

ANÁLISIS Y EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN PLAQUETA
PREFABRICADA DE CONCRETO CON REFUERZO EN MACROFIBRAS DE
POLIPROPILENO



ANA MILENA RIVERA ARDILA



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO

2020

ANÁLISIS Y EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN PLAQUETA
PREFABRICADA DE CONCRETO CON REFUERZO EN MACROFIBRAS DE
POLIPROPILENO

ANA MILENA RIVERA ARDILA

Documento final presentado como opción de grado para optar al título profesional de ingeniero
civil

Aprobado por:

Ing. BREGY HASSLER CHOQUE JIMÉNEZ

Especialista en Estructuras

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO

2020

Autoridades académicas

P. José Gabriel MESA ANGULO, O. P.

Rector General

P. Eduardo GONZÁLEZ GIL, O. P.

Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O.P.

Rector Sede Villavicencio

P. Rodrigo GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Mg. JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. MANUEL EDUARDO HERRERA PABÓN.

Decano Facultad de Ingeniería Civil

Resumen

El polipropileno es un material de forma en macrofibra sintética estructural, este material es muy usado en el área de la construcción, siendo limitado su uso en el área de pavimentos y en la mezcla del concreto, ya que estas macrofibras están diseñadas para cumplir un refuerzo secundario en el concreto o morteros, con el fin de reducir los agrietamientos por contracción plástica en estado fresco (Fibraplasconcrete). Teniendo en cuenta el historial de uso de este material, se desarrolló el análisis de las propiedades mecánicas que presentan el material, por medio de ensayos como, módulo de elasticidad, módulo ruptura y ensayo de resistencia a la compresión, donde se crearon plaquetas prefabricadas que contuvieran el material de refuerzo en la mezcla del concreto, para lograr tener una aproximación del comportamiento mecánico. Por consiguiente, los resultados que se obtuvieron fueron comparados con un proyecto similar, con el fin de obtener un análisis del comportamiento mecánico de la mezcla.

Palabras clave: Alternativa, ensayos, polipropileno, plaquetas, propiedades, refuerzo secundario.

Abstract

Polypropylene is a structural synthetic macrofiber shaped material; this material is widely used in the construction area, its use being limited in the pavement area and in the concrete mix, since these macrofibers are designed to fulfill a reinforcement secondary in concrete or mortars, in order to reduce cracking due to plastic shrinkage in the fresh state (Fibraplasconcrete). Taking into account the history of use of this material, the analysis of the mechanical properties presented by the material was developed, through tests such as modulus of elasticity, modulus of rupture and compression resistance test, where prefabricated platelets were created that contain the reinforcing material in the concrete mix, to achieve an approximation of mechanical behavior. Consequently, the results obtained were compared with a similar project, in order to obtain an analysis of the mechanical behavior of the mixture.

Keywords: Alternative, tests, polypropylene, platelets, properties, secondary reinforcement.

Tabla de contenido

	Pág.
Resumen	4
Abstract	5
Glosario	10
Introducción	11
1. Formulación del problema	12
2. Objetivos	14
2.1. Objetivo general	14
2.2. Objetivos específicos.....	14
3. Justificación	15
4. Estado del arte	16
4.1. Efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico.	16
4.2. Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 12% y 14%	16
4.3. Efecto de la adición de fibras sintéticas sobre las propiedades plásticas y mecánicas del concreto.....	17
4.4. Refuerzo de elementos estructurales con hormigones con fibras o solo fibras.....	17
4.5. Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: influencia del tipo y consumo de fibra adicionado.	18
5. Metodología	20
5.1. Materiales	20
5.1.1. Cemento portland.....	20
5.1.2. Agregado grueso y fino.....	20
5.1.3. Macrofibras de polipropileno.....	20
5.2. Métodos	22
5.2.1. Etapa I	22
5.2.2. Etapa II.....	23
6. Resumen de los resultados	30
6.1. Comparación plaqueta con macrofibra-bloque convencional	30

6.2. Ensayo módulo de elasticidad	32
6.2.1. Grafica esfuerzo vs deformación	33
6.3. Ensayo módulo de rotura.....	35
6.4. Análisis costo/beneficio.	37
Conclusiones.....	39
Trabajos futuros	40
Impactos.....	41
Referencias bibliográficas	42
Anexos.....	45

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 Granulometría	22
Tabla 2. Mezcla de concreto de 21 Mpa por m ³	24
Tabla 3 Cantidades de Mezcla	25
Tabla 4 Cantidades de polipropileno	26
Tabla 5 Plaquetas Sin Macrofibra.....	27
Tabla 6 Plaquetas con 0.47% de Macrofibra	28
Tabla 7 Plaquetas con 0.67% de Macrofibra	28
Tabla 8 Plaquetas con 0.95% de Macrofibra	29
Tabla 9 Comparativo.....	31
Tabla 10 Cargas	33
Tabla 11 Iteración de Plaqueta 1 sin macrofibras.	33
Tabla 12. Módulos de elasticidad.	34
Tabla 13 Modulo de Rotura-Vigueta sin macrofibras	35
Tabla 14. Resistencia a Flexión	36
Tabla 15. <i>Dimensiones de Vigueta</i>	37
Tabla 16. Módulos de Rotura-viguetas.	37
Tabla 17. Presupuesto comparativo.	37
Tabla 18 Impactos.....	41
Tabla 19 Dosificación Plaqueta	45

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1 Esquema Metodológico	21
Figura 2 Identificación de matices para clasificar el material.	22
Figura 3. Grafica granulométrica, descripción del material de mezcla.	23
Figura 4 Dimensiones tubo interno y plaqueta	24
Figura 5 Dimensiones vigueta	25
Figura 6 Macrofibra de polipropileno.....	26
Figura 7 Plaqueta Sin Macrofibra.	27
Figura 8 Plaqueta con 0.47% de macrofibra.	28
Figura 9 Plaqueta con 0.67% de macrofibra.	28
Figura 10 Plaqueta con 0.95% de macrofibra.	29
Figura 11 Resumen de resultados.	30
Figura 12 Bloque de mampostería.	31
Figura 13 Plaqueta prefabricada con refuerzo al 0,95% de macrofibra.....	31
Figura 14 Modulos de elasticidad.	34
Figura 15 Vigueta al 0.0% en macrofibra.	35
Figura 16. Vigueta al 0.67% de macrofibra.	36
Figura 17 Diseño formaleta de plaqueta.	45
Figura 18 Formaleta armada	45

Glosario

Fibra: Es el elemento que mejora las características mecánicas del compuesto, como es la resistencia, rigidez, disminución del peso, entre otros. Las fibras pueden ser cortas, generalmente inyectadas durante el moldeado o bien pueden ser largas, con la longitud definida de acuerdo a la fabricación (Anónimo, Materiales compuestos).

Formaleta: Se le llama encofrado o formaleta al molde destinado a darle al hormigón la forma y la dimensión deseada. Se compone de dos tipos de elementos distintos construidos para que el desencofrado resulte fácil y cómodo; estos son los elementos de molde y los elementos de refuerzo (Ramírez, 1986).

Macrofibra: Son de materiales como acero, vidrio, sintéticos o naturales fique y otros, los cuales se usan como refuerzo distribuido en todo el espesor del elemento y orientado en cualquier dirección (Fibraplas).

Mezcla de concreto: Estas son la relación máxima de agua/cemento, el contenido mínimo de cemento, la resistencia mínima, la manejabilidad mínima, el tamaño máximo del agregado y el contenido de aire dentro de los límites especificados (Vélez, 2017).

Polipropileno: Es uno de esos polímeros versátiles que andan a nuestro alrededor. Cumple una doble tarea, como plástico y como fibra (Dominguez, 2016).

Plaqueta prefabricada: Elemento que se construye previamente y luego se traslada al sitio de la obra donde finalmente se coloca (Ramírez, Construcción y colocación, 1986).

Introducción

En la construcción, el material polipropileno cumple un papel fundamental en la industria, este material viene en forma de macrofibra sintética, sus características favorecen para aportar alta resistencia a la mezcla del concreto, y del mismo modo un bajo costo de obra. Esta macrofibra se ha venido utilizado en el área de pavimentos, una de las obras más relevantes del uso de macrofibras es el aeropuerto “El dorado”, sin descartar el uso en centros masivos, ciclo ruta y entrepisos (Fibraplasconcrete).

El uso de macrofilamentos aportan resistencia y flexibilidad a la mezcla del concreto, ya que están compuestas de polipropileno 100% virgen y tratadas con un dispersante, permitiendo que su distribución sea más rápida y homogénea, por ende, facilitando el rendimiento de mezcla de 3 a 5 minutos (Fibercon).

Por lo tanto, se tiene en cuenta con que se construye una estructura, de tal manera, se aprecia un artículo por Andrew Coburn, este manifiesta los comportamientos sísmicos de gran magnitud a nivel mundial, el cual, Colombia ocupa el puesto 27 (Spence, 2002). Por consiguiente, los antecedentes que se pueden observar del artículo anterior justifican el uso y la función principal del reforzamiento en fibra, el cual es brindar flexibilidad a la estructura, específicamente a la losa, como se mencionó anteriormente y de acuerdo a los casos registrados, el objetivo de un diseño óptimo de un estructura es logra aportar un tiempo de evacuación emergente en caso de sismos, por eso es usado para lograr un límite de seguridad al presenciar este tipo de eventos. Este material de refuerzo secundario en las plaquetas, brinda flexibilidad al elemento estructural y así mismo estabilidad y seguridad en los entre pisos, ya que su ubicación está por encima de la losa aligerada (G, 2001).

1. Formulación del problema

Todo material de construcción tiene una vida útil de acuerdo a su necesidad, las edificaciones se diseñan con un periodo de vida útil de 100 años, estas pueden presentar fallas antes de lo previsto ya que en ocasiones son sometidas a cargas extremas causadas por la naturaleza, eso quiere decir que los ingenieros llevamos la responsabilidad de diseñar para estos casos, ya que las fuerzas externas de la naturaleza siempre van a estar presentes para ejercer ese esfuerzo hacia la estructura (Anonimo).

Los eventos sísmicos de gran magnitud en diferentes partes del mundo, han ocasionado catástrofes dejando daños físicos en las edificaciones (Spence, 2002), generado efectos en el concreto reforzado, donde el material es sometido a altas cargas de tracción y compresión (Franco, 2012), efectos que se ven reflejados en diferentes comportamientos como fisuras, agrietamiento y deformaciones (Asoconcreto, 2019), siendo estos la consecuencia de este tipo de eventos, generando fallas en algunas ocasiones.

Las losas reforzadas simplemente con acero, son sometidas a cargas altas que presentan un límite de resistencia en el acero y concreto (lo que se conoce como tracción y compresión), generando en la estructura una falla en el momento en que supera este margen, dando en algunas ocasiones poco tiempo a la evacuación de los usuarios (McCormac, 2012).

Por consiguiente, una estructura debe diseñarse con un factor de seguridad que garantice la estabilidad de la misma, por lo tanto, se entiende que el aligeramiento de la losa cumple funciones de suma importancia al momento de la estabilidad esperada, por lo cual, se diseñó una plaqueta prefabricada de concreto con refuerzo de microfilamentos de macrofibras, esta plaqueta se encuentra ubicada en la parte superior de la losa aligerada, del mismo modo, se calculó la cantidad indicada de macrofibras por plaqueta, para así obtener el análisis del comportamiento que aporta la fibra en la mezcla (Gonzalez, 2009). Por lo cual se aprecia la importancia que cumple esta variable de cuánta al momento de generar un rango de seguridad y estabilidad en el uso y servicio de las edificaciones, y se aprecia el comportamiento que se obtiene de los entrepisos al momento de una catástrofe natural no esperada (Serrano, 2001).

De acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos correspondientes, se logró percibir la diferencia en los comportamientos mecánicos de la plaqueta en función de la cantidad de las macrofibra de polipropileno, lo cual se opta por brindar una alternativa de refuerzo secundario en plaquetas que aporten aligeramiento a la viga o losa de la estructura y por consiguiente responda a la problemática, es decir, lograr aportar mayor estabilidad al momento de un evento sísmico.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Desarrollar un análisis de las propiedades mecánicas de plaquetas prefabricadas de concreto, con refuerzo en macrofibras de Polipropileno.

2.2. Objetivos específicos

- Comparar las propiedades mecánicas de plaquetas prefabricadas de concreto con refuerzo de Polipropileno y una plaqueta prefabricada convencional (módulo de elasticidad y rotura).
- Analizar el comportamiento en plaquetas prefabricadas de concreto con refuerzo de Polipropileno. (resistencia a la compresión).
- Analizar la viabilidad del concreto reforzado con macrofibras de polipropileno en plaquetas prefabricadas (Costos-Beneficio).

3. Justificación

Con esta investigación se busca generar nuevas propuestas para el campo de la ingeniería civil aplicando información de utilidad que pueda aportar al conocimiento mediante el estudio de nuevos materiales estructurales y brindando herramientas de interés a futuras generaciones de investigadores.

El polipropileno es un material que se usa hoy en día en construcciones de diferentes tipos, estas macrofibras pueden llegar a reemplazar el refuerzo de la malla electro-soldada, y lograr absorber los esfuerzos de temperaturas y retracción en ciertos elementos, así mismo presentan desventajas como la reducción del asentamiento de cono, afectando directamente la cantidad y composición de esta, pero una de las mayores desventajas es el bajo módulo de elasticidad que estas manifiestan (Morales, 2018).

En cierto modo, a pesar de la desventaja que este presenta, el material contiene grandes ventajas en relación con la mezcla de concreto, ya que este reduce los agrietamientos, la segregación y se caracteriza por ser un refuerzo tridimensional en comparación a una malla electrosoldada (Fibercon).

Una estructura está compuesta por diferentes elementos que aportan comportamientos mecánicos y por ende propiedades a la misma, las plaquetas prefabricadas fue el enfoque de esta investigación (Marroquin). Este elemento brinda aligeramiento a la losa, lo cual aporta flexibilidad a la estructura en general.

Por consiguiente, los resultados de los ensayos que se realizaron contribuyen a implementar un material seguro y confiable para un refuerzo secundario en plaquetas prefabricadas, ya que el comportamiento mecánico de la mezcla en las plaquetas, en función de la cantidad de refuerzo de polipropileno fue evidente, lo cual hace que el material sea efectivo en este tipo de elementos.

Del mismo modo, el precio de costo del material polipropileno es ahorrativo en relación a la malla electrosoldada, teniendo en cuenta que las presentaciones de estos materiales son distintas, pero cumple la misma función, lo cual aporta a las macrofibras de polipropileno.

4. Estado del arte

4.1. Efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico.

El proyecto se realizó en la Región Lambayeque, se planteó el diseño a compresión lo cual se obtuvo que el curado con aditivo membranal reforzado no se recomienda para este tipo de obras de construcción, ya que no garantiza obtener un 65% de la resistencia a los 28 días de edad del concreto.

Por lo tanto, la macrofibra presenta un refuerzo secundario del concreto, lo cual no logra reemplazar el en su totalidad al acero de refuerzo, pero en cierto modo, se recomienda para elementos de gran superficie como lo son las losas aligeradas, macizas, pavimentos de concreto, etc...

De tal forma, se recomienda una porción de 400 gr/m³ en la Región Lambayeque lo cual garantiza una reducción potencial de fisuración hasta en un 90% expuesto al ambiente, del mismo modo la trabajabilidad se recuperó en un aditivo súper plastificante Chemament 440 en una dosis 0,8-0,95 y 1,1% para así lograr unas resistencias de 175, 210 y 280 Kg/cm² en relación a las propiedades mecánicas (compresión y flexión), no causan ninguna consecuencia negativa.

Por consiguiente, la fibra polipropileno reduce el volumen de aire, y al mismo tiempo lo hace con la permeabilidad (Hugo, 2016).

4.2. Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 12% y 14%

La comparación entre el porcentaje de fibra en la mezcla del concreto se comprueba una mejora en la resistencia a la compresión de los cilindros con fibra de cero y cilindros sin fibra de acero, lo cual la mezcla con adición del 14% es más alta, obteniendo una resistencia promedio 24500Kg-f o de 4324 psi, superando en si en un 13,65% la capacidad de resistencia de compresión de la mezcla del concreto sin adición.

De tal forma los resultados evidencian que la mezcla aporó un mejor comportamiento a los 14 días, lo cual superó en 30% por encima de la resistencia del diseño esperado, del mismo modo a los 21 días registro un aumento del 38% y a los 28 días se alcanzó una resistencia superior al 44% de la resistencia que se esperaba.

Por consiguiente, las fibras de acero aportan al concreto ligeramente más resistencia, dúctil cuando este se somete a fuerzas axiales de compresión (Castro, 2016).

4.3. Efecto de la adición de fibras sintéticas sobre las propiedades plásticas y mecánicas del concreto

El análisis presenta que las propiedades en estado fresco y del mismo modo las propiedades mecánicas y de tenacidad son influenciadas por la incorporación de la fibra.

Por consiguiente, el asentamiento disminuye ligeramente al momento que se usa la fibra, sin descartar que se puede recuperar usando súper plastificante. El peso unitario y contenido de aire no presentaron cambios algunos. La resistencia a la compresión del hormigón con fibra es menor, lo cual se puede asociar a su baja adherencia fisicoquímica de las fibras con la pasta de cemento.

Por lo tanto, los resultados del módulo elástico de 243.000 Kg/cm³, relación de Poisson entre 0.22 y 0.26 y deformación unitaria correspondiente al esfuerzo máximo de $20 \cdot 10^{-3}$, en promedio, corresponden a valores comunes del hormigón convencional. De modo que la incorporación de la fibra contribuyó al incremento de la resistencia a flexión, obteniendo un porcentaje de 11% a los 28 días de la mezcla. Lo cual se concluye que, a mayor contenido de fibras, mayor es la resistencia de impacto.

El efecto más importante de la incorporación de esta fibra en el hormigón es el aumento a la tenacidad, donde esta se incrementa a medida que se incrementa la cantidad de fibra (Paula, 2010).

4.4. Refuerzo de elementos estructurales con hormigones con fibras o solo fibras

Los resultados de esta investigación presentan que las fibras producen una mejora en el hormigón, teniendo en cuenta siempre el tipo de fibra, así mismo su incorporación modifica el

comportamiento no lineal de la mezcla estructural, específicamente en tracción, impidiendo la abertura y propagación de fisuras.

Las fibras de polipropileno no se pueden utilizar estructuralmente debido a su bajo módulo de elasticidad en relación al acero, pero en cierto modo son utilizadas para otro tipo de soluciones como el incremento de resistencia al impacto que inducen en los hormigones.

Del mismo modo, la resistencia a flexión se incrementa de acuerdo a la cantidad de fibra y a la disposición de las mismas, donde la rotura se produjo por agotamiento de la resistencia del hormigón en la biela a compresión y no por fallo de la fibra de carbono, encontrándose la fibra en condiciones de soportar mayor tensión.

Por medio de los resultados de los análisis de las probetas cilíndricas se recomienda realizar las pruebas de hormigón en su tiempo mínimo lo cual es de 28 días, donde este depende del ambiente y resistencia de la misma.

Del mismo modo los ensayos se deben realizar en superficie limpia, la fibra debe ser lijada para obtener su correcta adherencia y el tiempo mínimo de esta adherencia es de 24 horas (arias, 2013).

4.5. Análisis de las propiedades del concreto reforzado con fibras cortas de acero y macrofibras de polipropileno: influencia del tipo y consumo de fibra adicionado.

De acuerdo a esta investigación se concluyó que, la trabajabilidad del concreto se reduce de manera proporcional en relación a la cantidad de fibras de acero y polipropileno, en cierto modo, la trabajabilidad se obtuvo de menor número cuando se adicionaron fibras cortas de acero.

Al momento de agregar las macrofibras de acero y polipropileno aportan ayuda a la mezcla en cuanto a la aparición de grietas y fisuración debido a la contracción plástica, por lo tanto, al momento de aumentar las fibras se disminuye el número, espesor y longitud de las grietas. La macrofibra de polipropileno evidencia mejor comportamiento en cuanto a las fibras de acero en relación al control de grietas.

De la misma manera, cuando se realizó el ensayo de resistencia, a la edad de 28 días la resistencia a la compresión no se vio diferente a momento de agregar las fibras de acero, pero a los 90 días de edad, la resistencia de este disminuye 9% obteniendo una resistencia de 60 Kg/m^3 .

Lo cual se concluyó del mismo modo que las macrofibras aumenta de forma leve la resistencia en los periodos de 28 y 90 días, con respecto al concreto sin fibras.

De igual forma al momento de realizar el ensayo de módulo de elasticidad la mezcla de concreto con fibra de acero aumento un 5% en promedio, donde las macrofibras disminuyo levemente en comparación de la mezcla con acero.

Por lo tanto, los resultados obtenidos en los ensayos permiten concluir que las fibras aportan variables importantes en la mayoría de las propiedades de la mezcla del concreto en estado fresco y endurecido (Roman, 2015).

5. Metodología

Esta investigación inicia con el proceso de caracterización y obtención del material principal, a partir de ahí se realizaron los ensayos correspondientes a las propiedades mecánicas a estudiar. Por lo tanto, la investigación se desarrolló a partir de obtener los siguientes materiales:

- Cemento Portland
- Agregado Grueso y Fino
- Macrofibra sintética de polipropileno

5.1. Materiales

5.1.1. *Cemento portland*

Son los conglomerantes hidráulicos compuestos principalmente con agua, la cual facilita la formación de pastas que, por medio de esta, fragua y endurece a razón de la reacción de la hidratación del mismo. (anter) Se dispuso este material para realizar la mezcla correspondiente a un concreto de una resistencia a la compresión de $f'c=21\text{Mpa}$.

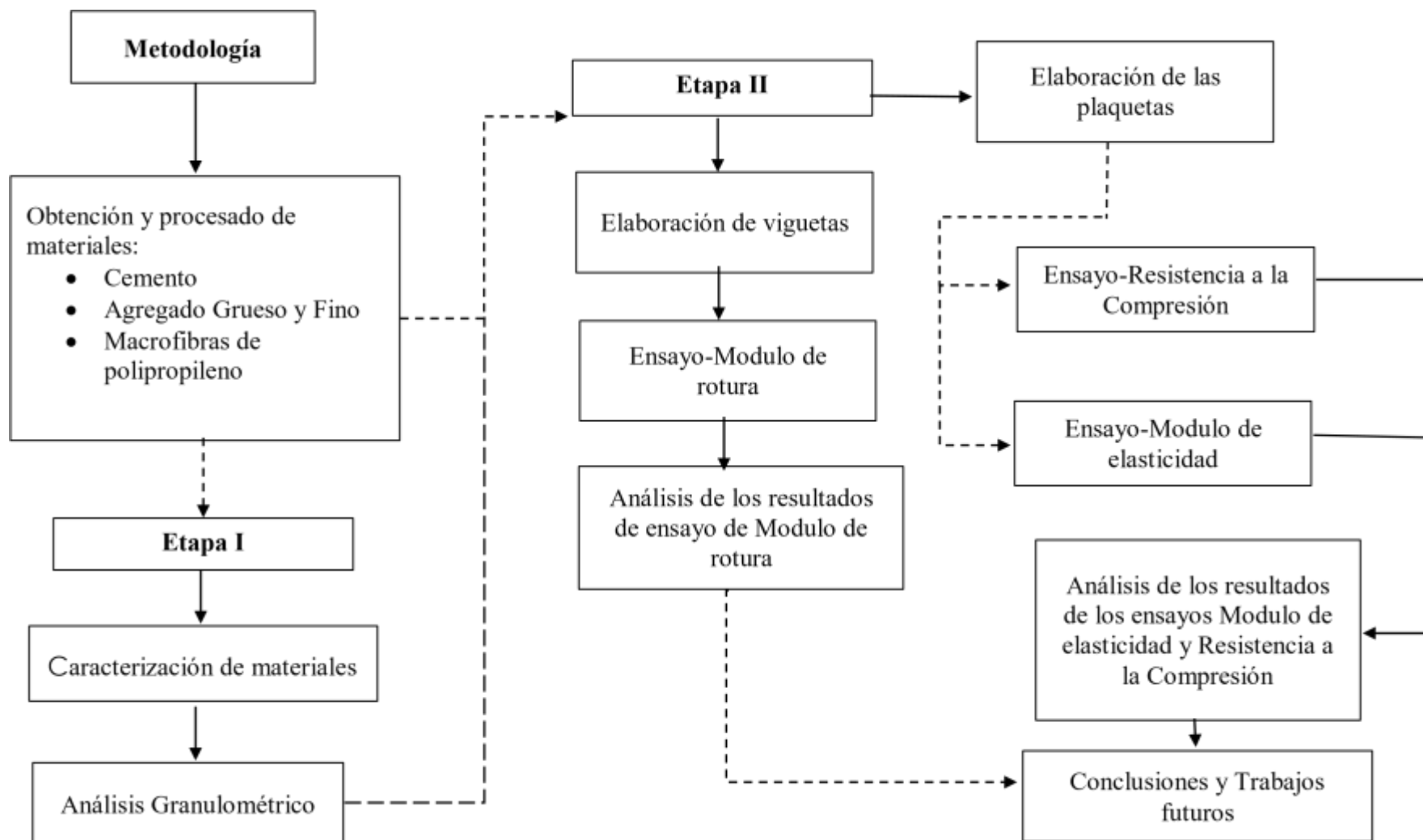
5.1.2. *Agregado grueso y fino*

Para la presente investigación se trabajó con un agregado fino y grueso con una distribución granulométrica, lo cual hace exclusivo su uso, es decir, se tuvo en cuenta que materiales no fueran causantes del desgaste de la mezcla. (Rodríguez)

5.1.3. *Macrofibras de polipropileno*

La macrofibra sintética estructural utilizada, está compuesta de polipropileno y polímeros de alta resistencia, esta reúne las propiedades adecuadas para una alta tensión, donde estas macrofibras se anclan al momento de incorporarse a la mezcla de concreto (Dominguez, 2016).. Las macrofibras se añadieron durante el proceso de la mezcla de concreto, antes de verter a las formaletas y se agregaron en tres proporciones.

Figura 1 Esquema Metodológico



5.2. Métodos

5.2.1. Etapa I

El proyecto de investigación se dividió en dos etapas principales, caracterización de materiales y comparación del comportamiento mecánico. En la primera etapa, caracterización de materiales se llevó a cabo un análisis granulométrico del material agregado fino y grueso que se usó para la mezcla de concreto para las plaquetas.

Análisis granulométrico.

Para realizar la curva granulométrica se tuvo en cuenta los utensilios a usar, por lo tanto, se tomaron los tamices correspondientes para continuar con el análisis.

Figura 2 Identificación de matices para clasificar el material.



Se hizo la toma de datos del material retenido por tamiz, el cual se especifica en la siguiente tabla:

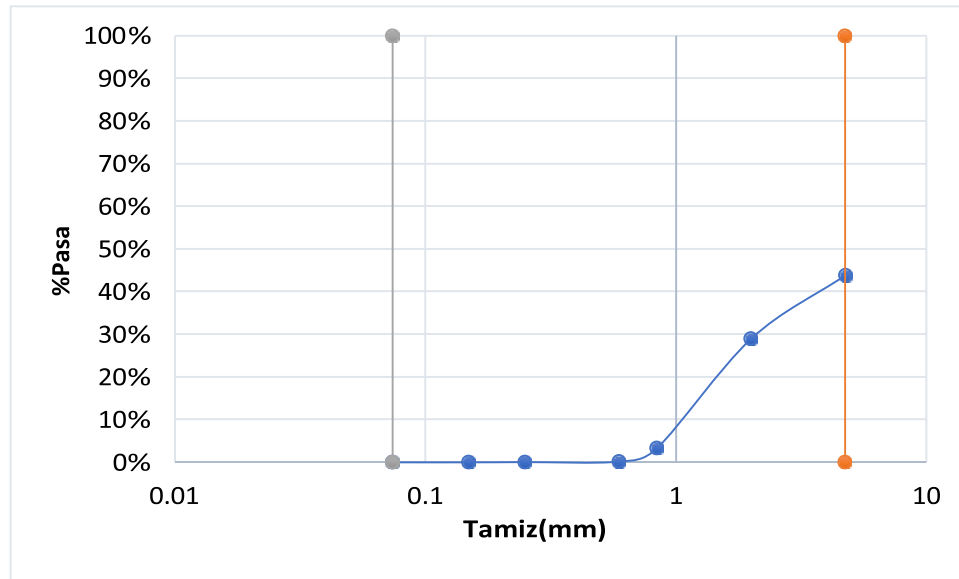
Tabla 1 Granulometría

Cantidades retenidas							
Tamiz	No4	N10	N20	N30	N60	N100	N200
Tamiz (mm)	4.76	2	0.841	0.595	0.250	0.149	0.074
g	1910	506	874	108	4	2	0
%Retenido	56.11%	14.864%	25.675%	3.172%	0.117%	0.0587%	0.000%
% Retenido acumulado	56.11%	70.974%	96.649%	99.821%	99.938%	99.997%	100.00%
% Pasa	43.887%	29.023%	3.348%	0.176%	0.059%	0.000%	0.000%

Nota: Descripción de la cantidad de material que se retiene y pasa a través de cada tamiz.

De acuerdo a los datos granulométricos, se realizó una curva granulométrica para determinar el análisis correspondiente.

Figura 3. Grafica granulométrica, descripción del material de mezcla.



Los resultados que se obtuvieron en la anterior grafica demuestra que en su mayoría es tipo arenoso, debido a que la línea gris trazada verticalmente indica hasta donde se retiene material grueso, la línea naranja indica hasta se retiene material arenoso, después de esta línea se define material fino.

5.2.2. Etapa II

La etapa dos se compone en los ensayos de laboratorios que se requerían realizar para el análisis de las propiedades mecánicas del polipropileno en mezcla de concreto de plaquetas prefabricadas.

Dosificación de la mezcla

Para el proceso de dosificación debíamos realizar los cálculos necesarios para una mezcla con una resistencia de 21 Mpa, teniendo en cuenta la información investigativa suministrada, nos basamos en la siguiente dosificación de los materiales.

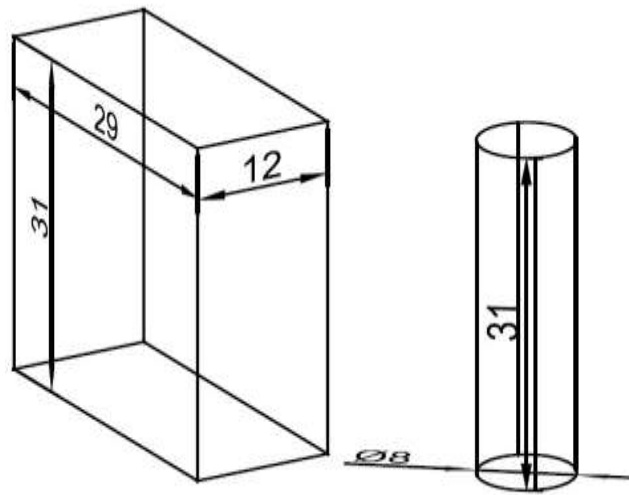
Tabla 2. Mezcla de concreto de 21 Mpa por m³

Dosificación de la mezcla a 21 Mpa			
Cemento (Kg)	Agregado fino (Kg)	Agregado grueso (Kg)	Agua (Lts)
386.8	796.86	899.40	206

Nota: Dosificación de mezcla Adaptado de (Rey, 2017)

Volumen de la plaqueta

Figura 4 Dimensiones tubo interno y plaqueta



Nota: Diseño de plaqueta realizado a través de AutoCAD

Las plaquetas se encontraban conformadas por dos cilindros en tubo pvc de las dimensiones mencionadas anteriormente, de acuerdo a esa información se calculó el volumen necesario por plaqueta.

$$- \text{Volumen plaqueta} = b * h * p$$

$$\text{Volumen} = 29 * 31 * 12 = 10788 \text{cm}^3 = 0.010788 \text{m}^3$$

$$- \text{Volumen cilindro interno}$$

$$\text{Volumen} = \frac{\pi}{4} (0.08)^2 * (0.31) = 1.558 * 10^{-3} \text{m}^3$$

Por lo tanto, la cantidad de material para las plaquetas que se ensayaron fue el siguiente:

Tabla 3 Cantidades de Mezcla

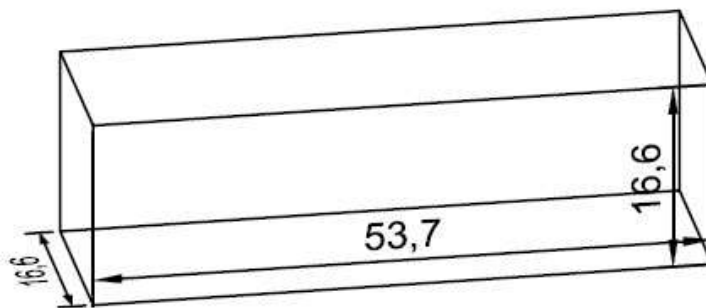
Cantidades			
Material	Cemento	Agregado Grueso y Fino	Agua
Kg	4.057	13.234	1.989
%	0.21	0.685	0.103

Nota: Descripción numérica de las cantidades apropiadas de cada material, por Ana Rivera. Adaptado de (REY, 2017)

Para el cálculo en Kg de cada material, se tuvo en cuenta el peso de la plaqueta, el cual es de 19.32 Kg.

Adicional, se tuvo en cuenta la cantidad de material adicional para el ensayo de resistencia donde se realizaron 3 viguetas con las siguientes especificaciones.

Figura 5 Dimensiones vigueta



Nota: Diseño de viga realizado a través de AutoCAD

Volumen Vigueta.

$$\text{Volumen} = 16.6 * 16.6 * 53.7 = 14.797 \text{cm}^3 = 1.4797 * 10^{-5} \text{m}^3$$

Cantidad de polipropileno.

Del mismo modo se calculó la cantidad apropiada de macrofibras de polipropileno para cada plaqueta, teniendo en cuenta que cada 3 plaquetas se realizaron con cantidades diferentes de macrofibras.

Figura 6 Macrofibra de polipropileno.



Nota: Longitud y grosor de dos macrofibras de refuerzo en polipropileno.

Un macro filamento de polipropileno mide 5.8 cm. A continuación, se muestra los porcentajes que se aplicaron cada 3 plaquetas en la mezcla correspondiente de concreto.

Tabla 4 Cantidades de polipropileno

Distribución de polipropileno		
Plaquetas	Cantidad (%)	Cantidad (g)
1-2-3	0.0	0.0
4-5-6	0.47	92.2
7-8-9	0.67	130
10-11-12	0.95	184

Nota: Descripción numérica porcentual de acuerdo a la cantidad en Kg.

Se multiplico el volumen de la plaqueta por el peso, para determinar la cantidad de Kg de Macrofibras, teniendo en cuenta un total de 100% de Kg. El cálculo de proporción de la siguiente forma:

$$\frac{0.092Kg}{19.32Kg} * 100 = 0.47\%$$

Donde el numerador indica el peso de la proporción de las macrofibras y el denominador indica el peso de la plaqueta.

Ensayo resistencia a la compresión plaquetas.

En seguida de haber realizado la dosificación de los materiales a usar para la elaboración de los respectivos elementos a fallar, se ejecutó el ensayo de resistencia a la compresión con las 12 plaquetas ya fabricadas. Se tuvo en cuenta el orden de porcentaje de polipropileno de cada una de estas, para así hacer consecutivo el ensayo.

Tabla 5 Plaquetas Sin Macrofibra.

Plaqueta	Carga (kN)	Área (m²)	Esfuerzo Mpa
1	460.05	0.0798	5.76503759
2	318.69	0.0798	3.99360902
3	397.36	0.0798	4.97944862
Promedio	392.03		5.76503759

Nota: Resistencias ultimas de cada plaqueta sin macrofibras.

Figura 7 Plaqueta Sin Macrofibra.



Nota: Plaqueta fallada por la maquina universal.

Se probaron las primeras 3 plaquetas prefabricadas con un 0.0% de Macrofibras, poder obtener un promedio de esfuerzos, lo cual una plaqueta prefabricada sin macrofibras presenta un esfuerzo de

5.7 Mpa.

Tabla 6 Plaquetas con 0.47% de Macrofibra

Plaqueta	Carga (kN)	Area (m ²)	Esfuerzo Mpa
1	408.50	0.0798	5.11904762
2	455.49	0.0798	5.70789474
3	486.65	0.0798	6.09837093
Promedio	450.21		5.64172932

Nota: Esfuerzos de las plaquetas correspondientes a la cantidad de macrofibras.

Figura 8 Plaqueta con 0.47% de macrofibra.



Las siguientes 3 plaquetas tuvieron un 0.47 % de macrofibras en la mezcla, dando como resultado promedio de esfuerzos, del mismo modo se evaluaron 3 plaquetas con la misma cantidad para realizar un promedio de esfuerzo, obteniendo un resultado de **5.64 Mpa**.

Tabla 7 Plaquetas con 0.67% de Macrofibra

Plaqueta	Carga (kN)	Area (m ²)	Esfuerzo Mpa
1	491.02	0.0798	6.15313283
2	485.20	0.0798	6.0802005
3	420.93	0.0798	5.27481203
Promedio	465.71		5.83596491

Nota: Descripción de cada esfuerzo en cada plaqueta de acuerdo a su % de macrofibras.

Figura 9 Plaqueta con 0.67% de macrofibra.



De la misma manera se fallaron 3 plaquetas con el 0.67% de macrofibra, promediando los resultados de esfuerzo, el cual dio como resultado **5.8 Mpa**

Tabla 8 Plaquetas con 0.95% de Macrofibra

Plaqueta	Carga (kN)	Area (m²)	Esfuerzo Mpa
1	584.41	0.0798	7.32343358
2	605.29	0.0798	7.58508772
3	620.17	0.0798	7.77155388
Promedio	603.29		7.56002506

Nota: Esfuerzos de acuerdo a la cantidad en % de cada plaqueta

Figura 10 Plaqueta con 0.95% de macrofibra.

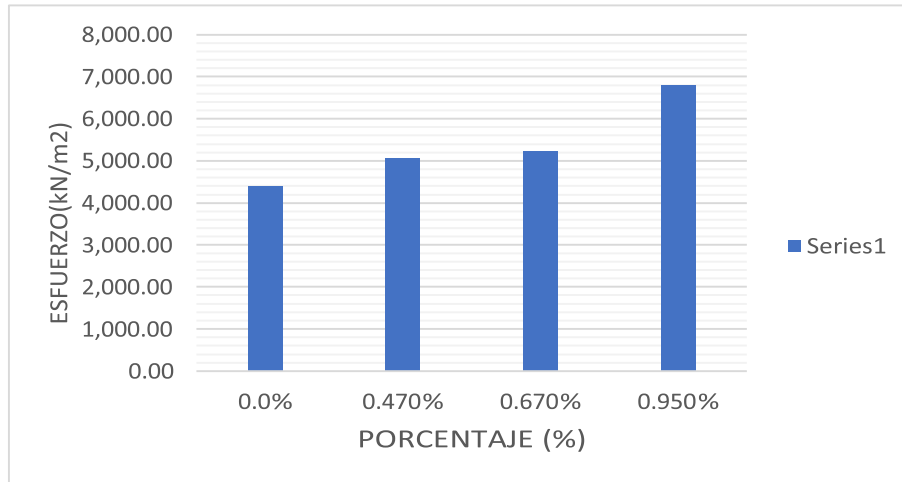


Por último, las 3 plaquetas con 0.95% de Macrofibra, la máxima cantidad que se analizó, se realizaron del mismo modo 3 plaquetas con esa cantidad, para calcular enseguida un promedio de esfuerzos, dando como resultado **7,56Mpa**.

6. Resumen de los resultados

Para poder tener un análisis más específico se realizó una gráfica de esfuerzo versus cantidad porcentaje de fibra de cada una de las plaquetas, para así ver el comportamiento mecánico de cada una en relación al esfuerzo aplicado sobre el área.

Figura 11 Resumen de resultados.



Nota: Descripción del comportamiento de cada una de las plaquetas en relación al esfuerzo soportado.

Como se observa en el gráfico, es notable la diferencia de resistencia de carga en relación que aumenta el porcentaje de macrofibras, por lo tanto, el comportamiento del gráfico es ascendente o directamente proporcional aumenta la resistencia mediante aumenta la cantidad de polipropileno.

6.1. Comparación plaqueta con macrofibra-bloque convencional

Para el desarrollo comparativo se utilizó la investigación desarrollada en unidades de mampostería perforada que tienen unas dimensiones similares a las plaquetas (Ceron, 2019) así definir un análisis lógico y coherente de acuerdo al presente proyecto, por consiguiente, se puede observar la comparación de plaquetas en la siguiente tabla:

Tabla 9 Comparativo.

Plaqueta	Esfuerzo Mpa
Convencional	9.14
Refuerzo macrofibras 0,95%	6.778

Nota: Descripción comparativa de esfuerzos, por Ana Rivera. Adaptado de (Ceron, 2019)

El proyecto que se tuvo en cuenta para la comparación mecánica contiene bloques de concreto para mampostería aligerados, por lo tanto, las características del bloque son similares a las plaquetas prefabricadas, como se puede observar en la siguiente figura:

Figura 12 Bloque de mampostería.



Nota: Bloque convencional fallido con propiedades similares a la plaqueta de la figura 13. Adaptado de "Elaboración de unidades de mampostería perforada de concreto utilizando relaves provenientes de la minería de agregados", por (Ceron, 2019)

Figura 13 Plaqueta prefabricada con refuerzo al 0,95% de macrofibra.



Nota: Plaqueta fallada por la maquina universal después de la resistencia ultima.

De acuerdo al resultado recolectado en la tabla 9, se define la diferencia de valores de esfuerzo entre el bloque y la plaqueta, teniendo en cuenta que la plaqueta contiene el refuerzo al 0,95%, se obtiene un esfuerzo menor comparado al esfuerzo del bloque anterior, se puede concluir que se presentan errores al momento del vertimiento del concreto en la formaleta, como se puede observar en la Figura 10, la plaqueta presenta porosidad antes de ser sometida a carga, por lo tanto, ese factor influye en el esfuerzo obtenido.

6.2. Ensayo módulo de elasticidad

Para poder analizar el módulo de elasticidad se requirió la toma de datos de las resistencias anteriores por cada cantidad de porcentaje de Macrofibras, para así lograr obtener un cálculo de esfuerzo y hacer el análisis correspondiente a la investigación.

El cálculo de esfuerzo se desarrolló con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{F(\text{kN})}{A(\text{m}^2)}$$

Donde:

- F(kN): Fuerza ejercida en kN
- A (m²): Área de la plaqueta

El área de la plaqueta se calculó de la siguiente manera:

$$Area = (b * h) - \frac{2 * \pi * d^2}{4}$$

Se calculó el área de la plaqueta teniendo en cuenta los dos cilindros que contiene en la mitad, para así calcular el área con mayor exactitud, dando como resultado:

$$Area = (29 * 31) - \left(2 * \frac{\pi}{4} (8)^2\right) = 798.496 \text{cm}^2 \approx 0.0798 \text{m}^2$$

Tabla 10 Cargas

Plaqueta %	Area (m ²)	Carga(kN)
0.0	0.0798	392.03
0.47	0.0798	450.21
0.67	0.0798	465.71
0.95	0.0798	603.29

Nota: Descripción numérica de las cargas ultimas de cada plaqueta correspondiendo a su % en macrofibras.

6.2.1. Grafica esfuerzo vs deformación

Para realizar el cálculo coherente del módulo de elasticidad, se realiza un cálculo de regresión, se inició con el cálculo aproximado de la deformación con el esfuerzo de la plaqueta sin macrofibras el cual dio los siguientes resultados:

Tabla 11 Iteración de Plaqueta 1 sin macrofibras.

%	X	Y
0.0%	0	0
16.7%	0.0005	2005.58096
33.3%	0.001	2836.3198
50.0%	0.0015	3473.76813
66.7%	0.002	4011.16193
83.3%	0.0025	4484.61537
100.0%	0.003	4912.65

Nota: Valores X supuestos debido a una falla en la toma de datos.

Es importante resaltar que los datos que se pretendía obtener de deformación por medio del manómetro, no fueron posibles de tomar, ya que se presentaron inconvenientes en la lectura después de haber realizado la falla de las plaquetas, por lo tanto, se prosigue a la estimación de datos para realizar una interpolación cuadrática y así lograr desarrollar la curva esfuerzo/deformación.

Por consiguiente, después de haber obtenido los valores en diferentes puntos, se realizó el cálculo de la secante entre el 33.3% y el 66.7%, utilizando la siguiente ecuación:

$$E = \frac{Y2 - Y1}{X2 - X1}$$

$$E = \frac{4011.161 - 2836.319}{0.002 - 0.001} = 1174842.13 \text{ Kpa} = 1174.84213 \text{ Mpa}$$

De acuerdo a la ecuación, se calculó el módulo de elasticidad de cada plaqueta, dando como resultado un módulo de elasticidad para la plaqueta 1 sin macrofibras de **1174.84 Mpa**.

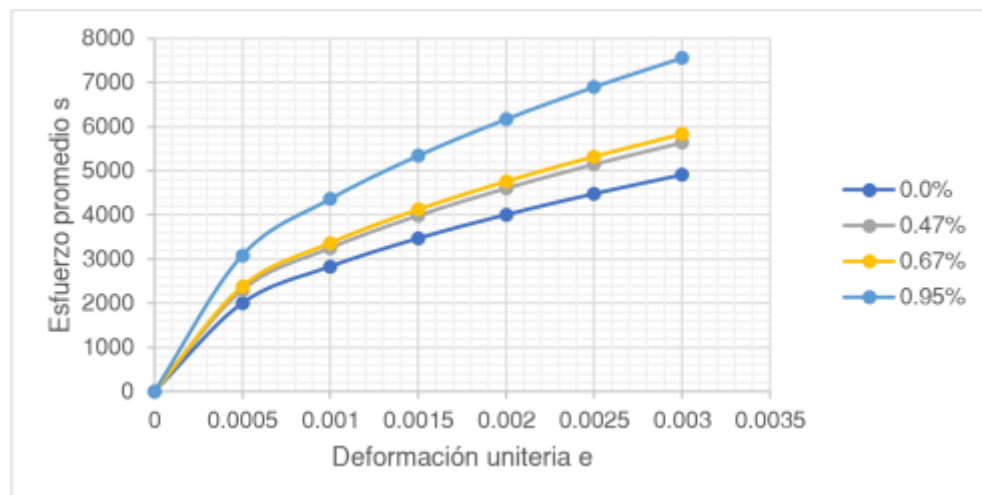
Tabla 12. Módulos de elasticidad.

Plaqueta (%)	σ	E(Mpa)
0	4912.65	1174.84
0.47	5641.72	1349.19
0.67	5835.96	1395.64
0.95	7560.02	1807.95

Nota: Descripción numérica de los esfuerzos en relación al módulo de elasticidad calculado, no experimental.

Por ende, se calculó el módulo de elasticidad para cada una de las plaquetas como se observa en la tabla 12, teniendo en cuenta cada esfuerzo y cantidad de macrofibras por plaquetas, a partir de esa información se realizó una gráfica donde podemos observar el comportamiento de cada plaqueta.

Figura 14 Modulos de elasticidad.



Nota: Descripción gráfica del comportamiento de los esfuerzos en cada plaqueta, en relación con su deformación correspondiente.

Para determinar el módulo de elasticidad el valor de la deformación no se pudo obtener de manera experimental por tal razón se utilizó la deformación unitaria teórica de 0.0033 que tiene el concreto en compresión.

6.3. Ensayo módulo de rotura

Para determinar la resistencia a la flexión de las macrofibras se tuvo que realizar una mezcla de concreto con distintos porcentajes de macrofibra para poder observar su comportamiento mecánico, por lo tanto, estos fueron los datos que se obtuvieron:

Tabla 13 Modulo de Rotura-Vigueta sin macrofibras

Vigueta %	Carga(N)	Módulo de rotura (MPa)
0.0	33049.98	0.1146
0.0	30750.03	0.1066
Promedio	31900.005	0.1106

Nota: Modulo de rotura calculado de acuerdo al % de macrofibras, por Ana Rivera. Adaptado de (Icontec Internacional, 2004)

Las siguientes dos viguetas que se fallaron contenían un porcentaje del 0.0% de Macrofibras, los datos obtenidos fueron los anteriores. De la misma manera se realizó un promedio de los resultados de las dos viguetas, el cual presento un Mr de **0.1106 Mpa**.

Figura 15 Vigueta al 0.0% en macrofibra.



Nota: Descripción fotográfica de la falla de la vigueta en su resistencia ultima.

La tercera vigueta que se evaluó tenía un porcentaje correspondiente de 0.67 de macrofibra, por lo tanto, su Mr dio como resultado **0.3197 Mpa**

Tabla 14. Resistencia a Flexión

Vigueta %	Carga (N)	Módulo de rotura (Mpa)
0.67	92180	0.3197

Nota: Descripción numérica calculado del módulo de elasticidad, por Ana Rivera. Adaptado de (Icontec Internacional, 2004)

Figura 16. Vigueta al 0.67% de macrofibra.



El cálculo del módulo de rotura se realizó teniendo en cuenta la localidad donde la fractura se presentó en la vigueta, por lo tanto, se calculó de la siguiente forma:

$$R = b \frac{PL}{d^2}$$

Donde:

R= módulo de rotura Mpa

P= carga aplicada N L= longitud en mm

b= anchura media de la muestra mm d=
profundidad media de la muestra mm

Los valores que se determinaron para el cálculo del módulo de rotura se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 15. Dimensiones de Vigueta.

Dimensiones en mm
L=166
b=166
d=537

Nota: Las dimensiones se identificaron de acuerdo a la norma establecida, por Ana Rivera. Adaptado de (Icontec Internacional, 2004)

Los resultados de los módulos de rotura que se evaluaron para dos viguetas con distintas proporciones, teniendo en cuenta el promedio de las dos viguetas que presentaban 0,0% de macro fibras, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 16. Módulos de Rotura-viguetas.

Vigueta %	Carga (N)	Módulo de rotura (Mpa)
0.0	31900.005	0.1106
0.67	92180	0.3197

Nota: Módulos de rotura calculados de las respectivas viguetas, por Ana Rivera, 2020. Adaptado de Icontec Internacional, 2004)

6.4. Análisis costo/beneficio.

Por último, se desarrolló el análisis costo beneficio, del material de refuerzo en macrofibras de polipropileno en plaqueta prefabricada de concreto, con el fin de presentar el presupuesto de una plaqueta prefabricada y del bloque convencional, y así realizar el análisis costo beneficio.

Tabla 17. Presupuesto comparativo.

Item	Bloque convencional	Plaqueta prefabricada
Cemento portland (40Kg)	\$14.900	\$14.900
Agregados	\$20.000	\$20.000
Formaleta	\$195.000	\$45.000
Macrofibra de polipropileno (49 rollos)	\$0	\$70.000
Total	\$299.900	\$149.900

Nota: Comparación de presupuestos de bloques prefabricados, con y sin macrofibras, por Ana Rivera, Adaptado de (Libre, 1999)

De acuerdo al total obtenido en la tabla 17, se determina la relación de costo beneficio comparativo de un bloque y de una plaqueta prefabricada, se define que el bloque convencional es más económico ya que no contiene macrofibras de refuerzo y adicional, la formaleta es metálica, es decir, que el precio no va incrementar a medida de la cantidad de bloques que se requieran, por lo tanto, se beneficia económicamente.

Conclusiones

Es evidente el beneficio que aporta el polipropileno a la mezcla en su comportamiento mecánico al momento de ser sometido a cargas altas, es decir, la resistencia que aportan las macrofibras a la plaqueta es de 64.98%, teniendo en cuenta la resistencia 603.29 kN de las plaquetas sin macrofibra y la resistencia 392.003kN de la plaqueta con la mayor cantidad de macrofibras.

Del mismo modo al momento de determinar el módulo de rotura del material se observó numéricamente el aumento a la resistencia a flexión que aporta el material a la mezcla de concreto en elementos tipo vigueta, donde se manifestó la diferencia de resistencias en las viguetas que no contenían polipropileno y la que contenían un 0,67 % de polipropileno, esta vigueta arrojó un dato de resistencia de 92.18 kN obteniendo una diferencia de 34.606% de resistencia de más a las viguetas que no contenían, lo cual se concluye que las macrofibras aportan mayor resistencia a la flexibilidad antes de que falle el elemento.

En cuanto al presupuesto la diferencia de precios de fabricación entre el bloque y la plaqueta es de \$150.000, es decir, un 49.98% de diferencia de producción, sin tener en cuenta que la formaleta que se utiliza para los bloques es de material metálico, quiere decir que es favorable económicamente.

El análisis mecánico del bloque y de la plaqueta fue notable, ya que tenía una diferencia de resistencias de 74.15% a favor del bloque, ya que en la producción de la plaqueta hubo falencias en la porosidad.

Debido a los resultados y análisis anteriores, se logró concluir una alternativa de refuerzo de macrofibras de polipropileno en plaquetas prefabricadas y del mismo modo un porcentaje de 50.01% de ahorro en cuanto a producción.

Trabajos futuros

Esta investigación se realizó a fin de lograr una alternativa de refuerzo en el concreto, por tal motivo, se requiere realizar estudios y análisis en elementos que aporten a una estructura, del mismo modo, analizar el material en carpetas asfálticas y así aportar más alternativas de uso en el campo de la construcción. Este tipo de estudios es necesario para tener mayor entendimiento del material, así mismo, el comportamiento o reacción que puede llegar a tener con otro material en conjunto.

En cierta manera, se podría dar apertura a un estudio del material individual, es decir, lograr llevar un estudio de refuerzo longitudinal o de torones para otro tipo de edificaciones, lo cual conlleva un estudio del comportamiento del material. Como se mencionó anteriormente debe iniciarse una completa caracterización del material para poder determinar las propiedades, en otras palabras, hacer interacciones con ensayos más complejos y de larga duración, donde se permita observar comportamientos novedosos en relación a un refuerzo tradicional.

Por último, se recomienda realizar una investigación con el mismo elemento, pero reduciendo su diámetro para observar el comportamiento en relación a la resistencia del mismo.

Impactos

En el análisis de las macrofibras de polipropileno, se espera abrir más campos de investigación que extiendan alternativas de refuerzo con el fin de determinar los puntos positivos al momento de usarlo como material para plaquetas prefabricadas, contribuyendo con avances en materiales óptimos en la construcción, dando una mayor estabilidad en los elementos que componen las estructuras generando confianza en los usuarios.

Tabla 18 Impactos

Aspecto	Impacto	Supuesto	Plazo
Social	Generar una nueva alternativa para elementos estructurales en concreto armado y así lograr construir entre pisos más seguros y, por ende, la estructura.	Proponer una alternativa de plaquetas prefabricadas, desde un punto de vista normativo que cumpla con el grupo de ocupación de la losa aligerada de entre piso.	Largo
Económico	Análisis costo-beneficio, invertir en materiales de muy buena calidad con el fin de ser usados como alternativa de refuerzo en plaquetas que conforma la losa aligerada en las estructuras.	Calidad y seguridad en el punto de vista económico en cada plaqueta prefabricada que conforma la losa de entrepiso	Largo
Técnico/ Científico	Innovación a través de la propuesta de un nuevo producto de macrofibras de polipropileno en plaquetas prefabricadas	Nuevo material con optimas características mecánicas (resistencia a flexión) para la construcción en plaquetas prefabricadas.	Mediano
Académico	Apertura a la investigación de macro filamento de cualquier tipo de material para el uso en elementos estructurales (VigaColumna).	Línea investigativa o semilleros que implementen aleaciones para uso estructural.	Corto

Nota: Descripción escrita de los aspectos en relación al impacto

Referencias bibliográficas

- Abacol. (s.f.). Macrofibra-polipropileno. Bogota.
- Acero, I. J. (s.f.). *¿Pueden las fibras sintéticas reemplazar la armadura convencional?*
[https://www.aci-peru.org/eventos/IX_Conv_Nov/04_Juan_Carlos_Acero -
 Pueden fibras sinteticas sustituir.pdf](https://www.aci-peru.org/eventos/IX_Conv_Nov/04_Juan_Carlos_Acero_-_Pueden_fibras_sinteticas_sustituir.pdf)
- Anonimo. (s.f.). *Periodo de diseño - Pavimentos de concreto asfáltico método AASHTO-93.*
<http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/09/periodo-de-diseno-pavimentos-de.html>
- Anter. (s.f.). *Cemento.* <http://www.anter.es/pdf/L1.pdf>
- Asociación Española De Materiales Compuestos. (s.f.). *Materiales compuestos.* (pág. 15).
<https://www.aemac.org/wp/wp-content/uploads/2015/05/MATCOMP05completo.pdf>
- Asoconcreto. (8 de Enero de 2019). *Calidad y aspectos técnicos de planos, fallas estructurales de concreto.*
<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoryid/191/categoryname/calidad-yaspectos-tecnicos/planos-falla-fisuras-estructuras-de-concreto>
- Becerra, J., Peña, F., Culma, A., Herrera, P., Rocha, D. & Rojas, F. (2017) Cartilla Dosificación Mezclas de Concreto (Informe de Investigación). Universidad Santo Tomás.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9091/Cartilla%20Dosificaci%c3%b3n%20mezclas%20de%20concreto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castro, P. A. (2016). Influencia de fibras tipo pet en las características de resistencia y durabilidad del mortero de cemento hidráulico [Trabajo de grado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio.
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23897/1/Trabajo%20de%20Grado%20Cristian%20Ayala%20Alejandra%20Ria%C3%B1o.pdf>
- Cerón Cerón & Gutiérrez Arango, (2019). Elaboración de unidades de mampostería perforada de concreto utilizando relaves provenientes de la minería de agregados. [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio.
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/18152>
- Dávila Mercado, M. P. (2010). Efecto de la adición de fibras sintéticas sobre las propiedades plásticas y mecánicas del concreto. [Tesis de Maestría, UNAM]. Repositorio.
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3441/davila>

mercado.pdf?sequence=1#:~:text=La
%20principal%20ventaja%20de%20la,contracci%C3%B3n%20pl%C3%A1stica%2C%20en%20estado%20fresco.

Dominguez. A. A. (2016). *Fibra plast concrete*. Bogota.

Fibercon. (s.f.). *Ficha técnica sobre microfibra*.

<http://www.construfinish.com/pdf/FIBRA%20DE%20POLIPROPILENO.pdf>

Fibraplas. (s.f.). *Macrofibras sintéticas para el concreto*. Bogota.

Fibraplasconcrete. (s.f.). *Ficha tecnica*. Bogota.

Franco, L. (11 de agosto de 2012). *Hormigón*. <https://www.ecured.cu/Hormig%C3%B3n>

G, H. (2001). Módulos estructurales prefabricados de hormigón. *Google Patentes*.

González, A. J. (10 de septiembre de 2009). *Factores de seguridad básico de indirectos*. de

<http://www.scg.org.co/wp-content/uploads/FACTORES-DE-SEGURIDAD-BASICOSE-INDIRECTOS-AJGG2.pdf>

Hugo, B. A. (2016). *Efectos de la adición de fibra de polipropileno n las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico*. [Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán].

<https://es.scribd.com/document/384613563/Tesis-Cesar-Armas-1>

Irias Pineda, A. S. (junio de 2013). *Refuerzo de elementos estructurales con hormigones con fibras o solo fibras*. [Trabajo de Master, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio.

http://oa.upm.es/19998/1/Tesis_master_Ana_Sofia_Irias_Pineda.pdf

Jack C. McCormac, J. & Csrnak, S. (2012). *Diseño de estructuras de acero*. Alfaomega.

https://www.academia.edu/28111116/Dise%C3%B1o_de_Estructuras_De_Acero_McCormac_5ta_Ed_pdf

Marroquín, I. H. (s.f.). *Asignatura de construcción de estructuras de concreto*.

https://www.academia.edu/21616484/ASIGNATURA_CONSTRUCCI%C3%93N_DE_ESTRUCTURAS_DE_CONCRETO?auto=download

Mercado Libre. (1999). *Formaleta bloque de cemento*.

https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-585021523-formaleta-bloque-de-cemento-_JM#position=3&type=item&tracking_id=c44c1ad4-bca1-4278-bde8-3734ddc4ac1d

Muciño Vélez, A. (2017). *Diseño de mezclas de concreto*. http://leias.fa.unam.mx/wp-content/uploads/2018/05/180515_Practica9_W_LMSE.pdf

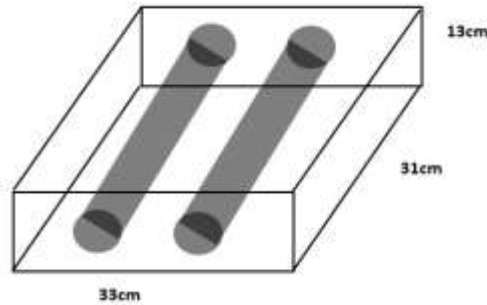
- Quimbay Herrera, R. (2012). *“Estimación del módulo de elasticidad del concreto y del mortero mediante TCTM”*.
http://www.bdigital.unal.edu.co/12424/1/modulo_elasticidad_concreto.pdf
- Ramírez, A. G. (1986). *armado de encofrados en madera*.
https://repositorio.sena.edu.co/sitios/construccion_estructuras_hormigon/pdf/hormigon.pdf
- Rodríguez, I. A. (s.f.). *Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto*.
http://fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL_LAB_DE_CONCRETO.pdf
- Roman, J. L. (Abril de 2015). *Base de concreto reforzado con microfibras*.
<http://www.macrofibras.org/images/pdf/BASF-CONCRETO-REFORZADO-CONMACROFIBRAS-UNAM.pdf>
- SENA. (s.f.). *Construcción y colocación de elementos prefabricados en hormigón*.
https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5346/3293_construccion_y_colocacion_de_elementos.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Serrano, R. (2001). *Descripción de fallas más comunes en estructuras de concreto reforzado y de mampostería*.
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/murillo_j_cg/capitulo4.pdf
- Spence, A. C. (2002). *Earthquake Protection*. Cambridge: Jhon Wiley y Sons,
- Zamorano Morales, C. A. (2018). *Análisis técnico económico de la incorporación de microfibras de polipropileno en reemplazo de malla electrosoldada en hormigones para pavimentos industriales*. [Trabajo de grado, Universidad Andres Bello]. Repositorio.
http://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/7431/a123577_Zamorano_C_Analisis%20s%20tecnico%20economico%20de%20la%202018%20Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Anexos

Anexo 1 Dosificación de formaletas

Del mismo modo se realizó el cálculo e inventario de materiales por plaqueta, donde se definieron los siguientes materiales por plaqueta.

Figura 17 Diseño formaleta de plaqueta.



Nota: Diseño de formaleta de plaqueta realizado a través de AutoCAD

Para el diseño de la formaleta se tuvo en cuenta el espesor de la lámina de madera, el cual presenta un diámetro de 1 cm, lo que permitió calcular el diseño de la plaqueta con las dimensiones correspondientes.

Tabla 19 Dosificación Plaqueta

Elemento	Madera formaleta	Tornillos	Tubo PVC	Madera interna	acpm
Plaqueta	Lamina y 1/2	42	62 cm	78cm	Adquirido por la universidad.

Nota: Descripción de los materiales y cantidad que se tuvo en cuenta para la fabricación de la formaleta de la plaqueta.

Figura 18 Formaleta armada



Anexo 2 Ficha técnica macrofibras polipropileno

PBX: 407 11 11
WWW.ABACOL.CO



ABACOL
TEJAS Y DRYWALL



FIBRAPLAS
CONCRETE

FICHA TÉCNICA

DEFINICIÓN

Está definida como una macrofibra sintética estructural, que cuya composición de polipropileno y polímeros de alta resistencia, reúne las propiedades adecuadas para una alta tensión, las cuales se auto anclan cuando se incorporan en la mezcla del concreto, usadas técnicamente para reemplazar las fibras metálicas y mallas electrosoldadas en una gran variedad de aplicaciones en obra, dándole excelentes especificaciones a un costo más bajo.

El concreto reforzado con **FIBRAPLAS CONCRETE** tiene la capacidad de otorgar a su concreto un reforzamiento multidireccional dando como resultado el incremento de la resistencia a la flexión, tenacidad a los esfuerzos, la resistencia al impacto y la abrasión, para reducir la formación de fisuras por contracción plástica en el concreto y por deformación elástica en la etapa de servicio.



FIBRAPLAS CONCRETE VISTA EN DETALLE

BENEFICIOS TÉCNICOS

- ▶ Incremento de la tenacidad a la flexión cumpliendo con las normas internacionales ASTM.
- ▶ Mayor capacidad de disipación de energía que otras fibras.
- ▶ Controla y reduce la retracción y fisuración por dinámica plástica natural del concreto.
- ▶ Reduce la segregación y la exudación.
- ▶ Con excelente geometría para generar un andaje perfecto al concreto.
- ▶ Inoxidable, asegura mayor durabilidad.
- ▶ Capacidad de refuerzo igual o superior a las mallas electrosoldadas y otras fibras.

- ▶ Reduce el desgaste de mangueras, bombas, trompos y mixers.
- ▶ Manipulación más segura que el acero evitando lesiones en las manos.
- ▶ Mayor cantidad de fibras por m3 en comparación con las fibras metálicas.
- ▶ Simplifica la logística de construcción.
- ▶ Químicamente inerte, resiste álcalis y áridos.
- ▶ Aumenta significativamente la resistencia al impacto.
- ▶ Aislante eléctrico bajo. En placas de piso combate el alabeo.
- ▶ Trabaja tridimensionalmente en el concreto, reduciendo las tensiones y esfuerzos por dilataciones térmicas.
- ▶ Mayor resistencia al fuego respecto a otras fibras sintéticas.
- ▶ Resistente a corrosión, no es magnética, Cumple las normas ASTM C 1609-10, C1399-10 y EFNARC.
- ▶ Fácil de usar, se puede involucra a su mezcla de concreto antes del vaciado o colocación.

APLICACIONES

- ▶ Concreto lanzado (reduce el rebote).
- ▶ Pisos industriales.
- ▶ Pisos comerciales.
- ▶ Pisos residenciales.
- ▶ Placas de entrepiso, sistema lámina colaborante.
- ▶ Placas de entrepiso, sistema placa fácil.
- ▶ Prefabricados y concretos livianos.
- ▶ Pavimentos rígidos.
- ▶ Piscinas y tanques.
- ▶ Muros en sistema industrializado (refuerzo parcial).
- ▶ Concreto lanzado en estabilización de taludes.
- ▶ Rehabilitación estructural.
- ▶ Reforzamiento sísmico.
- ▶ Losas de revestimiento de canales.
- ▶ Protección contra desprendimientos por fuego.
- ▶ Protección y reparación de estructuras marinas.
- ▶ Muros de contención.
- ▶ Rehabilitación y construcción de acueductos.
- ▶ Reforzamiento de pilotes hincados.
- ▶ Aplicaciones mineras.
- ▶ Reforzamientos para zonas en que se requiere materiales no metálicos.
- ▶ Morteros recrecidos en placas de entrepiso.



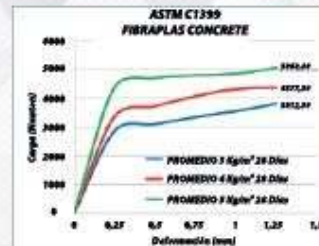
FICHA TÉCNICA

DOSIFICACIÓN Y RENDIMIENTO

FIBRAPLAS CONCRETE puede ser dosificado al concreto en una variable de 2 a 5 kg/m³, lógicamente dependiendo de la obra en la cual se ejecuta la aplicación, y especificaciones del Ingeniero calculista, así como el diseño de la mezcla.

Para calcular la cantidad de adecuada de en su proyecto consulte a nuestro departamento técnico.

GRÁFICAS ENSAYO ASTM C1399-10



INFORMACIÓN TÉCNICA

CONCEPTO	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
Diámetro promedio	mm	0,6
Tipo de macrofibra	N.A.	Sintética
Longitud	mm	55
Fibras por Kg promedio	und	36600
Dosificación frecuente	Kg/m ³	3,0 a 6,0
Fibras por m ² (con dosificación promedio)	und	183000
Gravedad específica	Gr/cm ³	1,27
Resistencia máxima a la tensión	Mpa	524
Modulo de elasticidad promedio	Gpa	4,8
Textura Superficial	N.A.	Marcado de Máximo Anclaje
Punto de fusión	°C	260
Presentación empaque soluble	N.A.	Si
Relación de aspecto	N.A.	92
Color	N.A.	Gris metálico
Absorción	N.A.	NULA
Resistencia a sales y ácidos	N.A.	ALTA
Resistencia al álcali	N.A.	ALTA
Resistencia a mono-hongos	N.A.	ALTA
Conductividad eléctrica	N.A.	BAJA
Conductividad térmica	N.A.	BAJA



CALIDAD

Se recomienda hacer ensayos para determinar la dosificación adecuada de aditivos y **FIBRAPLAS CONCRETE**

ALMACENAMIENTO

MANIPULACIÓN: mantener a temperatura ambiente
 Protección contra incendio: No mantener en lugares de exposición al fuego.

ALMACENAMIENTO: evitar todas las fuentes de ignición como calor excesivo, chispas, llama abierta.

NOTA: Las hojas técnicas de nuestro producto, pueden ser modificadas sin previo aviso, por favor revise nuestra página WWW.ABACOL.CO para consultar la última versión.

PBX: 407 11 11
WWW.ABACOL.CO




GUÍA DE USO Y APLICACIÓN

DOSIFICACIÓN DE FIBRAPLAS CONCRETE

A continuación se explica a modo general la dosificación de FIBRAPLAS CONCRETE, pero cada obra tendrá una dosificación diferente la cual tendrá asesoría del departamento técnico.

MODO TRADICIONAL A PALA



Agua + Piedra + Arena + BULTO CEMENTO GRIS + 4 mazos de FIBRAPLAS CONCRETE + Buena dispersión mientras está fluido el concreto = MEZCLA CONCRETO FIBROREFORZADO FIBRAPLAS CONCRETE

MODO TROMPO



Agua + Piedra + Arena + BULTO CEMENTO GRIS + 4 mazos de FIBRAPLAS CONCRETE X 2 minutos mientras el trompo está girando = MEZCLA CONCRETO FIBROREFORZADO FIBRAPLAS CONCRETE

MODO MIXER

Concreto pre-mezclado fluido.



Agua + Piedra + Arena + CEMENTO GRIS + Trompo de mixer a máximas revoluciones + 27 mazos de FIBRAPLAS CONCRETE por m² de concreto X 10 minutos en obra = MEZCLA CONCRETO FIBROREFORZADO FIBRAPLAS CONCRETE

QUE ES LA FIBRA DE REFUERZO

FIBRAPLAS CONCRETE es una macrofibra sintética estructural, fabricada bajo la Norma Internacional ASTM C-1116-10 Tipo 3. Diseñada para ser involucrada de forma fácil al concreto, mejorando sus propiedades, reemplazando la malla electrosoldada y las fibras metálicas.

¿CÓMO VIENE FIBRAPLAS CONCRETE?



La presentación de FIBRAPLAS CONCRETE, se puede encontrar en mazos de 0,15Kg (140gr aprox.).

Cada mazo de FIBRAPLAS CONCRETE vienen en cajas de 25 cm x 50 cm y de fondo 32cm, cada caja pesa 24 Kg; 168 mazos por caja (aprox.).

BENEFICIOS DE FIBRAPLAS CONCRETE

- AHORRE HASTA UN 50% frente a la malla electrosoldada para pisos y entrepisos.
- Con 4 mazos rinde 1.5m² de placa de concreto de 10 cm de gruesa
- Inoxidable, mayor durabilidad
- Más liviana que el acero
- Es práctica y segura
- Simplifica la logística al momento de fundir la placa de concreto

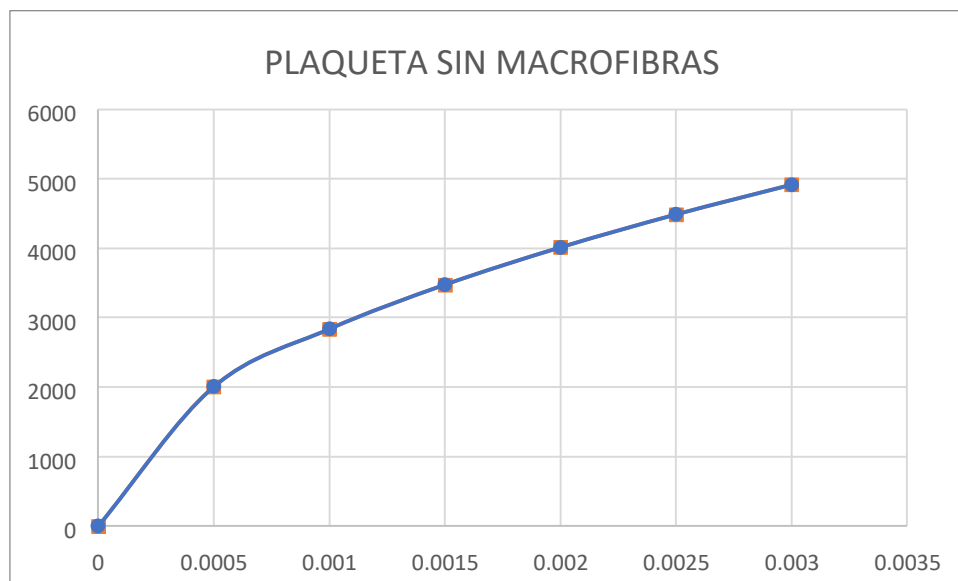


USOS DE FIBRAPLAS CONCRETE

- Placas de pisos sobre terreno
- Placas con lámina colaborante
- Placa fácil
- Pavimentos rígidos
- Pisos de bodegas
- Pisos locales comerciales
- Túneles
- Prefabricados de concreto
- Estructuras de Protección al fuego

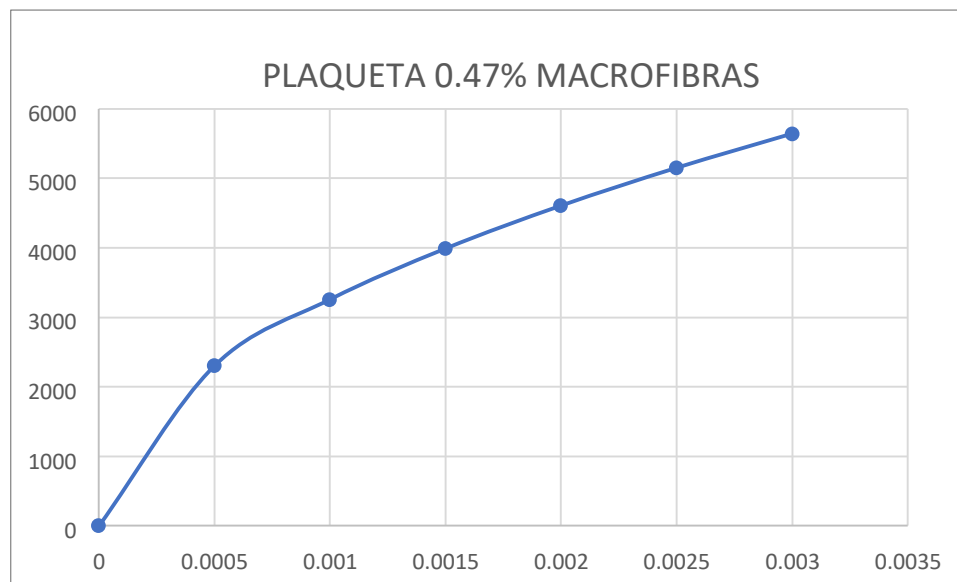
Anexo 3 Calculo de módulo de elasticidad por plaqueta**k1** **89692.3074**

%	X	Y
0.0%	0	0
16.7%	0.0005	2005.58096
33.3%	0.001	2836.3198
50.0%	0.0015	3473.76813
66.7%	0.002	4011.16193
83.3%	0.0025	4484.61537
100.0%	0.003	4912.65
E	1174842.13	Kpa



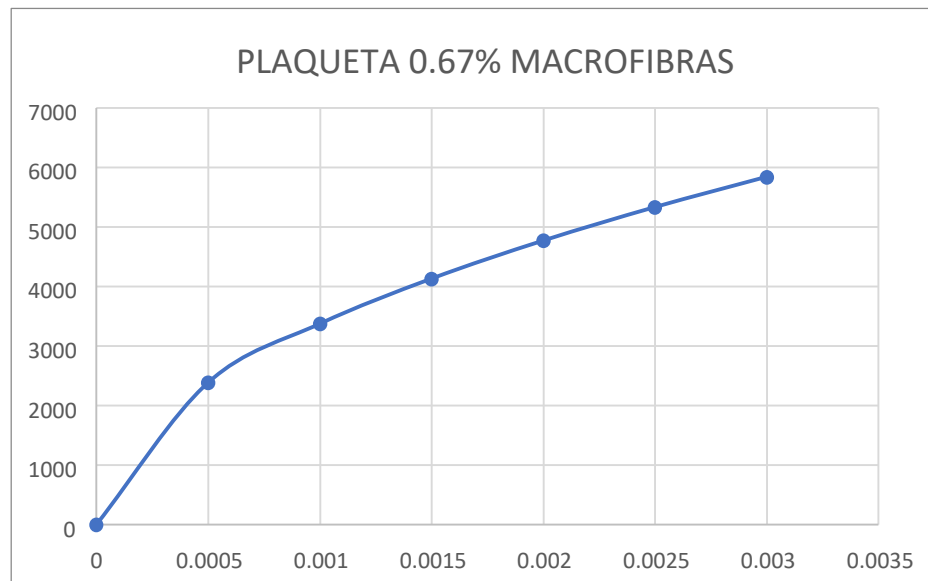
Anexo 4 Macrofibras al 0.47%

K2		103003.244
%	X	Y
0.0%	0	0
16.7%	0.0005	2303.22255
33.3%	0.001	3257.24856
50.0%	0.0015	3989.29847
66.7%	0.002	4606.44509
83.3%	0.0025	5150.16218
100.0%	0.003	5641.72
E	1349196.53	Kpa



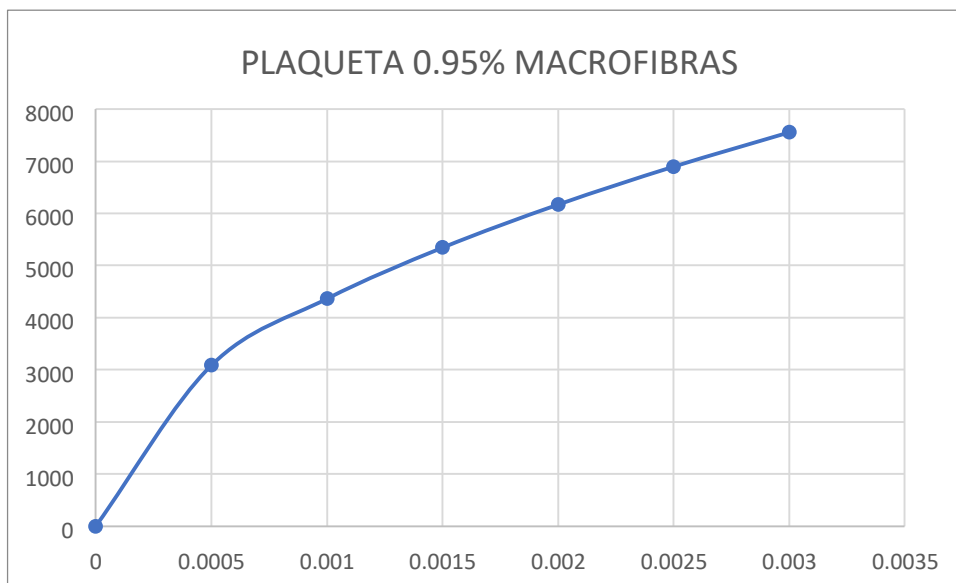
Anexo 5 Macrofibras al 0.67%


K3		106549.565
%	X	Y
0.0%	0	0
16.7%	0.0005	2382.52069
33.3%	0.001	3369.39308
50.0%	0.0015	4126.64689
66.7%	0.002	4765.04139
83.3%	0.0025	5327.47823
100.0%	0.003	5835.96
E	1395648.31	Kpa



Anexo 6 Macrofibras al 0.95%

K4		138026.45	
%	X	Y	
0.0%	0	0	
16.7%	0.0005	3086.36524	
33.3%	0.001	4364.77958	
50.0%	0.0015	5345.74141	
66.7%	0.002	6172.73048	
83.3%	0.0025	6901.32248	
100.0%	0.003	7560.02	
E	1807950.9	Kpa	



		
Firma estudiante	Firma Director(es)	Firma Jurado 1