

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN ESTUDIO DE PLÁSTICO RECICLADO
COMO AGREGADO EN LA ELABORACIÓN DE CONCRETO CON FIBRAS
DE ACERO**



Por:
Nicolás Pérez Villarraga
Lina Marcela Molano González



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN ESTUDIO DE PLÁSTICO
RECICLADO COMO AGREGADO EN LA ELABORACIÓN DE
CONCRETO CON FIBRAS DE ACERO**



Por:
Nicolás Pérez Villarraga
Lina Marcela Molano González

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

Aprobado por:
Ing. Oscar Felipe Sáenz Pardo
Director

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
VILLAVICENCIO
2020

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Fray José Gabriel Mesa Ángulo, O.P.
Rector General

Fray Eduardo González Gil, O.P.
Vicerrector Académico General

Fray José Antonio Balaguera Cepeda, O.P.
Rector Sede Villavicencio

Fray Rodrigo García Jara, O.P.
Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Julieth Andrea Sierra Tobón
Secretaria de División Sede Villavicencio

Ing. Manuel Eduardo Herrera
Decano Facultad de Ingeniería Civil

Nota de aceptación

ING. MANUEL EDUARDO HERRERA
Decano Facultad Ingeniería Civil

OSCAR FELIPE SÁENZ PARDO
Director Trabajo de Grado

Villavicencio, 12 de noviembre de 2020

DEDICATORIA

Este logro en mi vida va dedicado a mis padres Diego Pérez y Martha Villarraga quienes me han apoyado incondicionalmente en toda mi carrera además del apoyo económico, los valores que me han brindado me han servido para destacar y formarme como una persona de bien. A mi tío y padrino Rafael Rojas (QEPD) quien siempre estuvo pendiente de mí y me apoyo con todas las decisiones que tome para con la carrera.

NICOLAS PEREZ VILLARRAGA

Este gran logro se lo dedico a mi madre Hilda González quien siempre estuvo apoyándome económicamente como emocionalmente en este proceso de mi vida tan importante, y primordialmente a Dios por darme sabiduría y bendiciones en cada paso que doy.

LINA MARCELA MOLANO GONZALEZ

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos antes que nada a Dios por permitirnos culminar nuestra carrera y darnos la fe y las ganas de terminar esta investigación, también agradecemos a nuestros padres por estar presente y siempre apoyarnos a lo largo de nuestras vidas, a todos aquellos docentes que nos instruyeron en cada parte de nuestra vida estudiantil.

RESUMEN

Este proyecto se llevó a cabo mediante la obtención y clasificación del plástico que se reemplazó por un porcentaje del agregado fino en la elaboración de las mezclas de concreto con distintas dosificaciones de plástico y fibras de acero (5%,10%,15%), (Dramix 4D 55/60BG), para un total de cuarenta y dos (42) cilindros y catorce (14) viguetas con cemento argos, todo esto cumpliendo con todos los parámetros vigentes y especificados en el marco normativo colombiano.

Mediante ensayos a compresión se determinaron las propiedades mecánicas como lo es la resistencia a la compresión, con la finalidad de comparar los resultados que arrojaron las mezclas convencionales respecto a las propuestas con plástico y adición de fibra de acero; además se llevó a cabo el ensayo a flexión en la edad de veintiocho (28) días que determinó el módulo de rotura que presentaban las mezclas estándar respecto a las propuestas y observar si existe una mejora en su comportamiento. Lo anterior teniendo en cuenta los parámetros establecidos en la norma técnica colombiana.

El enfoque principal de la investigación es probar y analizar el comportamiento del concreto con plástico y fibra de acero como un reemplazo en porcentaje de agregado fino y observar si es adecuado para su uso en edificaciones. Para las dosificaciones que se plantearon y las cuales se analizaron en tres diferentes edades (7, 14, 28 días) se obtuvieron los resultados, en donde ninguna de las muestras presento una resistencia mayor al concreto convencional.

Cabe resaltar que la mezcla con proporción de 5% con fibra de acero y plástico tuvo un comportamiento más favorable que los otros porcentajes, debido al poco retiro de material fino su resistencia no fue tan baja, sin embargo, al estar por debajo de la convencional sigue siendo inaceptable para su aprobación en temas estructurales.

Palabras clave: Plástico, concreto ligero, fibra de acero, propiedades mecánicas

ABSTRACT

This project was carried out by obtaining and classifying plastic that was replaced by a percentage of fine aggregate in the preparation of concrete mixtures with different dosages of plastic and steel fibers (5%, 10%, 15%), (Dramix 4D 55 / 60BG), for a total of forty-two (42) cylinders and fourteen (14) joists with Argos cement, all this complying with all the current parameters and specified in the Colombian regulatory framework.

Through compression tests, the mechanical properties were determined, such as the resistance to compression, in order to compare the results that the conventional mixtures yielded with respect to those proposed with plastic and the addition of steel fiber; In addition, the flexural test was carried out at the age of twenty-eight (28) days, which determined the modulus of rupture that the standard mixtures presented with respect to those proposed and to observe if there is an improvement in their behavior. The foregoing taking into account the parameters established in the Colombian technical standard.

The main focus of the research is to test and analyze the behavior of concrete with plastic and steel fiber as a replacement in percentage of fine aggregate and see if it is suitable for use in buildings. For the dosages that were proposed and which were analyzed in three different ages (7, 14, 28 days), the results were obtained, where none of the samples presented a greater resistance than conventional concrete.

It should be noted that the mixture with a proportion of 5% with steel fiber and plastic had a more favorable behavior than the other percentages, due to the little removal of fine material its resistance was not so low, however, being below the conventional it remains unacceptable for approval on structural issues.

Key Word: *Plastic, lightweight concrete, steel fiber, mechanical properties*

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	13
2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
2.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
2.2.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
3.	JUSTIFICACIÓN	15
4.	OBJETIVOS	16
4.1.	OBJETIVO GENERAL	16
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
5.	ALCANCE	17
6.	MARCO DE REFERENCIA	18
6.1.	MARCO TEÓRICO	18
6.1.1	Hormigón reforzado con fibra	18
6.1.2	Fibras de acero	19
6.1.3	Resistencia a la compresión del concreto	19
6.1.4	Relación agua/cemento	20
6.1.5	Influencia de agregados en concreto	20
6.2.	MARCO CONCEPTUAL	20
6.2.1	Concreto y su resistencia a la compresión	20
6.2.2	Resistencia del concreto	21
6.2.3	Concreto reforzado y fibras de acero	21
6.2.4	Plásticos	21
6.2.5	Clasificación de los plásticos	21
6.2.6	Abrasión	21
6.2.7	Polímero Higroscópico	22
6.2.8	Polipropileno	22
6.3.	ESTADO DEL ARTE.....	22
6.4.	MARCO NORMATIVO	25
6.5.	MARCO GEOGRÁFICO	26
6.6.	EQUIPO DE INVESTIGACION Y TRAYECTORIA	27
7.	METODOLOGÍA	28
7.1.	DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS	29
7.1.1	Reconocimiento del tema investigativo	29
7.1.2	Recopilación de información	29
7.1.3	Diseño de mezcla	29
7.1.4	Elaboración de los cilindros	29
7.1.5	Elaboración de las viguetas	30
7.1.6	Aplicación de ensayos	30
7.1.7	Análisis de resultados	30
7.1.8	Conclusión e informe final	31
8.	DISEÑO DE MEZCLA.....	32

8.1.	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	32
8.1.1	Agregado fino y grueso	32
8.2.	DISEÑO DE MEZCLA OBTENIDO	36
9.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL PARA LA ELABORACIÓN DE LOS CILINDROS DE CONCRETO	41
10.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL PARA LA ELABORACIÓN DE LAS VIGUETAS EN CONCRETO	43
11.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	44
11.1.	ENSAYO A COMPRESION DE LOS CILINDROS	44
11.2.	MÓDULO DE ROTURA DE LA VIGUETA	51
12.	ANÁLISIS DE COSTOS	52
13.	RESULTADOS E IMPACTOS	53
13.1.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	54
	CONCLUSIONES	54
13.2.	TRABAJOS FUTUROS	55
	BIBLIOGRAFÍA	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Características	19
Tabla 2. Resistencia concreto.....	21
Tabla 3. Normas	25
Tabla 4 Equipo de investigación	27
Tabla 5 Tipos de diseño de mezcla para los cilindros y viguetas.....	29
Tabla 6 Especificación Cilindros	30
Tabla 7 Especificación Vigas	30
Tabla 8 Granulometría del agregado fino.....	32
Tabla 9 Gravedad específica	33
Tabla 10 Contenido de humedad del agregado fino	33
Tabla 11 Granulometría del agregado grueso	34
Tabla 12 Granulometría del Plástico triturado.....	35
Tabla 13 Especificaciones técnicas de la fibra de acero Dramix	35
Tabla 14 Diseño de mezcla Cilindros Convencionales	36
Tabla 15 Diseño de mezcla Cilindros con Plástico al 5%.....	36
Tabla 16 Diseño de mezcla Cilindros con Plástico al 10%.....	36
Tabla 17 Diseño de mezcla Cilindros con Plástico al 15%.....	37
Tabla 18 Diseño de mezcla Cilindros con Plástico al 5% + Fibra de Acero	37
Tabla 19 Diseño de mezcla Cilindros con Plástico al 10% + Fibra de Acero	37
Tabla 20 Diseño de mezcla Cilindros con Plástico al 15% + Fibra de Acero	37
Tabla 21 Cantidad total requerida para el proyecto	38
Tabla 22 Diseño de mezcla vigas convencionales.....	38
Tabla 23 Diseño de mezcla Vigas con Plástico al 5%	38
Tabla 24 Diseño de mezcla Vigas con Plástico al 10%.....	39
Tabla 25 Diseño de mezcla Vigas con Plástico al 15%.....	39
Tabla 26 Diseño de mezcla Vigas con Plástico al 5% + Fibra de Acero	39
Tabla 27 Diseño de mezcla Vigas con Plástico al 10% + Fibra de Acero	39
Tabla 28 Diseño de mezcla Vigas con Plástico al 15% + Fibra de Acero	39
Tabla 29 Cantidad total de materiales requeridas en el proyecto	40
Tabla 30 Resultados Promedios de Ensayos a Compresión	44
Tabla 31 Promedio de Esfuerzos a Compresión a los 7 Días.....	45
Tabla 32 Promedio esfuerzo a compresión a los 14 días	46
Tabla 33 Promedio esfuerzo a compresión a los 28 días	47
Tabla 34 Muestras de concreto después de ser sometidas al ensayo de compresión.	49
Tabla 35 Módulo de rotura de la vigueta.....	51
Tabla 36 Análisis de costos de material por metro cubico de concreto	52
Tabla 37 Resultados esperados	53
Tabla 38 Pertinencias e impactos	53

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Configuración tipo de fibras.	19
Ilustración 2. Localización.	26
Ilustración 3. Localización	26
Ilustración 4 Curva Granulométrica del agregado fino	33
Ilustración 5 Curva granulométrica del agregado grueso	34
Ilustración 6 Curva Granulométrica del Plástico triturado	35
Ilustración 7 Peso de Materiales.	41
Ilustración 8 Elaboración de la mezcla.	41
Ilustración 9 Camisas después de llenado.	42
Ilustración 10 Curado y Fraguado de Cilindros.	42
Ilustración 11 Procedimiento Viguetas.	43
Ilustración 12 Comparación Resistencias a Compresión	44
Ilustración 13 Resistencia a Compresión a los 7 Días	45
Ilustración 14 Esfuerzo a compresión a los 14 días	46
Ilustración 15 Esfuerzo a compresión a los 28 días	47
Ilustración 16 Resistencia a la compresión de mezclas.	48

1. INTRODUCCIÓN

Cada minuto se compra un millón de botellas de plástico, Al año se estima que la población usa 500.000 millones de botellas que luego de ser utilizados son arrojados a los basureros; una estimación de la ONU muestra una panorámica, que de continuar así, lo que se va a lograr es que para el año 2050 aumente la cifra a 12.000 millones de toneladas de desechos plásticos en la naturaleza, contaminando día a día al medio ambiente, predominando por encima obras como el consumismo conducido a desafiar una producción desmedida de productos o procedentes del plástico [1].

El concreto portland es el material número uno utilizado en el sector de la construcción, por su gran ventaja de fácil maleabilidad, mayor resistencia a los varios tipos de esfuerzo y durabilidad que le permite acomodarse a diferentes tipos de infraestructura en el mundo de la construcción. Hoy en día en el sector de la construcción se busca más innovación, es decir, materiales que logren una mejor elasticidad del concreto durante su uso. Todas estas innovaciones no solo generan un impacto significativo en tema de la construcción, sino que también un impacto ambiental favorable.

Teniendo en cuenta las diferentes propiedades del plástico como fácil de trabajar y moldear, bajo costo de producción, impermeables, baja densidad que permitirán las posibles adaptaciones al ser mezclado con el concreto; llevándolo al campo de ensayos de laboratorio para así determinar su comportamiento en comparación con un concreto normal.

Esta investigación tiene como finalidad determinar experimentalmente (ensayos de comprensión y flexión de 4 puntos) el comportamiento del concreto convencional con el concreto modificado (reemplazo de agregado fino por estos materiales) con fibras de acero y perlas de plástico a unos porcentajes estimados, buscando alcanzar la resistencia de diseño dada por el reglamento colombiano de construcción NSR-10.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Existen diversos problemas en el concreto que pueden llegar a presentarse desde el proceso de mezclado; muchos de estos problemas son: la eflorescencia, agrietamientos, plasticidad y fraguado prematuro; causados por malos procedimientos en el momento de ser preparada la mezcla como la baja calidad de sus materiales (agua y sus diferentes tipos de agregados). Por otro lado, también se debe al cemento mismo, es decir a los componentes por los que está constituido. El concreto tiende a sufrir defectos como: menor resistencia a la rotura a tracción, mayor peso. Estos alteran tanto su estructura interna como externa además de su comportamiento. [2]

Por tal motivo se plantea adicionar plástico triturado con fibras de acero, siendo el plástico un material que presenta alta dureza y rigidez tornándolo resistente al desgaste, además de una resistencia química con buenas propiedades térmicas; se puede disminuir significativamente el costo y densidad del concreto, resolviendo porcentualmente los problemas que este genera al medio ambiente. [3] Generando la necesidad de conocer sus propiedades físico-mecánicas que podrían llegar a presentar con la adición del porcentaje de los agregados propuestos, al ser sometidos a ensayos de compresión y flexión de 4 puntos permitiendo observar su módulo de elasticidad y resistencia. Entonces la finalidad es comparar los resultados con el comportamiento de un concreto normal.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Mejora la resistencia a la compresión y el módulo de rotura del concreto al reemplazar una porción estimada del agregado por plástico y fibra de acero?

3. JUSTIFICACIÓN

Colombia tiene un desecho de 24 kgde plástico por persona anual, del cual el 56% es plástico de un solo uso lo que indica que es desechado [4], relacionando el problema, en promedio una persona en Colombia gasta 13.44 kilos de plástico anualmente por lo que según la densidad poblacional de Villavicencio (535.275 habitantes según el Dane) [5], indica que se está desechando un total de 7.194 toneladas al año de plástico PET y entre otros.

El plástico es uno de los materiales más utilizados en el sector de la construcción gracias a las características que lo componen como su resistencia a la temperatura, permeabilidad, densidad baja y capacidad de tomar forma sobre cualquier superficie. Al tener una producción mundial los plásticos derivados de petroquímicos son de fácil fabricación y sus costos son muy bajos. Por ello, sus aplicaciones son múltiples y en diversas escalas lo que facilita la obtención de estos para cualquier finalidad que se requiera, como en este caso el aporte o reemplazo de material granular en su mezcla.

Las posibles propiedades que generan estos agregados al concreto podrían mejorar sus características como buena resistencia mecánica a la tensión y compresión, aislamiento acústico, disminución de costo de producción, aislamiento térmico, entre otros. Al implementar plástico como agregado en el concreto, este podría llegar a tener un comportamiento mucho más dúctil que otros concretos convencionales y esto resulta ventajoso para minimizar las posibles patologías en estructuras de concreto. Finalmente suministraría un significativo aumento del porcentaje de reciclaje del plástico desechado en el municipio de Villavicencio.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la variación del módulo de rotura y la resistencia a la compresión del concreto al reemplazar el agregado fino por plástico en perlas y fibras de acero en relación a un concreto convencional.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir la dosificación adecuada para implementar el plástico y el plástico con fibras de acero reemplazando el 5,10 y 15 por ciento del agregado fino.
- Determinar mediante ensayos de laboratorio la resistencia a la compresión y el módulo de rotura de los tipos de concreto.
- Comparación de las propiedades mecánicas de los cilindros estándar y los cilindros propuestos.
- Determinar la relación costo beneficio de los cilindros propuestos.

5. ALCANCE

La composición física (trozos de plástico) de las botellas se realizará mediante la máquina trituradora de dos ejes la cual es la encargada de proporcionar la composición necesaria para el derretimiento y el moldeo requerido para la mezcla del agua, cemento, y gravas, teniendo en cuenta que solo se proporcionará una parte que remplazará los agregados en un porcentaje adecuado.

Mediante una revisión bibliográfica se determinó que los porcentajes de reemplazo del agregado fino deben ser del 5%, 10% y 15%, para el plástico en perlas y para las fibras de acero, así como la combinación de los dos.

La adquisición del material primario (plástico) se recolectará mediante puntos de reciclaje o en lo posible recoger botellas en casas o calles para su triturado, en estimación se deberá recolectar de 3 a 6 kilos de plástico para la realización de los ensayos.

La ejecución de pruebas en los laboratorios y la realización del proyecto, procura establecer que características físico-mecánicas obtiene el concreto portland al instante de adicionar perlas de plástico con fibras de acero. se pretende observar el comportamiento del concreto, si su resistencia es adecuada para el uso en obras civiles de construcción, además como verificar mediante la comparación de ensayos de concreto normal.

Los esfuerzos a los que será sometido el concreto en las pruebas de laboratorio, determinarán el porcentaje de resistencia que aportará la mezcla propuesta. El análisis de los estudios predeterminados de los materiales ya conocidos que componen el concreto normal, son vitales para el rango de aceptación que requiere el uso del material ligero según la NSR-10.

No se va a realizar ensayos de módulo de elasticidad, relación de poisson, aislamiento acústico y térmico.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1. MARCO TEÓRICO

El plástico como material para el uso diario en el sector de la construcción podría reemplazar mucho de los materiales que hoy en día son utilizados en la construcción debido a la facilidad que este material PET tiene en el sector constructivo y a su facilidad de producción en el entorno; por las propiedades físico-mecánicas que esta conserva, facilita de forma más eficiente el manejo constructivo a la hora de ser moldeado. Además, que al ser utilizado en la construcción lograría reducir el impacto ambiental causado por materiales pétreos y de la misma forma reutilización de botellas plásticas que para el ser humano ha servido esencialmente por su bajo costo de producción y porque cambia el gasto masivo de materiales extraídos para el uso diario en este sector constructivo. [6]

El concreto es uno de los materiales más utilizados para la construcción por múltiples razones favorables, unas de ellas son, conserva una resistencia que al trabajar con agua no afecta ningún deterioro, por otra parte, se presta para dar gran variedad en formas y tamaños gracias a la fácil manejabilidad de la mezcla. [6]

Varias investigaciones realizadas en los últimos años han intentado reducir los agrietamientos utilizando distintos tipos de fibras como las de acero, vidrio, polipropileno o además tratando de hacer mezclas entre ellas mismas, todo con el fin de escoger diferentes dosificaciones hasta lograr encontrar un porcentaje necesario para reducir la contracción, analizando las propiedades físico-mecánicas del concreto mezclado con alguno de estos materiales, por su fácil manejabilidad y su resistencia a partir de pruebas como la resistencia a la compresión y módulo de ruptura ejecutadas en laboratorio. [7]

Hay diferentes métodos en los que se aplica el plástico como refuerzo ante un diseño sísmico, una estructura debe tener la capacidad de disipar energía a la hora de un terremoto, encontramos diferentes mecanismos que logran disipar la energía uno de ellos es la formación de las bisagras de plástico, estas permiten que las deformaciones inelásticas se ubiquen en los extremos de las vigas. Es un método diferente de aplicación con respecto al uso de plástico como mezcla en las obras civiles en combinación del concreto. [8]

6.1.1 Hormigón reforzado con fibra

La fibra como adición a materiales destinados a la construcción ofrecen un aporte a la resistencia y estabilidad del hormigón armado convencional; contribuyendo a la mejora de determinadas características de este. En la siguiente tabla se observa algunas características utilizadas en el hormigón, teniendo en cuenta diferentes tipos de fibra. [9]

Tipo de fibra	Resistencia a tracción (Mpa)	Modulo de elasticidad (Gpa)	Densidad (kg/m3)	Alargamiento de rotura (%)
Acero	500+3000	210	7800	3,5
Acero inoxidable	2100	160	7860	3
Vidrio	2000	60	2700	3,6
Carbono	3000	200+500	1900	0,5
Nylon	900	4	1100	13-15
Polipropileno	400+800	5-25	900	8-20
Hormigón	5-8	30	2300	-

Tabla 1 Características.
Fuente: Aplicación de Fibras Estructurales

6.1.2 Fibras de acero

La teoría de estos elementos se basa en conferir mejores propiedades específicas (resistencia a tracción, módulo de elasticidad mucho mayor que la del hormigón convencional), con las características necesarias para dispersarse aleatoriamente en una mezcla, bien sea en estado fresco o empleando metodologías de mezclado tradicional. Cabe destacar que también proporciona una mejora ante determinadas propiedades como el control de la Fisuración por retracción, abrasión e impacto, entre otras. [9]

Las fibras pueden presentar distintas configuraciones como se observa en la ilustración.

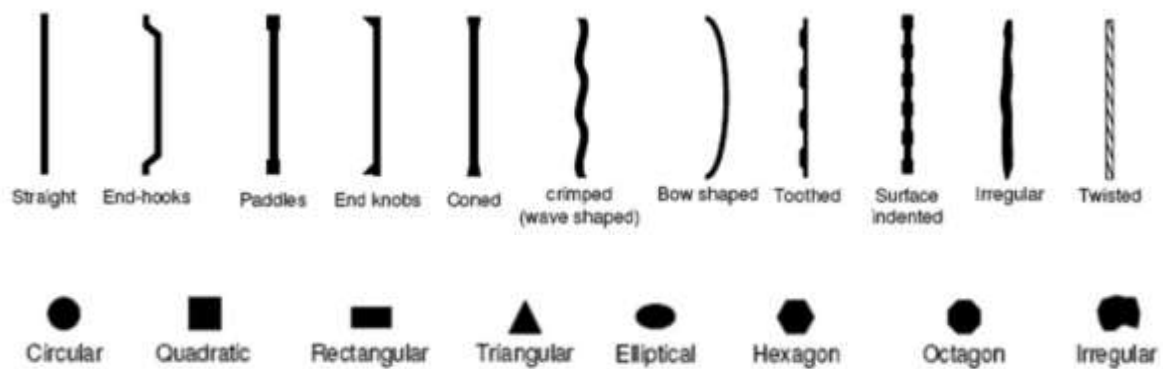


Ilustración 1 Configuración tipo de fibras.
Fuente: Aplicación de Fibras Estructurales

6.1.3 Resistencia a la compresión del concreto

el concreto con base a la resistencia de compresión después de 28 días de realizada la mezcla en investigaciones ya realizadas se torna de 7 Mpa y 42 Mpa, siendo el rango empleado entre 21 Mpa y 28 Mpa.

Cabe resaltar que un concreto de resistencia normal se da cuando no alcanza a superar los 70 Mpa siendo sometido a esfuerzos de compresión y si llega a superar los 140 Mpa se consideraría un concreto de alta resistencia. [10]

6.1.4 Relación agua/cemento

A partir de una investigación realizada (Duff Abrams) se obtuvieron resultados que aclararon “dentro del campo de las mezclas plásticas, la resistencia a los esfuerzos mecánicos, así como las demás propiedades del concreto endurecido varían en razón inversa a la relación agua/cemento” es decir, que a menor relación agua /cemento mayor resistencia, más durabilidad y mejora en las diferentes propiedades físico-mecánicas del concreto. [10]

Expresada matemáticamente como:

$$R = \frac{K1}{k2^{A/C}}$$

Donde:

R: resistencia a los esfuerzos mecánicos

K1 y K2: valores que dependen de la calidad del cemento, edad del concreto, sistema de curado y tipo de agregados

A/C: relación agua /cemento

6.1.5 Influencia de agregados en concreto

Según la NSR-10 la influencia de estos agregados la forma y textura afecta en la formación del concreto, agregados de forma cubica y rugosa aportan una mayor adherencia de la interfaz matriz –agregado aumentando la resistencia del concreto. [11]

6.2. MARCO CONCEPTUAL

6.2.1 Concreto y su resistencia a la compresión

Según la NSR-10 la máxima resistencia medida de una muestra de concreto en una carga axial, considerando una edad de 28 días. Analizadas a través de pruebas de concreto o mortero. [12]

6.2.2 Resistencia del concreto

f'c/ t	f'c 100 kg/cm ²	f'c 140 kg/cm ²	f'c 175 kg/cm ²	f'c 210 kg/cm ²	f'c 245 kg/cm ²	f'c 280 kg/cm ²	f'c 350 kg/cm ²	% Endto
7 días	70	98	122,5	147	171,5	196	245	70
14 días	80	112	140	168	196	224	280	80
21 días	90	126	157,5	189	220,5	252	315	90
28 días	100	140	175	210	245	280	350	100

Tabla 2. Resistencia concreto

Fuente: NSR-10.

6.2.3 Concreto reforzado y fibras de acero

Estas fibras son las más empleadas en el concreto reforzado o especialmente en el refuerzo de hormigón puesto que son más eficaces y económicas; puesto que el acero posee un módulo de elasticidad mayor al del hormigón. Las principales causas al hormigón por la utilización de fibras de acero en este son las siguientes [13]:

- Aumento de la resistencia a rotura
- Reducción de la deformación bajo cargas mantenidas
- Aumento de la resistencia a tracción
- Resistencia a fatiga
- Mayor durabilidad

6.2.4 Plásticos

Polímero compuesto por una aglomeración de cadenas de moléculas, donde estas llevan en cada eslabón una formación por carbón, hidrogeno, oxígeno y silicio. [14]

6.2.5 Clasificación de los plásticos

Estos se clasifica por su estructura química ya que determina sus propiedades de acuerdo a su comportamiento al calor, cristalinidad y presencia de monómeros. Estos están clasificados en termoplásticos, termo fijos y elastómeros. [15]

6.2.6 Abrasión

Es el grado de oposición que una superficie da al concreto al ser desgastada por el roce y fricción. Genera consecuencias en el comportamiento bajo las condiciones de servicio de forma indirecta es decir que también reciben ataques de otro tipo de formas como (agresiones químicas o corrosiones). [16]

6.2.7 Polímero Higroscópico

Su comportamiento es atraer moléculas en forma de agua de vapor, estas aumentan la cantidad de agua en el fraguado en el concreto convirtiéndose en un aliado para su encoframiento. [17]

6.2.8 Polipropileno

Presenta baja resistencia al impacto a temperaturas mínimas y es muy sensible a la degradación térmica además de caracterizarse por su peso aportando una característica esencial como lo es la reducción del peso en el concreto. siendo un polímero muy higroscópico. [18]

6.3. ESTADO DEL ARTE

Los medios utilizados para enfrentar la temática planteada para el desarrollo del proyecto están relacionados con el comportamiento del concreto cuando a este es adicionado plástico y fibras de acero, por lo que para observar su respuesta frente a este nuevo material utilizado como agregado se necesitaran referencias que brinden mayor conocimiento y guía para determinar los pasos necesarios que se necesitaran para los estudios planteados.

GARCIA, BRACHA, LOPEZ, “ESTUDIO DEL EFECTO DE LA ADICION DE RESIDUOS PLASTICOS EN LA FABRICACION DE BLOQUES DE CONCRETO”,2017:

Determinó la necesidad de aprovechar el recurso de plástico reciclado como un implemento en el agregado de concreto, ya que al encontrar que el plástico posee unas excelentes propiedades como la fabricación de objetos de bajo peso, fácil moldeo que permite generar formas rígidas o flexibles, excelente resistencia a la corrosión y degradación lo que eventualmente lo convierte en un posible aliado en la elaboración del concreto. Lo cual según los resultados se obtuvieron bloques de concreto con bajo peso, además de un favorable resultado a la prueba de compresión gracias a la adición del material ya que este sobrepasaba por un porcentaje significativo a los bloques corrientes.

Víctor Flores, Jesús Rojas, Rodrigo Torres, Rolando Vallejos, Paola Flores y Mariana Flores, “Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas ecológicas”, 2014:

Residuos de plástico PET en la utilización de mezcla para cemento en la elaboración de morteros para la fabricación de elementos constructivos, los cuales presentan un comportamiento y resistencia adecuados avalados y aceptados por las normas vigentes.

PAOLA GARCIA, “CONCRETO CON PERLAS DE PLASTICO EN PROCESO DE RECICLAJE”, 2018:

La investigación consiste en combinar el material granular en porcentajes de 10%, 18% y 25% con plástico en forma de perlas para observar el comportamiento y determinar si este a los 14 días de fraguado obtiene la resistencia adecuada del 90%. Teniendo como resultado que al tener el plástico en forma de perlas fallaba al aglomerarse con el concreto.

RAMESA, BABU, LAA, “DURABILITY AND BONDING CHARACTERISTIC OF PLASTIC AGGREGATE CONCRETE”, 2015:

El estudio tiene como objetivo determinar la durabilidad y las características que conforma la unión del plástico como agregado en concreto. Además de observar las propiedades del (HDPE), las cuales determina las propiedades optimas que requiere el plástico para soportar las condiciones químicas a las cuales estará expuesto lo que lleva como resultado que los ataques que se reciben por sulfato ácido y cloruro son sumamente destructivos.

DOGDI, “AGREGADO DE PLASTICO A UNA MEZCLA DE CONCRETO COMUN ECOCRETO”, 2011:

El reciclaje es una nueva alternativa para apaciguar la problemática con respecto a la basura, esta investigación consiste en la reconversión de los desechos sólidos de plástico para utilizar en bloques de arcilla para mitigar el impacto ambiental. Reflejando que al ser utilizados en los bloques estos actúan como barrera para los gases como el Co2, humedad y el O2.

TOMMY LO, HZ CUI, “PROPERTIES OF GREEN LIGHTWEIGHT AGGREGATE CONCRETE”, 2010:

Estudia la composición de un nuevo agregado que con lleve a una solución viable de la explotación de los recursos naturales que a su vez mejore las propiedades que caracterizan al concreto. Previendo el uso de materiales renovables y reciclados. Enfocado en las proporciones que debe tener al ser reemplazada en el material grueso.

MENDOZA, AIRE, DAVILA, “INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADOS PLÁSTICO Y ENDURECIDO”, 2015:

Estudia el efecto que tendrá el anexo de fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido y las posibles fallas que pueda presentar y como evitarlas. Teniendo como resultado que al agregar las fibras su consistencia

sea modificada y su consumo se eleve por encima de 5 Kg/m³, proporcionando que su masa unitaria y contenido de aire sea transformado ligeramente en beneficio de reducción de agrietamiento plástico.

WASIM ABBASS, M. IQBAL KHAN, SHEHAB MOURAD, “EVALUACION DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO CON DIFERENTES RESISTENCIAS DE CONCRETO”,2018:

Tenía como objetivo determinar los porcentajes óptimos de dosificación de las fibras de acero en los especímenes de concreto, donde encontraron que con una adicción entre 0,5 a 1,5% la resistencia aumento ligeramente en un máximo del 10%, el concreto con fibras de mayor relación mostro una mejora mucho más significativa en la resistencia a la tracción que el concreto con una relación más baja.

TUNG T. TRAN, THONG M. PHAM, HONG HAO, “INVESTIGACIÓN ANALÍTICA Y EXPERIMENTAL SOBRE EL COMPORTAMIENTO A LA FLEXION DE VIGAS DE HORMIGÓN GEOPOLIMERO CURADO A TEMPERATURA AMBIENTE REFORZADAS CON FIBRAS DE ACERO”,2019:

la presente investigación, tuvo como objetivo buscar el comportamiento a flexión que presentan las vigas de concreto con geopolimero y reforzadas con fibras de acero, esta investigación demostró que las vigas presentaban una mejora circunstancial frente al agrietamiento, ductilidad y facilidad del servicio y estas fueron comparadas con las vigas convencionales para determinar el servicio. Como respuesta encontraron que las fibras eran las causantes del mejoramiento ya que estas estaban en forma de gancho lo que mejoraba su rigidez.

FISHMAN J, CORDOBA M, MENA K, ARBELAEZ O, “PROPIEDADES MECÁNICAS DE CONCRETOS MODIFICADOS CON PLASTICO MARINO RECICLADO EN REEMPLAZO DE LOS AGREGADOS FINOS”,2020:

El estudio realizado tuvo como propósito el comportamiento del concreto con un reemplazo del agregado fino por plástico obtenido del océano, donde encontraron que al reemplazar el 7,5% de plástico en el agregado la resistencia del espécimen alcanzo 18,19 Mpa es decir el 90,5% de resistencia del material tradicional es decir que este superaba las expectativas y cumplía con la normativa colombiana.

6.4. MARCO NORMATIVO

Tabla 3. Normas.

NORMA	DESCRIPCIÓN
NSR-10	Reglamento Colombiano de construcciones sismo resistentes
NTC 129	Norma practica para la toma de muestras de agregados
NTC 1776	Método de ensayo para determinar por secado el contenido total de humedad de los agregados
NTC 5541	Concreto reforzado con fibras
NTC 673	Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto
NTC 4227	Máquinas de ensayo para la verificación de tensión y compresión de los cilindros de prueba
NTC 237	Método para determinar la densidad y la absorción del agregado fino
NTC 176	Método de Ensayo Para Determinar La Densidad y La Absorción Del Agregado Grueso
NTC 92	Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de agregados
NTC 2871	método de ensayo para determinar la resistencia del concreto a la flexión (utilizando una viga simple con carga en los tercios medios)
NTC 1377	Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio

Fuente: NSR-10

6.6. EQUIPO DE INVESTIGACION Y TRAYECTORIA

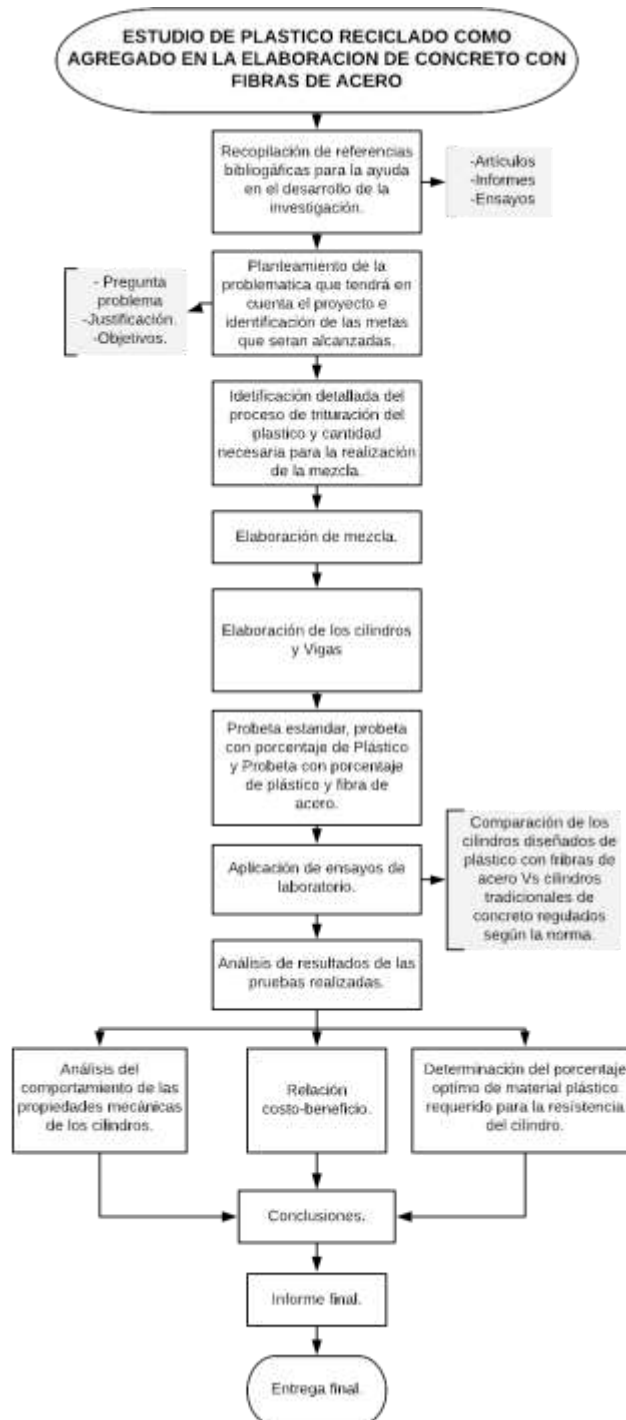
Tabla 4 Equipo de investigación

PERSONAL	NOMBRE	PERFIL	EXPERIENCIA
<i>Director Proyecto de Investigación de Grado</i>	Oscar Felipe Sáenz Pardo	Ingeniero Civil Esp. estructuras	Docente facultad de Ingeniería Civil Universidad Santo Tomas. Especialista en estructuras
<i>Investigador</i>	Nicolás Pérez Villarraga	Estudiante Universitario	Estudiante Decimo Semestre del Programa de Ingeniería Civil en la Universidad Santo Tomas Sede Villavicencio Aguas Claras
<i>Investigador</i>	Lina Marcela Molano González	Estudiante Universitario	Estudiante Decimo Semestre del Programa de Ingeniería Civil en la Universidad Santo Tomas Sede Villavicencio Aguas Claras

Fuente: Autores

7. METODOLOGÍA

A continuación, se establece el paso a paso para el desarrollo y práctica de la investigación planteada, realizando pruebas de laboratorio con los respectivos cilindros, con un porcentaje de plástico triturado en forma de perlas y con fibras de acero, cumpliendo con los objetivos propuestos inicialmente y desarrollado la problemática planteada.



Fuente: Autores

7.1. DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS

7.1.1 Reconocimiento del tema investigativo

Se inicia con la apropiación Del tema, dentro de un asunto que concierne el campo del cual se pretende investigar, identificando la problemática que se llevara acabo en el desarrollo del proyecto, teniendo claros los objetivos o metas principales a las cuales se les dará solución por medio de pruebas o ensayos realizados en prácticas de laboratorio, que bien sean satisfactorios o no.

7.1.2 Recopilación de información

Se recolecta toda la información necesaria como tesis, artículos, informes entre otros; que estén asociados al tema investigativo del cual se trabajara en el desarrollo del proyecto para conocer diferentes metodologías o prácticas de laboratorio asociados al plástico como agregado al concreto con fibras de acero.

7.1.3 Diseño de mezcla

Estimación de la cantidad de materiales a utilizar en el proyecto como: agua, arena, grava, cemento, plástico y fibra de acero. Con el fin de obtener las proporciones correspondientes para la elaboración de la mezcla (ver anexo:

Tabla 5 Tipos de diseño de mezcla para los cilindros y viguetas

N°	Diseño de mezcla cilindros	N°	Diseño de mezcla viguetas
1	Concreto convencional	1	Concreto convencional
2	Concreto con plástico al 5%	2	Concreto con plástico al 5%
3	Concreto con plástico al 10%	3	Concreto con plástico al 10%
4	Concreto con plástico al 15%	4	Concreto con plástico al 15%
5	Concreto con plástico y fibra de acero al 5%	5	Concreto con plástico y fibra de acero al 5%
6	Concreto con plástico y fibra de acero al 10%	6	Concreto con plástico y fibra de acero al 10%
7	Concreto con plástico y fibra de acero al 15%	7	Concreto con plástico y fibra de acero al 15%

Fuente: Autores

7.1.4 Elaboración de los cilindros

Se realizarán cuarenta y dos (42) cilindros de concreto con diferentes porcentajes, de los cuales se dividen de la siguiente forma: 6 cilindros convencionales, 18 cilindros con 5%,10%,15% de plástico y 18 cilindros con 5%,10%,15% de plástico y fibra de acero.

Tabla 6 Especificación Cilindros

Tipos de cilindros	7 días	14 días	28 días	Total
Cilindros Convencionales	2	2	2	6
Cilindros 5% plástico	2	2	2	6
Cilindros 10% plástico	2	2	2	6
Cilindros 15% plástico	2	2	2	6
Cilindros 5% plástico y fibra de acero	2	2	2	6
Cilindros 10% plástico y fibra de acero	2	2	2	6
Cilindros 15% plástico y fibra de acero	2	2	2	6
Total				42

Fuente: Autores

7.1.5 Elaboración de las viguetas

Se realizarán catorce (14) vigas de concreto con diferentes porcentajes, de los cuales se dividen de la siguiente forma: 2 vigas convencionales, 6 vigas con 5%,10%,15% de plástico y 6 vigas con 5%,10%,15% de plástico y fibra de acero.

Tabla 7 Especificación Vigas

Tipos de viga	28 días	Total
Vigas Convencionales	2	2
Vigas 5% plástico	2	2
Vigas 10% plástico	2	2
Vigas 15% plástico	2	2
Vigas 5% plástico y fibra de acero	2	2
Vigas 10% plástico y fibra de acero	2	2
Vigas 15% plástico y fibra de acero	2	2
Total		14

Fuente: Autores

7.1.6 Aplicación de ensayos

En esta etapa se realizan las prácticas de laboratorio (Resistencia a la comprensión y de esfuerzos) pertinentes a la comparación de los cilindros hechos de agregado de plástico con fibras de acero Vs los cilindros estándar de concreto según la norma, logrando encontrar el porcentaje óptimo de material de plástico.

7.1.7 Análisis de resultados

Posterior a realizar los laboratorios necesarios a la investigación, se analizan todos los resultados obtenidos con el fin de observar el comportamiento de las propiedades físico - mecánicas que tendrá el concreto con el porcentaje de material de plástico; el cuál debe ser agregado a la mezcla para determinar el nivel de resistencia.

7.1.8 Conclusión e informe final

En esta última etapa se describen las ventajas y desventajas a lo largo de la investigación, concluyendo con los aspectos mas importantes, posteriormente se redacta el informe final en el cual estarán los resultados finales que llevaban a cabo y que servirán para futuras investigaciones.

8. DISEÑO DE MEZCLA

8.1. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

8.1.1 Agregado fino y grueso

La granulometría del agregado fino y grueso se realizó mediante el tamizado de una muestra de 4000 gr de dichos materiales, los cuales se adquirieron en la ferretería la 15 ubicada en el barrio san isidro de la ciudad de Villavicencio. Al contar con los materiales se determinó la caracterización de estos por medio de los siguientes ensayos de laboratorios: método para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos (NTC 77), método para determinar la densidad y la absorción del agregado fino (NTC 237), método para determinar la densidad y la absorción del agregado grueso (NTC 176), determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de agregados (NTC 92). Como consecuencia se obtuvieron los siguientes resultados (Ver anexo A):

Tabla 8 Granulometría del agregado fino

Granulometría del agregado fino						
Tamiz	Masa retenida	Masa acumulada	% retenido	% pasa	Especificación min	Especificación max
No. 4	0	0	0,00	100,00	100	100
No. 10	32	32	3,16	96,84	95	100
No. 16	36	68	3,55	93,29	90	95
No. 30	87	155	8,59	84,70	85	90
No. 40	115	270	11,35	73,35	70	80
No. 60	270	540	26,65	46,69	40	50
No. 100	343	883	33,86	12,83	10	15
No. 200	95	978	9,38	3,46	0	5
<u>Fondo</u>	<u>35</u>	<u>1013</u>	<u>3,46</u>	<u>0,00</u>	0	1

Fuente: Autores

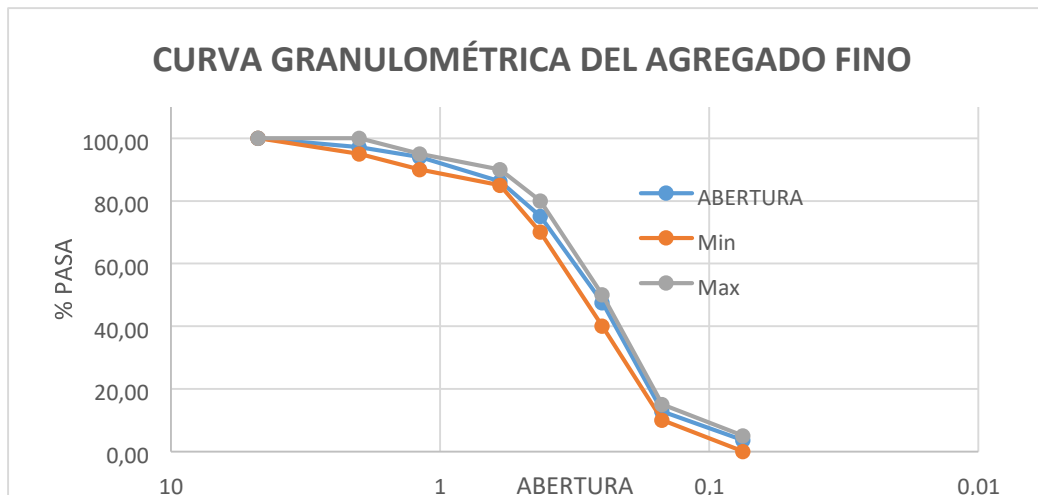


Ilustración 4 Curva Granulométrica del agregado fino

Fuente: Autores

Tabla 9 Gravedad específica y absorción de agregados finos

Masa de la muestra (S)	500 g
Masa del picnómetro + agua (B)	495,95 g
Masa picnómetro+muestra+agua (C)	805,467 g
Masa muestra seca (A)	498,68 g
Densidad aparente (Ds)	2,61
Densidad aparente bss	2,62
Densidad nominal	2,63
Peso específico	2700 Kg/m ³
Absorción	0,26 %

Fuente: Autores

Tabla 10 Contenido de humedad del agregado fino

PESO INICIAL MUESTRA	1000 gr
PESO SECO	982 gr
PESO DEL AGUA	18 gr
Humedad	1,8%

Fuente: Autores

Tabla 11 Granulometría del agregado grueso

Granulometría del agregado grueso						
Tamiz	Masa retenida	Masa acumulada	% retenido	% pasa	Especificación min	% pasa max
1	0	0	100,00	0,00	100	95
3/4'	0	0	100,00	0,00	100	90
1/2'	835	835	71,50	28,50	80	70
3/8'	773	1608	45,12	26,38	70	40
4	1204	2812	4,03	41,09	10	0
10	80	2892	1,30	2,73	5	0
16	20	2912	0,61	0,68	1	0
Fondo	18	2930	0,00	0,61	1	0

Fuente: Autores

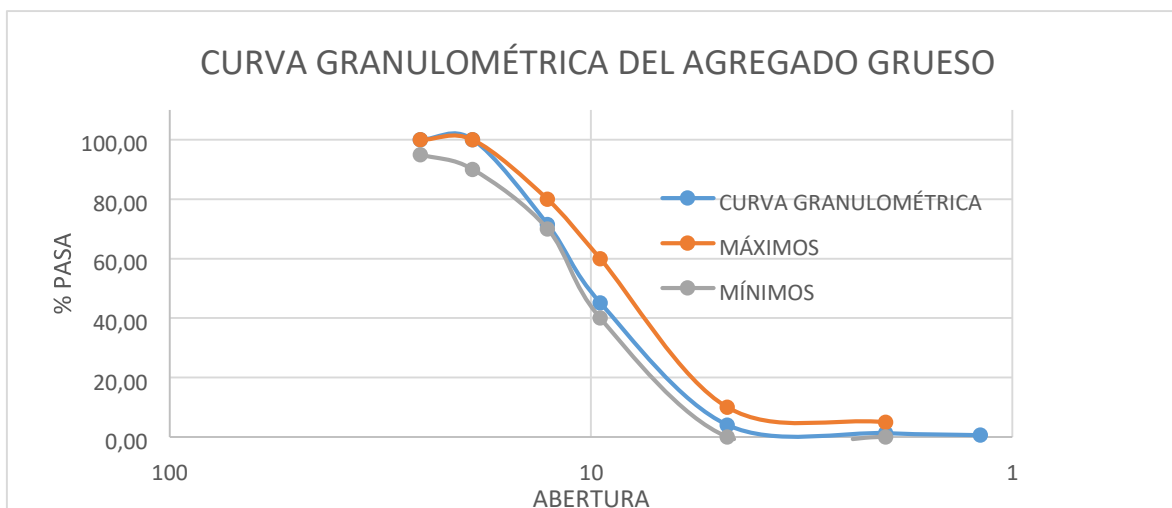


Ilustración 5 Curva granulométrica del agregado grueso

Fuente: Autores

□ Plástico triturado

El plástico triturado se obtuvo de la recolección de plástico reciclado en la ciudad de Villavicencio, donde se procede a llevar a la empresa Plasticar para la limpieza y triturado del material para asemejar las propiedades a las del agregado fino, los resultados del tamizaje son los siguientes:

Tabla 12 Granulometría del Plástico triturado

TAMIZ	PESO RETENIDA (g)	PESO ACUMULADA (g)	% PASA	% RETENIDA
4	200	200	80,00	20,00
10	150	350	65,00	15,00
16	473	823	17,70	47,30
30	99	922	7,80	9,90
40	8	930	7,00	0,80
60	70	1000	0,00	7,00
Total Peso (g)			1000	

Fuente: Autores

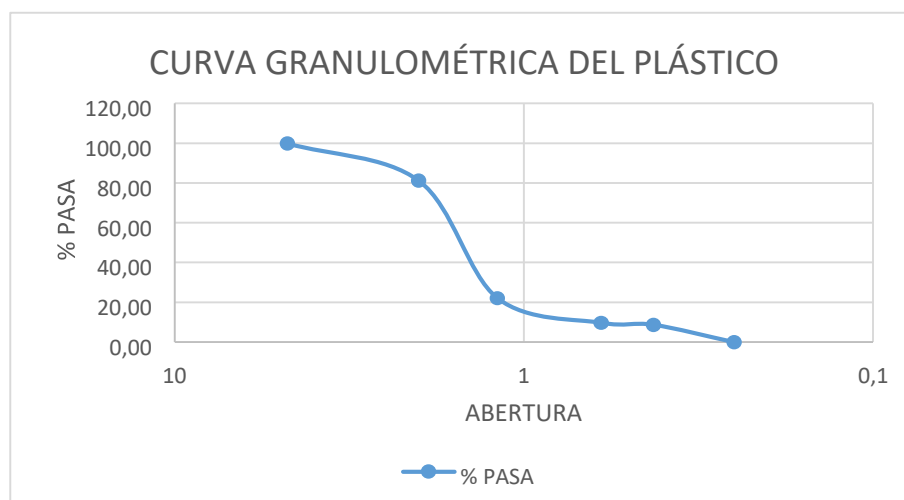


Ilustración 6 Curva Granulométrica del Plástico triturado

- Fibras de acero

Las fibras de acero seleccionadas para la mezcla fueron Dramix 4D 55/60BG con presentación en fibras sueltas y en la parte de los extremos encoladas, estas disponen de la certificación europeas, para uso estructural conforme a la norma EN14889-1, Sistema 1. Sus especificaciones técnicas se presentan a continuación:

Tabla 13 Especificaciones técnicas de la fibra de acero Dramix

Longitud	60 mm
Diámetro	1,05 mm
Relación Esbeltez (L/D)	55
Resistencia a Tracción	1,5 N/mm ²
Dosificación Mínima	20 Kg/m ³
Red de Fibra	2,339 Fibras/Kg
Presentación	Encolada

Fuente: Ficha técnica Prodimin Dramix

8.2. DISEÑO DE MEZCLA OBTENIDO

Como resultado de las propiedades obtenidas por los materiales a emplear, se determinó el siguiente diseño de mezcla (ver Anexo B):

Tabla 14 Diseño de mezcla Cilindros Convencionales

Diseño Cilindros Convencionales	
A. Grueso	32 Kg
A. Fino	30 Kg
Agua	0,007 m3
Cemento	14 Kg
Fuente: Autores	

Tabla 15 Diseño de mezcla Cilindros con Plástico al 5%

Diseño Cilindros con Plástico 5%	
A. Grueso	32 Kg
A. Fino	27 Kg
Agua	0,007 m3
Cemento	14 Kg
Plástico	2 Kg
Fuente: Autores	

Tabla 16 Diseño de mezcla Cilindros con Plástico al 10%

Diseño Cilindros con Plástico 10%	
A. Grueso	32 Kg
A. Fino	26 Kg
Agua	0,007 m3
Cemento	14 Kg
Plástico	3 Kg
Fuente: Autores	

Tabla 17 Diseño de mezcla Cilindros con Plástico al 15%

Diseño Cilindros con Plástico 15%	
A. Grueso	32 Kg
A. Fino	25 Kg
Cemento	14 Kg
Agua	0,007 m3
Plástico	4 Kg
Fuente: Autores	

Tabla 18 Diseño de mezcla Cilindros con Plástico al 5% + Fibra de Acero

Diseño Cilindros Plástico 5% + Fibra de Acero	
A. Grueso	32 Kg
A. Fino	30 Kg
Cemento	14 Kg
Agua	0,007 m3
Plástico	2 Kg
Fibra de Acero	0,46 Kg
Fuente: Autores	

Tabla 19 Diseño de mezcla Cilindros con Plástico al 10% + Fibra de Acero

Diseño Cilindros Plástico 10% + Fibra de Acero	
A. Grueso	32 Kg
A. Fino	30 Kg
Cemento	14 Kg
Agua	0,007 m3
Plástico	3 Kg
Fibra de Acero	0,46 Kg
Fuente: Autores	

Tabla 20 Diseño de mezcla Cilindros con Plástico al 15% + Fibra de Acero

Diseño Cilindros Plástico 15% + Fibra de Acero	
A. Grueso	32 Kg
A. Fino	30 Kg
Cemento	14 Kg
Agua	0,007 m3
Plástico	4 Kg
Fibra de Acero	0,46 Kg
Fuente: Autores	

Una vez especificadas las cantidades requeridas para cada tipo de cilindro se procede a determinar la cantidad necesaria de materiales que se deben emplear en el proyecto investigativo.

Tabla 21 Cantidad total requerida para el proyecto

Cantidad de materiales requeridos para el proyecto	
A. Grueso	224 Kg
A. Fino	198 Kg
Cemento	70 Kg
Agua	0,049 m3
Plástico	18 Kg
Fibra de Acero	1,4 Kg

Fuente: Autores

También se obtuvieron las cantidades necesarias para la conformación de la mezcla para las viguetas:

Tabla 22 Diseño de mezcla vigas convencionales

Diseño Vigas Convencionales	
A. Grueso	23 Kg
A. Fino	21 Kg
Agua	0,005 m3
Cemento	10 Kg

Fuente: Autores

Tabla 23 Diseño de mezcla Vigas con Plástico al 5%

Diseño Vigas con Plástico 5%	
A. Grueso	23 Kg
A. Fino	20 Kg
Agua	0,005 m3
Cemento	10 Kg
Plástico	1 Kg

Fuente: Autores

Tabla 24 Diseño de mezcla Vigas con Plástico al 10%

Diseño Vigas con Plástico 10%	
A. Grueso	23 Kg
A. Fino	19 Kg
Agua	0,005 m3
Cemento	10 Kg
Plástico	2 Kg

Fuente: Autores

Tabla 25 Diseño de mezcla Vigas con Plástico al 15%

Diseño Vigas con Plástico 15%	
A. Grueso	23 Kg
A. Fino	18 Kg
Cemento	10 Kg
Agua	0,005 m3
Plástico	3 Kg

Fuente: Autores

Tabla 26 Diseño de mezcla Vigas con Plástico al 5% + Fibra de Acero

Diseño Vigas Plástico 5% + Fibra de Acero	
A. Grueso	23 Kg
A. Fino	20 Kg
Cemento	10 Kg
Agua	0,005 m3
Plástico	1 Kg
Fibra de Acero	0,30 Kg

Fuente: Autores

Tabla 27 Diseño de mezcla Vigas con Plástico al 10% + Fibra de Acero

Diseño Vigas Plástico 10% + Fibra de Acero	
A. Grueso	23 Kg
A. Fino	19 Kg
Cemento	10 Kg
Agua	0,005 m3
Plástico	2 Kg
Fibra de Acero	0,30 Kg

Fuente: Autores

Tabla 28 Diseño de mezcla Vigas con Plástico al 15% + Fibra de Acero

Diseño Vigas Plástico 15% + Fibra de Acero	
A. Grueso	23 Kg
A. Fino	18 Kg
Cemento	10 Kg
Agua	0,005 m3
Plástico	3 Kg
Fibra de Acero	0,30 Kg

Fuente: Autores

Se recopilan todos los datos para determinar las cantidades totales requeridas para la conformación de las vigas del proyecto:

Tabla 29 Cantidad total de materiales requeridas en el proyecto

Cantidad de materiales requeridos para el proyecto	
A. Grueso	161 Kg
A. Fino	135 Kg
Cemento	50 Kg
Agua	0,035 m3
plástico	12 Kg
Fibra de Acero	1 Kg

Fuente: Autores

9. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL PARA LA ELABORACIÓN DE LOS CILINDROS DE CONCRETO

Para la elaboración de los cilindros convencionales, con 5% 10% y 15% plástico y con porcentajes de fibra de acero de 5% 10% y 15%, se tuvo en cuenta el siguiente paso a paso:

- Inicialmente se realiza la mezcla, para ello se pesa cada uno de los materiales según las especificaciones obtenidas del diseño de mezcla.

Ilustración 7 Peso de Materiales.



Fuente: Autores

- Seguidamente de tener cada uno de los materiales se procedió a mezclarlos en la hormigonera.

Ilustración 8 Elaboración de la mezcla.



Fuente: Autores

- Una vez mezclados los materiales, se toman las camisas (engrasadas) y ajustadas para llenarlas y así darle forma a los cilindros. Todo esto teniendo en cuenta los requerimientos de la Norma Técnica Colombiana 550, realizando cada una de las capas y golpes correspondientes.

Ilustración 9 Camisas después de llenado.



Fuente: Autores

- Para finalizar el proceso se procede a desencofrar cada uno de los cilindros pasada las 24 horas, sumergiéndolos a la piscina por un tiempo de 7, 14 y 28 días según lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana.

Ilustración 10 Curado y Fraguado de Cilindros.



Fuente: Autores

10. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL PARA LA ELABORACIÓN DE LAS VIGUETAS EN CONCRETO

Para la elaboración de las viguetas en concreto, con 5% 10% y 15% plástico y con porcentajes de fibra de acero de 5% 10% y 15%, se tuvo en cuenta el siguiente paso a paso:

- Para realizar la mezcla se hace el mismo procedimiento que se tuvo en cuenta en los cilindros.
- Una vez realizada la mezcla se llena cada una de las camisas para vigas (engrasadas) y ajustadas, teniendo en cuenta cada una de los parámetros establecidos en la Norma Técnica colombiana (550).
- Para finalizar el proceso se procede a desencofrar cada uno de las viguetas pasada las 24 horas, sumergiéndolas a la piscina por un tiempo de 7, 14 y 28 días según lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana.

Ilustración 11 Procedimiento Viguetas.



Fuente: Autores

11. ANÁLISIS DE RESULTADOS

11.1. ENSAYO A COMPRESION DE LOS CILINDROS

Este ensayo determina la resistencia a compresión de especímenes cilíndricos de concreto aplicando una carga axial sobre el cilindro a una velocidad estimada dentro de un rango prescrito hasta ocasionar la falla. Teniendo en cuenta la norma vigente (NTC 673).

Tabla 30 Resultados Promedios de Ensayos a Compresión.

RESULTADOS PROMEDIOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN			
Tipo de Mezcla	7 Días	14 Días	28 Días
Convencional plástico	10,72 Mpa	16,41 Mpa	22,01 Mpa
5%	7,05 Mpa	11,01 Mpa	13,58 Mpa
plástico 10%	5,23 Mpa	6,62 Mpa	9,68 Mpa
plástico 15%	4,53 Mpa	7,10 Mpa	9,62 Mpa
plástico 5% + Fibra de Acero	8,04 Mpa	12,73 Mpa	16,69 Mpa
plástico 10% + Fibra de Acero	7,95 Mpa	11,88 Mpa	14,77 Mpa
plástico 15% + Fibra de Acero	6,54 Mpa	11,52 Mpa	13,41 Mpa

Fuente: Autores

En la anterior tabla se observan los resultados promedios a compresión respecto al tiempo estipulado según la normativa vigente mencionada anteriormente. Observar **Anexo 2**

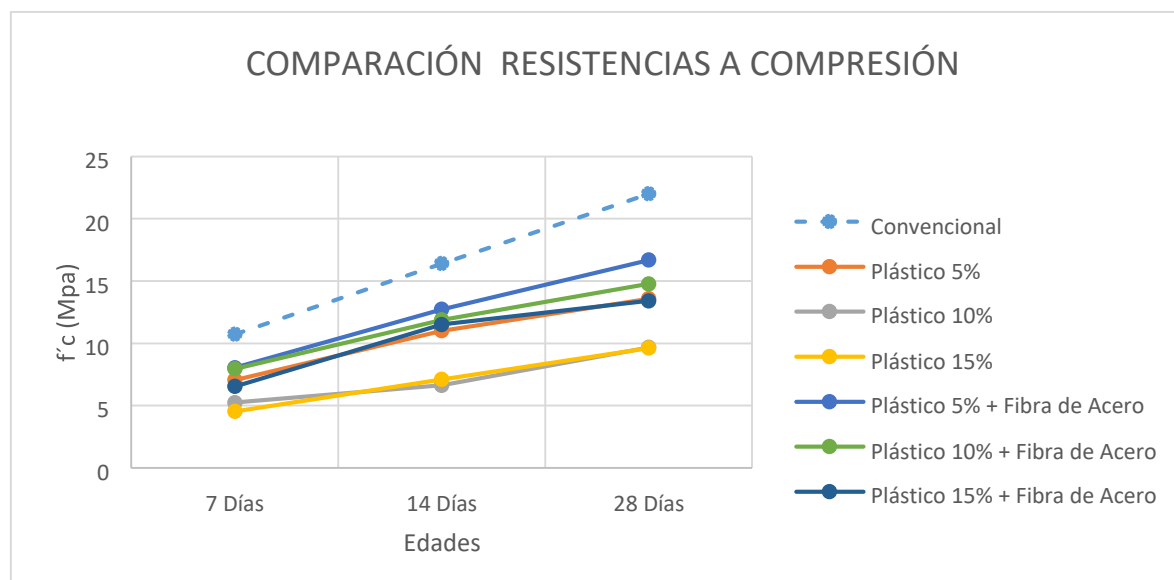


Ilustración 12 Comparación Resistencias a Compresión

Fuente: Autores

Los datos arrojados por la gráfica (Ilustración 12) determinan el comportamiento de los cilindros a lo largo de las edades determinadas, esto demuestra que la mezcla convencional tiene un comportamiento lineal y alto (según lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana) en comparación con las demás, evidenciando que las proporciones de plástico (10% y 15%) fueron las más bajas. No obstante, la única que llega a tener un comportamiento considerable es la de plástico con fibra de acero al 5%, sin embargo, no supera las condiciones de la mezcla convencional.

En las siguientes tablas se observará los comportamientos promedios para las diferentes edades.

Tabla 31 Promedio de Esfuerzos a Compresión a los 7 Días.

Promedio esfuerzo a compresión a los 7 días	
Tipo de Mezcla	Resistencia
Convencional	10,72 Mpa
Plástico 5%	7,05 Mpa
Plástico 10%	5,23 Mpa
Plástico 15%	4,53 Mpa
Plástico 5% + Fibra de Acero	8,04 Mpa
Plástico 10% + Fibra de Acero	7,95 Mpa
Plástico 15% + Fibra de Acero	6,54 Mpa

Fuente: Autores

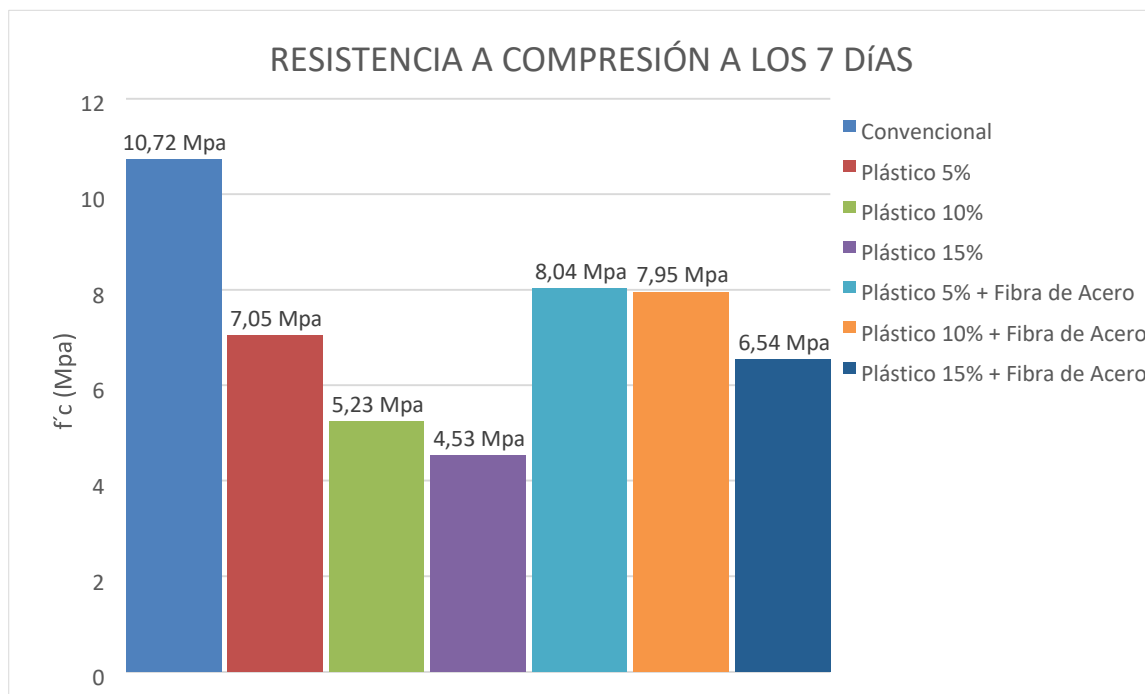


Ilustración 13 Resistencia a Compresión a los 7 Días

Fuente: Autores

Los primeros especímenes fallados a compresión a los 7 días, demuestran que la proporción optima hasta el momento es la de la mezcla convencional, ya que fue la de mayor resistencia respecto a las mezclas modificadas con porcentaje de plástico y plástico con fibra de acero; No obstante, la mezcla de plástico con fibra de acero al 5% muestra una recuperación de resistencia con respecto a la mezcla modificada con solo plástico.

Tabla 32 Promedio esfuerzo a compresión a los 14 días

Promedio esfuerzo a compresión a los 14 días	
Tipo de Mezcla	Resistencia
Convencional	16,41 Mpa
Plástico 5%	11,01 Mpa
Plástico 10%	6,62 Mpa
Plástico 15%	7,10 Mpa
Plástico 5% + Fibra de Acero	12,73 Mpa
Plástico 10% + Fibra de Acero	10,47 Mpa
Plástico 15% + Fibra de Acero	14,15 Mpa

Fuente: Autores

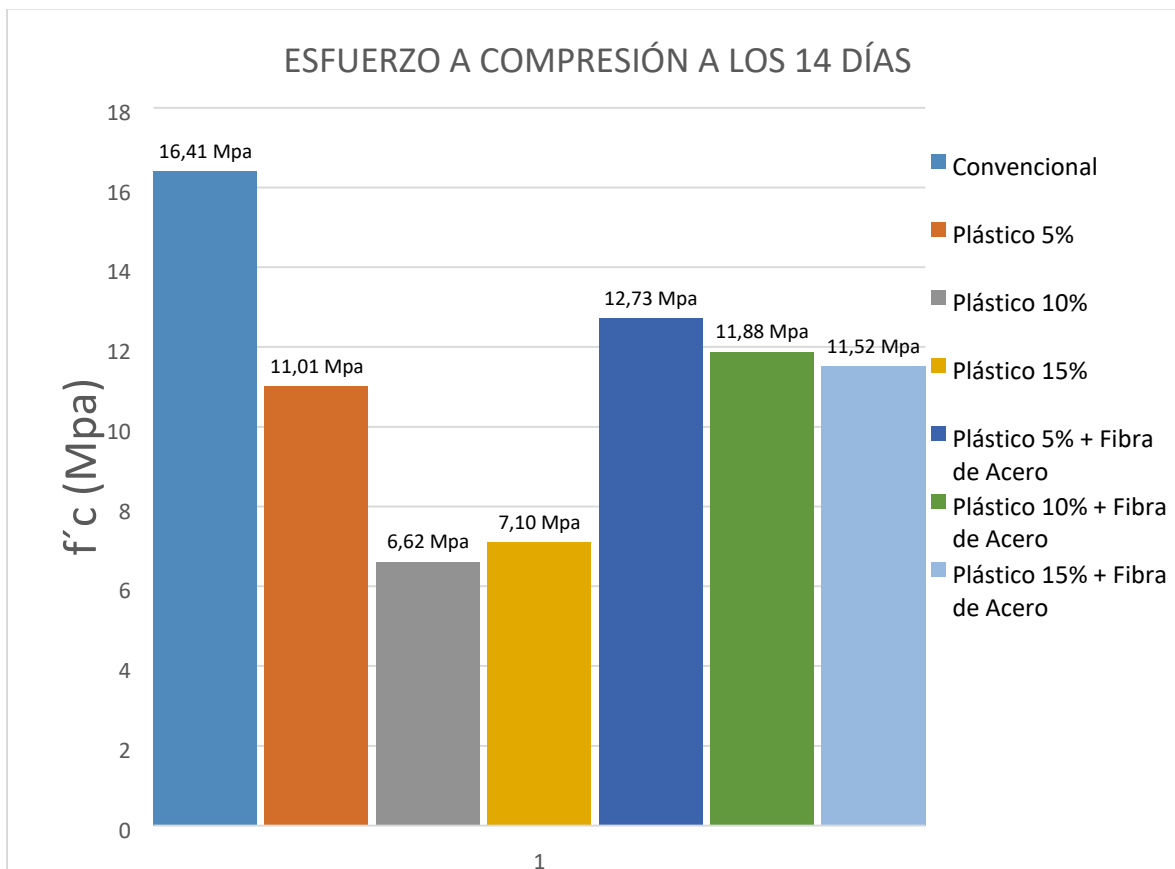


Ilustración 14 Esfuerzo a compresión a los 14 días

Fuente: Autores

A los 14 días se puede observar que la mezcla convencional de concreto sigue teniendo una mayor resistencia que las otras mezclas modificadas; resaltando que las mezclas con porcentaje de plástico y plástico con fibra de acero tuvieron una mayor resistencia en comparación a los primeros especímenes fallados (7 días); sin embargo, la mezcla con plástico y fibra de acero al 5% sigue demostrando una resistencia mayor a las demás mezclas modificadas.

Tabla 33 Promedio esfuerzo a compresión a los 28 días

Promedio esfuerzo a compresión a los 28 días	
Tipo Mezcla	Resistencia
Convencional	22,01 Mpa
Plástico 5%	13,58 Mpa
Plástico 10%	9,68 Mpa
Plástico 15%	9,62 Mpa
Plástico 5% + Fibra de Acero	16,69 Mpa
Plástico 10% + Fibra de Acero	14,77 Mpa
Plástico 15% + Fibra de Acero	13,41 Mpa

Fuente: Autores

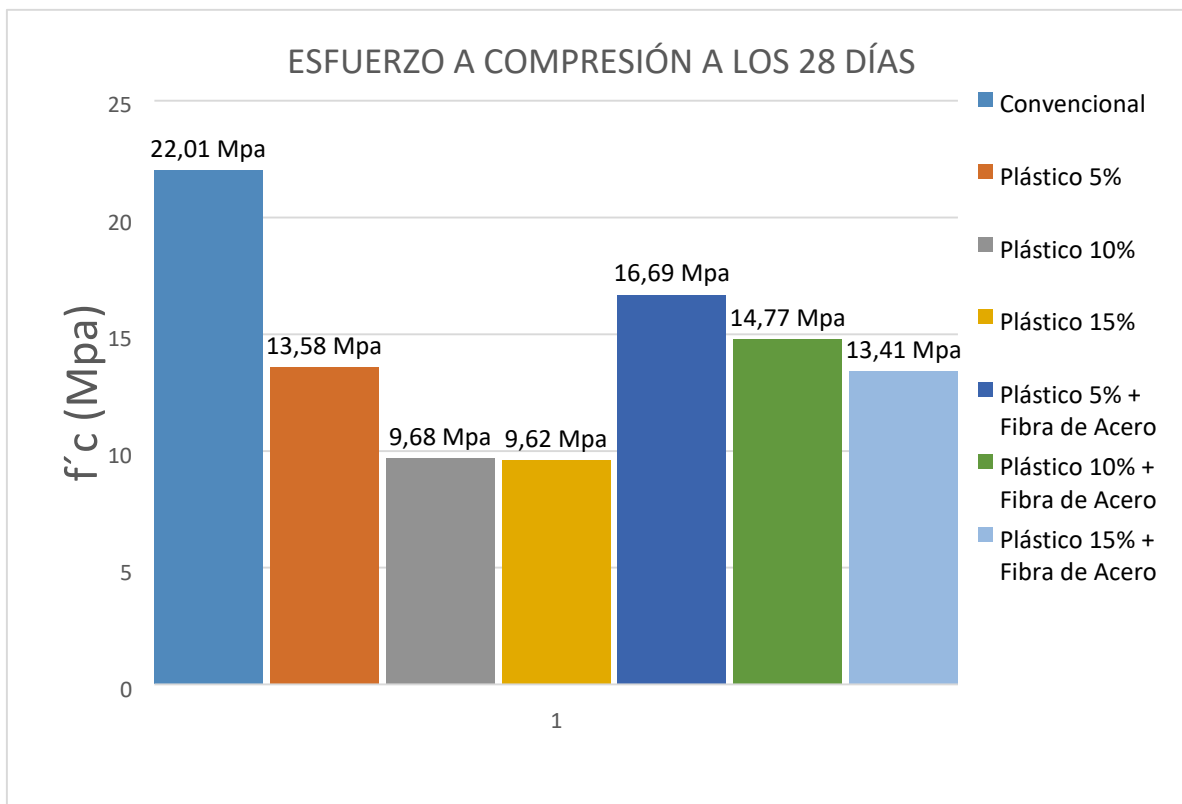


Ilustración 15 Esfuerzo a compresión a los 28 días

Fuente: Autores

Los resultados para esta última edad a los 28 días muestran que la mezcla convencional mantiene siempre un crecimiento constante y progresivo; las mezclas modificadas con solo plástico tienen una maduración mucho más lenta que la modificada con plástico y fibra de acero. Comparando los resultados con las anteriores graficas se puede concluir que la mezcla con agregado de plástico y fibra de acero al 5% es más apropiada para lograr una capacidad de resistencia mejor en comparación a las demás mezclas modificadas con porcentaje de plástico y plástico con fibra de acero. Finalmente, ninguna de estas mezclas es adecuada para ser utilizadas en concreto estructural debido a la poca resistencia presentada a lo largo de las edades estipuladas en la norma técnica Colombia 673.

A continuación, se observa la gráfica que muestra el comportamiento de maduración en relación de los días con respecto a la resistencia a compresión.

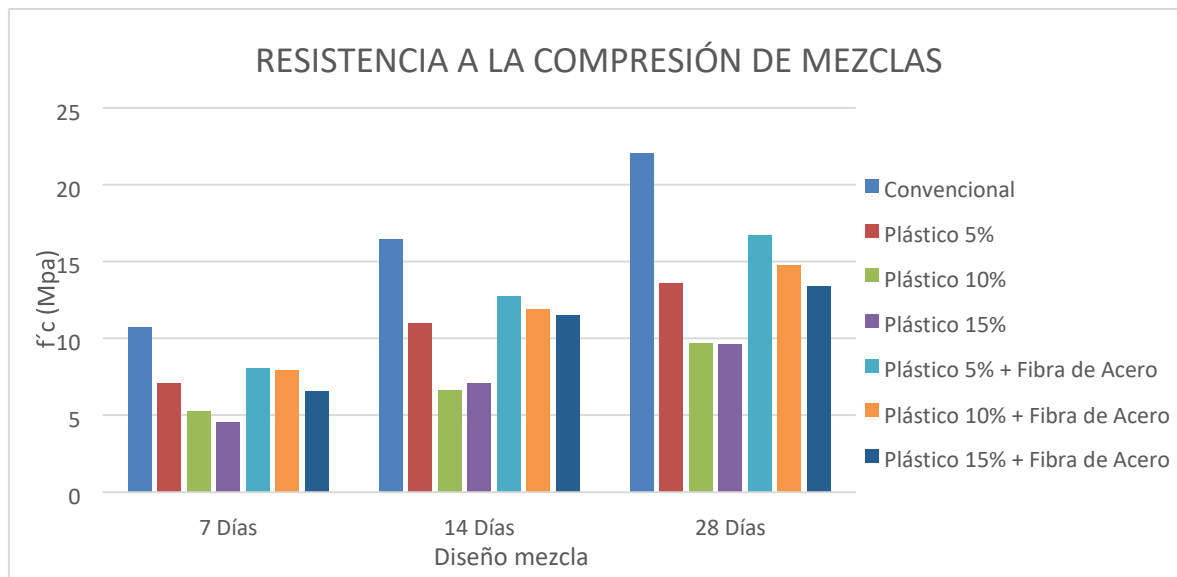











Ilustración 16 Resistencia a la compresión de mezclas.

Fuente: Autores

Tabla 34 Muestras de concreto después de ser sometidas al ensayo de compresión.

TIPO DE MEZCLA	7 DÍAS	14 DÍAS	28 DÍAS
Convencional			
	Tipo de falla: cono	Tipo de falla: cono	Tipo de falla: cono
Plástico 5%			
	Tipo de falla: cono	Tipo de falla: cono	Tipo de falla: cono y rotura
Plástico 10%			
	Tipo de falla: cono y rotura vertical	Tipo de falla: cono	Tipo de falla: cono y corte vertical

<p>Plástico 15%</p>	 <p>Tipo de falla: cono</p>	 <p>Tipo de falla: cono</p>	 <p>Tipo de falla: cono</p>
<p>Plástico y fibra de acero 5%</p>	 <p>Tipo de falla: cono y corte</p>	 <p>Tipo de falla: columnar</p>	 <p>Tipo de falla: cono y corte</p>
<p>Plástico y fibra de acero 10%</p>	 <p>Tipo de falla: cono</p>	 <p>Tipo de falla: cono</p>	 <p>Tipo de falla: cono</p>
<p>Plástico y fibra de acero 15%</p>	 <p>Tipo de falla: cono</p>	 <p>Tipo de falla: cono</p>	 <p>Tipo de falla: cono y corte vertical</p>

Fuente: Autores

Durante el procedimiento del ensayo a compresión de los cilindros, se pueden generar diferentes tipos de falla en los especímenes a causa de factores como: las proporciones de la mezcla, el vaciado del concreto a los moldes, el fraguado y curado de los mismos.

Las ilustraciones presentadas anteriormente detallan el tipo de mezcla y la edad en la que fueron fallados los cilindros, de lo cual se observa que en su mayoría los cilindros denotan un patrón de fractura cónica con corte y rotura vertical a causa de que están razonablemente bien formadas en ambos extremos.

11.2. MÓDULO DE ROTURA DE LA VIGUETA

La práctica que se realizó para presentar los resultados que se observan a continuación (tabla 35), es el ensayo a flexión que sirve para determinar la resistencia de una vigueta; con carga en los tercios medios, es decir, la vigueta se encontraba apoyada en dos puntos y una carga transmitida en la parte superior, exactamente en la parte central de la vigueta.

Según el reglamento NSR-10 el módulo de rotura $f_r = 0,62\sqrt{f'_c}$

Tabla 35 Módulo de rotura de la vigueta.

MEZCLA	MÓDULO DE ROTURA (Mpa)	MÓDULO DE ROTURA NSR-10 (Mpa)
Convencional	2,94	2,91
Plástico al 5%	2,34	2,29
Plástico al 10%	1,94	1,93
Plástico al 15%	1,89	1,92
Plástico + fibra 5%	2,47	2,53
Plástico + fibra 10%	2,35	2,38
Plástico + fibra 15%	2,30	2,27

Fuente: Autores

Para dar un comportamiento distinto se realiza la adición de fibras de acero para observar el comportamiento a la flexión con un refuerzo mínimo. No es viable así se refuerce con fibras de acero.

12. ANÁLISIS DE COSTOS

Tabla 36 Análisis de costos de material por metro cubico de concreto

ANALISIS DE COSTOS						
Tipo De Mezcla	A. Grueso (\$/m³)	A. Fino (\$/m³)	Cemento (\$/m³)	Plástico (\$/m³)	Fibra De Acero (\$/m³)	Total
Convencional	94.894	92.216	200.000	-	-	387.110
Plástico al 5%	94.894	87.605	200.000	41.168	-	423.667
Plástico al 10%	94.894	82.994	200.000	82.336	-	460.224
Plástico al 15%	94.894	78.384	200.000	123.504	-	496.781
Plástico + fibra 5%	94.894	87.605	200.000	41.168	78.000	501.667
Plástico + fibra 10%	94.894	82.994	200.000	82.336	78.000	538.224
Plástico + fibra 15%	94.894	78.384	200.000	123.504	78.000	574.781

Fuente: Autores

13. RESULTADOS E IMPACTOS

Tabla 37 Resultados esperados

Resultado	Indicador	Objetivo Relacionado
Composición física adecuada del plástico y fibras de acero para la adición en el concreto	Máquina trituradora	Objetivo específico 1
Determinación de la dosificación necesaria para ser implementada en el concreto	Diseño de mezcla por estudiantes	Objetivo específico 2
Comportamiento del concreto convencional junto al concreto propuesto	A partir de gráficas, tablas y pruebas visuales	Objetivo específico 3
Determinación del valor del concreto propuesto	A partir de precios y cantidades	Objetivo específico 4

Fuente: Autores

Tabla 38 Pertinencias e impactos

Aspecto	Impacto	Supuesto	Plazo
Económico	Disminución de costos en la mezcla. Rentabilidad en los procesos de construcción.	Menor costo a la hora de cualquier construcción y mayor rentabilidad de ahorro en la materia prima. Mejor calidad en la relación beneficio- costo para el sector constructivo.	Corto
Social	Generación de empleo. Acceso a materiales de bajo costo. Implementación de nuevos recursos tecnológicos. Promover la utilización de recursos renovables	Lograr implementar materiales desechables como este en la construcción de viviendas, aportando una ayuda a la sociedad en la disminución de costo siendo beneficiados aquellas personas con bajo recurso. Mejores formas de vida y mayor oportunidad al aprovechamiento de estos materiales.	Largo
Ambiental	Disminución significativa de la contaminación. Reducción significativa en los materiales agregados	Formas innovadoras para el sector de la construcción, además de utilización al máximo de todo el material plástico que estaría contaminando al medio ambiente.	Mediano

14. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

14.1. CONCLUSIONES

El plástico posee peculiaridades como la permeabilidad, peso, densidad y manejabilidad estas influyen en la elaboración y vertimiento de la mezcla partiendo en comparación con el agregado convencional. Debido a su permeabilidad el requerimiento de agua en la mezcla es un poco más reducido de lo normal, por lo que al agregar un poco más de agua de la requerida no hubiera afectado drásticamente su composición, debido a su densidad no se puede dejar sin hidratar bien puesto que quedaría más difícil de manejar.

El plástico tiene cualidades de no absorber agua, lo que generaba que al estar mezclando en el trompo o mezcladora mecánica se observaba que en la parte del fondo ocasionaba una gran acumulación de material al estar repelida por el plástico, evidenciando una mezcla seca, lo cual insidia en el vertimiento de las camisas.

la configuración de la fibra de acero (Dramix 4D 55/60BG), género una baja adherencia, debido a que esta es totalmente lisa y provocaba bajo agarre en la mezcla de concreto aportando una deficiencia en el refuerzo del como se esperaba.

Como se observa en la ilustración 15 (esfuerzos a compresión a los 28 días), analizando cada uno de los comportamientos obtenidos que se define que para los porcentajes de 5%, 10% y 15% de plástico siempre mantuvieron una baja resistencia en comparación con la mezcla convencional e incluso con las modificadas en plástico con fibra de acero, demostrando que este tipo de mezcla no sería nada optimo como reemplazo en agregado fino, lo que nos indica que el reemplazo del material fino por el plástico genera gran impacto en la resistencia de las muestras.

Se detalla en la ilustración 16 (resistencia a la compresión de mezclas) el comportamiento general de las mezclas en las diferentes edades, en donde se observa el proporcionamiento de plástico y fibra de acero (5%, 10%, 15%) demostrando un incremento en la resistencia, gracias a la adición de la fibra de acero, indicando que este aporta de cierta manera la resistencia perdida a causa del material propuesto. De todos los mencionados el porcentaje que más se acercó a la resistencia requerida por la norma fue el del 5% plástico y fibra de acero con un esfuerzo de 16,7 Mpa, pero al no superar o igualar los 22 Mpa de la muestra convencional lo vuelve inaceptable para procedimientos estructurales.

Durante la elaboración de las viguetas se logró observar una desventaja al adicionar la fibra de acero, debido a que en el momento de distribuir la mezcla en la camisa

de la viga esta no quedo homogéneamente, además del bajo anclaje que había entre el concreto y la fibra provocaron porosidad y un módulo de rotura bajo.

Las fallas que se generaron en los ensayos, demuestran que al adicionar netamente plástico provocan una deformación en la parte inferior de la muestra causando burbujas de aire que se formaban alrededor del plástico. En la tabla 34 se observa como esta condición se ve reflejada; por otra parte, las que tenían refuerzo con fibra de acero presentaban un poco más refuerzo frente a las que solo tenían plástico y las fallas no presentaron tanto descaramiento o desmoronamiento.

La mezcla con agregado fino en plástico y fibra de acero aumenta los precios en producción en comparación con el convencional debido a que el proceso que tiene el plástico para estar en condiciones es más costoso y la adición de fibra para mejorar su resistencia también influye.

De cierta manera el incorporar material como plástico en la utilización de concreto contribuye en el medio ambiente lo cual es amigable y reduce en un porcentaje significativo la contaminación por parte de este, al no ser compatible con el concreto estructural podría ser utilizado en otras zonas de trabajo o con la implementación de un refuerzo que mejore las condiciones proporcionadas por este.

14.2. TRABAJOS FUTUROS

- Los resultados de esta investigación ayudan para trabajos futuros para utilizar diferentes porcentajes a los utilizados en este caso y seguir buscando los adecuados para que su comportamiento mejore tanto en la resistencia a flexión como a las perdidas en compresión.
- Variar el tamaño del plástico y los agregados gruesos para elaborar cilindros y viguetas con caracterización distintas y de esta manera comprobar si hay un cambio en las propiedades mecánicas de resistencia a flexión y compresión.
- Ampliar las edades de maduración de las muestras superior a los 28 días.
- Variar el tipo de refuerzo que se desea implementar distinto al utilizado en esta investigación como lo fue la fibra de acero (Dramix 4D 55/60BG).
- Al momento de realizar los estudios de laboratorio se debe contar con todos los instrumentos, herramientas y equipos requeridos para la culminación de la investigación y con esto garantizar los mejores resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Vargas y E. Polo, «Obtención De Una Mezcla De Concreto Con Residuos Plásticos,» Barranquilla, 2017.
- [2] O. J. Silva, «Argos,» 23 Agosto 2016. [En línea]. Available: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/la-patologia-del-concreto>.
- [3] «Arapack,» 31 enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.arapack.com/faq/que-es-el-pet/>.
- [4] «El Espectador,» 11 Noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.elespectador.com/noticias/actualidad/cuantos-kilos-de-plastico-seconsumen-en-colombia-articulo-823132>.
- [5] Dane, «Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV 2018,» Villavicencio, 2018.
- [6] k. mehta y p. monteiro , «estructura, propiedades y materiales,» 2014.
- [7] L. L. a. H. Miao, «A specification based approach to testing polymorphic attributes,» de *Formal Methods and Software Engineering: Proceedings of the 6th International Conference on Formal Engineering Methods, ICFEM 2004*, Seattle, WA, USA,, November 8-12.
- [8] T. B. y. S. E.-M. Abdelsamie Elmenshawi, «Longitud de la bisagra de plástico teniendo en cuenta la inversión de corte en,» *Reviste de ingeniería sismica*, pp. 188190, 2012.
- [9] H. R. Salcedo, «Aplicación de Fibras Estructurales».
- [10] G. Avila y R. Leon, «Resistencia del Concreto».
- [11] 3. e. concreto-argos, «resistencia mecánica del concreto y resistencia a la compresión,» 2016.
- [12] Reglamento colombiano de construccion sismo resistente, Bogota, 2010.
- [13] f. canovas, «hormigones reforzados con fibras de acero».
- [14] D. A. Alexandre, «Mailxmail,» 14 Agosto 2006. [En línea]. Available: <http://www.mailxmail.com/curso-manual-inyeccion-plasticos/definicion-obtencionclasificacion-plastico>.
- [15] E. Pascual, «Elblogverde,» 06 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://elblogverde.com/clasificacion-plasticos/>.
- [16] K. T. Montene, «Abrasion».
- [17] «Vadequimica,» 30 Enero 2017. [En línea]. Available: <https://www.vadequimica.com/blog/2017/01/higroscopia-que-es-y-que-compuestostienen-esta-capacidad/>. [Último acceso: 31 MAYO 2020].
- [18] D. Gutierrez, «Concreto,» [En línea]. Available: <https://www.noticias2d.com/2017/03/02/la-importancia-del-concreto-en-la-construccion-diferencias-respecto-a-hormigon-y-cemento/>.
- [19] J. D. Mahecha Rico Y C. F. Quintero Blandón , «propiedades Mecánicas de un concreto reforzado con fibras de».

ANEXOS

ANEXO A.

DISEÑO DEL PROPORCIONAMIENTO DE MEZCLA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES **ANEXO B.**

RESULTADOS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN (CILINDROS)