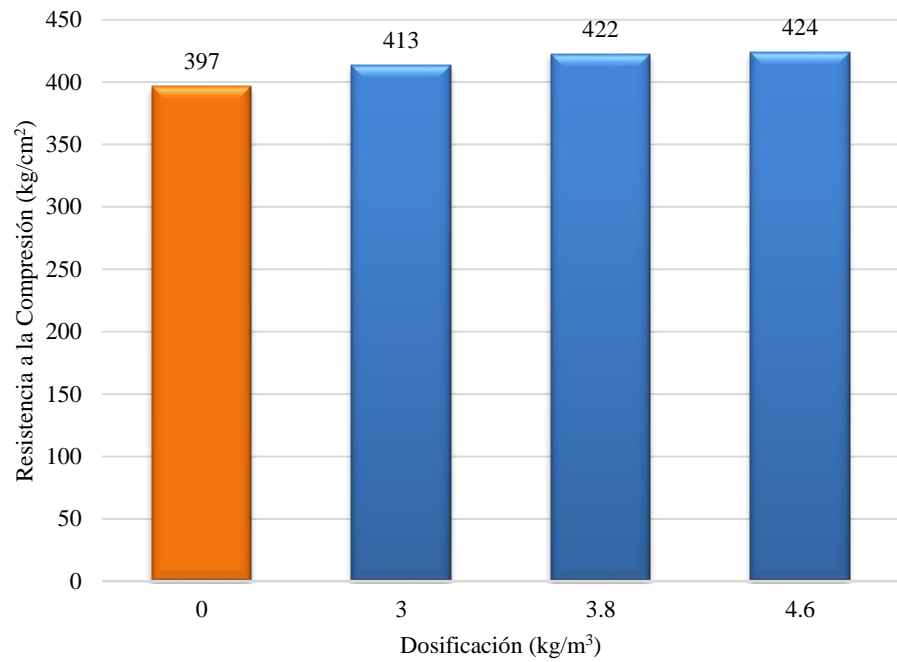


Figura 14: Resistencia a la Compresión (kg/cm²) vs Dosificación (kg/m³) de fibras de polipropileno de 40 mm.

Fuente: Elaboración propia.

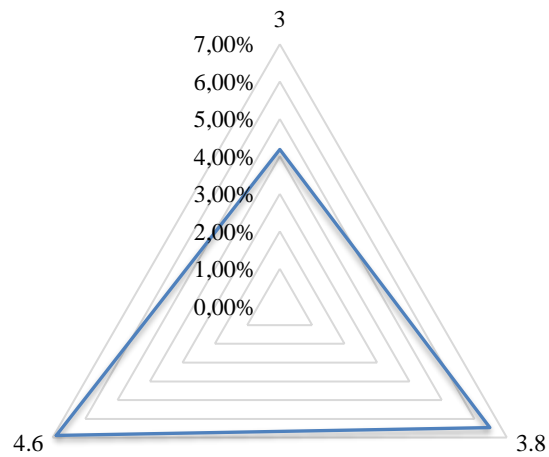


Figura 15: Variación porcentual de la resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras de polipropileno de 40 mm.

Fuente: Elaboración propia.

En los valores máximos de los esfuerzos a compresión de los diferentes artículos consultados, son recopilados para la realización de la discusión y análisis de los resultados.

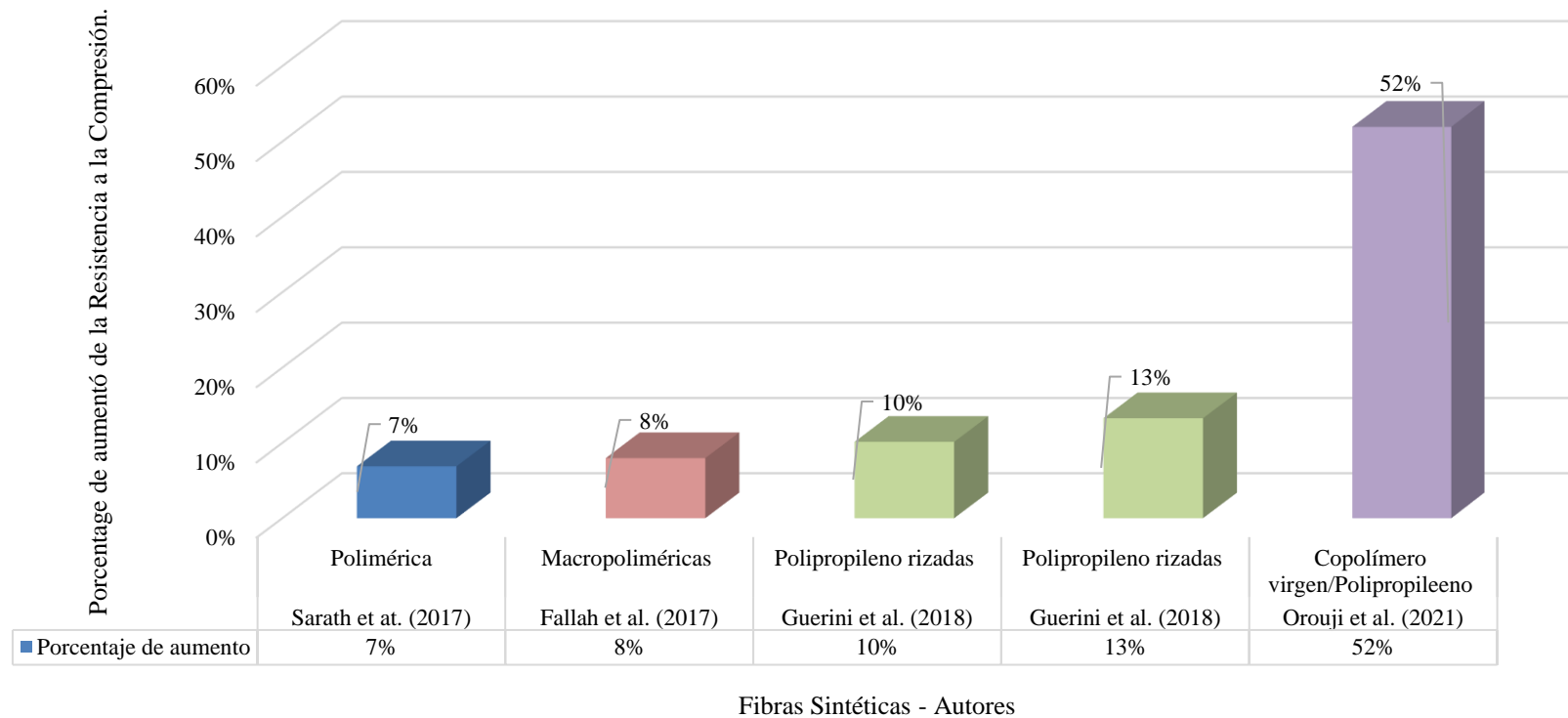


Figura 16: Porcentaje de aumento de la Resistencia a la compresión con respecto al concreto patrón utilizado en cada fuente bibliográfica consultada.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Objetivo 2: Analizando la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a la tracción del concreto.

Ook y Bodelon (2016)

- Tipo de macrofibra sintética: En este artículo se emplearon dos tipos de fibras: fibras sintéticas estirada (polipropileno y polietileno – Y1) y Fibras sintética texturizada (Polipropileno – Y2).
- Contenido de la mezcla: Realizó la preparación de una mezcla de concreto, en la cual se empleó cemento (dosificación de 400 kg/m³), una relación agua/cemento de 0.57, y adicionalmente las dosis de aditivo reductor de agua de policarboxilato de alto rango – HRWR (dosificación de 0.88 l/m³).
- Método de ensayo: Se realizaron ensayos de resistencia a la tracción por división en probetas de 100 mm x 200 mm a los 28 días, según el Método de prueba estándar para la determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral de especímenes cilíndricos de hormigón (ASTM C496).
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 18 Ensayo de resistencia a la tracción con fibras sintética estirado (Polipropileno y polietileno) y fibras sintéticas texturizada (Polipropileno).

Tipo de fibra	Muestras	Dosificación de la fibra (kg/m ³)	Resistencia a la tracción a los 28 días (kg/cm ²)
Patrón	Patrón	0.00	49
Polipropileno - Polietileno	Y1-L	3.69	61
	Y1-H	7.18	85
Polipropileno	Y2-L	4.55	55
	Y2-H	9.1	58

Fuente: Elaboración propia

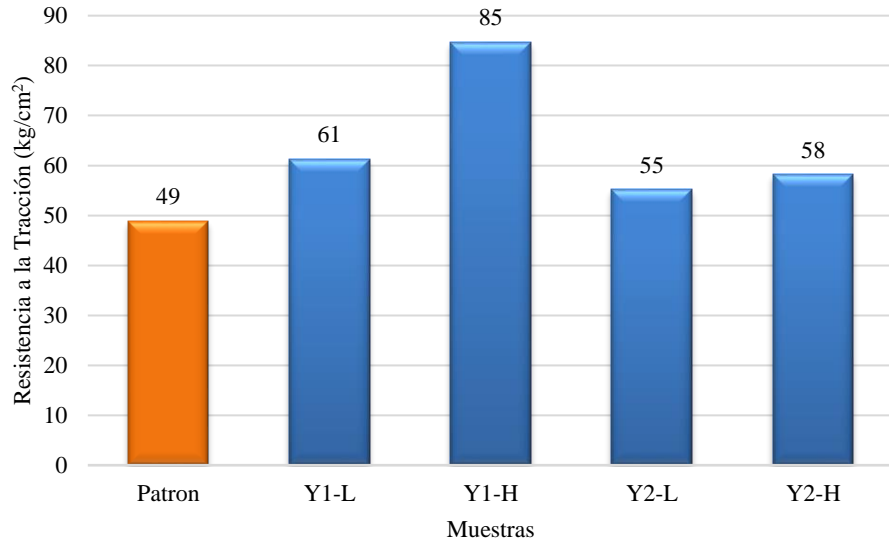


Figura 17: Resistencia a la tracción (kg/cm²) vs Dosificación (kg/m³) de fibras sintética estirado (polipropileno y polietileno) y fibras sintéticas texturizado (polipropileno).

Fuente: Elaboración propia.

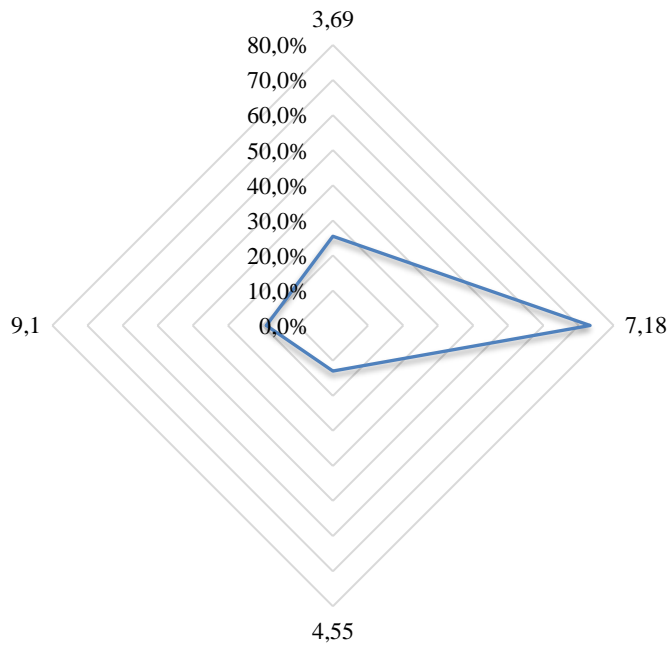


Figura 18: Variación porcentual de la resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras sintética estirado (polipropileno y polietileno) y fibras sintéticas texturizado (polipropileno).

Fuente: Elaboración propia.

Bolat y Şimşek (2015)

- Tipo de macrofibra sintética: En este artículo hay dos tipos de fibras: fibras de polyester (PY) y fibras de polipropileno (PP) de 30 mm de largo.
- Contenido de la mezcla: Realizó la preparación de una mezcla de concreto, en la cual se empleó cemento CEM I 42,5R con áridos triturados, una relación agua/cemento de 0.45, y adicionalmente las dosis de aditivo Superplastificante (dosificación de $4.93 \text{ dm}^3/\text{m}^3$).
- Método de ensayo: Se realizaron ensayos de resistencia a la tracción por división en probetas de 100 mm x 200 mm a los 28 días, según el Método de prueba estándar para Determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral de especímenes cilíndricos de hormigón (ASTM C496).
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 19 Ensayo de resistencia a la tracción con fibras de polyester (PY) y fibras de polipropileno (PP).

Tipo de fibra	Muestras	Dosificación de la fibra (kg/m^3)	Resistencia a la tracción a los 28 días (kg/cm^2)
Patrón	R1	0.00	34
Poliéster	PYFRC	5.78	35
Polipropileno	PPFRC	4.04	40

Fuente: Elaboración propia

Comentario: En la fibra sintética se usaron dos tipos de materiales que son las poliéster y polipropileno en la que se observa un aumento en su resistencia por lo que sería bueno.

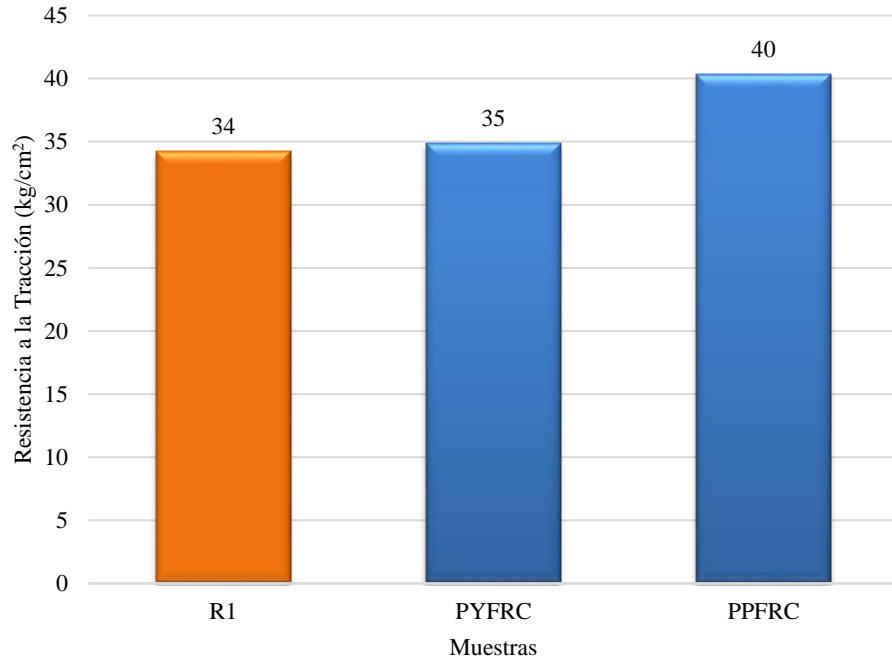


Figura 19: Resistencia a la tracción (kg/cm²) vs Muestras de fibras de polyester (PY) y fibras de polipropileno (PP).

Fuente: Elaboración propia.

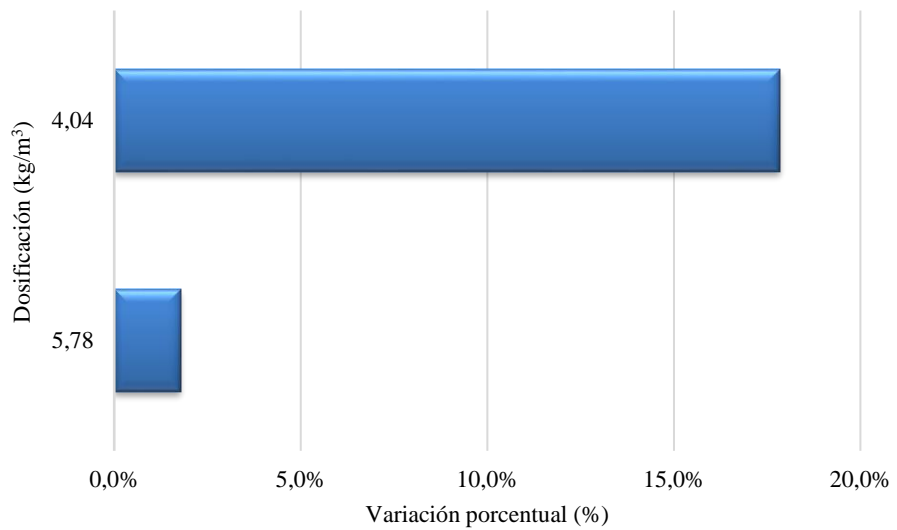


Figura 20: Variación porcentual de la Resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras de polyester (PY) y fibras de polipropileno (PP).

Fuente: Elaboración propia.

López (2015)

- Tipo de macrofibra sintética: En este artículo se habló de fibras de polipropileno de 53.1 mm de largo.
- Contenido de la mezcla: Realizó la preparación de una mezcla de concreto, en la cual se empleó cemento portland compuesto resistente a los sulfatos (CPC 40 RS), una relación agua/cemento de 0.5, adicionalmente se usó un aditivo superplastificante.
- Método de ensayo: Se realizaron ensayos de resistencia a la tracción indirecta en probetas de diámetro 150 mm x 300 mm a los 28 días, según el método de prueba estándar para determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral de especímenes cilíndricos de hormigón (ASTM C 496).
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 20 Ensayo de resistencia a la tracción con fibras de polipropileno de 53.1 mm.

Tipo de fibra	Muestras	Dosificación de la fibra (kg/m ³)	Resistencia a la tracción a los 28 días (kg/cm ²)
Polipropileno	M1	0	29
	M6	4.6	37
	M7	7	43
	M8	9.3	39

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Las fibras de polipropileno aumenta la resistencia a la tracción, pero el exceso indebido de dosis de esta puede ser muy contraproducente en los resultados por esto se busca un óptimo para ver hasta dónde puede llegar la dosis y el aumento porcentual con respecto al patrón del concreto en su resistencia

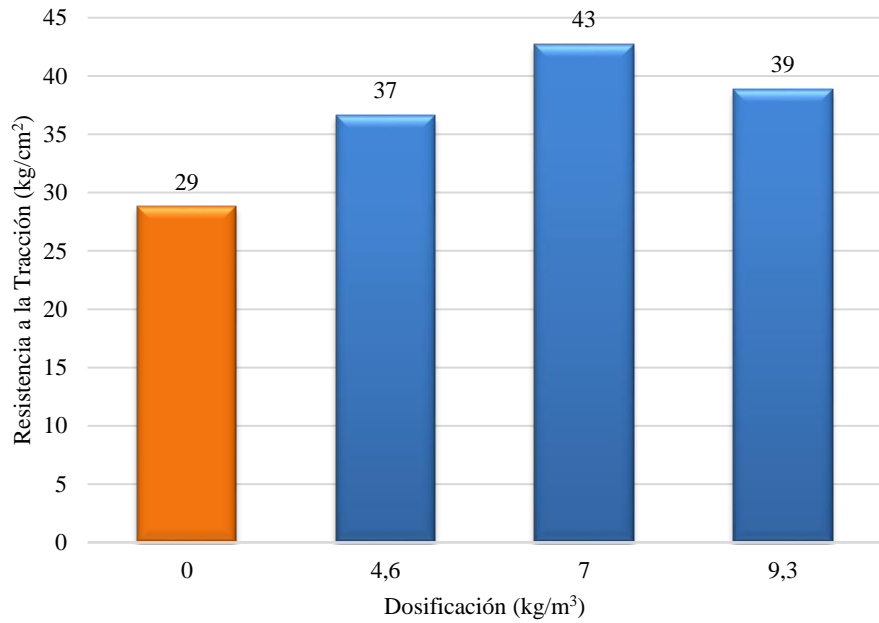


Figura 21: Resistencia a la tracción (kg/cm²) vs Dosificación de fibras polipropileno de 53.1 mm (kg/m³).

Fuente: Elaboración propia.

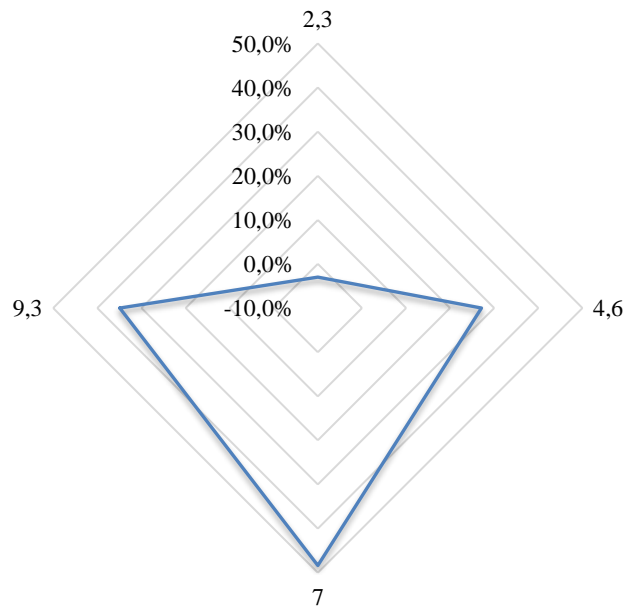


Figura 22: Variación porcentual de la resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras polipropileno de 53 mm.

Fuente: Elaboración propia.

Chilón (2018)

- Tipo de macrofibra sintética: En este artículo se habló de fibras de polipropileno de 48 mm de largo.
- Contenido de la mezcla: Realizó la preparación de una mezcla de concreto, en la cual se empleó cemento portland tipo I, una relación agua/cemento de 0.47, adicionalmente se usó un aditivo superplastificante reductor de agua 4.93 lt/m³.
- Método de ensayo: Se realizaron ensayos de resistencia a la tracción indirecta en probetas de diámetro 150 mm x 300 mm a los 28 días, según el ensayo de compresión en probetas cilíndricas de concreto (NTP 339.084 – ASTM C496).
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 21 Ensayo de resistencia a la tracción con fibras de polipropileno de 48 mm.

Tipo de fibra	Muestras	Dosificación de la fibra (kg/m ³)	Resistencia a la tracción prom. a los 28 días (kg/cm ²)
Polipropileno	CP-01	0	30
	CP-02		
	CP-03		
	CP-01	2	34
	CP-02		
	CP-03		
	CP-01	3	35
	CP-02		
	CP-03		
	CP-01	4	39
	CP-02		
	CP-03		

Fuente: Elaboración propia

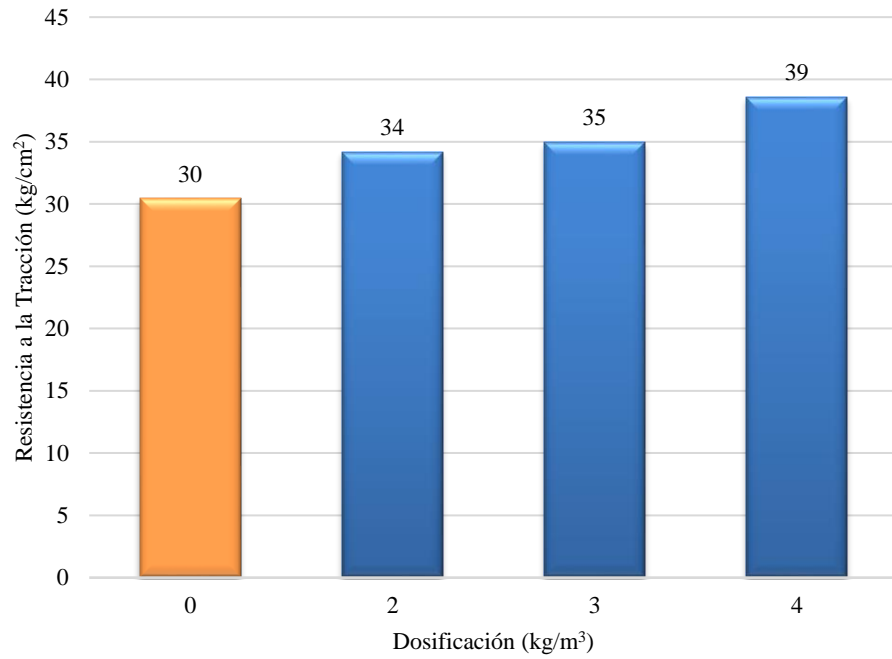


Figura 23: Resistencia a la tracción (kg/cm²) vs Dosificación de fibras polipropileno de 48 mm (kg/m³).

Fuente: Elaboración propia.

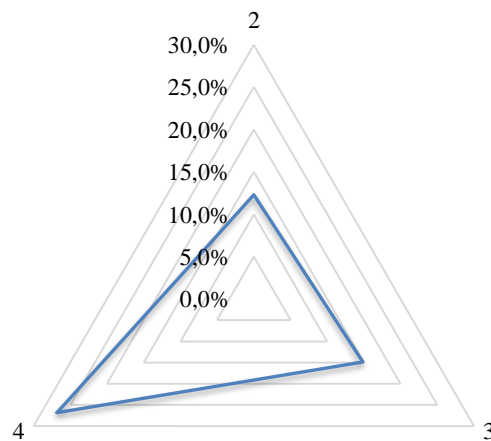


Figura 24: Variación porcentual de la resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras polipropileno de 48 mm.

Fuente: Elaboración propia.

En los valores máximos de los esfuerzos a tracción de los diferentes artículos consultados, son recopilados para la realización de la discusión y análisis de los resultados.

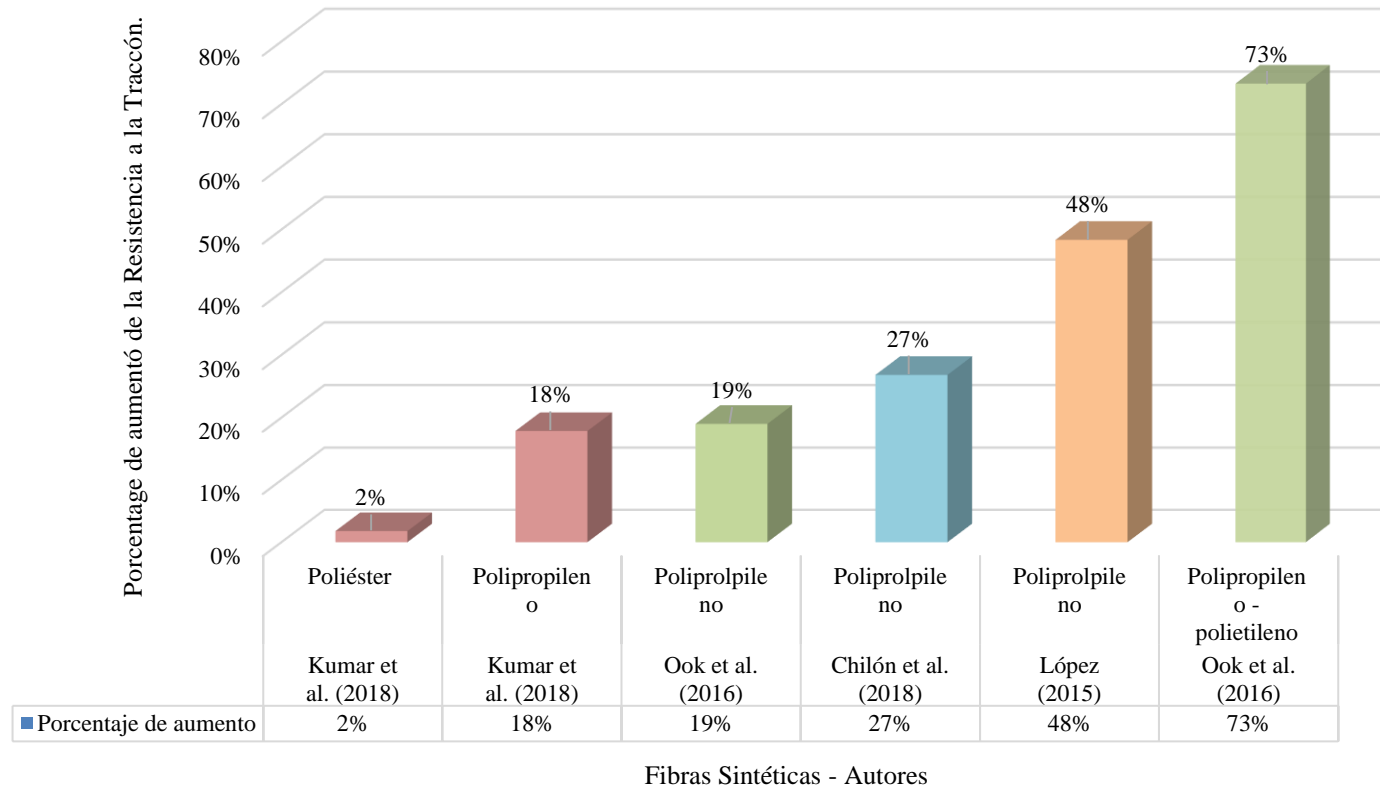


Figura 25: Porcentaje de aumento de la resistencia a la tracción con respecto al concreto patrón utilizado en cada fuente bibliográfica consultada.

Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Objetivo 3: Analizando la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a la flexión del concreto.

Guerini et al. (2018)

- Tipo de macrofibra sintética: En este artículo hay dos tipos de fibras: fibras de polipropileno rizadas de 40 mm de largo (p1) y fibras de polipropileno gofradas de 54 mm de largo (p2).
- Contenido de la mezcla: Realizó la preparación de una mezcla de concreto, en la cual se empleó cemento portland tipo I, una relación agua/cemento para la fibra de polipropileno rizadas (p1) y fibras de polipropileno gofradas (p2), las cuales corresponden a 0.5 y 0.45 respectivamente, y adicionalmente las dosis de aditivo Superplastificante 0.05% (% del contenido de cemento).
- Método de ensayo: Se realizaron ensayos de resistencia a la flexión en vigas de 150 mm x 150 mm x 500 mm a los 28 días, según el método de prueba estándar para el desempeño de flexión de concreto reforzado con fibra (ASTM C1609).
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 22 Ensayo de resistencia a la flexión con fibras de polipropileno rizadas (p1) y fibras de polipropileno gofradas (p2).

Tipo de fibra	Muestras	Dosificación de la fibra (kg/m ³)	Resistencia a la flexión a los 28 días (kg/cm ²)
Polipropileno Rizado = p1	C45-PC	0	55
	C45-p1-0,5%	4.6	57
	C45-p1-1%	9.1	59
	C45-p2-0,5%	4.6	66
	C45-p2-1%	9.1	58
Polipropileno en relieve = p2	C50-PC	0	62
	C50-p1-0,5%	4.6	65
	C50-p1-1%	9.1	66
	C50-p2-0,5%	4.6	65
	C50-p2-1%	9.1	65

Fuente: Elaboración propia.

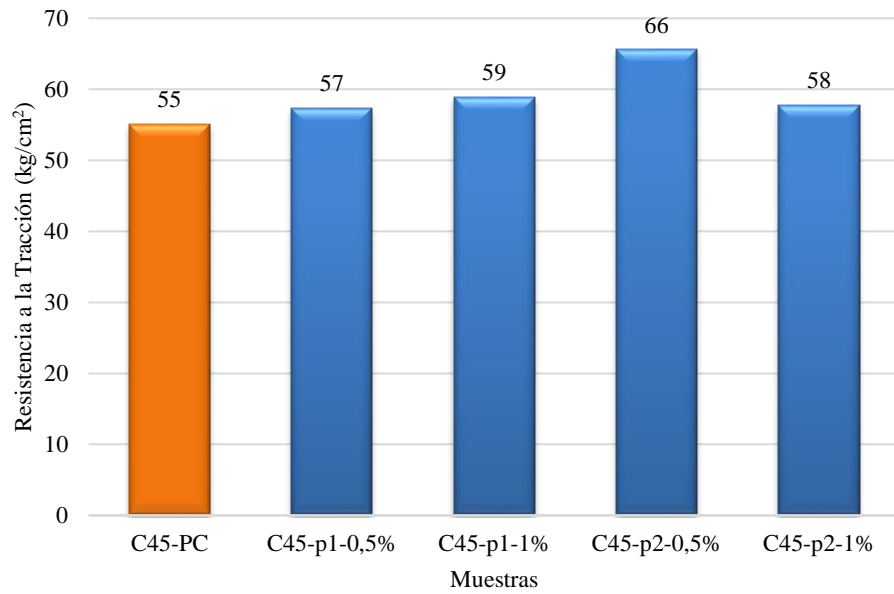


Figura 26: Resistencia a la flexión (kg/cm²) vs Muestras con fibras de polipropileno rizadas (p1) y fibras de polipropileno gofradas (p2) – mezcla C45.

Fuente: Elaboración propia.

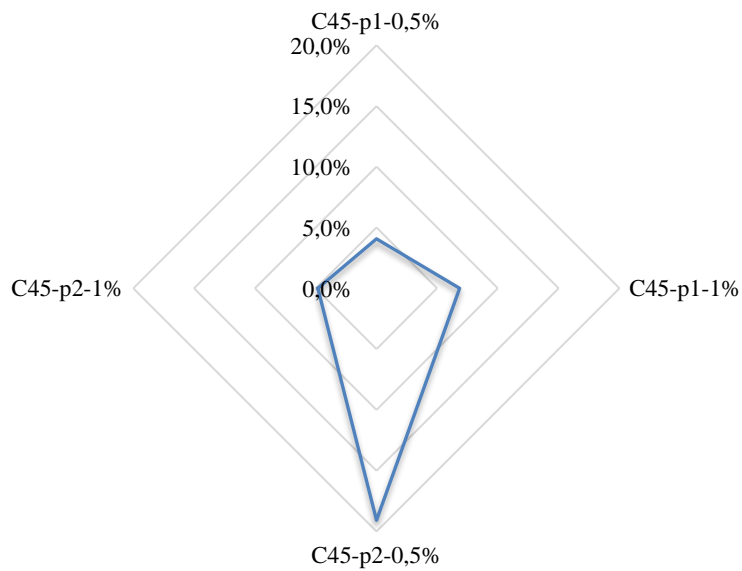


Figura 27: Variación porcentual de la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón de las mezclas C45 con dosificaciones de fibras de polipropileno rizadas (p1) y fibras de polipropileno gofradas (p2).

Fuente: Elaboración propia.

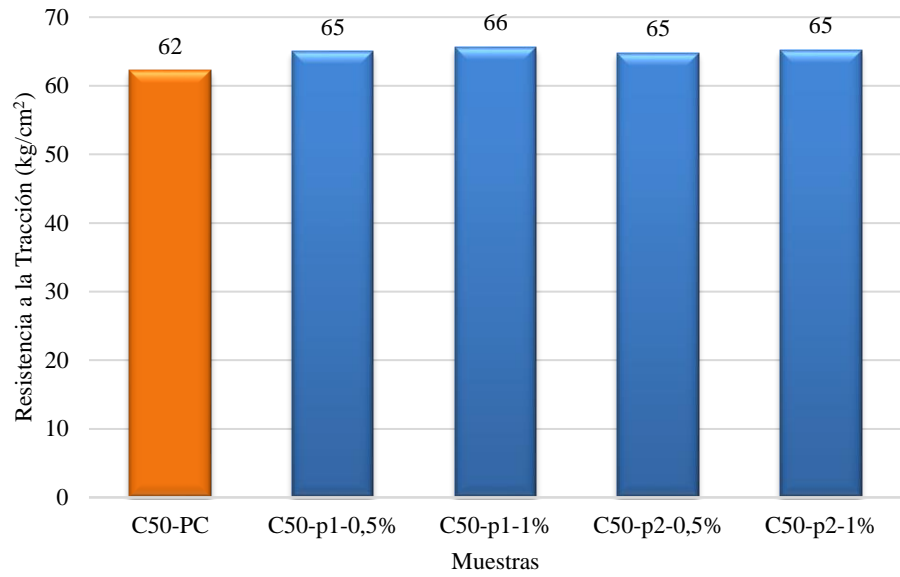


Figura 28: Resistencia a la flexión (kg/cm²) vs Muestras con fibras de polipropileno rizadas (p1) y fibras de polipropileno gofradas (p2) – mezcla C50.

Fuente: Elaboración propia.

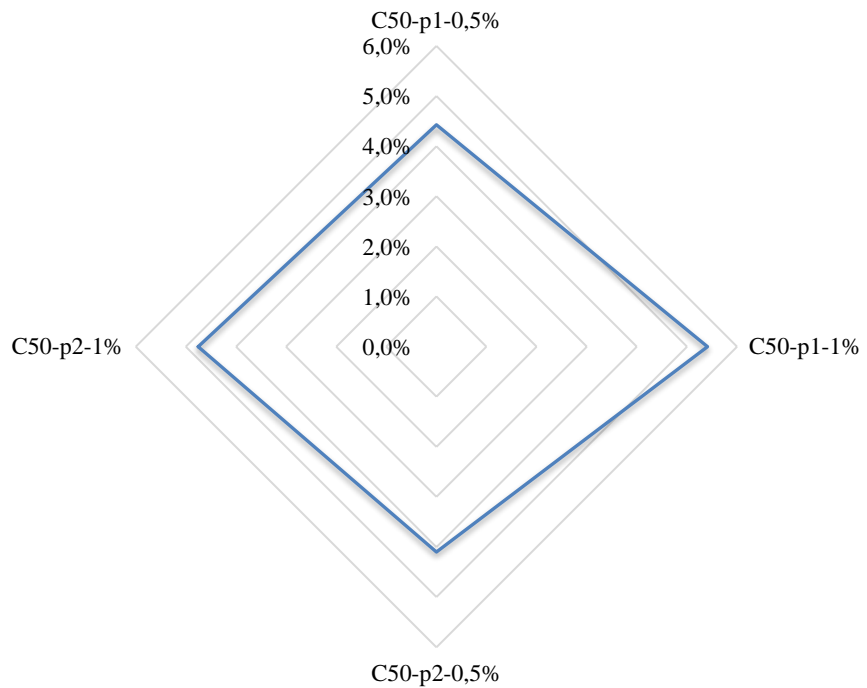


Figura 29: Variación porcentual de la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón de las mezclas C50 con dosificaciones de fibras de polipropileno rizadas (p1) y fibras de polipropileno gofradas (p2).

Fuente: Elaboración propia.

Daneshfar et al. (2017)

- Tipo de macrofibra sintética: En este artículo se emplearon las fibras de poliolefina de 38 mm (3 tipos de formas: barchip (B), fibrilar (F) y retorcido (T)).
- Contenido de la mezcla: Realizó la preparación de una mezcla de concreto, en la cual se empleó cemento, una relación agua/cemento de 0.45, y adicionalmente las dosis de aditivo Superplastificante de 2.2 kg/m³.
- Método de ensayo: Se realizaron ensayos de resistencia a la flexión en vigas de 350 mm x 100 mm x 100mm a los 28 días, según el método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto (ASTM C78).
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 23 Ensayo de resistencia a la flexión con fibras de poliolefina (3 tipos de formas: barchip (B), fibrilar (F) y retorcido (T)).

Tipo de fibra	Muestras	Dosificación de la fibra (kg/m ³)	Resistencia a la flexión a los 28 días (kg/cm ²)
Poliolefina	N	0.00	41
	B2	1.80	49
	B4	3.60	56
	B6	5.40	58
	F2	1.80	51
	F4	3.60	55
	F6	5.40	62
	T2	1.80	62
	T4	3.60	67
	T6	5.40	74

Fuente: Elaboración propia.

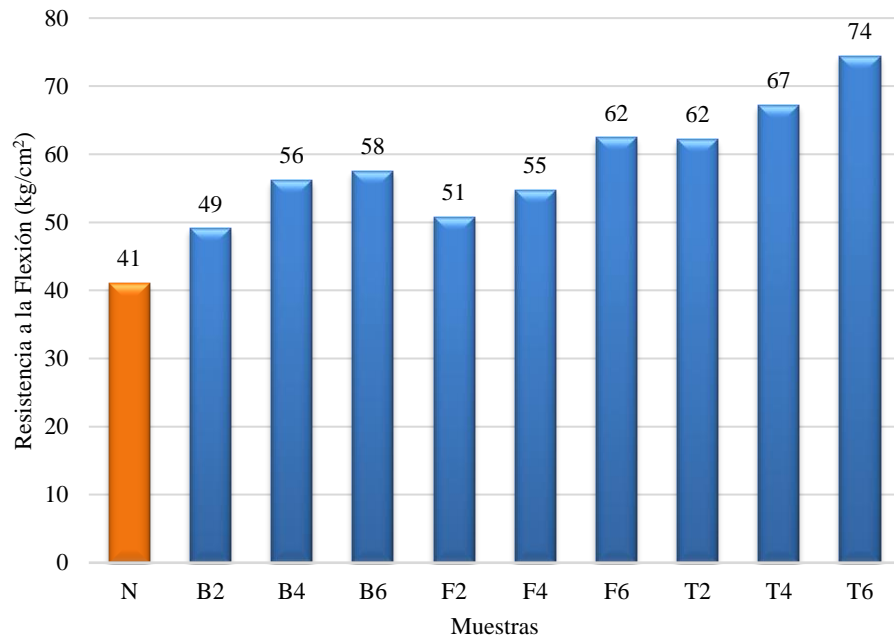


Figura 30: Resistencia a la flexión (kg/cm²) vs Muestras de fibras de poliolefina (3 tipos de formas: barchip (B), fibrilar (F) y retorcido (T)).

Fuente: Elaboración propia.



Figura 31: Variación porcentual de la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras de poliolefina (3 tipos de formas: barchip (B), fibrilar (F) y retorcido (T)).

Fuente: Elaboración propia.

Kadhun et al. (2020)

- Tipo de macrofibra sintética: En este artículo se empleó la fibra de poliolefina de 60 mm (PO).
- Contenido de la mezcla: Realizó la preparación de una mezcla de concreto, en la cual se empleó cemento portland ordinario, a algunas muestras que se añadieron óxido de magnesio (MgO), una relación agua/cemento de 0.34, y adicionalmente las dosis de aditivo Superplastificante de 0.5%, 0.75% y 1%.
- Método de ensayo: Se realizaron ensayos de resistencia a la flexión en vigas de 10 cm × 10 cm × 50 cm a los 28 días, según el método de prueba estándar para la resistencia a la flexión del concreto (ASTM C78 / C78M).
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 24 Ensayo de resistencia a la flexión con fibras de fibras de poliolefina de 60 mm (PO).

Tipo de fibra	Muestras	Dosificación de la fibra (kg/m ³)	Resistencia a la flexión a los 28 días (kg/cm ²)
Poliolefina	POF	0.00	37
	POF-1	4.55	39
	POF-2	6.83	45
	POF-3	9.1	43

Fuente: Elaboración propia.

Comentario: Para la poliolefina puede identificarse dos tipos de materiales que son el polietileno y el polipropileno por lo que se puede hablar de fibras híbridas, que son la unión de dos tipos de materiales y también que el aumento excesivo de la dosis puede ser una desventaja para el concreto en la resistencia a la flexión.

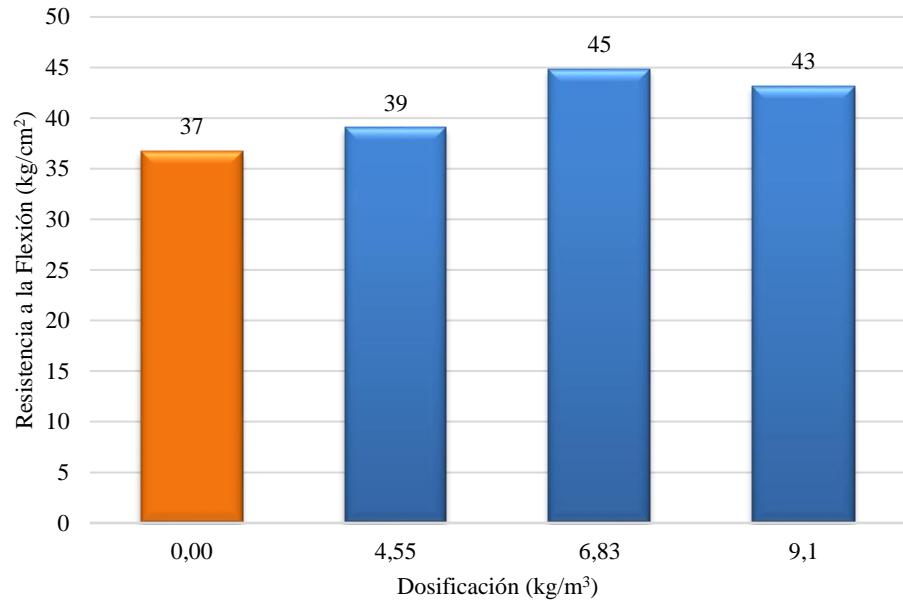


Figura 32: Resistencia a la flexión (kg/cm²) vs Dosificación (kg/m³) con fibras de poliolefina de 60 mm (PO).

Fuente: Elaboración propia.

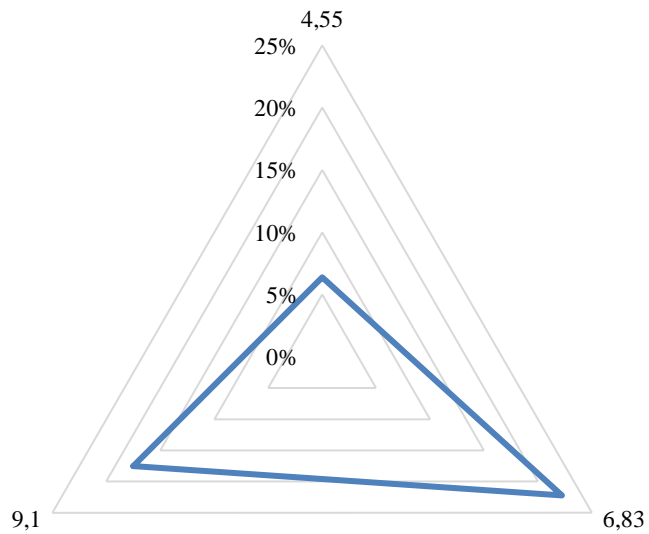


Figura 33: Variación porcentual de la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras de poliolefina de 60 mm (PO).

Fuente: Elaboración propia.

En los valores máximos de los esfuerzos a flexión de los diferentes artículos consultados, son recopilados para la realización de la discusión y análisis de los resultados.

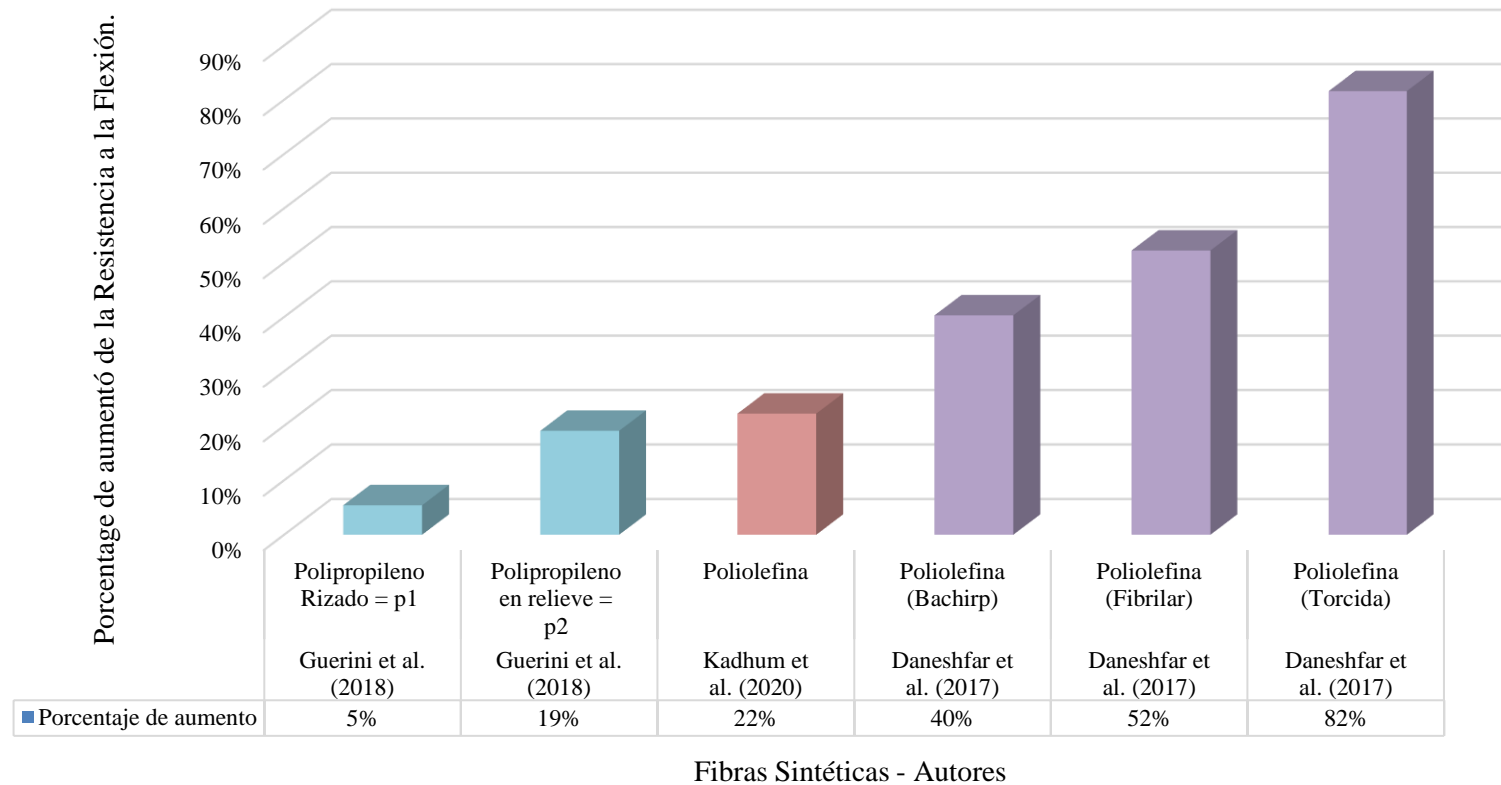


Figura 34: Porcentaje de aumento de las resistencias a la flexión con respecto al concreto patrón utilizado en cada fuente bibliográfica consultada.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.4 Objetivo 4: Analizando la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia al cortante del concreto.

Ook y Bodelon (2016)

- Tipo de macrofibra sintética: En este artículo se emplearon dos tipos de fibras: Fibras sintética estirada (Polipropileno y polietileno – Y1) y Fibras sintética texturizada (Polipropileno – Y2).
- Contenido de la mezcla: Realizó la preparación de una mezcla de concreto, en la cual se empleó cemento (Dosificación de 400 kg/m^3), una relación agua/cemento de 0.57, y adicionalmente las dosis de aditivo reductor de agua de policarboxilato de alto rango – HRWR (dosificación de 0.88 l/m^3).
- Método de ensayo: Se realizaron ensayos de resistencia al cortante en sustratos de concreto de $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 75 \text{ mm}$ a los 28 días.
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 25 Ensayo de resistencia al cortante con fibras sintética estirado (polipropileno y polietileno) y fibras sintéticas texturizada (polipropileno).

Tipo de fibra	Muestras	Dosificación de la fibra (kg/m^3)	Resistencia al cortante a los 28 días (kg/cm^2)
Patrón	Patrón	0.00	49
Polipropileno - polietileno	Y1-L	3.69	61
	Y1-H	7.18	85
Polipropileno	Y2-L	4.55	55
	Y2-H	9.1	58

Fuente: Elaboracion propia

Comentario: Para las fibras de Polipropileno y fibra hibrida de Polipropileno – polietileno tiene un aumento en la resistencia a la cortante, pero el exceso de la dosificación puede no ser beneficioso, por que provocaría una disminución de la resistencia.

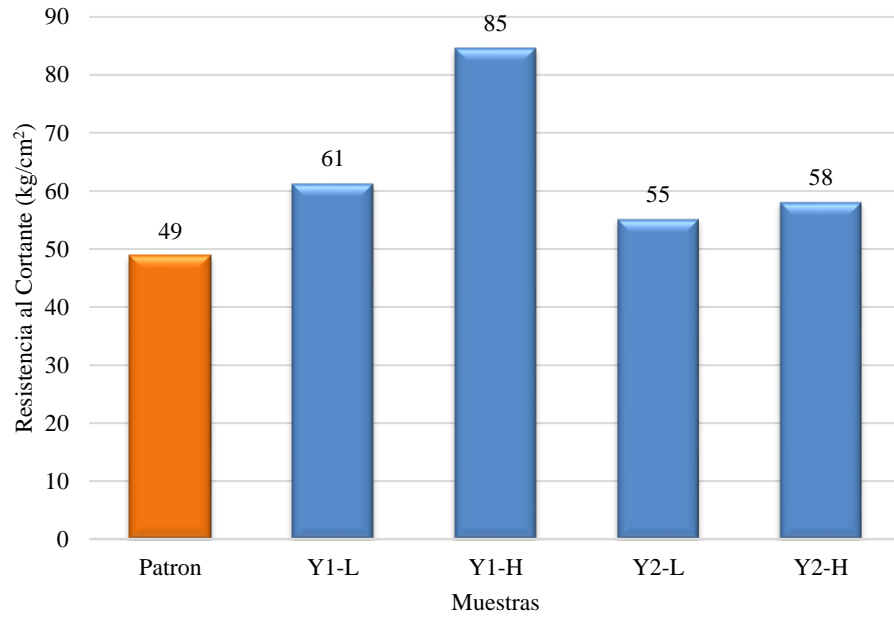


Figura 35: Resistencia al cortante (kg/cm²) vs Muestras de fibras sintética estirado (polipropileno y polietileno) y fibras sintéticas texturizada (polipropileno).

Fuente: Elaboración propia.

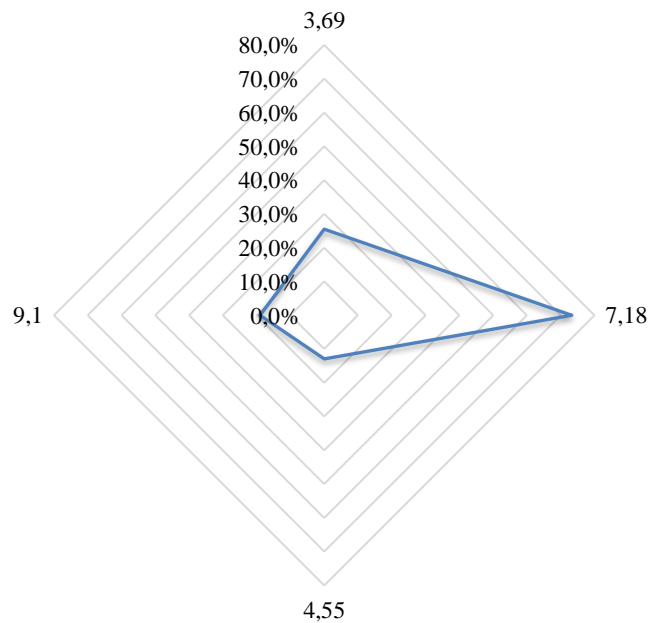


Figura 36: Variación porcentual de la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras sintética estirado (polipropileno y polietileno) y fibras sintéticas texturizada (polipropileno).

Fuente: Elaboración propia.

López (2015)

- Tipo de macrofibra sintética: En este artículo se emplearon macrofibras de polipropileno - MasterFiber MAC Matrix-BASF.
- Contenido de la mezcla: Realizó la preparación de una mezcla de concreto, en la cual se empleó cemento portland, una relación agua/cemento de 0.50, y adicionalmente las dosis de aditivo plastificante compuesto por lignosulfonatos (Pozzolith 322N)
- Método de ensayo: Se realizaron ensayos de resistencia al cortante en sustratos de concreto de 200 mm x 440 mm x 100 mm a los 28 días.
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 26 Ensayo de resistencia al cortante con fibras de polipropileno - MASTERFIBER MAC MATRIX-BASF.

Concreto	Muestras	Dosificación de la Fibra (kg/m ³)	Resistencia al cortante 28 días (kg/cm ²)
Polipropileno	M1	0	54
	M5	2.30	58
	M6	4.60	60
	M7	7.00	61
	M8	9.30	66

Fuente: Elaboración propia

Comentario: Las fibras de polipropileno en el concreto tiene un aumento en las resistencias a la cortante de forma que se le va aumentando la dosificación de estas, pero el exceso de esta tiene una desventaja, ya que disminuye, por esto se buscó una óptima donde se tenga la mayor capacidad del concreto en la cortante para analizar los resultados.

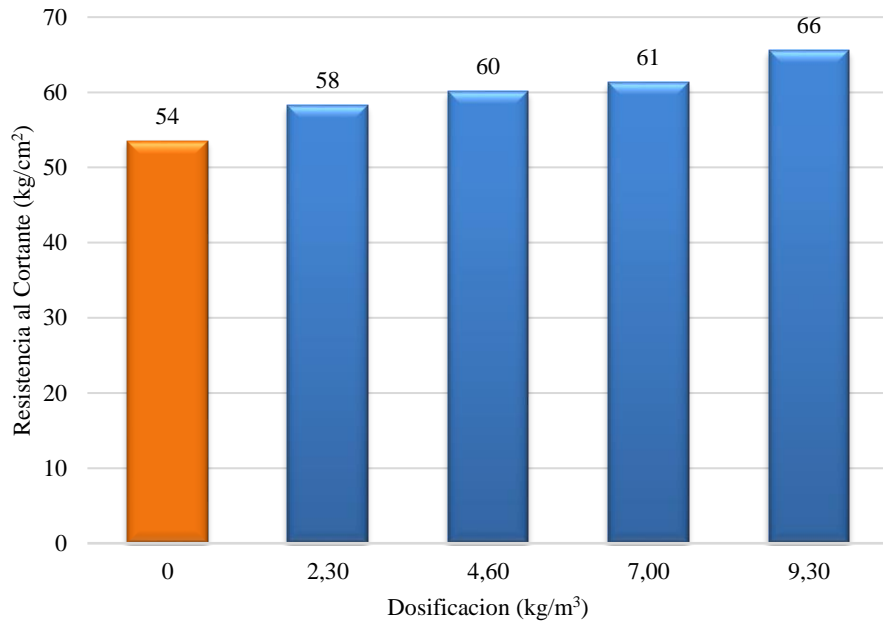


Figura 37: Resistencia al cortante (kg/cm²) vs Dosificaciones (kg/m³) de fibras de polipropileno - MASTERFIBER MAC MATRIX-BASF.
Fuente: Elaboración propia.

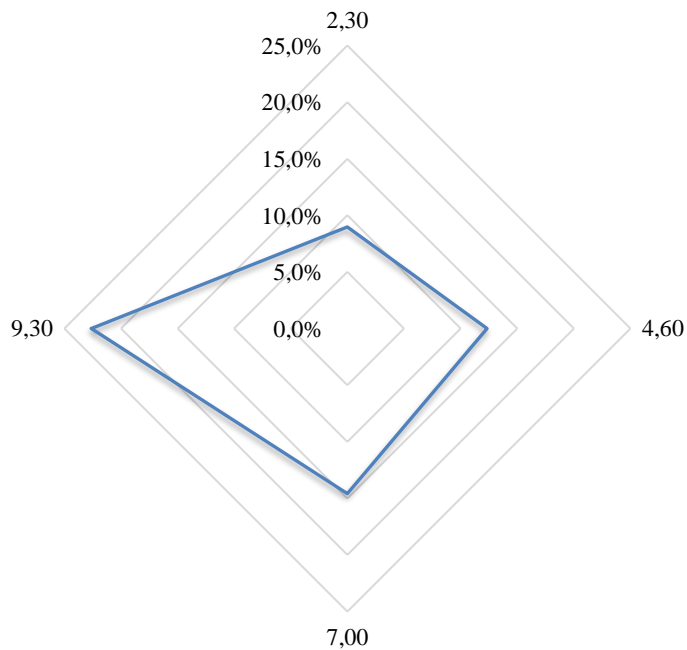


Figura 38: Variación porcentual de la resistencia a la flexión con respecto al concreto patrón de las mezclas con dosificaciones de fibras de polipropileno - MASTERFIBER MAC MATRIX-BASF.
Fuente: Elaboración propia.

Kumar y Bala (2017)

- Tipo de macrofibra sintética: En este artículo usan fibras de polipropileno de 40 mm de largo.
- Contenido de la mezcla: Realizó la preparación de una mezcla de concreto, en la cual se empleó cemento portland ordinario, una relación agua/cemento de 0.42.
- Método de ensayo: Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión en probetas de forma cúbica de 100 mm x 100 mm x 300 mm a los 28 días, según la prueba de concreto endurecido, parte 3: Resistencia al cortante de los prismas. JSCE de la Sociedad Japonesa de Ingenieros Civiles.
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 27 Ensayo de resistencia al cortante con fibras de polipropileno

Tipo de fibra	Muestras	Dosificación fibra (kg/m ³)	Resistencia al cortante a los 28 días (kg/cm ²)
Sin fibra	1	0	38
Fibra	2	3	44
Polimérica	3	3.8	55
	4	4.6	63

Fuente: Elaboración propia

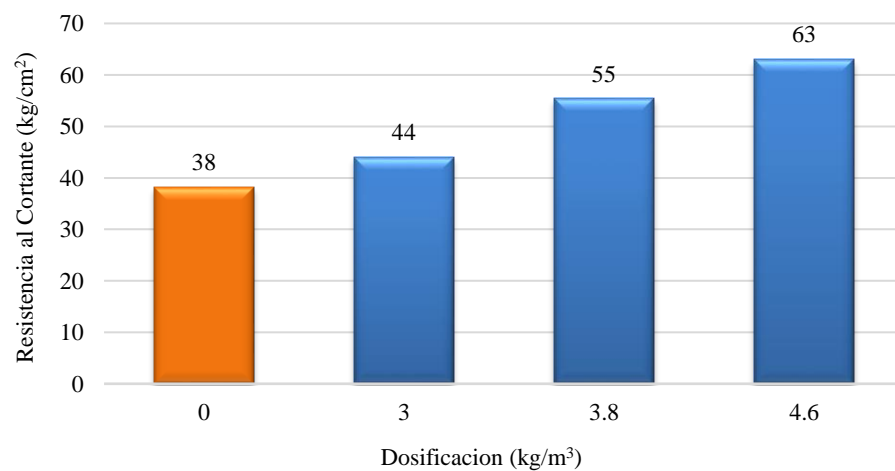


Figura 39: Resistencia al cortante (kg/cm²) vs dosificaciones (kg/m³) de fibras de polipropileno

Fuente: Elaboración propia

En los valores máximos de los esfuerzos a cortante de los diferentes artículos consultados, son recopilados para la realización de la discusión y análisis de los resultados.

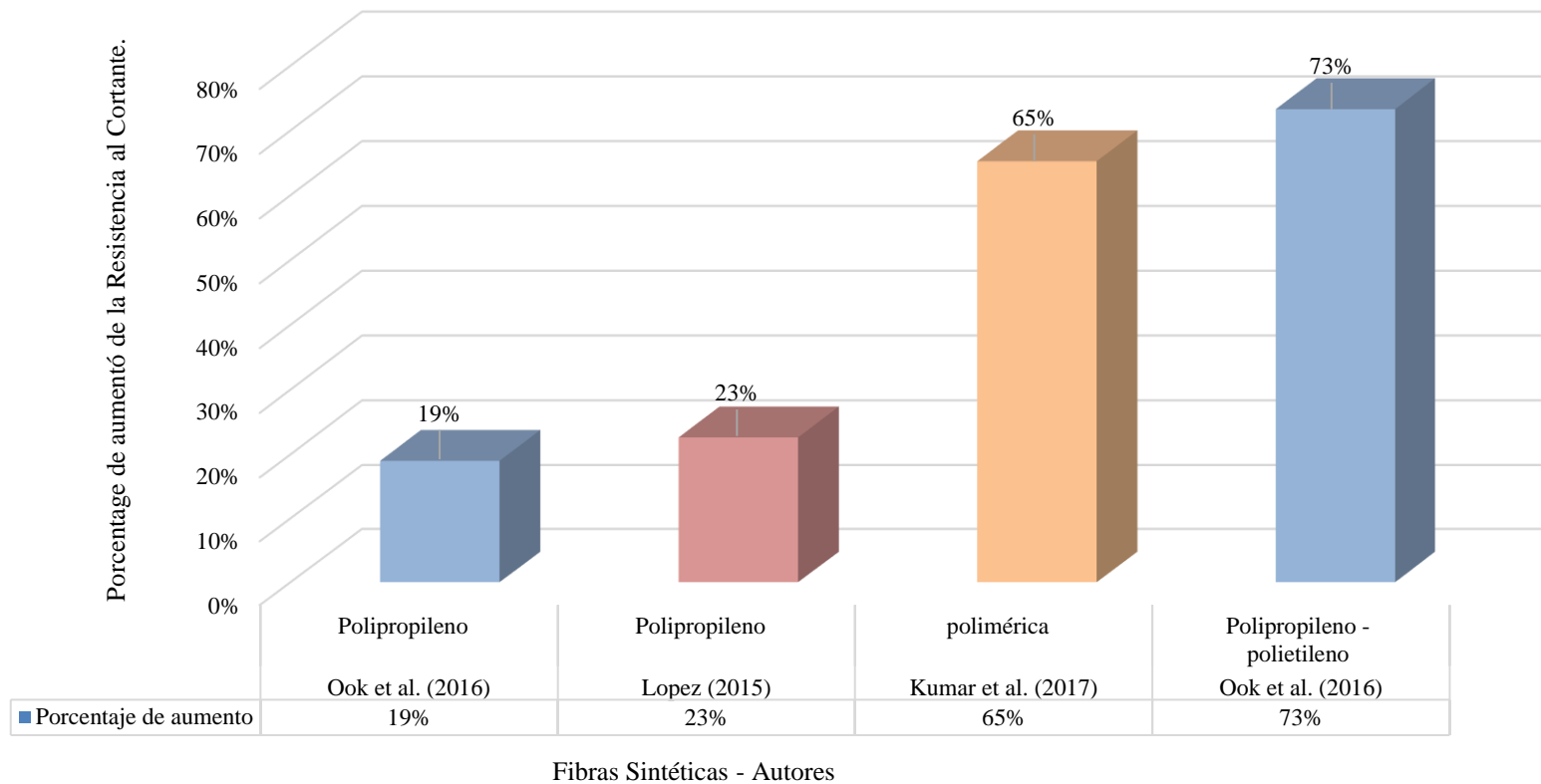


Figura 40: Porcentaje de aumentó de las resistencias al cortante con respecto al concreto patrón utilizado en cada fuente bibliográfica consultada.

Fuente: Elaboración propia

5.1.5 Objetivo 5: Analizando la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la tenacidad del concreto.

Rojas (2017)

- Tipo de macrofibra sintética: En este artículo se habló de la fibra de polipropileno macro sintética estructural de 48 mm de largo.
- Contenido de la mezcla: Realizó la preparación de una mezcla de concreto, en la cual se empleó cemento portland tipo MS y una relación agua/cemento de 0.55.
- Método de ensayo: La tenacidad se determinó mediante los ensayos de resistencia a la flexión en probetas cuadradas 600 mm x 600 mm x 100 mm a los 28 días, según la norma europea EN 14488-5.
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 28 Ensayo de tenacidad con fibra de polipropileno macro sintética estructural.

Tipo de fibra	Muestras	Dosificación de la fibra (kg/m ³)	Tenacidad a los 28 días (Joule)
Polipropileno	M-0-1 M-0-2	0	22
	M-3-1 M-3-2	3	391
	M-5-1 M-5-2	5	792
	M-7-1 M-7-2	7	890
	Analítico - M-10-1	10	1156
	Analítico - M-13-1	13	1300
	Analítico - M-16-1	16	1352
	Analítico - M-18-1	18	1335

Fuente: Elaboración propia.

Comentario: La tenacidad en el concreto reforzado con dos diferentes tipos materiales es mayor con respecto al concreto simple por esto el uso de fibras poliéster y polipropileno es importante para el estudio de las opciones de refuerzo del concreto.

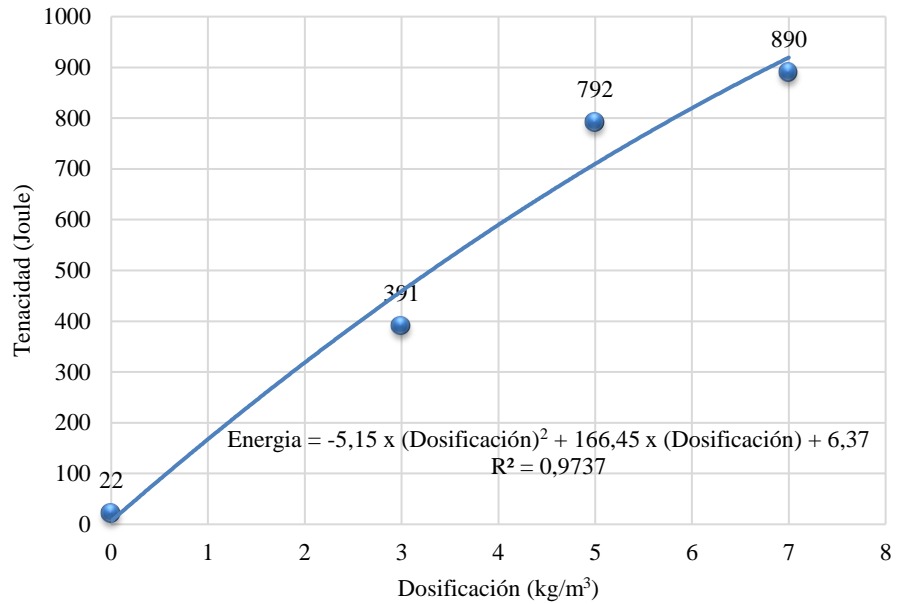


Figura 41: Tenacidad (Joule) vs Dosificación (kg/cm³) de fibra de polipropileno macro sintética estructural con línea de tendencia y extrapolado la confiabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

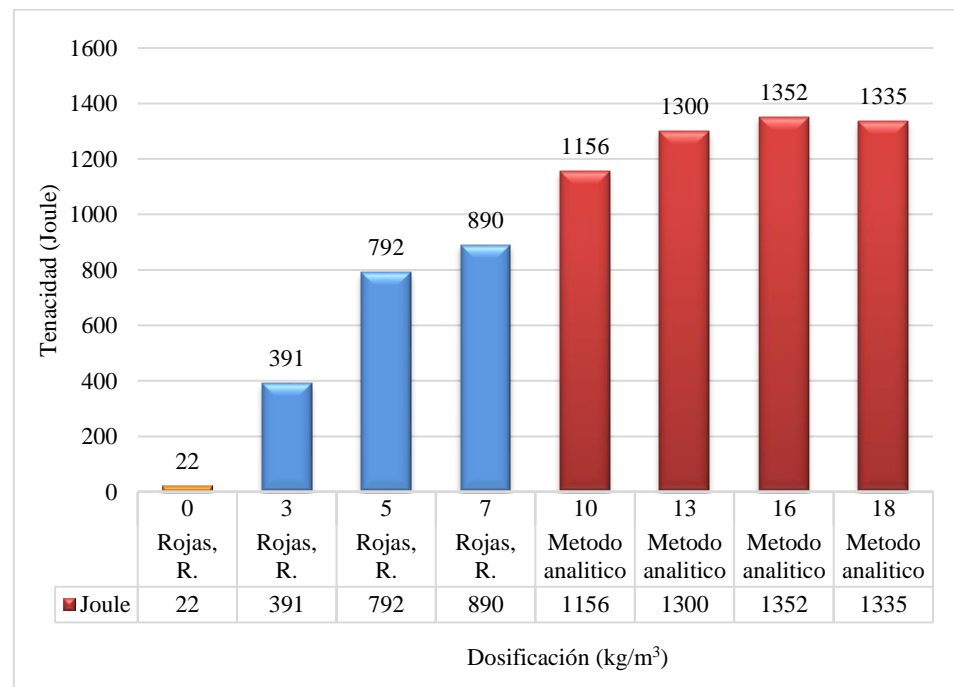


Figura 42: Tenacidad (Joule) vs Dosificación (kg/m³) con fibra de polipropileno macro sintética estructural.

Fuente: Elaboración propia.

López (2015)

- Tipo de macrofibra sintética: En este artículo se habló de fibras de polipropileno de 53.1 mm de largo.
- Contenido de la mezcla: Realizó la preparación de una mezcla de concreto, en la cual se empleó cemento portland compuesto resistente a los sulfatos (CPC 40 RS), una relación agua/cemento de 0.5, adicionalmente se usó un aditivo superplastificante.
- Método de ensayo: La tenacidad se determinó mediante los ensayos de resistencia a la flexión en vigas 150 mm x 150 mm x 600 mm a los 28 días, según el Método de prueba estándar para el desempeño de flexión de concreto reforzado con fibra (ASTM C1609).
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 29 Ensayo de tenacidad con fibras de polipropileno de 53.1 mm de largo.

Tipo de fibra	Muestras	Dosificación de la fibra (kg/m ³)	Tenacidad a los 28 días (Joule)
Polipropileno	M1	0	5
	M5	2,3	32
	M6	4,6	55
	M7	7,0	67
	M8	9,3	82
	Analítico - M9	11	86
	Analítico - M10	13	88
	Analítico - M11	15	86

Fuente: Elaboración propia

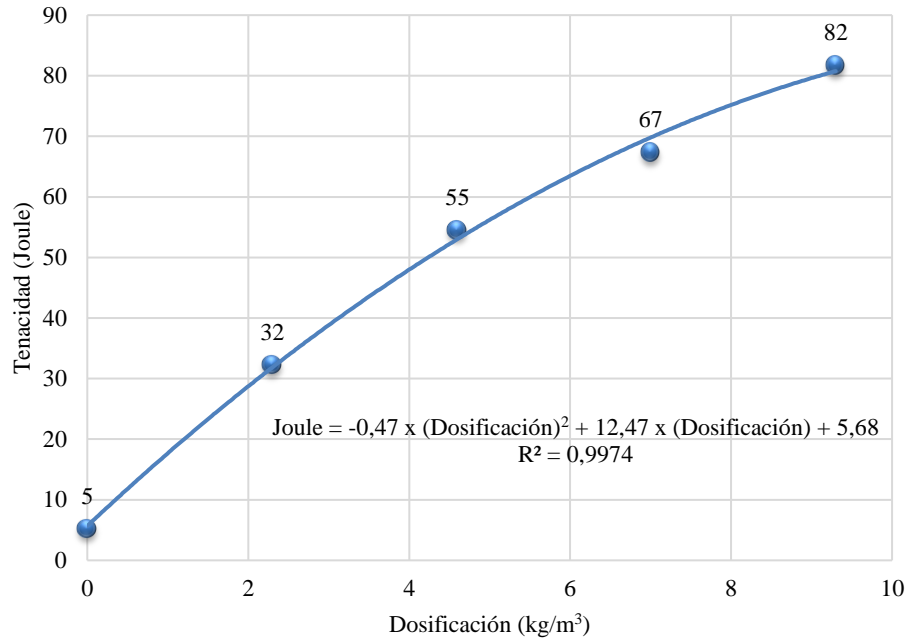


Figura 43: Tenacidad (Joule) vs Dosificación (kg/cm³) de fibra de polipropileno de 53.1 mm de largo con línea de tendencia y extrapolado la confiabilidad.

Fuente: Elaboración propia

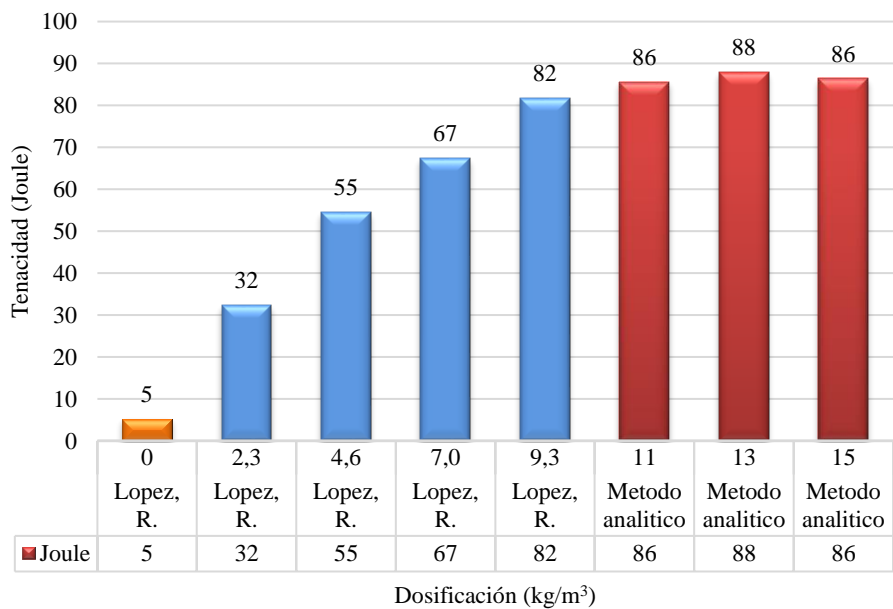


Figura 44: Tenacidad (Joule) vs Dosificación (kg/m³) con fibras de polipropileno de 53.1 mm de largo.

Fuente: Elaboración propia.

Charron et al. (2020)

- Tipo de macrofibra sintética: En este artículo se emplearon fibras sintéticas de 51 mm (mezcla de polipropileno y polietileno).
- Contenido de la mezcla: Realizó la preparación de una mezcla de concreto, en la cual se empleó cemento tipo de uso general (GU), una relación agua/cemento de 0.45, y adicionalmente las dosis de aditivo superplastificantes policarboxilato (dosificaciones de 1.5, 2.3 y 3.68 kg/m³).
- Método de ensayo: Se realizaron ensayos de resistencia al cortante en sustratos de concreto de 150 mm x 150 mm x 600 mm a los 28 días, según el método de prueba para tenacidad a la flexión y resistencia a la primera fisura del concreto reforzado con fibra (ASTM-C1018).
- Resultado del ensayo experimental:

Tabla 30 Ensayo de tenacidad con fibras de fibras sintéticas de 51 mm (mezcla de polipropileno y polietileno).

Tipo de fibra	Muestras	Dosificación de la fibra (kg/m ³)	Tenacidad a los 28 días (Joule)
Polipropileno y Polietileno	NSC35- 0%	0	5
	FRC35-SyF 0,5%	4,55	133
	FRC35-SyF 1%	9,1	205
	Analítico - FCR35-SyF 1,20%	11	218
	Analítico - FCR35-SyF 1,43%	13	221
	Analítico - FCR35-SyF 1,65%	15	213

Fuente: Elaboración propia

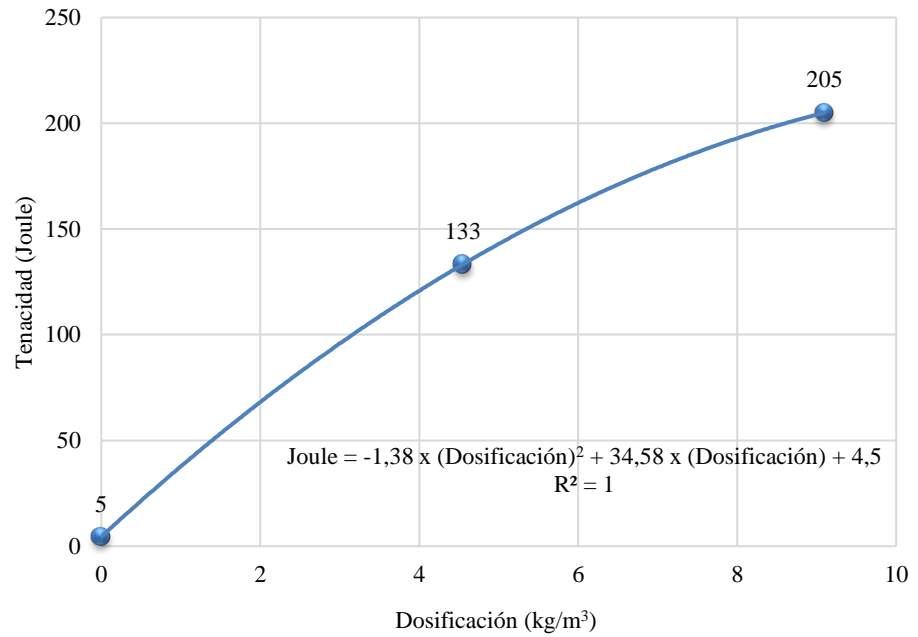


Figura 45: Tenacidad (Joule) vs Dosificación (kg/cm³) de fibras sintéticas de 51 mm (mezcla de polipropileno y polietileno) con línea de tendencia y extrapolado la confiabilidad.

Fuente: Elaboración propia.

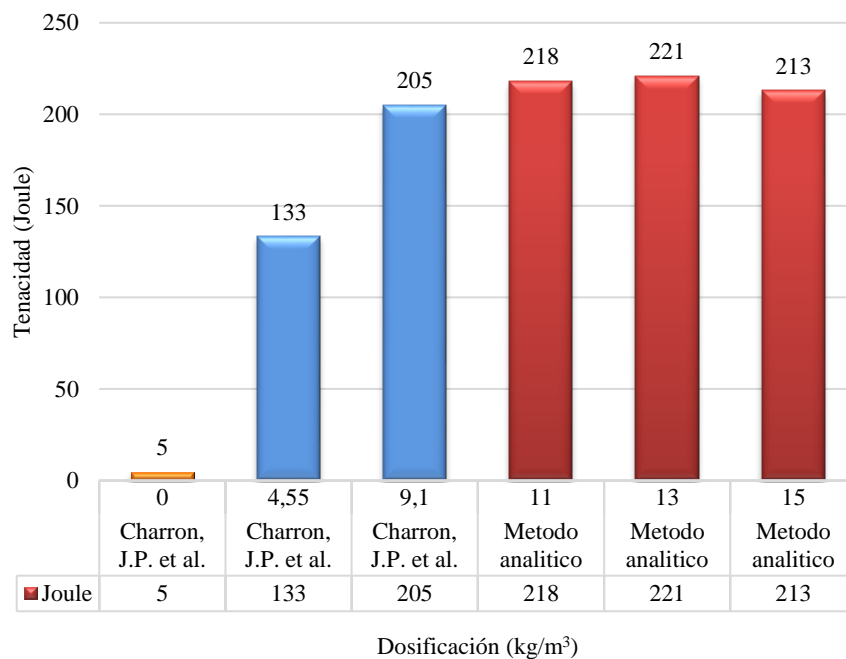


Figura 46: Tenacidad (Joule) vs Dosificación (kg/m³) con fibras sintéticas de 51 mm (mezcla de polipropileno y polietileno).

Fuente: Elaboración propia.

En los valores máximos de la tenacidad de los diferentes artículos consultados, son recopilados para la realización de la discusión y análisis de los resultados.

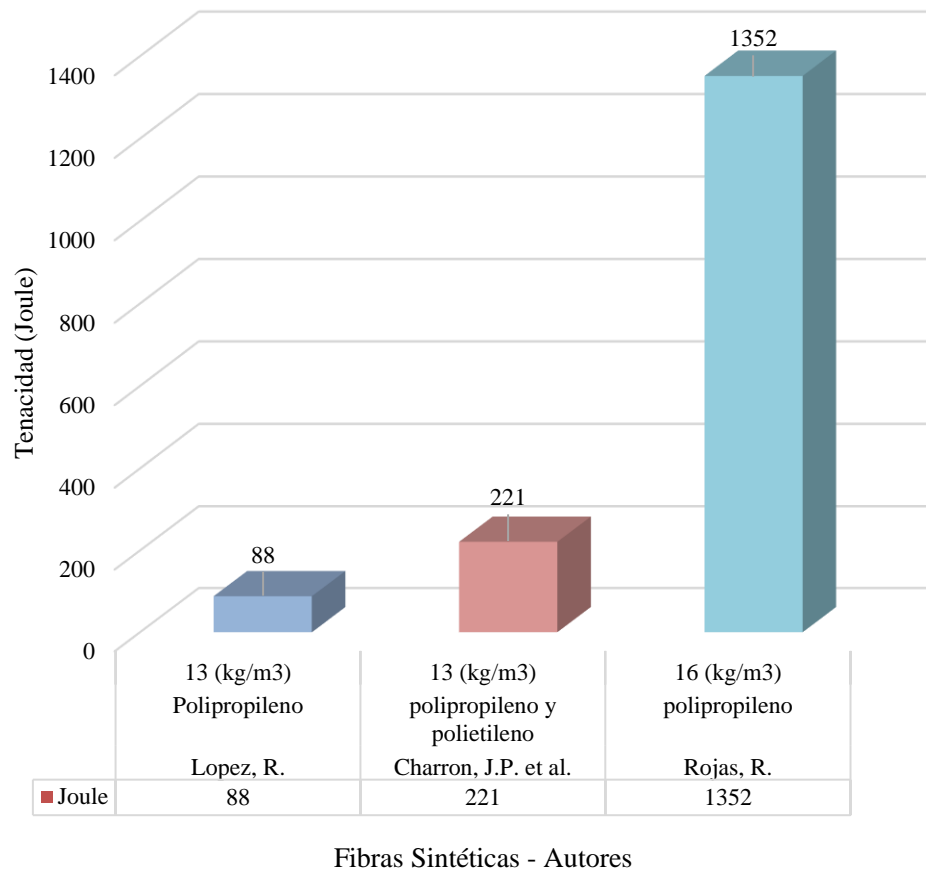


Figura 47: Máximos resultados de las Tenacidades de las muestras de vigas para las diferentes fuentes bibliográficas consultadas.

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Contrastación de Resultados

5.2.1 Contrastación de la primera hipótesis

HIPÓTESIS 1: Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a compresión del concreto.

Para analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a compresión del concreto, se requieren los resultados de ensayos de otras investigaciones.

- Hipótesis auxiliar
 H0: Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética no se aumenta la resistencia a compresión del concreto.

H1: Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a compresión del concreto.

- Observación:

Los resultados de las muestras obtenidos de los autores Guerini et al. (2018), en los diseños de concreto de C45 y C50 con resistencia a compresión de 500 y 450 kg/cm² reforzado con fibras de Polipropileno de forma rizado y relieve, donde aumentó su resistencia a la compresión en la muestra de C45-p1-1%, C50-p1-1% donde la dosificación óptima fue de 9.1 kg/m³ con forma relieve en la fibra con variaciones de 13.28% y 10.15% con respecto del concreto patrón, como se muestra en la Tabla 14.

Según los autores Fallah y Nematzadeh (2017), el diseño de la mezcla de concreto reforzado con fibra de polimérica, la muestra MP0.25 tiene buenos resultados con una dosificación de 2.275 kg/m³ y con variación de 7.99% con respecto del concreto patrón, como se muestra en la Tabla 15.

Según los autores Orouji et al. (2021), la mezcla de diseño del concreto reforzado con fibra de copolímero virgen tiene buenos resultados en la muestra CF0.5G0 y con una variación de 8% del concreto patrón y una dosificación de 2.275 kg/m³ con respecto del concreto patrón, como se muestra en la Tabla 16.

Según los autores Sarath y Krishna (2017), la mezcla de diseño de concreto reforzado con fibra polimérica tiene buen resultado en la muestra 4 con una dosificación de 4.6 kg/m³ y con variación a su resistencia de 6.89% con respecto del concreto patrón, como se muestra en la Tabla 17.

Se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta hipótesis alterna (H1) ya que se demuestra según las observaciones, que la dosificación óptima es 2,275 y 9.1 kg/m³ para fibras macro poliméricas y copolimericas virgen-polipropileno tiene resultados de un aumento a la resistencia compresión.

5.2.2 Contrastación de la segunda hipótesis

HIPÓTESIS 2: Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a la tracción del concreto.

Para analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a la tracción del concreto, se requieren los resultados de ensayos de otras investigaciones.

- Hipótesis auxiliar

H0: Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética no se aumenta la resistencia a la tracción del concreto.

H1: Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a la tracción del concreto.

- Observación:

Según los autores Ook y Bodelon (2016), en el diseño de la mezcla del concreto con aditivo reductor de agua de policarboxilato de alto rango se incorporó las Fibras sintética estirada (polipropileno y polietileno) y fibras sintética texturizada (polipropileno), obteniendo resultados de resistencia a la tracción dividida de 84.64 kg/cm^2 para la mezcla con fibra sintética estirada con una dosificación 7.18 kg/m^3 y 58.12 kg/cm^2 para la mezcla con fibra sintética texturizada con una dosificación de 9.1 kg/m^3 , lo cual se puede observar un aumento en la resistencia del 70% y 19% respectivamente de las fibras con respecto al concreto patrón, como se muestra en la Tabla 18.

Según los autores Bolat y Şimşek (2015), en la mezcla de concreto con aditivo superplastificante, se incorporó fibras de poliéster y fibras de polipropileno, obteniendo resultados de resistencia a la tracción dividida de 34.87 kg/cm^2 para la mezcla con fibra de poliéster con una dosificación 5.78 kg/m^3 y 40.38 kg/cm^2 para la mezcla con fibra de polipropileno con una dosificación de 4.04 kg/m^3 , lo cual se puede observar un ligero aumento a la resistencia de 2% y un aumento considerable de 20% respectivamente de las

fibras con respecto al concreto patrón, como se muestra en la Tabla 19.

Según el autor López (2015), en la mezcla de concreto con aditivo superplastificante, se incorporó fibra de polipropileno, obteniendo el resultado mayor de resistencia a la tracción dividida de 42.33 Kg/cm^2 para la mezcla con fibra de poliolefina con una dosificación 7 kg/m^3 , lo cual se puede observar un aumento a la resistencia de 48% aproximadamente con respecto al concreto patrón, como se muestra en la Tabla 20.

Según el autor Chilón (2018) en la mezcla de concreto con aditivo superplastificante reductor de agua, se incorporó fibra de polipropileno, obteniendo el resultado mayor de la resistencia a la tracción indirecta de 40.89 kg/cm^2 para la mezcla con fibra con una dosificación 3 kg/m^3 , lo cual se puede observar un aumento a la resistencia de 33% aproximadamente con respecto al concreto patrón, como se muestra en la Tabla 21.

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta hipótesis alterna (H_1) ya que se demuestra según las observaciones, que la dosificación óptima para la fibra sintética es entre 7.18 kg/m^3 para el polipropileno-polietileno con resultados con un aumento en la resistencia a la tracción indirecta con respecto al concreto.

5.2.3 Contrastación de la tercera hipótesis

HIPÓTESIS 3: Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a la flexión del concreto.

Para analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a la flexión del concreto, se requieren los resultados de ensayos de otras investigaciones.

- Hipótesis auxiliar

H_0 : Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética no aumenta la resistencia a la flexión del concreto.

H1: Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética si aumenta la resistencia a la flexión del concreto.

- Observación:

Los resultados de las muestras reforzado con fibra sintéticas de diferentes materiales según los autores Guerini et al. (2018), se reforzaron los tipos de fibra rizado y relieve de material de polipropileno donde las muestras de C45-p2-0,5% y C50-p1-1% con diseños de mezclas de resistencia de 450 y 500 kg/cm² con dosificaciones de 4.6 y 9.1 kg/m³ con variación de aumento de sus concretos patrones es de 19.07% y 5.41%, como se muestra en la Tabla 22.

Según los autores Daneshfar et al. (2017), el concreto reforzado con fibra de Poliolefina tiene una buena resistencia a la flexión en la muestra de T6 con una dosificación 5.4 kg/m³ y con una variación de 81.59% con respecto del concreto patrón, como se muestra en la Tabla 23.

Según los autores kadhun et al. (2020), el concreto reforzado con fibra de poliolefina tuvo un aumento en la Resistencia a la flexión con una dosificación de 9.1 kg/m³ y con una variación de 18% con respecto del concreto patrón, como se muestra en la Tabla 24.

Se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1) ya que se demuestra según las observaciones, que el uso de la fibra de poliefinas con dosificación optima de 5.4 kg/m³ en el concretos tiene mejores resultados con respecto a los concretos patrones.

5.2.4 Contrastación de la cuarta hipótesis

HIPÓTESIS 4: Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia al cortante del concreto.

Para analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a la flexión al cortante, se requieren los resultados de ensayos de otras investigaciones.

- Hipótesis auxiliar

H0: Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética no aumenta la resistencia al cortante del concreto.

H1: Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética si aumenta la resistencia al cortante del concreto.

- Observación:

Según los autores Ook y Bodelon (2016), en la mezcla de concreto con aditivo reductor de agua de policarboxilato de alto rango – HRWR, se incorporó la fibra sintética estirado (polipropileno y polietileno) y fibras sintética texturizado (polipropileno), obteniendo resultados de resistencia al cortante de 84.64 kg/cm^2 para la mezcla con fibra sintética estirado con una dosificación 7.18 kg/m^3 y 58.12 kg/cm^2 para la mezcla con fibra sintética texturizado con una dosificación de 9.1 kg/m^3 , lo cual se puede observar un gran aumento a la resistencia de 73% y un aumento considerable de 19% respectivamente de las fibras con respecto al concreto patrón, como se muestra en la Tabla 25.

Según el autor López (2015), en el diseño de la mezcla del concreto con aditivo plastificante compuesto por lignosulfonatos, se incorporó macrofibras de polipropileno - MasterFiber MAC Matrix-BASF, obteniendo resultados de resistencia al cortante de 65.60 kg/cm^2 para la mezcla de concreto con fibra de polipropileno con una dosificación 9.3 kg/m^3 , lo cual se puede observar un considerable aumento a la resistencia de 23% con respecto al concreto patrón, como se muestra en la Tabla 26.

Según Kumar y Krishna (2017), el concreto reforzado con fibra polimerica tiene un aumento de 15.5%, 45.2%, 65.2% con respecto al concreto patron con dosificaciones de 3, 3.8, 4.6 kg/m^3 Iso que se observa un aumento de creciente en la adición de la dosis de fibra sintética, como se muestra en la Tabla 27.

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1) ya que se demuestra según las observaciones, que el uso de la fibra de polipropileno y polietileno con dosificación óptima de 7.18 kg/m^3 en el concretos tiene mejores resultados con respecto a los concretos patrones.

5.2.5 Contratación de la quinta hipótesis

HIPÓTESIS 5: Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la tenacidad del concreto.

Para analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la tenacidad del concreto, se requieren los resultados de ensayos de otras investigaciones.

- Hipótesis auxiliar

H_0 : Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética no aumenta la tenacidad del concreto

H_1 : Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética si aumenta la tenacidad del concreto.

- Observación:

Según el autor Rojas (2017), el diseño de la mezcla con fibra de polipropileno tuvo mejores de los resultados en las dosificaciones de 7 kg/m^3 con un aumento de tenacidad de 890 joule de energía en la losa, pero aplicando el metodo analítico para obtener una dosificación óptima se obtuvo el mejor resultado en la muestra analítica con una dosificación de 16 kg/m^3 con 1352 joule de energía, como se muestra en la Tabla 28.

Según el autor López (2015), el diseño de concreto reforzado con fibra de polipropileno aumentó la tenacidad en la muestra de M8 con dosificaciones de 9.30 kg/m^3 con 81.75 joule de energía, pero aplicando el metodo analítico para obtener una dosificación óptima se obtuvo el mejor resultado en la muestra analítica M10 con una dosificación de 13 kg/m^3 con 88 joule de energía, como se muestra en la Tabla 29.

Según los autores Charron et al. (2020), el diseño de la mezcla del concreto reforzado con fibra de polipropileno y polietileno aumentó la tenacidad en los resultados de la muestra de FRC35-SyF 1% con dosificación de 9.1 kg/m^3 con 205 joule de energía, pero aplicando el metodo analítico para obtener una dosificación optima se obtuvo el mejor resultado en la muestra analitica FCR35-SyF 1,43% con una dosificación de 13 kg/m^3 con 221 joule de energía, como se muestra en la Tabla 30.

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1) ya que se demuestra según las observaciones, el aumento de la dosificación de la fibra aumenta la tenacidad en el concreto.

DISCUSIÓN

Con la obtención de los artículos relacionados con el tema de investigación de la presente tesis, se analizaron y seleccionaron 18 artículos para fundamentar las hipótesis. En todos los grupos se analizaron la incorporación de fibra sintética con diferentes características, dimensiones y materiales. En el análisis de comparación de los diferentes artículos consultados se tienen resultados destacados de la fibra macropolimérica en el concreto, con esfuerzo a la compresión máxima de 648 kg/cm^2 con una dosificación óptima de 2.275 kg/m^3 con aumento de 8% con respecto al patrón como indica el autor Fallah y Nematzadeh (2017), aunque también se tiene resultados similares en el artículo de Orouji et al. (2021), con esfuerzo a la compresión de 635 kg/cm^2 con una dosificación de 9.1 kg/m^3 con fibra de Copolímero y polipropileno con un aumento de 52%, de lo mencionado se tiene mejor desempeño en la fibra macropolimérica, ya que esta presenta mejores resultados a la resistencia a la compresión en el concreto con una baja dosificación, como se presenta en la Figura 16.

En la Figura 25 se tiene una comparación de los diferentes artículos con los mejores resultados y sus respectivas dosificaciones óptimas, donde destaca el autor Ook y Bordelon (2016), con esfuerzos a tracción en el concreto de 85 kg/cm^2 con una dosificación de 7.18 kg/m^3 de material de Polipropileno – polietileno con aumento porcentual de 73% con respecto al concreto patrón, y además se observa que la dosificación óptima para la fibra de polipropileno es de 4 a 9.1 kg/m^3 , por otro lado la comparación de la fibra de polyester pese a tener un exceso de dosificación no tiene una mayor resistencia a la tracción con respecto de la fibra de polipropileno.

En la Figura 34 se analizó la comparación de resultados de diferentes artículo o tesis consultadas donde el autor Daneshfar et al. (2017), tiene resultados de esfuerzo a flexión en el concreto de 74 kg/cm^2 con una dosificación óptima de $5,4 \text{ kg/m}^3$ de fibra de poliolefina con un aumento de 82% con respecto al concreto patrón, por otro lado, para las fibras de polipropileno se observa también que la fibra de tipo relieve tiene una mayor resistencia a la flexión pese a tener una menor dosificación que la fibra de tipo rizada. En la comparación de los resultados utilizados para este objetivo, se sintetizó de la Figura 40 los esfuerzos al cortante, donde las fibras de polipropileno-polietileno tienen un mayor resultado con una resistencia de 85 kg/cm^2 con una dosificación óptima de 7.18 kg/m^3 con un aumento de 73% con respecto al patrón, por otro lado, las fibras polimérica tiene

resultados semejantes con respecto de la fibra de polipropileno pese a no tener una mayor dosificación como se representa en la Figura antes mencionada, además de las Figuras 35 y 37 se analiza que el polipropileno no tiene un aumento significativo con respecto a su dosificación.

En la presentación de los artículos para el análisis de la tenacidad se observa un incremento proporcional, pero no presenta una dosificación óptima, por esto se analizó un cálculo analítico. Para las muestras de vigas se utilizaron fibras de polipropileno y fibra híbrida de polipropileno – polietileno con una dosificación de 13 kg/m^3 para ambos casos con tenacidades de 88 y 221 joule respectivamente, en cambio en las muestras de losas se tiene un resultado más relevante en comparación con las muestras de vigas con una dosificación de 16 kg/m^3 y una tenacidad de 1352 joule. En el análisis de las fuentes bibliográficas consultadas se tuvo una mejora en las propiedades mecánicas del concreto, donde en cada autor menciona los materiales con sus respectivas dosificaciones óptimas, por lo que se sintetizó todos los resultados mencionados para el uso de cualquier tipo de fibra, se tiene un rango de dosificación óptima de 5.4 a 7.18 kg/m^3 donde se desarrolla una mejora en las propiedades mecánicas del concreto.

CONCLUSIONES

1. Se analizó que el refuerzo de fibras sintéticas tiene aspectos positivos en las propiedades mecánicas del concreto donde se destacó más es la fibra de polipropileno en lo que hay un aumento de 13 % en la resistencia en la compresión con dosificación optima 4.6 kg/m^3 , en la tracción tuvo un aumento 48 % con dosificación optima de 7 kg/m^3 , en la flexión tuvo un aumento de 19 % con una dosificación de 9.1 kg/m^3 , en la cortante tuvo un aumento de 23 % con dosificación optima de 9.30 kg/m^3 , en la tenacidad se tuvo un resultado optimo con dosificación de 9.30 kg/m^3 con energía de absorción de 82 joule en las losas y en el caso de las vigas se tuvo una dosificación de 7 kg/m^3 con energía de absorción de 890 joule.
2. Para los esfuerzos a la compresión se utilizó la fibra macropolimérica, la cual tuvo buenos resultados en el concreto con dosificación optima de 2.275 kg/m^3 con un aumento porcentual de 8% con esfuerzos de 648 kg/cm^2 , pero el mayor aumento porcentual la tiene la fibra copolímero virgen - polipropileno con 52% con una dosificación optima de 9.1 kg/m^3 con esfuerzos a compresión de 635 kg/cm^2 , similar con la fibra antes mencionada.
3. Para los esfuerzos a la tracción donde el concreto es muy débil se utilizó la fibra hibrida donde destaca el polipropileno y polietileno en el concreto con una dosificación optima de 7.18 kg/m^3 , con un aumento porcentual con respecto al concreto patrón de 73% con esfuerzos a la tracción de 85 kg/cm^2 .
4. Para los esfuerzos a la flexión el uso de las fibras de poliolefina tuvo resultados destacados en el concreto con una dosificación optima de 5.4 kg/m^3 , con un aumento porcentual de 82% con respecto al concreto patrón con esfuerzos a la flexión de 74 kg/m^2 .
5. Para los esfuerzos a cortante la utilización de fibras de hibridas destaca el polipropileno y polietileno con una dosificación optima de 7.18 kg/m^3 , con un aumento porcentual de 73% con respecto al concreto patrón con esfuerzos al cortante de 85 kg/m^2 .

6. Para la tenacidad del concreto reforzada con fibra sintéticas, se obtuvo una tenacidad de 1352 Joule para los ensayos en losas con fibra de polipropileno con una dosificación de 16 kg/m³, en cambio, los ensayos con vigas en la que se incorpora la fibra de polipropileno – polietileno tiene una tenacidad de 221 joule con una dosificación de 13 kg/m³.

RECOMENDACIONES

1. Usar fibra macropoliméricas en el concreto con dosificaciones semejantes a 2.275 kg/m³ para alcanzar la resistencia mayor a la compresión de 648 kg/cm² y no exceder la dosificación 9.1 kg/m³ ya que los resultados a los esfuerzos a la compresión pueden ser perjudiciales al concreto simple.
2. Para tener un concreto que soporte mejor los esfuerzos a tracción se debe tomar en cuenta las fibras de polipropileno-polietileno con una dosificación optima de 7.18 kg/m³, otra opción a tomar en cuenta seria las fibras de polipropileno que tiene una dosificación optima entre a 4.04 a 9.1 kg/m³ en los esfuerzos a la tracción.
3. Para tener buenos resultados en la flexión del concreto se debe usar fibras de poliolefinas en el concreto con una dosificación de 5.4 kg/m³, teniendo en cuenta que la fibra de tipo retorcida tiene un mejor desempeño en el concreto.
4. Para los esfuerzos al cortante en el concreto, el uso de las fibras de polietileno-polipropileno con una dosificación de 7.18 kg/m³ tiene el mejor desempeño en el concreto, en cambio la fibra polimérica tiene desempeños semejantes, pero con una dosificación de 4.6 kg/m³.
5. El uso de las fibras sintética para la absorción de la energía deformación en la tenacidad, debe tener una dosificación de 16 kg/m³ usando fibras de polipropileno para los ensayos en losas y en las vigas se debe tener una dosificación de 13 kg/m³ para una fibra hibrida de polipropileno – polieileno.
6. Para las futuras investigaciones hacer una comparación entre fibra sintéticas y fibras de acero para analizar beneficio en las propiedades mecánicas del concreto de forma que permita la capacitación e información en el entorno de la industria de la construcción.
7. Investigar las propiedades físicas del concreto con dosificación de las fibras que se estudió en esta investigación, ya que el trabajo de investigación no abarco esta propiedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abduljabbar, A.-S. A., & Hameed, D. (2020). *Assessment of Self-Consolidation Concrete Produced with Micro Steel and Macro Synthetic Polyolefin Fibers. Materials Science Forum*. Obtenido de <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1002.594>
- Alberti, M., Enfedaque, A., & Gálvez, J. (2015). *Comparison between polyolefin fibre reinforced vibrated conventional concrete and self-compacting concrete. ScienceDirect*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.03.007>
- Amaya, S., & Ramirez, M. (2019). *Evaluación del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras*. Obtenido de Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.: <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/23923?locale=es>
- Armas, A. H. (2016). *Efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico (Tesis pregrado)*. Universidad de Sipan, Chiclayo-Peru. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/2712>
- Bahmani, H., Mostofinejad, D., & Ali, D. S. (2020). *Mechanical Properties of Ultra-High-Performance Fiber-Reinforced Concrete Containing Synthetic and Mineral Fibers.ACI Materials Journal*. Obtenido de 10.14359/51724596
- Bernal de León, C. (2014). *Evaluación del aporte que proporciona el concreto para el diseño estructural de columnas con presencia de juntas frías*. Obtenido de Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala.: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3833_C.pdf
- Bolat, H., & Simsek, O. (2015). *Evaluation of energy absorption of macro synthetic and steel fiber reinforced concretes*. Obtenido de Romanian journal of materials: https://www.researchgate.net/publication/281804985_Evaluation_of_energy_absorption_of_macro_synthetic_and_steel_fiber_reinforced_concretes
- Camille, C., Kahagala, H. D., Mirza, O., Mashiri, F., Kirkland, B., & Clarke, T. (2021). *Performance behaviour of macro-synthetic fibre reinforced concrete subjected to*

static and dynamic loadings for sleeper applications. Construction and Building Materials. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121469>

Carhuapoma, W. (2018). *Efecto de las fibras de polipropileno para concretos de resistencias a la compresión de 210 kg/cm² agregados de la cantera de cochamarca – pasco (Tesis para optar al título en Ingeniería Civil)*. Obtenido de Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco, Perú.: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/329>

Charron, J.-P., Desmettre, C., & Androuët, C. (2020). *Flexural and shear behaviors of steel and synthetic fiber reinforced concretes under quasi-static and pseudo-dynamic loadings. Construction and Building Materials*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117659>

Chilón, Q. S. (2018). *Influencia de la fibra sintética (SIKA® fiber force PP-48) en el comportamiento mecánico de un concreto autocompactante con $f'c = 280$ kg/cm² (Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca-Peru. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1835>

Daneshfar, M., Hassani, A., Aliha, M., & Berto, F. (2017). *Evaluating Mechanical Properties of Macro-Synthetic Fiber-Reinforced Concrete with Various Types and Contents. Strength of Materials*. Obtenido de [10.1007/s11223-017-9907-z](https://doi.org/10.1007/s11223-017-9907-z)

Dolores, P. C. (2019). *Implementación de macro-fibras sintéticas para mejorar la tenacidad de losas rígidas de estacionamiento del proyecto multifamiliar Córdova, Miraflores, Lima, 2019 (Tesis de pregrado)*. Universidad Cesar Vallejo, Lima-Peru. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50215>

Elorza, R. K. (2015). *Estudio del efecto de la incorporación de macrofibras de polipropileno (PP) en la resistencia a la penetración de ion cloruro en hormigones marítimos (Tesis de pregrado)*. Universidad de Chile, Santiago-Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/137756>

Fallah, S., & Nematzadeh, M. (2017). *Mechanical properties and durability of high-strength concrete containing macro-polymeric and polypropylene fibers with nano-silica and silica fume. Construction and Building Materials*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.11.100>

- Ghadban, A., Wehbe, N., & Micah, U. (2018). *Effect of Fiber Type and Dosage on Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete for Highway Bridges. Materials Journal ACI*. Obtenido de <https://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal/m/details/id/51702036>
- Guerini, V., Antonio, C., Giovanni, P., & Shiho, K. (2018). *Influence of Steel and Macro-Synthetic Fibers on Concrete Properties. fiber journal*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/fib6030047>
- Guillén, F. L., & Llerena, T. I. (2020). *Influencia de forma, tamaño y textura de los agregados gruesos en las propiedades mecánicas del concreto (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima-Peru*. Obtenido de <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/3711>
- Huang, J., Zhang, Y., Tian, Y., Xiao, H., Shi, J., Shen, J., & Zhang, N. (2020). *Research on the Dynamic Mechanical Properties and Constitutive Models of Steel Fiber Reinforced Concrete and Polypropylene Fiber Reinforced Concrete. Advance in Civil Engineering*. Obtenido de <https://doi.org/10.1155/2020/9174692>
- Jagan, D., Shankar, V., Sundara, M. T., Sathyan, D., Mini, K. M., & Sahai, G. (2020). *Experimental investigation on strength properties of poly - propylene fibre reinforced concrete. Materials Science and Engineering*. Obtenido de <https://doi.org/10.1088/1757-899X/872/1/012150>
- kadhun, I., Khalil, Y., & Mustafa, H. (2020). *Effect of mgo powder on physical and mechanical properties of polyolefin fiber reinforced concr. Materials Science and Engineering*. Obtenido de <https://doi.org/10.1088/1757-899X/928/2/022088>
- Karamloo, M., Afzali, N. O., & Doostmohamadi, A. (2020). *Impact of using different amounts of polyolefin macro fibers on fracture behavior, size effect, and mechanical properties of self-compacting lightweight concrete. Construction and Building Materials*. Obtenido de [10.1016/j.conbuildmat.2020.118856](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118856)
- Kumar, S., & Krishna, B. B. (2017). *An Experimental Investigation on Mechanical Behavior of Macro Synthetic Fiber Reinforced Concrete. International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology*. Obtenido de http://www.ijirset.com/upload/2017/ncratem/5_NCRATEM_CIV005.pdf

- Llanos, S. (2014). *Estudio del concreto proyectado, reforzado con fibra de polipropileno*. Obtenido de Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/635>
- López, R. J. (2015). *Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno : influencia del tipo y consumo de fibra adicionado*. Universidad Nacional Autónoma de México, Federal-México. Obtenido de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/68997>
- Oliari, G. E., Ikramul, K. M., MacLeod, A., Subhani, M., & Ghabraie, K. (2019). *Self-Compacting Concrete Reinforced with Twisted-Bundle Macro-Synthetic Fiber*. *Applied sciences*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/app9122543>
- Ook, K. M., & Bordelon, A. (2016). *Fiber Effect on Interfacial Bond Between Concrete and Fiber-Reinforced Mortar*. *SAGE journals*. Obtenido de <https://doi.org/10.3141/2591-02>
- Orouji, M., Mehdi, Z. S., & Najaf, E. (2021). *Effect of glass powder & polypropylene fibers on compressive and flexural strengths, toughness and ductility of concrete: An environmental approach*. *Structures*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.07.048>
- Rojas, K. (2017). *Análisis del desempeño de la macrofibra sintética en la tenacidad del concreto (Tesis de pregrado)*. Universidad Privada del Norte, Lima-Peru. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12573>
- Rojas, S., & Marylin, I. (2019). *Evaluación del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras (Tesis de pregrado)*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá-Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/23923?locale=es>
- Ruiz, G. J. (2019). *Evaluación de fibras para el concreto hidráulico de un pavimento determinando su resistencia residual mediante el ensayo de flexión, Lima 2019*. Universidad Cesar Vallejo, Lima-Peru. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35455>
- Sánchez De Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Obtenido de Editorial Bhandar Editores.

- Sanes, L. D. (2017). *Influencia de microfibras de polipropileno y microsílíce en la resistencia de concretos de 4000 y 3000 PSI (Tesis de posgrado)*. Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias-Colombia. Obtenido de <https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/2366>
- Shafei, B., Kazemian, M., Dopko, M., & Najimi, M. (2021). *State-of-the-Art Review of Capabilities and Limitations of Polymer and Glass Fibers Used for Fiber-Reinforced Concrete*. Obtenido de Revista Materiales editorial MDPI AG - Tomo 14, N°2.: <https://www.proquest.com/docview/2479186991/C9BC0AC6B5F14589PQ/1?accountid=45097>
- Torres, V. D. (2017). *Determinación de la resistencia residual promedio (análisis postfisuración) del concreto reforzado con fibra sintética de pet+pp (Tesis de posgrado)*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá-Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/15338>
- William, J. (2007). *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*. Obtenido de Editorial: REVERTÈ S.A. Edición I.
- Yehia, S., Farrag, S., & Abdelghaney, O. (2019). *Performance of Fiber-Reinforced Lightweight Self-Consolidating Concrete Exposed to Wetting-and-Drying Cycles in Salt Water*. Obtenido de Revista de materiales ACI editorial Instituto Americano del Concreto - Tomo 116, N°6.: <https://www.proquest.com/docview/2324854874/200D56E01EC949FBPQ/1?accountid=45097>
- Zamorano, M. C. (2018). *Análisis técnico económico de la incorporación de macrofibras de polipropileno en reemplazo de malla electrosoldada en hormigones para pavimentos industriales (Tesis de pregrado)*. Universidad Andrés Bello, Santiago-Chile. Obtenido de <http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/7431>

ANEXOS

ANEXO 1 Matriz de Consistencia.

DESEMPEÑO DE LA MACROFIBRA SINTÉTICA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO

Problema general	Objetivos generales	Hipótesis general	V. Independiente	Indicadores	Método
¿Cómo se desempeña la macrofibra sintética en la mejora de las propiedades mecánicas del concreto?	Analizar el desempeño de la macrofibra sintética para mejorar las propiedades mecánicas del concreto utilizando las Normas nacionales e internacionales de las investigaciones consultadas.	Al analizar el desempeño de la macrofibra sintética se mejora las propiedades mecánicas del concreto.	Macrofibra sintética.	Dosificación de macrofibra sintética.	La presente investigación es un estudio documental, bibliográfica y descriptiva.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	V. Dependiente		
¿Cuál es la óptima dosificación de la macrofibra sintética para aumentar la resistencia a la compresión del concreto?	Analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética para aumentar la resistencia a compresión del concreto	Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a compresión del concreto.			El tipo de investigación descriptivo, correlacional y explicativo porque se verificaron datos de otras investigaciones
¿Cuál es la óptima dosificación de la macrofibra sintética para aumentar la resistencia a la tracción del concreto?	Analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética para aumentar la resistencia a tracción del concreto.	Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a la tracción del concreto.		Resistencia del concreto	
¿Cuál es la óptima dosificación de la macrofibra sintética para aumentar la resistencia a la flexión del concreto?	Analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética para aumentar la resistencia a flexión del concreto.	Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia a la flexión del concreto.	Propiedades mecánicas del concreto.		
¿Cuál es la óptima dosificación de la macrofibra sintética para aumentar la resistencia al cortante del concreto?	Analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética para aumentar la resistencia al cortante del concreto.	Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la resistencia al cortante del concreto.			El nivel de esta investigación es de enfoque cuantitativo y como instrumentos de recolección de datos retroactivo
¿Cuál es la óptima dosificación de la macrofibra sintética para aumentar la tenacidad del concreto?	Analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética para aumentar la tenacidad del concreto	Al analizar la óptima dosificación de macrofibra sintética se aumenta la tenacidad del concreto		Tenacidad del concreto	

Fuente: Elaboración propia.