



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS COMPARATIVO DE PESO Y RESISTENCIA A LA  
COMPRESIÓN ENTRE HORMIGÓN TRADICIONAL Y HORMIGÓN  
ALTERNATIVO FABRICADO CON AGREGADOS NATURALES

REYES ALVARADO EDWIN FERNANDO  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2019



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS COMPARATIVO DE PESO Y RESISTENCIA A LA  
COMPRESIÓN ENTRE HORMIGÓN TRADICIONAL Y  
HORMIGÓN ALTERNATIVO FABRICADO CON AGREGADOS  
NATURALES

REYES ALVARADO EDWIN FERNANDO  
INGENIERO CIVIL

MACHALA  
2019



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

ANÁLISIS COMPARATIVO DE PESO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ENTRE  
HORMIGÓN TRADICIONAL Y HORMIGÓN ALTERNATIVO FABRICADO CON  
AGREGADOS NATURALES

REYES ALVARADO EDWIN FERNANDO  
INGENIERO CIVIL

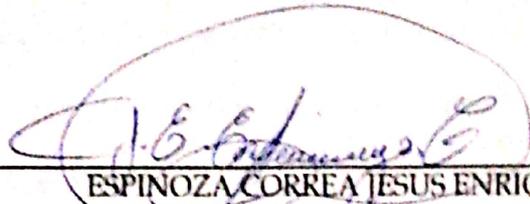
ESPINOZA CORREA JESUS ENRIQUE

MACHALA, 17 DE SEPTIEMBRE DE 2019

MACHALA  
2019

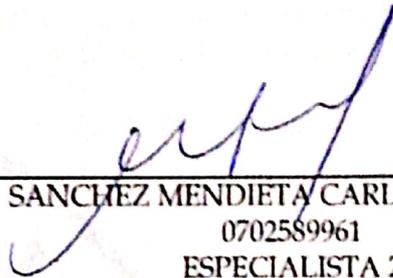
**Nota de aceptación:**

Quiénes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado ANÁLISIS COMPARATIVO DE PESO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ENTRE HORMIGÓN TRADICIONAL Y HORMIGÓN ALTERNATIVO FABRICADO CON AGREGADOS NATURALES, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



ESPINOZA CORREA JESUS ENRIQUE  
0703391557

TUTOR - ESPECIALISTA 1



SANCHEZ MENDIETA CARLOS EUGENIO  
0702589961  
ESPECIALISTA 2



CAMPUZANO VERA FRESIA LUISANA  
0704180611  
ESPECIALISTA 3

Machala, 17 de septiembre de 2019

# TRABAJO TITULACION

*por* Fernando Reyes

---

**Fecha de entrega:** 10-sep-2019 10:25a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1170232765

**Nombre del archivo:** TESIS\_FERNANDO\_REYES.pdf (4.11M)

**Total de palabras:** 14319

**Total de caracteres:** 77284

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, REYES ALVARADO EDWIN FERNANDO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado ANÁLISIS COMPARATIVO DE PESO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ENTRE HORMIGÓN TRADICIONAL Y HORMIGÓN ALTERNATIVO FABRICADO CON AGREGADOS NATURALES, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 17 de septiembre de 2019



REYES ALVARADO EDWIN FERNANDO  
0705099901

# TRABAJO TITULACION

## INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

190.25.234.130:8080

Fuente de Internet

1%

2

awsassets.panda.org

Fuente de Internet

1%

3

ar.scribd.com

Fuente de Internet

1%

4

revistas.unimilitar.edu.co

Fuente de Internet

1%

5

www.unne.edu.ar

Fuente de Internet

1%

6

riunet.upv.es

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

1%

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a todas las personas que me apoyaron a lo largo de mi preparación profesional, a mis padres y hermanos por apoyarme en el transcurso de mi carrera universitaria.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, quiero agradecerle a mi madre Nuvia Alvarado por apoyarme infinitamente para poder alcanzar mis metas, por inculcarme la importancia de la ingeniería civil.

A mi tutor el Ing. Jesús Espinoza que me brindó su apoyo y conocimiento durante todas las etapas vividas en el proceso académico. Agradezco a mis amigos ya que de ellos aprendí el significado del compañerismo y la verdadera amistad, especialmente a Kerly Méndez por su ayuda y el apoyo que me ha dado para poder ejecutar esta investigación.

A la Unidad Académica de Ingeniería Civil por darme la posibilidad de utilizar sus instalaciones para realizar este trabajo experimental, pero sobre todo por los excelentes docentes que nos han fomentado los valores y la ética que merece nuestra carrera.

# **ANÁLISIS COMPARATIVO DE PESO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ENTRE HORMIGÓN TRADICIONAL Y HORMIGÓN ALTERNATIVO FABRICADO CON AGREGADOS NATURALES.**

**AUTOR:** Edwin Fernando Reyes Alvarado

**TUTOR:** Ing. Jesús Enrique Espinoza Correa M.Sc.

## **RESUMEN**

El crecimiento del sector constructivo trae consigo un incremento en el uso de agregados convencionales tales como materiales pétreos y áridos. Para reducir el uso de estos materiales se propuso la sustitución del material árido en pequeñas cantidades, por otro que fuera de características similares, pero de carácter orgánico siendo utilizadas las “Cascarilla de Arroz y Fibra de Banano” como objeto de estudio.

El presente trabajo experimental, tuvo como propósito implementar material de origen orgánico o vegetal para la realización de hormigones como alternativa para reducir el uso de materiales provenientes de la extracción de canteras. Para esto se analizó las características tanto físicas como mecánicas de los agregados a través de ensayos de laboratorio, el material granular fue obtenido de la cantera Tuco León del cantón Pasaje se realizó el diseño conociendo las dosificaciones de mezcla con material triturado teniendo un tamaño máximo nominal de 3/4” para la obtención del material orgánico, se obtuvo la cascarilla de arroz del sector La Cuca ubicado en el cantón Arenillas, mientras que la fibra de banano se obtuvo del destalle del banano de la hacienda Kimberly en el sector La Unión del cantón Machala.

Se realizaron 10 dosificaciones en total, sustituyendo la arena en porcentajes de 2%, 4%, 6%, 8%, 10% por fibra de banano y cascarilla de arroz respectivamente, para el manejo de la fibra de banano fue secada en el horno a una temperatura de 105°C por 36 horas hasta estar completamente libre de humedad se debió triturar la fibra de tal manera que no ocupe demasiado espacio dentro de la dosificación, la cascarilla de arroz se la utilizó en su estado natural, el cálculo de la dosificación fue realizado a través del método ACI obteniendo un relación agua cemento de 0.68.

Se analizó la resistencia del hormigón alternativo a 7, 14, 21 y 28 días de curado llegando a obtener resistencias similares a la de un hormigón tradicional llegando a alcanzar como máximo 210  $kg/cm^2$  para la cascarilla de arroz y de 209.49  $kg/cm^2$  en la fibra de

banano sustituyendo el 2% de arena, mientras tanto para el 4% se tuvo una resistencia de  $207.68 \text{ kg/cm}^2$  en la cascarilla y de  $197.84 \text{ kg/cm}^2$  de fibra, a medida que el material reemplazado va aumentando la muestras de hormigón se vuelven cada vez más ligeras, pero también como efecto negativo tenemos que entre más intentamos reemplazar el árido la resistencia va disminuyendo hasta el punto donde no es viable su elaboración.

Como resultado se conoció que la implementación de material orgánico puede llegar a ser una opción viable en la mitigación de los materiales explotados de canteras, llegando a tener un diseño idóneo que cumple con las especificaciones requeridas en las normas INEN y ASTM solamente reemplazando el 2% y hasta 3% del material árido, pudiendo soportar una resistencia de  $210 \text{ kg/cm}^2$  y de  $209.49 \text{ kg/cm}^2$  para la fibra y la cascarilla respectivamente, teniendo un peso de 12.20 Kg y de 12.10Kg en comparación a los 13.00 Kg del hormigón tradicional, siendo estos mucho más livianos.

**Palabras Clave:**

Hormigón alternativo, fibra de banano, cascarilla de arroz, resistencia a la compresión.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF WEIGHT AND COMPRESSION  
RESISTANCE BETWEEN TRADITIONAL CONCRETE AND ALTERNATIVE  
CONCRETE MANUFACTURED WITH NATURAL AGGREGATES**

**STANDARDS.**

**AUTHOR:** Edwin Fernando Reyes Alvarado

**TUTOR:** Ing. Jesús Enrique Espinoza Correa M.Sc.

**ABSTRACT**

The growth of the construction sector leads to an increase in the use of conventional aggregates such as stone and aggregate materials. To reduce the use of these materials, the replacement of the arid material was proposed in small quantities, with one that was of similar characteristics, but of an organic nature being used the "Rice Husk and Banana Fiber" as an object of study.

This experimental work was intended to implement material of organic or plant origin for the realization of concretes as an alternative to reduce the use of materials from quarry extraction. For this purpose the physical and mechanical characteristics of the aggregates were analyzed through laboratory tests, the granular material was obtained from the Tuco León quarry located in Pasaje, it was made knowing the mixture dosages with material crushed with a maximum nominal size of 3/4", the organic materials like the rice husk was obtained of the sector La Cuca located in Arenillas, while the banana fiber was obtained from the Kimberly estate in the Union located in Machala.

Ten doses were performed in total, replacing the sand in percentages of 2%, 4%, 6%, 8%, 10% with banana fiber and rice husk respectively, for the management of banana fiber was dried in the oven at a temperature of 105°C for 36 hours until it is perfectly moisture-free, the fiber should have been crushed in such a way that it did not occupy too much space within the dosage, the rice husk was used in its natural state, the calculation of the dosage was made through the ACI method obtaining a cement water ratio of 0.68.

The resistance of the alternative concrete to 7, 14, 21 and 28 curing days was analyzed, reaching a maximum of the  $210\text{kg}/\text{cm}^2$  rice husk and  $209.49\text{kg}/\text{cm}^2$  of banana fiber replacing 2% of sand, meanwhile for 4% there was a resistance of  $207.68\text{kg}/\text{cm}^2$  in the rice husk and  $197.84\text{kg}/\text{cm}^2$  in the banana fiber, as the replaced material increases the concrete samples become lighter and lighter, but also as a negative effect we have to the

more we try to replace the arid resistance decreases to the point where it is not viable the elaboration.

As a result it was known that the implementation of organic material can become a viable option in the mitigation of exploited quarry materials, reaching an ideal design that meets the specifications required in the INEN and ASTM standards only replacing 2% and perhaps up to 3% of the arid material, being able to withstand a strength of  $210\text{kg}/\text{cm}^2$  y  $209.49\text{kg}/\text{cm}^2$  for the fiber and husk respectively, having a weight of 12.20 Kg and 12.10 Kg compared to the 13.00 Kg of traditional concrete, being these much lighter.

**Keywords:**

Alternative concrete, banana fiber, rice husk, compression resistance.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
RESUMEN .....	4
ABSTRACT.....	6
I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Antecedentes .....	13
1.2. Propiedades del Hormigón .....	14
1.3. Planteamiento del problema .....	16
1.4. Objetivos .....	18
1.4.1. Objetivo General.....	18
1.4.2. Objetivos Específicos.....	18
1.5. Alcances .....	18
1.6. Justificación .....	19
II. MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
2.1. Materiales.....	21
2.1.1. Cemento.....	21
2.1.2. Agregado grueso.....	22
2.1.3. Agregado fino. ....	23
2.1.4. Ubicación de la cantera de los agregados.....	23
2.1.5. Módulo de Finura.....	24
2.1.6. El agua. ....	24
2.1.7. Fibra de banano. ....	24
2.1.8. Cascarilla de arroz.....	25
2.1.9. Propiedades físicas de los materiales. ....	26
2.1.10. Análisis granulométrico.....	26
2.1.11. Peso volumétrico suelto y compacto. ....	28
2.1.12. Gravedad específica y absorción de los agregados. ....	30
2.1.13. Densidad del cemento. ....	33
2.1.14. Elaboración de probetas. ....	33
2.1.15. Resistencia a la compresión. ....	35
2.2. Métodos.....	37
2.2.1. Características de los materiales de mezclas. ....	37
2.2.2. Parámetros iniciales de diseño.....	38
2.2.3. Método ACI.....	38
2.2.4. Selección de revenimiento .....	39

2.2.5.	Selección del tamaño máximo del agregado.....	39
2.2.6.	Cálculo de agua de mezclado y contenido de aire.....	39
2.2.7.	Selección de la relación agua/cemento. ....	40
2.2.8.	Cálculo del contenido de cemento. ....	41
2.2.9.	Estimación del contenido del agregado grueso.....	41
2.2.10.	Estimación del contenido del agregado fino. ....	41
2.2.11.	Corrección por humedad y absorción. ....	41
2.2.12.	Mezclado. ....	42
2.2.13.	Curado.....	42
III.	RESULTADOS .....	43
3.1.	Análisis de presupuesto. ....	43
3.2.	Proporción de la mezcla.....	45
3.3.	Granulometría de finos.....	46
3.4.	Granulometría de gruesos. ....	47
3.5.	Peso volumétrico suelto y compacto.....	49
3.6.	Gravedad específica y absorción de agregados. ....	51
3.7.	Densidad del cemento. ....	52
3.8.	Peso del cilindro. ....	52
3.9.	Resistencia a la compresión. ....	53
IV.	CONCLUSIONES .....	67
V.	RECOMENDACIONES .....	69
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	70
	ANEXOS .....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Fig. 1 Diseño de Mezcla.....</i>	<i>16</i>
<i>Fig. 2 Agregado Grueso.....</i>	<i>23</i>
<i>Fig. 3 Agregado Fino.....</i>	<i>23</i>
<i>Fig. 4 Ubicación Geográfica Cantera Tuco León.....</i>	<i>24</i>
<i>Fig. 5 Fibra de Banano.....</i>	<i>25</i>
<i>Fig. 6 Cascarilla de Arroz.....</i>	<i>26</i>
<i>Fig. 7 Ensayo de Granulometría.....</i>	<i>28</i>
<i>Fig. 8 Ensayo de peso volumétrico.....</i>	<i>30</i>
<i>Fig. 9 Ensayo gravedad específica y absorción.....</i>	<i>32</i>
<i>Fig. 10 Ensayo densidad del cemento.....</i>	<i>33</i>
<i>Fig. 11 Cilindro metálico.....</i>	<i>35</i>
<i>Fig. 12 Preparación de la muestra.....</i>	<i>35</i>
<i>Fig. 13 Ensayo resistencia a la compresión.....</i>	<i>36</i>
<i>Fig. 14 Resistencia cascarilla de arroz a los 7 días de curado.....</i>	<i>55</i>
<i>Fig. 15 Resistencia cascarilla de arroz a los 7 días en barras.....</i>	<i>55</i>
<i>Fig. 16 Resistencia fibra de banano a los 7 días de curado.....</i>	<i>56</i>
<i>Fig. 17 Resistencia fibra de banano a los 7 días en barras.....</i>	<i>56</i>
<i>Fig. 18 Resistencia cascarilla de arroz a los 14 días de curado.....</i>	<i>57</i>
<i>Fig. 19 Resistencia cascarilla de arroz a los 14 días en barras.....</i>	<i>58</i>
<i>Fig. 20 Resistencia fibra de banano a los 14 días de curado.....</i>	<i>58</i>
<i>Fig. 21 Resistencia fibra de banano a los 14 días en barras.....</i>	<i>59</i>
<i>Fig. 22 Resistencia cascarilla de arroz a los 21 días de curado.....</i>	<i>60</i>
<i>Fig. 23 Resistencia cascarilla de arroz a los 21 días en barras.....</i>	<i>60</i>
<i>Fig. 24 Resistencia fibra de banano a los 21 días de curado.....</i>	<i>61</i>
<i>Fig. 25 Resistencia fibra de banano a los 21 días en barras.....</i>	<i>61</i>
<i>Fig. 26 Resistencia cascarilla de arroz a los 28 días de curado.....</i>	<i>62</i>
<i>Fig. 27 Resistencia cascarilla de arroz a los 28 días en barras.....</i>	<i>63</i>
<i>Fig. 28 Resistencia fibra de banano a los 28 días de curado.....</i>	<i>63</i>
<i>Fig. 29 Resistencia fibra de banano a los 28 días en barras.....</i>	<i>64</i>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Requisitos para graduación de áridos finos.....	27
Tabla 2 Requisitos para graduación de áridos gruesos .....	27
Tabla 3 Capacidad de los moldes .....	29
Tabla 4 Características de los agregados.....	37
Tabla 5 Características del cemento.....	37
Tabla 6 Características del agua .....	38
Tabla 7 Revenimiento recomendados para diversos tipos de construcción. ....	39
Tabla 8 Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregados .....	39
Tabla 9 Relación agua/cemento y la resistencia a la compresión .....	40
Tabla 10 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto.....	41
Tabla 11 Costo de 1m <sup>3</sup> de hormigón alternativo .....	43
Tabla 12 Análisis de presupuesto .....	43
Tabla 13 Proporción de materiales para la mezcla de hormigón .....	45
Tabla 14 Granulometría de Finos .....	46
Tabla 15 Curva Granulométrica Finos.....	47
Tabla 16 Granulometría Gruesa.....	48
Tabla 17 Curva Granulométrica Gruesa.....	49
Tabla 18 Peso volumétrico suelto.....	50
<i>Tabla 19 Peso volumétrico compactado. ....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 20 Peso volumétrico promediado. ....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 21 Gravedad y absorción del agregado grueso.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 22 Gravedad y absorción agregado fino.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 23 Densidad del Cemento Portland. ....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 24 Peso de los cilindros a los 7, 14, 21 y 28 días. ....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 25 Resistencia a la compresión de los cilindros a los 7 días de curado. ....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 26 Resistencia a la compresión de los cilindros a los 14 días de curado. ....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 27 Resistencia a la compresión de los cilindros a los 21 días de curado. ....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 28 Resistencia a la compresión de los cilindros a los 28 días de curado. ....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 29 Resistencia a la compresión de los cilindros a los 7, 14, 21 y 28 días.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 30 Comparación de resistencia entre el hormigón tradicional y la cascarilla de arroz a distintos porcentajes. ....</i>	<i>65</i>

*Tabla 31 Comparación de resistencia entre el hormigón tradicional y la fibra de banano a distintos porcentajes. ....66*

## I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento del sector constructivo trae consigo un incremento en el uso de agregados convencionales tales como materiales pétreos y áridos. Para evitar el excesivo uso de estos materiales el presente trabajo tiene como finalidad reemplazar un porcentaje de material árido por uno orgánico “Cascarilla de Arroz y Fibra de Banano”.

Siendo el hormigón uno de los materiales más utilizados a nivel mundial y teniendo en cuenta las limitantes que existen dentro de la industria ecuatoriana, nace la necesidad de implementar un método que sea más coherente, efectivo y seguro para el desarrollo de mezclas consistentes que aseguren los estándares de calidad establecidos. [1]

El ensayo de materiales es uno de los principales eslabones dentro de esa cadena denominada “control de calidad” y que se podría definir como aquella actividad que permite garantizar que se obtiene la calidad especificada de la forma más económica posible sin abandono de las características físicas. Se deberá garantizar que se alcanza los estándares óptimos de calidad establecidos en la normativa aplicada, entre otros, con la realización, por ejemplo, de ensayos sobre el hormigón con el fin de asegurar que dicho material cumple con la calidad requerida. [2]

Para este trabajo de tipo experimental se deberá ejecutar peso, ensayos de compresión a las probetas de hormigón simple realizando su dosificación respectiva en la que sustituiremos porcentajes de arena desde 2,4,6,8 hasta el 10% por material orgánico para determinar el porcentaje óptimo que permita obtener la resistencia requerida de  $210 \text{ Kg/cm}^2$  admisible a los 28 días de curado y exigida en las normas de construcción, ASTM C192/C192M-18 y NTE INEN 1576

### 1.1 Antecedentes

El crecimiento económico genera la necesidad de invertir en infraestructura. A su vez, ésta aumenta la demanda de servicios en el mercado de la construcción llegando a ser dificultoso cubrir la demanda por falta de material. El consumo de cemento ha aumentado proporcionalmente con el crecimiento de las economías y, en consecuencia, existe, a nivel global, una creciente demanda por el cemento. La producción de cemento consume entre un 12 y 15% de la energía total mundial. [3]

Actualmente existe una extensa diversidad de cementos mezclados. Los distintos materiales inorgánicos que son usados para reducir el consumo de cemento, se consiguen

al ser mezclados y/o molidos íntimamente con el Clinker y/o mezclados durante la fabricación del hormigón o morteros. Las cenizas volantes, escorias granuladas, micro sílice y otras puzolanas naturales o calcinadas son reportados como las adiciones minerales más utilizadas. [4]

A lo largo de la historia el hormigón, se han agregado minerales con diferentes objetivos, principalmente relacionado con aspectos que tiene que ver con economía, ecología y tecnología. En el campo de la economía reduce el uso del cemento que demanda mucha energía para su fabricación, en la ecología al momento de reemplazar parte del cemento reduce la emisión del CO<sub>2</sub> optimizando el uso de recursos no renovables por último en la tecnología se basa en contribuir a la mejora de las propiedades del hormigón. [5]

Es comprendido que el empleo de adiciones minerales activas en la elaboración de hormigones les brinda a estos conglomerados de cemento portland una serie de beneficios tales como: control del calor de hidratación, menor permeabilidad y como consecuencia mejoras en la durabilidad del hormigón, mayor compacidad, mayor resistencia, etc. que permiten ampliar el campo de su aplicación.

Para saber si un nuevo material es factible se deberá estar al tanto de sus propiedades mecánicas y su resistencia a la compresión, una de las adiciones principales de estudio en los últimos años, es la ceniza de cáscara de arroz y la ceniza de bagazo de caña de azúcar. La cáscara de arroz al igual que el bagazo de caña de azúcar son materiales altamente silícicos, que después de una combustión controlada y en un determinado tiempo proporciona una ceniza con contenido de sílice que le hace un material puzolánico. La temperatura y tiempo de quemado es determinante y variable para los dos materiales y en las condiciones en las que se encuentre, para la obtención de sílice en estado activo o no. [6] [7]

## **1.2. Propiedades del Hormigón**

El concreto es una composición de pasta de cemento, agregados y eventualmente otros productos. La pasta de cemento, el componente activo, envuelve los agregados y llena los espacios entre ellos. Por lo cual actúa primero como un lubricante, y luego como un adhesivo. Las burbujas de aire pueden substituir después de la colocación del concreto. Los agregados de uso más común son la arena y la grava, o rocas trituradas. [8]

El concreto fresco es de características plásticas y moldeables sus propiedades requeridas son:

- Uniformidad de la mezcla.
- Buena trabajabilidad.
- Fraguado.
- Endurecimiento del concreto.

Por otra parte, el concreto endurecido se obtiene al endurecerse la mezcla formando una roca artificial cuyas propiedades requeridas son:

- Durabilidad.
- Resistencia a la compresión.
- Baja permeabilidad.
- Resistencia a la abrasión.

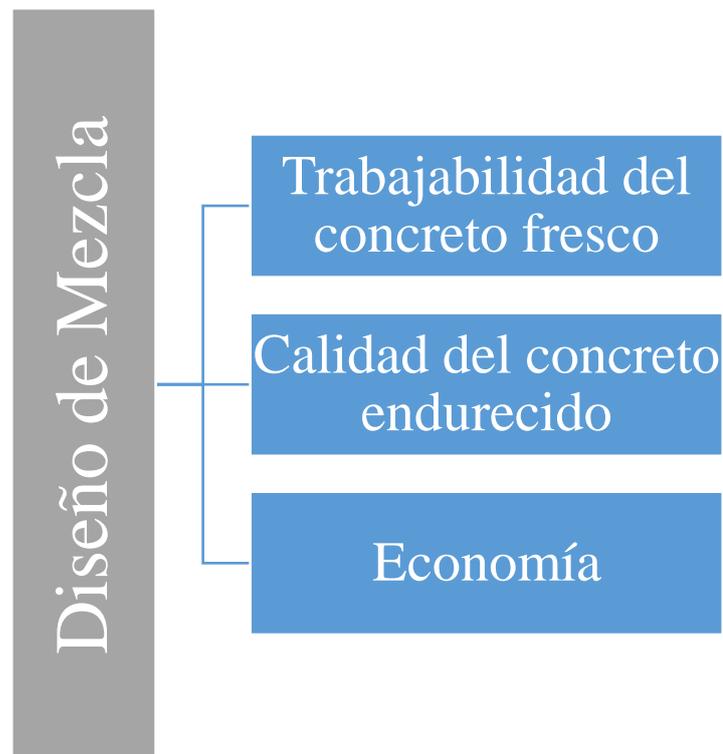
Todas estas propiedades son influenciadas por la calidad de la pasta del cemento Portland. El principal componente en la pasta de cemento es la relación entre la cantidad de agua y la cantidad de cemento. Esta analogía es conocida como la relación agua/cemento (A/C). [8] [9]

Se genera una gran cantidad de material muy fino, durante el proceso de fabricación de hormigones mixtos reciclados es recomendable eliminarlos a través de lavado. Este material está compuesto principalmente de desechos de morteros y pastas de cemento adheridas al material orgánico. [10]

De acuerdo a la temperatura de exposición el concreto esté sujeto a diversos cambios volumétricos debido a la contracción por secado en primeras horas de fraguado para el cual es necesario el uso de agregados naturales para reducir el efecto y mejorar sus propiedades obtenidas en la respectiva dosificación. [11]

El diseño de mezclas de concreto involucra la determinación de la combinación más práctica y económica de los ingredientes del concreto, de modo tal que logre un concreto trabajable en su estado plástico y que desarrolle sus cualidades requeridas cuando endurezca. [8]

Fig. 1 Diseño de Mezcla



**Fuente:** El Autor

### 1.3. Planteamiento del problema

El uso desmesurado de materiales pétreos extraídos de las canteras de mina y río, al ser un recurso no renovable genera una seria degradación ambiental.

La preocupación de la industria de la construcción por promover un medioambiente sostenible ha provocado un cambio sobre las técnicas usadas actualmente en la construcción teniendo en cuenta que los niveles de explotación de agregados son cada vez más grandes debido a las áreas de urbanización que las administraciones de ciudades plantean con el afán de cubrir la demanda habitacional, esto está generando impactos marcados especialmente en los ríos y en las montañas como el ensanchamiento de márgenes de los ríos y la devastación de áreas vegetalmente productivas en los cerros, respectivamente. El avance de la tecnología en y para la construcción exige la búsqueda de materiales alternativos que vengán a reemplazar los agregados tradicionales explotados en ríos y montañas y que de paso liberen a los ambientes mencionados de impactos negativos que no solo transforman el paisaje, sino que tienen consecuencias masivas en el ecosistema natural. [12]

El hormigón al ser uno de los materiales más utilizados en la construcción, deberá cumplir algunas condiciones y cualidades tales como su coste, disponibilidad de la materia prima sus propiedades físicas y mecánicas, su trabajabilidad y durabilidad, siendo estos los motivos por los cuales se deberá analizar si es posible sustituir parte de su materia prima por una más eficiente y menos contaminante. [13]

En la actualidad los problemas ambientales están interesando a las diversas áreas de la ciencia, por esta razón se ha propuesto a buscar diferentes métodos a través de los cuales poder disminuir el impacto que el hombre, en su evolución, ha provocado sobre el ambiente. [14]

El proceso de obtención de cemento en la elaboración de concreto implica un alto consumo energético y grandes emisiones de gases, lo que lo convierte en un material costoso y altamente contaminante. La industria del cemento, a escala mundial, tiene el 2 % del consumo global de energía y el 5 % del consumo global de energía industrial, lo que genera aproximadamente una tonelada de CO<sub>2</sub> por cada tonelada de Clinker dependiendo de la eficiencia de la planta. En algunos casos se podría sustituir el cemento por adiciones de residuos agroindustriales, con muy buenos resultados. [15]

Las fibras vegetales como solución tecnológica suponen un importante recurso natural que debe tenerse en cuenta en el desarrollo de elementos constructivos sostenibles en contextos desfavorecidos gracias a sus bajos costes de producción, su fácil manipulación, su capacidad de generar economía local y las mejoras cualitativas que incorporan en las edificaciones. [16]

En el Ecuador existen aproximadamente 25 especies de fibras vegetales especialmente utilizadas en la elaboración de productos artesanales. Los desechos orgánicos de las bananeras ecuatorianas no son correctamente aprovechados y generan gran cantidad de desperdicios que pueden ser utilizables como es el caso de la fibra de banano, estos desperdicios pueden llegar a generar distintas aplicaciones en el campo de la experimentación de nuevas tecnologías de la construcción. [17]

Se ha evaluado tanto la cascarilla de arroz como la fibra de banano por sus características mecánicas como un material agregado útil para la elaboración de cilindros de hormigón, disminuyendo el uso de agregados de cantera y el impacto ambiental que producen los desechos de la cosecha de arroz y del destalle de banano.

Para la presente investigación se ha tomado como punto de partida estudios y ensayos realizados en diversos países en vías de desarrollo, que aprovechan los diferentes residuos de las industrias agrícolas para ser utilizados en la elaboración de nuevos materiales en la construcción teniendo resultados prometedores para la ingeniería de materiales. [18]

## **1.4. Objetivos**

### *1.4.1. Objetivo General*

Elaborar un hormigón con agregados orgánicos mediante un reemplazo parcial del agregado fino aplicando diversas dosificaciones que cumpla con los estándares de resistencia a la compresión de  $210\text{kg}/\text{cm}^2$  establecido en las normas INEN y ASTM.

### *1.4.2. Objetivos Específicos*

Determinar el proceso de dosificación en hormigones simples por medio de lo establecido en las normas NTE INEN 1855-2 y ASTM C39/C39M-18 con el propósito de alcanzar la resistencia requerida de  $210\text{kg}/\text{cm}^2$ .

Conocer el porcentaje específico de arena que se puede sustituir por material orgánico Fibra de Banano (FB) y Cascarilla de Arroz (CA) en la fabricación de hormigones simples a través de pruebas realizadas en laboratorio.

Realizar un análisis comparativo entre las muestras con agregado orgánico FB, CA función de una muestra de hormigón sin alterar, para conocer si la resistencia de cada muestra orgánica es igual o superior a la tradicional.

## **1.5. Alcances**

El presente trabajo experimental está enfocado en la implementación de material orgánico proveniente de la fibra de banano y cascarilla de arroz, para la realización de hormigones más livianos que soporten una resistencia a la compresión igual o mayor a  $210\text{kg}/\text{cm}^2$ .

Para que este diseño de mezcla sea idóneo y adecuado se realizara sus respectivas pruebas de laboratorio, con la finalidad de conseguir las dosificaciones necesarias cubran los estándares establecidos en las normativas Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), American Society of Testing Materials (ASTM), American Concrete Institute (ACI).

Se deberá efectuar la comparación a la resistencia entre un hormigón simple normal con las muestras realizadas con el sustituto de fibra de banano y cascarilla de arroz, en lapsos de curado de 7,14,21 y 28 días.

## 1.6. Justificación

El desarrollo de nuevos materiales de construcción resulta ser un gran problema para la mayoría de países del mundo, la producción de materiales de construcción provoca un efecto ecológico negativo y perjudicial para las generaciones venideras, por esta razón se ha realizado la búsqueda de nuevas fuentes de explotación, siendo los residuos agrícolas el objetivo de investigación para su posterior reutilización en las dosificaciones de hormigones. [19]

Según Sánchez y Gil en su investigación acerca del “Study of mechanical behavior of mortars modified with sawdust under compression loads” nos indica a través de los últimos años se ha investigado el uso de diferentes tipos de fibras para reforzar concretos y morteros, para suplir la carencia de resistencia a la compresión, realizando el reemplazo en materiales asociados a la composición de los compuestos, debido a que el sector de la construcción necesita una gran cantidad de materia prima no renovables tales como la arena y la caliza. El uso de estas fibras en el hormigón sirve para controlar el agrietamiento facilitando la auto reparación. [20] [21]

Actualmente el uso de las fibras naturales como refuerzo de materiales compuestos ha despertado gran interés en la comunidad científica, dada sus propiedades específicas frente a otras fibras de origen sintético, por tal razón se realizará la obtención del material alternativo fibra de banano a través del secado en el horno, a su vez de la cascarilla de arroz para su respectiva utilización como agregado en la fabricación de hormigones. [22]

Se analizarán las propiedades físicas de los agregados el comportamiento del hormigón, peso de la muestra y la resistencia a la compresión obtenidas al reemplazar parcialmente la arena desde un 2% hasta el 10% proponiendo así el uso de la cascarilla de arroz y fibra de banano disminuyendo el uso de la arena obtenida por la explotación que genera un impacto grave en los lechos de obtención del material. [23]

En nuestro país no se encuentran suficientes estudios acerca de la implementación de agregados alternativos en el mercado constructivo esto se debe a la falta de conocimiento y comportamiento que este pueda presentar en alguna edificación teniendo en cuenta que el periodo de vida debe ser mínimo 50 años, también se debe tomar en cuenta el escepticismo que se genera alrededor de las nuevas investigaciones constructivas, se debe tratar de romper este paradigma de que el hormigón tradicional es la única opción constructiva.

En la provincia de El Oro solo existe registro de elaboración de bloques con cascarilla de arroz, por otra parte, carece de estudios sobre fabricación de hormigones simples con agregado alternativo tales como la fibra de banano y cascarilla de arroz, su fácil acceso podría incentivar al sector de la construcción a su posterior utilización en losas reduciendo el peso que esta aporta en la carga muerta de la estructura. [24]

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

A través del método experimental se examinó la calidad de los materiales usados en el diseño de hormigón simple, tomando en cuenta variables de cada agregado, la relación agua-cemento para obtener una mezcla idónea para la elaboración de probetas.

### 2.1. Materiales.

#### 2.1.1. Cemento.

El cemento es adquirido de la pulverización del Clinker, el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos. Está constituido por los siguientes componentes: [25]

1. Silicato tricálcico el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.
2. Silicato dicálcico, el cual define la resistencia a largo plazo y no tiene tanta incidencia en el calor de hidratación.
3. Aluminato tricálcico es un catalizador en la reacción de los silicatos y ocasiona fraguado violento. Para retrasar este fenómeno, preciso añadirle yeso durante la fabricación del cemento.
4. Aluminio-Ferrito Tetracálcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

Existen diversos tipos de cemento, los cuales están especificados en la norma ASTM-C-150-99a. Ellos son:

1. Tipo I, de uso general y sin propiedades especiales.
2. Tipo II, de moderado calor de hidratación y alguna resistencia al ataque de sulfatos.
3. Tipo III, de resistencia temprana y elevado calor de hidratación.
4. Tipo IV, de bajo calor de hidratación.
5. Tipo V, de la resistencia al ataque de sulfatos.

En la norma ASTM-C-595 se especifica las características de los cementos adicionado puzolanas que modifican el comportamiento del conjunto. Entre ellos se tienen:

1. Tipo IS, cemento Portland de alto horno al que se le ha añadido entre 25% y 70% en peso de escoria de alto horno.

2. Tipo IP y Tipo P, cemento Portland puzolánico al que se le ha añadido menos del 15% y 40% en peso de puzolana.
3. Tipo I (PM), cemento Portland modificado con puzolana al que se le ha añadido menos del 15% en peso puzolana.
4. Tipo S, cemento de escoria.
5. Tipo I (SM), cemento Portland modificado con escoria o al que se ha añadido menos del 25% en peso de escoria de alto horno.

### 2.1.2. Agregado grueso.

El agregado grueso está constituido por rocas graníticas, dioríticas y sieníticas. Pueden usarse piedra partida en chancadora o grava zarandeada de los lechos de los ríos o vaciamientos naturales. Al igual que el agregado fino, no deben contener más de un 5% de arcillas y finos ni más de 1.5% de materias orgánicas, carbón, etc. Es conveniente que su tamaño máximo sea menor que  $1/5$  de la distancia entre las paredes del encofrado,  $3/4$  de la distancia libre entre armaduras y  $1/3$  del espesor de las losas. Se pueden usar tamaños mayores si a criterio del ingeniero no inducirá la formación de vacíos [25].

El cemento Portland es el material estructural más destacado en una obra civil, su descubrimiento constituye a una verdadera revolución debido al conjunto de propiedades presentes en su maleabilidad, así como en su retención hidráulica. [26]

En algunos casos el cemento puede ser sustituido por adiciones de residuos agropecuarios con muy buenos resultados, al emplear estas adiciones como sustituto el porcentaje del cemento disminuye de forma significativo en el costo medioambiental de la construcción al reducir gran parte del CO<sub>2</sub> que genera, reduciendo la explotación minera para la producción del cemento. [27]

Al realizarse la granulometría para áridos grueso se obtuvo que el agregado usado en este trabajo cuenta con una granulometría de 1 y  $3/4$  pulgada el material debe contener poco o nada de finos. En la Fig. 2 se muestra el agregado grueso.

*Fig. 2 Agregado Grueso*



**Fuente:** El Autor

### *2.1.3. Agregado fino.*

Tanto el agregado fino como el grueso constituyen los elementos inactivos del concreto, ya que no intervienen en las reacciones químicas entre cemento y agua. El agregado fino debe ser durable, fuerte, limpio, duro y libre de materias impuras como polvo, limo, pizarra, álcalis y materias orgánicas. No debe tener más de 5% de arcilla o limos ni más de 1.5% de materias orgánicas. [25]

*Fig. 3 Agregado Fino*



**Fuente:** El Autor

### *2.1.4. Ubicación de la cantera de los agregados.*

Los materiales pétreos y áridos utilizado en la presente investigación fueron obtenidos de la cantera Tuco León ubicado en el cantón pasaje provincia de El Oro, Av. Azuay y Riveras del Río Jubones como se muestra en la Fig.4

*Fig. 4 Ubicación Geográfica Cantera Tuco León*



Coordenadas: UTM-17M-633368.14 W- 9633126.64 N

**Fuente:** Google Earth.

#### *2.1.5. Módulo de Finura.*

Es la suma de los porcentajes retenido acumulados en los tamices 3/8", #4, #8, #16, #30, #50 y #100 dividido para 100 el resultado no debe ser menor a 2.3 ni mayor a 3.1 es usado en la mayor parte del tiempo para las arenas.

#### *2.1.6. El agua.*

El agua empleada en la mezcla debe ser limpia libres de aceite, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. En general el agua potable es adecuada para el concreto. Su función principal es hidratar el cemento, pero también se la usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla. [25]

#### *2.1.7. Fibra de banano.*

El uso de las fibras naturales (mayormente vegetales) es ecológicamente sostenible brindándole un mayor refuerzo a la mezcla de hormigón, por esta razón se optó como material de estudio la fibra de banano. [28]

La unión entre una fibra vegetal o agregado alternativo y un polímero cualquiera da origen a un material compuesto, cuyas propiedades físicas son importantes, ya que estas permiten definir el resultado final del producto los cuales pueden ser favorables o no la estructura del material compuesto. [29]

Obtenido a través del destalle del banano es un material fibroso conformado del 95% de agua el cual debe ser desmenuzado y secado alrededor de 36 horas para su trabajabilidad después de eso se las deberá cortar en porciones más pequeñas con el propósito de obtener un mejor manejo de los elementos al momento de fundir el hormigón.

*Fig. 5 Fibra de Banano*



**Fuente:** El Autor.

#### *2.1.8. Cascarilla de arroz.*

La cascarilla de arroz es un material con un alto contenido de sílice el cual también está presente en el cemento, llegando a tener características similares en comportamiento tanto mecánico como físico. [30]

Material obtenido del residuo de la cosecha de arroz, este material por sus características físicas y químicas que son poco biodegradable resulta ser un buen sustituto de la arena en pequeños porcentajes. [31]

*Fig. 6 Cascarilla de Arroz*



**Fuente:** El Autor.

#### *2.1.9. Propiedades físicas de los materiales.*

Para el desarrollo de este trabajo se eligió material proveniente de la cantera del Río Jubones ubicado en la provincia de El Oro situada en el cantón Pasaje donde se adquirió la grava de 19.0 mm ( $\frac{3}{4}$ "") y la arena gruesa.

A estos agregados se le realizaron los siguientes ensayos para obtener sus propiedades físicas para el diseño idóneo de las mezclas.

- Análisis granulométrico.
- Peso volumétrico suelto y compactado.
- Gravedad específica y absorción de agregados.
- Densidad del cemento.

#### *2.1.10. Análisis granulométrico.*

Esta norma comprende a los áridos naturales obtenidos por trituración de la grava o piedras naturales, el árido fino debe estar libre de cantidades dañinas de impurezas orgánicas, para ser considerados áridos gruesos de un cierto grado, debe estar comprendida dentro de los límites que para dicho grado se especifica en la tabla 2 según el INEN 872 [32]

*Tabla 1 Requisitos para graduación de áridos finos*

TAMIZ INEN	PORCENTAJE QUE PASA
9,5 mm	100
4,75 mm	95 a 100
2,36 mm	80 a 100
1,18 mm	50 a 85
600 μm	25 a 60
300 μm	10 a 30
150 μm	2 a 10

**Fuente:** Norma NTE INEN 872-2011

*Tabla 2 Requisitos para graduación de áridos gruesos*

(1) TAMIZ INEN (aberturas cuadradas) (mm)	PORCENTAJE EN MASA QUE DEBE PASAR POR LOS TAMICES INEN INDICADOS EN LA COLUMNA (1) PARA SER CONSIDERADO COMO ARIDO GRUESO DE GRADO:									
	90 - 37,5 mm	63 - 37,5 mm	53 - 4,75 mm	37,5 - 4,75 mm	26,5 - 4,75 mm	19 - 4,75 mm	13,2 - 4,75 mm	9,5 - 2,36 mm	53 - 26,5 mm	37,5 - 19 mm
106	100									
90	90 - 100									
75		100								
63	25 - 60	90 - 100	100						100	
53		35 - 70	95 - 100	100					90 - 100	100
37,5	0-15	0-15		95 - 100	100				35 - 70	90 - 100
26,5			35 - 70		95 - 100	100			0-15	20 - 55
19	0-5	0-5		35-70		90-100	100			0-15
13,2			10 - 30		25 - 60		90 - 100	100	0-5	
9,5				10 - 30		20 - 55	40 - 70	85 - 100		0-5
4,75			0-5	0-5	0-10	0-10	0-15	10-30		
2,36					0-5	0-5	0-5	0-10		
1,18								0-5		

**Fuente:** Norma NTE INEN 872-2011

Fig. 7 Ensayo de Granulometría



**Fuente:** El Autor.

Los resultados del ensayo de granulometría utilizados en la investigación se presentarán en el Anexo I.

#### *2.1.11. Peso volumétrico suelto y compacto.*

Este método se utiliza con demasiada frecuencia para establecer los valores de masa unitaria (peso volumétrico), que son necesarios, en varios métodos, para la selección de las dosificaciones para las mezclas de hormigón. [33]

El valor de la masa unitaria (peso volumétrico) también puede ser utilizada para la determinación de la relación masa/volumen, para las conversiones en la compra de áridos. Sin embargo, con este método de ensayo no se puede determinar la relación entre el grado de compactación de los áridos en la unidad de transporte o en el almacenamiento. [33]

Tabla 3 Capacidad de los moldes

Tamaño máximo nominal del árido mm	Capacidad nominal del molde <sup>A</sup> m <sup>3</sup> [litros]
12,5	0,0028 [2,8]
25,0	0,0093 [9,3]
37,5	0,014 [14]
75,0	0,028 [28]
100,0	0,070 [70]
125,0	0,100 [100]

<sup>A</sup> Capacidad del molde a utilizar para ensayar áridos de un tamaño máximo nominal igual o menor que el correspondiente en la lista. El volumen real del molde debe ser de al menos el 95% del volumen nominal indicado.

**Fuente:** Norma NTE INEN 858-2010

Calcular la masa unitaria (peso volumétrico) mediante procedimientos de varillado, de sacudidas o de paladas, aplicando la siguiente ecuación: [33]

$$M = \frac{(G - T)}{V} \text{ Ec. (1)}$$

Dónde:

M= Masa unitaria (Peso Volumétrico) del árido en  $Kg/cm^3$

G= Masa del árido más el molde en Kg

T= Masa del molde en Kg

V= Volumen del molde en  $cm^3$

Fig. 8 Ensayo de peso volumétrico



**Fuente:** El Autor.

#### 2.1.12. Gravedad específica y absorción de los agregados.

La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente utilizada para el cálculo de volumen ocupado por el árido en las mezclas que contienen áridos, incluyendo hormigón de cemento portland. La densidad relativa (gravedad específica) también se la utiliza para el cálculo de vacío entre partículas en el árido, de acuerdo a la NTE INEN 858. La densidad relativa (gravedad específica) (SSS) se la utiliza en la determinación de la humedad superficial del árido fino mediante desplazamiento de agua de acuerdo a la NTE INEN 859.

Para este trabajo se aplicó el método de la canastilla establecido en la norma NTE INEN 856 y 857 para encontrar la densidad relativa o gravedad específica del material.

Para el cálculo de la gravedad específica en material gruesa se tendrá en cuenta las siguientes ecuaciones:

La gravedad específica Bulk, se calcula con la siguiente relación:

$$Ge = \frac{A}{B - C} \quad Ec(2)$$

En donde

Ge= Gravedad específica Bulk

A = Masa de la Muestra seca

B = Masa de la muestra saturada con superficie seca (g)

C= Masa de la muestra sumergida en el agua (g)

La gravedad específica saturada con superficie seca, se calcula con la siguiente relación:

$$Ges = \frac{B}{B - C} Ec(3)$$

En donde

Ges= Gravedad específica saturada con superficie seca

La gravedad específica aparente, se calcula con la siguiente relación:

$$Gea = \frac{A}{A - C} Ec(4)$$

En donde

Ges= Gravedad específica aparente

Porcentaje de absorción, se calcula con la siguiente relación:

$$Ab = \frac{B - A}{A} \times 100 Ec(5)$$

En donde

Ab = Porcentaje de absorción

Mientras que para el material fino se tendrá en cuenta las siguientes ecuaciones:

Se determina la masa de agua añadida al matraz, con la siguiente relación:

$$Ma = Mmw - (Mm + B) Ec(6)$$

En donde

Ma= Masa de agua añadida al matraz

Mm = Masa del matraz

Mmw = Masa del conjunto matraz, agua y muestra (g)

B= Masa de la muestra saturada con superficie seca (g)

La gravedad específica Bulk, se calcula con la siguiente relación:

$$Ge = \frac{A}{500 - Ma} Ec(7)$$

En donde

Ge= Gravedad específica Bulk

Ma = Masa de agua añadida al matraz

A = Masa de la Muestra seca

La gravedad específica saturada con superficie seca, se calcula con la siguiente relación:

$$Ges = \frac{B}{500 - Ma} Ec(8)$$

En donde

Ges= Gravedad específica saturada con superficie seca.

*Fig. 9 Ensayo gravedad específica y absorción*



**Fuente:** El Autor.

### 2.1.13. Densidad del cemento.

La densidad del cemento es el volumen de la masa desplazada y el volumen expresado en  $gr/cm^3$ . La densidad del cemento es usada para el cálculo del peso y el volumen en una mezcla de hormigón. La densidad oscila en valores de  $2.8 gr/cm^3$  a  $3.10 gr/cm^3$  según los establecido en la NTE INEN 156-2009. [34]

Para determinar la densidad del cemento hidráulico se deberá utilizar el frasco Le Chatelier el cual consta de una sección transversal circular en donde se depositará el concreto y la gasolina para sus respectivos análisis.

Se deberá realizar en este ensayo por lo menos dos veces para encontrar el valor exacto o aproximado real.

*Fig. 10 Ensayo densidad del cemento*



**Fuente:** El Autor.

### 2.1.14. Elaboración de probetas.

Para el análisis del hormigón simple se construyeron probetas cilíndricas de concreto compactado, mediante el varillado utilizando materiales áridos y pétreos según las ASTM C31 / C31M

Los moldes para especímenes en contacto con el concreto deben estar hechos de acero, hierro fundido o de algún otro material no absorbente, no reactivo con el cemento portland u otros cementos hidráulicos tal como se muestra en la Fig. 11. Al momento de realizar el armado de los cilindros metálicos se deberá tener en cuenta su respectiva preparación, para ello se deberá ajustar los pernos a la base metálica del cilindro y se apretaran los pernos que forman el cilindro, una vez realizado esto se aplicará una capa de aceite en la zona donde se verterá el hormigón fresco, para que este no se adhiera al molde en el momento que se retire la mezcla seca.

Para la compactación de la mezcla se utilizará una varilla lisa de 5/8" de diámetro, de aproximadamente 60 cm de longitud que contiene un extremo redondeado, este extremo es empleado para dar los 25 varillados respectivos a cada una de las 3 capas donde se verterá el hormigón, estas capas deberán consistir del mismo volumen hasta llenar el recipiente cilíndrico.

También se contará con un martillo de goma que pesa alrededor de 0.60 y 0.80 kg el cual se emplear al finalizado de cada varillado para asegurar que no se formen vacíos dentro de la muestra se deberá efectuar de entre 10 a 15 golpes por capas.

Una vez finalizado este proceso se deberá enrasar el espécimen con ayuda de la varilla metálica como se muestra en la Fig. 12, se usará la parte horizontal de la varilla dando un acabado en parte superior y así evitar que se formen vacíos que puedan afectar el rendimiento del hormigón, se deberá colocar las probetas en un lugar de almacenamiento fresco y seguro donde no sean manipuladas en el transcurso de 24 horas de su curado inicial.

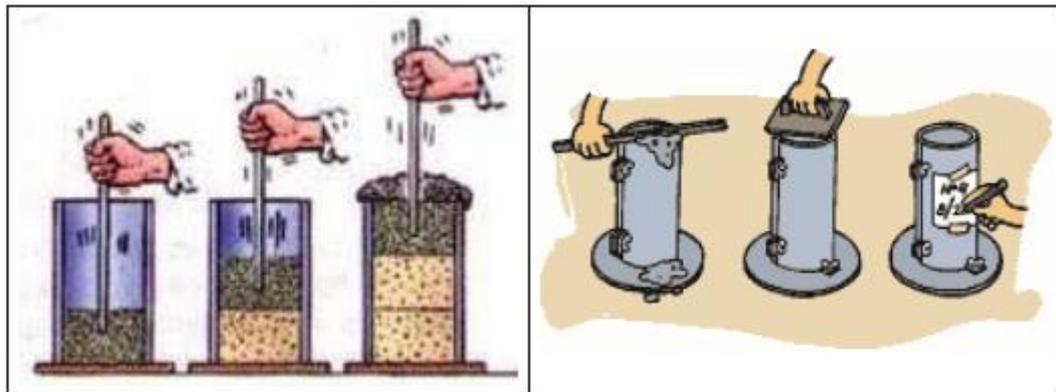
Para el ensayo de resistencia a la compresión se analizarán 4 cilindros por cada diseño de mezcla durante el tiempo de curado de 7, 14, 21 y 28 días. En el cual se determinará la resistencia a la compresión entre un hormigón tradicional y hormigón alternativo en este caso los que esta conformados por cascarilla de arroz y fibra de banano.

*Fig. 11 Cilindro metálico*



**Fuente:** El Autor

*Fig. 12 Preparación de la muestra*



**Fuente:** Escuela Industrial Superior- Universidad Nacional del Litoral

#### *2.1.15. Resistencia a la compresión.*

Este método de ensayo es utilizado para poder determinar la resistencia a la compresión de muestras o especímenes cilíndricos de hormigones de cemento hidráulico, preparados y curados de acuerdo a las normas ASTM C31, ASTM C192. Los resultados de estos ensayos se aprovechan para llevar un control de calidad de la dosificación del hormigón, operaciones de mezclado y colocación. [35]

Se debe tener cuidado con la interpretación del significado de la determinación de la resistencia a la compresión con los procedimientos de este método de ensayo, puesto que la resistencia no es una propiedad fundamental o intrínseca del hormigón elaborado con materiales dados. Los valores obtenidos dependerán del tamaño y la forma del espécimen, dosificación, procedimientos de mezclado, métodos de muestreo, moldeado o fabricación y de la edad temperatura y condiciones de humedad durante el proceso de curado. [35] [36]

*Fig. 13 Ensayo resistencia a la compresión*



**Fuente:** El Autor.

La resistencia a la compresión se la calcula con la siguiente ecuación:

$$C = \frac{P}{S} Ec(9)$$

Dónde:

C= Resistencia a la compresión en  $Kg/cm^2$

P= Carga de rotura en Kg

S= Superficie de la cara comprimida en  $cm^2$

## 2.2.Métodos

El objetivo principal de la investigación es diseñar un hormigón que cumpla con la resistencia de  $210\text{kg}/\text{cm}^2$  sustituyendo un porcentaje de agregado fino en por uno alternativo de fibra de banano y cascarilla de arroz, teniendo en cuenta la relación agua/cemento, el tamaño de los agregados y el módulo de finura.

Para realizar este diseño de hormigón se toma en consideración los diferentes porcentajes de agregado alternativo que reemplazaran al árido desde el 2, 4, 6, 8 y 10% respectivamente.

Al realizar las diferentes dosificaciones no se deberá alterar la proporción agua/cemento previamente establecida ya que esta podría variar la resistencia requerida por lo tanto no se podría llegar al estado óptimo que se busca obtener.

### 2.2.1. Características de los materiales de mezclas.

Debemos caracterizar los materiales pétreos y áridos para realizar la mezcla de hormigón alternativo, para aquello se realizó los ensayos respectivos para determinar los parámetros a considerar en la mezcla de concreto, a continuación, en la tabla 4 se muestran propiedades de los agregados.

Tabla 4 Características de los agregados

Material	Masa unitaria suelta ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )	Masa unitaria compactada ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )	Densidad aparente ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )	Absorción %
Arena	1401.43	1420.8	1250	4.50
Grava	1308.45	1458.01	2450	1.22

Fuente: El Autor.

Tabla 5 Características del cemento

Cemento	Densidad aparente ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )	Tipo de cemento	Masa unitaria suelta ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )
Portland	2869	GU	1145

Fuente: El Autor.

Tabla 6 Características del agua

Agua	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )
Potable	1000

**Fuente:** El Autor.

### 2.2.2. Parámetros iniciales de diseño.

Todo hormigón elaborado deberá contar con un diseño de mezcla desarrollado en un laboratorio debidamente reconocido por el INEN o por un ente académico idóneo, que tome en consideración las materias primas que serán utilizadas en la obra y las condiciones de exposición ambiental. (NTE INEN 1855-2)

Se llevaron a cabo las dosificaciones pertinentes para el diseño de referencia  $f'c=210kg/cm^2$  de acuerdo a lo establecido en la NTE INEN 1573, aplicando el método ACI para una mezcla uniforme.

### 2.2.3. Método ACI

Este procedimiento toma en consideración ocho pasos para el proporcionamiento de mezclas de concreto normal, incluidos el ajuste por humedad de los agregados y la corrección a las mezclas de prueba.

1. Selección del revenimiento.
2. Selección del tamaño máximo del agregado.
3. Cálculo de agua de mezclado y contenido de aire.
4. Selección de la relación agua/cemento.
5. Cálculo del contenido de cemento.
6. Estimación del contenido del agregado grueso.
7. Estimación del contenido del agregado fino.
8. Corrección por humedad y absorción

#### 2.2.4. Selección de revenimiento

Se seleccionará un valor apropiado para el tipo de construcción requerida para la presente investigación se tomó un valor de revenimiento de 7.5 cm.

Tabla 7 Revenimiento recomendados para diversos tipos de construcción.

Tipos de construcción	Revenimiento, cm.	
	Máximo*	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas, cajones de cimentación y muros de sub-estructura sencillos	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

\*Pueden incrementarse en 2.5 cm cuando los métodos de compactación no sean mediante vibrado.

**Fuente:** ACI 211.1-91 Tabla 6.3.1; Diseño de mezclas de concreto-IMCYC

#### 2.2.5. Selección del tamaño máximo del agregado.

Tamaño de abertura del tamiz que produce el primer retenido de agregado, el tamaño máximo nominal no debe ser superior a  $1/5$  de la menor separación de los lados del encofrado,  $1/3$  de la altura de la losa o a  $3/4$  del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales de refuerzo. [32]

#### 2.2.6. Cálculo de agua de mezclado y contenido de aire.

Para obtener el agua de mezclado aproximado y el contenido de aire, se tomará en cuenta la relación entre el revenimiento y el tamaño máximo del agregado expuesto en la Tabla 8 del método ACI.

Tabla 8 Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregados

**TABLA 6.3.3** Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de agregado.

Revenimiento, cm	Agua, kg/m <sup>3</sup> concreto para TMG, mm							
	9.5	12.5	19	25	38	50	75	150
Concreto sin aire incluido								
De 2.5 a 5.0	207	199	190	179	166	154	130	113
De 7.5 a 10	228	216	205	193	181	169	145	124
De 15 a 17.5	243	228	216	202	190	178	160	---
Cantidad aprox. aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
De 2.5 a 5.0	181	175	168	160	150	142	122	107
De 7.5 a 10	202	193	184	175	165	157	133	119
De 15 a 17.5	216	205	197	174	174	166	154	---
Promedio recomendado de aire por incluir por exposición								
Exposición ligera	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

**Fuente:** ACI 211.1-91 Tabla 6.3.3; Diseño de mezclas de concreto-IMCYC

### 2.2.7. Selección de la relación agua/cemento.

La relación agua / cemento (a/c) es el valor característico más importante de la tecnología del hormigón. De ella dependen la resistencia y la durabilidad, así como los coeficientes de retracción y de fluencia. Así mismo determina la estructura interna de la pasta de cemento endurecida. [37]

La relación agua cemento es el resultado entre las cantidades de agua y de cemento existentes en el hormigón fresco. Se calcula dividiendo la masa del agua por la del cemento contenidas en un volumen dado de hormigón. [37]

Una relación agua/cemento baja, conduce a un hormigón de mayor resistencia que una relación agua/cemento alto. Pero cuanto más alta sea esta relación, el hormigón será más trabajable.

*Tabla 9 Relación agua/cemento y la resistencia a la compresión*

**TABLA 6.3.4 (a)** Correspondencia entre la relación agua / cemento y la resistencia a la compresión del concreto.

Resistencia a la compresión a los 28 días Kg/cm <sup>2</sup>	Relación agua / cemento por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0.41	--
350	0.48	0.40
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

**Fuente:** ACI 211.1-91 Tabla 6.3.4; Diseño de mezclas de concreto-IMCYC

### 2.2.8. Cálculo del contenido de cemento.

El cálculo contenido de cemento se obtiene al despejar el contenido de cemento que existe entre la cantidad de agua y la relación agua/cemento obtenida previamente, el resultante de esta acción nos dará la el contenido de cemento necesario para la dosificación.

### 2.2.9. Estimación del contenido del agregado grueso.

Para la cantidad de agregado grueso se deberá conocer el volumen de agregado grueso por el volumen unitario de concreto establecida en la Tabla 10.

Tabla 10 Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto

Tamaño máximo de agregado, mm	Volumen de agregado grueso varillado en seco, por volumen unitario de concreto para distintos módulos de finura de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5 (3/8")	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5 (1/2")	0.59	0.57	0.55	0.53
19 (3/4")	0.66	0.64	0.62	0.60
25 (1")	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 (1 1/2")	0.75	0.73	0.71	0.69
50 (2")	0.78	0.76	0.74	0.72
75 (3")	0.82	0.80	0.78	0.76
150 (6")	0.87	0.85	0.83	0.81

**Fuente:** ACI 211.1-91 Tabla 6.3.6; Diseño de mezclas de concreto-IMCYC

### 2.2.10. Estimación del contenido del agregado fino.

Conocidos los pesos del cemento, agua y agregado grueso, así como el volumen de aire, se procede a calcular la suma de los volúmenes absolutos de cada material.

El volumen absoluto de agregado fino será igual a la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos. El peso del agregado fino será igual a su volumen absoluto multiplicado por el peso sólido. [38]

$$\text{Volumen absoluto agregado fino} = 1\text{m}^3 - \sum \text{de los materiales}$$

$$\text{Cantidad de arena} = \text{Volumen absoluto fino} * \text{Peso propio de la arena}$$

### 2.2.11. Corrección por humedad y absorción.

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica del concreto debe ser corregida en función de las condiciones de humedad de los agregados finos y gruesos, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra. [38]

### *2.2.12. Mezclado.*

La mezcla de los especímenes fue realizada de forma manual en una superficie libre de arcilla, se vierte la arena de acuerdo a la dosificación, se agregará el material alternativo siendo estos la fibra de banano o cascarilla de arroz, se colocará el cemento sobre la arena y el agregado alternativo y se paleará en seco hasta que adquiera un color uniforme.

Se extenderá la mezcla y se verterá la grava de manera uniforme se combinará hasta formar una mezcla homogénea, se vaciará el agua sobre esta y se obtendrá la mezcla de hormigón simple de acuerdo con la norma ASTM C192. [39]

### *2.2.13. Curado.*

Una vez concluido el curado inicial se deberá remover los especímenes de los moldes para curarlos a una temperatura de  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , manteniendo todo el tiempo sus superficies con agua libre, utilizando tanques de almacenamiento o cámaras de curado, que cumplan con los requisitos de la NTE INEN 2 528, se los mantendrá en ese estado hasta que se cumplan las edades de curado para su posterior ruptura.

El curado del concreto puede ser acelerado a través del aumento de temperatura, elevando así las reacciones químicas al momento de hidratar el concreto dando una mayor resistencia inicial. [40]

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Análisis de presupuesto.

En la Tabla 11 se muestra el precio de los materiales para construir 1m<sup>3</sup> de hormigón alternativo.

Tabla 11 Costo de 1m<sup>3</sup> de hormigón alternativo

ANÁLISIS DE PRECIO DE MATERIALES PARA UN METRO CÚBICO DE HORMIGÓN ALTERNATIVO			
Cantidad	Material	Precio Unitario	Precio
3,00 fundas	Cemento	7,68	23,04
0,50 m <sup>3</sup>	Grava	25,00	12,50
0,50 m <sup>3</sup>	Arena	25,00	12,50
0,50 m <sup>3</sup>	Agua	1,15	0,58
Total			48,62

Fuente: El Autor

Ejecutando un análisis de precios unitarios, se logra establecer el precio que significara construir 1m<sup>3</sup> de hormigón alternativo.

Tabla 12 Análisis de presupuesto

Análisis de Precios Unitarios				
ELABORACIÓN DE 1m <sup>3</sup> DE HORMIGÓN ALTERNATIVO				
<b>Proponente</b>	Edwin Fernando Reyes Alvarado			
<b>Código</b>		<b>Unidad</b>	m <sup>3</sup>	
<b>Rubro</b>	Hormigón Alternativo			
<b>Detalle</b>	f'c= 210,00 Kg/cm <sup>2</sup>	<b>Rendimiento</b>	0,60 m <sup>3</sup> / hora	
<b>A. Equipo</b>				
Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Herramienta menor		5% Parcial B		0,99
Concreteira	1,00	3,13	3,13	5,22
			<b>Parcial A</b>	\$ 6,21

#### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Albañil	1,00	3,45	3,45	5,75

Peón	2,00	2,50	5,00	8,33
Operador Equipo Liviano	1,00	3,45	3,45	5,75
<b>Parcial B</b>				\$ 19,83

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
Cemento	Saco	3,00	7,68	23,04
Grava	m <sup>3</sup>	0,50	25,00	12,50
Agua	m <sup>3</sup>	0,50	1,15	0,58
Arena	m <sup>3</sup>	0,50	25,00	12,50
Cuartones	m	8,00	0,55	4,40
Tablas	m	12,00	1,00	12,00
Tiras	m	3,00	0,20	0,60
<b>Parcial C</b>				\$ 65,62

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		91,66
Costos Indirectos	20,0 %	18,33
Utilidad	-	
<b>Total Hormigón Alternativo</b>		\$ 109,99
<b>Costo Unitario</b>		\$ <b>109,99</b>

Fuente: El Autor

### 3.2. Proporción de la mezcla

Se conoció la proporción necesaria de material para la dosificación de un metro cúbico de hormigón simple, obtenido a través de las propiedades físicas de los materiales aplicando el método ACI.

*Tabla 13 Proporción de materiales para la mezcla de hormigón*

Proporción	Material	Peso	Relación a/c	% de aire atrapado
1 m <sup>3</sup>	Arena	346,47 kg	0,68	1,5
	Grava	994,43 kg		
	Agua	187,30 kg		
	Cemento	283,82 kg		

**Fuente:** El Autor.

### 3.3. Granulometría de finos.

Para conocer el módulo de finura de la arena gruesa se realizó el ensayo de granulometría por vía seca establecido en la norma NTE INEN 0872 en la Tabla 14 se expondrán los resultados.

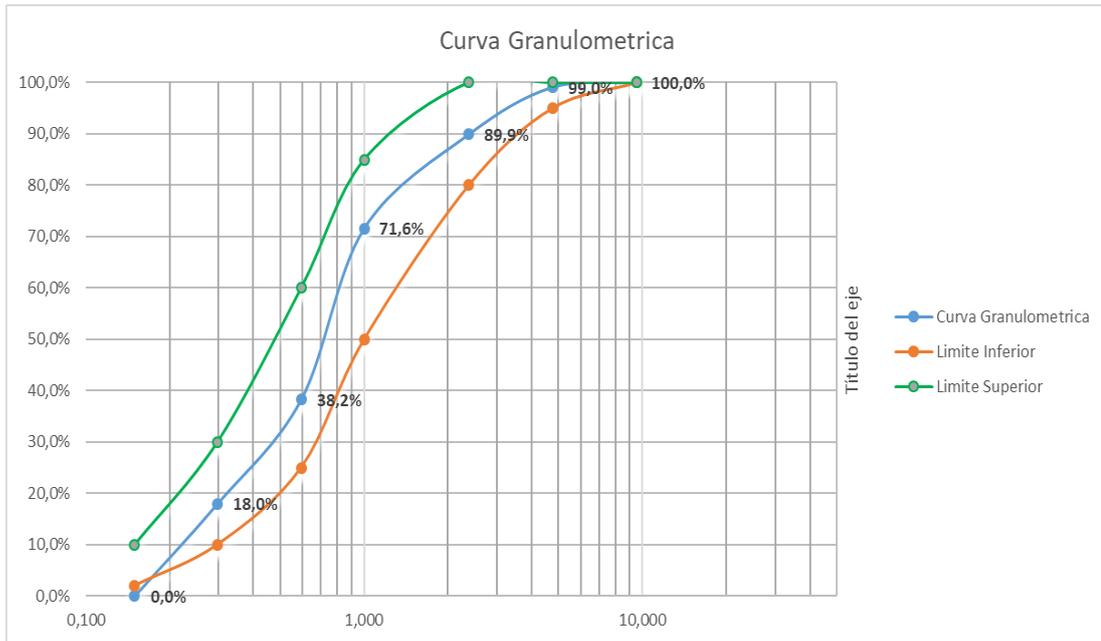
Tabla 14 Granulometría de Finos

TAMIZ		Cantidad Retenida Parcial	Cantidad Retenida Acumulada	Cantidad que pasa Acumulada	Porcentaje			Observación
N°	pulg.				Retenido Acumulada	Retenido Acumulado	Pasante Acumulado	
3 / 8	0,375	0	0	984,5	0,00%	0,00%	100,0%	
4	0,187	9,48	9,48	975,02	0,96%	0,96%	99,0%	
8	0,0937	90,2	99,68	884,82	9,16%	10,12%	89,9%	
16	0,0394	180,2	279,88	704,62	18,30%	28,43%	71,6%	
30	0,0234	328,4	608,28	376,22	33,36%	61,79%	38,2%	
50	0,0117	199,3	807,58	176,92	20,24%	82,03%	18,0%	
100	0,0059	176,92	984,5	0	17,97%	100,00%	0,0%	
Fondo		14,3						
<b>TOTAL</b>		<b>998,8</b>						

PESO ANTES DEL TAMIZADO :		1000,00 g
PESO DESPUÉS DEL TAMIZADO :		998,80 g
ERROR :	(PAT - PDT)/PAT*100	0,12
CORRECCIÓN		0,017142857
MODULO DE FINURA:		2,83

Fuente: El Autor.

Tabla 15 Curva Granulométrica Finos



Fuente: El Autor.

En la Tabla 15 se puede apreciar que la curva granulométrica realizada en la arena está dentro de los límites impuesto en la normativa ASTM C33, teniendo un módulo de finura de 2.83 cumpliendo con el rango óptimo e ideal para la realización de mezcla homogénea de hormigón simple.

### 3.4. Granulometría de gruesos.

Se conoció el tamaño máximo nominal del agregado grueso a través de granulometría por vía seca siguiendo los parámetros de gradación establecido en las normas NTE INEN 0852 y ASTM C33.

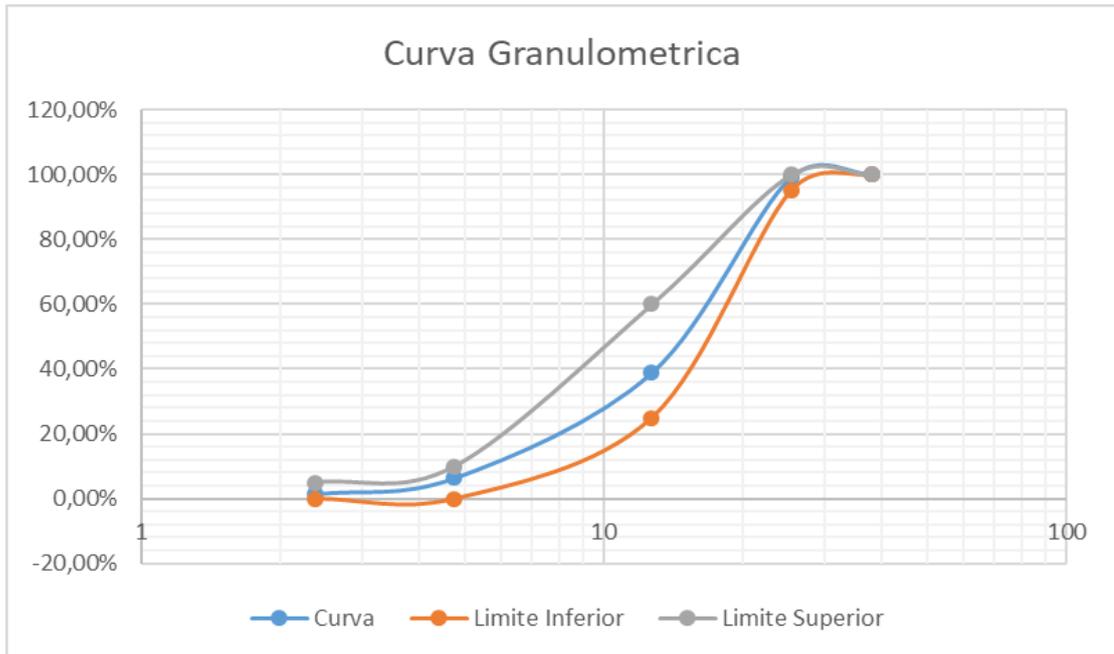
Tabla 16 Granulometría Gruesa

TAMIZ		Cantidad Retenida	Cantidad Retenida	Cantidad que pasa	Porcentaje			Observación
Nº	pulg.	Parcial	Acumulada	Acumulada	Retenido Acumulada	Retenido Acumulado	Pasante Acumulado	
	1 1 / 2	0,00	0,00	2499,20	0,00%	0,00%	100,00	
	1	22,00	22,00	2477,20	0,88%	0,008803	99,12	
	3 / 4	594,00	616,00	1883,20	23,77%	0,246479	75,35	
	1 / 2	912,00	1528,00	971,20	36,49%	0,611396	38,86	
	3 / 8	347,00	1875,00	624,20	13,88%	75,02%	24,98	
4	0,187	466,00	2341,00	158,20	18,65%	93,67%	6,33	
8	0,0937	124,00	2465,00	34,20	4,96%	98,63%	1,37	
Fondo		34,20	2499,20	0,00	1,37%	100,00%	0,00	
<b>TOTAL</b>		<b>2499,20</b>	2499,20					

<b>PESO ANTES DEL TAMIZADO :</b>	2500,00 g
<b>PESO DESPUÉS DEL TAMIZADO :</b>	2499,20 g
<b>ERROR :</b>	(PAT - PDT)/PAT * 100 0,03
<b>CORRECCIÓN</b>	0,005
<b>MODULO DE FINURA:</b>	4,54

Fuente: El Autor.

Tabla 17 Curva Granulométrica Gruesa.



Fuente: El Autor.

Para la realización de granulometría gruesa se utilizó material de  $\frac{3}{4}$ " con énfasis en la granulometría de  $1\frac{1}{2}$ " obteniendo un tamaño máximo nominal del agregado grueso de 1". Tal como se ve en la Tabla 17. La granulometría efectuada está dentro de los parámetros establecidos en los límites ASTM C33.

### 3.5. Peso volumétrico suelto y compacto.

Se realizó dos pruebas para cada uno de los agregados áridos y pétreos, con el objeto de tener un promedio entre las dos muestras para obtener una mejor apreciación de la calidad del material a utilizarse. Véase la Tabla 18, 19 y 20 para los resultados.

Tabla 18 Peso volumétrico suelto.

<b>PESO VOLUMETRICO SUELTO</b>					
<b>GRAVA</b>					
<b>Prueba</b>	<b>Peso del recipiente (gr)</b>	<b>Peso del recipiente + grava (gr)</b>	<b>Peso de la grava (gr)</b>	<b>Volumen del Recipiente (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso Volumétrico de la grava (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>1</b>	<b>3410</b>	<b>4326</b>	<b>916</b>	<b>689.54</b>	<b>1328.41</b>
<b>2</b>	<b>3406</b>	<b>4306</b>	<b>900</b>	<b>698.49</b>	<b>1288.49</b>
<b>ARENA</b>					
<b>Prueba</b>	<b>Peso del recipiente (gr)</b>	<b>Peso del recipiente + Arena (gr)</b>	<b>Peso de la arena (gr)</b>	<b>Volumen del Recipiente (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso Volumétrico de la arena (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>1</b>	<b>3410</b>	<b>4396</b>	<b>986</b>	<b>689.54</b>	<b>1429.93</b>
<b>2</b>	<b>3406</b>	<b>4365</b>	<b>959</b>	<b>698.49</b>	<b>1372.96</b>

Fuente: El Autor.

El valor del peso volumétrico oscila entre  $1100 \text{ kg/m}^3$  y  $1600 \text{ kg/m}^3$ .

Tabla 19 Peso volumétrico compactado.

<b>PESO VOLUMETRICO COMPACTADO</b>					
<b>GRAVA</b>					
<b>Prueba</b>	<b>Peso del recipiente (gr)</b>	<b>Peso del recipiente + grava (gr)</b>	<b>Peso de la grava (gr)</b>	<b>Volumen del Recipiente (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso Volumétrico de la grava (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>1</b>	<b>3410</b>	<b>4398</b>	<b>988</b>	<b>689.54</b>	<b>1432.83</b>
<b>2</b>	<b>3406</b>	<b>4442</b>	<b>1036</b>	<b>698.49</b>	<b>1483.19</b>
<b>ARENA</b>					
<b>Prueba</b>	<b>Peso del recipiente (gr)</b>	<b>Peso del recipiente + Arena (gr)</b>	<b>Peso de la arena (gr)</b>	<b>Volumen del Recipiente (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso Volumétrico de la arena (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
<b>1</b>	<b>3410</b>	<b>4399</b>	<b>989</b>	<b>689.54</b>	<b>1434.28</b>
<b>2</b>	<b>3406</b>	<b>4365</b>	<b>983</b>	<b>698.49</b>	<b>1407.32</b>

**Fuente:** El Autor.

*Tabla 20 Peso volumétrico promediado.*

Material	Tipo de peso volumétrico	Peso Promediado (Kg/m <sup>3</sup> )
Arena	<b>suelto</b>	<b>1401,43</b>
Grava		<b>1308,45</b>
Arena	<b>compacto</b>	<b>1420,80</b>
Grava		<b>1458,01</b>

**Fuente:** El Autor.

### **3.6.Gravedad específica y absorción de agregados.**

Este ensayo se lo realizó para determinar tanto la densidad relativa saturada como la superficialmente seca y el porcentaje de absorción de los agregados gruesos y finos basándose en lo establecido en la normativa NTE INEN 0857.

*Tabla 21 Gravedad y absorción del agregado grueso.*

Agregado	Gravedad específica Bulk (Ge)	Gravedad Específica Saturada (Ges)	Gravedad Específica Aparente (Gea)	Absorción (%)
<b>Grueso</b>	2,39	2,47	2,45	1,22

**Fuente:** El Autor.

Para el agregado grueso se utilizó la canastilla y una muestra de 5 Kg obtenida a través del cuarteo, la cual fue previamente lavada para eliminar impureza y secada al horno durante 24 horas a una temperatura de (105 ±5°C). La muestra secada es puesta de nuevo en agua por 24 horas y secada sobre un paño absorbente.

*Tabla 22 Gravedad y absorción agregado fino.*

Agregado	Masa de Agua Añadida (Ma)	Gravedad Específica Bulk (Ge)	Gravedad Específica Saturada (Ges)	Absorción (%)
<b>Fino</b>	190,99	1,25	1,61	4,5

**Fuente:** El Autor.

Para el ensayo de agregado fino se utilizó el matraz y una muestra de 500gr, los cuales se los llenara de agua con el fin determinar si la muestra tiene burbujas de aire en caso de no existir se deberá proseguir al secado en el horno.

### 3.7.Densidad del cemento.

Se realizó los cálculos respectivos según lo establecido en la norma NTE INEN 2380 para conocer la densidad del cemento se realizaron dos ensayos para más exactitud.

Tabla 23 Densidad del Cemento Portland.

Tipo de Cemento	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )
GU	2869

Fuente: El Autor.

### 3.8.Peso del cilindro.

El peso de los cilindros va disminuyendo a medida que aumenta el porcentaje de fibra de banano y cascarilla de arroz en las distintas dosificaciones como se puede observar en la Tabla 24.

Tabla 24 Peso de los cilindros a los 7, 14, 21 y 28 días.

Dosificación	Tiempos (Días)	Peso (Kg)
<b>Hormigón simple</b>	7	13,00
	14	13,00
	21	13,00
	28	13,00
<b>CA 2%</b>	7	12,60
	14	12,45
	21	12,40
	28	12,20
<b>CA 4%</b>	7	12,40
	14	12,35
	21	12,30
	28	12,15
	7	12,25
	14	12,20

<b>CA 6%</b>	21	12,15
	28	12,10
<b>CA 8%</b>	7	12,20
	14	12,10
	21	12,05
	28	12,00
<b>CA 10%</b>	7	12,00
	14	11,95
	21	11,80
	28	11,60
<b>FB 2%</b>	7	12,40
	14	12,25
	21	12,15
	28	12,10
<b>FB 4%</b>	7	12,20
	14	12,17
	21	12,10
	28	12,00
<b>FB 6%</b>	7	12,10
	14	12,00
	21	11,90
	28	11,85
<b>FB 8%</b>	7	12,00
	14	11,95
	21	11,80
	28	11,70
<b>FB 10%</b>	7	11,90
	14	11,79
	21	11,65
	28	11,50

**Fuente:** El Autor.

### **3.9.Resistencia a la compresión.**

El ensayo de resistencia a la compresión se realizó a cuatro muestras de cada tipo de cilindro a los 7, 14, 21 y 28 días respectivamente, dando como resultado que en la dosificación de 2% de CA y FB, pasando por los 28 días de curado se obtuvo una

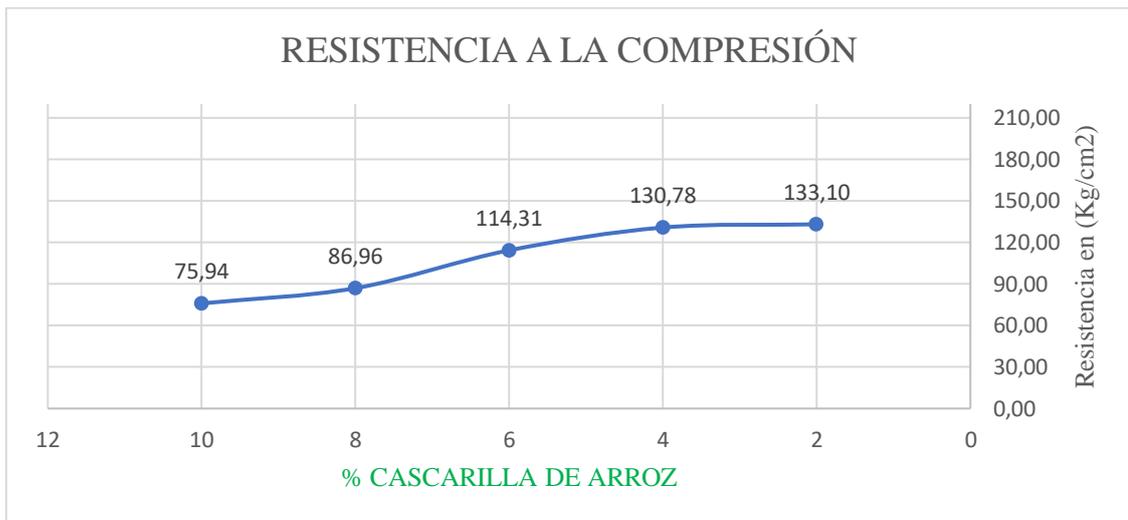
resistencia igual a la muestra de hormigón simple convencional, los datos se pueden observar en la Tabla 25, 26, 27 y 28.

*Tabla 25 Resistencia a la compresión de los cilindros a los 7 días de curado.*

Descripción	Edad	Porcentaje	Peso	Ancho	Alto	Área	Carga	Resistencia	Resistencia
	de curado	usado							
	(Días)	(%)	Kg	cm	cm	cm <sup>2</sup>	Kg	(Kg/cm <sup>2</sup> )	Mpa
<b>Hormigón Simple</b>	7	0	13,00	15,00	30,00	176,71	24530	138,81	13,61
<b>Cascarilla de Arroz</b>	7	2	12,60	15,00	31,00	176,71	23520	133,10	13,05
	7	4	12,40	15,00	29,70	176,71	23110	130,78	12,82
	7	6	12,25	15,00	30,00	176,71	20200	114,31	11,21
	7	8	12,20	15,20	31,00	181,46	15780	86,96	8,53
	7	10	12,00	15,00	30,80	176,71	13420	75,94	7,45
<b>Fibra de Banano</b>	7	2	12,40	15,20	30,50	181,46	23800	131,16	12,86
	7	4	12,20	15,00	30,50	176,71	22950	129,87	12,74
	7	6	12,10	15,30	29,80	183,85	20820	113,24	11,11
	7	8	12,00	15,20	30,40	181,46	16040	88,39	8,67
	7	10	11,90	15,00	31,00	176,71	12450	70,45	6,91

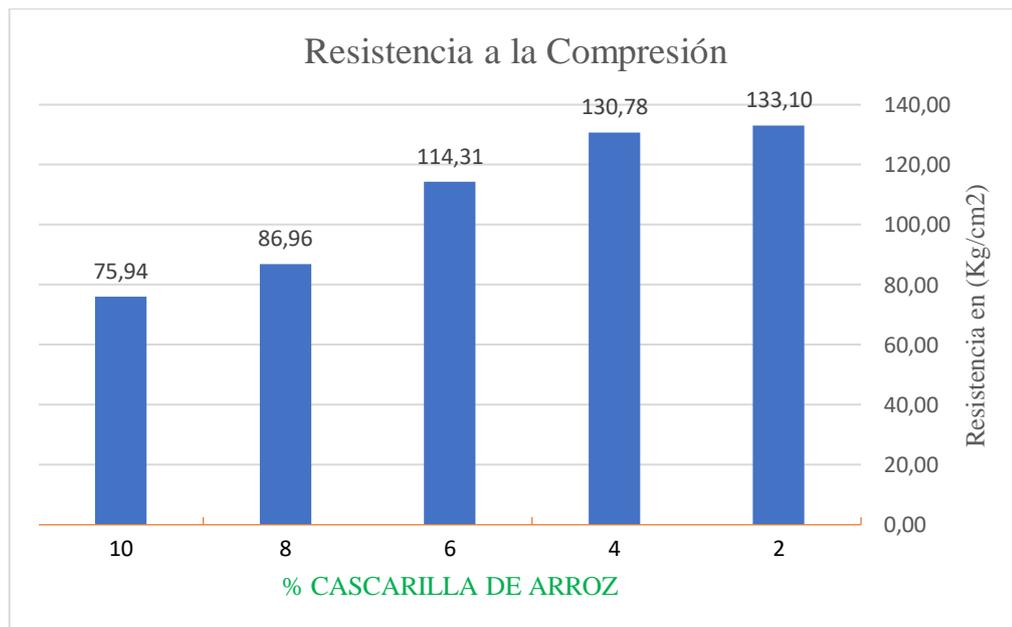
**Fuente:** El Autor.

Fig. 14 Resistencia cascarilla de arroz a los 7 días de curado.



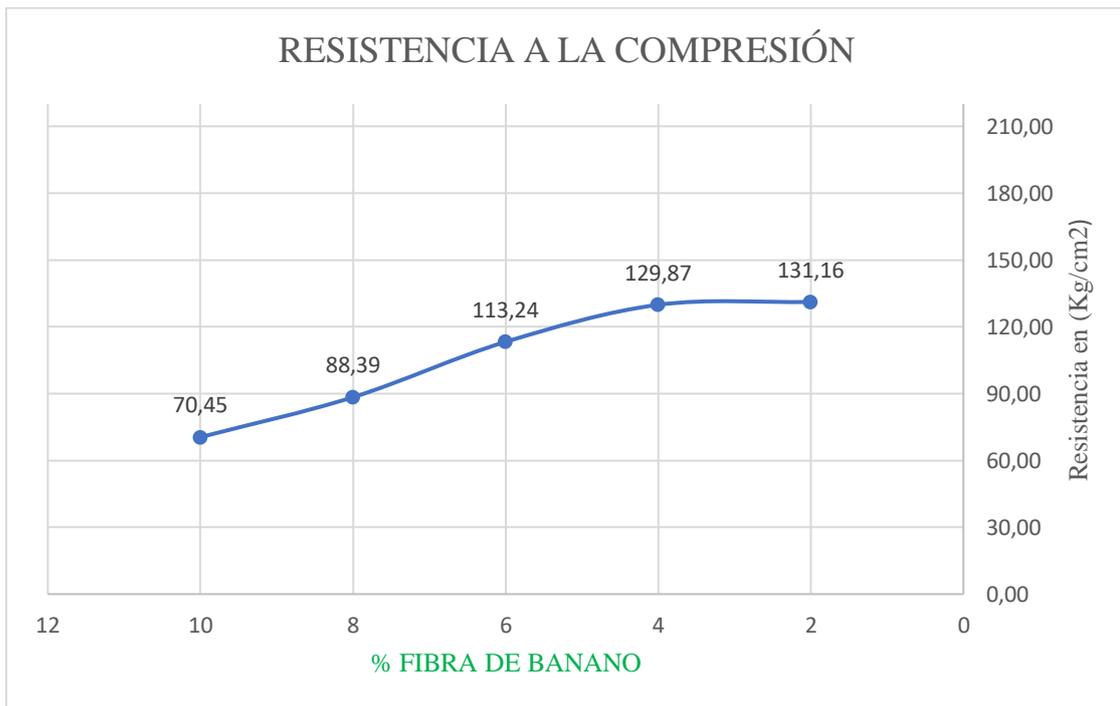
Fuente: El Autor.

Fig. 15 Resistencia cascarilla de arroz a los 7 días en barras.



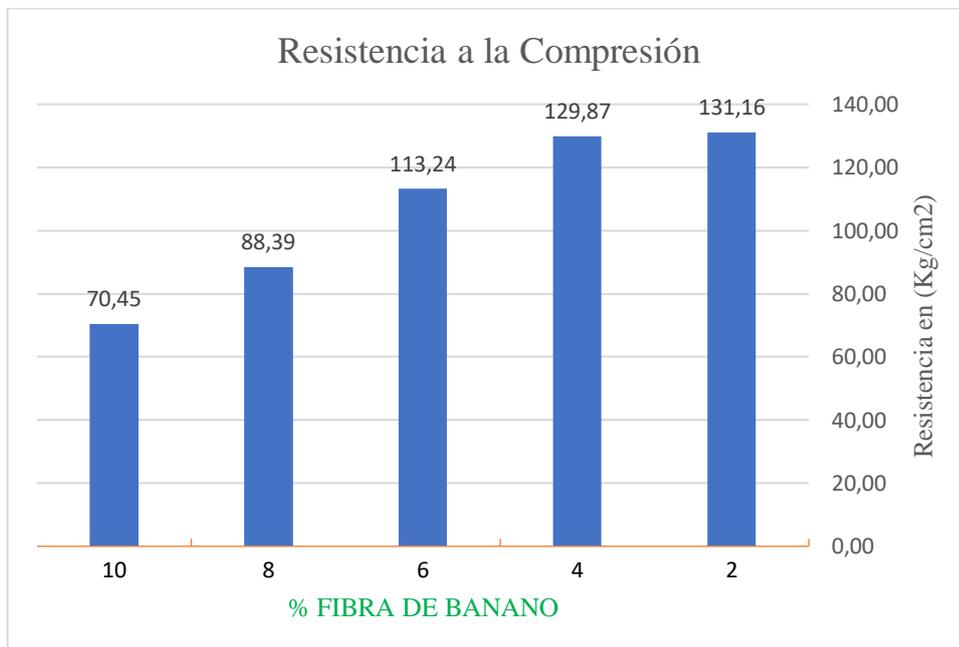
Fuente: El Autor.

Fig. 16 Resistencia fibra de banano a los 7 días de curado.



Fuente: El Autor.

Fig. 17 Resistencia fibra de banano a los 7 días en barras.



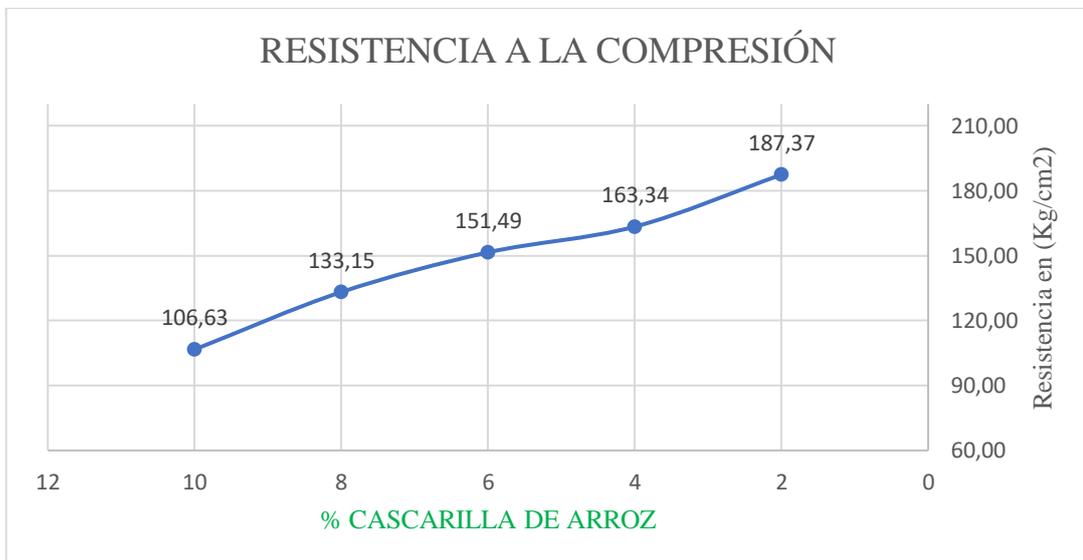
Fuente: El Autor.

Tabla 26 Resistencia a la compresión de los cilindros a los 14 días de curado.

Descripción	Edad	Porcentaje	Peso	Ancho	Alto	Área	Carga	Resistencia	Resistencia
	de curado (Días)	usado (%)							
<b>Hormigón Simple</b>	14	0	13,00	15,00	30,00	176,71	33200	187,87	18,42
	14	2	12,45	14,70	30,50	169,72	31800	187,37	18,37
<b>Cascarilla de Arroz</b>	14	4	12,35	15,20	30,80	181,46	29640	163,34	16,02
	14	6	12,20	15,00	30,70	176,71	26770	151,49	14,86
	14	8	12,10	15,00	31,00	176,71	23530	133,15	13,06
	14	10	11,95	15,50	30,50	188,69	20120	106,63	10,46
	14	2	12,25	14,70	30,80	169,72	31120	183,36	17,98
<b>Fibra de Banano</b>	14	4	12,17	14,90	31,00	174,37	29320	168,15	16,49
	14	6	12,00	15,00	30,70	176,71	26900	152,22	14,93
	14	8	11,95	15,00	30,50	176,71	23010	130,21	12,77
	14	10	11,79	15,20	30,70	181,46	19950	109,94	10,78
	14	2	12,25	14,70	30,80	169,72	31120	183,36	17,98

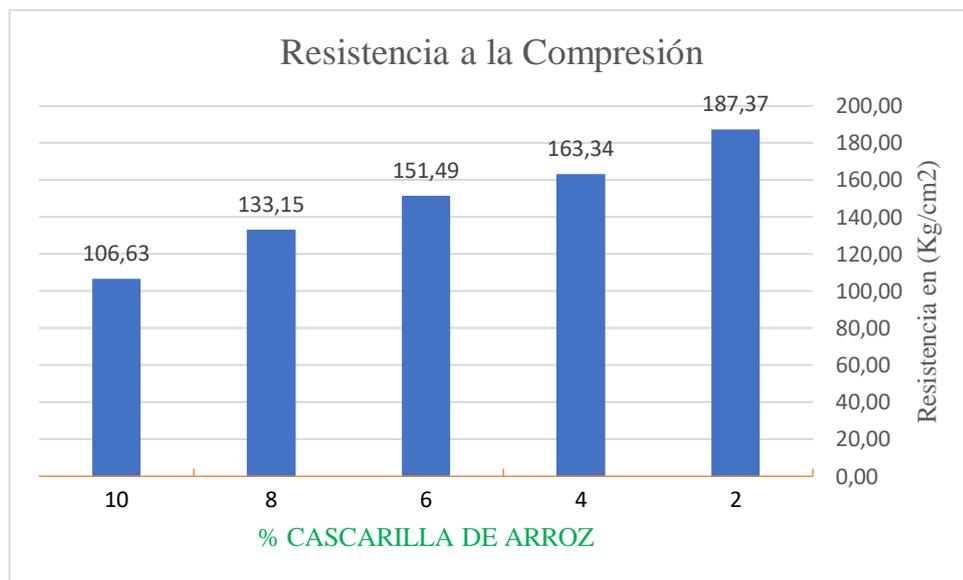
Fuente: El Autor.

Fig. 18 Resistencia cascarilla de arroz a los 14 días de curado.



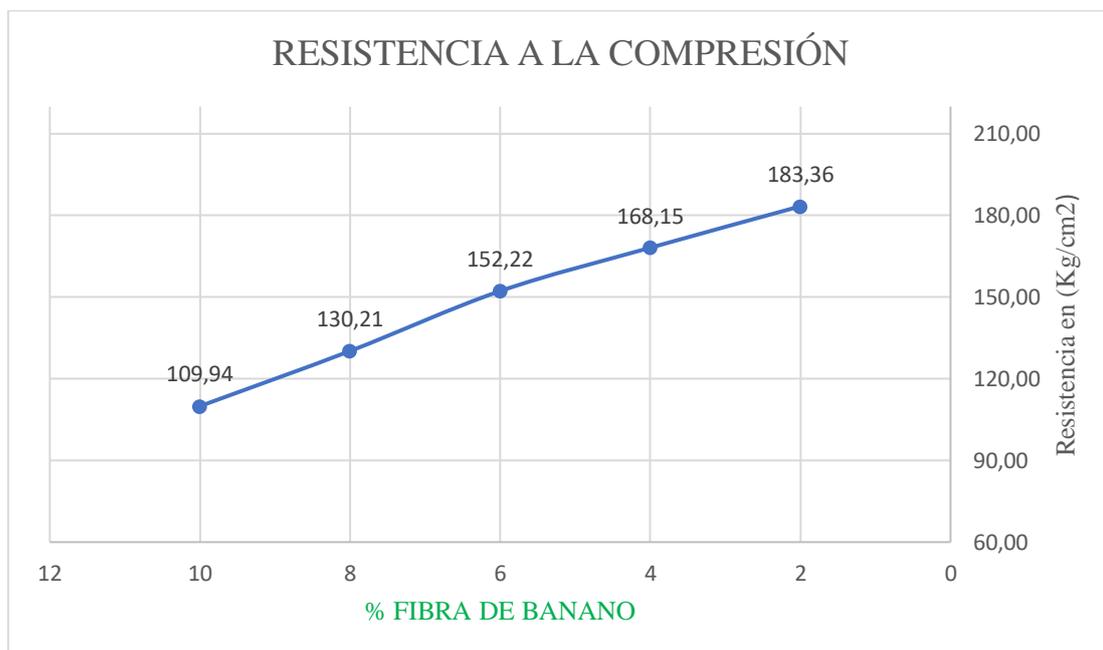
Fuente: El Autor.

Fig. 19 Resistencia cascarilla de arroz a los 14 días en barras.



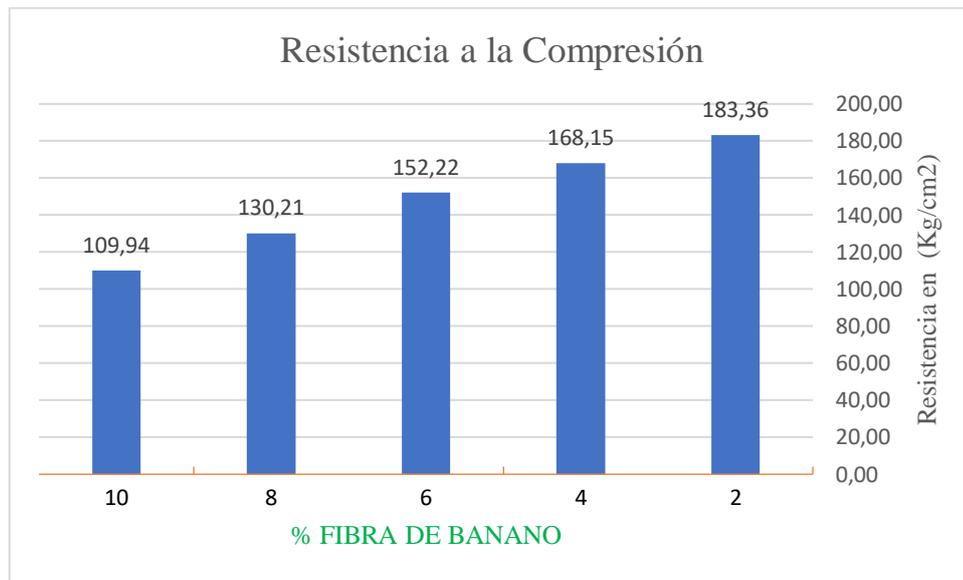
Fuente: El Autor.

Fig. 20 Resistencia fibra de banano a los 14 días de curado.



Fuente: El Autor.

Fig. 21 Resistencia fibra de banano a los 14 días en barras.



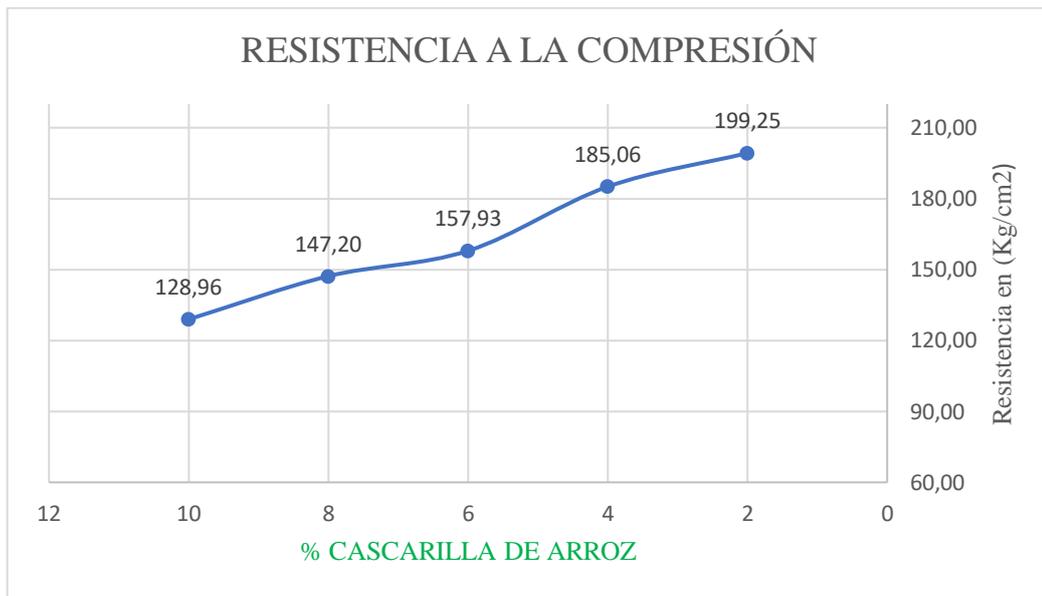
Fuente: El Autor.

Tabla 27 Resistencia a la compresión de los cilindros a los 21 días de curado.

Descripción	Edad de curado (Días)	Porcentaje usado (%)	Peso Kg	Ancho cm	Alto cm	Área cm <sup>2</sup>	Carga Kg	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Mpa
<b>Hormigón Simple</b>	21	0	13,00	15,00	30,00	176,71	35600	201,45	19,76
	21	2	12,40	15,00	30,50	176,71	35210	199,25	19,54
<b>Cascarilla de Arroz</b>	21	4	12,30	15,10	31,00	179,08	33140	185,06	18,15
	21	6	12,15	15,50	31,00	188,69	29800	157,93	15,49
	21	8	12,05	15,20	30,50	181,46	26710	147,20	14,44
	21	10	11,80	15,20	30,80	181,46	23400	128,96	12,65
<b>Fibra de Banano</b>	21	2	12,15	15,00	30,60	176,71	34990	198,00	19,42
	21	4	12,10	15,20	31,00	181,46	33280	183,40	17,99
	21	6	11,90	15,30	30,50	183,85	29110	158,33	15,53
	21	8	11,80	15,50	30,20	188,69	26200	138,85	13,62
	21	10	11,65	15,00	30,10	176,71	22140	125,29	12,29

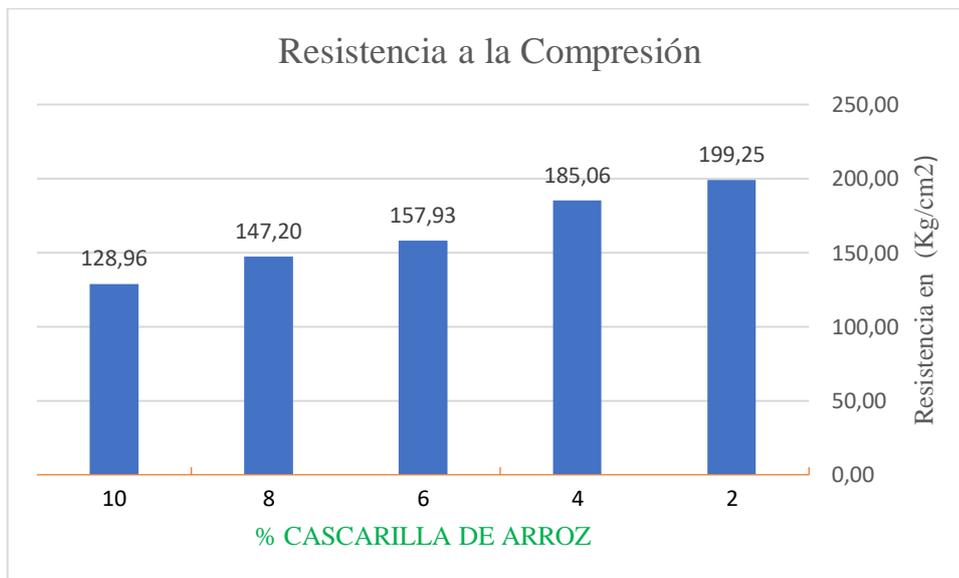
Fuente: El Autor.

Fig. 22 Resistencia cascarilla de arroz a los 21 días de curado.



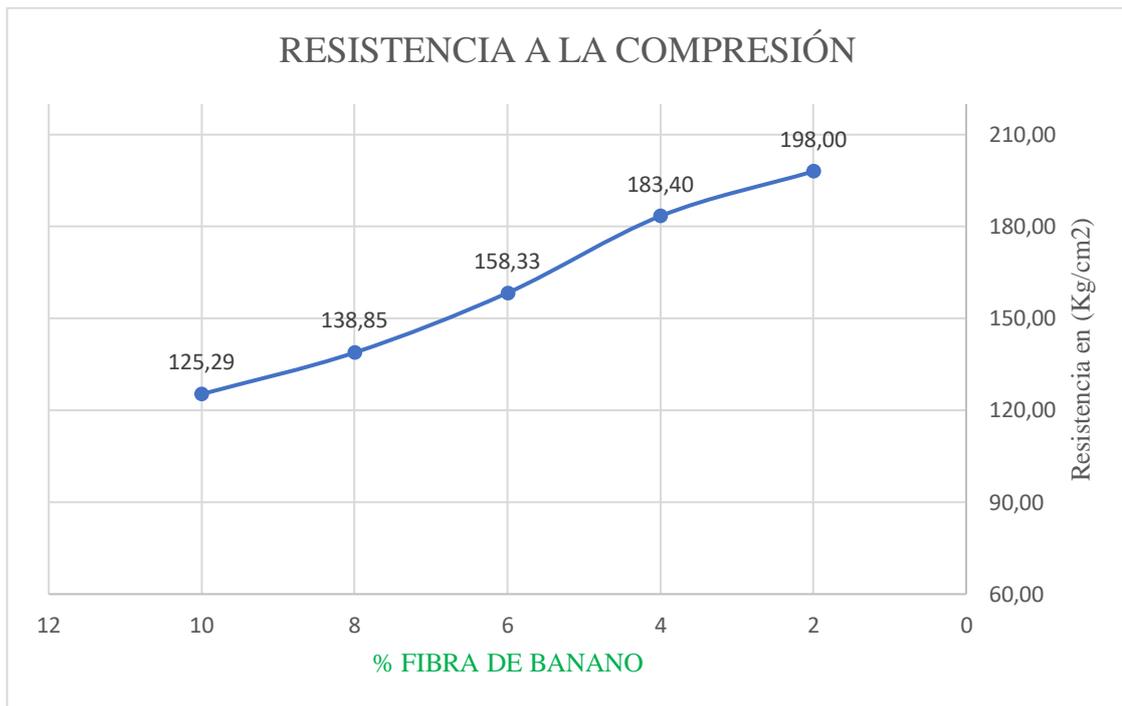
Fuente: El Autor.

Fig. 23 Resistencia cascarilla de arroz a los 21 días en barras.



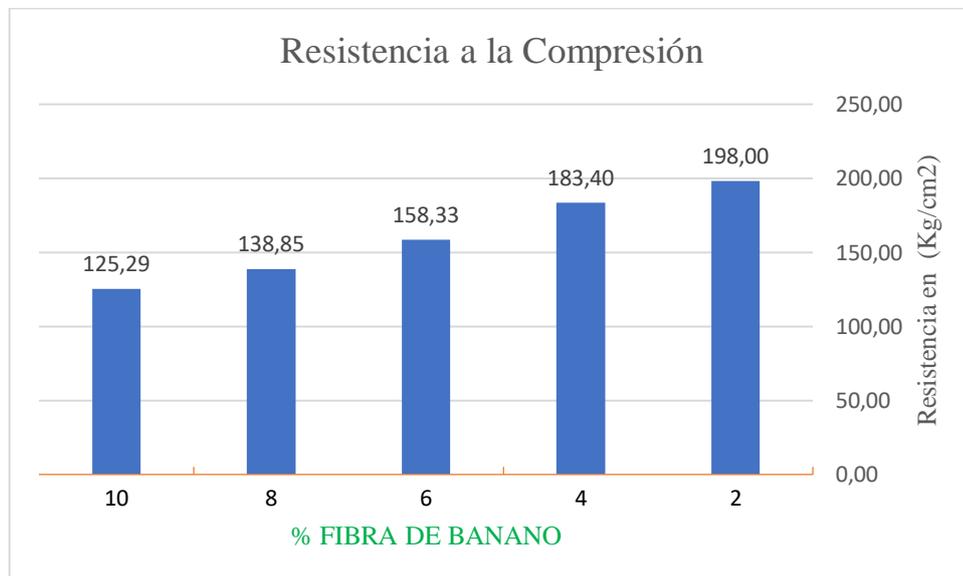
Fuente: El Autor.

Fig. 24 Resistencia fibra de banano a los 21 días de curado.



Fuente: El Autor.

Fig. 25 Resistencia fibra de banano a los 21 días en barras.



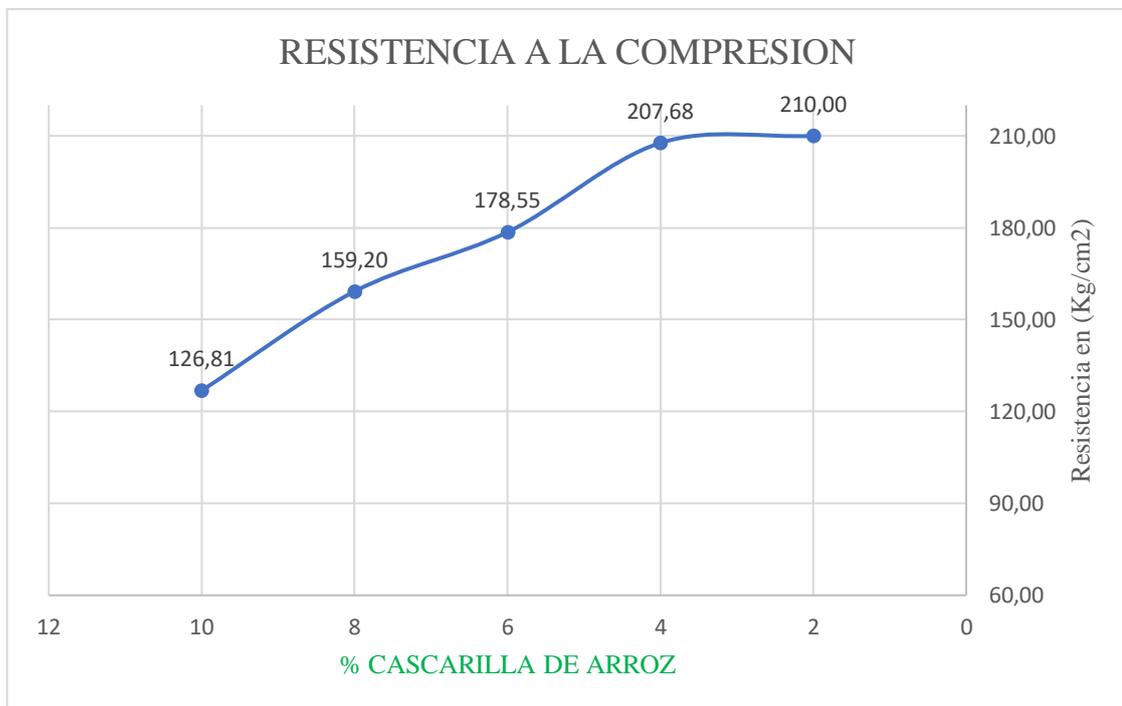
Fuente: El Autor.

Tabla 28 Resistencia a la compresión de los cilindros a los 28 días de curado.

Descripción	Edad de curado		Peso	Ancho	Alto	Área	Carga	Resistencia	Resistencia
	(Días)	Porcentaje usado (%)							
<b>Hormigón Simple</b>	28	0	13,00	15,00	30,00	176,71	37250	210,79	20,67
<b>Cascarilla de Arroz</b>	28	2	12,20	15,00	30,80	176,71	37110	210,00	20,59
	28	4	12,15	15,00	31,00	176,71	36700	207,68	20,37
	28	6	12,10	15,20	30,70	181,46	32400	178,55	17,51
	28	8	12,00	15,10	30,50	179,08	28510	159,20	15,61
	28	10	11,60	15,00	30,60	176,71	22410	126,81	12,44
<b>Fibra de Banano</b>	28	2	12,10	15,00	30,50	176,71	37020	209,49	20,54
	28	4	12,00	15,20	30,70	181,46	35900	197,84	19,40
	28	6	11,85	15,10	31,00	179,08	31750	177,30	17,39
	28	8	11,70	15,00	30,80	176,71	28140	159,24	15,62
	28	10	11,50	15,00	30,50	176,71	23200	131,29	12,87

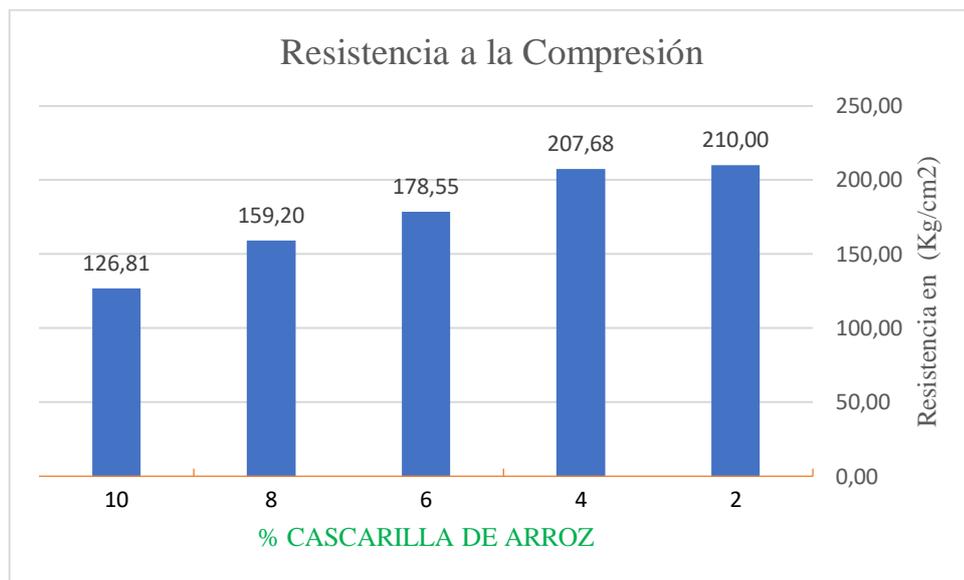
Fuente: El Autor.

Fig. 26 Resistencia cascarilla de arroz a los 28 días de curado.



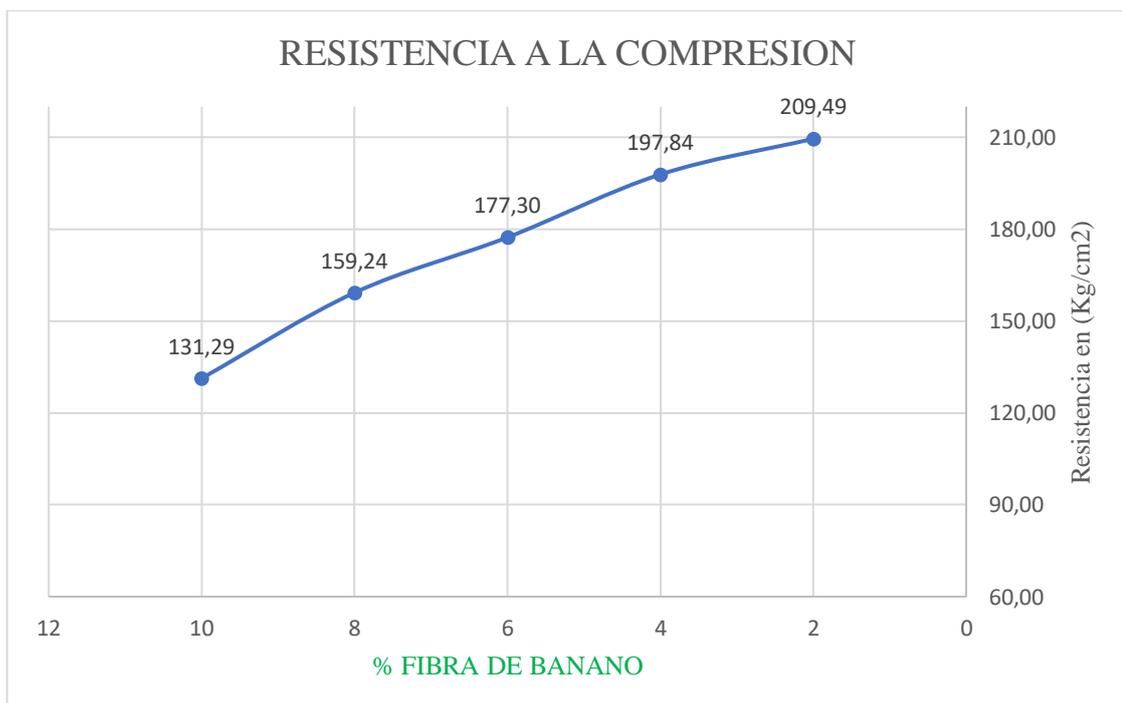
Fuente: El Autor.

Fig. 27 Resistencia cascarilla de arroz a los 28 días en barras.



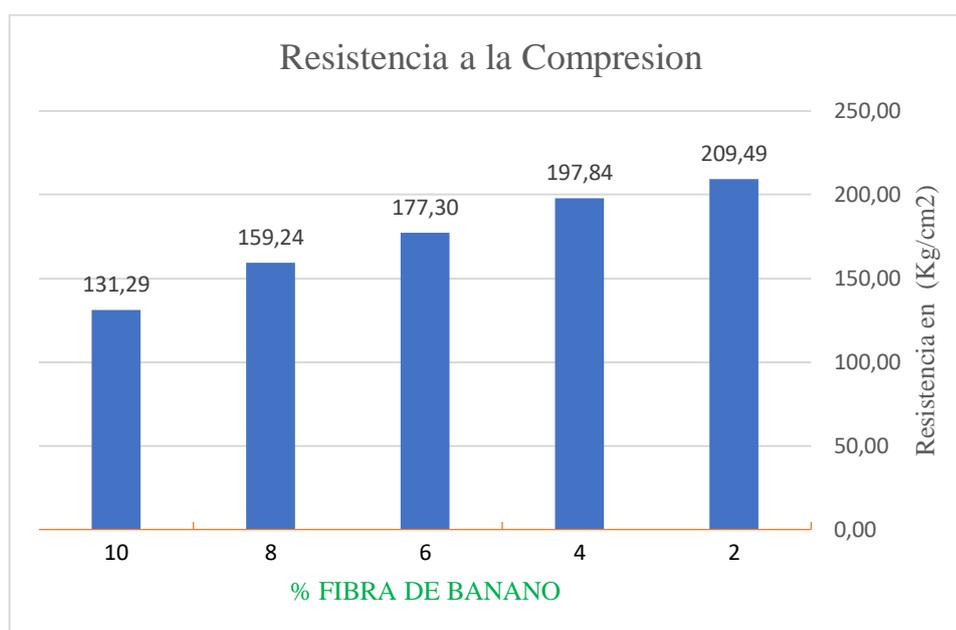
Fuente: El Autor.

Fig. 28 Resistencia fibra de banano a los 28 días de curado.



Fuente: El Autor.

Fig. 29 Resistencia fibra de banano a los 28 días en barras.



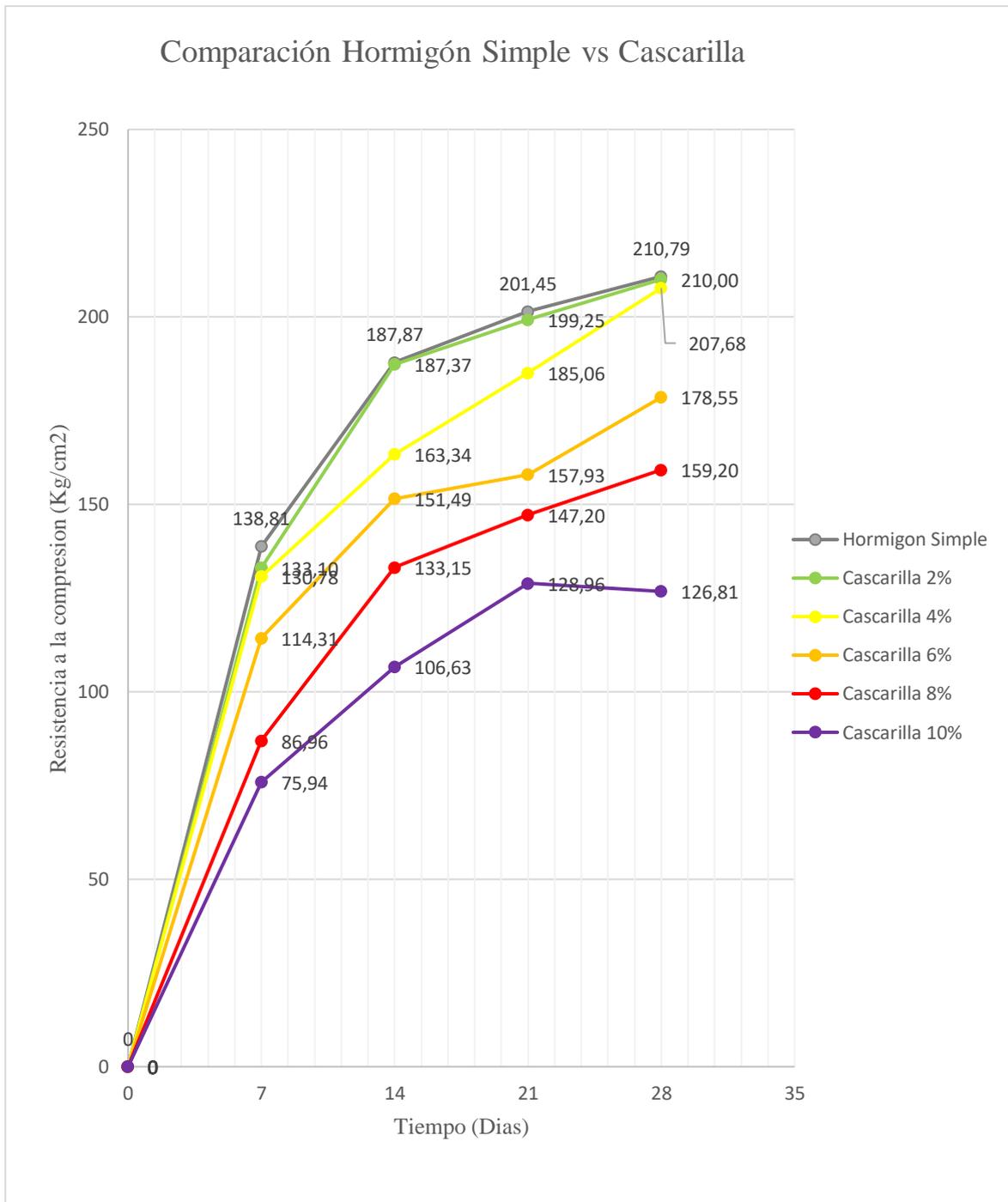
Fuente: El Autor.

Tabla 29 Resistencia a la compresión de los cilindros a los 7, 14, 21 y 28 días

Dosificación	Porcentaje usado (%)	Resistencia a la compresión kg/cm <sup>2</sup>			
		7 días	14 días	21 días	28 días
<b>Hormigón simple</b>	0	138,81	187,87	201,45	210,79
<b>Cascarilla de arroz</b>	2	133,10	187,37	199,25	210,00
	4	130,78	163,34	185,06	207,68
	6	114,31	151,49	157,93	178,55
	8	86,96	133,15	147,20	159,20
	10	75,94	106,63	128,96	126,81
<b>Fibra de Banano</b>	2	131,16	183,36	198,00	209,49
	4	129,87	168,15	183,40	197,84
	6	113,24	152,22	158,33	177,30
	8	88,39	130,21	138,85	159,24
	10	70,45	109,94	125,29	131,29

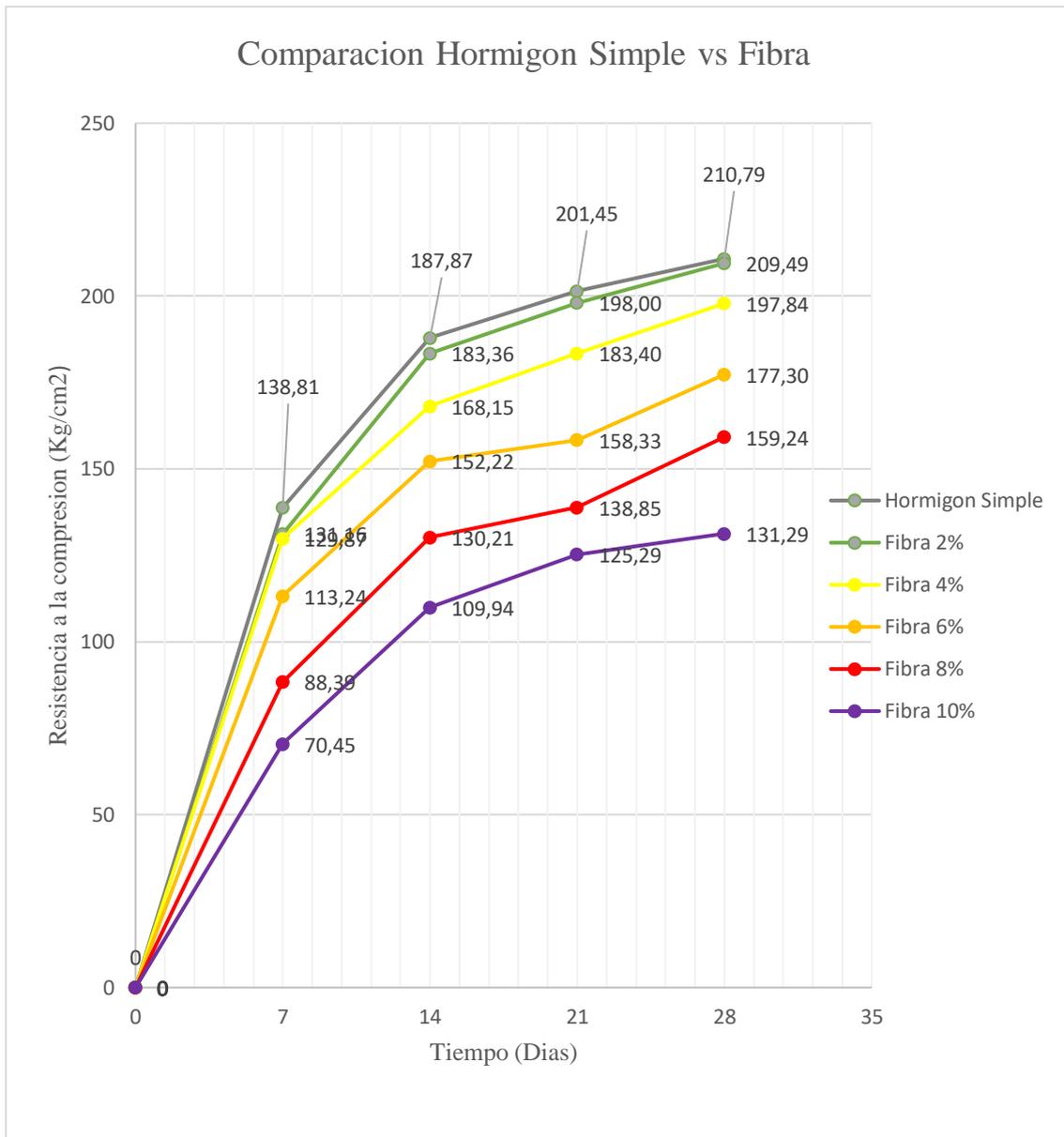
Fuente: El Autor.

Tabla 30 Comparación de resistencia entre el hormigón tradicional y la cascarilla de arroz a distintos porcentajes.



**Fuente:** El Autor.

Tabla 31 Comparación de resistencia entre el hormigón tradicional y la fibra de banano a distintos porcentajes.



Fuente: El Autor.

#### IV. CONCLUSIONES

Para la obtención de las distintas dosificaciones utilizadas en la elaboración de los cilindros de fibra de banano y cascarilla de arroz, se tomó en cuenta el método ACI para realizar la dosificación basándose en los ensayos realizados en los materiales que componen la mezcla, donde se reemplazó parte de material árido por el material alternativo en este caso la FB y CA, es decir reemplazando el árido en un 2%, 4%, 6%, 8% y 10% respectivamente por el material alternativo.

Se determinó las características necesarias que debe tener cada material para la obtención de un hormigón que soporte  $210 \text{ kg/cm}^2$  de esfuerzo a la compresión, para la fabricación de  $1\text{m}^3$  se necesitará 283.2 kg de cemento, 346.7 kg de arena, 994.43 kg de grava y 187,30 kg de agua para la dosificación de la muestra cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma NTE INEN y ASTM.

A través de los ensayos de resistencia se pudo verificar, que los cilindros tanto de cascarilla de arroz como fibra de banano en sus dosificaciones de 2% y 4% cumplen favorablemente con los requerimientos para la resistencia a la compresión establecidos en la normativa NTE INEN y ASTM.

A través del ensayo de compresión se comprobó que los cilindros a base de cascarilla de arroz y fibra de banano en sus dosificaciones de 2% a 4%, se obtuvo una resistencia de  $210 \text{ kg/cm}^2$  al 2% de dosificación, otra de  $207.68 \text{ kg/cm}^2$  para el 4% de dosificación en la cascarilla de arroz, mientras que para la fibra de banano se alcanzó una resistencia de  $209.49 \text{ kg/cm}^2$  al 2% de dosificación y para el 4% se obtuvo una resistencia de  $197.84 \text{ kg/cm}^2$ .

Se obtuvo un hormigón que no solo cumple con la resistencia requerida sino también que es un poco más ligero en comparación a una muestra de hormigón tradicional entre más material se reemplace más ligero se vuelve el concreto, pero también pierde resistencia lo cual no es recomendable. Llegando a pesar 13 Kg el hormigón tradicional mientras que las muestras de hormigón alternativo a base de usado el 2% fibra pesa 12.10 Kg a los 28 días de curado mientras que el hormigón a base de cascarilla igualmente al 2% llega a pesar 12.20 Kg, teniendo como resultado una considerable reducción de peso.

Al realizar un análisis comparativo se conoció que las probetas de hormigón alternativo alcanzan a las probetas de hormigón tradicional, llegando a tener resistencias muy

parecidas entre sí al cumplir los 28 días de curado. Siendo obtenidas solamente sustituyendo el material árido en porcentajes de 2% a 4%.

Mediante esta investigación se trata de aprovechar e impulsar el uso de recursos locales en la fabricación de hormigón minorando así el impacto en ríos y canteras de donde se extraen los agregados áridos y pétreos.

## **V. RECOMENDACIONES**

Para este tipo de investigación se deberá tomar en cuenta la calidad de materia prima que se piensa emplear en la fabricación de hormigón, el aporte significativo que este tendrá de acuerdo a sus propiedades físicas al momento de emplearse en la mezcla. Uno de los factores principales a tomar en cuenta deberá ser la disposición del material utilizado.

Para el proceso de dosificación del hormigón alternativo se deberá realizar los ensayos pertinentes a los agregados según los establecido en la normativa de calidad vigente, durante el proceso de fabricación de los hormigones, para obtener la resistencia requerida cumpliendo así las expectativas que se requieran en la construcción.

Realizar más pruebas analizando distintas aplicaciones que puedan llegar a tener los materiales orgánicos y los hormigones alternativos, en lo que respecta al campo de la ingeniería civil.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

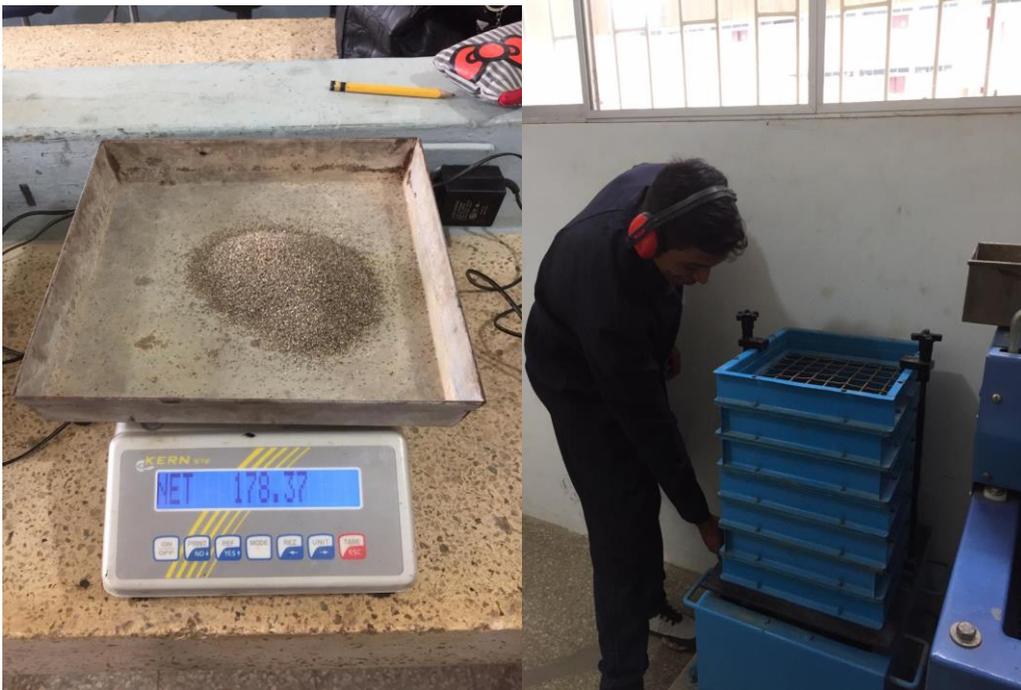
- [1] F. Yopez, F. X. Calderon, «"Diseño de hormigones de alto desempeño: alta resistencia a la compresión, trabajabilidad",» *Avances en ciencias e ingenierías*, pp. 1-2, 2014.
- [2] A. Nistal, M. Retana, T. Ruiz, «"EL HORMIGÓN: HISTORIA, ANTECEDENTES EN OBRAS Y FACTORES",» *Tecnología y Desarrollo*, p. 14, 2012.
- [3] I. Soto, O. Soto, M. Ramalho, «"Propiedades físicas y mecánicas del hormigón usando polvo residual de desechos orgánicos como reemplazo parcial del cemento",» *Ingeniería de construcción*, vol. 33, nº 3, pp. 229-240, 2018.
- [4] J. J. Dopico, F. M. Hernandez, R. L. Day\*\*, B. Middendorf, M. Gehrke, Lesday, «"Desarrollo de hormigones con aglomerante cal-puzolana fina como material cementicio suplementario",» *Ingeniería de Construcción*, vol. 23, nº 3, pp. 171-178, 2008.
- [5] B. Raggiotti, M. Positieri, F. Locati, J. Murra, S. Marfil, «"Zeolite, Study of Aptitude as a Natural Pozzolan Applied to Structural Concrete",» *Journal of Construction*, vol. 14, nº 2, pp. 14-20, 2015.
- [6] V. Santillan, F. Chervaz, «"Actividad puzolánica de cenizas de cascara de arroz. Estudio de factibilidad en el empleo como adición para el cemento",» *Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI)*, pp. 1-8, 2014.
- [7] A. Olivera, M. Caballero, R. Alavéz, «"Biocompuesto cemento tepexil reforzado con fibras de Agave angustifolia Haw. como mortero ligero",» *Ciencias Agrícolas*, vol. Especial, nº 21, pp. 1-9, 2018.
- [8] R. S. Correa, «"Aplicación del Cemento Portland y los Cementos Adicionados",» *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 10, nº 1, pp. 34-36, 2000.
- [9] S. Cabello, L. Campusano, J. Espinoza, C. Sánchez, «"Concreto Poroso: Constitución, variables influyentes y protocolos para su caracterización",» *Cumbres*, vol. 1, nº 1, pp. 64-69, 2015.
- [10] T. Castaño, S. Linsel, A. Alujas, R. Orozco, J. Martirena, «"Influence of very fine fraction of mixed recycled aggregates on the mechanical properties and durability of mortars and concretes",» *Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia*, vol. 1, nº 81, pp. 81-92, 2016.
- [11] P. Diaz, «"Concreto Reforzado con fibra natural de origen animal (plumas de aves)",» *Ingeniería; Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 3, nº 2, pp. 1-4, 2016.
- [12] C. Juarez, J. Mendoza, J. Gonzalez, J. Rodriguez, P. Valdez, «"Mechanical behavior of sustainable building materials using PET waste and industrial by-products",» *Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, vol. 38, nº 3, pp. 247-256, 2015.

- [13] D. Gámez, H. Saldaña, J. Gómez, R. Corral, «"Feasibility study and characterization of aggregates for structural concrete",» *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 35, nº 2, pp. 283-304, 2017.
- [14] V. Letelier, R. Osses, G. Valdés, G. Moricomi, «"Utilización de metodologías para mejorar las propiedades mecánicas del hormigón estructural fabricado con áridos reciclados",» *Ingeniería y Ciencia*, vol. 10, nº 19, pp. 179-195, 2014.
- [15] O. F. L. V. N. Molina, «"Residuos Agroindustriales como adiciones en la elaboración de bloques de concreto no estructural",» *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 25, nº 2, pp. 99-116, 2015.
- [16] A. Salas, M. Barbero, «"Implementación de tecnologías constructivas con fibras vegetales que sean sostenibles en contextos de precariedad",» *IV Congreso Internacional de Estudios del Desarrollo*, pp. 1-26, 2018.
- [17] D. Armas, S. Ruiz, M. Piován, L. Carrión, C. Narváez, «"Caracterización de propiedades mecánicas de las fibras de banano de la corteza y el cuerpo del tallo",» *Científica*, vol. 20, nº 1, pp. 21-31, 2016.
- [18] N. Camargo, C. Higuera, «"Concrete hydraulic modified with silica obtained of the rice husk",» *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 27, nº 1, pp. 91-109, 2016.
- [19] I. Aguila, «"Cementos Puzolánicos, una alternativa para Venezuela",» *TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN*, vol. 17, nº 3, pp. 27-34, 2001.
- [20] A. Sánchez, H. Gil, «"Study of mechanical behavior of mortars modified with sawdust under compression loads",» *Ingeniería y Desarrollo*, vol. 37, nº 1, pp. 21-36, 2019.
- [21] G. Sierra, W. Mera, H. Jonkers, «"Hormigón autorreparable con bacterias y reforzado con fibras naturales: Principios y aplicaciones en Ecuador",» *Alternativas*, vol. 17, nº 3, pp. 207-214, 2016.
- [22] W. Mora, B. Ramón, «"Caracterización térmica, mecánica y morfológica de fibras naturales colombianas con potencial como refuerzo de biocompuestos",» *Ciencias Físicas*, vol. 41, nº 161, pp. 479-489, 2017.
- [23] M. Novoa, L. Becerra, M. Vásquez, «"La ceniza de cascarilla de arroz y su efecto en adhesivos tipo mortero",» *Avances: Investigación en ingeniería*, vol. 11, nº 2, 2016.
- [24] M. H, «"Estudio técnico comparativo de las propiedades físicas entre bloques de manpostería tradicional tipo pómez y bloques de mampostería elaborados a base de cascarilla de arroz como agregado orgánico",» Ecuador, Machala, 2015.
- [25] T. E. Harmsen, "Diseño de Estructuras de Concreto Armado", Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2002.
- [26] K. Fabara, C. Florez, H. Callejas, P. Cajas, «"Aprovechamiento de subproductos de origen carbonatado en la industria del cemento y el concreto: Una revisión para evaluar su

- aplicación en el departamento del Huila",» *Informador Técnico*, vol. 81, nº 2, pp. 151-159, 2017.
- [27] C. Delgado, P. Noles, E. Richard, C. Villafuerte, B. Romero, «"Evaluación del uso de los residuos de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) como agregado en bloques para la construcción",» *V Congreso Iberoamericano sobre Ambiente y Sustentabilidad*, vol. 5, nº 3, pp. 743-751, 2019.
- [28] E. Bernat, F. Puigvertb, H. Abdelmoulac, L. Gild., «"Additioning alfa fibres in cement mortar",» *Revista de la Construcción*, vol. 17, nº 1, pp. 72-84, 2018.
- [29] K. Lázaro, H. Gonzáles, A. Cárdenas, J. Gago., «"Evaluación de las propiedades físicas de material compuesto elaborado con bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) y polipropileno",» *Ciencias Forestales*, vol. 7, nº 38, pp. 79-94, 2016.
- [30] N. Camargo, «"La ceniza de cascarilla de arroz como aporte a la resistencia del concreto hidráulico",» *Orinoquía, Ciencia y Sociedad*, vol. 2, nº 2, pp. 33-38, 2017.
- [31] J. Cardenas, J. Aperador, W. Aperador, M. Pinzón, K. Chunga, M. Ospina, «"Cenizas de cascarilla de arroz para la activación alcalina de cementantes binarios (ceniza volante/escoria de alto horno)",» *Matéria*, vol. 24, nº 1, pp. 3-15, 2019.
- [32] I. N. Ecuatoriana, INEN 872-11 Requisitos de áridos para hormigón, 2011.
- [33] I. N. Ecuatoriana, INEN 0858 Áridos determinación de la masa unitara (peso volumetrico) y el porcentaje de vacios, Quito, 2010.
- [34] I. N. Ecuatoriana, "INEN 156 Cemento hidraulico determinación de la densidad", Quito, 2009.
- [35] I. N. Ecuatoriana, "NTE INEN 573 Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especimenes cilindricos de hormigon de cemento hidráulico", Quito, 2010.
- [36] M. Kosior, J. Krassowska, A. Vidales, C. Piña., «"Fracture Parameters of Basalt Fiber Reinforced Concrete.",» *Anales de Edificación*, vol. 4, nº 3, pp. 52-58, 2018.
- [37] EcuRed, «www.ecured.cu,» 2018. [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Relaci%C3%B3n\\_agua-cemento](https://www.ecured.cu/Relaci%C3%B3n_agua-cemento). [Último acceso: 1 Agosto 2019].
- [38] C. G., «slideshare,» 4 Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/luisloayzabrones/diseo-de-mezclas-del-concreto-tecnologia-de-concreto>. [Último acceso: 25 Julio 2019].
- [39] K.-. V.-. Bereca, «"Resumen de Concreto",» Pucallpa, 2014.
- [40] J. Akasaki, M. Moraes, C. Silva, C. Fioriti, M. Tashima, «"Assessment of the maturity concept in concrete with addition of rice husk ash",» *Ingeniería de Construcción*, vol. 31, nº 3, pp. 175-182, 2016.

## ANEXOS

### ANEXO 1 Memoria fotográfica granulometría de los agregados



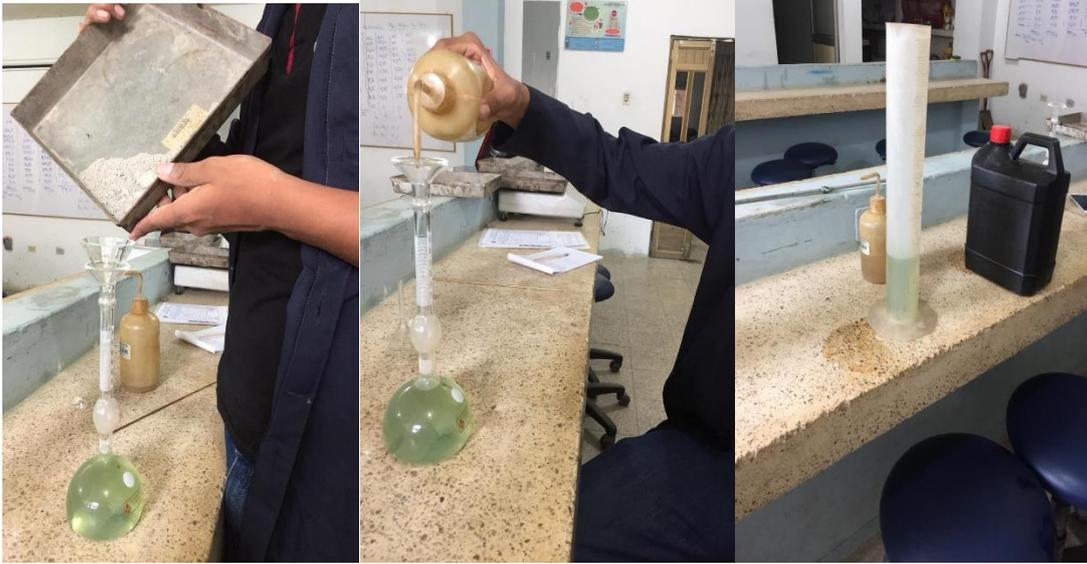
**ANEXO 2 Memoria fotográfica peso volumétrico suelto y compacto.**



**ANEXO 3** Memoria Fotográfica gravedad específica y absorción de los agregados.



**ANEXO 4** Memoria fotográfica densidad del cemento.



**ANEXO 5** Cuarteo del agregado grueso.



**ANEXO 6** Agregados utilizados en la elaboración del hormigón.



**ANEXO 7** Curado y probetas de hormigón.



**ANEXO 8 Resistencia a la compresión.**

