

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA FIBRA SINTÉTICA EN LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS Y RETRACCIÓN DEL CONCRETO
REFORZADO RESPECTO A UNO CONVENCIONAL”**

**PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

Bach. DIELMAN LUIS ZEGARRA QUEQUE

TACNA – PERÚ

2023

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“ANÁLISIS DEL EFECTO DE LA FIBRA SINTÉTICA EN LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS Y RETRACCIÓN DEL CONCRETO
REFORZADO RESPECTO A UNO CONVENCIONAL”**

Tesis sustentada y aprobada el 19 de junio de 2023; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTA : Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES

SECRETARIA : Mtra. MARÍA ETELVINA DUARTE LIZARZABURO

VOCAL : Mtro. EDGAR HIPÓLITO CHAPARRO QUISPE

ASESOR : Mtro. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRIAS

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Dielman Luis Zegarra Queque, identificado, en calidad de bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 74038478 declaro bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada: "*Análisis del Efecto de la Fibra Sintética en las Propiedades Mecánicas y Retracción del Concreto Reforzado Respecto a uno Convencional*" la misma que presento para optar: *el Título Profesional de Ingeniero Civil*.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a *La Universidad* cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra.

En consecuencia, me hago responsables frente a *La Universidad* y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la obra haya sido publicada anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 19 junio del 2023



.....

Dielman Luis Zegarra Queque

DNI: 74038478

DEDICATORIA

Gracias a Dios Todopoderoso, por siempre guiar mi camino, por darme sabiduría y entendimiento a lo largo de toda mi carrera universitaria, así mismo dedico este trabajo

a:

A mis padres; Lidia Queque y Luis Zegarra, por estar siempre a mi lado, por el esfuerzo, por el apoyo incondicional, por creer en mí, por estar en todos los momentos difíciles, por tanto amor, por ser un ejemplo, los quiero.

A mis hermanos; Christian y Victor quienes siempre están a mi lado acompañándome en cada paso, logros, triunfos, alegrías y tristezas, demostrándome que unidos somos uno.

A mis maestros, compañeros y amigos que formaron parte de esta etapa.

Dielman Luis Zegarra Queque

AGRADECIMIENTO

A Dios primero que todo, por permitirme llegar a este punto de mi vida donde estoy completando una etapa formativa, una etapa que me ayudará a contribuir en la sociedad, y devolverle un poco de lo mucho que me dieron aquellos que siempre estuvieron conmigo.

En segundo lugar, agradecer, de una manera especial a mi asesor de tesis Mtro. Giancarlo Javier Machaca Frias, por su aporte profesional, aliento, impulso y sobre todo su calidad humana.

A mis padres, hermanos y demás familiares que en el transcurso de mi carrera siempre estuvieron a mi lado apoyándome para alcanzar mis metas, agradecido por su inmenso cariño y amor.

Un agradecimiento especial al laboratorio de Resistencia y Ensayo de Materiales de la empresa INGESERVICIOS S.A.C, por su apoyo técnico, humano.

Dielman Luis Zegarra Queque

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE ANEXO	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1 Problema General	3
1.2.2 Problemas Específicos	4
1.3 Justificación e importancia	4
1.3.1 Desde el punto de vista social.....	4
1.3.2 Desde el punto de vista científico.	4
1.3.3 Desde el punto de vista económico.....	4
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 Hipótesis	5
1.5.1 Hipótesis General	5
1.5.2 Hipótesis Específicos	5
1.6 Tipo de estudio	5
1.7 Nivel de investigación	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes de la Investigación	6
2.1.1 Antecedente Internacional	6
2.1.2 Antecedente Nacional.....	9
2.2 Bases Teóricas	13
2.2.1 Concreto.....	13
2.2.2 Concreto reforzado con fibra	19
2.2.3 Fibra sintética.....	21

2.2.4	Dosificación	26
2.2.5	Propiedades mecánicas del concreto	27
2.2.6	Retracción del concreto	31
2.3	Definición de Términos	34
2.3.1	Concreto.....	34
2.3.2	Resistencia	34
2.3.3	Fibra.....	34
2.3.4	Dosificación	34
2.3.5	Cemento.....	34
2.3.6	Agregado	34
2.3.7	Agua	35
2.3.8	Curado.....	35
2.3.9	Fisuras.....	35
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....		36
3.1	Diseño de investigación.....	36
3.2	Acciones y actividades	36
3.3	Materiales y/o instrumentos	38
3.3.1	Materiales	38
3.3.2	Instrumentos.....	38
3.4	Población y/o muestra de estudio.....	39
3.4.1	Población	39
3.4.2	Muestra	39
3.5	Operacionalización de variables	40
3.6	Procesamiento y análisis de datos	40
3.7	Procedimiento y análisis de datos	41
3.7.1	Análisis granulométrico.....	43
3.7.2	Peso unitario.....	44
3.7.3	Peso específico y absorción	46
3.7.4	Contenido de humedad	48
3.7.5	Diseño de Mezcla	48
3.7.6	Muestras a realizar	49
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		50
4.1	Resistencia a la flexión del concreto con cargas a los tercios del tramo ...	50
4.1.1	Resistencia a la flexión del concreto con cargas a los tercios del tramo sin adición de macrofibra POLYTWIST PT54.....	50
4.1.2	Resistencia a la flexión del concreto con cargas a los tercios del tramo con adición de 2kg/m ³ de macrofibra POLYTWIST PT54.....	50
4.1.3	Resistencia a la flexión del concreto con cargas a los tercios del tramo con adición de 4kg/m ³ de macrofibra POLYTWIST PT54	51

4.1.4	Resistencia a la flexión del concreto con cargas a los tercios del tramo con adición de 6kg/m ³ de macrofibra POLYTWIST PT54	51
4.1.5	Resumen de resistencia a la flexión del concreto con cargas a los tercios	52
4.2	Resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral ...	54
4.2.1	Resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral sin adición de macrofibra POLYTWIST PT54.....	54
4.2.2	Resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral con adición de 2 kg/m ³ de macrofibra POLYTWIST PT54	54
4.2.3	Resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral con adición de 4 kg/m ³ de macrofibra POLYTWIST PT54	55
4.2.4	Resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral con adición de 6 kg/m ³ de macrofibra POLYTWIST PT54	55
4.2.5	Resumen de resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral	56
4.3	Retracción del concreto	58
4.3.1	Retracción del concreto en las primeras 24 h de ser elaboradas.....	58
4.3.2	Retracción del concreto a los 7 días de ser elaboradas	61
4.3.3	Retracción del concreto a los 14 días de ser elaboradas	64
4.3.4	Retracción del concreto a los 28 días de ser elaboradas	67
4.4	Análisis de datos.....	70
4.5	Prueba de hipótesis.....	74
4.5.1	Flexión	74
4.5.2	Tracción	75
4.5.3	Retracción.....	76
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN		78
CONCLUSIONES		80
RECOMENDACIONES.....		82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		83
ANEXOS.....		89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales Componentes del Cemento Portland	15
Tabla 2. Clasificación de Agregados Según su Tamaño	17
Tabla 3. Límites de Granulometría para el Agregado Fino	17
Tabla 4. Clasificación de la Arena por su Módulo de Finura	18
Tabla 5. Límites de Granulometría para el Agregado Grueso	19
Tabla 6. Clasificación de Fisuras y Grietas en Función a su Ancho	33
Tabla 7. Operacionalización de Variables	40
Tabla 8. Análisis Granulométrico del Agregado Fino	43
Tabla 9. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso	44
Tabla 10. Peso Unitario Suelto del Agregado Fino	45
Tabla 11. Peso Unitario Compactado del Agregado Fino	45
Tabla 12. Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso	45
Tabla 13. Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso	46
Tabla 14. Peso Específico del Agregado Fino	46
Tabla 15. Absorción del Agregado Fino	47
Tabla 16. Peso Específico del Agregado Grueso	47
Tabla 17. Absorción del Agregado Grueso	47
Tabla 18. Contenido de Humedad del Agregado Fino	48
Tabla 19. Contenido de Humedad del Agregado Grueso	48
Tabla 20. Diseño de Mezcla para 1 Bolsa de Cemento	49
Tabla 21. Cantidad de Muestras a Realizar	49
Tabla 22. Resistencia a la Flexión del Concreto sin Adición de Fibra POLYTWIST PT54	50
Tabla 23. Resistencia a la Flexión del Concreto con Adición de 2kg/m ³ de Macrofibra POLYTWIST PT54	51
Tabla 24. Resistencia a la Flexión del Concreto con Adición de 4kg/m ³ de Macrofibra POLYTWIST PT54	51
Tabla 25. Resistencia a la Flexión del Concreto con Adición de 6kg/m ³ de Macrofibra POLYTWIST PT54	52
Tabla 26. Resumen de Resultados para el Ensayo a Flexión con Cargas a Dos Tercios	52
Tabla 27. Resistencia a la Tracción Simple sin Adición de Macrofibra POLYTWIST PT54	54

Tabla 28. Resistencia a la Tracción Simple con Adición de 2 kg/m ³ de Macrofibra POLYTWIST PT54	55
Tabla 29. Resistencia a la Tracción Simple con Adición de 4 kg/m ³ de Macrofibra POLYTWIST PT54	55
Tabla 30. Resistencia a la Tracción Simple con Adición de 6 kg/m ³ de Macrofibra POLYTWIST PT54	56
Tabla 31. Resumen de Resultados para el Ensayo a Tracción por Compresión Diametral	56
Tabla 32. Presencia de Fisuración en Losa sin Adición de Macrofibra POLYTWIST PT54 - Primeras 24 h.....	58
Tabla 33. Presencia de Fisuración en Losa con Adición de 2 kg/m ³ de Macrofibra POLYTWIST PT54 - Primeras 24 h.....	59
Tabla 34. Presencia de Fisuración en Losa con Adición de 4 kg/m ³ de Macrofibra POLYTWIST PT54 - Primeras 24 h.....	59
Tabla 35. Presencia de Fisuración en Losa con Adición de 6kg/m ³ de Macrofibra POLYTWIST PT54 - Primeras 24 h.....	60
Tabla 36. Resumen de Longitud de fisuración y Porcentaje de Reducción por Tratamiento en las primeras 24h.....	60
Tabla 37. Presencia de Fisuración en Losa sin Adición de Macrofibra POLYTWIST PT54 – 7 días	62
Tabla 38. Presencia de Fisuración en Losa con Adición de 2kg/m ³ de Macrofibra POLYTWIST PT54 – 7 días.....	62
Tabla 39. Resumen de Longitud de Fisuración y Porcentaje de Reducción por Tratamiento a los 7 días	63
Tabla 40. Presencia de Fisuración en Losa sin Adición de Macrofibra POLYTWIST PT54 – 14 días	64
Tabla 41. Presencia de Fisuración en Losa con Adición de 2kg/m ³ de Macrofibra POLYTWIST PT54 – 14 días.....	65
Tabla 42. Resumen de Longitud de Fisuración y Porcentaje de Reducción por Tratamiento a los 14 días	66
Tabla 43. Presencia de Fisuración en Losa sin Adición de Macrofibra POLYTWIST PT54 – 28 días	67
Tabla 44. Presencia de Fisuración en Losa con Adición de 2 kg/m ³ de Macrofibra POLYTWIST PT54 – 28 días.....	68
Tabla 45. Resumen de Longitud de Fisuración y Porcentaje de Reducción por Tratamiento a los 28 días	69
Tabla 46. Pruebas de Normalidad Shapiro-Wilk para las Variables.....	71

Tabla 47. Prueba de Correlación de Pearson para Adición de Macrofibra y Flexión ...	71
Tabla 48. Prueba de Correlación de Pearson para Adición de Macrofibra y Tracción .	72
Tabla 49. Prueba de Correlación de Pearson para Adición de Macrofibra y Retracción	72
Tabla 50. Prueba T de Student para Adición de Macrofibra y Flexión	73
Tabla 51. Prueba T de Student para Adición de Macrofibra y Tracción	73
Tabla 52. Prueba T de Student para Adición de Macrofibra y Retracción.....	74
Tabla 53. Estimación de P-valor - Flexión	75
Tabla 54. Estimación de P-valor - Tracción.....	76
Tabla 55. Estimación de P-valor - Retracción	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variación de las proporciones usadas en concreto, en volumen absoluto....	13
Figura 2. Tipos de Fibras Metálicas.....	20
Figura 3. Tipos de Fibras Sintéticas	20
Figura 4. Esquema Orientativo del Proceso de Producción del Tejido	23
Figura 5. Esquema Orientativo de Fabricación de las fibras de Polipropileno	24
Figura 6. Macro fibra Sintética Polytwist PT54	26
Figura 7. Vista Esquemática de un Aparato Adecuado para la Prueba de Flexión del Hormigón por el Método de Carga del Tercer Punto	28
Figura 8. Ubicación del laboratorio de suelos.....	41
Figura 9. Ubicación de la cantera	42
Figura 10. Curva Granulométrica de Agregado Fino.....	43
Figura 11. Curva Granulométrica de Agregado Grueso	44
Figura 12. Resistencia a la Flexión vs Adición de Macrofibra a los 28 días.....	53
Figura 13. Resistencia a la Flexión vs Adición de Macrofibra a los 28 días.....	53
Figura 14. Resistencia a Tracción vs Adición de Macrofibra a los 28 días	57
Figura 15. Resistencia a Tracción vs Adición de Macrofibra a los 28 días	57
Figura 16. Longitud de Fisuras vs Adición de Macrofibra en las Primeras 24h.....	61
Figura 17. Longitud de Fisuras vs Adición de Macrofibra a los 7 días	64
Figura 18. Longitud de Fisuras vs Adición de Macrofibra a los 14 días	67
Figura 19. Longitud de Fisuras vs Adición de Macrofibra a los 28 días	70

ÍNDICE ANEXO

Anexo 1. Matriz de Consistencia	90
Anexo 2. Especificaciones técnicas de fibra sintética POLYTWIST PT54	91
Anexo 3. Ensayos de laboratorio.....	104
Anexo 4. Panel fotográfico.....	121
Anexo 5. Norma Técnica Peruana.....	132

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la adición de la fibra POLYTWIST PT54 Macro Synthetic Fiber Reinforcement en los comportamientos mecánicos del concreto, específicamente la Tracción y flexión, a su vez, ver su influencia en el proceso de retracción del mismo mediante la incorporación de distintos porcentajes de macrofibra sintética, utilizando POLYTWIST PT54 como macrofibra, cemento Yura Portland tipo IP, agregados de la cantera Arunta y agua de red pública. Se han realizado ensayos comparativos entre un concreto patrón sin adición de macrofibras y concretos con 2,0 kg/m³, 4,0 kg/m³ y 6,0 kg/m³. Estos ensayos se realizaron a los 28 días para obtener la resistencia última. En cuanto a los resultados, en el concreto en estado endurecido se logró determinar que la adición de macrofibras sintética tiene una influencia considerable en el aumento de la resistencia a la flexión y tracción, cumpliéndose que, a mayor porcentaje de macrofibra sintética adicionado, mayor es el aumento de la resistencia a la flexión y tracción, llegando a ver un incremento de hasta 18,76 kg/cm² y 6,44 kg/cm² respectivamente. Por otro lado, también se evidencio un gran aporte en cuanto al proceso de retracción del concreto viéndose reflejado en la disminución considerable de la fisuración de hasta un 97 %.

Palabras claves: Concreto; fibra sintética; propiedades mecánicas; resistencia.

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the effect of the addition of POLYTWIST PT54 Macro Synthetic Fiber Reinforcement fiber on the mechanical behavior of concrete, specifically Traction and bending, in turn, see its influence on the shrinkage process of the same through the incorporation of different percentages of synthetic macrofiber, using POLYTWIST PT54 as fiber, Yura Portland IP type cement, aggregates from the Arunta quarry and water public supply. Comparative tests have been carried out between a standard concrete without the addition of fibers and concrete with 2.0 kg/m³, 4.0 kg/m³ and 6.0 kg/m³. These tests were carried out at 28 days to obtain the ultimate strength. Regarding the results, in the concrete in the hardened state it was possible to determine that the addition of synthetic macrofibers has a considerable influence on the increase in resistance to bending and traction, fulfilling that, the higher the percentage of synthetic macrofiber added, the greater is the increase in resistance to bending and traction, reaching an increase of up to 18.76 kg/cm² and 6.44 kg/cm² respectively. On the other hand, a great contribution was also evidenced in terms of the concrete shrinkage process, being reflected in the considerable decrease in cracking of up to 97%.

Keywords: Concrete; Synthetic fiber; mechanical properties; resistance.

INTRODUCCIÓN

A raíz del creciente interés del uso de fibras en la industria del concreto (premezclado, prefabricado y/o lanzado) para todo tipo de usos estructural, dentro del ámbito internacional y nacional. Y a la escasa información y estudios con los que se cuentan en el ámbito local. La presente tesis busca determinar efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado en comparación con el concreto convencional.

Las fibras como adición en el concreto constituyen un refuerzo secundario que confiere propiedades al concreto en su estado plástico y endurecido. De esta manera se busca determinar la existencia de una influencia y/o relación entre la fibra, resistencia y retracción del concreto, por medio de ensayos de laboratorio. Se obtendrán resultados de los distintos tratamientos, concretos con adición de macrofibra POLYTWIST PT54 en 0, 2, 4 y 6 kg/m³, tanto para flexión, tracción y retracción, se trabajarán con testigos de concreto, vigas, probetas cilíndricas y losas respectivamente; y un diseño de mezcla de $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ para el global de muestras. La estructura de la investigación se divide en capítulos:

Capítulo I, abarca el planteamiento del problema donde se describe la problemática, el porqué de la investigación y se definen los objetivos e hipótesis, generales y específicos. El capítulo II, abarca el marco teórico donde se mencionan los antecedentes más concordantes a la presente investigación, las bases teóricas relacionadas a las variables y la definición de los términos identificativos del estudio. El capítulo III, marco metodológico, precisa el tipo y diseño de investigación, la muestra de estudio, las técnicas de recolección de datos y los análisis de datos a aplicar. El capítulo IV detalla los resultados, conforme a cada objetivo específico, en base a los datos obtenidos. El capítulo V, discusión de resultados, se interpretan los resultados respecto a los objetivos e hipótesis planteados y contrastan con anteriores investigaciones relacionadas al tema. Finalmente, se puntualizan las conclusiones y recomendaciones que dan el cierre y culminación de esta tesis.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema

El hombre desde el inicio de su existencia ha tratado de mejorar sus condiciones de vida y conseguir comodidad y seguridad, para ello se encuentra en una constante búsqueda de elementos y materiales que permitan efectuar construcciones que cumplan con estas exigencias.

Las fibras como refuerzo, para materiales frágiles, se han venido utilizado desde hace siglos, por ejemplo, se tiene registro de que en el año 1540 se utilizó para la construcción de una casa utilizando fibra de paja como refuerzo para el adobe.

En los últimos tiempos, se ha observado un aumento en la aplicación de fibras en una amplia variedad de materiales de ingeniería, como cerámicos, plásticos, productos cementantes y aquellos basados en yeso. El propósito principal de esta incorporación de fibras es mejorar diversas características, tales como la resistencia a la tensión y compresión, el módulo de elasticidad, la resistencia a la fatiga, el impacto y la abrasión, así como controlar fenómenos como el agrietamiento, la contracción y expansión. Además, las fibras también contribuyen a mejorar la durabilidad, la resistencia al fuego y las propiedades térmicas de los materiales mencionados. (ACI Committee, 2009)

Teniendo esto en cuenta, se sabe que una de las actividades económicas más importantes para el desarrollo de las ciudades, en todo el territorio de la nación, es el sector de la construcción.

En los primeros meses del año 2021, se registró un notable incremento del 41,9% en el valor del Producto Interno Bruto (PIB) de la industria de la construcción, considerando precios constantes en relación al año 2007. Este fenómeno se atribuye principalmente a la ejecución en mayor medida y en constante crecimiento de proyectos de construcción tanto en el ámbito público como privado, en consonancia con el plan estratégico de reactivación económica trazado. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2021), en el Informe Técnico Comportamiento de la Economía Peruana.

Así mismo, la gran cantidad de requerimientos de volúmenes de concreto procedentes, actualmente, de la industria de la construcción, nos obliga a que se realicen mejoras y/u optimizaciones, buscando un avance constante, en la tecnología

del mismo. Es por esto que, cada vez existe una mayor y creciente cantidad de investigaciones relacionadas a la aplicación de concretos reforzados con fibras.

"En definitiva el protagonismo se centra principalmente en los materiales fibrosos como telas, las maderas, el cartón, la guada, los sintéticos, los concretos reforzados con fibras sintéticas y los metes manejados como cables y elementos muy delgados. Pareciera que se abre paso un mundo tecnológico que se basa en el planteamiento de estructuras con gran trabajo a la tracción, con soluciones de poca masa estructural y por consiguiente más livianas, queriendo cuestionar a más antiguas soluciones constructivas cuyo trabajo estructural se basa en los principios de la compresión, con materiales con mucha masa de constitución granular y gran peso estructural" (Gomez, 2004, p. 145)

Sin embargo, no se cuenta con una gran cantidad de investigaciones locales referidos al tema.

Es importante destacar que durante más de tres décadas, ha habido un crecimiento constante y sólido en la utilización de fibras en morteros de cemento. Sin embargo, es sorprendente que se haya prestado escasa atención al empleo de fibras en mezclas de concreto convencionales, a pesar de los considerables beneficios que podrían brindar. (Muñoz, 2007, pág. 28):

Es así que nace la necesidad de buscar nuevas herramientas para mejorar las propiedades del concreto, que pueda ayudar a satisfacer las necesidades de la industria de la construcción. Por ello se plantea esta alternativa, para incrementar las posibilidades constructivas, esperanzados en que este trabajo permita dar a conocer esta técnica y contribuya a expandir su utilización, ya sea en el uso de prefabricados, concretos de alta resistencia, suelos industriales, pavimentos industriales, túneles, entre otros; empleando la macrofibra sintética como refuerzo en el concreto tradicional.

1.2 Formulación del problema

Como resultado de los argumentos presentados anteriormente, se formula el problema de la siguiente manera:

1.2.1 Problema General

¿Cuál es el efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional?

1.2.2 Problemas Específicos

- a. ¿Cuál es la influencia de la fibra de polipropileno en la resistencia a flexión y tracción del concreto reforzado respecto a uno convencional?
- b. ¿Cuál es el efecto de la dosificación de fibra de polipropileno en la resistencia a flexión y tracción del concreto reforzado respecto a uno convencional?
- c. ¿Como afecta la fibra de polipropileno en el proceso de retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional?

1.3 Justificación e importancia

1.3.1 Desde el punto de vista social

La presente investigación, desde el punto de vista social, servirá como una herramienta de información y discusión para futuras investigaciones.

Así mismo permitirá plantear una técnica diferente para la aplicación del concreto, aportando así a la necesidad de mejora y evolución que en los últimos años nos exige la industria de la construcción.

1.3.2 Desde el punto de vista científico.

Desde el punto de vista científico, el estudio permitirá determinar el efecto de la fibra de polipropileno sobre las propiedades mecánicas (flexión y tracción) y la retracción del concreto reforzado.

1.3.3 Desde el punto de vista económico

Desde el punto de vista económico, el estudio permitirá plantear una nueva posibilidad de uso del concreto, dando más opciones de aplicación y contribuir en la competitividad económica, reduciendo tiempos y materia prima.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a. Determinar la influencia la fibra de polipropileno en la resistencia a flexión y tracción del concreto reforzado respecto a uno convencional

- b. Determinar el efecto de la dosificación de la fibra de polipropileno en la resistencia a flexión y tracción del concreto reforzado respecto a uno convencional
- c. Determinar el efecto de la fibra de polipropileno en el proceso de retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis General

La fibra sintética tiene algún efecto en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.

1.5.2 Hipótesis Específicos

- a. La fibra de polipropileno influye en la resistencia a flexión y tracción del concreto reforzado respecto a uno convencional
- b. La dosificación de fibra de polipropileno tiene efecto sobre la resistencia a flexión y tracción del concreto reforzado respecto a uno convencional
- c. La fibra de polipropileno tiene efectos sobre el proceso de retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional

1.6 Tipo de estudio

Aplicada

1.7 Nivel de investigación

Correlacional

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Antecedente Internacional

Mohod (2015) desarrollo el siguiente trabajo de investigación “Performance of Polypropylene Fibre Reinforced Concrete.” 10.9790/1684-12112836 Publicado en la India en “IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)”, Se llevó a cabo una investigación centrada en analizar el impacto de la inclusión de fibras de polipropileno en la resistencia del concreto. En dicho estudio, se emplearon agregados compuestos por arena de río como material fino y piedra angular de 20 mm como material grueso, asegurándose de que los agregados estuvieran libres de polvo antes de su utilización en la mezcla de concreto.

Se implementaron fibras finas de polipropileno, específicamente monofilamentos, con una longitud de fibra de 6,20 mm en el contexto de la investigación. El objetivo principal de este estudio consistió en evaluar el impacto de la incorporación de fibras de polipropileno en diferentes dosis (0 %, 0,5 %, 1 %, 1,5 % y 2 %) en mezclas de concreto con resistencias de diseño de 30 y 40 MPa. Se llevaron a cabo ensayos en el concreto bajo condiciones de curado variadas, incluyendo curado en tanque húmedo y curado en condiciones irregulares. Inicialmente, se observó que la condición de curado irregular presentaba una mayor resistencia a la compresión en comparación con el curado en tanque húmedo. Sin embargo, a medida que transcurría el tiempo, se observó una disminución en la resistencia, sin alcanzar niveles satisfactorios en comparación con el curado en tanque húmedo. En consecuencia, se concluyó que el curado juega un papel fundamental para obtener una mayor resistencia. A su vez, las fibras de polipropileno (PPF) demostraron reducir la contracción temprana y la pérdida de humedad en la mezcla de hormigón, incluso al utilizar fracciones de PPF de bajo volumen. Se determinó que a medida que se incrementaba el porcentaje de fibra añadida al concreto, se reducía el asentamiento. Además, las tasas de dosificación de volumen por encima del 1,0 % resultaron en un concreto significativamente más rígido y de difícil compactación. Sin embargo, también se observó una disminución en el sangrado y la segregación en la mezcla de concreto. Tras el análisis, se determinó que la dosis óptima de fibra fue del 0,5 %, ya que esta proporción incrementaba significativamente la resistencia a la tracción y flexión del concreto.

Kakooei et al. (2012) en su investigación "The effects of polypropylene fibers on the properties of reinforced concrete structures" Publicado en Malasia en la revista científica "Construction and Building Materials", estudió el efecto de la adición de fibras de polipropileno sobre las propiedades de resistencia a la compresión, la permeabilidad y la resistividad eléctrica del concreto. Se incorporaron dosis de fibra de polipropileno de 0, 0,5, 1,5 y 2 kg/m³, utilizando una relación agua/cemento de diseño de 0,48. Se concluyó que la permeabilidad a los 30 días se redujo significativamente en valores de 0,082, 0,061, 0,007 y 0,007 (/10¹⁶ m²) para el concreto con adiciones de 0, 0,5, 1,5 y 2 kg/m³, respectivamente. Basándose en los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión, se observó que la resistencia del concreto aumentó proporcionalmente al incremento en las relaciones de volumen de fibras de polipropileno, siendo las proporciones de 1,5 y 2 kg/m³ las que mostraron los valores más altos de resistencia. En términos de resistividad eléctrica, las dosis de 1 y 1,5 kg/m³ exhibieron los valores más altos en comparación con las otras dosis, lo cual tiene un impacto directo en la reducción de la corrosión de las barras de refuerzo. En conclusión, las muestras con un contenido de fibras de 1,5 kg/m³ mostraron resultados óptimos en comparación con las demás muestras en este estudio.

López Román (2015) en su tesis "Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: influencia del tipo y consumo de fibra adicionado" para optar el grado de Maestro en Ingeniería presentado a la Universidad Nacional Autónoma de México, Se incorporaron dosis de fibra de polipropileno de 0, 0,5, 1,5 y 2 kg/m³, utilizando una relación agua/cemento de diseño de 0,48. Se concluyó que la permeabilidad a los 30 días se redujo significativamente en valores de 0,082, 0,061, 0,007 y 0,007 (/10¹⁶ m²) para el concreto con adiciones de 0, 0,5, 1,5 y 2 kg/m³, respectivamente. Basándose en los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión, se observó que la resistencia del concreto aumentó proporcionalmente al incremento en las relaciones de volumen de fibras de polipropileno, siendo las proporciones de 1,5 y 2 kg/m³ las que mostraron los valores más altos de resistencia. En términos de resistividad eléctrica, las dosis de 1 y 1,5 kg/m³ exhibieron los valores más altos en comparación con las otras dosis, lo cual tiene un impacto directo en la reducción de la corrosión de las barras de refuerzo. En conclusión, las muestras con un contenido de fibras de 1,5 kg/m³ mostraron resultados óptimos en comparación con las demás muestras en este estudio.

Dávila (2010) en su trabajo titulado "Efectos de la adición de fibra de polipropileno sobre las propiedades plásticas y mecánicas del concreto" para optar el grado de Maestro en Ingeniería presentado a la Universidad Nacional Autónoma de México, llevó a cabo un estudio para investigar el efecto de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades del concreto. Se elaboraron mezclas de concreto utilizando dos tamaños de agregado grueso, $\frac{3}{4}$ " y $\frac{3}{8}$ ". En cada caso, se crearon cuatro mezclas incorporando 0, 1, 3 y 5 kg/m³ de fibra de polipropileno tipo monofilamento no fibrilada. Los parámetros utilizados en el diseño fueron un revenimiento de 10 cm y una resistencia a la compresión de 300 kg/cm² a los 28 días. En cuanto a las propiedades plásticas, se observó que la incorporación de fibra de polipropileno en la mezcla de concreto genera una disminución en el revenimiento a medida que aumenta el contenido de fibra. En la mezcla con 5 kg/m³ de fibra, fue necesario utilizar un superplastificante. Sin embargo, tanto el peso unitario como el contenido de aire no presentaron cambios significativos. En el ensayo de contracción plástica, se encontró que la adición de fibra reduce el índice de grietas. En cuanto a las propiedades mecánicas, se determinó que la resistencia a la compresión disminuye a medida que aumenta el contenido de fibra. Para las mezclas con agregado de $\frac{3}{4}$ ", la reducción de resistencia es del 5 % para una dosis de 1 kg/m³ y aumenta al 9 % para una dosis de 3 kg/m³. Para las mezclas con agregado de $\frac{3}{8}$ ", se observa una disminución del 5 % para una dosis de 5 kg/m³. En los ensayos de flexión, se encontró que el mayor incremento en resistencia se obtuvo en la mezcla con agregado de $\frac{3}{4}$ " y una dosis de 5 kg/m³, representando el 11 % de la resistencia a la compresión a los 28 días. Para la mezcla con agregado de $\frac{3}{8}$ ", la resistencia a la flexión fue el 14 % de la resistencia a la compresión a los 28 días.

Manzano (2014) En su tesis "Evaluación del Efecto en la Contracción del Concreto con Fibras Estructurales de Polipropileno" para optar el título profesional de Ingeniero Civil presentado a la Pontificia Universidad Javeriana, realizó un estudio para examinar el comportamiento de los concretos adicionados con fibras y su potencial para prevenir fenómenos perjudiciales que reducen la durabilidad de los elementos de concreto elaborados. Además, se explicaron los fenómenos relacionados con la contracción del concreto que pueden ser mitigados mediante el uso de fibras en la mezcla. Los parámetros utilizados en el diseño incluyeron un asentamiento de 22,50 cm, una relación agua/cemento de 0,58, un contenido de aire del 2% y una resistencia a la compresión especificada de 210 kg/cm². La proporción de los agregados fue de 44% de arena, 31% de grava gruesa y 25% de grava fina. Con el fin de determinar el efecto de las fibras estructurales de polipropileno en la contracción del concreto, se realizaron cinco tipos de mezclas de la siguiente manera: concreto convencional

(CONV), concreto con nylon incorporado (N), concreto con 3,2 Kg/m³ de fibras de polipropileno, concreto con 2,8 Kg/m³ de fibras de polipropileno, y concreto con 1,8 Kg/m³ de fibras de polipropileno. Se llegó a la conclusión de que las mezclas con cantidades de fibras de polipropileno entre 2,4 Kg/m³ y 2,8 Kg/m³ son altamente efectivas en la mitigación de las fisuras causadas por la contracción plástica, reduciendo en un 80% el área afectada por dichas fisuras. El resultado final de estas mezclas es superior en comparación con el uso de malla electro soldada como refuerzo. Además, se observó que el ancho promedio de las fisuras en el concreto se reduce en más del 95% cuando se añaden 3,2 Kg/m³ de fibras de polipropileno, y estas fisuras no son fácilmente visibles debido a sus características, lo que las hace aceptables estéticamente. En cuanto a las propiedades mecánicas, se concluyó que las fibras de polipropileno no presentan un efecto beneficioso en el comportamiento mecánico de la mezcla en términos de resistencia a la compresión, pero su resistencia a la flexión permite que el material continúe soportando carga después de la aparición de fisuras.

2.1.2 Antecedente Nacional

Quispe & Ticona (2017) en su tesis "Influencia de la incorporación de fibras de polipropileno en concreto permeable $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ", para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana Unión, Juliaca. Argumentan que la inclusión de fibras de polipropileno en el diseño de mezcla de concreto permeable con una resistencia especificada ($f'c$) de 210 kg/cm² mejora las propiedades de resistencia a la compresión, desgaste por abrasión e impacto. Sin embargo, en términos de permeabilidad y contenido de vacíos, se observa una tendencia a la reducción a medida que aumenta la cantidad de fibras de polipropileno añadidas. Se concluye que la resistencia a la compresión del concreto permeable elaborado con agregado grueso Huso 7 (1/2 in - N° 4) a los 7, 14 y 28 días es mayor que los resultados obtenidos con agregado grueso Huso 8 (3/8 in - N° 8). Por lo tanto, se puede afirmar que el diseño óptimo de la mezcla, basado en el tamaño del agregado grueso, es aquel que contiene el agregado grueso de mayor tamaño. Asimismo, se determina que la adición de fibras de polipropileno en dosificaciones del 10, 25, 40 y 55 % respecto al peso del cemento, resulta en un aumento en la resistencia a la compresión y en el desgaste por abrasión e impacto del concreto permeable. Los resultados obtenidos se encuentran en un rango de 187,57 - 216,77 kg/cm² y 22,89 - 28,12 % respectivamente. La dosificación del 40 % de fibras de polipropileno se identifica como la óptima, ya que presenta una resistencia a la compresión promedio de 216,77 kg/cm² y un desgaste por abrasión e impacto del 25,12 %. Por otro lado, en el diseño de mezcla con adición de fibras de polipropileno,

las propiedades de contenido de vacíos y permeabilidad no muestran incrementos significativos, encontrándose en un rango de 17,21 - 18,62 % y 0,285 - 0,354 cm/s respectivamente. Finalmente, se observa que la mezcla 7 con agregados naturales presenta resultados superiores a la mezcla 5 con agregados artificiales en ambos casos, utilizando un 40 % de fibras de polipropileno. Esta dosificación de fibras de polipropileno arroja los resultados más óptimos con agregados artificiales en la fase II del proyecto, con una resistencia a la compresión máxima de 229,11 kg/cm² para la mezcla 7 a los 28 días.

Armas (2016) en su trabajo de investigación “Efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico”, para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Señor de Sipán. Determino los efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas (asentamiento, contenido de aire, peso unitario, temperatura y potencial de fisuración) y mecánicas (compresión y flexión) del concreto hidráulico en un proyecto realizado en la región de Lambayeque. Se llevaron a cabo adiciones de fibra en dosis de 0, 200, 300 y 400 gr/m³ de concreto, con resistencias a la compresión de 175, 210 y 280 kg/cm². Se concluyó que la adición de fibra de polipropileno produce una disminución considerable en el asentamiento y el contenido de aire del concreto. Sin embargo, el peso unitario y la temperatura del concreto no presentaron cambios significativos. En cuanto al potencial de fisuración, se observó que a mayor dosis de fibra, se produce una mayor inhibición de las fisuras causadas por la contracción plástica. En relación a los efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades mecánicas del concreto hidráulico (compresión y flexión), ambas propiedades mostraron incrementos aproximados del 3 % y 14 % respectivamente a los 28 días. Para una dosis de 400 gr/m³, se obtuvieron resistencias a la compresión de 187,23, 216,32 y 307,93 kg/cm², en comparación con las resistencias patrón de 175, 210 y 280 kg/cm² respectivamente. En cuanto al módulo de rotura a flexión, se obtuvieron resistencias de 39,48, 47,54 y 48,34 kg/cm² para los diseños patrón de 175, 210 y 280 kg/cm² respectivamente. Los análisis estadísticos demostraron que solo el aporte a la flexión resultó ser significativo en este estudio.

Flores & Pacompia (2015) en su tesis “Diseño de mezcla de concreto permeable con adición de tiras de plástico para pavimentos f’c 175 kg/cm² en la ciudad de puno”, para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional del Atiplando. En su trabajo usaron dos diseños de mezcla que difieren en el tamaño del agregado grueso utilizado, con el objetivo de buscar las mejores características, como

una resistencia a la compresión adecuada y permeabilidades apropiadas. Se llegó a la conclusión de que la resistencia a la compresión del Concreto Permeable, elaborado con el diseño óptimo, aumenta en un 16,7 % y 4,2 % al agregar Tiras de Polipropileno en un 0,05 % y 0,10 % respectivamente. Sin embargo, al incorporar las tiras en un 0,15 %, la resistencia a la compresión disminuye en un 10,7 %. Se concluye que el porcentaje óptimo de incorporación de Tiras de Polipropileno es del 0,05 % en relación al peso total de los materiales del diseño de mezcla. Además, se observa que el contenido de vacíos del diseño de concreto permeable, en todos los casos estudiados, es menor en comparación con el contenido de vacíos en los estados fresco y endurecido. La adición de tiras de polipropileno hace que los valores del contenido de vacíos en el estado fresco tiendan a reducirse a medida que se incrementa el porcentaje de tiras agregadas. Se observa un escenario similar en el estado endurecido.

Valera (2017) en su tesis "Incorporación de fibras de polipropileno (sikaFiber Force pp48) para mejorar las propiedades plásticas y mecánicas en un concreto con resistencia a la compresión 28Mpa para el departamento de lima", para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Cesar Vallejo. En su trabajo investiga los efectos de la adición de fibras de polipropileno en el concreto con una resistencia de 28 MPa, que se considera uno de los diseños más utilizados en el departamento de Lima. Según el manual de fibras de la fabricante Sika, las fibras de polipropileno pueden clasificarse en función de sus características, propiedades mecánicas y tipos. Por otro lado, según Mendoza Javier y Dávila, las propiedades del concreto pueden dividirse en mecánicas (en estado endurecido) y plásticas, y se pueden clasificar según su composición, estado fresco y estado endurecido. Además, este estudio se enmarca dentro de la investigación aplicada, ya que busca construir, actuar, modificar y comprender la realidad problemática actual. El diseño del estudio es experimental, lo que implica la manipulación de variables de estudio para controlar los cambios en el comportamiento de otras. Durante el proceso de elaboración de las muestras, se evaluaron las propiedades y características estructurales del concreto. Se ensayaron un total de 24 probetas (6 testigos por cada diseño) que fueron curadas en una poza y posteriormente se sometieron a ensayos a los 3, 7, 14 y 28 días respectivamente. Como resultado, se llegó a la conclusión de que el diseño con una dosis de 4 kg/m³ de concreto presentó un asentamiento óptimo de 0.75 pulgadas, lo que reduce el asentamiento en un 80 %. Además, el contenido de aire se redujo en un 28 % en estado plástico. En cuanto a las propiedades en estado endurecido (mecánicas), se observó un incremento del 3 % en la resistencia a la compresión y del 18 % en la resistencia a la flexión a una edad de 28 días.

Garcia (2007) en su tesis "Verificación de la dosificación de fibras sintéticas para neutralizar las fisuras causadas por contracción plástica en el concreto", para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Ricardo Palma. Llevó a cabo un estudio para determinar el rendimiento de las fibras sintéticas de polipropileno (Fibermesh) en la mitigación de fisuras de contracción plástica al agregar un aditivo tipo D (Poliheed 770R) al concreto. El diseño de la mezcla se realizó utilizando cemento Portland tipo I "sol" con diferentes relaciones agua/cemento de 0,60, 0,65 y 0,70. Se creó un concreto patrón con aditivo tipo D en una dosis del 0,33 % del peso del cemento, y se incorporaron fibras Fibermesh en diversas dosificaciones de 600, 700, 800 y 900 gr/m³. Los resultados indican que hay una disminución mínima en el peso unitario al agregar fibras, siendo la más baja con 600 gr/m³, y una ligera recuperación al utilizar 900 gr/m³. El contenido de aire aumenta con la incorporación de fibras y la relación agua/cemento, con valores que oscilan entre el 2,40 % y el 2,65 %. En cuanto al asentamiento, los concretos patrones presentan valores más altos, siendo de 5", 5 ¾" y 5 ½" para las relaciones agua/cemento de 0,60, 0,65 y 0,70 respectivamente, mientras que se obtuvieron valores más bajos al agregar 900 gr/m³, con un rango de 3" a 4" de Slump. En términos del control de fisuración, se logró reducir hasta un 50 % utilizando únicamente el aditivo tipo D en comparación con el concreto patrón sin aditivo, y esta reducción se neutralizó por completo al agregar 800 gr/m³ para relaciones agua/cemento de 0,70 y 0,65, y 900 gr/m³ para la relación de 0,60. En cuanto a la resistencia a la compresión, se observó un aumento considerable en los primeros 7 días para el concreto patrón con aditivo en comparación con el concreto patrón sin aditivo, con incrementos del 30 % al 50 %. A los 14 días, se registró un aumento del 20 % al 40 %, y a los 28 días, un incremento del 10 % al 30 %. También se observó una disminución de la resistencia al agregar fibras, con una pérdida de resistencia de hasta un 6 % para la relación agua/cemento, una caída de hasta un 7 % para la relación de 0,65, y una disminución de hasta un 12 % para la relación de 0,70, estos valores corresponden a una edad de 28 días. En cuanto a la resistencia a la tracción por compresión diametral, esta disminuye al aumentar la relación agua/cemento, mientras que en las muestras con fibras se observó un incremento de hasta un 20 %. En la resistencia a la flexión, se encontró que a mayor contenido de fibra, disminuye el módulo de rotura, pero se recupera la resistencia para dosificaciones de 800 y 900 gr/m³, presentando una disminución de resistencia de hasta un 13 %, 11 % y 12 % para las relaciones agua/cemento de 0,60, 0,65 y 0,70 respectivamente. El módulo de elasticidad aumenta ligeramente con 600 gr/m³, pero luego desciende hasta los valores más bajos con 800 gr/m³, para luego volver a subir ligeramente en el patrón de 900 gr/m³.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Concreto

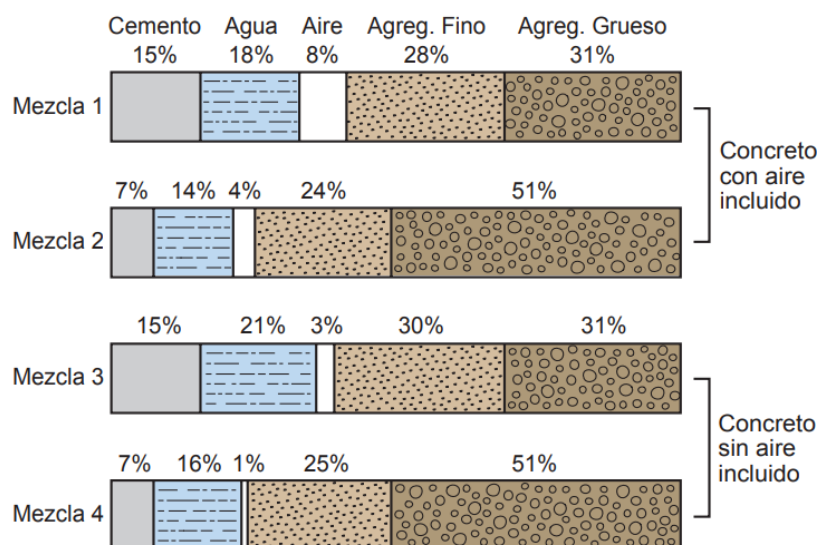
El concreto u hormigón es básicamente la mezcla de una pasta y agregados: la pasta compuesta por cemento y agua, que por medio de una reacción química une los diferentes agregados, comúnmente se usa grava y arena, la grava puede ser piedra triturada, chancada, seleccionada o pedrejón; dando como resultado una masa, que, por la reacción química sufrida entre el cemento y agua, en un tiempo determinado endurece y toma una forma similar a la de una roca. (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

2.2.1.1 Concreto Común

Al concreto común cuenta con cuatro componentes, tal como se muestra en la figura 1, en base a la variación de proporciones según el diseño de mezcla tenemos cemento, agua, agregado (fino y grueso) y aire.

Figura 1

Variación de las proporciones usadas en concreto, en volumen absoluto



Nota. Variación de las proporciones usadas en concreto, en volumen absoluto. En Diseño y control de mezclas de concreto (p. 1), por

Kosmatka et al. 2004, México, 2004 Portland Cement Association.
Primera edición.

Los materiales cementantes, agua y aire conforman la pasta la misma que representa aproximadamente del 25 % al 40 % del volumen total de concreto, constando el cemento el 7 % al 15 %, el agua entre el 14 % al 21 % y el aire atrapado oscilando entre los 4 % y 8% del volumen total del concreto. Así mismo los agregados, sean finos o gruesos, aproximadamente constituyen del 60 % al 75% del volumen total del concreto (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

Cemento

Los cementos son conglomerantes cuya naturaleza inorgánica mineral proviene de una fuente artificial, que mediante el proceso de molido y en base a los usos deseados, son amasados con agua, formando pastas que en su proceso de secado se endurecen por las reacciones químicas que se da entre sus constituyentes (hidrolisis e hidratación), para finalmente dar como resultado productos hidratados mecánicamente estables y resistentes. (Neville & Brooks, 2010)

Unas de las características más importantes que tiene el cemento es la capacidad de que al mezclarse con una cierta cantidad de agua crea una pasta con grandes propiedades adhesivas y cohesivas, estas mismas le permiten, que en combinación con materiales de procedencia rocosa (agregados) formen el material comúnmente llamando hormigón o concreto, el mismo que en las últimas décadas viene siendo el material más usado en el mundo de la construcción. La función del cemento que primeriza en una mezcla de hormigón es brindarle una lubricación adecuada permitiendo la fluidez y mejorando la trabajabilidad de esta misma cuando se encuentra en su estado fresco, y a su vez dotarle de una dureza que permita soportara las sollicitaciones de resistencia que se desee obtener en un concreto en estado sólido.

La función primordial del cemento en dicha combinación de mezcla radica en conferirle fluidez y lubricación durante su estado fresco, al mismo tiempo que le brinda la resistencia apropiada una vez que el concreto alcanza su estado sólido. (Abdev Merrys & Blanco Posse, 2002).

Cemento Portland

Según la norma (Norma Técnica Peruana 334.009, 2022) es un “cemento hidráulico que se produce mediante la pulverización del Clinker que este compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulico y que generalmente contienen sulfatos de calcio, y pudiendo este, eventualmente, contener caliza como adición durante la molienda”.

Así mismo los clasifica en los siguientes tipos:

- **Tipo I:** No requiere propiedades específicas, Para Uso general,
- **Tipo II:** Representa una moderada resistencia a los sulfatos, Para uso general;
- **Tipo II (MH):** su uso este enfocado en un mesurado calor de hidratación y mesurada resistencia a los sulfatos, Para uso general,
- **Tipo III:** Cuando el requerimiento sea las de muy altas resistencias en sus fases iniciales;
- **Tipo IV:** Cuando se busque un mínimo calor de hidratación;
- **Tipo V:** Cuando el requerimiento sea de alta resistencias a los sulfatos.

Durante el proceso de producción del cemento Portland, se emplean materias primas como la cal, la sílice, la alúmina y el óxido de hierro. Estos componentes son sometidos a altas temperaturas en un horno, con el objetivo de alcanzar un estado de equilibrio químico. Como resultado de este proceso, se generan escorias, también conocidas como clinker. Posteriormente, estas escorias son molidas, dando lugar a la obtención del cemento final (Neville & Brooks, 2010).

Los principales componentes que forman el cemento, desde su proceso de fabricación hasta su uso comercial, se dividen en sus distintos porcentajes de cal, sílice, alúmina, oxido de hierro entre otros cuyo compuesto químico se muestra en la tabla 1.

Tabla 1

Principales Componentes del Cemento Portland

Compuesto	Composición Química	Abreviatura
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
Silicato bicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A

Ferroaluminato tetracálcico	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF
--------------------------------	---	-----------------------

Nota. Adaptada de Neville & Brooks, 2010

Agregados

Son materiales que nacen de un procedencia natural o artificial, generadas por procesos mecánicos en la tierra o en algunas canteras, varían de tamaños y uno de los mayores usos que se les da es de componente importante en la fabricación de la mezcla de concreto u hormigón. (Rivva, 2000)

Los agregados conforman más del 70 % del volumen de un metro cubico de concreto, logrando que sea un componente de construcción muy económico (Sánchez, 2001; Rivva, 2000; Niño, 2010).

La forma de los agregados es de vital importancia a la hora de definir el uso que se les quiera dar, pudiendo verse reflejado a posteriori en propiedades como la resistencia, trabajabilidad, cohesividad, tenacidad entre otros.

Niño (2010) afirma que, los agregados definen su calidad mediante el origen, distribución granulométrica, forma, densidad y superficie.

Abanto (s.f.) afirma que: Los agregados naturales se clasifican en:

- a. Agregados finos siendo estos arena fina y arena gruesa
- b. Agregados gruesos siendo estos grava y piedra (p.23).

Según su tamaño: Para la clasificación de los agregados naturales, uno de los métodos más usados es por su tamaño, conocido también como granulometría, los tamaños pueden variar desde fragmentos muy pequeños (milímetros) hasta unos más grandes (varios centímetros), para tal proceso usamos lo referido en la tabla 2.

Tabla 2*Clasificación de Agregados Según su Tamaño*

Tamaño de las Partículas en mm (Tamiz)	Denominación Corriente	Clasificación	Clasificación como Agregado para Concreto
<0,002	Arcilla	Fracción muy fina	No recomendable
0,002 – 0,074 (No. 200)	Limo		
0,075 – 4,76 (No. 200) – (No. 4)	Arena	Agregado fino	
4,76 – 19,1 (No. 4) – (3/4")	Gravilla	Agregado grueso	Material apto para producir concreto
19,1 – 50,8 (3/4") – (2")	Grava		
50,8 – 152,4 (2") – (6")	Piedra		
> 152,4 (6")	Rajón Piedra bola		

Nota. Adaptada de Niño Hernández, Jairo René. Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezclas.

Agregado fino

Se considera agregado fino a aquel material conglomerante que proveniente de la desintegración de las rocas, en el proceso geológico, resultando en partículas más pequeñas por acción de fenómenos dados por la naturaleza mientras que, de manera artificial, procedentes de las canteras los cuales deben de pasar el tamiz NTP 9.4mm (3/8") y cumplir con lo establecido en la norma (NTP 400.037, 2021).

Granulometría

La granulometría viene siendo, preferentemente, uniforme y continua, con valores retenidos que van desde las mallas N° 4 hasta la N° 100 de la Serie Tyler. Siendo recomendable los siguientes límites (Rivva Lopez, 2000). Mostrados en la tabla 3.

Tabla 3*Limites de Granulometría para el Agregado Fino*

Tamiz		% que pasa
3/8"	9,5 mm	100
Nro. 4	4,75 mm	95 a 100

Nro. 8	2,36 mm	80 a 100
Nro. 16	1,18 mm	50 a 80
Nro. 30	600 um	25 a 60
Nro. 50	300 um	10 a 30
Nro. 100	150 um	0 a 10

Fuente: Adaptada de la Norma NTP 400.037, 2021.

Para el agregado fino no se deberá exceder el 45% retenido entre dos tamices que se encuentren consecutivos indicados en la tabla anterior. (Salaguero Girón, 2004).

Para la clasificación de la arena según su tipo y módulo de finura tenemos la tabla 4.

Tabla 4

Clasificación de la Arena por su Módulo de Finura

Tipo	Módulo de Finura
Gruesa	2,9 – 3,2 gramos
Media	2,2 – 2,9 gramos
Fina	1,5 – 2,2 gramos
Muy Fina	1,5 gramos

Fuente: Adaptada de la NTP 400.037, 2021.

Salaguero (2004), afirma que: para el módulo de finura no será menor de 2,3 ni mayor de 3,1 y si existe una varianza de más del 0,20 del valor asumido al seleccionar las proporciones para concreto, estos deberán ser rechazados a menos que se realicen ajustes adecuados con el objetivo de compensar la diferencia existente de graduación.

Agregado grueso

Es el material cuya procedencia viene de la desintegración de la roca, de origen volcánico, en partículas más pequeñas mediante acciones naturales y de manera artificial en plantas u canteras, y que según la norma nacional (NTP 400.037, 2021) deben de pasar el tamiz 4.75 mm (N° 4). Las mismas que estarán conformadas por partículas de canto rodado o redondeadas.

Granulometría

Los límites a los que se verá sometido, para su aceptación, el agregado grueso se ven reflejados en la tabla 5, para mallas de la Serie Tyler.

Tabla 5

Límites de Granulometría para el Agregado Grueso

Tamaño Nominal	% que pasa por las siguientes mallas							Nro.4	Nro.8
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"			
2"	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0.50	-	
1 1/2"	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0.50	-	
1"	-	100	95-100	-	25-60	-	0.10	0.50	
3/4"	-	-	100	90-100	-	20-55	0.10	0.50	
1/2"	-	-	-	100	90-100	40-70	0.15	0.50	
3/8"	-	-	-	-	100	85-100	10.30	0.10	

Fuente: Adaptada de la Norma NTP 400.037, 2021.

2.2.2 Concreto reforzado con fibra

Se considera al concreto reforzado con fibras (CRF) aquel concreto que en su composición cuenta con los elementos característicos de un concreto convencional más la adición de una fibra, las cuales pueden ser estructurales y no estructurales y se clasificarían por ser de acero, poliméricas u otras fibras inorgánicas.

Las fibras, como adición, son elementos de longitud corta y de característica de sección pequeña que se incorporan a la masa del hormigón con el fin de conferirle ciertas propiedades específicas buscando su mejoría. (Código Estructural - 08, 2021).

En la Figura 2 se muestran los diferentes tipos de fibras que existen en el mercado cuyo uso se da en la industria de la construcción.

Figura 2*Tipos de Fibras Metálicas*

Nota: Tomada de sdluke.en.alibaba.com, Stainless steel fiber for concrete reinforcement, steel fiber price

En la figura 3 podemos apreciar los diferentes tipos de fibras sintéticas que existen hoy en el mercado, diferenciadas por su procedencia, tamaño y longitud.

Figura 3*Tipos de Fibras Sintéticas*

Nota: Tomada de Made-in-China.com, Synthetic Monofilament PP Fiber for Concrete Reinforcement

2.2.3 Fibra sintética

Las fibras sintéticas son de procedencia, generalmente, de productos pétreos, es decir que su composición es totalmente química ya que tanto la sinterización como la producción de la hebra es producto de la intervención humana, caso contrario con las fibras naturales que nacen en un entorno netamente natural. (Mendoza, Aire, & Dávila, 2011)

Su fabricación procede de materiales como el acrílico, nylon, aramida, poliéster, carbón, polietileno y polipropileno, estas dos últimas son las más usadas en la industria de la construcción. Una de las características más resaltantes de las fibras sintéticas es su alta resistencia a la tensión, dentro de las cuales existen dos tipos de clasificación: las de alto módulo de elasticidad y las de bajo módulo de elasticidad

Dentro de las ventajas que aporta el uso de fibras sintéticas en el concreto, una de las más importantes es: “en estado endurecido, el incremento de la tenacidad y de la resistencia al impacto y, en el estado fresco, el control de la contracción plástica. Adicionalmente, controla la aparición de fisuras durante la vida útil de la estructura y brinda mayor resistencia a la fatiga” (Mendoza, Aire, & Dávila, 2011).

2.2.3.1 Fibra de polipropileno

La fibra de polipropileno o conocida por las siglas (PPF), es una fibra sintética de tipo polímero lineal, debido a su proceso de obtención, ya que se da por la polimerización del propileno.

Según Muñoz (2011) son “fibras continuas o discontinuas de polipropileno embebidas en una matriz plástica”

Dentro de las ventajas con las que goza este tipo de fibra tenemos:

- Peso ligero, debido a su bajo peso específico que rinda los (0.9 g/cm³) por lo mismo, para la obtención del mismo se requiere de una menor cantidad de materia base.
- Por su compatibilidad con muchos procesos de fabricación de productos en diferentes aplicaciones es uno de los materiales más versátiles
- Por su bajo costo y gran cantidad de usos lleva una gran relación costo-beneficio

- Muy buenas propiedades mecánicas ya que el polipropileno llega a contar con un increíble balance en cuanto a la rigidez e impacto
- Es muy resistente a solventes comunes por lo mismo goza de buena resistencia química
- Resistente a altas temperaturas (150) ya que goza de una excelente estabilidad dimensional
- Muy buena impermeabilidad, no permite el paso fácil de los líquidos

Fabricación

Partiendo de un proceso de refinado del petróleo, se logra obtener un producto gaseoso (propeno), el mismo que se da por la polimeriza con del propileno, con el uso de un catalizador y teniendo en cuenta la temperatura y presión deseada, se da producto a da producto al polipropileno.

Fages (2013) “El polipropileno se obtiene a partir de la polimerización del propileno (2-propeno)”

Para la obtención del propileno suelen usarse 3 métodos:

- En masa: cuando el reactor dentro de sus componentes so cuneta con el propileno en su estado líquido, el catalizador y el Polipropileno producto.
- En Suspensión: a diferencia del anterior en este método se le añade un diluyente inerte, este es considerado en método más complejo por lo mismo ya no se construyen plantas que funcionen con él.
- En fase Gas: Para este método el propileno es inyectado en fase gas de esta manera se busca conservar al catalizador en suspensión, formándose así un lecho de consistencia fluida. A medida que el Polipropileno va tomando forma sobre las partículas del catalizador, éstas comienzan a modificar su densidad, lo mismo que obliga a que abandonen el lecho una vez culminado la función.

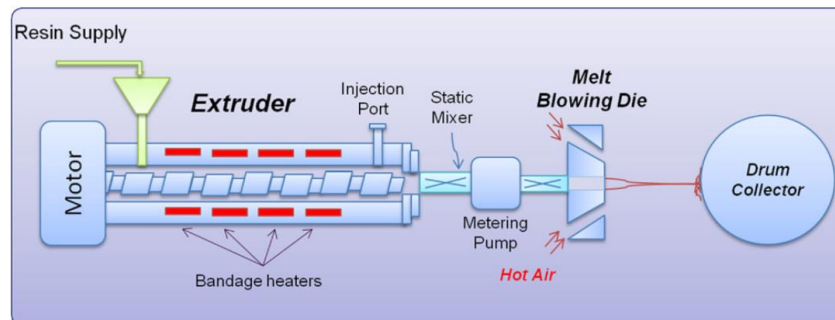
Una vez obtenido el propileno se pasa al proceso de extrusión donde se obtiene una inmensa cantidad de artículos continuos, como pueden ser los tubos usados para la grifería, chapas, fibras varias, entre otras.

Para obtención del tejido de propileno se siguen una serie de procesos en la industria de fabricación pasando por un proceso de extrusión mediante el uso de

máquinas diseñadas para la fabricación final del hilo, en la figura 4 se muestra de como es que sucede este proceso.

Figura 4

Esquema Orientativo del Proceso de Producción del Tejido



Nota. Obtenido de Fabrication of nanofiber meltblown membranes and their filtration properties, Schematic drawing of the MB process.

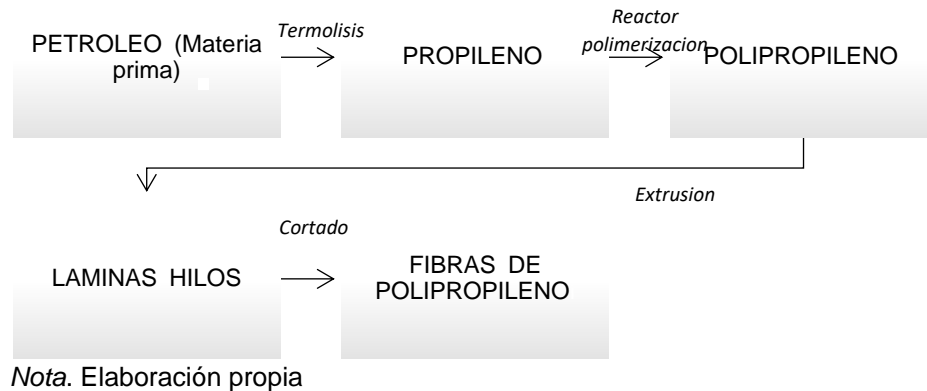
Como paso siguiente se realiza el secado con el objetivo de extraer por completo el exceso de agua que cargan por el proceso anterior y de esta manera dotar de las propiedades necesarias para cubrir las solicitudes a las aplicaciones a las que se verá usado.

Como último paso se da la transformación final, en este proceso se le otorgara al hilo el formato deseado por el fabricante para su posterior comercialización.

Para la fabricación de las fibras de polipropileno se siguen una serie de procesos desde la obtención de su materia prima que es el petróleo hasta su producto final que zona las mismas fibras, en la siguiente figura 5 se simplifica el flujo de procesos.

Figura 5

Esquema Orientativo de Fabricación de las fibras de Polipropileno



Fibra de polipropileno Monofilamento

Las fibras catalogadas como monofilamento se dan mediante el proceso de extracción, es en esta fase cuando se define si van a ser mono o multifilamento, mediante el uso de un trazado en calor que pasa por un disco circular se generan fibras filamentosas continuas pero separadas, es decir de un solo bloque pudiendo estar agrupadas mas no unidas, pueden ser por esta misma diferencia catalogadas como onduladas o fibriladas. (Muñoz Cebrián, 2011)

Su uso en la construcción se da como un sustituto de la maya electrosoldada comúnmente utilizada en sistema tradicional, así mismo, en usos específicos pudiendo remplazara el uso de varillaje y fibras metálicas. Gozando de características que le brindan un plus sobre estas, su capacidad de ser anticorrosivas, antimagnéticas y dependiendo del tipo de composición que goce la fibra, 100 % a prueba de álcalis.

Otras de sus bondades es la reducción significativa en el proceso de encogimiento plástico, propio del concreto, algunos estudios afirman su aporte en cuanto a las sollicitaciones a resistencia tanto para flexión, tracción e impacto. Dentro de sus cualidades más representativas está la de proporcionar una dispersión adecuada en la mezcla, en uso por bombeo del concreto, felicitando de esta manera el manejo y la colocación, reduciendo drásticamente el efecto rebote que suelen darse con el uso de otras fibras como las metálicas, en cuanto a la colocación resulta mucho más práctica que el uso de varillas o malas electrosoldadas.

Las fibras de monofilamento destacan por su resistencia excepcional y su capacidad de adherencia sobresaliente con el hormigón. Estas fibras poseen la

capacidad de transmitir eficazmente los esfuerzos, al tiempo que eliminan cualquier inquietud relacionada con la colocación precisa del refuerzo. A diferencia de las fibras de acero, las fibras de monofilamento no se corroen, son completamente inmunes a los campos magnéticos y ofrecen una protección total contra los efectos alcalinos. (Muñoz, 2011).

Fibra de polipropileno Multifilamento

Las fibras catalogadas como multifilamento se dan mediante el proceso de extracción, al igual que el monofilamento, median con la diferencia de que el trazado en calor que pasa por un disco circular genera un hilo con muchas hebras continuas e integradas, es decir que se dan en un bloque estando agrupadas y unidas, también pueden estar conformadas por el junte de varias fibras monofilamento en forma de trenzado. (Muñoz Cebrián, 2011)

Las fibras multifilamento, para el uso en el concreto, son diseñadas y producidas de forma especial, ya que su composición de multifilamento reacciona con el contacto de una superficie distribuyéndose de forma aleatoria dentro de esta misma, en el concreto por lo descrito anteriormente, forma una red tridimensional con una distribución uniforme a lo largo de toda su geometría y/o volumen.

Esto mismo le permite tener un alto control en la aparición de fisuras que se dan en el proceso de retracción superficial en concretos. De la misma forma reduce la aparición de nuevas fisuras el crecimiento de las mismas y su ensanchamiento, según algunos estudios, el uso de estas fibras, incrementan el índice de tenacidad del concreto, la resistencia al impacto y mejora drásticamente la fragilidad del mismo.

“Logra sustituir la armadura tradicional la misma que es destinada a absorber las tensiones que se generan durante el fraguado y endurecimiento del hormigón” (Muñoz, 2011).

Macrofibra de polipropileno Polytwist PT54

Es una fibra elaborada en base a copolímero/polipropileno 100 % virgen, su presentación consta de fibras de monofilamento entrelazadas entre sí, utilizada normalmente para el refuerzo de hormigón estructural. Su estructura de alto rendimiento ofrece una alta durabilidad a la corrosión y ácido/álcali. (Polyfiber, 2020)

Entre sus beneficios, nos ofrece:

- Excelente dispersión dentro del concreto otorgando una mejor adherencia con la mezcla.
- Proporciona durabilidad a largo plazo sin riesgo de corrosión.
- Previene grietas por contracción y proporciona refuerzo térmico.
- Mayor resistencia a roturas, impactos y abrasión.
- Soporta estructuras de hormigón expuestas a niveles extremos de hielo-deshielo.
- Mantiene el concreto firmemente unido para soportar ambientes ácidos y alcalinos a largo plazo.
- Proporciona ductilidad, alta absorción de energía y tenacidad a la flexión.
- Elimina la necesidad de mallas de acero y fibras de acero al otorgar resistencia estructural a la tracción por flexión al concreto.

En la figura 6 se muestra como es la fibra usada en el presente trabajo, se puede observar su forma y conformación por su tipo, en este caso una fibra sintética fibrilada.

Figura 6

Macro fibra Sintética Polytwist PT54



Nota: obtenido de Polyfibers All About Fibers, Polipropilen Elyaf San, Istanbul.

2.2.4 Dosificación

Dosificación es el acto y el efecto de determinar una dosis: una porción o cantidad de algo (Pérez & Gardey, 2020). por lo tanto, la dosificación generalmente se refiere al suministro de dosis individuales como parte de un tratamiento y generalmente suelen ser administradas en una cantidad fijada por unidad de tiempo o volumen.

Según Videla & Lopez (2002) la dosificación “tiene como objetivo determinar las proporciones de los materiales componentes del hormigón, de manera que sus propiedades cumplan con ciertos requisitos. En hormigones normales son dos las propiedades que interesan definir, trabajabilidad y resistencia”.

2.2.5 Propiedades mecánicas del concreto

2.2.5.1 Flexión del concreto

La flexión es un tipo de deformación que puede presentar un objeto generado a partir de la aplicación de fuerzas en la dirección perpendicular a la del eje longitudinal general del mismo, de esta manera el elemento sufre una deformación generalmente traducida en el doblamiento de este mismo, como suelen darse en los elementos estructurales como son las vigas, placas y laminas, ya que estos suelen estar sometidos a cargas de flexión mecánica durante su funcionamiento o cumplimiento estructural.

Pérez & Merino (2009) es “la deformación que sufre un elemento estructural que es alargado en dirección perpendicular a su eje longitudinal.”

Generalmente los elementos cuya función a desempeñar es la de resistir cargas que someten al elemento a flexión son diseñadas a fallar por tensión, ya que este es el tipo de colapso más adecuado dado que se prioriza el desarrollo de la ductilidad del elemento.

“Los elementos sometidos a flexión casi siempre fallan por compresión del concreto” (Harmsen, 2002).

2.2.5.2 Resistencia a la Flexión del Concreto

La resistencia a la flexión es considerada como una medida más de la resistencia a la tracción del concreto, es la medida que se da por la falla generada por el momento en una viga o losa de concreto (García Ccallocunto, 2012).

Viga Simple Cargada a Tercios de Luz

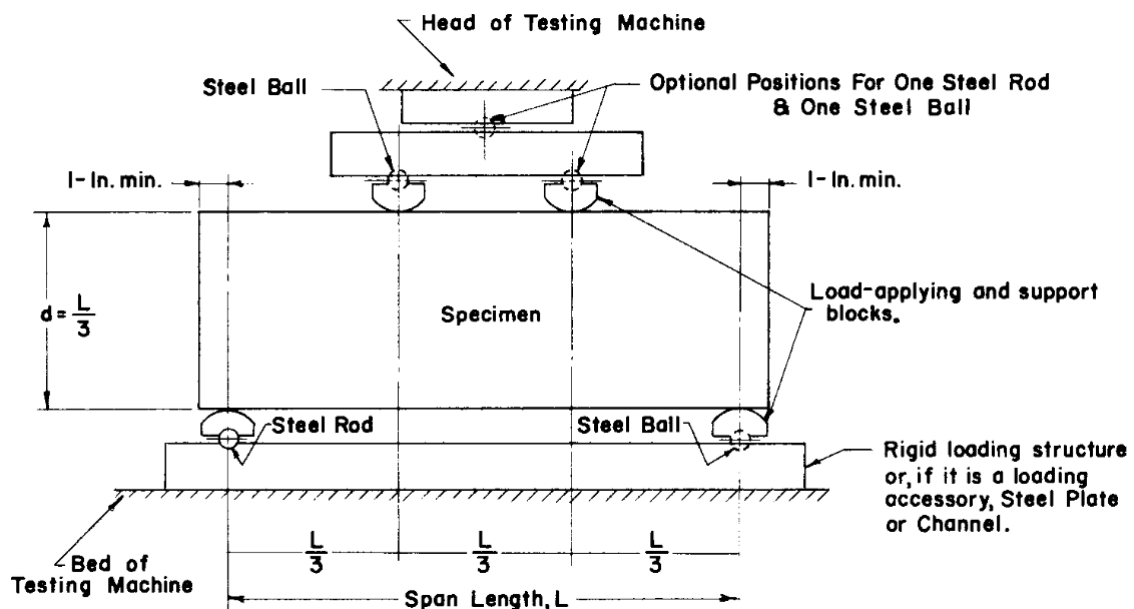
El presente método busca como objeto establecer el correcto proceso para la obtención del módulo de rotura, expresada en MPa (lb/pulg²), de una viga. Mediante la aplicación de fuerzas puntuales a los dos tercios de la luz total del elemento, ensayadas en base a lo determinado en la norma (NTP 339.078, 2022). Así mismo, La norma recomienda el uso de este método para la construcción de losas de concreto y pavimentos.

Sobre el aparato, testigo, prueba y precisión, nos basaremos en lo establecido en la norma descrita anteriormente, más detalles en el anexo 5.

En la figura 7 se muestra las especificaciones del ensayo y la máquina, así como la ubicación y correcta colocación del elemento a ensayar.

Figura 7

Vista Esquemática de un Aparato Adecuado para la Prueba de Flexión del Hormigón por el Método de Carga del Tercer Punto



Nota. Tomada de ASTM C78-2, Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading), 2002

Para el cálculo de la razón de carga (Módulo de rotura) usaremos la fórmula descrita en la ecuación 1.

$$r = \frac{(S \cdot b \cdot d^2)}{L} \quad (1)$$

Donde:

r = razón de carga, MN/min (lb/min),

S = razón de incremento de esfuerzos MPa/min (psi/min),

b = ancho promedio del espécimen, mm (plg),

d = altura promedio del espécimen, mm (plg),

L = longitud entre apoyos, mm (plg).

2.2.5.3 Tracción del concreto

Según Ottazzi (2004) afirma que la resistencia en tracción directa, es una magnitud muy variable. Dado que la resistencia a la tracción directa del concreto (f_t) varía entre el 8 y el 15 % respecto de la de la resistencia en compresión (f'_c). Es importante la resistencia a la tracción del concreto debido a que tanto la resistencia al corte, la adherencia del concreto y acero y la fisuración por retracción y temperatura son dependientes de esta. Así mismo, los resultados dependen mucho del tipo de ensayos que se utilicen. así también, considerando que el ensayo en tracción directa es complejo de ejecutar por razones como el tamaño de la probeta, la baja resistencia con la que cuenta el concreto, por su extrema fragilidad cuando se ve sometido a estas sollicitaciones y por lo difícil que es aplicar cargas sin que se produzcan concentraciones de esfuerzos que puedan distorsionar los resultados.

Cosas como el tipo de agregado y la existencia de esfuerzos transversales a los de tracción son factores que influyen mucho en la resistencia a la tracción del concreto estos mismos se desarrollan más rápidamente y evidencian más en prueba de resistencia a la compresión (pag.16).

Para determinar la resistencia a la tracción del concreto, de manera indirecta, tenemos los siguientes ensayos:

- Módulo de Rotura (f_r): o también conocido como ensayo de tracción por flexión, es la prueba que da una medida indirecta medida en ft. La misma se obtiene del ensayo de rotura de un testigo prismático de concreto simple, con dimensiones aproximadas de 6"x6"x18" con una carga constante simplemente apoyada, y distribuida a los tercios.

- Split Test (fsp): También conocido como Ensayo Brasileño o Ensayo de Compresión Diametral. El ensayo se realiza hasta la rotura del testigo (probeta cilíndrica) con medidas estándar de 6"x12" cargada diametralmente (a lo largo de un lado). Los esfuerzos que se ejercen a lo largo de la cara diametral vertical varían yendo de la generación de compresiones transversales muy altas que se generan cerca de las zonas donde se aplican las cargas a esfuerzos de tracción, siendo las mismas, casi uniformes en prácticamente las dos terceras partes del diámetro evaluar.

La resistencia a la tracción constituye aproximadamente un 8 % a 15 % de la resistencia a la compresión siendo está muy inferior.

Para determinar el parámetro a tracción no se suele usar ensayos directos ya que se presencian dificultades en el proceso y más que todo los efectos secundarios que pueden llegar a generar los dispositivos de carga (Harmsen, 2002).

- El primero, llamado prueba brasilera o split-test. La prueba consiste en aplicar una carga lateralmente en el cilindro estandarizado, a lo largo de uno de sus diámetros ejerciendo una carga constante hasta el rompimiento de esta misma.
- Como segundo método se tiene la evaluación de la resistencia a tracción mediante el uso de pruebas a flexión. Para dicho ensayo se usan vigas con secciones transversales cuadradas, en base a normativa, pudiendo ser de 6" (15 cm) de lado y la longitud de extensión de la viga aproximadamente unos 70 cm, los apoyos se deberán de ubicar a los 60 centímetros centrales, la misma que se verá sometida a una carga ejercida a los 2 tercios de luz existente entre los apoyos. La falla se produce, o debería de producirse, entre los en los cuales fueron aplicados las cargas.

Resistencia a la tracción indirecta

Según la norma (NTP 339.084, 2017) La prueba de resistencia a tracción indirecta suele utilizarse en los diseños de elementos estructurales que cuentan con concretos ligeros,

con el fin de evaluar la resistencia al esfuerzo cortante del mismo y a su vez ver la longitud de refuerzo que necesitara para cubrir las exigencias.

De la prueba: el procedimiento se basa en la aplicación de un esfuerzo (carga) de compresión, efectuada de manera constante, en toda la longitud del lado del testigo cilíndrico de concreto, la velocidad debe ser estipulada previamente y ser aplicada hasta que evidencie la falla. Esta fuerza genera un esfuerzo de tracción al otro lado de la cara baja del elemento y un considerable y elevado esfuerzo de alrededor de la carga aplicada. La falla generada por tracción se da antes que se manifieste la de compresión ya que las áreas de aplicación de carga se ven sometidos a un estado de compresión triaxial, lo que permite a su vez el soporte de esfuerzos de compresión mayores a los que se generarían en un ensayo de compresión uniaxial.

En cuanto al aparato, testigo, prueba y precisión, nos basaremos en lo establecido en la norma descrita anteriormente, más detalles en el anexo 5.

Para el cálculo de la resistencia a la tracción indirecta utilizaremos la siguiente formula dada en la ecuación 2.

$$T = \frac{2P}{\pi ld} \quad (2)$$

Donde:

T = Resistencia a la tracción indirecta, MPa,

P = Máxima carga aplicada nos lo indicada la máquina de ensayo, N,

l = Longitud, mm

d = Diámetro, mm,

2.2.6 Retracción del concreto

(Ottazzi Pasino, 2004) Se puede llamar al proceso de acortamiento que experimenta el concretó cuando se endurece o seca, como retracción o contracción del mismo. Debido principalmente a la pérdida del exceso de agua que sufre producto de la evaporación. Se sabe que el agua suministrada a la mezcla de concretó suele ser hasta el doble de lo requerido con el fin de lograr una hidratación adecuada del cemento, así mismo, el exceso de agua es denominado como aguadé amasado o de mezclado.

La retracción se da en tres diferentes formas:

- a. Por Secado, producto de la pérdida de humedad que se da en el concreto.
- b. La Autógena o auto generada, se manifiesta por la acción de hidratación del cemento, y por último;
- c. La retracción por Carbonatación.

Debido a los cambios de volumen y dimensiones que sufre, y a los que se ve expuesto, el concreto, principalmente a la pérdida de humedad por la pérdida durante su proceso de endurecimiento y secado, y al contar con una armadura o estar fijado en sus extremos, limitando su movilidad, es que sufre el proceso de fisuración, tendiendo a rajarse. Proceso que no experimentan aquellos elementos que son vaciados bajo agua debido a que están en constante contacto con la humedad no sufren pérdida de la misma.

Harmsen (2002) “La contracción de se debe a la pérdida de humedad durante el endurecimiento y secado del concreto.”

Existen otros tipos de contracción, la contracción generada por carbonatación, está en condiciones específicas puede llegar a tener un comportamiento de igual magnitud que se evidencian en las deformaciones por secado.

Unos de los principales motivos que se relacionan con la contracción del concreto son:

- Relación agua/cemento: uno de los principales y más importantes motivos debido al exceso de agua disponible para ser evaporada hay una tendencia mayor a sufrir contracción
- Relación volumen/superficie del elemento de concreto: Debido a que la superficie en contacto con el ambiente es la que está más expuesta a sufrir evaporación, y por las grandes y rápidas pérdidas de agua que experimenta, las deformaciones producto de la contracción se den incrementadas.
- Humedad relativa del ambiente: Debido a la existencia de estas dos diferentes humedades, la evaporación tiende a ser mayor, por lo mismo, si el ambiente al que se ve expuesto el concreto, es muy húmedo, la evaporación se verá reducida.

- Porcentaje de refuerzo: El refuerzo interno que se le da al concreto impide el movimiento generado por cambios de volumen dados por la contracción del mismo, un exceso de refuerzo, por ende, restringe la contracción y genera un número mayor de grietas.
- Tipo de cemento utilizado: Los cementos de tipo IV (cuando se busque un bajo calor de hidratación) como los de fragua rápida que son utilizados en la elaboración de concretos dan como resultado una mayor tendencia a la contracción en estos mismos.
- Agregados: el tamaño de los agregados es muy importante en el proceso de contracción del concreto ya que un agregado de mayor tamaño restringe la contracción mientras que a más pequeño sea la contracción se ve incrementada, así mismo el módulo de elasticidad de los agregados y el aspecto de los mismo limitan la contracción.
- Aditivos: se cuentan con aditivos que logran expandir el concreto, así mismo, el uso del cloruro de calcio como de las puzolanas incrementan la contracción.
- Cantidad de cemento: la cantidad de cemento presente en las mezclas es muy importante e influyente en el proceso de contracción, ya que, a mayor sea la concentración de esta la contracción será mayor.
- Tamaño de la pieza de concreto: si elemento es de gran tamaño, representa un mayor volumen de concreto, sufrirá menor contracción debido a que la humedad demora mucho más en salir a la superficie, cumpliéndose así un proceso de desecación más lento.

Sobre la prueba: Se representa mediante una clasificación de fisura y grieta en función de su ancho y longitud, teniendo como base la tabla 6.

Tabla 6

Clasificación de Fisuras y Grietas en Función a su Ancho

Clasificación por Ancho (e)	
Microfisuras	$e < 0.05\text{mm}$
Fisuras	$0.1 < e < 0.2\text{mm}$
Macrofisuras	$0.2 < e < 0.4\text{mm}$
Grietas	$0.4 < e < 1.0\text{mm}$
	$e \geq 1.0\text{mm}$

Nota. Adaptado de "Entendiendo a Las fisuras y Grietas en Las Estructuras de Concreto", Artículo Técnico Nro.6, Sotomayor, 2020.

2.3 Definición de Términos

2.3.1 Concreto

Es una piedra artificial que está sujeta a esfuerzos internos que equilibran las cargas y otras acciones accidentales que reciben las construcciones durante su vida de servicio (Solís, Moreno, & Arjona, 2012).

2.3.2 Resistencia

La resistencia es la capacidad que tienen los elementos estructurales de aguantar los esfuerzos a los que están sometidos sin romper. Depende de muchos factores entre los que destacan el material empleado, su geometría y el tipo de unión entre los elementos (Torres Búa, 2014).

2.3.3 Fibra

Las fibras son elementos de corta longitud y pequeña sección que al adicionar al concreto se espera que mejore ciertas propiedades específicas de la mezcla siempre y cuando las fibras tengan ciertas características para cuando estén distribuidas en el concreto mejoren las propiedades esperadas (Sepúlveda Lozano, 2011).

2.3.4 Dosificación

Es el proceso de selección de ingredientes más adecuados y en base a una combinación conveniente, con la finalidad de obtener un producto que goce de características y consistencia deseadas y que cumpla con los requisitos indicados previamente por el diseñador. (Navarro Tello, 2011).

2.3.5 Cemento

Es el componente activo con mayor presencia del concreto y casi siempre presenta el costo valor unitario más elevado de la mezcla. El uso adecuado del cemento en dosificación y selección, es fundamental para de forma económica alcanzar las propiedades deseadas de una mezcla de concreto (Rivva Lopez, 2000).

2.3.6 Agregado

Se define como agregado (grueso y fino) al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial (Rivva Lopez, 2000).

2.3.7 Agua

El agua es el componente esencial para el proceso de mezcla del concreto y mortero, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante (Rodríguez J., 2015).

2.3.8 Curado

El curado del concreto es uno de los principales medios para garantizar que el material alcance sus propiedades deseables (Solís, Moreno, & Arjona, 2012).

2.3.9 Fisuras

Las fisuras son aberturas que aparecen por cambios de humedad, cambios en temperatura y por tensiones, afectando solo a la superficie de la estructura, no suelen pasar el 1mm de ancho (Sotomayor C., 2020).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diseño de investigación

Según la composición de los objetivos, el presente trabajo conto con un diseño de investigación experimental.

Para el diseño se trabajó conforme al siguiente esquema:

Objetivo específico 1:

Flexión:

El diseño conto con cuatro (4) tratamientos cada uno con una dosificación especifica a tres (3) repeticiones respectivamente, haciendo un total de 12 pruebas.

Tracción:

El diseño conto con cuatro (4) tratamientos cada uno con una dosificación especifica a tres (3) repeticiones respectivamente, haciendo un total de 12 pruebas.

Objetivo específico 2:

Flexión:

Se trabajó con los datos obtenidos en el diseño anterior.

Tracción:

Se trabajó con los datos obtenidos en el diseño anterior.

Objetivo específico 3:

El diseño conto con cuatro (04) tratamientos, cada uno con una dosificación especifica a una repetición respectivamente, haciendo un total de 4 pruebas.

3.2 Acciones y actividades

Objetivo específico 1: Determinar la influencia la fibra de polipropileno en la resistencia a flexión y tracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.

Para determinar el efecto de la fibra de acero en la resistencia a flexión y tracción del concreto reforzado respecto a uno convencional se realizó 12 probetas cilíndricas y 12 probetas rectangulares, repartidas en tres (04) tratamientos tanto para las pruebas a flexión y tracción, al tratamiento uno (SF-D0) con tres (03) repeticiones no se le añadió

macrofibra POLYTWIST PT54, al tratamiento dos (CF-D1) con tres (03) repeticiones se le añadió macrofibra POLYTWIST PT54 en una cantidad de 2 kg/m^3 , respecto a su volumen, al tratamiento tres (CF-D2) con tres (03) repeticiones se añadió macrofibra POLYTWIST PT54 en una cantidad de 4 kg/m^3 , respecto a su volumen; y finalmente al tratamiento cuatro (CF-D3) se le añadió macrofibra POLYTWIST PT54 en una cantidad 6 kg/m^3 , respecto a su volumen; todas las pruebas se realizaron a los 28 días, al cabo de ello se medirá la resistencia del concreto mediante el uso de una compresora hidráulica.

Siendo:

(SF-D0) Tratamiento sin fibra – Dosificación 0

(CF-D1) Tratamiento con fibra – Dosificación 1

(CF-D2) Tratamiento con fibra – Dosificación 2

(CF-D3) Tratamiento con fibra – Dosificación 3

- Análisis de la resistencia a la flexión del concreto

Se realizará mediante la metodología del ensayo a flexión con carga a tercios de luz usando una compresora hidráulica a presión constante (Mármol, 2010).

- Determinación de la resistencia a tracción de concreto

Se realizará mediante la metodología del ensayo de compresión diametral indirecta usando una compresora hidráulica a presión constante (Mármol, 2010).

Objetivo específico 2: Determinar el efecto de la dosificación de la fibra de polipropileno en la resistencia del concreto reforzado.

Para evaluar el efecto de la dosificación de fibra de polipropileno en la resistencia del concreto se tomaron como datos los resultados obtenidos en el desarrollo de la acción anterior.

Objetivo específico 3: Determinar el efecto de la fibra de polipropileno en el proceso de retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.

Para evaluar el efecto de la fibra de polipropileno en el proceso de retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional se realizó 4 testigos rectangulares, repartidas en cuatro (04) tratamientos, al tratamiento uno (SF-D0) con una repetición no se le añadió macrofibra POLYTWIST PT54 respecto a su volumen, al tratamiento dos

(CF-D1) con una repetición se le añadió macrofibra POLYTWIST PT54 en una cantidad de 2 kg/m³, respecto a su volumen, al tratamiento tres (CF-D2) con una repetición se le añadió macrofibra POLYTWIST PT54 en una cantidad de 4 kg/m³, respecto a su volumen, al tratamiento cuatro (CF-D3) con una repetición se le añadió macrofibra POLYTWIST PT54 en una cantidad de 6 kg/m³, respecto a su volumen; las observaciones se realizaron a las primeras 24 h de haber sido elaboradas y a los 7, 14 y 28 días, al cabo de esos tiempos se tomaron registro de los testigos mediante el uso de tablas de recolección de datos y cámara fotográfica.

Siendo:

(SF-D0) Tratamiento sin fibra – Dosificación 0

(CF-D1) Tratamiento con fibra – Dosificación 1

(CF-D2) Tratamiento con fibra – Dosificación 2

(CF-D3) Tratamiento con fibra – Dosificación 3

- Método de observación directa estructurada

Se realizará mediante la metodología de observación directa “es aquella en la cual el investigador puede observar y recoger datos mediante su propia observación” (Tamayo y Tamayo, 2003).

3.3 Materiales y/o instrumentos

3.3.1 Materiales

- Cemento, Portland YURA tipo I.
- Fibra Sintética, macrofibra POLYTWIST PT54.
- Agregado Grueso, extraído de la cantera Arunta.
- Agregado Fino, extraído de la cantera Arunta.
- Agua potable, de la red potable de la ciudad de Tacna.
- Cuadros de Recolección de Datos, elaborados en Excel.

3.3.2 Instrumentos

- Compresora Hidráulica
- Moldes para Testigos de Concreto
- Cámara Fotográfica
- Mezcladora
- Balanza analítica digital
- Horno
- Varilla Compactadora

- Pala
- Taras metálicas
- Bandejas metálicas
- Recipientes
- Brocha
- Espátula
- Escalímetro

3.4 Población y/o muestra de estudio

3.4.1 Población

Según Vara Horna (2012) la población es el conjunto de todos los individuos (objetos, personas, documentos, data, eventos, empresas, situaciones, etc.) a investigar, también es el conjunto de sujetos o cosas que tienen una o más propiedades en común, se encuentran en un espacio o territorio y varían en el transcurso del tiempo.

La población destinada para esta investigación serán el conjunto de cilindros de concreto (testigos) ensayadas según (NTP 339.084, 2017), vigas de concreto ensayadas según la (NTP 339.078, 2022) y las Losas de Concreto.

3.4.2 Muestra

Hernández, Fernández, & Baptista (2014) señalan que, la muestra es un subgrupo de la población del cual se recolectan los datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población.

El número de muestras diseñadas, para el objetivo 1, por cada ensayo que es de doce (12) especímenes, nueve (09) con adición de macrofibra POLYTWIST PT54, repartidas en los tratamientos de 2,4 y 6 kg/m³ respectivamente, y tres (03) sin adición de macrofibra POLYTWIST PT54, haciendo un total de veinticuatro (24) muestras. Para el objetivo 2, la muestra representativa será la misma que en el objetivo 1, ya que se trabajarán con los datos obtenidos de los ensayos realizados en el objetivo 1. Para el objetivo 3, se realizaron cuatro (04) tratamientos con sus respectivas dosificaciones. Todas las pruebas se realizarán a los 28 días.

Se elaboraron y ensayaron un total de veintiocho (28) muestras de concreto, las mismas que serán curadas en laboratorio, se distribuyen de la siguiente manera:

Probetas circulares:

- Resistencia a la tracción. (12)

Probetas rectangulares:

- Resistencia a la flexión. (12)

Losetas de concreto:

- Retracción del concreto. (4)

3.5 Operacionalización de variables

En la tabla 7 se muestra el esquema para la operacionalización de las variables.

Tabla 7

Operacionalización de Variables

Variable	Definición Operacional	Dimensión	Indicador
Variable Independiente:			
Fibra de Polipropileno	Distintas adiciones de fibra que se le hace a la mezcla del concreto	Diferentes tratamientos	Kg/m ³
Variable dependiente:			
Flexión y Tracción	Capacidad máxima de carga que resiste un material antes de llegar a su límite de ruptura.	Testigos de concreto	Kg/cm ²
Retracción	La deformación tridimensional que sufre el concreto durante el proceso de endurecimiento y secado	Losas de concreto	% Fotografías

Nota. Elaboración propia.

3.6 Procesamiento y análisis de datos

El estudio de análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional. Se realizó mediante el coeficiente de determinación con a un 95% de confiabilidad y se complementará con gráficas y cuadros generados en el software Microsoft Excel.

La influencia de la variable independiente fibra de polipropileno sobre la resistencia y retracción del concreto reforzado, se realizó mediante la prueba estadística t de Student a un 95% de confiabilidad mediante el software estadístico IBM SPSS Statistics.

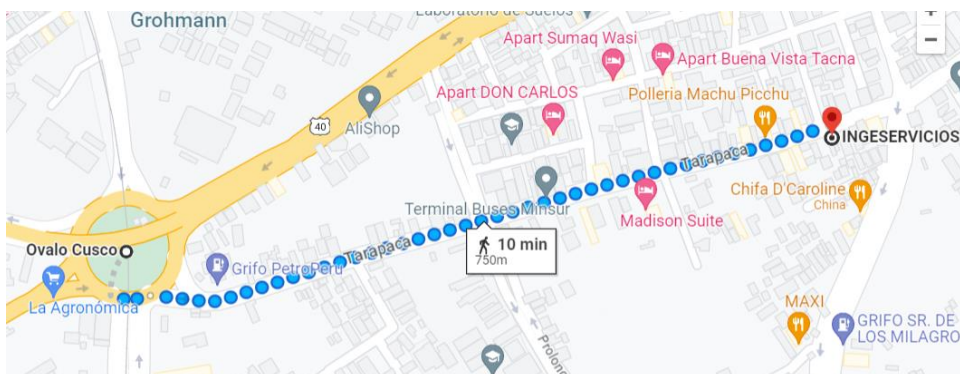
3.7 Procedimiento y análisis de datos

El desarrollo de las actividades para la elaboración de este trabajo se realizó de la siguiente manera:

- Como primer paso, se realizó una revisión bibliográfica de todo lo relacionado al trabajo de investigación siguiendo como fuentes, libros, tesis, artículos de revistas, estudios previos, entre otros.
- Se prosiguió con el estudio de campo.
- Se hizo una visita al laboratorio de suelos, concreto y pavimentos de la empresa IngeServicios, donde se realizarán los ensayos necesarios para la presente investigación. La ubicación del laboratorio está situada en Av. Collpa Nro. 8, sector Pago Olanique Distrito de Gregorio Albarracín – Tacna. Como referencia el ovalo cusco.

Figura 8

Ubicación del laboratorio de suelos

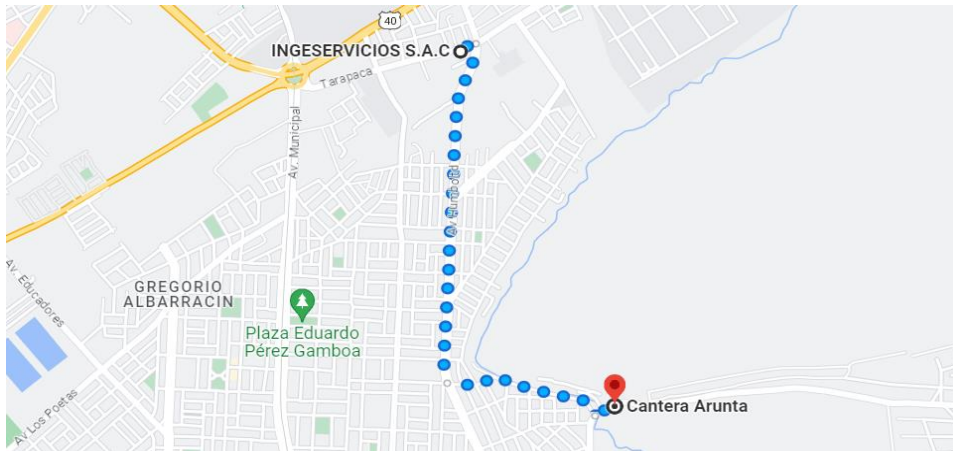


Nota. Obtenido de Google Maps (Google, s.f.)

- Se realizó una búsqueda de la empresa que nos suministrara la fibra de polipropileno para posteriormente adquirirla.
- Se recolectaron los agregados, tanto finos como gruesos, en la cantera Arunta.

Figura 9

Ubicación de la cantera



Nota. Obtenido de Google Maps (Google, s.f.)

- Una vez obtenidos los agregados de la cantera y la fibra sintética se procedió a realizar el traslado de los materiales al almacén del laboratorio.
- Se empezó con la realización de los ensayos necesarios para la obtención del diseño de mezcla.
- Se acordaron las fechas y horas para elaborar los testigos de concreto probetas cilíndricas, vigas y losas.
- En base a las fechas de elaboración de los testigos, post 28 días de curado completamente sumergido, se procedió a la roturade los testigos, probetas y vigas, recolectando los datos necesarios para el estudio posterior.
- Así mismo, y en el tiempo de curado de las probetas y vigas se procedió a recolectar los datos de las losas de concreto mediante el uso de tablas y fotografías.
- Se hizo las consultas necesarias a los técnicos, jefe de laboratorio y asesor para proseguir con el desarrollo de la tesis.
- Finalmente, dio paso con el trabajo de escritorio, organizando la información recolectada y suministrada por el laboratorio, realizando cuadros y tablas de los resultados obtenidos para incluirlos y concluir con el informe de tesis.

Lo descrito anteriormente se detalla mejor a continuación, en base a los resultados obtenidos en el laboratorio.

3.7.1 Análisis granulométrico

Se representan los resultados de los ensayos de granulometría tanto para el agregado fino como para el agregado grueso en la Tabla 8 y Tabla 9 respectivamente. Así mismo, en la Figura 10 y Figura 11 las curvas granulométricas.

Tabla 8

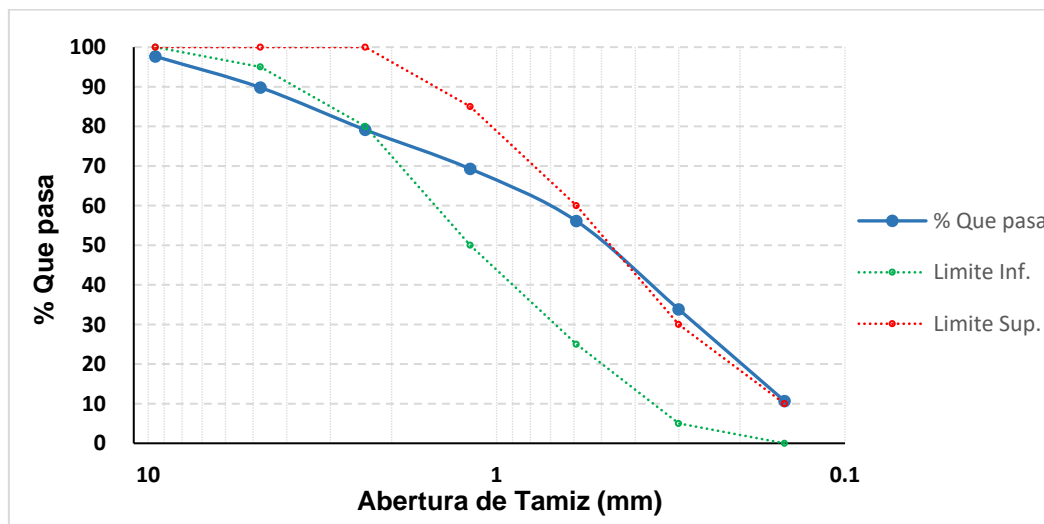
Análisis Granulométrico del Agregado Fino

Tamices ASTM	Abertura (mm)	W. Retenido (g)	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que pasa	Gradación	NTP 400.037 Agregado Fino
3/8"	9,525	29,16	2,35	2,35	97,65	100	100
N°4	4,760	97,52	7,86	10,21	89,79	95	100
N°8	2,380	132,26	10,66	20,88	79,12	80	100
N°16	1,190	122,28	9,86	30,73	69,27	50	85
N°30	0,590	163,33	13,17	43,90	56,10	25	60
N°50	0,300	276,40	22,28	66,19	33,81	5	30
N°100	0,149	287,15	23,15	89,34	10,66	0	10
Base		132,26	10,66	100,00	0,00	M. Fineza:	2,64
Total		1240,36	-	-	-	W. Muestra (g):	1 240,36

Nota. Adaptado de Análisis granulométrico por tamizado NTP.400.012, IngeServicios.

Figura 10

Curva Granulométrica de Agregado Fino

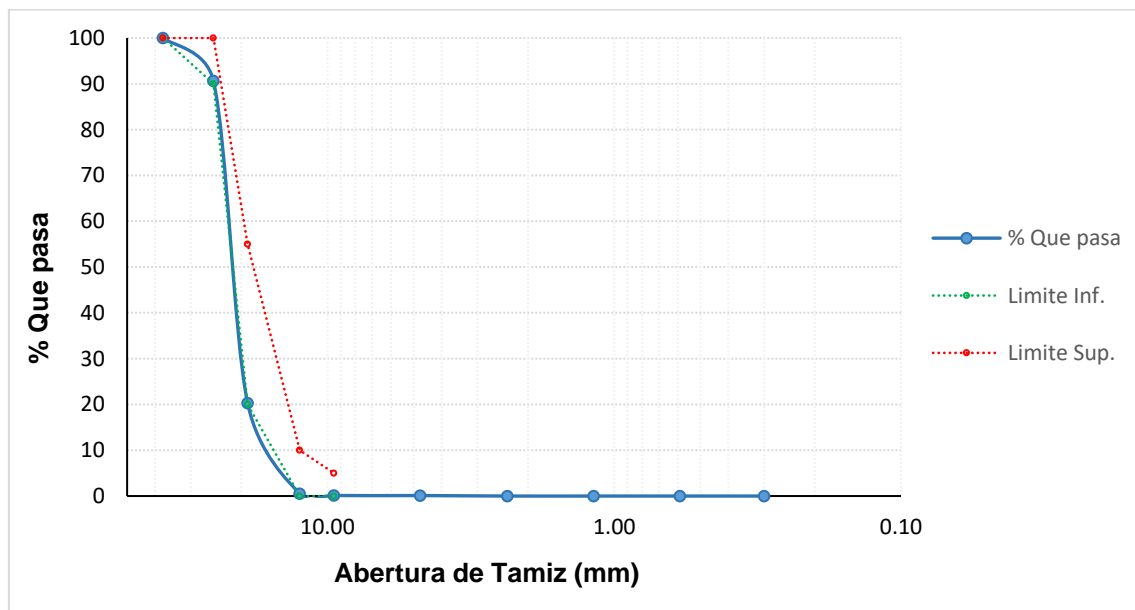


Nota. Elaboración Propia

Tabla 9*Análisis Granulométrico del Agregado Grueso*

Tamices ASTM	Abertura (mm)	W. Retenido (g)	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que pasa	Gradación 5	NTP 400.037 Agregado Grueso
2"	50,000	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 1/2"	37,500	0,00	0,00	0,00	100,00	100	100
1"	25,000	623,32	9,37	9,37	90,63	90	100
3/4"	19,000	4 678,67	70,33	79,71	20,29	20	55
1/2"	12,500	1 314,82	19,77	99,47	0,53	0	10
3/8"	9,500	27,33	0,41	99,88	0,12	0	5
N°4	4,750	0,34	0,01	99,89	0,11		
N°8	2,360	7,22	0,11	100,00	0,00		
N°16	1,180	0,30	0,00	100,00	0,00		
N°30	0,590	0,00	0,00	100,00	0,00		
N°50	0,300	0,00	0,00	100,00	0,00		
Base		0,00	0,00	100,00	0,00	T.M.N:	3/4"
Total		6 652,00	-	-	-	W. Muestra (g):	6 652,00

Nota. Adaptado de Análisis granulométrico por tamizado NTP.400.012, IngeServicios.

Figura 11*Curva Granulométrica de Agregado Grueso*

Nota. Elaboración Propia

3.7.2 Peso unitario

A continuación, se muestran los datos obtenidos de los ensayos de peso unitario suelto y compactado, tanto para el agregado fino y agregado grueso representados en la Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12, Tabla 13 respectivamente.

Tabla 10*Peso Unitario Suelto del Agregado Fino*

ITEM	Muestras		
	PUS-1	PUS-2	PUS-3
Volumen del molde (cc)	2 828,492	2 828,492	2 828,492
W. Suelo + molde (g)	6 569,00	6 612,00	6 578,00
W.Suelo (g)	4 812,00	4 855,00	4 821,00
Peso Unitario (g/cc)	1,701	1,716	1,704
P. Unitario (prom.)(g/cc)	1,707		

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios.

Tabla 11*Peso Unitario Compactado del Agregado Fino*

ITEM	Muestras		
	PUC-1	PUC-2	PUC-3
Volumen del molde (cc)	2 828,492	2 828,492	2 828,492
W. Suelo + molde (g)	6 970,00	6 982,00	7 000,00
W.Suelo (g)	5 213,00	5 225,00	5 243,00
Peso Unitario (g/cc)	1,843	1,847	1,854
P. Unitario (prom.)(g/cc)	1,529		

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios.

Tabla 12*Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso*

ITEM	Muestras		
	PUS-1	PUS-2	PUS-3
Volumen del molde (cc)	8 458,952	8 458,952	8 458,952
W. Suelo + molde (g)	20 214,00	20 285,00	20 208,00
W.Suelo (g)	11 551,00	11 622,00	11 545,00
Peso Unitario (g/cc)	1,366	1,374	1,365
P. Unitario (prom.)(g/cc)	1,368		

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios.

Tabla 13*Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso*

ITEM	Muestras		
	PUC-1	PUC-2	PUC-3
Volumen del molde (cc)	8 458,952	8 458,952	8 458,952
W. Suelo + molde (g)	21 582,00	21 525,00	21 690,00
W.Suelo (g)	12 919,00	12 862,00	13 027,00
Peso Unitario (g/cc)	1,527	1,521	1,540
P. Unitario (prom.)(g/cc)		1,529	

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios.

3.7.3 Peso específico y absorción

A continuación, se muestran los datos obtenidos de los ensayos de los pesos específicos y absorción, tanto para el agregado fino y agregado grueso representados en la Tabla 14, Tabla 15 y Tabla 16, Tabla 17 respectivamente.

Tabla 14*Peso Específico del Agregado Fino*

ITEM	Muestras		
	GEF-1	GEF-2	GEF-3
Volumen de recipiente (cc)	500,00	500,00	500,00
W. Tara (g)	80,36	104,39	94,92
W. Tara + Muestra SSS (g)	580,36	604,41	594,95
W. Muestra + Fiola + Agua (g)	970,03	969,07	967,90
W. Fiola + Agua (g)	657,80	656,97	655,13
W. Muestra SSS (g)	500,00	500,02	500,03
Peso específico aparente (g/cc)	2,645	2,644	2,653
Peso específico SSS (g/cc)	2,663	2,661	2,670
Peso específico nominal (g/cc)	2,693	2,689	2,700
Peso esp. Aparente (g/cc)		2,647	
Peso específico SSS (g/cc)		2,665	
Peso específico nominal (g/cc)		2,694	

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios.

Tabla 15*Absorción del Agregado Fino*

ITEM	Muestra		
	ABF-1	ABF-2	ABF-3
W. Tara + Muestra seca (g)	576,98	601,30	591,67
W. Muestra SSS (g)	500,00	500,02	500,03
W. Muestra seca (g)	496,62	496,91	496,75
Absorción (%)	0,681	0,626	0,660
Absorción (prom.)(%)		0,656	

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios.

Tabla 16*Peso Específico del Agregado Grueso*

ITEM	Muestras		
	GEF-1	GEF-2	GEF-3
W. Tara (g)	142,950	137,520	152,920
W. Canastilla Sumergida (g)	999,710	1 012,690	1 012,130
W. Tara + Muestra SSS (g)	2 016,410	2 068,400	2 004,480
W. Canastilla + Muestra sumergida (g)	2 170,700	2 217,640	2 169,370
W. Muestra SSS (g)	1 873,460	1 930,880	1 851,560
W. muestra SSS sumergida (g)	1 170,990	1 204,950	1 157,240
Volumen de la muestra SSS (cc)	702,470	725,930	694,320
Volumen de la muestra (cc)	691,480	714,500	683,560
Peso específico de la masa (Pem)(g/cc)	2,651	2,664	2,651
Peso específico masa saturada con superf. seca (Pesss)(g/cc)	2,667	2,660	2,667
Peso específico aparente (Pea)(g/cc)	2,693	2,686	2,693
Peso específico de la masa (Pem)(g/cc)		2,649	
Peso esp. masa saturada con superf. seca (PeSSS)(g/cc)		2,665	
Peso específico aparente (Pea)(g/cc)		2,691	

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios.

Tabla 17*Absorción del Agregado Grueso*

ITEM	Muestra		
	ABF-1	ABF-2	ABF-3
W. Tara + Muestra seca (g)	2 005,420	2 056,970	1 993,720
W. Muestra seca (g)	1 962,470	1 919,450	1 840,800
Absorción (%)	0,590	0,595	0,585
Absorción (%)		0,590	

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios.

3.7.4 Contenido de humedad

A continuación, se muestran los datos obtenidos de los ensayos de contenido de humedad, tanto para el agregado fino y agregado grueso representados en la Tabla 18 y Tabla 19 respectivamente.

Tabla 18

Contenido de Humedad del Agregado Fino

ITEM	Muestra		
	CHG-1	CHG-2	CHG-3
W. Tara (g)	122,09	132,05	133,37
W. Tara + Muestra Húmeda (g)	1 154,19	912,61	1 034,09
W. Tara + Muestra Seca (g)	1 141,24	902,84	1 023,10
W. Muestra Húmeda (g)	1 032,10	780,56	900,72
W. Muestra Seca (g)	1 019,15	770,79	889,73
W. Agua (g)	12,95	9,77	10,99
Contenido de Húmeda (%)	1,271	1,268	1,235
Contenido de Húmeda (%)	1,258		

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios.

Tabla 19

Contenido de Humedad del Agregado Grueso

ITEM	Muestra		
	CHG-1	CHG-2	CHG-3
W. Tara (g)	139,29	152,91	138,58
W. Tara + Muestra Húmeda (g)	1 993,24	2 678,15	2 349,45
W. Tara + Muestra Seca (g)	1 988,20	2 671,29	2 344,06
W. Muestra Húmeda (g)	1 853,95	2 525,24	2 210,87
W. Muestra Seca (g)	1 848,91	2 518,38	2 205,48
W. Agua (g)	5,040	6,860	5,390
Contenido de Húmeda (%)	0,273	0,272	0,244
Contenido de Húmeda (%)	0,263		

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios.

3.7.5 Diseño de Mezcla

El diseño de mezcla para una resistencia de $f'c=210$ kg/cm² fue elaborado por el laboratorio de la empresa Ingeservicios, una vez concluido los ensayos anteriormente descritos. Se presenta la dosificación final en la tabla 20.

Tabla 20*Diseño de Mezcla para 1 Bolsa de Cemento*

Material	Peso (kg)	Volumen (pie ³)
Agregado Grueso	130,894	3,080
Agregado Fino	127,349	2,996
Cemento	42,500	1,000
Agua (litro)	30,701	30,701

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios.

3.7.6 Muestras a realizar

A continuación, se muestra el número de muestras que se elaboraran en el presente estudio, así mismo, el tiempo de curado en el que se ensayaran.

Tabla 21*Cantidad de Muestras a Realizar*

Tipo de Ensayo	Elemento	Descripción	Código	Curado (Días)	Cantidad De Muestras
Tracción Indirecta	Probetas Cilíndricas	Sin adición de macrofibra	SF-D0	28	3
		Con adición de macrofibra (2kg/m ³)	CF-D1	28	3
		Con adición de macrofibra (4kg/m ³)	CF-D2	28	3
		Con adición de macrofibra (6kg/m ³)	CF-D3	28	3
Flexión	Vigas	Sin adición de macrofibra	SF-D0	28	3
		Con adición de macrofibra (2kg/m ³)	CF-D1	28	3
		Con adición de macrofibra (4kg/m ³)	CF-D2	28	3
		Con adición de macrofibra (6kg/m ³)	CF-D3	28	3
Retracción	Losas De 1x1x0,1	Sin adición de macrofibra	SF-D0	7	1
		Con adición de macrofibra (2kg/m ³)	CF-D1	7	1
		Con adición de macrofibra (4kg/m ³)	CF-D2	7	1
		Con adición de macrofibra (6kg/m ³)	CF-D3	7	1
Total					28

Nota. Elaboración propia

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En el presente capítulo se mostrará los resultados de los ensayos realizados a las muestras anteriormente descritas en sus diferentes tratamientos, tanto para las probetas cilíndricas como para las vigas, los ensayos de rotura se realizaron a los 28 días mientras que para las losas de 1 m x1 m y 10 cm de espesor, se realizó observaciones registradas en fotografías tanto para las primeras 24 h de ser elaboradas como a los 7, 14 y 28 días. Estos ensayos se realizaron en base a lo descrito en las normas, NTP 339.084 ensayo de tracción simple y NTP 339.078 para roturas a flexión. Con los resultados se generarán tablas y gráficos entre la muestra patrón y los tiramientos con adición de macrofibra.

4.1 Resistencia a la flexión del concreto con cargas a los tercios del tramo

4.1.1 Resistencia a la flexión del concreto con cargas a los tercios del tramo sin adición de macrofibra POLYTWIST PT54

Tabla 22

Resistencia a la Flexión del Concreto sin Adición de Fibra POLYTWIST PT54

Identificación	SF-D0-01	SF-D0-02	SF-D0-03
Ancho de espécimen (prom.)(mm)	153,00	155,00	155,05
Altura de espécimen (prom.)(mm)	156,29	155,18	155,10
Largo de espécimen (prom.)(mm)	510,00	511,00	510,50
Luz libre entre apoyos (mm)	450,00	450,00	450,00
Esfuerzo de la compresora (kN)	26,20	22,60	25,60
Esfuerzo de la compresora (kg)	2 671,66	2 304,56	2 610,47
Módulo de rotura (MPa)	3,22	2,78	3,15
Módulo de rotura (prom.)(MPa)	3,05		

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios.

4.1.2 Resistencia a la flexión del concreto con cargas a los tercios del tramo con adición de 2kg/m3 de macrofibra POLYTWIST PT54

Tabla 23

Resistencia a la Flexión del Concreto con Adición de 2kg/m³ de Macrofibra POLYTWIST PT54

Identificación	CF-D1-01	CF-D1-02	CF-D1-03
Ancho de espécimen (prom.)(mm)	155,00	152,25	152,13
Altura de espécimen (prom.)(mm)	158,50	142,58	153,62
Largo de espécimen (prom.)(mm)	510,00	506,50	510,50
Luz libre entre apoyos (mm)	450,00	450,00	450,00
Esfuerzo de la compresora (kN)	30,80	25,00	28,00
Esfuerzo de la compresora (kg)	3 140,73	2 549,29	2 855,21
Módulo de rotura (MPa)	3,63	3,71	3,58
Módulo de rotura (prom.)(MPa)		3,64	

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios.

4.1.3 Resistencia a la flexión del concreto con cargas a los tercios del tramo con adición de 4kg/m³ de macrofibra POLYTWIST PT54

Tabla 24

Resistencia a la Flexión del Concreto con Adición de 4kg/m³ de Macrofibra POLYTWIST PT54

Identificación	CF-D2-01	CF-D2-02	CF-D2-03
Ancho de espécimen (prom.)(mm)	155,16	156,25	153,60
Altura de espécimen (prom.)(mm)	153,86	153,81	152,15
Largo de espécimen (prom.)(mm)	506,25	506,60	510,10
Luz libre entre apoyos (mm)	450,00	450,00	450,00
Esfuerzo de la compresora (kN)	33,60	33,50	35,00
Esfuerzo de la compresora (kg)	3 426,25	3 416,05	3 569,01
Módulo de rotura (MPa)	4,20	4,16	4,52
Módulo de rotura (prom.)(MPa)		4,29	

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios.

4.1.4 Resistencia a la flexión del concreto con cargas a los tercios del tramo con adición de 6kg/m³ de macrofibra POLYTWIST PT54

Tabla 25*Resistencia a la Flexión del Concreto con Adición de 6kg/m³ de Macrofibra**POLYTWIST PT54*

Identificación	CF-D3-01	CF-D3-02	CF-D3-03
Ancho de espécimen (prom.)(mm)	152,68	152,58	154,20
Altura de espécimen (prom.)(mm)	153,98	156,15	154,25
Largo de espécimen (prom.)(mm)	510,60	510,00	510,90
Luz libre entre apoyos (mm)	450,00	450,00	450,00
Esfuerzo de la compresora (kN)	39,20	39,50	38,50
Esfuerzo de la compresora (kg)	3 997,29	4 027,88	3 925,91
Módulo de rotura (MPa)	4,97	4,87	4,82
Módulo de rotura (prom.)(MPa)	4,89		

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios.

4.1.5 Resumen de resistencia a la flexión del concreto con cargas a los tercios

A continuación, en la Tabla 26, se muestran los resultados de los ensayos de resistencia a flexión mostrando promedios por tratamientos a los 28 días de edad.

Tabla 26*Resumen de Resultados para el Ensayo a Flexión con Cargas a Dos Tercios*

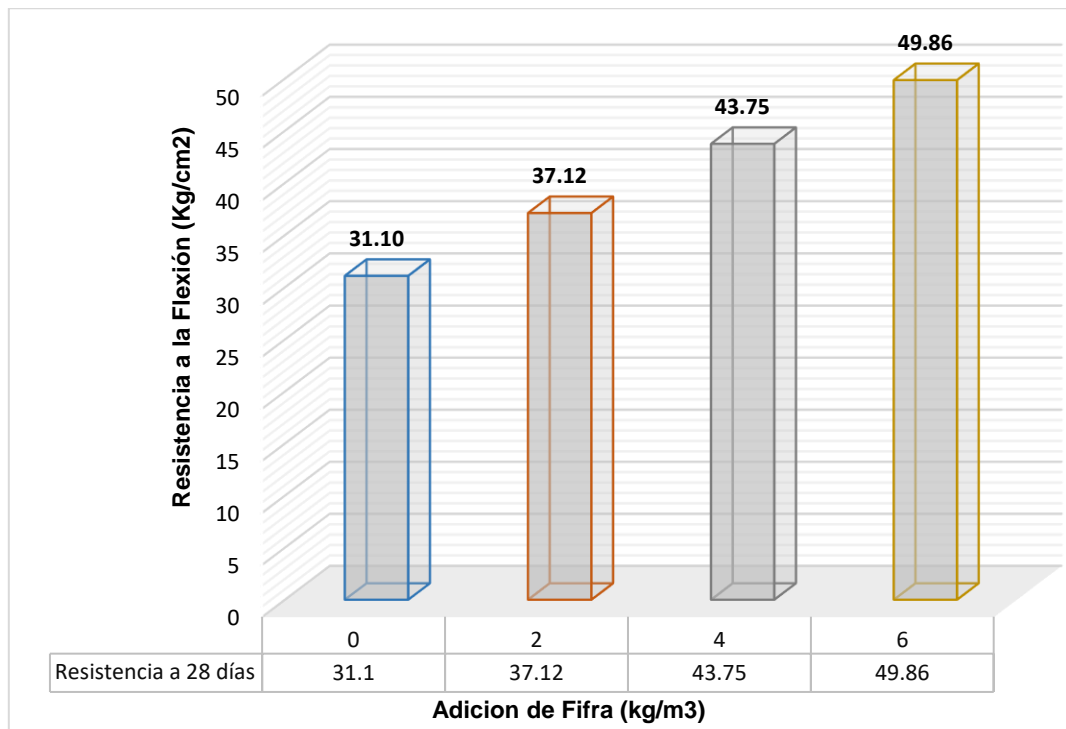
Tratamientos (kg/m³)	Módulo de Rotura a 28 días (MPa)	Módulo de Rotura a 28 días (kg/cm²)
0	3,05	31,10
2	3,64	37,12
4	4,29	43,75
6	4,89	49,86

Nota. Elaboración propia

En la tabla 26 se observa que valores máximos de resistencias a flexión simple del concreto con cargas a dos tercios a los 28 días, son alcanzadas para un tratamiento de 6 kg/m³ de adición de macrofibra POLYTWIST PT54. Por otro lado, con la dosificación de 2 kg/m³ de macrofibra muestra el incremento más bajo, no obstante, todas las dosificaciones representaron un incremento en la resistencia a flexión.

Figura 12

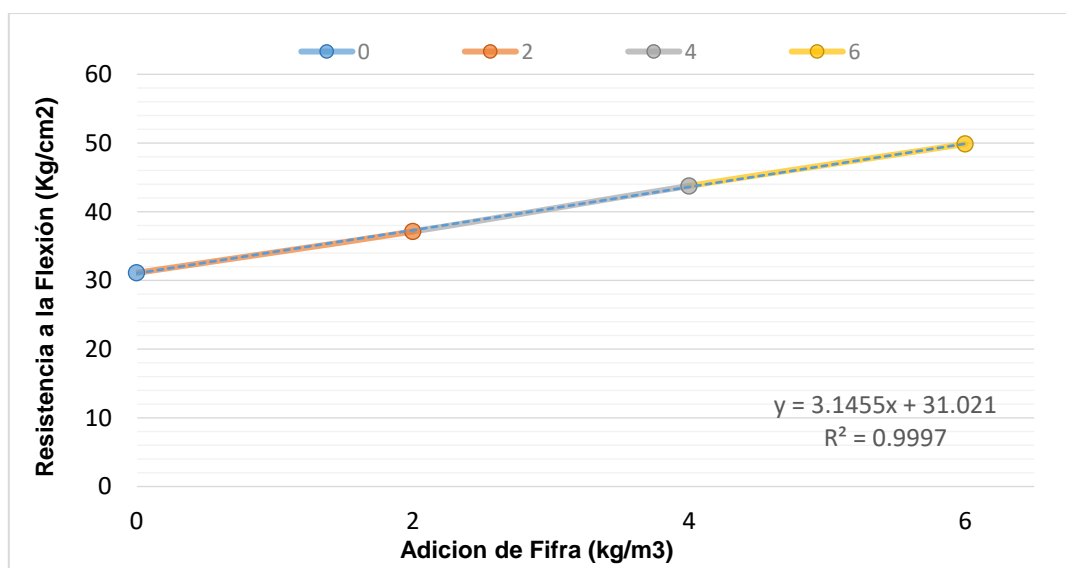
Resistencia a la Flexión vs Adición de Macrofibra a los 28 días



Nota. Todas las pruebas fueron realizadas a los 28 días de edad del concreto. La barra azul representa el testigo a comparar, sin adición de fibra, y las barras de color naranja, gris y amarillo representan los testigos con adición de fibra en 2,4 y 6 kg/m³ respectivamente.

Figura 13

Resistencia a la Flexión vs Adición de Macrofibra a los 28 días



Nota. Elaboración propia

La resistencia a flexión del concreto en relación con la adición de macrofibra POLYTWIST PT54 a las dosificaciones de 0,2,4 y 6 kg/m³ a los 28 días de curado aumenta progresivamente llegando hasta al punto máximo en el tratamiento que corresponde a 6 kg/m³, tal como se ilustra en la figura 11 y 12. Debido a que todos los tratamientos significaron una mejoría en la resistencia se analizó los rangos de variación que existente entre adiciones sabiendo que este cuenta con un incremento constante de 2 kg/m³, el tratamiento que obtuvo el rango de variación más amplio entre tratamientos fue el de 2 kg/m³ con un 19 % respecto al patrón y el más corto el tratamiento de 6kg/m³ representando un 13 % de variación respecto al modelo anterior. Se podría decir entonces que el tratamiento de 6 kg/m³ es la dosificación optima ya que mostro un incremento de hasta un 19 kg/cm² respecto al patrón.

4.2 Resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral

4.2.1 Resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral sin adición de macrofibra POLYTWIST PT54

Tabla 27

Resistencia a la Tracción Simple sin Adición de Macrofibra POLYTWIST PT54

Identificación	SF-D0-01	SF-D0-02	SF-D0-03
Diámetro (prom.)(mm)	100,63	98,84	101,18
Altura (prom.)(mm)	202,97	203,33	200,11
Área (mm ²)	7 952,46	7 672,05	8 039,63
Peso (g)	3 752,00	3 542,00	3 719,00
Esfuerzo de la compresora (kN)	49,18	50,50	51,2
Esfuerzo de la compresora (kg)	5 014,96	5 149,57	5 220,95
Relación (l/d)	2,02	2,06	1,98
Factor de corrección	1,00	1,00	1,00
Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	15,63	16,31	16,42
Resistencia a la tracción (kg/cm²)		16,12	

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios.

4.2.2 Resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral con adición de 2 kg/m³ de macrofibra POLYTWIST PT54

Tabla 28

Resistencia a la Tracción Simple con Adición de 2 kg/m³ de Macrofibra POLYTWIST PT54

Identificación	CF-D1-01	CF-D1-02	CF-D1-03
Diámetro (prom.)(mm)	99,07	101,94	101,26
Altura (prom.)(mm)	199,73	200,76	202,20
Área (mm ²)	7 708,58	8 160,87	8 053,15
Peso (g)	3 567,00	3 776,00	3 758,00
Esfuerzo de la compresora (kN)	55,50	53,00	56,10
Esfuerzo de la compresora (kg)	5 659,42	5 404,50	5 720,61
Relación (l/d)	2,02	1,97	2,00
Factor de corrección	1,00	1,00	1,00
Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	18,21	16,81	17,79
Resistencia a la tracción (kg/cm²)		17,60	

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios.

4.2.3 Resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral con adición de 4 kg/m³ de macrofibra POLYTWIST PT54

Tabla 29

Resistencia a la Tracción Simple con Adición de 4 kg/m³ de Macrofibra POLYTWIST PT54

Identificación	CF-D2-01	CF-D2-02	CF-D2-03
Diámetro (prom.)(mm)	100,32	99,41	101,10
Altura (prom.)(mm)	204,06	201,20	203,77
Área (mm ²)	7 904,33	7 761,58	8 027,72
Peso (g)	3 727,00	3 582,00	3 797,00
Esfuerzo de la compresora (kN)	64,69	63,52	65,10
Esfuerzo de la compresora (kg)	6 596,54	6 477,24	6 638,35
Relación (l/d)	2,03	2,02	2,02
Factor de corrección	1,00	1,00	1,00
Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	20,51	20,62	20,51
Resistencia a la tracción (kg/cm²)		20,55	

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios

4.2.4 Resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral con adición de 6 kg/m³ de macrofibra POLYTWIST PT54

Tabla 30

Resistencia a la Tracción Simple con Adición de 6 kg/m³ de Macrofibra POLYTWIST PT54

Identificación	CF-D3-01	CF-D3-02	CF-D3-03
Diámetro (prom.)(mm)	100,95	101,04	100,52
Altura (prom.)(mm)	203,17	202,97	203,98
Área (mm ²)	8 003,12	8 018,19	7 950,88
Peso (g)	3 739,00	3 749,00	3 671,00
Esfuerzo de la compresora (kN)	72,00	70,25	71,60
Esfuerzo de la compresora (kg)	7 341,96	7 163,51	7 301,17
Relación (l/d)	2,01	2,01	2,03
Factor de corrección	1,00	1,00	1,00
Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	22,79	22,24	22,65
Resistencia a la tracción (kg/cm²)	22,56		

Nota. Adaptado de Informe de Ensayos, IngeServicios

4.2.5 Resumen de resistencia a la tracción simple del concreto por compresión diametral

A continuación, en la Tabla 30, se muestran los resultados de los ensayos de resistencia a la tracción mostrando promedios por tratamientos a los 28 días de edad.

Tabla 31

Resumen de Resultados para el Ensayo a Tracción por Compresión Diametral

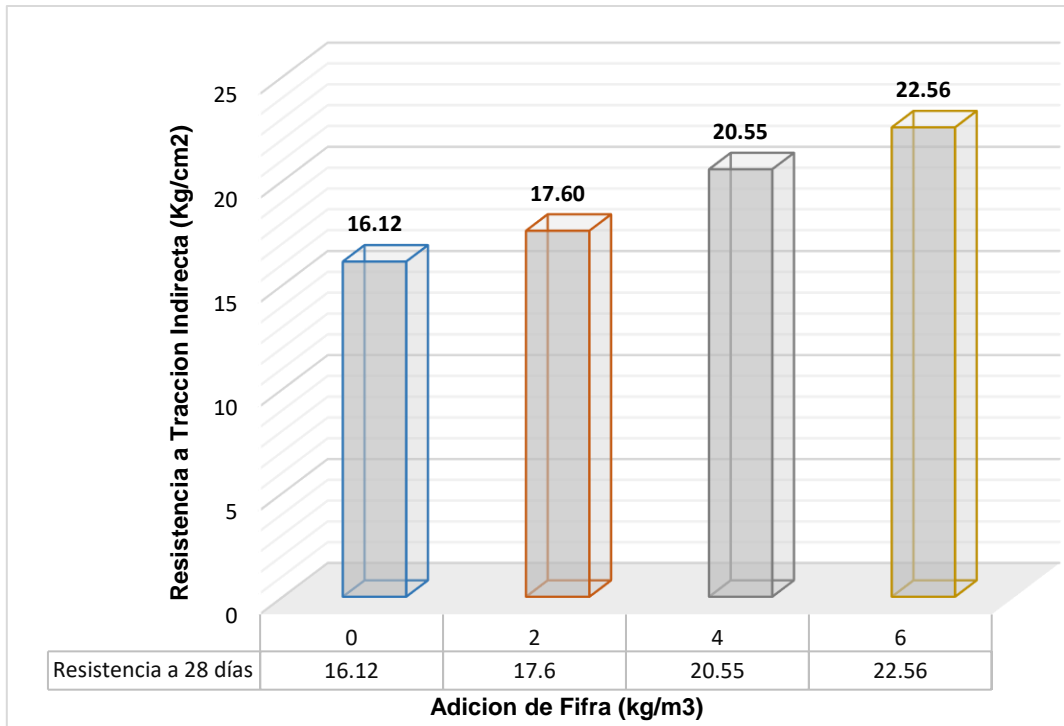
Tratamientos (kg/m³)	Resistencia a Tracción	Resistencia a Tracción
	Indirecta a 28 días (MPa)	Indirecta a 28 días (kg/cm²)
0	1,58	16,12
2	1,73	17,60
4	2,01	20,55
6	2,21	22,56

Nota. Elaboración propia

En la tabla 31 se observa que valores máximos de resistencias a tracción por compresión diametral del concreto a los 28 días, son alcanzadas para un tratamiento de 6 kg/m³ de adición de macrofibra POLYTWIST PT54. Por otro lado, con la dosificación de 2 kg/m³ de macrofibra muestra el incremento más bajo, no obstante, todas las dosificaciones representaron un incremento en la resistencia a tracción.

Figura 14

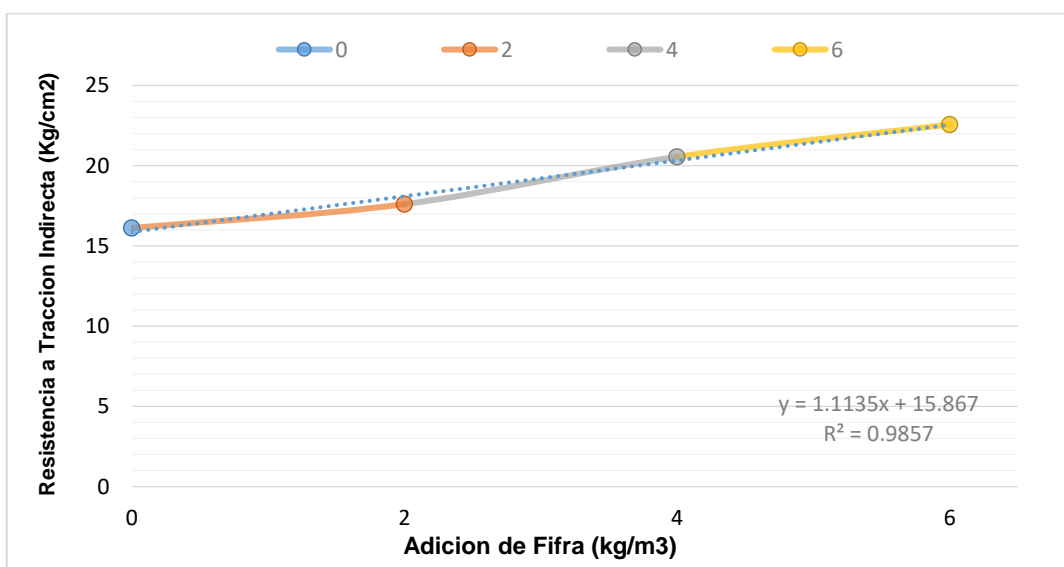
Resistencia a Tracción vs Adición de Macrofibra a los 28 días



Nota. Todas las pruebas fueron realizadas a los 28 días de edad del concreto. La barra azul representa el testigo a comparar, sin adición de fibra, y las barras de color naranja, gris y amarillo representan los testigos con adición de fibra en 2,4 y 6 kg/m³ respectivamente.

Figura 15

Resistencia a Tracción vs Adición de Macrofibra a los 28 días



Nota. Elaboración propia

La resistencia del concreto en relación con la adición de Macrofibra POLYTWIST PT54 a las dosificaciones de 0,2,4 y 6 kg/m³ a los 28 días de curado aumenta progresivamente llegando hasta al punto máximo en el tratamiento que corresponde a 6 kg/m³, tal como se ilustra en la figura 11 y 12. Ya que todos los tratamientos significaron una mejoría en la resistencia a tracción se analizó los rangos de variación que existente entre adiciones sabiendo que este cuenta con un incremento constante de 2 kg/m³, el tratamiento que obtuvo el rango de variación más amplio entre tratamientos fue el de 4 kg/m³ con un 17 % respecto al anterior y el más corto el tratamiento de 2 kg/m³ representando un 9 % de variación respecto al modelo patrón. Se podría decir entonces que el tratamiento de 6 kg/m³ es la dosificación optima ya que mostro un incremento de hasta un 39 % respecto al patrón.

4.3 Retracción del concreto

Mediante el uso de tablas se recolecto los datos aplicando el método observacional y se clasifico en base a lo descrito en la tabla 6, los datos se recolectaron, para los distintos tratamientos a las 24 h de haber sido vaciados y posteriormente a los 7,14 y 28 días de edad.

4.3.1 Retracción del concreto en las primeras 24 h de ser elaboradas

Tabla 32

*Presencia de Fisuración en Losa sin Adición de Macrofibra POLYTWIST PT54 -
Primeras 24 h*

Fisura	Longitud (mm)	Clasificación por Ancho (e)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Área de Testigo (mm ²)	Incidencia Respecto al Área del Testigo (%)
1	59	Fisura				0,000059
2	41	Microfisura				0,000041
3	28	Microfisura				0,000028
4	23	Fisura				0,000023
5	72*	Microfisura				0,000072
6	34	Microfisura				0,000034
7	31	Microfisura				0,000031
8	42	Microfisura	20	3,61	1 000 000,00	0,000042
9	25	Microfisura				0,000025
10	51*	Microfisura				0,000051
11	17	Fisura				0,000017
12	19	Microfisura				0,000019
13	21	Microfisura				0,000021
14	58	Microfisura				0,000058
15	25	Microfisura				0,000025

Fisura	Longitud (mm)	Clasificación por Ancho (e)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Área de Testigo (mm ²)	Incidencia Respecto al Área del Testigo (%)
16	61*	Microfisura				0,000061
Suma	607					0,000607

Nota. Elaboración propia

(*) Representan la suma de longitudes de todas las ramas de una misma fisura.

Tabla 33

Presencia de Fisuración en Losa con Adición de 2 kg/m³ de Macrofibra POLYTWIST PT54 - Primeras 24 h

Fisura	Longitud (mm)	Clasificación por Ancho (e)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Área de Testigo (mm ²)	Incidencia Respecto al Área del Testigo (%)
1	40	Microfisura				0,000040
2	25	Microfisura				0,000025
3	13	Fisura				0,000013
4	34	Microfisura	21	3,81	1 000 000,00	0,000034
5	43*	Microfisura				0,000043
6	16	Microfisura				0,000016
7	15	Microfisura				0,000015
8	28	Microfisura				0,000028
9	15	Microfisura				0,000015
10	39*	Microfisura				0,000039
Suma	268					0,000268

Nota. Elaboración propia

(*) Representan la suma de longitudes de todas las ramas de una misma fisura.

Tabla 34

Presencia de Fisuración en Losa con Adición de 4 kg/m³ de Macrofibra POLYTWIST PT54 - Primeras 24 h

Fisura	Longitud (mm)	Clasificación por Ancho (e)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Área de Testigo (mm ²)	Incidencia Respecto al Área del Testigo (%)
1	11	Microfisura				0,00011
2	05	Microfisura				0,00005
3	06	Microfisura				0,00006
4	24	Microfisura	21	3,81	1 000 000,00	0,00024
5	09	Microfisura				0,00009
6	16	Microfisura				0,00016
7	08	Microfisura				0,00008
8	11	Microfisura				0,00011
9	12	Microfisura				0,00012

Fisura	Longitud (mm)	Clasificación por Ancho (e)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Área de Testigo (mm ²)	Incidencia Respecto al Área del Testigo (%)
10	12	Microfisura				0,00012
11	26*	Microfisura				0,00026
12	8	Microfisura				0,00008
13	21	Microfisura				0,00021
Suma	169					0,00169

Nota. Elaboración propia

(*) Representan la suma de longitudes de todas las ramas de una misma fisura.

Tabla 35

Presencia de Fisuración en Losa con Adición de 6kg/m³ de Macrofibra POLYTWIST PT54 - Primeras 24 h

Fisura	Longitud (mm)	Clasificación por Ancho (e)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Área de Testigo (mm ²)	Incidencia Respecto al Área del Testigo (%)
1	13	Microfisura	20	3,80	1 000	0,000013
2	5	Microfisura			000,00	0,000005
Suma	18					0,000018

Nota. Elaboración propia

En las tablas 32,33,34 y 35 se puede apreciar que la suma de longitud de fisuración por tratamiento va disminuyendo conforme la dosificación de macrofibra de concreto aumenta. No obstante, no se podría decir lo mismo de la cantidad de fisuras ya que en la tabla 34 que representa al tratamiento de 4 kg/m³, cuenta con más cantidad de fisuras que el tratamiento de 2 kg/m³ representada en la tabla 33, sin embargo, la suma de longitudes del tratamiento de 4 kg/m³ si es inferior a la suma de longitudes del tratamiento de 2 kg/m³.

Tabla 36

Resumen de Longitud de fisuración y Porcentaje de Reducción por Tratamiento en las primeras 24h

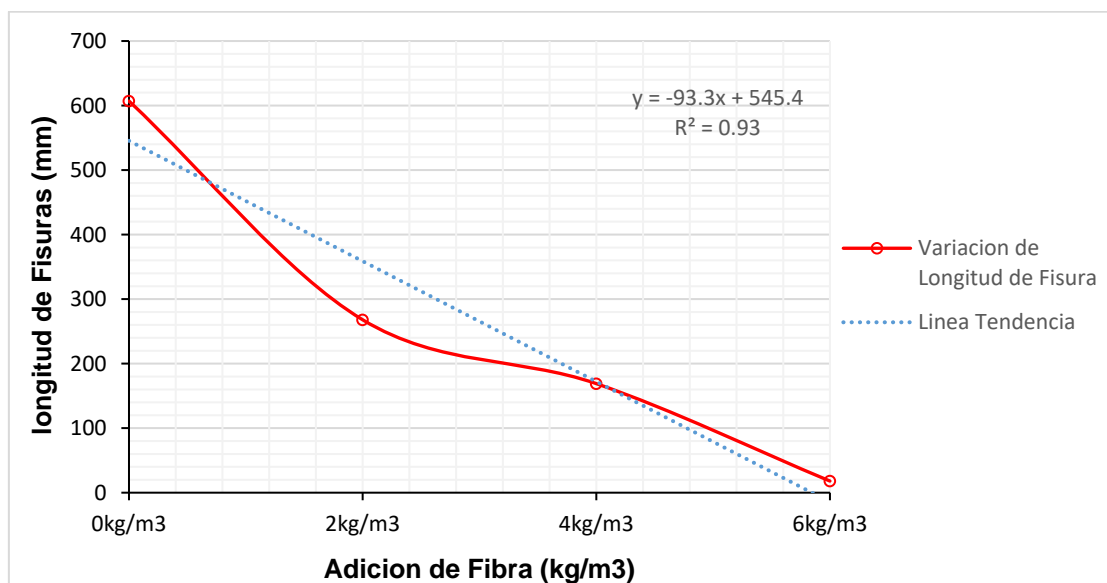
Losa	Suma de Longitud (mm)	Porcentaje Reducido
Concreto sin adición	607	-
Concreto con 2 kg/m ³	268	55,85
Concreto con 4 kg/m ³	169	72,16
Concreto con 6 kg/m ³	18	97,03

Nota. Elaboración propia

En la tabla 36 podemos ver que, en las primeras 24 h, a mayor adición de macrofibra POLYTWIST PT54 hay una menor suma de longitud de fisuración, llegando a ser el tratamiento con 6 kg/m³ el que mejor responde en cuanto al porcentaje de reducción de 97,03 %. Para una mejor representación lo mostramos en el siguiente gráfico.

Figura 16

Longitud de Fisuras vs Adición de Macrofibra en las Primeras 24h



Nota. Elaboración propia

En la figura 16 se observa la variación que existe entre la suma de longitudes de fisuración y los distintos tratamientos usados en el estudio, en las primera 24 h, siendo el tratamiento sin adición de macrofibra el que presenta mayor longitud de fisuración. Así mismo, se observa que el coeficiente de terminación para esta observación es de 0,93 y por su cercanía a valor de 1 representa un alto grado de confiabilidad.

4.3.2 Retracción del concreto a los 7 días de ser elaboradas

Tabla 37*Presencia de Fisuración en Losa sin Adición de Macrofibra POLYTWIST PT54 – 7 días*

Fisura	Longitud (mm)	Clasificación por Ancho (e)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Área de Testigo (mm ²)	Incidencia Respecto al Área del Testigo (%)
1	61	Fisura				0,000061
2	43	Microfisura				0,000043
3	33	Microfisura				0,000033
4	24	Fisura				0,000024
5	76*	Microfisura				0,000076
6	36	Microfisura				0,000036
7	35	Microfisura				0,000035
8	47	Microfisura				0,000047
9	28	Microfisura	20	3,61	1 000 000,00	0,000028
10	59*	Microfisura				0,000059
11	21	Fisura				0,000021
12	25	Microfisura				0,000025
13	28	Microfisura				0,000028
14	63	Microfisura				0,000063
15	25	Microfisura				0,000025
16	63*	Microfisura				0,000063
17	41	Microfisura				0,000041
18	18	Microfisura				0,000018
19	31	Microfisura				0,000031
Suma	757					0,000757

Nota. Elaboración propia

(*) Representan la suma de longitudes de todas las ramas de una misma fisura.

Tabla 38*Presencia de Fisuración en Losa con Adición de 2kg/m³ de Macrofibra POLYTWIST PT54 – 7 días*

Fisura	Longitud (mm)	Clasificación por Ancho (e)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Área de Testigo (mm ²)	Incidencia Respecto al Área del Testigo (%)
1	41	Microfisura				0,000041
2	25	Microfisura				0,000025
3	13	Fisura				0,000013
4	34	Microfisura	21	3,81	1 000 000,00	0,000034
5	45*	Microfisura				0,000045
6	16	Microfisura				0,000016
7	15	Microfisura				0,000015
8	28	Microfisura				0,000028
9	15	Microfisura				0,000015
10	39*	Microfisura				0,000039

Fisura	Longitud (mm)	Clasificación por Ancho (e)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Área de Testigo (mm ²)	Incidencia Respecto al Área del Testigo (%)
11	17	Microfisura				0,000017
12	22	Microfisura				0,000022
13	29	Microfisura				0,000029
14	14	Microfisura				0,000014
15	39	Microfisura				0,000039
Suma	392					0,000392

Nota. Elaboración propia

(*) Representan la suma de longitudes de todas las ramas de una misma fisura.

En las tablas 37 y 38 se puede apreciar que la suma de longitud de fisuración va aumentando conforme pasaron los días, en comparación con los datos recolectados en las primeras 24 h se ve un incremento en las cantidades de fisuras (nuevas microfisuras) y el crecimiento de muchas de ellas, clasificándolas como fisuras activas, esto se puede apreciar en los tratamientos sin y con adición de 2 kg/m³ de macrofibra POLYTWIST PT54 respectivamente. En cuanto a los tratamientos de 4 y 6 kg/m³ no se registraron cambios ni en cantidad ni en incremento de longitud de las microfisuras.

Tabla 39

Resumen de Longitud de Fisuración y Porcentaje de Reducción por Tratamiento a los 7 días

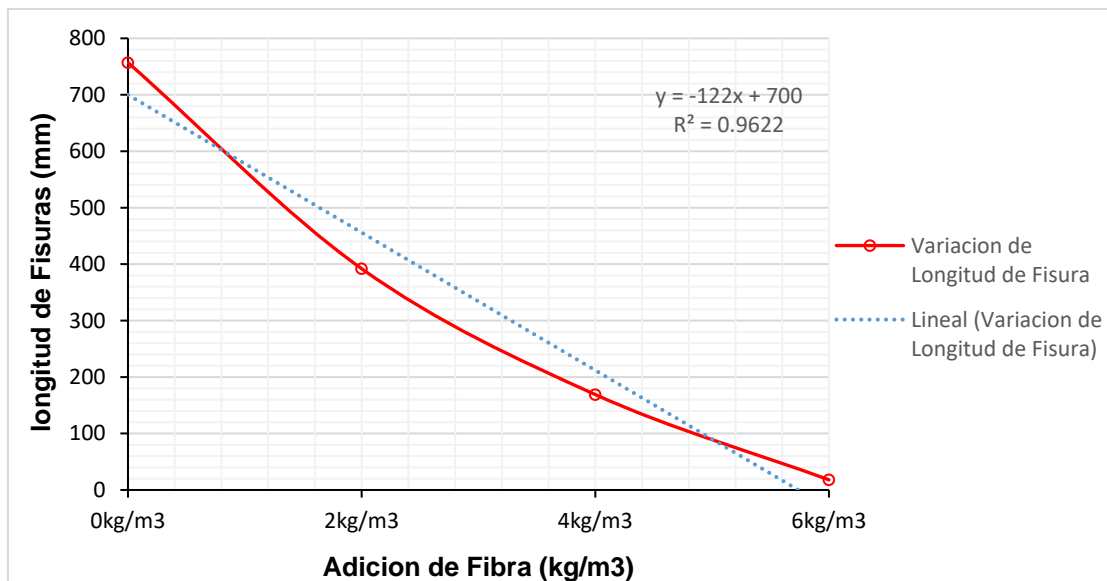
Losa	Suma de Longitud (mm)	Porcentaje Reducido
Concreto sin adición	757	-
Concreto con 2 kg/m ³	392	48,22
Concreto con 4 kg/m ³	169	77,68
Concreto con 6 kg/m ³	18	97,62

Nota. Elaboración propia

En la tabla 39 podemos ver que, a los 7 días, existe un incremento de longitud de fisuración muy grande en los tratamientos sin adición y con adición de 2 kg/m³ de macrofibra respectivamente, así mismo, se sigue manteniendo la relación de a mayor adición de macrofibra POLYTWIST PT54 existe una menor cantidad de longitud de fisuración, siendo el tratamiento con 6 kg/m³ el que mejor responde a la reducción con un 97,62 %. Para una mejor representación lo mostramos en el siguiente gráfico.

Figura 17

Longitud de Fisuras vs Adición de Macrofibra a los 7 días



Nota. Elaboración propia

En la figura 17 se observa la variación que existe entre la suma de longitudes de fisuración y los distintos tratamientos usados en el estudio, a los 7 días, siendo el tratamiento sin adición de macrofibra el que presenta mayor longitud de fisuración. Así mismo, se observa que los tratamientos sin adición y con 2 kg/m³ de macrofibra tuvieron un incremento drástico reflejándose el cambio en la línea de variación. El coeficiente de terminación obtenido para esta observación es de 0,96 y por su cercanía a valor de 1 representa un alto grado de confiabilidad.

4.3.3 Retracción del concreto a los 14 días de ser elaboradas

Tabla 40

Presencia de Fisuración en Losa sin Adición de Macrofibra POLYTWIST PT54 – 14 días

Fisura	Longitud (mm)	Clasificación por Ancho (e)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Área de Testigo (mm ²)	Incidencia Respecto al Área del Testigo (%)
1	61	Fisura				0,000061
2	43	Microfisura	20	3,61	1 000	0,000043
3	35	Microfisura			000,00	0,000035
4	24	Fisura				0,000024

Fisura	Longitud (mm)	Clasificación por Ancho (e)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Área de Testigo (mm ²)	Incidencia Respecto al Área del Testigo (%)
5	78*	Microfisura				0,000078
6	37	Microfisura				0,000037
7	35	Microfisura				0,000035
8	49	Microfisura				0,000049
9	36	Microfisura				0,000036
10	61*	Microfisura				0,000061
11	21	Fisura				0,000021
12	25	Microfisura				0,000025
13	34	Microfisura				0,000034
14	65	Microfisura				0,000065
15	28	Microfisura				0,000028
16	69*	Microfisura				0,000069
17	42	Microfisura				0,000042
18	18	Microfisura				0,000018
19	33	Microfisura				0,000033
Suma	794					0,000794

Nota. Elaboración propia

(*) Representan la suma de longitudes de todas las ramas de una misma fisura.

Tabla 41

Presencia de Fisuración en Losa con Adición de 2kg/m³ de Macrofibra POLYTWIST PT54 – 14 días

Fisura	Longitud (mm)	Clasificación por Ancho (e)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Área de Testigo (mm ²)	Incidencia Respecto al Área del Testigo (%)
1	43	Microfisura				0,000043
2	25	Microfisura				0,000025
3	13	Fisura				0,000013
4	34	Microfisura	21	3,81	1 000 000,00	0,000034
5	46*	Microfisura				0,000046
6	17	Microfisura				0,000017
7	15	Microfisura				0,000015
8	29	Microfisura				0,000029
9	17	Microfisura				0,000017
10	39*	Microfisura				0,000039
11	19	Microfisura				0,000019
12	25	Microfisura				0,000025
13	29	Microfisura				0,000029
14	14	Microfisura				0,000014
15	42	Microfisura				0,000042
Suma	407					0,000407

Nota. Elaboración propia

(*) Representan la suma de longitudes de todas las ramas de una misma fisura.

En las tablas 40 y 41 se puede apreciar que la suma de longitud de fisuración va aumentando conforme pasaron los días, pero en menor intensidad que a los 7 días de observación, también se observó en crecimiento de las fisuras activas, pero en menor cantidad, esto se puede apreciar en los tratamientos sin y con adición de 2 kg/m³ de macrofibra POLYTWIST PT54 respectivamente. En cuanto a los tratamientos de 4 y 6 kg/m³ no se registraron cambios ni en cantidad ni en incremento de longitud de las microfisuras.

Tabla 42

Resumen de Longitud de Fisuración y Porcentaje de Reducción por Tratamiento a los 14 días

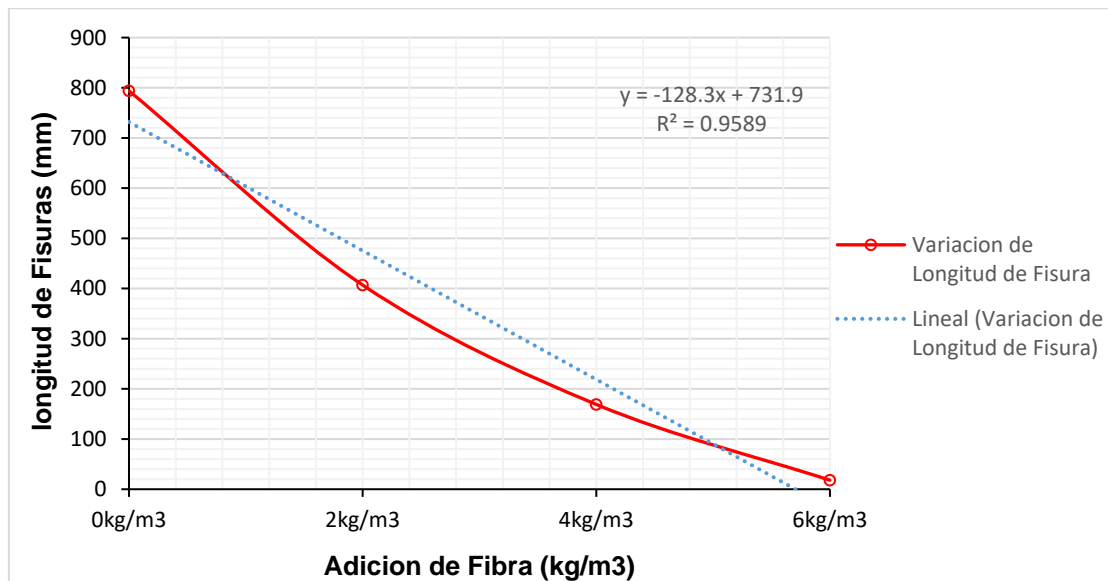
Losa	Suma de Longitud (mm)	Porcentaje Reducido
Concreto sin adición	794	-
Concreto con 2 kg/m ³	407	48,74
Concreto con 4 kg/m ³	169	78,72
Concreto con 6 kg/m ³	18	97,73

Nota. Elaboración propia

En la tabla 42 podemos ver que, a los 14 días, existe un incremento de longitud de fisuración, en menor cantidad que a los 7 días, en los tratamientos sin adición y con adición de 2 kg/m³ de macrofibra respectivamente, así mismo, se sigue manteniendo la relación de a mayor adición de macrofibra POLYTWIST PT54 existe una menor cantidad de longitud de fisuración, siendo el tratamiento con 6 kg/m³ el que mejor responde a la reducción con un 97,73 %. Para una mejor representación lo mostramos en el siguiente gráfico.

Figura 18

Longitud de Fisuras vs Adición de Macrofibra a los 14 días



Nota. Elaboración propia

En la figura 18 se observa la variación que existe entre la suma de longitudes de fisuración y los distintos tratamientos usados en el estudio, a los 14 días, siendo el tratamiento sin adición de macrofibra el que presenta mayor longitud de fisuración. Así mismo, se observa que los tratamientos sin adición y con 2 kg/m³ de macrofibra tuvieron un incremento, en menor cantidad que a los 7 días, reflejándose el cambio en la línea de variación. El coeficiente de terminación obtenido para esta observación es de 0,96 y por su cercanía a valor de 1 representa un alto grado de confiabilidad.

4.3.4 Retracción del concreto a los 28 días de ser elaboradas

Tabla 43

Presencia de Fisuración en Losa sin Adición de Macrofibra POLYTWIST PT54 – 28 días

Fisura	Longitud (mm)	Clasificación por Ancho (e)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Área de Testigo (mm ²)	Incidencia Respecto al Área del Testigo (%)
1	61	Fisura				0,000061
2	43	Microfisura				0,000043
3	35	Microfisura	20	3,61	1 000 000,00	0,000035
4	24	Fisura				0,000024
5	79*	Microfisura				0,000079

Fisura	Longitud (mm)	Clasificación por Ancho (e)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Área de Testigo (mm ²)	Incidencia Respecto al Área del Testigo (%)
6	37	Microfisura				0,000037
7	36	Microfisura				0,000036
8	49	Microfisura				0,000049
9	36	Microfisura				0,000036
10	63*	Microfisura				0,000063
11	21	Fisura				0,000021
12	25	Microfisura				0,000025
13	34	Microfisura				0,000034
14	65	Microfisura				0,000065
15	28	Microfisura				0,000028
16	71*	Microfisura				0,000071
17	42	Microfisura				0,000042
18	18	Microfisura				0,000018
19	33	Microfisura				0,000033
20	11	Microfisura				0,000011
Suma	811					0,000811

Nota. Elaboración propia

(*) Representan la suma de longitudes de todas las ramas de una misma fisura.

Tabla 44

Presencia de Fisuración en Losa con Adición de 2 kg/m³ de Macrofibra POLYTWIST PT54 – 28 días

Fisura	Longitud (mm)	Clasificación por Ancho (e)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Área de Testigo (mm ²)	Incidencia Respecto al Área del Testigo (%)
1	43	Microfisura				0,000043
2	26	Microfisura				0,000026
3	13	Fisura				0,000013
4	36	Microfisura	21	3,81	1 000 000,00	0,000036
5	46*	Microfisura				0,000046
6	19	Microfisura				0,000019
7	16	Microfisura				0,000016
8	29	Microfisura				0,000029
9	20	Microfisura				0,000020
10	39*	Microfisura				0,000039
11	21	Microfisura				0,000021
12	27	Microfisura				0,000027
13	29	Microfisura				0,000029
14	18	Microfisura				0,000018
15	42*	Microfisura				0,000042

Fisura	Longitud (mm)	Clasificación por Ancho (e)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad de viento (m/s)	Área de Testigo (mm ²)	Incidencia Respecto al Área del Testigo (%)
Suma	424					0,000424

Nota. Elaboración propia

(*) Representan la suma de longitudes de todas las ramas de una misma fisura.

En las tablas 43 y 44 se puede que a los 28 días de elaboración de muestras la suma de longitud de fisuración va aumentando conforme pasaron los días, pero en menor intensidad que a los 7 y 14 días de observación, también se observó el crecimiento de las fisuras activas, pero en menor cantidad que en las anteriores observaciones, este crecimiento se puede apreciar en los tratamientos sin y con adición de 2 kg/m³ de macrofibra POLYTWIST PT54 respectivamente. En cuanto a los tratamientos de 4 y 6 kg/m³ se siguen manteniendo sin cambios de longitud de microfisuras.

Tabla 45

Resumen de Longitud de Fisuración y Porcentaje de Reducción por Tratamiento a los 28 días

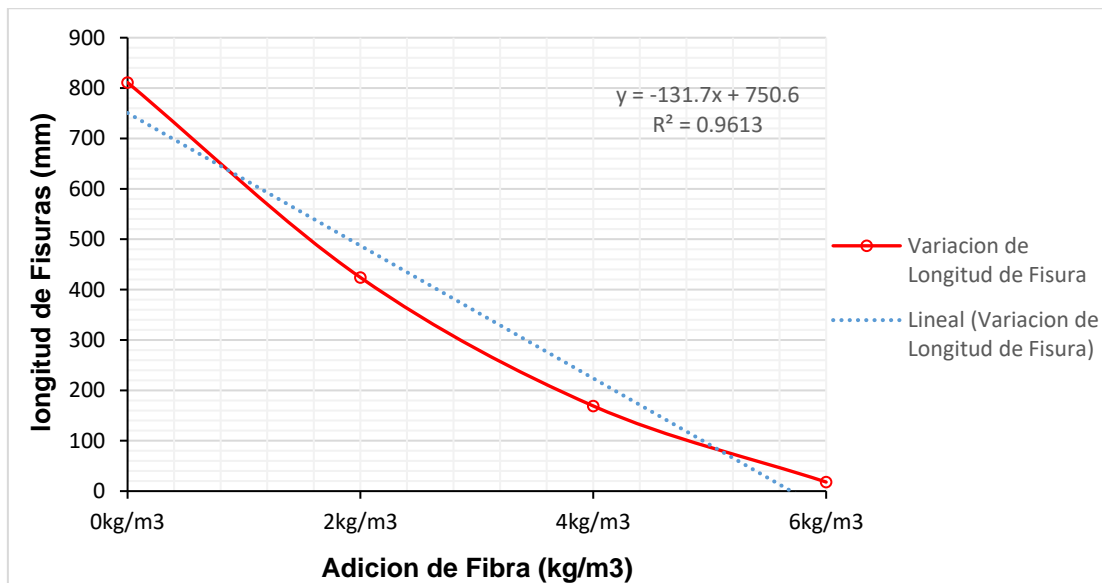
Losa	Suma de Longitud (mm)	Porcentaje Reducido
Concreto sin adición	811	-
Concreto con 2 kg/m ³	424	47,72
Concreto con 4 kg/m ³	169	79,16
Concreto con 6 kg/m ³	18	97,78

Nota. Elaboración propia

En la tabla 45 podemos ver que, a los 28 días, existe un incremento de longitud de fisuración, en menor cantidad que a los 7 y 14 días, en los tratamientos sin adición y con adición de 2 kg/m³ de macrofibra respectivamente, así mismo, se sigue manteniendo la relación de a mayor adición de macrofibra POLYTWIST PT54 existe una menor cantidad de longitud de fisuración, siendo el tratamiento con 6 kg/m³ el que mejor responde a la reducción con un 97,78 %. Para una mejor representación lo mostramos en el siguiente gráfico.

Figura 19

Longitud de Fisuras vs Adición de Macrofibra a los 28 días



Nota. Elaboración propia

En la figura 19 se observa la variación que existe entre la suma de longitudes de fisuración y los distintos tratamientos usados en el estudio, a los 28 días, siendo el tratamiento sin adición de macrofibra el que presenta mayor longitud de fisuración. Así mismo, se observa que los tratamientos sin adición y con 2 kg/m³ de macrofibra tuvieron un incremento, en menor cantidad que a los 7 y 14 días respectivamente, reflejándose el cambio en la línea de variación. El coeficiente de terminación obtenido para esta observación es de 0,96 y por su cercanía a valor de 1 representa un alto grado de confiabilidad.

4.4 Análisis de datos

Para la selección de la prueba estadística se realizó pruebas de normalidad, por la condición del número de muestras a analizar, se usó la prueba de Shapiro Wilk, debido a que los datos a analizar son menores a 30. Para esta prueba se consideró un error inferior al 5 % (0,05) para asumir la existencia de una distribución significativamente diferente a la normal. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 46*Pruebas de Normalidad Shapiro-Wilk para las Variables*

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Flexión	0,159	4	-	0,990	4	0,955
Tracción	0,206	4	-	0,965	4	0,811
Retracción	0,205	4	-	0,956	4	0,755
Adición de Fibra	0,151	4	-	0,993	4	0,972

Nota. Adaptado del programa IBM SPSS Statistics V. 29.

(a) Corrección de significación de Lilliefors

(Sig.) Índice de Significancia

En la tabla 46 se observa que debido a los resultados arrojados en la prueba de Shapiro Wilk todas las variables cuentan con una distribución normal lo que nos indica la aplicación de una prueba paramétrica siendo seleccionada la prueba de t student para muestras emparejadas, debido a la condición del estudio. Primeramente, se realizó la prueba de correlación de Pearson para ver la relación que existente entre las variables, con un nivel de significación del 5 % (0,05).

Tabla 47*Prueba de Correlación de Pearson para Adición de Macrofibra y Flexión*

		Adición de Fibra	Flexión
Adición de Fibra	Correlación de Pearson	1	1,000**
	Sig. (bilateral)		<,001
	N	4	4
Flexión	Correlación de Pearson	1,000**	1
	Sig. (bilateral)	<,001	
	N	4	4

Nota. Adaptado del programa IBM SPSS Statistics V. 29.

(**) La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral)

(Sig.) Índice de Significancia

Tabla 48*Prueba de Correlación de Pearson para Adición de Macrofibra y Tracción*

		Adición de Fibra	Flexión
Adición de Fibra	Correlación de Pearson	1	0.994**
	Sig. (bilateral)		0.006
	N	4	4
Tracción	Correlación de Pearson	0.994**	1
	Sig. (bilateral)	0.006	
	N	4	4

Nota. Adaptado del programa IBM SPSS Statistics V. 29.

(**) La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral)

(Sig.) Índice de Significancia

Tabla 49*Prueba de Correlación de Pearson para Adición de Macrofibra y Retracción*

		Adición de Fibra	Flexión
Adición de Fibra	Correlación de Pearson	1	-0,980*
	Sig. (bilateral)		0,020
	N	4	4
Retracción	Correlación de Pearson	-0,980*	1
	Sig. (bilateral)	0,020	
	N	4	4

Nota. Adaptado del programa IBM SPSS Statistics V. 29.

(**) La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral)

(Sig.) Índice de Significancia

En las tablas 47,48 y 49 se puede ver que las tres pruebas muestran un nivel de significancia menor a 0,05 por lo que podemos afirmar que existen una correlación entre las variables, así mismo, podemos clasificar la relación por medio del índice de Pearson resultando para las tres pruebas una clasificación de “muy buena correlación” ya que se encuentran en el rango de 0,8 – 1,0.

Una vez comprobadas la relación existente entre las variables procedemos hacer la verificación de si existe un incremento o una disminución, con un nivel de significancia

de 0,05, entre las variables, mediante la prueba t de Student. A continuación, se muestran los resultados.

Tabla 50

Prueba T de Student para Adición de Macrofibra y Flexión

		Prueba de muestras emparejadas						Significación		
		Diferencias emparejadas					t	gl	P de un factor	P de dos factores
		95% de intervalo de confianza de la diferencia								
		Mediana	Desv. estándar	Media de error estándar	Inferior	Superior				
Par 1	Adición de fibra en 0kg/m3 - Adición de fibra en 2kg/m3	-0,5900	0,2946	0,1701	-1,3218	0,1418	-3,469	2	0,037	0,074
Par 2	Adición de fibra en 0kg/m3 - Adición de fibra en 4kg/m3	-1,2433	0,2281	0,1317	-1,8099	-0,6767	-9,441	2	0,006	0,011
Par 3	Adición de fibra en 0kg/m3 - Adición de fibra en 6kg/m3	-1,8367	0,2230	0,1287	-2,3906	-1,2827	-14,265	2	0,002	0,005

Nota. Adaptado del programa IBM SPSS Statistics V. 29.

Tabla 51

Prueba T de Student para Adición de Macrofibra y Tracción

		Prueba de muestras emparejadas						Significación		
		Diferencias emparejadas					t	gl	P de un factor	P de dos factores
		95% de intervalo de confianza de la diferencia								
		Mediana	Desv. estándar	Media de error estándar	Inferior	Superior				
Par 1	Adición de fibra en 0kg/m3 - Adición de fibra en 2kg/m3	-1,4833	1,0446	0,6031	-4,0783	1,1116	-2,459	2	0,067	0,133
Par 2	Adición de fibra en 0kg/m3 - Adición de fibra en 4kg/m3	-4,4267	0,4077	0,2354	-5,4395	-3,4138	-18,805	2	0,001	0,003
Par 3	Adición de fibra en 0kg/m3 - Adición de fibra en 6kg/m3	-6,4400	0,6413	0,3703	-8,0331	-4,8468	-17,393	2	0,002	0,003

Nota. Adaptado del programa IBM SPSS Statistics V. 29.

Tabla 52*Prueba T de Student para Adición de Macrofibra y Retracción*

		Prueba de muestras emparejadas					Significación			
		Diferencias emparejadas								
		95% de intervalo de confianza de la diferencia								
		Mediana	Desv. estándar	Media de error estándar	Inferior	Superior	t	gl	P de un factor	P de dos factores
Par 1	Adición de fibra en 0kg/m ³ - Adición de fibra en 2kg/m ³									
Par 2	Adición de fibra en 0kg/m ³ - Adición de fibra en 4kg/m ³	573,25	92,9422	46,4711	425,3582	721,1417	12,336	3	<,001	0,001
Par 3	Adición de fibra en 0kg/m ³ - Adición de fibra en 6kg/m ³	724,25	92,9422	46,4711	576,3582	872,1417	15,585	3	<,001	<,001

Nota. Adaptado del programa IBM SPSS Statistics V. 29.

En las tablas 50,51 y 52 se puede ver que el factor p es menor al nivel de significancia de 0,05 lo que nos permite afirmar que para todos los tratamientos con adición de macrofibra existe un incremento en la resistencia a flexión y tracción del concreto. Así mismo, podemos afirmar que la adición de macrofibra representa una mejora en el comportamiento a retracción del concreto. Aceptando de esta manera la hipótesis planteada inicialmente.

4.5 Prueba de hipótesis

4.5.1 Flexión

Formulación de hipótesis:

H₀: Hipótesis nula

La fibra de polipropileno incorporadas, en sus distintas dosificaciones (kg/m³), NO INCREMENTAN la resistencia a la flexión del concreto a los 28 días

H₁: Hipótesis alterna

La fibra de polipropileno incorporadas, en sus distintas dosificaciones (kg/m³), INCREMENTAN la resistencia a la flexión del concreto a los 28 días

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Prueba estadística: Prueba T de student para muestras emparejadas

Estimación de P-valor:**Tabla 53***Estimación de P-valor - Flexión*

Prueba de muestras emparejadas		
	Dosificaciones	P de un factor
Par 1	Adición de fibra en 0 kg/m ³ - Adición de fibra en 2 kg/m ³	0,037
Par 2	Adición de fibra en 0 kg/m ³ - Adición de fibra en 4 kg/m ³	0,006
Par 3	Adición de fibra en 0 kg/m ³ - Adición de fibra en 6 kg/m ³	0,002

Nota. Adaptado del programa IBM SPSS Statistics V. 29.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, si $P < \alpha$

Conclusión: Puesto que $P < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 ; con un nivel de significancia de 0,05 y se concluye que la incorporación de fibra de polipropileno, en sus distintas dosificaciones (kg/m³), incrementan la resistencia a la flexión del concreto a los 28 días.

4.5.2 Tracción**Formulación de hipótesis:**

H₀: Hipótesis nula

La fibra de polipropileno incorporadas en sus distintas dosificaciones (kg/m³) NO INCREMENTAN la resistencia a la tracción del concreto a los 28 días

H₁: Hipótesis alterna

La fibra de polipropileno incorporadas en sus distintas dosificaciones (kg/m³) INCREMENTAN la resistencia a la tracción del concreto a los 28 días

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Prueba estadística: Prueba T de student para muestras emparejadas

Estimación de P-valor:

Tabla 54*Estimación de P-valor - Tracción*

Prueba de muestras emparejadas		
	Dosificaciones	P de un factor
Par 1	Adición de fibra en 0 kg/m ³ - Adición de fibra en 2 kg/m ³	0,067
Par 2	Adición de fibra en 0 kg/m ³ - Adición de fibra en 4 kg/m ³	0,001
Par 3	Adición de fibra en 0 kg/m ³ - Adición de fibra en 6 kg/m ³	0,002

Nota. Adaptado del programa IBM SPSS Statistics V. 29.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, si $P < \alpha$

Conclusión: Puesto que $P < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 ; con un nivel de significancia de 0,05 y se concluye que la incorporación de fibra de polipropileno en sus distintas dosificaciones (kg/m³) incrementan la resistencia a la tracción del concreto a los 28 días.

4.5.3 Retracción

Formulación de hipótesis:

H₀: Hipótesis nula

La fibra de polipropileno incorporadas, en sus distintas dosificaciones (kg/m³), NO DISMINUYE la aparición de fisuras en el proceso de retracción del concreto.

H₁: Hipótesis alterna

La fibra de polipropileno incorporadas, en sus distintas dosificaciones (kg/m³), DISMINUYE la aparición de fisuras en el proceso de retracción del concreto.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Prueba estadística: Prueba T de student para muestras emparejadas

Estimación de P-valor:

Tabla 55*Estimación de P-valor - Retracción*

Prueba de muestras emparejadas		
	Dosificaciones	P de un factor
Par 1	Adición de fibra en 0 kg/m ³ - Adición de fibra en 2 kg/m ³	<,001
Par 2	Adición de fibra en 0 kg/m ³ - Adición de fibra en 4 kg/m ³	<,001
Par 3	Adición de fibra en 0 kg/m ³ - Adición de fibra en 6 kg/m ³	<,001

Nota. Adaptado del programa IBM SPSS Statistics V. 29.

Decisión: Se rechaza la hipótesis nula, si $P < \alpha$

Conclusión: Puesto que $P < \alpha$, se rechaza la hipótesis nula H_0 y se acepta la hipótesis alterna H_1 ; con un nivel de significancia de 0,05 y se concluye que la incorporación de fibra de polipropileno, en sus distintas dosificaciones (kg/m³), disminuye la aparición de fisuras en el proceso de retracción del concreto.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

A partir de los resultados mostrados anteriormente, se acepta la hipótesis alternativa general que establece que el uso de las fibras sintéticas tiene un efecto sobre las propiedades mecánicas y retracción del concreto respecto uno convencional. Esto guarda relación con (Mohod, 2015) quien sostiene que el efecto de la mezcla de macrofibras de polipropileno mediante la variación de dosis en 0 %, 0,5 %, 1 %, 1,5 % y 2 %, en mezclas de resistencias de diseño de 30 y 40 MPa, incrementa significativamente la resistencia a la tracción y flexión. También concluye que las fibras de polipropileno (PPF) reducen la contracción temprana edad y la pérdida de humedad de la mezcla de hormigón. Por consiguiente.

Se acepta la primera hipótesis específica que establece, que la fibra de polipropileno influye en la resistencia a flexión y tracción del concreto reforzado respecto a uno convencional ya que los ensayos realizados tanto para flexión como para tracción, en los diferentes tratamientos, arrojaron un incremento en la resistencia para ambos estudios, así mismo, se comprobó la existencia de una relación directa entre la resistencia y la adición de fibra de polipropileno mediante la prueba de correlación de Pearson. Esto guarda relación con lo que afirman (Kolli Ramujee, 2013), Pey- (Pey Shuan & Chi Jen, 2013), (Mohamed, 2006), (Mohod, 2015), (Kakooei, Md Akil, Jamshidi, & Rouhi, 2012), (Dávila Mercado, 2010), (López Román, 2015), (Manzano Valbuena, 2014), (Rojas Silva, 2009), (García Aymar, 2007), (Vidad Pereyra, 2006), concluyendo que la adición de fibra de polipropileno genera un incremento en la resistencia a la flexión del concreto. (Mendoza, Aire, & Dávila, 2011) y (Ramos Fernández, 2019), en lo referido a tracción afirman que hay diferencia significativa entre los valores determinados para los concretos sin fibras y los que sí las incluyen.

Se acepta la segunda hipótesis específica que establece, que la dosificación de fibra de polipropileno tiene efecto sobre la resistencia del concreto reforzado, en base a los resultados obtenidos, para tiramientos de 0, 2, 4 y 6 kg/m³ de adición de macrofibra, en los distintos ensayos, se demostró que a más adición de macrofibra existe una mayor respuesta positiva, encontrándose diferencias de hasta 18,76 kg/cm² y 6,44 kg/cm² entre los tratamientos con adición de macrofibra y el tratamiento sin adición de macrofibra, tanto para flexión como para tracción respectivamente. Esto guarda relación con lo que expone (Vásquez-Alfaro, 2014) quien sostiene que para una viga ensayada a flexión con adición de 800 gr de fibra se registró una resistencia de 84,6 Kg/cm² y mientras que

la viga con 0 gr de fibra arrojó una resistencia de 56,7 Kg/cm². Así mismo, (Vargas Ortiz & Yataco Barreda, 2020) concluyó que existe una alta correlación entre el incremento de la resistencia a la flexión del concreto respecto a la dosificación de fibra que se adicione. A su vez (Ramos Fernández, 2019) afirma que, para dosis de 400, 600 y 800 g/m³ de fibra de polipropileno "Sikafiber PE" en el ensayo a tracción indirecta por compresión diagonal en el concreto reforzado con fibra de acero, polipropileno y ambas fibras, se presentan incrementos de hasta 19,329 %, 12,278 % y 16,382 % respectivamente.

Se acepta la tercera hipótesis específica que establece, que la macrofibra de polipropileno tiene efectos sobre el proceso de retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional. Ya que los resultados obtenidos de la observación y contabilización de las fisuras en las primeras 24 horas, 7, 14, y 28 días, para los tratamientos de 0, 2, 4 y 6 kg/m³ de adición de macrofibra, sirvieron para demostrar que a mayor adición de macrofibra existe una reducción significativa de la aparición de fisura, viéndose una disminución de fisuración de hasta 97,72 %, por consiguiente, podemos afirmar que si existe un efecto en el proceso de retracción. Esto guarda relación con lo que afirma (Armas Aguilar, 2016) quien sostiene que una dosis de fibra de polipropileno de 400 gr/m³ de concreto logra reducir el potencial de fisuración en condiciones reales hasta en un 90 %. Así mismo, (García Aymar, 2007) (Dávila Mercado, 2010), y (Gutiérrez Ramos & Palomino Lazo, 2015) sostienen que la adición de fibra de polipropileno en el concreto genera un considerable aporte en la disminución de fisuras por retracción plástica.

CONCLUSIONES

Se determinó que la fibra sintética tiene efecto en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional. Así mismo, la influencia de la fibra de polipropileno en la resistencia a flexión y tracción del concreto, obteniendo resistencia a los 28 días de edad, resultados promedios de 3 muestras; para flexión con carga a dos tercios una resistencia de 49,86 Kg/cm² y para el ensayo a tracción indirecta una resistencia de 22,56 Kg/cm², en ambos casos existe un incremento significativo respecto al tratamiento sin adición de macrofibra.

Se determinó que la dosificación de fibra de polipropileno tiene un efecto positivo sobre la resistencia del concreto, dado que en los resultados obtenidos en los ensayos realizados a los 28 días de edad, arrojaron un incremento en la resistencia, obteniendo resultados, para los ensayos a flexión; para el tratamiento con 2 kg/m³ de adición de macrofibra, en promedio, una resistencia de 31,10 kg/cm², para el tratamiento de 4 kg/m³ una resistencia promedio de 14 kg/cm² y para 6 kg/m³ de adición de macrofibra, el tratamiento con mejor respuesta, una resistencia de 44,86 kg/cm² el mismo que muestra una diferencia de 18,76 kg/cm² respecto al tratamiento sin adición de macrofibra que arrojó un promedio de 31,10 kg/cm², evidenciándose una mejora en cada uno de los tratamientos, así mismo, para los ensayos a tracción se obtuvo resultados en promedios que van desde los 16,10 kg/cm² hasta los 22,56 kg/cm², para el tratamiento sin adición de macrofibra y con adición de 6 kg/m³ respectivamente. Concluyéndose la existencia de una relación directa entre la dosificación de macrofibra de polipropileno y el incremento de resistencia, tanto para flexión como tracción, siendo el tratamiento con 6 kg/m³ el de mayor respuesta positiva para ambos casos.

Se determinó el efecto de la fibra de polipropileno en el proceso de retracción del concreto reforzado, mediante la observación de las fisuras tanto para las primeras 24 horas como para los 7, 14 y 28 días de ser elaboradas las losas, obteniéndose una disminución considerable en cuanto a cantidad y tamaño de fisuras, siendo el tratamiento con adición de 6 kg/m³ de macrofibra el que arrojó una disminución de fisuración en 97,72 % respecto a al tratamiento sin adición de macrofibra, así mismo, tanto para los tratamientos de 0 y 2 kg/m³ de adición de macrofibra se observó la aparición de nuevas fisuras y la presencia de muchas fisuras activas que conforme pasaba el tiempo incrementan su longitud, en base a lo expuesto se concluye que la

macrofibra de polipropileno representa un gran aporte en la disminución de fisuras por consiguiente afecta positivamente al proceso de retracción del concreto.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a los futuros investigadores que, para próximos estudios de concreto reforzado con macrofibra POLYTWIST PT54, trabajar con resistencias superiores como de 280 kg/cm² y 350 kg/cm², ya que la presente investigación se realizó con concreto de resistencia de 210 kg/cm².

Se recomienda a las constructoras, en caso de utilizar la macrofibra POLYTWIST PT54 usarla en elementos que cubran una gran área y estén apoyadas sobre una base, ya que su aporte a la reducción de fisuración es significativo, por lo mismo representaría un gran aporte en pavimentos rígidos, losas aligeradas y macizas.

Se recomienda a futuros tesis realizar estudios enfocados en otros ensayos al concreto endurecido, como pruebas de impacto, abrasión, fatiga, tenacidad, entre otros, con la finalidad de determinar si las macrofibras brindan algún otro beneficio más a las mezclas de concreto, ya que dichas pruebas quedan fuera del alcance de la presente investigación.

Así mismo, se recomienda evaluar dosificaciones mayores a 2, 4 y 6 kg/m³ de macrofibra mismas que fueron utilizadas en esta investigación, ya que se sabe que la adición de macrofibras en exceso genera vacíos en el concreto y reduce drásticamente la trabajabilidad.

Se recomienda a las universidades, centros de estudios y laboratorios en general, ampliar la gama de opciones para ensayos referidos al concreto, de esta manera se podría impulsar la investigación y aumentar el conocimiento referido al tema. Así mismo, a las municipalidades, trabajar de la mano con las universidades locales para elaborar un plan que permita el desarrollo de investigaciones más ligadas a obras públicas, de esta forma aprovechar los conocimientos del investigador y los recursos municipales para generar investigaciones mucho más completas y de mayor nivel con aplicaciones reales que en un futuro sean útiles para la sociedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo , I. (s.f.). *Tecnología del concreto (Teoría y Problemas)*. Lima: San Marcos.
- Abdev Merrys, I., & Blanco Posse, O. (2002). *Universidad Central de Venezuela*. Repositorio Institucional: <http://hdl.handle.net/10872/588>
- ACI Committee. (2009). *ACI PRC-544.1R-96: Report on Fiber Reinforced Concrete (Reapproved 2009)*. ACI Collection of Concrete Codes, Specifications, and Practices:
https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=544196&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US_AND_METRIC
- Armas Aguilar, C. (2016). Efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico. *INGENIERÍA: Ciencia Tecnología e Innovación, Vol. 3 Núm. 2 (2016): VOL.3 / N° 2*. Obtenido de
<https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/436#:~:text=Se%20concluye%20que%20una%20dosis,el%20contenido%20de%20aire%20lo>
- ASTM C31/C31M. (2008). Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra. *Annual Book of ASTM Standards*.
- ASTM C33-03. (2003). Especificación estándar para: AGREGADOS PARA CONCRETO. *American Society for Testing and Materials*.
- ASTM C42/C42M. (2011). Métodos de Ensayo Normalizado para la Obtención y Ensayo de Núcleos Perforados y Vigas Aserradas de Concreto. *Libro Anual de Normas ASTM*.
- ASTM C496/C496M-04. (2017). Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens. *American Society for Testing and Materials*.
- ASTM C78-02. (2002). Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading). *Annual Book of ASTM Standards*, 1-3.
- Código Estructural - 08. (2021). Estructuras de hormigón. Propiedades tecnológicas de los materiales. *Comision Permanente de Estructuras de Acero*, 95-156.

- Dávila Mercado, M. (2010). *Efecto de la adición de fibras sintéticas en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto*. Universidad Nacional Autónoma de México: https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000655050
- Fages Santana, E. (2013). *Investigación de fibras de polipropileno aditivadas con nanopartículas de plata para la mejora de propiedades bioactivas en el sector textil*. Universitat Politecnica de Valencia: <http://hdl.handle.net/10251/21065>
- Flores Quispe, C., & Pacompia Calcina, I. (2015). *Diseño de mezcla de concreto permeable con adición de tiras de plástico para pavimentos F'c 175 kg/cm2 en la Ciudad de Puno*. Universidad Nacional del Altiplano: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/2230>
- García Aymar, P. (2007). *Verificación de la dosificación de fibras sintéticas para neutralizar las fisuras causadas por contracción plástica en el concreto*. Universidad Ricardo Palma: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/113>
- García Ccallocunto, C. (29 de 02 de 2012). Resistencia a la flexión del concreto. *Duravía concretando caminos*.
- Gomez. (2004).
- González Fresneda, S. L. (2017). Transporte público: Función social, integrador de mercados y gestor de desarrollo. Colombia: Universitaria La Gran Colombia.
- Gutierrez Ramos, M., & Palomino Lazo, K. (2015). *Análisis de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de polipropileno y acero, y su uso en el control de fisuras por contracción plástica*. Universidad Católica de Santa María: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/2143>
- Harmsen, T. (2002). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. Lima: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ FONDO EDITORIAL 2002 .
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Selección de la muestra. *Metodología de la Investigación*, 170-191.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2021). *Comportamiento de la Economía Peruana en el Primer Trimestre de 2021*. INEI. <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/02-informe-tecnico-pbi-i-trim-2021.pdf>: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/02-informe-tecnico-pbi-i-trim-2021.pdf>
- Instrucción de Hormigón Estructural. (s.f.).

- Kakooei, S., Md Akil, H., Jamshidi, M., & Rouhi, J. (February de 2012). The effects of polypropylene fibers on the properties of reinforced concrete structures. *Construction and Building Materials*, 27(1), 73-77. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.08.015>
- Kolli Ramujee. (2013). Strength properties of polypropylene fiber reinforced concrete. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 3409-3413.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Skokie, Illinois, EE.UU: Portland Cement Association.
- López Román , 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: https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000730927
- Manzano Valbuena, J. (2014). *Evaluación del efecto en la contracción del concreto con fibras estructurales de polipropileno*. Pontificia Universidad Javeriana: <http://hdl.handle.net/10554/15064>
- Mármol Salazar, P. (2010). *Hormigones con fibras de acero características mecánicas*. Universidad Politécnica de Madrid: <https://oa.upm.es/4510/>
- Mendoza, C., Aire, C., & Dávila, P. (2011). Influencia de las Fibras de Polipropileno en las Propiedades del Concreto en Estados Plástico y Endurecido. *CONCRETO Y CEMENTO: Investigacion y Desarrollo*, 35-47.
- Mohamed, R. (2006). Effect of polypropylene fibers on the mechanical properties of normal concrete. *Journal of Engineering Sciences*, 34(4), 1049-1059.
- Mohod, M. (Jan-Feb de 2015). Performance of Polypropylene Fibre Reinforced Concrete. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 12(1), 28-36. https://www.researchgate.net/publication/304247224_Performance_of_Polypropylene_Fibre_Reinforced_Concrete
- Muñoz Cebrián, F. (2011). *Comportamiento mecánico del hormigón reforzado con fibra de polipropileno multifilamento : influencia del porcentaje de fibra adicionado*. Universitat Politècnica de Valencia: <http://hdl.handle.net/10251/13552>
- Navarro Tello, R. (2011). *Dosificación y Diseño de Mezclas del Concreto*. Universidad Señor de Sipan: <https://es.slideshare.net/rogerjob/dosificacion-o-diseo-de-mezclas-del-concreto>

- Neville, A., & Brooks, J. (2010). *Concrete technology* (Vol. 2 edition). Pearson.
- Niño Hernández, J. (2010). *Tecnología del concreto : materiales propiedades y diseño de mezclas* (Vol. (3a. ed.)). Bogotá, D. C., Colombia: Asociación Colombiana de Productores de Concreto.
- Norma Técnica Peruana 334.009. (2022). *CEMENTOS. cementos Portland. Requisitos*. Lima.
- NTP 339.034. (2021). CONCRETO. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo. *Norma Técnica Peruana*, 1-18.
- NTP 339.078. (2022). CONCRETO. Determinación de la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la distancia entre apoyos. Método de ensayo. *NORMA TÉCNICA PERUANA*, 1-10.
- NTP 339.084. (2017). CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica. *Norma Técnica Peruana, 3ra Edición*.
- NTP 400.037. (2021). AGREGADOS. Agregados para concreto. *Norma Técnica Peruana*.
- Ottazzi Pasino, G. A. (2004). *Material de apoyo para la enseñanza de los cursos de diseño y comportamiento del concreto armado*. Tesis.pucp.edu.pe: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/1055>
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2020). *Definicion.de*. Definición de dosificación: <https://definicion.de/dosificacion/>
- Pérez Porto, J., & Merino, M. (2009). *definicion.de*. Definición de flexión: <https://definicion.de/flexion/>
- Pey Shiuan, S., & Chi Jen, T. (2013). Effect of Different Types of Polypropylene Fibers on the Properties of Mortar. *Journal of C.C.I.T*, 43(2).
- Quispe Soncco, I., & Ticona Cutipa, E. (2017). *Influencia de la incorporación de fibras de polipropileno en concreto permeable f 'c = 210 kg/cm²*. Obtenido de Universidad Peruana Union: <http://hdl.handle.net/20.500.12840/947>
- R. Jahuana, J. (09 de 10 de 2015). *Tecnología de Materiales*. Obtenido de AGUA PARA CONCRETO Y MORTEROS: <http://jhonrodrigueztecmblogspot.com/2015/09/semana-7.html>

- Ramos Fernández, N. (2019). *Análisis comparativo del comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de polipropileno y acero*. Universidad Nacional de Cajamarca: <http://hdl.handle.net/20.500.14074/2875>
- Rivva Lopez, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima - Perú: Aciperú.
- Rojas Silva , S. (2009). *Concreto reforzado con fibra natural de origen animal (plumas de aves)*. Universidad Ricardo Palma: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/166>
- Salaguero Girón, R. (2004). *Universidad de San Carlos de Guatemala*. Obtenido de Examen de calidad de agregado para concreto de dos bancos en la ciudad de Quetzaltenango: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2434_C.pdf.
- Sánchez De Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá, D. C.: Bhandar Editores.
- Sepúlveda Lozano, C. (2011). Fibras de Acero: La cantidad hace la fuerza. *REVISTA METAL ACTUAL*. http://www.metalactual.com/revista/22/materiales_fibra.pdf
- Solís, R., Moreno, E., & Arjona, E. (2012). Resistencia de concreto con agregado de alta absorción y baja relación a/c. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, vol.2(1), 21-29. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427639586004>
- Sotomayor C., C. (2020). Entendiendo a Las fisuras y Grietas en Las Estructuras de Concreto. *Artículo técnico N°6*, 1-8.
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). *EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA . Incluye Evaluación y Administración de Proyectos de Investigación*. Mexico, D.F.: EDITORIAL LIMUSA. S.A. DE C.v. GRUPO NORIEGA EDITORES.
- Torres Búa, M. (2014). *Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria*. XUNTA DE GALICIA: https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947489/contido/51_resistencia.html
- UNE-EN 197-1:2011. (2011). *Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes*.
- Valera Pajuelo, E. (2017). *Incorporación de fibras de polipropileno (sikaFiber Force pp48) para mejorar las propiedades plásticas y mecánicas en un concreto con resistencia a la compresión 28Mpa para el departamento de lima*. Universidad César Vallejo: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/22053>

- Vara Horna, A. (2012). *Desde La Idea hasta la sustentación: Siete pasos para una tesis exitosa. Un método efectivo para las ciencias empresariales*. Lima: Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos. Universidad de San Martín de Porres.
- Vargas Ortiz, G., & Yataco Barreda, A. (2020). *Efecto de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto para pavimentos rígidos*. Universidad Ricardo Palma: <https://hdl.handle.net/20.500.14138/3678>
- Vásquez-Alfaro, I. (2014). Influencia del incremento de volumen de fibra de polipropileno en la resistencia a la flexión, tracción y trabajabilidad en un concreto reforzado. *Revista de Formación en Investigación*, 26-31.
- Vidad Pereyra, J. (2006). *Análisis del comportamiento del concreto con incorporación de fibras de polipropileno*. Universidad Nacional Agraria La Molina: <https://www.scribd.com/document/228300453>
- Videla, C., & Lopez, M. (2002). Efecto de la resistencia intrínseca del árido ligero en la resistencia a compresión y rigidez del hormigón ligero. *MATERIALES DE CONSTRUCCION*, 23-37.

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de Consistencia

Formulación del problema específico	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variables	Indicadores	Método	Prueba Estadística o Estrategia
¿Cuál es la influencia de la fibra de polipropileno en la resistencia a flexión y tracción del concreto reforzado respecto a uno convencional?	Determinar la influencia de la fibra de polipropileno en la resistencia a flexión y tracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.	La fibra de polipropileno influye en la resistencia a flexión y tracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.	<p>Variable independiente: Fibra de polipropileno</p> <p>Variable dependiente: Propiedades mecánicas del concreto</p>	<p>Kg/m3</p> <p>Flexión y tracción concreto (kg/cm²)</p>	<p>Mediante una balanza</p> <p>Se determinará mediante un ensayo de:</p> <p>- Flexión con carga en el centro de luz. -Compresión diametral.</p>	<p>Se realizará mediante un diseño investigativo con cuatro (04) tratamientos cada uno con una dosificación específica a (3) repeticiones, tanto a flexión como tracción, para cada ensayo realizado a los 28 días, La influencia de la fibra de polipropileno en la resistencia a flexión y tracción del concreto reforzado respecto a uno convencional se realizará mediante el coeficiente de determinación con a un 95% de confiabilidad.</p> <p>Todos los resultados serán reflejados en cuadros y tablas graficas.</p>
¿Cuál es el efecto de la dosificación de fibra de polipropileno en la resistencia a flexión y tracción del concreto?	Determinar el efecto de la dosificación de la fibra de polipropileno en la resistencia a flexión y tracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.	La dosificación de fibra de polipropileno tiene efecto sobre la resistencia a flexión y tracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.	<p>Variable independiente: Fibra de polipropileno</p> <p>Variable dependiente: Propiedades mecánicas del concreto</p>	<p>Kg/m3</p> <p>Flexión y tracción concreto (kg/cm²)</p>	<p>Mediante una balanza</p> <p>Se determinará mediante un ensayo de:</p> <p>- Flexión con carga en el centro de luz. -Compresión diametral.</p>	<p>Se trabajará con los datos obtenidos en los ensayos realizados en el objetivo específico 1. El efecto de la dosificación de fibra de polipropileno en la resistencia del concreto lo realizare mediante la prueba estadística t de Student a un 95% de confiabilidad mediante el software estadístico IBM SPSS Statistics.</p> <p>Se complementará con gráficas y cuadros generados en el software Microsoft Excel.</p>
¿Como afecta la fibra de polipropileno en el proceso de retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional?	Determinar el efecto de la fibra de polipropileno en el proceso de retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.	La fibra de polipropileno tiene efectos sobre el proceso de retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.	<p>Variable independiente: Fibra de polipropileno</p> <p>Variable dependiente: Retracción del concreto</p>	<p>Kg/m3</p> <p>fotografías</p>	<p>Mediante una balanza</p> <p>Se determinará mediante el método de observación directa estructurada</p>	<p>Se realizará mediante un diseño investigativo con cuatro (04) tratamientos cada uno con una dosificación específica a una (1) repetición. El efecto de la fibra de polipropileno en el proceso de retracción del concreto lo evaluare mediante el método observacional y se complementara con fotografías tomas en campo en los primeras 24h y 7, 14 y 28 días.</p>

Anexo 2 Especificaciones técnicas de fibra sintética POLYTWIST PT54

polyfibers[®]
ALL ABOUT FIBERS

Macrofibers



POLYTWIST[®] PT54
Macro Synthetic Fiber Reinforcement



Maximum Durability
Without Corrosion Risk

High Performance Synthetic Fiber for Concrete Applications



Offering Innovative Solutions For Building A Sustainable Future!



By 2050, nine billion people will be living on this planet of which three-quarters will be living in the cities. Increasing levels of urbanization and industrialization will require new technologies enabling higher performance with less material.

For more than 15 years, in close collaboration with market experts we have been working to meet the requirements of this new world.

Through an ongoing commitment to research and development, Polyfibers® has transformed and revolutionized its products by combining high technology synthetic materials with unique designs and manufacturing methods.

In our ISO 9001 and ISO 14001 certified manufacturing facilities we serve the world market as a key global player.



**REINFORCE WITH POLYFIBERS®
FOR MAXIMUM DURABILITY!**



High Performance Synthetic Fiber Reinforcement For Concrete Applications

Polytwist® PT54, made of 100% virgin copolymer/polypropylene, consisting of twisted-bundles of monofilament fibers, are used for structural concrete reinforcement. Its high performance structure yields maximum durability with no corrosion, magnetic and acid/alkali risk.



POLYTWIST® PT54 TECHNICAL SUPERIORITY

- Excellent dispersion within concrete with robust adherence.
- Provides long term durability without risk of corrosion.
- Prevents shrinkage cracks and provides temperature reinforcement.
- Increased shatter, impact and abrasion resistance.
- Supports concrete structure exposed to extreme levels of freeze-thaw.
- Holds concrete tightly together to withstand long term acidic and alkaline environment.
- Provides ductility, high energy absorption and flexural toughness.
- Eliminates the need for **steel mesh** and **steel fibers** by giving structural flexural tensile strength to concrete.

Cost and Application Advantages

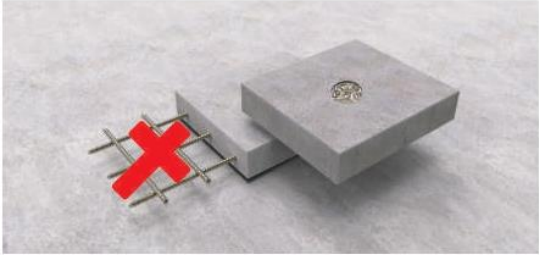
- Saves time from handling the steel mesh on the site - off-load from truck, store and move to point of use.
- Significantly reduces application times and direct labor expenses.
- Saves material costs by eliminating the mesh overlap and concrete cover.
- Prevention of corrosion increases service life and reduces maintenance costs.
- Eliminates labor related risks and removes potential hazards from the work site related to steel mesh and steel fibers.
- Does not damage construction equipment as steel fiber.
- Reduces costs of storage and due to not having a shelf life can be stored for long-term.
- Overall cost is lower than steel mesh and steel fibers.



Sample Analysis for Floor Applications

Analysis of reinforcement requirements for parking lot floor application of 1000m² under the average loads is given below.

Product	STEEL MESH 6mm Q 188/188	STEEL FIBER	POLYTWIST®
Quantity	230 pcs - 7700 kg	2500 kg	350 kg
Labor	High ↑	—	Low ↓
Cost	High ↑	High ↑	Low ↓



Applications

Field and Ground Concrete

- Industrial Facility Floor & Storage Area Applications
- Cold Storage Floor Applications
- Logistics Facilities
- Topping Concrete
- Gas Stations
- Subway Waiting and Walking Areas
- Concrete Roads and Pavements

Residential Applications

- In-House Screeds
- Indoor / Outdoor Parking Floor Applications
- Walking Paths
- Indoor / Outdoor Pool Applications

Coastal Structures and Ports

- Port Concrete Linings
- Shipyard Floor Applications
- Marina Floor Applications
- Piers and Docks
- Coastal Protection Elements
- Breakwater Concrete Linings

Water Structures

- Hydroelectric Power Plants
- Drinking Water and Sewerage Projects
- Irrigation Projects
- Hydrology and Flood Applications
- Channel Structures

Precast Elements

- Concrete Pipes
- Concrete Blocks
- Retaining Walls
- Segments
- Liquid Tanks
- Wall Panels

Mining Applications

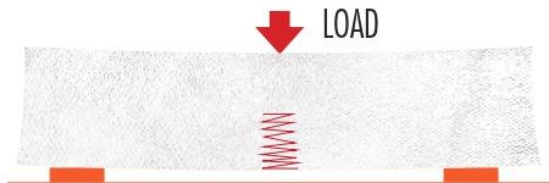
- Ground Stabilization and Shotcrete Applications
- Mirror-Passage and Downhill Road Concretes
- Workshop Floors
- Underground Rooms
- Ore Waste Crater Filling Sets

Tunnel Applications

- Ground Stabilization and Shotcrete Applications
- Filling Shotcrete Applications
- Stabilization of Slopes
- Tunnel Floor Applications
- Invert and Full-Size Concrete Linings
- Tunnel Segment Linings

Approved Technical Reports & CE Mark

Polytwist® PT54 macro synthetic fiber reinforced concrete prisms are tested in accordance with EN 14889-2, EN 14651, EN 12350 and ISO 6892 at accredited test facilities for CE marking.



To deep dive into the analysis of CMOD (Crack Mouth Opening Displacement), concrete prisms with same composition and water/cement ratio are loaded at the mid point by the displacement controlled test equipment.

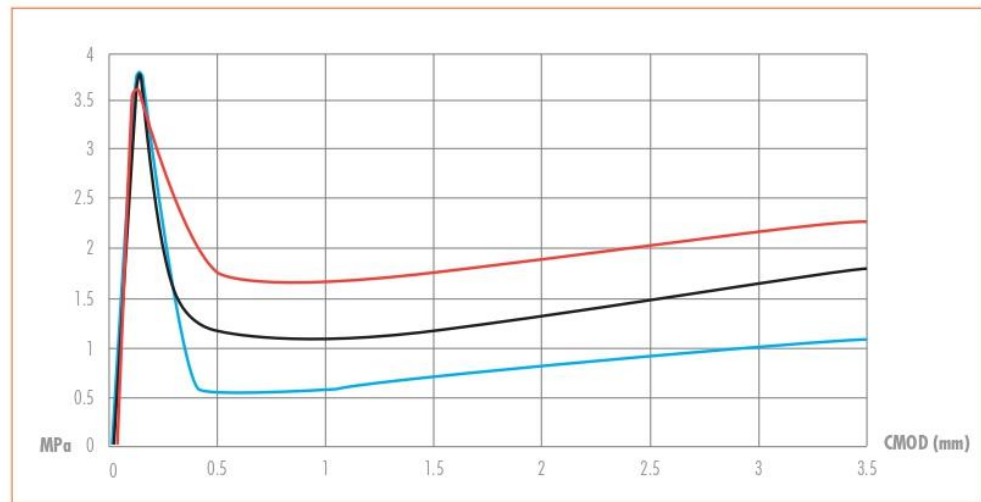
How does it work?

The incorporation of Polytwist® fibers in concrete changes the modes of failures from brittle to ductile.

Polytwist® fibers significantly increases energy absorption capacity. Improved fracture, fatigue and impact performance of the material eliminates the need for steel mesh and steel fiber reinforcement.



Load - CMOD Curves





Usage

Depending on the project requirements, recommended dosages vary between 2 kg/m³ and 5 kg/m³. Homogeneous mixture is obtained by addition of Polytwist® PT54 to the aggregate band at the concrete batching plant or by mixing in a high speed concrete mixer for at least 5 minutes in the field.

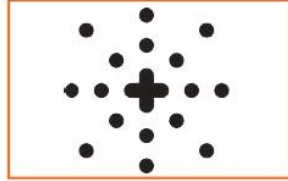
*It is recommended that plasticizer additives should be used in applications where high level of fiber is used.



Shipment
Stackable & non-stackable shipment alternatives.



Packaging
Custom packaging alternatives depending on application requirements.



Dispersion
High dispersion performance within concrete



Customer Services
Expert support for product portfolio and application specific alternatives.



POLYTWIST® PT54 TECHNICAL SPECIFICATIONS	
Material	100% Virgin Copolymer / Polypropylene
Color	Grey
Form	Monofilament / Twisted Bundle
Fiber Filament Amount	200.000+ Pieces/kg
Acid / Alkali Resistance	Excellent
Specific Gravity	0.91 g/cm ³
Absorption	N/A - Hydrophobic
Magnetism	Non-magnetic
Tensile Strength	560 - 650 N/mm ²
Length	54 mm
Standards	EN 14889-2 Group II and ASTM C1116 Type III, ASTM D7508

Standard Packaging

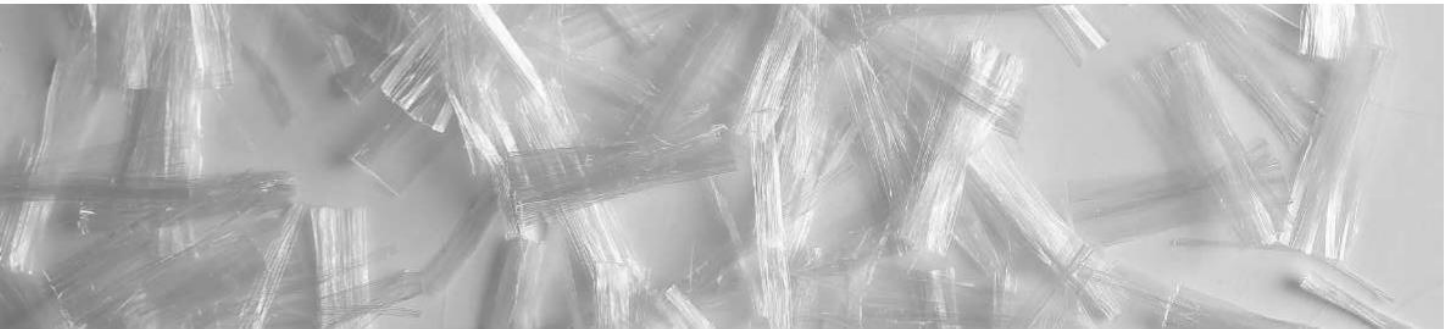
- Bag Weight 0.5 kg
- Box Content 26 Bags
- Pallet Size Max. 24 Boxes

Other Polyfibers[®] Products

Polymono - Micro Synthetic Fiber



Polyfibril - Micro Synthetic Fibrile Fiber



Polymacro[®] - Macro Synthetic Fiber Reinforcement





polyfibers®

polymacro®

polytwist®

polyflock®

ALL ABOUT FIBERS

www.polyfibers.com


POLİPROPİLEN ELYAF SAN. ve DİŞ TİC. A.Ş.
Cumhuriyet Mah. Yüzyıl Cad. No: 64 Kartal - İstanbul
Tel : +90 216 452 90 16
Faks: +90 216 452 90 19
info@polyfibers.com

polytwist[®]

Technical Data Sheet / Certificate of Analysis

Composition	100% Virgin Copolymer/Polypropylene
Geometric Shape	Macro synthetic fiber with twisted bundle
Standard	EN 14889 Part II Type II and ASTM C1116 Type III, ASTM D7508
Length	54 mm (min tolerance \pm 2%)
Developed Length	60 mm (min tolerance \pm 2%)
Equivalent diameter	0.48-0.50 mm (min tolerance \pm 5%)
Aspect Ratio	122
Color	Grey
Specific weight	0.91 grams / cm ³
Elastic modulus	5.5 -5.9 GPa
Tensile Strength	520 -580 MPa
Number of Fibers	100000+ / kg
Corrosion	Non-corrosive
Water absorption	N/A - Hydrophobic
Chemical resistance	Alkali and acid resistance
Magnetism	Non-magnetic
Melting point	165°C
Ignition point	> 360°C
Packaging	In bulk / WS bag 500 grams
Manufacturer	Polipropilen Elyaf Sanayi ve Dış Ticaret AŞ
Country of Origin	Turkey

Anexo 3 Ensayos de laboratorio

 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	CONSTANCIA DE ENTREGA	CÓDIGO:	PRP-01-04R
		REVISIÓN	01
		FECHA:	MARZO 2021

N° REG:	693	Fecha	22/09/2022
SOLICITANTE:	TESIS DIELMAN ZEGARRA QUEQUE		
RUC	-		

El área de Gestión de Calidad de la Empresa Ingeservicios S.A.C. identificado con **Nro. de RUC 20449438834** ubicados en Av. Collpa Mza. Lote. 08 Sec. Pago Olanique Tacna - Tacna - CrI. Gregorio Albarracín Lanchipa hace constar la entrega los siguientes informes de resultados correspondiente a los ensayos realizados en el cuadro adjunto

PROYECTO:

ANALISIS DEL EFECTO DE LA FIBRA SINTETICA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS Y RETRACCION DEL CONCRETO REFORZADO RESPECTO A UNO CONVENCIONAL

	INFORME N°	Ensayos	q
REGISTRO	LSCP-22 2583	Contenido de Humedad (Ag. fino y Ag. grueso)	1-1-
	LSCP-22 2584	Diseño de mezcla FC 210 kg/cm ²	1
	LSCP-22 2585	Peso Especifico y absorción (Ag. grueso)	1
	LSCP-22 2586	Análisis granulométrico (Ag. fino)	1
	LSCP-22 2587	Peso Unitario (Ag. fino)	1
	LSCP-22 2588	Análisis granulométrico (Ag. grueso)	1
	LSCP-22 2589	Peso Especifico y absorción (Ag. fino)	1
	LSCP-22 2590	Peso Unitario (Ag. grueso)	1
	LSCP-22 2591	Flexión de Vigas de concreto	3
	LSCP-22 2592	Flexión de Vigas de concreto	3
	LSCP-22 2593	Flexión de Vigas de concreto	3
	LSCP-22 2594	Flexión de Vigas de concreto	3
	LSCP-22 2595	Tracción indirecta	3
	LSCP-22 2596	Tracción indirecta	3
	LSCP-22 2597	Tracción indirecta	3
	LSCP-22 2598	Tracción indirecta	3

Duanne Yormira Zevallos Fico
ADMINISTRACIÓN
INGESERVICIOS SAC

INGESERVICIOS SAC
FIRMA DE ENTREGA

NOMBRE, FIRMA Y FECHA DE RECEPCIÓN

INFORME DE ENSAYO
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NTP. 400.012

INFORME N°: LSCP - 22 - 2588

PROYECTO : Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.

SOLICITANTE : Dielman Zegarra Queque

DIRECCIÓN : -

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna

FECHA DE RECEPCIÓN: 24 de Julio de 2022

MUESTRA : Cantera Arunta

FECHA DE EJECUCIÓN: 24 de Julio de 2022

ENSAYADO EN: Laboratorio de concreto

FECHA DE EMISIÓN: 27 de Julio de 2022

Material: Agregado grueso

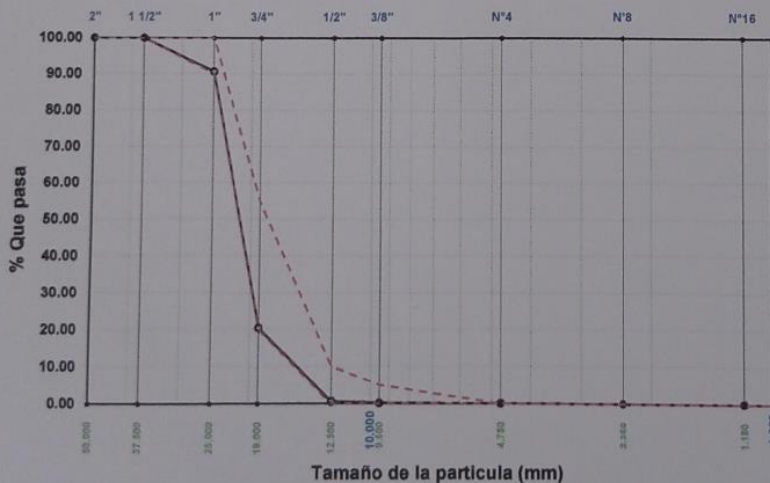
Método de secado: Por horno 110°C±5°C

Datos adicionales: Se tomaron los parametros de la norma NTP 400.037

Tamaño Máximo: 3/4"

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Gradación 5	NTP 400.037 Tamaño Nominal 1" a N°1/2".
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.000	623.32	9.37	9.37	90.63	90	100
3/4"	19.000	4678.67	70.33	79.71	20.29	20	55
1/2"	12.500	1314.82	19.77	99.47	0.53	0	10
3/8"	9.500	27.33	0.41	99.88	0.12	0	5
N°4	4.750	0.34	0.01	99.89	0.11		
N°8	2.360	7.22	0.11	100.00	0.00		
N°16	1.180	0.30	0.00	100.00	0.00		
N°30	0.590	0.00	0.00	100.00	0.00		
N°50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00		
Base		0.00	0.00	100.00	0.00	T.M.N:	3/4"
Total		6652.00	-	-	-	W. Muestra (g):	6652.00

Curva Granulométrica



Observación:

- El material fue proporcionado por el solicitante.
- Los agregados que no cumplan con los requisitos indicados en las NTP, podrán ser utilizados siempre que el Constructor demuestre, a través de ensayos y por experiencias de obra, que producen concretos con la resistencia y durabilidad requeridas. Norma E 060 (3.3.1).

IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Julio César Carrion Gutierrez
ING. CIVIL CIP: 235012
JEFE DE CALIDAD

- Esta prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de IngeServicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo están relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.



INFORME DE ENSAYO

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

**PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO
NTP. 400.017**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2590

PROYECTO : Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.

SOLICITANTE : Dielman Zegarra Queque

DIRECCIÓN : -

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna

FECHA DE RECEPCIÓN: 24 de Julio de 2022

MUESTRA: Cantera Arunta

FECHA DE EJECUCIÓN: 24 de Julio de 2022

ENSAYADO EN: Laboratorio de concreto

FECHA DE EMISIÓN: 27 de Julio de 2022

Material: Agregado grueso

Datos adicionales: -

PESO UNITARIO SUELTO

DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	8663
Alto (cm)	28.47
Diametro (cm)	19.45
Volumen (cc)	8458.952

ITEM	MUESTRAS		
	PUS-1	PUS-2	PUS-3
W.Suelo + Molde (g)	20214	20285	20208
W.Suelo (g)	11551	11622	11545
Peso Unitario (g/cc)	1.366	1.374	1.365
Peso Unitario (Prom.)(g/cc)	1.368		

PESO UNITARIO COMPACTADO

ITEM	MUESTRAS		
	PUC-1	PUC-2	PUC-3
W.Suelo + Molde (g)	21582	21525	21690
W.Suelo (g)	12919	12862	13027
Peso Unitario (g/cc)	1.527	1.521	1.540
Peso Unitario (Prom.)(g/cc)	1.529		

RESULTADOS

Peso Unitario Suelto (g/cc)	1.368
Peso Unitario Compactado (g/cc)	1.529

Observación:

- El material fue proporcionado por el solicitante.

INFORME DE ENSAYO

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN
NTP. 400.021**

INFORME N°: LSCP - 22 - 2585

PROYECTO: Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.

SOLICITANTE: Dielman Zegarra Queque

DIRECCIÓN: -

UBICACIÓN: Tacna - Tacna - Tacna

FECHA DE RECEPCIÓN: 24 de Julio de 2022

MUESTRA: Cantera Arunta

FECHA DE EJECUCIÓN: 24 de Julio de 2022

ENSAYADO EN: Laboratorio de concreto

FECHA DE EMISIÓN: 27 de Julio de 2022

Material: Agregado grueso

Método de secado: Por horno 110°C±5°C

Datos adicionales: Agregado sumergido en agua por 24 h ± 4 h

Condición inicial: -

PESO ESPECÍFICO (PIEDRA)

ITEM	PE-1	PE-2	PE-3
W. Tara (g)	142.950	137.520	152.920
W. Canastilla Sumergida (g)	999.710	1012.690	1012.130
W.Tara + Muestra SSS (g)	2016.410	2068.400	2004.480
W. canastilla + Muestra sumergida (g)	2170.700	2217.640	2169.370
W. Muestra SSS (g)	1873.460	1930.880	1851.560
W. Muestra SSS sumergida (g)	1170.990	1204.950	1157.240
Volumen de la muestra SSS (cc)	702.470	725.930	694.320
Volumen de la muestra (cc)	691.480	714.500	683.560
Peso específico de la masa (Pem) (g/cc)	2.651	2.644	2.651
Peso específico masa saturada con superficie seca (Pesss) (g/cc)	2.667	2.660	2.667
Peso específico aparente (Pea) (g/cc)	2.693	2.686	2.693
Peso específico de la masa (Pem) (g/cc)	2.649		
Peso específico masa saturada con superficie seca (PeSSS) (g/cc)	2.665		
Peso específico aparente (Pea) (g/cc)	2.691		

ABSORCIÓN (PIEDRA)

RESULTADOS
Peso específico (g/cc)
2.691
Absorción (%)
0.590

ITEM	MUESTRAS		
	ABF-1	ABF-2	ABF-3
W. Tara + Muestra seca (g)	2005.420	2056.970	1993.720
W. Muestra Seca (g)	1862.470	1919.450	1840.800
Absorción (%)	0.590	0.595	0.585
Absorción (%)	0.590		

Observación:

- El material fue proporcionado por el solicitante.

IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Julio César Carrión Gutierrez
ING. CIVIL CIP: 235012
IFFE DE CALIDAD

- Esta prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de Ingeservicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO
 DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Pagina: 1 de 1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NTP. 400.012

INFORME N°: LSCP - 22 - 2586

PROYECTO: Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.

SOLICITANTE: Dielman Zegarra Queque

DIRECCIÓN: -

UBICACIÓN: Tacna - Tacna - Tacna

FECHA DE RECEPCIÓN: 24 de Julio de 2022

MUESTRA: Cantera Arunta

FECHA DE EJECUCIÓN: 24 de Julio de 2022

ENSAYADO EN: Laboratorio de concreto

FECHA DE EMISIÓN: 27 de Julio de 2022

Material: Agregado fino

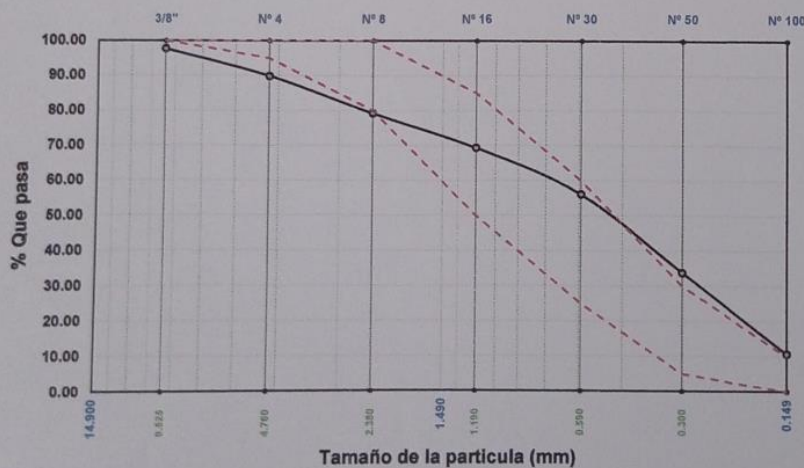
Método de secado: Por horno 110°C±5°C

Datos adicionales: Se tomaron los parametros de la norma NTP 400.037

Modulo de Fineza: 2.64

Tamices ASTM	Abertura mm	W. Retenido (g)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Gradación:	NTP 400.037 Agregado fino
3/8"	9.525	29.16	2.35	2.35	97.65	100	100
N° 4	4.760	97.52	7.86	10.21	89.79	95	100
N° 8	2.380	132.26	10.66	20.88	79.12	80	100
N° 16	1.190	122.28	9.86	30.73	69.27	50	85
N° 30	0.590	163.33	13.17	43.90	56.10	25	60
N° 50	0.300	276.40	22.28	66.19	33.81	5	30
N° 100	0.149	287.15	23.15	89.34	10.66	0	10
Base		132.26	10.66	100.00	0.00	M. Fineza:	2.64
Total		1240.36	-	-	-	W. Muestra (g):	1240.36

Curva Granulométrica

**Observación:**

- Agregado fino: La cantidad de muestra de agregado fino, después de secado, debe ser de 300 g mínimo.
- El material fue proporcionado por el solicitante.
- Los agregados que no cumplan con los requisitos indicados en las NTP, podrán ser utilizados siempre que el Constructor demuestre, a través de ensayos y por experiencias de obra, que producen concretos con la resistencia y durabilidad requeridas. Norma E 060 (3.3.1).

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aqui declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Pagina: 1 de 1

**PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO
NTP. 400.017**
INFORME N°: LSCP - 22 - 2587

PROYECTO : Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.

SOLICITANTE : Dielman Zegarra Queque

DIRECCIÓN: -

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna

FECHA DE RECEPCIÓN: 24 de Julio de 2022

MUESTRA: Cantera Arunta

FECHA DE EJECUCIÓN: 24 de Julio de 2022

ENSAYADO EN: Laboratorio de concreto

FECHA DE EMISIÓN: 27 de Julio de 2022

Material: Agregado fino

Datos adicionales: Procedimiento por apisonado para el PUC.

DATOS DEL MOLDE	
W. Molde (g)	1757
Alto (cm)	14.99
Diametro (cm)	15.50
Volumen (cc)	2828.492

PESO UNITARIO SUELTO

ITEM	MUESTRAS		
	PUS-1	PUS-2	PUS-3
W.Suelo + Molde (g)	6569	6612	6578
W.Suelo (g)	4812	4855	4821
Peso Unitario (g/cc)	1.701	1.716	1.704
Peso Unitario (Prom.)(g/cc)	1.707		

PESO UNITARIO COMPACTADO

ITEM	MUESTRAS		
	PUC-1	PUC-2	PUC-3
W.Suelo + Molde (g)	6970	6982	7000
W.Suelo (g)	5213	5225	5243
Peso Unitario (g/cc)	1.843	1.847	1.854
Peso Unitario (Prom.)(g/cc)	1.848		

RESULTADOS	
Peso Unitario Suelto (g/cc)	1.707
Peso Unitario Compactado (g/cc)	1.848

Observación:

- El material fue proporcionado por el solicitante.

INFORME DE ENSAYO

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Pagina: 1 de 1

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN
NTP. 400.022

INFORME N°: LSCP - 22 - 2589

PROYECTO : Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.

SOLICITANTE : Dielman Zegarra Queque

DIRECCIÓN : -

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna

MUESTRA : Cantera Arunta

ENSAYADO EN : Laboratorio de concreto

FECHA DE RECEPCIÓN : 24 de Julio de 2022

FECHA DE EJECUCIÓN : 24 de Julio de 2022

FECHA DE EMISIÓN : 27 de Julio de 2022

Material : Agregado fino

Método de secado : Por horno 110°C±5°C

Datos adicionales : Procedimiento gravimétrico (Pícnometro)

Condición inicial : -

GRAVEDAD ESPECIFICA

ITEM	MUESTRAS		
	GEF-1	GEF-2	GEF-3
Volumen de recipiente (cc)	500	500	500
W. Tara (g)	80.36	104.39	94.92
W. Tara + Muestra SSS (g)	580.36	604.41	594.95
W. Muestra + Fiola + Agua (g)	970.03	969.07	967.90
W. Fiola + Agua (g)	657.80	656.97	655.13
W. Muestra SSS (g)	500.00	500.02	500.03
Peso específico aparente (g/cc)	2.645	2.644	2.653
Peso específico SSS (g/cc)	2.663	2.661	2.670
Peso específico nominal (g/cc)	2.693	2.689	2.700
Peso esp. aparente (g/cc)		2.647	
Peso específico SSS (g/cc)		2.665	
Peso específico nominal (g/cc)		2.694	

Observación:

- El material fue proporcionado por el solicitante.

ABSORCION

ITEM	MUESTRAS		
	ABF-1	ABF-2	ABF-3
W. Tara + Muestra seca (g)	576.98	601.30	591.67
W. Muestra SSS(g)	500.00	500.02	500.03
W. Muestra Seca(g)	496.62	496.91	496.75
Absorción (%)	0.681	0.626	0.660
Absorción (Prom.)(%)		0.656	

RESULTADOS

Peso específico (g/cc)

2.694

Absorción (%)

0.656

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aqui declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO

DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

CONTENIDO DE HUMEDAD

NTP. 339.185

INFORME N°: LSCP - 22 - 2583

PROYECTO : Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.

SOLICITANTE : Dielman Zegarra Queque

DIRECCIÓN : -

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna

MUESTRA : Cantera Arunta

ENSAYADO EN: Laboratorio de concreto

FECHA DE RECEPCIÓN: 24 de Julio de 2022

FECHA DE EJECUCIÓN: 24 de Julio de 2022

FECHA DE EMISIÓN: 27 de Julio de 2022

Material: Ag. Fino-Ag. Grueso

Método de secado: Por horno 110°C±5°C

Datos adicionales: -

Condición inicial: Muestra alterada

Agregado Fino

ITEM	CARACTERISTICAS	MUESTRA		
		CHF-1	CHF-2	CHF-3
1	W. Tara (g)	122.09	132.05	133.37
2	W.Tara + Muestra Húmeda (g)	1154.19	912.61	1034.09
3	W.Tara + Muestra Seca (g)	1141.24	902.84	1023.10
4	W. Muestra Humeda (g)	1032.10	780.56	900.72
5	W. Muestra Seca (g)	1019.15	770.79	889.73
6	W. Agua (g)	12.95	9.77	10.99
7	Contenido de Humedad (%)	1.271	1.268	1.235
8	Contenido de Humedad (%)		1.258	

Agregado Grueso

ITEM	CARACTERISTICAS	MUESTRA		
		CHG-1	CHG-2	CHG-3
1	W. Tara (g)	139.29	152.91	138.58
2	W.Tara + Muestra Húmeda (g)	1993.24	2678.15	2349.45
3	W.Tara + Muestra Seca (g)	1988.20	2671.29	2344.06
4	W. Muestra Humeda (g)	1853.95	2525.24	2210.87
5	W. Muestra Seca (g)	1848.91	2518.38	2205.48
6	W. Agua (g)	5.04	6.86	5.39
7	Contenido de Humedad (%)	0.273	0.272	0.244
8	Contenido de Humedad (%)		0.263	

Observación:

- El material fue proporcionado por el solicitante.


IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Julio César Carrion Gutierrez
ING. CIVIL CIP: 235012
JEFE DE CALIDAD

- Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aqui declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistemade calidad de la entidad que lo produce.

 IngeServicios S.A.C LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	REGISTRO	CÓDIGO: LSCP-01-ING	
	INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS	Version:	Fecha:
		01	15/02/2015
		Pagina	1 de 1
	Aprobado:	JRH	

Informe N°: LSCP - 22 - 2584

Fecha Emision: 27/07/2022

DISEÑO DE MEZCLA (CONCRETO)

PROYECTO : Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.

SOLICITANTE : Dielman Zegarra Queque

ESTUDIO : Diseño de mezcla $f_c=210$ kg/cm²

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna

MUESTRA : Cantera Cerro Blanco (Diseño de mezcla $f_c=175$ kg/cm²)

FECHA : 27 de Julio de 2022

MATERIAL : -
Km / Prog : -
PROF. : -
MARGEN : -

ITEM	CARACTERISTICAS	MUESTRAS		CONSIDERACIONES	
		Ag. Fino	Ag. Grueso		
1	Peso Especifico (g/cc)	2.715	2.711	Peso especifico (Cemento Tipo I) (g/cc)	3.150
2	Peso Unitario Suelto (g/cc)	1.619	1.363	Peso especifico (Agua) (g/cc)	1.000
3	Peso Unitario compactado (g/cc)	1.767	1.473	Slump	3 @ 4
4	Tamaño Máximo	-	3/4"	Agua	205
5	Modulo de Fineza	2.660	-	Aire	2.00
6	Absorción (%)	1.603	1.360	Relacion Agua/Cemento	0.674
7	Contenido de humedad (%)	0.515	0.307	Vol. Agregado grueso	0.634

VOLUMEN DE MATERIALES (SECO)**CORRECCION POR HUMEDAD**

CARACTERISTICAS	Vol. Abs. (m3)	P.E. (m3)	Peso (kg)	CARACTERISTICAS (1+Humedad)	Vol. (m3)
Agua	0.205	1000.000	205.000	Agregado Grueso (Humedo)	936.749
Cemento	0.097	3150.000	304.154	Agregado Fino (Humedo)	911.383
Agregado Grueso (seco)	0.344	2711.000	933.882		
Agregado Fino (seco)	0.334	2715.000	906.713		
Aire	0.020	-	-		

Observación:

- El diseño esta sujeto solo para este tipo de material.
- El material fue proporcionado por el solicitante.

CORRECCION POR ABSORCION**CORRECCION POR HUMEDAD - ABSORCION**

CARACTERISTICAS	Humedad	Correc. Absor.	Vol. (m3)	CARACTERISTICAS	Vol. (m3)
Balance agua - Ag. Grueso	0.003	0.014	-0.011	Corrección agua - Agregado Grueso	-9.864
Balance agua - Ag. Fino	0.005	0.016	-0.011	Corrección agua - Agregado Fino	-9.916

DISEÑO PARA 1.00 m3

CARACTERISTICAS	Peso (kg)
Agregado Grueso	843.162
Agregado Fino	837.204
Cemento (8.8 Bls)	374.052
Agua	219.717
Fibra	2.000

DISEÑO PARA 1 BOLSA DE CEMENTO

CARACTERISTICAS	Peso (kg)	Volumen (pie3)
Agregado Grueso	130.894	3.080
Agregado Fino	127.349	2.996
Cemento	42.500	1.000
Agua (litro)	30.701	30.701
	0.279	0.279


IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 Ing. Julio Cesar Carrion Gutierrez
 ING. CIVIL CIP: 235012
 JEFE DE CALIDAD

DOSIFICACION (1 Bls cemento - pie3)

Agregado Grueso	3.080	Cemento	1.000	0.279
Agregado Fino	2.996	Agua (Litro)	30.701	

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO
NTP 339.078:2022

INFORME N°: LSCP - 22 - 2591

PROYECTO : Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.

SOLICITANTE : Dielman Zegarra Queque

DIRECCIÓN : -

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna

MUESTRA : Muestra patrón - SF-DO-01,02,03

ENSAYADO EN : Laboratorio de concreto - area de rotu

FECHA DE RECEPCIÓN: 1 de Agosto de 2022

FECHA DE ROTURA: 29 de Agosto de 2022

FECHA DE EMISIÓN: 20 de Setiembre de 2022

Resistencia del Concreto Kg/cm² (F_c): 210

Edad de la Muestra (Días): 28

Direccion de carga:

Paralela

Fecha de elaboración: 1 de Agosto de 2022

Material: Concreto

Condicion de testigo: Humedo

ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

Item	SF-DO-01	SF-DO-02	SF-DO-03
Ancho de espécimen - A1 (mm)	155.00	155.00	155.10
Ancho de espécimen - A2 (mm)	151.00	155.00	155.00
Altura de espécimen - h1 (mm)	156.57	155.15	155.00
Altura de espécimen - h2 (mm)	156.00	155.20	155.20
Largo de espécimen - l1 (mm)	510.00	511.00	510.00
Largo de espécimen - l2 (mm)	510.00	511.00	511.00
Luz libre entre apoyos (mm)	450.00	450.00	450.00
Ancho de espécimen promedio (mm)	153.00	155.00	155.05
Altura de espécimen promedio (mm)	156.29	155.18	155.10
Largo de espécimen promedio (mm)	510.00	511.00	510.50
Esfuerzo de la compresora (KN)	26.20	22.60	25.60
Esfuerzo de la compresora (Kg)	2671.66	2304.56	2610.47

RESULTADOS

ITEM	Edad (días)	Modulo de rotura		Resistencia del concreto (F _c)
		kg/cm ²	MPA	kg/cm ²
SF-DO-01	28	3.22	0.3	210.00
SF-DO-02		2.78	0.3	
SF-DO-03		3.15	0.3	
Promedio	28	3.05	0.3	210.00

Observación:

- Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Esta prohibido la reproduccion parcial o total de este documento sin la autorizacion escrita de Ingeservicios S.A.C.

El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretacion de los resultados aqui declarados.

Los resultados del Informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO
NTP 339.078:2022
INFORME N°: LSCP - 22 - 2592

PROYECTO : Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.

SOLICITANTE : Dielman Zegarra Queque

DIRECCIÓN: -

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna

MUESTRA : Adición de 2 kg de fibra - CF-D1-01,02,03

ENSAYADO EN : Laboratorio de concreto - area de rotu

FECHA DE RECEPCIÓN: 1 de Agosto de 2022

FECHA DE ROTURA: 30 de Agosto de 2022

FECHA DE EMISIÓN: 20 de Setiembre de 2022

Resistencia del Concreto Kg/cm² (F'c): 210

Edad de la Muestra (Días): 28

Dirección de carga: Paralela

Fecha de elaboración: 2 de Agosto de 2022

Material: Concreto

Condición de testigo: Humedo

ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

Item	CF-D1-01	CF-D1-02	CF-D1-03
Ancho de espécimen - A1 (mm)	155.00	152.00	152.00
Ancho de espécimen - A2 (mm)	155.00	152.50	152.26
Altura de espécimen - h1 (mm)	159.00	142.15	153.24
Altura de espécimen - h2 (mm)	158.00	143.00	154.00
Largo de espécimen - l1 (mm)	510.00	507.00	510.00
Largo de espécimen - l2 (mm)	510.00	506.00	511.00
Luz libre entre apoyos (mm)	450.00	450.00	450.00
Ancho de espécimen promedio (mm)	155.00	152.25	152.13
Altura de espécimen promedio (mm)	158.50	142.58	153.62
Largo de espécimen promedio (mm)	510.00	506.50	510.50
Esfuerzo de la compresora (KN)	30.80	25.00	28.00
Esfuerzo de la compresora (Kg)	3140.73	2549.29	2855.21

RESULTADOS

ITEM	Edad (días)	Modulo de rotura		Resistencia del
		kg/cm ²	MPA	concreto (F'c)
				kg/cm ²
CF-D1-01		3.63	0.4	
CF-D1-02	28	3.71	0.4	210.00
CF-D1-03		3.58	0.4	
Promedio	28	3.64	0.4	210.00

Observación:

- Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.



 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 Ing. Julio César Carrion Gutierrez
 ING. CIVIL CIP: 235012
 JEFE DE CALIDAD

Esta prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de Ingeservicios S.A.C.

El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Los resultados del informe de ensayo solo están relacionados a la muestra ensayada, no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO
NTP 339.078:2022

INFORME N°: LSCP - 22 - 2593

PROYECTO : Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.

SOLICITANTE : Dielman Zegarra Queque

DIRECCIÓN :

UBICACIÓN : Tacna - Tacna - Tacna

MUESTRA : Adición de 4 kg de fibra - CF-D2-01,02,03

ENSAYADO EN : Laboratorio de concreto - area de rotu

FECHA DE RECEPCIÓN: 10 de Agosto de 2022

FECHA DE ROTURA: 7 de Setiembre de 2022

FECHA DE EMISIÓN: 20 de Setiembre de 2022

Resistencia del Concreto Kg/cm² (F'c): 210

Edad de la Muestra (Días): 28

Dirección de carga: Paralela

Fecha de elaboración: 10 de Agosto de 2022

Material: Concreto

Condición de testigo: Humedo

ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

Item	CF-D2-01	CF-D2-02	CF-D2-03
Ancho de espécimen - A1 (mm)	155.12	156.49	155.20
Ancho de espécimen - A2 (mm)	155.20	156.00	152.00
Altura de espécimen - h1 (mm)	153.51	153.51	152.30
Altura de espécimen - h2 (mm)	154.20	154.10	152.00
Largo de espécimen - l1 (mm)	506.00	506.20	510.00
Largo de espécimen - l2 (mm)	506.50	507.00	510.20
Luz libre entre apoyos (mm)	450.00	450.00	450.00
Ancho de espécimen promedio (mm)	155.16	156.25	153.60
Altura de espécimen promedio (mm)	153.86	153.81	152.15
Largo de espécimen promedio (mm)	506.25	506.60	510.10
Esfuerzo de la compresora (KN)	33.60	33.50	35.00
Esfuerzo de la compresora (Kg)	3426.25	3416.05	3569.01

RESULTADOS

ITEM	Edad (días)	Modulo de rotura		Resistencia del concreto (F'c) kg/cm ²
		kg/cm ²	MPA	
CF-D2-01	28	4.20	0.4	210.00
CF-D2-02		4.16	0.4	
CF-D2-03		4.52	0.4	
Promedio	28	4.29	0.4	210.00

Observación:
- Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Esta prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de Ingeservicios S.A.C.

El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Los resultados del informe de ensayo solo están relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL

Página: 1 de 1

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO
NTP 339.078:2022

INFORME N°: LSCP - 22 - 2594

PROYECTO: Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.

SOLICITANTE: Dielman Zegarra Queque

DIRECCIÓN: -

UBICACIÓN: Tacna - Tacna - Tacna

MUESTRA: Adición de 6 kg de fibra - CF-D3-01,02,03

ENSAYADO EN: Laboratorio de concreto - area de rotu

FECHA DE RECEPCIÓN: 11 de Agosto de 2022

FECHA DE ROTURA: 8 de Setiembre de 2022

FECHA DE EMISIÓN: 20 de Setiembre de 2022

Resistencia del Concreto Kg/cm² (F_c): 210

Edad de la Muestra (Días): 28

Dirección de carga: Paralela

Fecha de elaboración: 11 de Agosto de 2022

Material: Concreto

Condición de testigo: Humedo

ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

Item	CF-D3-01	CF-D3-02	CF-D3-03
Ancho de espécimen - A1 (mm)	152.36	153.16	154.20
Ancho de espécimen - A2 (mm)	153.00	152.00	154.20
Altura de espécimen - h1 (mm)	155.76	156.20	154.00
Altura de espécimen - h2 (mm)	152.20	156.10	154.50
Largo de espécimen - l1 (mm)	510.20	510.00	510.50
Largo de espécimen - l2 (mm)	511.00	510.00	511.30
Luz libre entre apoyos (mm)	450.00	450.00	450.00
Ancho de espécimen promedio (mm)	152.68	152.58	154.20
Altura de espécimen promedio (mm)	153.98	156.15	154.25
Largo de espécimen promedio (mm)	510.60	510.00	510.90
Esfuerzo de la compresora (KN)	39.20	39.50	38.50
Esfuerzo de la compresora (Kg)	3997.29	4027.88	3925.91

RESULTADOS

ITEM	Edad (días)	Modulo de rotura		Resistencia del concreto (F _c) kg/cm ²
		kg/cm ²	MPA	
CF-D3-01	28	4.97	0.5	210.00
CF-D3-02		4.87	0.5	
CF-D3-03		4.82	0.5	
Promedio	28	4.89	0.5	210.00

Observación:

- Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Esta prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de Ingeservicios S.A.C.

El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Los resultados del Informe de ensayo solo están relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN SIMPLE DEL CONCRETO POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DE UNA PROBETA CILINDRICA
NTP 339.084:2017

INFORME N°:	LSCP-22-2595		
PROYECTO :	Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.		
SOLICITANTE :	Dielman Zegarra Queque		
DIRECCIÓN:	-		
UBICACIÓN :	Tacna - Tacna - Tacna	FECHA DE RECEPCIÓN:	1 de Agosto de 2022
MUESTRA :	Muestra patrón - SF-DO-01,02,03	FECHA DE ROTURA:	29 de Agosto de 2022
ENSAYADO EN :	Laboratorio de concreto - area de rotura	FECHA DE EMISIÓN:	20 de Setiembre de 2022
Resistencia del Concreto Kg/cm ² (F'c):	210	Fecha de elaboración de testigo:	1 de Agosto de 2022
Edad de la Muestra (Días):	28	Material:	Concreto
Dirección de carga:	Diametral	Condición de testigo:	Humedo

ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

Item	SF-DO-01	SF-DO-02	SF-DO-03
Diametro de espécimen - D1 (mm)	100.53	98.70	101.10
Diametro de espécimen - D2 (mm)	100.72	98.97	101.25
Altura de espécimen - h1 (mm)	203.42	203.48	200.23
Altura de espécimen - h2 (mm)	202.52	203.17	199.98
Diametro de espécimen promedio (mm)	100.63	98.84	101.18
Altura de espécimen promedio (mm)	202.97	203.33	200.11
Area del espécimen (mm ²)	7952.46	7672.05	8039.63
Peso del espécimen (g)	3752.00	3542.00	3719.00
Esfuerzo de la compresora (KN)	49.18	50.50	51.20
Esfuerzo de la compresora (Kg)	5014.96	5149.57	5220.95
Relación Longitud/Diametro (L/D):	2.02	2.06	1.98
Factor de corrección de resistencia:	1.00	1.00	1.00

RESULTADOS

ITEM	Edad (días)	Resistencia a la compresión			Densidad kg/m ³	Resistencia del concreto (F'c) kg/cm ²
		kg/cm ²	MPA	%		
SF-DO-01	28	15.63	1.5	7.44	2324.50	210.00
SF-DO-02		16.31	1.6	7.77	2270.63	
SF-DO-03		16.42	1.6	7.82	2311.70	
Promedio	28	16.12	1.6	7.68	2302.28	210.00

Condiciones ambientales:
Temperatura ambiente: 26.5 °
Humedad relativa: 42 %

IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Julio César Camón Gutiérrez
ING. CIVIL CIP: 235012
JEFE DE CALIDAD

Observaciones:

- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el solicitante.

- Esta prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de IngeServicios S.A.C.

- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN SIMPLE DEL CONCRETO POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DE UNA PROBETA CILINDRICA
NTP 339.084:2017

INFORME N°:	LSCP-22-2596		
PROYECTO :	Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.		
SOLICITANTE :	Dielman Zegarra Queque		
DIRECCIÓN:	-		
UBICACIÓN :	Tacna - Tacna - Tacna	FECHA DE RECEPCIÓN:	1 de Agosto de 2022
MUESTRA :	Adición de 2 kg de fibra - CF-D1-01,02,03	FECHA DE ROTURA:	30 de Agosto de 2022
ENSAYADO EN :	Laboratorio de concreto - area de rotura	FECHA DE EMISIÓN:	20 de Setiembre de 2022
Resistencia del Concreto Kg/cm ² (F'c):	210	Fecha de elaboración de testigo:	2 de Agosto de 2022
Edad de la Muestra (Días):	28	Material:	Concreto
Dirección de carga:	Diametral	Condición de testigo:	Humedo

ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

Item	CF-D1-01	CF-D1-02	CF-D1-03
Diametro de espécimen - D1 (mm)	99.20	101.34	101.52
Diametro de espécimen - D2 (mm)	98.94	102.53	101.00
Altura de espécimen - h1 (mm)	200.52	200.32	201.00
Altura de espécimen - h2 (mm)	198.94	201.20	203.40
Diametro de espécimen promedio (mm)	99.07	101.94	101.26
Altura de espécimen promedio (mm)	199.73	200.76	202.20
Area del espécimen (mm ²)	7708.58	8160.87	8053.15
Peso del espécimen (g)	3567.00	3776.00	3758.00
Esfuerzo de la compresora (KN)	55.50	53.00	56.10
Esfuerzo de la compresora (Kg)	5659.42	5404.50	5720.61
Relación Longitud/Diametro (L/D):	2.02	1.97	2.00
Factor de corrección de resistencia:	1.00	1.00	1.00

RESULTADOS

ITEM	Edad (días)	Resistencia a la compresión			Densidad kg/m ³	Resistencia del concreto (F'c) kg/cm ²
		kg/cm ²	MPA	%		
CF-D1-01		18.21	1.8	8.67	2316.78	
CF-D1-02	28	16.81	1.6	8.01	2304.72	210.00
CF-D1-03		17.79	1.7	8.47	2307.86	
Promedio	28	17.60	1.7	8.38	2309.79	210.00

Condiciones ambientales:

Temperatura ambiente: 26.5 °
Humedad relativa: 42 %

IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Julio César Carrion Gutierrez
ING. CIVIL CIP: 235012
JEFE DE CALIDAD

Observaciones:

- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el solicitante.

- Esta prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN SIMPLE DEL CONCRETO POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DE UNA PROBETA CILINDRICA
NTP 339.084:2017

INFORME N°:	LSCP-22-2597		
PROYECTO:	Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.		
SOLICITANTE:	Dielman Zegarra Queque		
DIRECCIÓN:	-		
UBICACIÓN:	Tacna - Tacna - Tacna	FECHA DE RECEPCIÓN:	10 de Agosto de 2022
MUESTRA:	Adición de 4 kg de fibra - CF-D2-01,02,03	FECHA DE ROTURA:	7 de Setiembre de 2022
ENSAYADO EN:	Laboratorio de concreto - area de rotura	FECHA DE EMISIÓN:	20 de Setiembre de 2022
Resistencia del Concreto Kg/cm² (F'c):	210	Fecha de elaboración de testigo:	10 de Agosto de 2022
Edad de la Muestra (Días):	28	Material:	Concreto
Dirección de carga:	Diametral	Condición de testigo:	Humedo

ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

Ítem	CF-D2-01	CF-D2-02	CF-D2-03
Diametro de espécimen - D1 (mm)	100.06	99.02	101.09
Diametro de espécimen - D2 (mm)	100.58	99.80	101.11
Altura de espécimen - h1 (mm)	203.68	201.26	203.70
Altura de espécimen - h2 (mm)	204.44	201.14	203.84
Diametro de espécimen promedio (mm)	100.32	99.41	101.10
Altura de espécimen promedio (mm)	204.06	201.20	203.77
Area del espécimen (mm ²)	7904.33	7761.58	8027.72
Peso del espécimen (g)	3727.00	3582.00	3797.00
Esfuerzo de la compresora (KN)	64.69	63.52	65.10
Esfuerzo de la compresora (Kg)	6596.54	6477.24	6638.35
Relación Longitud/Diametro (L/D):	2.03	2.02	2.02
Factor de corrección de resistencia:	1.00	1.00	1.00

RESULTADOS

ITEM	Edad (días)	Resistencia a la compresión			Densidad kg/m ³	Resistencia del concreto (F'c) kg/cm ²
		kg/cm ²	MPA	%		
CF-D2-01	28	20.51	2.0	9.77	2310.66	210.00
CF-D2-02		20.62	2.0	9.82	2293.76	
CF-D2-03		20.51	2.0	9.77	2321.18	
Promedio	28	20.55	2.0	9.78	2308.53	210.00

Condiciones ambientales:
Temperatura ambiente: 26.5 °
Humedad relativa: 42 %

IngeServicios
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Julio César Carrion Gutierrez
ING. CIVIL CIP: 235012
JEFE DE CALIDAD

Observaciones:

- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el solicitante.
- Esta prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de IngeServicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN SIMPLE DEL CONCRETO POR COMPRESIÓN DIAMETRAL DE UNA PROBETA CILÍNDRICA
NTP 339.084:2017

INFORME N°:	LSCP-22-2598		
PROYECTO :	Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional.		
SOLICITANTE :	Dielman Zegarra Queque		
DIRECCIÓN:	-		
UBICACIÓN :	Tacna - Tacna - Tacna	FECHA DE RECEPCIÓN:	11 de Agosto de 2022
MUESTRA :	Adición de 6 kg de fibra - CF-D3-01,02,03	FECHA DE ROTURA:	8 de Setiembre de 2022
ENSAYADO EN :	Laboratorio de concreto - area de rotura	FECHA DE EMISIÓN:	20 de Setiembre de 2022
Resistencia del Concreto Kg/cm2 (F'c):	210	Fecha de elaboración de testigo:	11 de Agosto de 2022
Edad de la Muestra (Días):	28	Material:	Concreto
Dirección de carga:	Diametral	Condición de testigo:	Humedo

ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

Item	CF-D3-01	CF-D3-02	CF-D3-03
Diametro de espécimen - D1 (mm)	101.03	101.05	100.58
Diametro de espécimen - D2 (mm)	100.86	101.03	100.65
Altura de espécimen - h1 (mm)	202.37	202.35	204.15
Altura de espécimen - h2 (mm)	203.97	203.59	203.80
Diametro de espécimen promedio (mm)	100.95	101.04	100.62
Altura de espécimen promedio (mm)	203.17	202.97	203.98
Area del espécimen (mm ²)	8003.12	8018.19	7950.88
Peso del espécimen (g)	3739.00	3749.00	3671.00
Esfuerzo de la compresora (KN)	72.00	70.25	71.60
Esfuerzo de la compresora (Kg)	7341.96	7163.51	7301.17
Relación Longitud/Diametro (L/D):	2.01	2.01	2.03
Factor de corrección de resistencia:	1.00	1.00	1.00

RESULTADOS

ITEM	Edad (días)	Resistencia a la compresión			Densidad kg/m ³	Resistencia del concreto (F'c) kg/cm ²
		kg/cm2	MPA	%		
CF-D3-01	28	22.79	2.2	10.85	2299.52	210.00
CF-D3-02		22.24	2.2	10.59	2303.60	
CF-D3-03		22.65	2.2	10.78	2263.56	
Promedio	28	22.56	2.2	10.74	2288.89	210.00

Condiciones ambientales:

Temperatura ambiente:	26.5 °
Humedad relativa:	42 %

Observaciones:

- Las muestras fueron proporcionadas y puestas en laboratorio por el solicitante.
- Esta prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de Ingeservicios S.A.C.
- El laboratorio no se hace responsable de la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
- Los resultados del informe de ensayo solo estan relacionados a la muestra ensayada, no debe de ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema

Anexo 4 Panel fotográfico

ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO
ELABORACIÓN DE MEZCLA

Foto 1



Foto 1: Pesaje de los recipientes, bandejas metálicas, probetas, etc. Con una balanza digital



Foto 2



Foto 2: Pesaje de los materiales componentes de la mezcla de concreto, medidas tomadas del diseño de mezcla


Foto 3



Foto 3,4: Pesaje de la fibra que se añadirá a la mezcla, para esta investigación se usó macro fibra de polipropileno monofilamento fibrilada POLYTWIST PT54

Foto 4



 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</p>	<p>Tesis: “Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional”</p>	<p>Tema: Proceso de pesaje de materiales para la elaboración de mezcla</p>
---	---	---

**ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO
ELABORACIÓN DE MEZCLA**

Foto 1



Foto 1,2: Se añaden los agregados junto con la fibra

Foto 3: Se mezclan por 2 a 3 minutos

Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 4: Se añade el cemento y se mezcla.

Foto 5: Se añade el agua y se mezcla.


Foto 6,7: Mezcla de concreto con adición de fibra, consistencia deseada.

Foto 6



Foto 7



 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</p>	<p>Tesis: “Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional”</p>	<p>Tema: Proceso de elaboración de la mezcla para la elaboración de testigos</p>
---	---	---

ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO
ELABORACIÓN DE TESTIGOS - VIGAS



Foto 1: Armado de molde
Foto 2,3: Aplicación de petróleo al molde.



Foto 4,5: Varillado y golpeteo con martillo, en dos capas según norma.

Foto 8,9: Desmoldaje de viga de concreto.

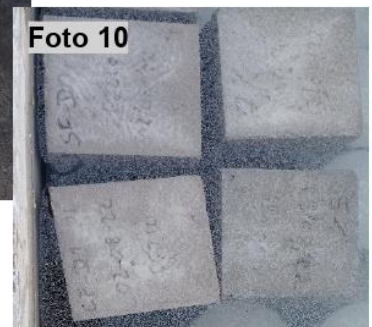



Foto 6: Nivelación de superficie.



Foto 10: Codificación y curado completamente sumergido.

Foto 7: Almacenado y secado por 24h.



 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</p>	<p>Tesis: “Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional”</p>	<p>Tema: Proceso de elaboración de las vigas de concreto c/s adición de fibra.</p>
---	--	--

**ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO
ENSAYO DE TESTIGOS - VIGAS**



Foto 1,2,3: Secado previo ensayo, siguiendo consignas de norma.
Foto 4,5,6: Medición de largo y ancho.

Foto 7: Medición de Altura de viga


Foto 8,9: Colocación y ensayo en prensa compresora.



Foto 10,11,12: Resultado y falla de viga ensayada



Foto 13: Acopio de vigas ensayadas

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</p>	<p>Tesis: "Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional"</p>	<p>Tema: Ensayo a flexión de vigas de concreto c/s adición de fibra.</p>
---	---	---

ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO
ELABORACIÓN DE TESTIGOS - PROBETAS

Foto 1



Foto 2



Foto 1: Armado de moldes
Foto 2: Aplicación de petróleo a los moldes.

Foto 3,4: Varillado y golpeteo con martillo, en capas según norma.

Foto 5:
 Nivelado

Foto 3



Foto 4



Foto 6,7: Desmoldaje de probetas de concreto.

Foto 6



Foto 5



Foto 7



Foto 8



Foto 9



Foto 8,9:
 Codificación y curado completamente sumergido.

ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO
ENSAYO DE TESTIGOS - PROBETAS



Foto 1



Foto 2

Foto 1: Secado previo ensayo.
Foto 2,3: Medición de altura y diámetro.



Foto 4

Foto 4: Pesaje de probeta



Foto 3

Foto 11



Foto 5

Foto 5: Colocación en prensa de ensayo



Foto 6

Foto 6: Ensayo a compresión diametral

Foto 7: Resultado de ensayo a compresión diametral

Foto 7


Foto 8,9: Falla y acopio de testigos ensayados



Foto 9




Foto 8

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</p>	<p>Tesis: “Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional”</p>	<p>Tema: Ensayo a compresión diametral de probetas de concreto c/s adición de fibra.</p>
---	--	--

ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO
ELABORACIÓN DE TESTIGOS - LOSAS



 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</p>	<p>Tesis: "Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional"</p>	<p>Tema: Proceso de elaboración de Losas de concreto c/s adición de fibra.</p>
---	--	--

ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO
OBSERVACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS DE LOSAS

Foto 1



Foto 1: Losa de 1m x 1m y 10cm de espesor, sin adición de fibra sintética, tomada a los 28 días de ser elaboradas. Hecha a las 3 p.m. lunes 19 de septiembre.

Foto 2

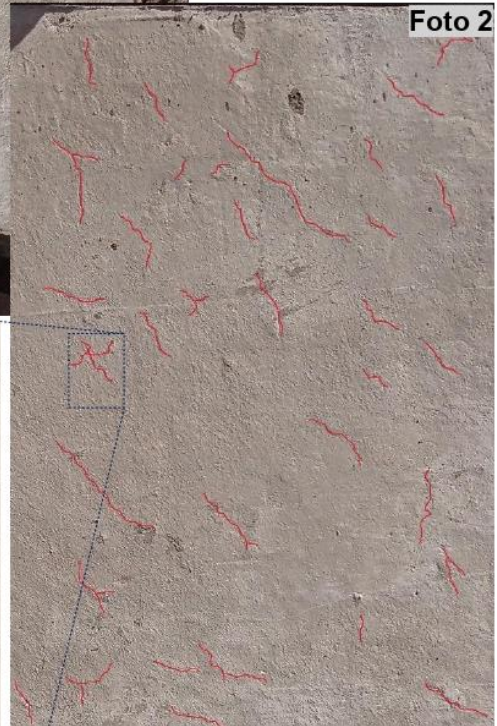



Foto 2: Identificación de la microfisuras que aparecieron en los 28 días.

Foto 3



Foto 3: Medición y clasificación de las microfisuras usando un escalímetro

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA	Tesis:	Tema:
	“Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional”	Observación de fisuras en los 28 días con 0 kg/m ³ de adición de fibra

ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO
OBSERVACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS DE LOSAS

Foto 1



Foto 1: Losa de 1m x 1m y 10cm de espesor, con 2 kg/m³ de adición de fibra sintética, tomada a los 28 días de ser elaboradas.

hecha a las 3 p.m. lunes 19 de septiembre.

Foto 2: Identificación de la microfisuras que aparecieron en los 28 días.


Foto 2



Foto 3



Foto 3: Medición y clasificación de las microfisuras usando un escalímetro

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA	<p>Tesis: “Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional”</p>	<p>Tema: Observación de fisuras en los 28 días con 2 kg/m³ de adición de fibra</p>
---	--	---

ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO
OBSERVACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS DE LOSAS

Foto 1



Foto 1: Losa de 1m x 1m y 10cm de espesor, con 4 kg/m³ de adición de fibra sintética, tomada a los 28 días de ser elaboradas.

Tomada a las 4 p.m. martes 20 de septiembre.

Foto 2




Foto 2: Identificación de la microfisuras que aparecieron en los 28 días



Foto 3

Foto 3: Medición y clasificación de las microfisuras usando un escalímetro

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA</p>	<p>Tesis: “Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional”</p>	<p>Tema: Observación de fisuras en los 28 días con 4 kg/m³ de adición de fibra</p>
---	--	---

ANEXO 4: PANEL FOTOGRÁFICO
OBSERVACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS DE LOSAS

Foto 1



Foto 1: Losa de 1m x 1m y 10cm de espesor, con 6 kg/m³ de adición de fibra sintética, tomada a los 28 días de ser elaboradas.

Hecha a las 4 p.m. martes 20 de septiembre.

Foto 2




Foto 2: Identificación de la microfisuras que aparecieron en los 28 días

Foto 3



Foto 3: Medición y clasificación de las microfisuras usando un escalímetro

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA	Tesis:	Tema:
	“Análisis del efecto de la fibra sintética en las propiedades mecánicas y retracción del concreto reforzado respecto a uno convencional”	Observación de fisuras en los 28 días con 6 kg/m ³ de adición de fibra

Anexo 5 Norma Técnica Peruana

--