

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON  
REEMPLAZO DEL AGREGADO FINO POR CENIZA DE CASCARILLA  
DE ARROZ**

**ANDREA DEVIA GUEVARA  
Código 2110166  
EMILIA VALENCIA PABÓN  
Código 21210361**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
SECCIONAL DEL ALTO MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL  
GIRARDOT  
2019**

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO CON  
REEMPLAZO DEL AGREGADO FINO POR CENIZA DE CASCARILLA  
DE ARROZ**

**ANDREA DEVIA GUEVARA  
Código 21110166  
EMILIA VALENCIA PABÓN  
Código 21210361**

**Monografía presentada para obtener el título de Ingeniero Civil.**

**Directores:  
ING. MARÍA PAULA SALAZAR SUSUNAGA  
Magister**

**ANCIZAR BARRAGÁN ALTURO  
Magister**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
SECCIONAL ALTO MAGDALENA  
PROGRAMA INGENIERIA CIVIL  
GIRARDOT  
2019**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Girardot, 10 de octubre de 2019

Esta dedicatoria va, primeramente, pensando en el gran amor hacia Dios quien ha hecho posible que, con grandes esfuerzos, llegemos a esta etapa de nuestro hilo profesional. A nuestras familias, quienes siempre estuvieron allí brindándonos su incondicional apoyo y fortaleza. A nuestros compañeros de universidad, quienes se convirtieron en amigos de vida, esos de los que aprendimos y seguiremos aprendiendo mucho a lo largo de este hermoso camino. A la UNIVERSIDAD PILOTO, por apoyarnos para llevar a cabo este proyecto para finalmente lograr llegar hasta acá y culminar este proceso.

## CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCION	13
1. PROBLEMA DE INVESTIGACION	14
2. JUSTIFICACION	15
3. OBJETIVOS	16
3.1 OBJETIVO GENERAL	16
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4. MARCOS DE REFERENCIA	17
4.1 MARCO DE ANTECEDENTES	18
4.2 MARCO TEORICO	20
4.3 MARCO CONCEPTUAL	21
4.4 MARCO CONTEXTUAL	23
4.5 MARCO GEOGRAFICO	25
4.6 MARCO INSTITUCIONAL	26
4.7 MARCO HISTORICO	27
4.8 MARCO LEGAL	28
5. DISEÑO METODOLOGICO	29

5.1 FASES DEL PROCESO	29
5.2 COSTOS Y RECURSOS	36
6. PRODUCTO DE LA INVESTIGACION	38
6.1 GRANULOMETRÍA	38
6.2 FORMA	40
6.3 MAQUINA DE LOS ÁNGELES	41
6.4 APLANAMIENTO	41
6.5 ALARGAMIENTO	43
6.6 MODULO DE ROTURA	44
6.7 FALLAS	48
7. CONCLUSIONES	49
8. RECOMENDACIONES	51
BIBLIOGRAFIA	51

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Costos y recursos.	36
Tabla 2. Análisis granulométrico.	38
Tabla 3. Datos curvatura arena mal gradada.	40
Tabla 4. Análisis Forma.	40
Tabla 5. Porcentaje Desgaste Maquina de los ángeles.	41
Tabla 6. Resultados de aplanamiento.	42
Tabla 7. Análisis de Aplanamiento.	43
Tabla 8. Resultados ensayo de alargamiento.	43
Tabla 9. Análisis de alargamiento.	44
Tabla 10. Análisis tipo de mezcla normal y pesos.	45
Tabla 11. Muestra con ceniza de cascarilla de arroz.	45
Tabla 12. Representativo.	46

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribución de esfuerzos a la base.	21
Figura 2. Ceniza de cascarilla de arroz.	22
Figura 3. Tipos de Agregados	22
Figura 4. Tipos de pavimentos	23
Figura 5. Mapa geografico Girardot-Cundinamarca.	26
Figura 6. Tamices Granulometría	30
Figura 7. Grava $\frac{3}{4}$	31
Figura 8. Esferas y material máquina de los ángeles	31
Figura 9. Calibrador de Aplanamiento	31
Figura 10. Calibrador alargamiento.	32
Figura 11. Horno en quema de la ceniza de cascarilla de arroz.	32
Figura 12. Preparación del concreto	32
Figura 13. Prueba de asentamiento	33
Figura 14. Llenado de molde de la viga.	33
Figura 15. Viga Concreto Normal.	34
Figura 16. Ceniza de cascarilla de arroz.	34
Figura 17. Rotura de vigas concreto normal.	35
Figura 18. Rotura de vigas concreto con ceniza de cascarilla de arroz.	35
Figura 19. Diagrama de procesos.	37



## LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Resultado Grava.	39
Gráfica 2. Resultado arenas.	39
Gráfica 3. Desgaste.	41
Gráfica 4. Grafico comparativo resistencia concreto estandar y modificado.	47
Gráfica 5. Comparativo % resistencia concreto	47

## **GLOSARIO**

**FIBRAS:** Filamento que entra en la composición de tejidos orgánicos animales o vegetales o que presentan en su textura algunos minerales. (Real Academia Española,2006).

**CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ:** La Ceniza de Cascarilla producto del proceso de una quema controlada es utilizada como material que sirve como adición para cemento o concreto (ceniza de muy buena calidad que actúa como sustituto parcial en el cemento).

**DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO:** La dosificación de un hormigón nos muestra las proporciones indicadas en cuanto al peso y la cantidad en volumen para obtener mezclas. (CIVILGEEKS,2009).

**DISEÑO DE MEZCLAS:** Diseño que se realiza para obtener la dosificación adecuada del concreto. (Grupo Argos,2019).

**ENSAYO DE LABORATORIO:** Son procedimientos a los que se debe someter los materiales, con el fin de obtener datos óptimos para seguimiento y control de procedimientos constructivos. (Grupo Argos,2019)

**FRAGUADO DEL CONCRETO:** Es una reacción química de todos los componentes del concreto, la fase inicial es llamada fraguado y pasa de la pasta al estado sólido. (Saavedra Miguel,2005).

**MÓDULO DE ROTURA:** Es aquella resistencia máxima determinada por un ensayo de flexión debido al esfuerzo por el resultado del fallo. ( Civil Gred,2004).

## RESUMEN

El concreto hidráulico es uno de los materiales más utilizados en la construcción de pavimento rígido. A este se le han añadido elementos para mejorar algunas de sus propiedades tanto mecánicas como físicas, en este caso se utilizó una fibra natural llamada ceniza de cascarilla de arroz para realizar un estudio del efecto en, el cual consiste en determinar el comportamiento del concreto al reemplazar el agregado fino.

Para efectuar lo anterior se realizaron estudios de laboratorio acordes a la normatividad vigente en los estudios y diseños de concreto hidráulico para pavimento rígido y la inv-e vigentes para ensayos de laboratorio.

La investigación es desarrollada por medio de una metodología experimental que permitió determinar el comportamiento del concreto de los finos con ceniza de cascarilla de arroz, Realizando ensayos de laboratorio como: Granulometría, máquina de los ángeles, micro d-val, aplanamiento, alargamiento, forma, , para el análisis de los agregados y su comportamiento y desgaste, ; utilizando 3 vigas simples y 3 vigas modificadas con el porcentaje de reemplazo de la ceniza de cascarilla de arroz porcentaje representativo en la composición del concreto para un análisis de sus efectos, causas, comportamiento. Se crearon 6 muestras cada una con una edad de curado de 7, 14 y 28 días, para los dos tipos de vigas las cuales fueron falladas y analizadas; como un concreto estándar de 3000 psi como concreto estándar y uno modificado el cual analizaremos el comportamiento, resistencia, fraguado y comportamientos físicos de este, a estas vigas se le realizaron laboratorios como módulo de rotura, y cono de Abraham.

La conformación de la ceniza de cascarilla de arroz fue elaborada artesanalmente con la cascara del arroz quemada en un horno de piedra a 500° c, desbaratando los turrone y pasándolos por el tamiz número 4 y desechando el material sobrante.

## **ABSTRACT**

Hydraulic concrete is one of the most used materials in the construction of rigid pavement. To this, elements have been added to improve some of its mechanical and physical properties, in this case a natural fiber called rice husk ash was used to study the effect on, which consists in determining the behavior of concrete at Replace the fine aggregate.

To carry out the above, laboratory studies were carried out in accordance with the regulations in force in the studies and designs of hydraulic concrete for rigid pavement and the current force for laboratory tests.

The research is developed by means of an experimental methodology that allowed to determine the behavior of the concrete of the fines with rice husk ash, performing laboratory tests such as: Granulometry, angels machine, micro d-val, flattening, elongation, shape ,, for the analysis of aggregates and their behavior and wear,; using 3 simple beams and 3 modified beams with the percentage of rice husk ash representative percentage in the composition of the concrete for an analysis of its effects, causes, behavior. 6 samples were created each with a curing age of 7, 14 and 28 days, for the two types of beams which were failed and analyzed; As a standard concrete of 3000 psi as standard concrete and a modified one which we will analyze the behavior, resistance, setting and physical behavior of this, these beams were made laboratories as a modulus of rupture, and cone of Abrahams.

The conformation of the rice husk ash was handcrafted with the husk of the burned rice in a stone oven at 500 ° C, breaking the nougat and passing them through the sieve number 4 and discarding the excess material.

## INTRODUCCION

Juan Carlos Zuleta Mercado (2012) define, como pavimentos rígidos, aquellos formados por una losa de concreto Portland sobre una base, o directamente sobre la subrasante. Es así como transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto resistente, y cuya cantidad de concreto debe ser controlada. El concreto absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

Los pavimentos trabajan bajo las cargas de tránsito. Se clasifican en flexibles, rígidos y articulados. En este caso para llevar a cabo el objetivo del presente informe se realizará un enfoque en pavimentos rígidos, compuestos por losas de concreto hidráulico, agregados, agua y como adición fibras de ceniza de cascarilla de arroz.

De acuerdo con lo anterior, se llevó a cabo la elección de una fibra natural representativa por su cantidad y posible calidad de la zona (Girardot y sus alrededores) con el fin de realizar un ensayo que consiste en la modificación de los materiales que componen el concreto hidráulico para pavimentos rígidos, por medio de la adición de la ceniza de cascarilla de arroz en reemplazo del agregado fino, para determinar el comportamiento del concreto.

Para tales efectos, se aplicó la normatividad pertinente, reglamentada por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), El producto de investigación fue realizado en Girardot y consiste en realizar los respectivos ensayos según sus normas, para saber el porcentaje de resistencia con las fibras utilizadas como lo es la ceniza de cascarilla de arroz que fue utilizada como agregado fino, estableciendo que cumplieron con sus respectivos porcentajes. Estos ensayos se verificaron conforme con lo estipulado por la norma INV E- 410-07 y se tuvo como finalidad que los materiales y la composición del concreto estándar y modificado, la resistencia, fluidez, cohesión y durabilidad tiene comportamiento físico en el que el concreto modificado presenta variaciones en su color, contextura y que el tipo de mezcla no fue muy homogénea.

## 1. PROBLEMA DE INVESTIGACION

La presente investigación surge de una necesidad que genera un problema de investigación, este consiste en determinar el porcentaje ideal de fibras de cenizas de cascarilla de arroz, con ello establecer el módulo de rotura y resistencia de acuerdo a la normativa, Dentro de este contexto referenciado, se hace necesaria la exploración de alternativas como la nuestra, que pretende investigar los efectos de la sustitución del agregado fino con la ceniza de la cascarilla del arroz, en la composición del concreto.

En tal virtud, el planteamiento del problema se circunscribe al estudio del comportamiento del concreto con reemplazo del agregado fino por ceniza de cascarilla de arroz.

En cuanto al desarrollo, se habrán de considerar las variaciones en las propiedades físicas y químicas del concreto y cuál es la influencia de la ceniza de cascarilla del arroz.

Entonces, la pregunta orientadora de la monografía presente será:

**¿Cuál es la resistencia del concreto rígido y su porcentaje al reemplazar el agregado fino con ceniza de cascarilla de arroz, en los tiempos de fraguado de 7, 14 y 28 días?**

Preguntas generadoras:

- ❖ ¿Cuáles son las propiedades físico mecánicas de los materiales fino y gruesos para la elaboración de las muestras del concreto sustituido y la normal?
- ❖ ¿Estudiar el comportamiento y la resistencia mecánico y físico de un concreto convencional y modificado con la sustitución del agregado fino de ceniza de cascarilla de arroz?
- ❖ ¿Cuáles son los niveles en las propiedades de las muestras?

## 2. JUSTIFICACION

La industria arrocera es una de las actividades más importantes en el país y a nivel regional como el Tolima Grande, la cascarilla de arroz es el mayor residuo resultante de la producción de este grano. La siembra de arroz en el país ha venido teniendo una baja tendencia de 590.000 hectáreas, en 2017, y en el 2018 pasó a 505.000 y, para este año hay un nuevo descenso hasta las 477.916 hectáreas, en Donde El 45% de las siembras se produce en los Llanos, 30% en el centro del país, 12% en el Bajo Cauca, 8% en los Santanderes y 5% en la Costa Norte. Según Fedearroz, la producción de arroz mecanizado por principales departamentos en el segundo semestre de 2018 fue de 1.904.819 toneladas (producción de arroz mecanizado) 7,5% menos que la producción registrada en el mismo periodo en el año 2017. La participación de los diferentes departamentos en el total de la producción de arroz mecanizado muestra a Tolima 21,6 % (411.463 t) y Resto Departamentos con 20,4% (389.417 t), Lo expuesto determina que, si bien en Girardot se ha reducido la producción agrícola y con ella la producción del arroz, el plan de siembra en la región se mantiene. (Fedearroz, s.f.)

Con base en lo anterior, la región central del país deberá aportar el 30% de la producción nacional, de lo cual se infiere el volumen potencial de cascarilla de arroz. En esta misma dirección, atendiendo a la potencialidad del sub producto del arroz en varias alternativas, acogemos la línea que pretende determinar la viabilidad de la utilización de sus cenizas, dado el alto contenido de sílice, en la formulación del concreto para construcción, como sucedáneo del agregado fino. Es conveniente, en términos de costos y de impacto ambiental, explorar y establecer los resultados de la utilización de la ceniza de la cascarilla del arroz como sustituto del agregado fino en la composición del concreto para construcción. Por otra parte, con relación al contenido de sílice en la cascarilla de arroz, existen varios estudios realizados por investigadores de varios países del continente. Entre ellos, el intitulado: LA CASCARILLA DE ARROZ COMO FUENTE DE SiO<sub>2</sub> elaborado por Claudia Andrea Arcos, Diego Macías Pinto, Jorge Enrique Rodríguez Páez, en cuyo resumen se encuentra la siguiente información que se constituye en un pilar para nuestro trabajo:

Entonces tenemos que, habrá que producir las cenizas de la cascarilla de arroz, a través de un proceso que es el que permite la obtención ceniza de sílice.

Con la ceniza como insumo fundamental, se realizarán los experimentos que nos lleven a registrar los comportamientos ante las variables y a consolidar las conclusiones.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el comportamiento del concreto con el reemplazo del agregado fino por ceniza de cascarilla de arroz, determinando la resistencia mediante 6 vigas para los tiempos de rotura de 7, 14, 28 días.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Determinar propiedades de los materiales finos y gruesos para la elaboración de las muestras del concreto con el sustituto y la normal.
- ❖ Analizar el comportamiento mecánico y físico de un concreto convencional y modificado con la sustitución del agregado fino por el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz.
- ❖ Comparar los niveles en las propiedades de las muestras.



#### **4. MARCOS DE REFERENCIA**

Hoy en día existe en la conciencia global la cada vez más urgente necesidad de reciclar y re utilizar materiales. Muchos y muy variados son los trabajos de investigación aplicada orientados a plantear soluciones a través de modelos para el acopio y la reutilización de la cascarilla de arroz, tanto en las industrias, agricultura y comercio.

Colombia no es ajena a esta realidad, El arroz se ha comportado por ser uno de los más importantes en la industria agrícola, teniendo así unas de las producciones mas amplias del país como el café y el maíz, Colombia cada vez más está avanzando a nivel tecnológico en sus industrias se representa el 14% del área cosechada en Colombia y el 31% de los cultivos transitorios. Su producción representa el 5% del valor de la producción agropecuaria y el 10% de la actividad agrícola colombiana.

En Girardot, como en el resto del país, el consumo de arroz, hace parte de la gastronomía colombiana tradicional y su uso de forma cotidiana en nuestra alimentación; haciendo de esto un volumen alto de producción de cascarilla de arroz la cual por sus propiedades y contenido energético, de sílice no es utilizado como la cascara de trigo en la alimentación de personas y animales, produciéndose de forma masiva este sub producto el cual por sus propiedades y sus características estimamos un análisis de su aprovechamiento en la construcción debido al gran auge que tiene la reutilización de fibras naturales y el uso de subproducto para buscar soluciones ecológicas y aplicarlas de forma experimental en concreto.

A partir de esta realidad, acogemos como objeto de estudio evaluación del comportamiento del concreto con remplazo del agregado fino por ceniza de Cascarilla De arroz, tema de juiciosos trabajos.

Con las consideraciones señaladas, precisamos:

En primer lugar nos vamos a referir a la ceniza de cascarilla de arroz:

En segundo lugar consideramos y evaluamos el comportamiento del concreto Con remplazo del agregado fino por ceniza de cascarilla de arroz

#### 4.1 MARCO DE ANTECEDENTES

Esta monografía tiene como antecedentes investigativos la siguiente tesis realizada por estudiantes de la universidad nacional de Cajamarca en PERU.

- ❖ Tema: Diseño de concreto fibro-reforzado con fibra vegetal como la ceniza de cascarilla de arroz.

Autor: Rimay Vásquez Edwin

AÑO: 2017

Resumen: El proyecto esta denominado con ceniza de cascarilla de arroz. Sus residuos son considerados como una alternativa de productividad, adquiere nuevos conocimientos de las fibras ya existentes donde busca el comportamiento de las fibras, y lo que se obtuvo a partir de lo que quedo de la cascarilla de arroz siendo así utilizable para la construcción.

- ❖ Tesis realizada por estudiantes de la universidad San Francisco de Quito en Ecuador.

Tema: Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales en el Ecuador

Autor: Yépez Fabricio, Doménica Andrea

Año: 2017

Resumen: este proyecto hace parte de la necesidad de reducir todos los costos para la fabricación de un hormigón convencional. Este objetivo es para desarrollar una aplicación para un residuo agroindustrial como lo es la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) ya que genera energía eléctrica para una industria arroceras, en la ciudad de Durán, Ecuador. La ceniza es un resultante de dicho proceso que presenta mucho sílice reactiva haciéndolo y esto es apto para la utilización como adición. Este residuo se incorporó en mezclas de hormigón con el fin de estudiar su efecto como puzolana en la sustitución parcial de cemento, en la fabricación de hormigón estructural de mediana resistencia.

❖ Tesis realizada por estudiantes de la universidad de Cajamarca Perú.

Tema: Efecto de la ceniza de cáscara de arroz sobre la resistencia a la compresión del concreto normal.

Autor: Loayza Goicochea, Percy

Año: 2014

Resumen: En la presente investigación nos muestra que el efecto que genera la ceniza de cáscara de arroz es sobre la resistencia a la compresión del concreto normal, con la adición de sus porcentajes con el peso del cemento. La experimentación se realizó entre agosto y diciembre del 2014, mediante la elaboración de especímenes de concreto, los cuales fueron sometidos a ensayos de compresión, a los 7, 14 y 28 días de curado.

❖ Tesis realizada por los estudiantes de la Universidad Nacional de San Antonio Cusco, Perú

Tema: Evaluación de la ceniza de cascarilla de arroz, como agregado en la fabricación de concreto normal

Autor: Puma Vera, Rodolfo

Año: 2016

Resumen: En el proceso de calcinación de la cascarilla de arroz en el horno es la variable más significativa fue la temperatura, y donde se obtuvo el modelo matemático que representa el porcentaje de dióxido de sílice, Los cementos portland adicionados diseñados presentan mayores resistencias a todas las edades (3, 7 y 28 días) para el porcentaje de adición del 20%, dichos resultados demuestran la viabilidad de la elaboración con los cementos portland con incorporaciones de ceniza de cascarilla de arroz mayores del 20%, con esto se puede observar que la resistencia del cemento es mucho mejor adicionando la ceniza de la cascarilla de arroz.

## 4.2 MARCO TEORICO

El trabajo de investigación se desarrollará en el municipio de Girardot, seccional del Alto Magdalena, Departamento de Cundinamarca. Con relación al ámbito temporal, la investigación se llevará a cabo durante el segundo semestre del año 2019.

Desde el campo de la ciencia, el proyecto de investigación corresponde con el área de la Ingeniería Civil, en la línea de la Tecnología de los Materiales, a través de teorías, investigaciones y experiencias, así como del marco normativo nacional pertinente.

Con base en lo anterior, se enfoca en el análisis del comportamiento del concreto formulado con cenizas de cascarilla de arroz en lugar del agregado fino.

Desde la mirada del tipo de investigación, es de corte aplicada, exploratoria, experimental, porque busca dar aplicación al conocimiento recibido durante la formación profesional, mediante actividades de ensayo y análisis con la información que arroje la aplicación y modificación de variables, respectivamente.

Es conveniente, en términos de costos y de impacto ambiental, explorar y establecer los resultados de la utilización de la ceniza de la cascarilla del arroz al 20 %, como sustituto del agregado fino en la composición del concreto para construcción.

Ahora bien, el país entero presenta un gran crecimiento en infraestructura vial. Cundinamarca y la seccional del Alto Magdalena no son ajenas a esta realidad, a pesar de los grandes desarrollos recientes en la región.

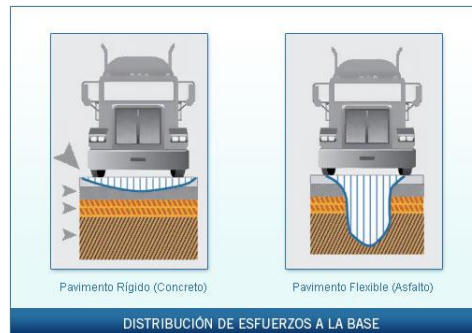
El concreto formulado con ceniza de la cascarilla del arroz podría constituirse en la respuesta, tanto en términos de resistencia misma del material, como en la disminución del costo de producción.

En nuestro municipio no se ha realizado ninguna investigación o trabajo con enfoque similar, peor si hay trabajos sobre la cascarilla de arroz con sus características propiedades dados a otros enfoques de la construcción desde hay analizamos este material para el uso de vigas de concreto y ver su comportamiento de forma experimental.

### 4.3 MARCO CONCEPTUAL

Los pavimentos son el conjunto de capas de un material seleccionado donde reciben las cargas del tránsito de forma directa, la cual debe funcionar eficientemente, la condición adecuada para su funcionamiento es la resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas además debe tener una adherencia entre el vehículo y el pavimento, Existen 2 tipos de pavimento el rígido y el flexible.

**Figura 1. Distribución de esfuerzos a la base.**



Fuente: (Duravia, s.f.) tomado de <http://www.duravia.com.pe/category/conoce-el-pavimento/page/2/>

**CONCRETO HIDRÁULICO:** el concreto hidráulico nos permite que el agua mantenga fluyendo y no se cuartee, es una mezcla de agregados, tales como cemento y agua, y también unos aditivos. Se debe usar la dosificación correspondiente. (Medina, 2003)

Tenemos una gran importancia y diferencia de nuestros concretos, en el asfáltico se usa un ligante para el cemento asfáltico que proviene del petróleo, para que su costo sea menor, y el concreto hidráulico es como unas losetas que absorben el esfuerzo, tiene mucha más duración y nos puede ofrecer mayor resistencia, aunque su precio es más costoso.

**CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ:** la ceniza de cascarilla del arroz tiene un alto contenido de sílice que también está presente en el cemento, por lo tanto, esta investigación analiza el comportamiento mecánico y físico de una mezcla de concreto hidráulico modificada con ceniza obtenida por la incineración de la cascarilla del arroz. (Ricardo, s.f.)

**Figura 2. Ceniza de cascarilla de arroz.**



Fuente: ( Propia)

**FRAGUADO DEL CONCRETO:** Es una reacción química de todos los componentes del concreto, la fase inicial es llamada fraguado y pasa de la pasta al estado sólido. ( Saavedra Miguel,2005).

**AGREGADOS:** los agregados, son materiales tales como la arena, la grava, la piedra triturada, se utilizar para formar el concreto se hacen llamar algunos agregados finos. (Garzón civil, 2003)

**Figura 3. Tipos de Agregados**



Fuente: (Jhon, s.f.) tomado de: <https://es.slideshare.net/jhondakz/agregados-de-construccion>

**PAVIMENTOS:** Un pavimento es los pavimentos son capas que se utilizan para que el suelo este firme y resistente, Hay tres tipos de pavimentos Flexible, Rígido y articulado (Ch., 2010)

**Figura 4. Tipos de pavimentos**



Fuente: (Gomez, s.f.) tomado de: <http://esssa.com/2017/08/22/pavimentos-porosos/>

**MODULO DE ROTURA:** Es aquella resistencia máxima determinada por un ensayo de flexión debido al esfuerzo por el resultado del fallo. (Civil Gred,2003).

**ENSAYOS DE LABORATORIO:** determina propiedades físicas de clasificación, resistencia, compresibilidad y expansibilidad de los suelos y propiedades de caracterización y resistencia de mezclas asfálticas para pavimentos, Donde se realizan pruebas para determinar las propiedades índices y de resistencia de las rocas y propiedades de caracterización de los agregados a usar en bases sub bases granulares o en la utilización para pavimentos. (Gregorio, 2017)

**ENSAYO GRANULOMETRÍA:** Es la distribución de todos los tamaños de las partículas de un agregado, tal como se determina por análisis de tamices. Es la medición de los tamaños y así observar los tamaños llevados por unos tamices granulométricos.(Alfredo, 2016)

#### **4.4 MARCO CONTEXTUAL**

En Colombia existe una normatividad específica para los procesos constructivos, denominadas Normas Técnicas Colombianas, cuya sigla es NTC. Para el caso del concreto de construcción, en términos de la calidad y durabilidad de las estructuras construidas la norma es la NTC 454 – Ingeniería Civil y Arquitectura. Concretos. Concreto Fresco. Toma de muestras.

Y para los agregados, la norma técnica es la NTC 129 – Ingeniería Civil y arquitectura. Práctica para la toma de muestras de agregados.

Como se observa, ambas normas hacen referencia a la toma de muestras lo que define que éstas muestras se hacen durante la fase de construcción, para un buen control. De otra parte, atendiendo a la potencialidad del sub producto del arroz en varias alternativas, acogemos la línea que pretende determinar la viabilidad de la utilización de sus cenizas, dado el alto contenido de sílice, en la formulación del concreto para construcción, como sucedáneo del agregado fino.

Según Fedearroz, la producción de arroz mecanizado por principales departamentos en el segundo semestre de 2018 fue de 1.904.819 toneladas (producción de arroz mecanizado) 7,6% menos que la producción registrada en el mismo periodo en el año 2017. La participación de los diferentes departamentos en el total de la producción de arroz mecanizado muestra a Tolima 22,6 % (411.464 t) y Resto Departamentos con 20,4% (399.417 t).

No obstante, en el Diario La Economía señala que: La ciudad de Girardot, capital de la Provincia del Alto Magdalena, otrora fue una tierra fértil y próspera de la cual brotaban diversos productos agrícolas entre los que se cuentan el algodón, el sorgo, la soya, el ajonjolí, el maíz, el maní y los cítricos entre tantas labranzas. Hoy esta tierra bendecida por Dios para que entregara alimentos tiene los campos llenos, pero no de semillas ni de esperanza, está plétórica de ladrillos, cemento y obras representadas en condominios, viviendas suntuosas, apartamentos, sitios de esparcimiento y un reducido número de hectáreas que aún tienen como destino la endeble agricultura. Lo expuesto determina que, si bien en Girardot se ha reducido la producción agrícola y con ella la producción del arroz, el plan de siembra en la región se mantiene. Por otra parte, con relación al contenido de sílice en la cascarilla de arroz, existen varios estudios realizados por investigadores de varios países del continente. Entre ellos, el intitulado: LA CASCARILLA DE ARROZ COMO FUENTE DE SiO<sub>2</sub> elaborado por Claudia Andrea Arcos, Diego Macías Pinto, Jorge Enrique Rodríguez Páez , presentan en el resumen la siguiente información que se constituye en un pilar para nuestro trabajo:

La cascarilla de arroz calcinada presenta un alto contenido de sílice. Este trabajo estudió la naturaleza de la fracción orgánica donde se nuclean los complejos de sílice y las condiciones óptimas para la síntesis de SiO<sub>2</sub>. La cascarilla de arroz y la sílice se analizaron utilizando microscopía electrónica de barrido (MEB), difracción de rayos de X (DRX), infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) y análisis térmico diferencial (ATD). La cascarilla fue tratada con HCl para eliminar impurezas como Fe, Na, K, entre otros. Los resultados obtenidos muestran que en la parte externa de la cascarilla, constituida de celulosa, se nuclea la sílice, y el SiO<sub>2</sub> obtenido de la misma es amorfo, con un alto valor de superficie específica (~277 m<sup>2</sup> /g), morfología no definida y tamaño nanométrico (< 200 nm). Nos corresponde entonces, realizar el ejercicio de sustituir el agregado fino por cenizas



de la cascarilla del arroz. Entonces tenemos que, habrá que producir las cenizas de la cascarilla de arroz, a través de un proceso que es el que permite la obtención ceniza de sílice.

Con la ceniza como insumo fundamental, se realizarán los experimentos que nos lleven a registrar los comportamientos ante las variables y a consolidar las conclusiones.

#### **4.5 MARCO GEOGRAFICO**

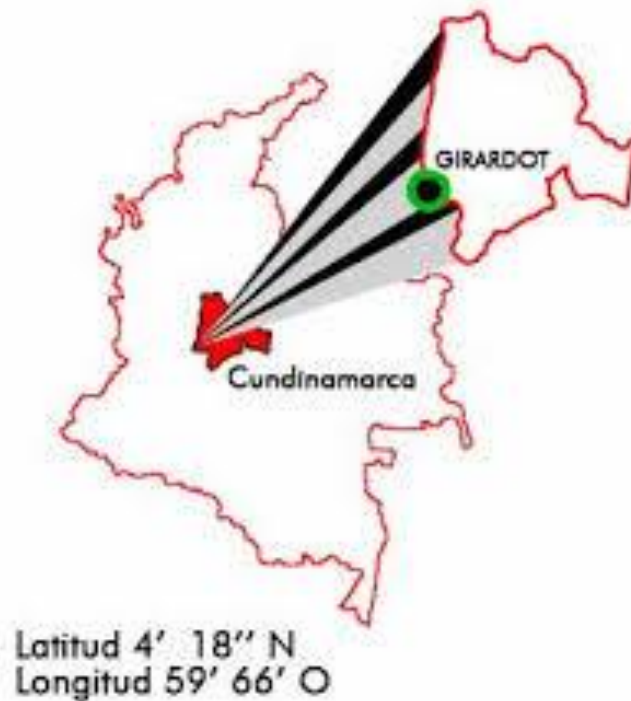
Especialmente la investigación se enfoca en el municipio de Girardot, Departamento de Cundinamarca, República de Colombia.

El municipio de Girardot Cundinamarca se caracteriza por:

- ❖ Su ubicación astronómica es: 4.18.17 Latitud Norte y 74.48.05 Longitud Oeste
- ❖ Su altitud es de : 288 metros sobre el nivel del mar
- ❖ Su temperatura promedio anual: 33.4° C
- ❖ Su temperatura máxima es de: 38.6° C
- ❖ Temperatura mínima : 29.3° C
- ❖ Humedad Relativa : 66.37%
- ❖ La distancia a Bogotá : 125 km
- ❖ Extensión municipio : 128 km<sup>2</sup>
- ❖ Población del municipio está en: 150.177 habitantes.
- ❖ Población de la conurbación Girardot, Flandes y Ricaurte : 184.076 habitantes.

Limita con nosotros al norte con el municipio de Nariño y Tocaima, Al sur con el municipio de Flandes y el Río Magdalena,

**Figura 5. Mapa geografico Girardot-Cundinamarca.**



Fuente (Girardot, s.f.) tomada de: <http://www.girardot-cundinamarca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Galeria-de-Mapas.aspx>

#### **4.6 MARCO INSTITUCIONAL**

La Corporación Universidad Piloto de Colombia, es una entidad de derecho privado de Educación Superior, donde tiene un reconocimiento Institucional acreditado por el Decreto 371 de 1972 del Ministerio de Educación Nacional.

En el documento ETOPEIA DE LA UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA (PROYECTO EDUCATIVO INSTITUCIONAL), expedido en Bogotá D.C., Julio 2009 plantea que: En la Universidad se impulsará tanto la investigación básica, como la investigación aplicada, dirigidas a interpretar la realidad y a buscar soluciones que respondan a la problemática y a las necesidades de la sociedad y del país. (Piloto, s.f.)

La universidad piloto de Colombia seccional alto magdalena, está proyectada como una universidad de excelencia, donde forma personas emprendedoras para el desarrollo científico y tecnológico que fomenta la tolerancia, la libertad, el respeto y el compromiso con la comunidad, buscando fortalecer el desarrollo

regional, urbano. La universidad está comprometida con la formación y educación de los profesionales, que da oportunidades sin excluir por su raza, nacionalidad, ideología, con calidad académica.

Su visión es fundamentar la práctica en el impacto hacia la cultura, ciencia y tecnología para el desarrollo de la sociedad, es líder en la formación para el progreso intelectual y científico con altos valores y comprometidos con la sociedad. Por lo tanto su misión es buscar la formación de profesionales con mentalidad abierta al desarrollo, garantizando el bien común de cada estudiante proyectándose con calidad. La universidad piloto actualmente cuenta con 7 carreras de pregrados, esta universidad es considerada la más elegida por los habitantes de la ciudad de Girardot, por sus diversas carreras como lo son, Ingeniería civil que es la más otonada, ingeniería de sistemas, ingeniería financiera, administración ambiental, administración logística, administración turística y hotelera, también nos ofrece especialización, semilleros los cuales han sido muy reconocidos a nivel nacional.

#### **4.7 MARCO HISTORICO**

La página web oficial del municipio de Girardot presenta así sus orígenes:

Antes de la llegada de los conquistadores existía, entre otros, un camino secundario de Tocaima hacia el Sur, cruzando el Magdalena, por donde hoy se encuentra la Ciudad de Girardot. Así se deduce del hecho de que en 1544, los hombres al mando de Martín Yáñez Tafur, subalternos del Mariscal Hernán Vanegas Carrillo, llegaron a un puerto del Magdalena, que llamaron las canoas, por donde todos aquellos indígenas tenían que cruzar el Río, ya ellos sabían el camino por el que les tocaba pasar, este el primer vínculo entre Girardot y el Río. Allí está el germen de la futura Ciudad.

Al " Puerto de las canoas", tiempo después, se le denomina paso de la "canoa de Montero", pues en ese lugar se estableció, Don Pastor Montero, quien ofrecía a los viajeros, el transporte en canoa, y poco después se fue ampliando el servicio, a alimentación y hospedaje, y progresivamente, se fueron estableciendo familias que van dando origen a un caserío. Para los españoles este punto, es conocido como de paso por Flandes. A raíz del poblamiento, surgen, puerto montero, Puerto Monguí, Buenos aires, CONSIDERADOS LOS PRIMEROS ASENTAMIENTOS DE LA CIUDAD, y sus habitantes, traen consigo

animales domésticos, donde comienzan a sobresalir "Las Chivas", dando origen al nombre de la "Chivatera". El 09 de Octubre de 1852, la Cámara Provincial de

Tequendama, reunida de La Mesa, crea el Distrito Parroquial de Girardot, acto administrativo, que se considera la Fundación Formal de la Ciudad.

#### **4.8 MARCO LEGAL**

Instituto Nacional De Vias. (2013). Obtenido de Resistencia A La Flexión Del Concreto, I.N.V. E – 414 – 07.:  
file:///C:/Users/usuario/Downloads/Norma%20INV%20E-414-07.pdf

Instituto Nacional De Vias. (2013). Seccion 400 - Concreto Hidraulico. Obtenido de file:///C:/Users/usuario/Downloads/INVE%20SECCI%C3%93N%20400%20(1).pdf.

Norma Técnica Colombiana NTC 396, Método De Ensayo Para Determinar El Asentamiento Del Concreto.

Norma Técnica Colombiana NTC 454, Toma De Muestras De Concreto Fresco.

Norma Técnica Colombiana NTC 550 Elaboración Y Curado De Especímenes De Concreto En Obra.

Norma Técnica Colombiana NTC 2871, Ensayo que Determina La Resistencia Del Concreto A La Flexión.

## 5. DISEÑO METODOLOGICO

La investigación se llevara a cabo a partir de la obtención de ceniza de cascarilla de arroz a través del proceso de quema en horno de barro, a 500 grados, durante tres (3) horas, esta se usa para reemplazar el 20% del agregado fino –arena- en la preparación del concreto estándar (Según la dosificación contemplada en la Norma NTC 454), respetando todos los demás materiales y cantidades, para fundir las vigas a través de las cuales se puedan establecer las características físicas y mecánicas en los tiempos de fraguado de 7, 14 y 28 días.

En total serán 6 muestras: 3 estándar, comunes o normales en su preparación como elemento control y, 3 más modificadas con el 20% de finos con ceniza de cascarilla de arroz: una para cada tiempo establecido de fraguado definido a los 7,14 y 21 días.

El horno a utilizar es de barro, dado que en laboratorio no cuenta con horno mufla. La ceniza recolectada en el proceso, se pasa por el tamiz #4. De la ceniza tamizada se toma la cantidad equivalente al 20% de la arena para la mezcla del mortero.

Desde otra óptica, el tipo de investigación que será desarrollado es experimental, aunque el reporte de resultados será necesariamente cuantitativo. Con relación al tiempo estimado para presentar el entregable final, es de 12 semanas, es decir 3 meses.

Los materiales para la elaboración de las vigas son: Cemento, agua, arena, grava, ceniza de cascarilla de arroz; horno de barro, ACPM, acelerante para concreto y formaletas para las vigas, herramientas y baldes.

### 5.1 FASES DEL PROCESO

El recorrido para obtener el resultado esperado, esto es, poder evaluar el comportamiento del concreto con el reemplazo del 20% del agregado fino por ceniza de cascarilla de arroz, determinando la resistencia mediante 6 vigas para los tiempos de rotura de 7, 14, 28 días, comprende tres fases principales.

**La fase I** está orientada a Determinar propiedades de los materiales finos y gruesos para la elaboración de las muestras del concreto con el sustituto y la normal. En desarrollo de esta fase se establecen las características de los

materiales, conforme con la NTC 174 (Especificaciones de los agregados para concreto) equivalente a la norma ASTM C33, de manera que sean utilizadas como línea de base o elementos de control. Se lleva el registro inicial con estas anotaciones.

**La Fase II** consiste en Analizar el comportamiento mecánico y físico de un concreto convencional determinado en la Fase anterior como elemento de control o línea de base y el concreto modificado con la sustitución del agregado fino por el 20% de ceniza de cascarilla de arroz. La observación se realiza con base en los hitos temporales señalados antes, de 7, 14 y 21 días. Se registran todas las observaciones resultantes.

**La fase III** tiene por finalidad efectuar la comparación entre las muestras control (línea de base) y las muestras del concreto modificado con la sustitución del agregado fino por la ceniza de la cascarilla de arroz. Con base en la comparación objeto de esta fase, se pasa a la expresión de los resultados en forma de tablas, gráficas y texto, que constituye el capítulo de resultados y/o conclusiones.

Ensayos utilizados para la monografía :

❖ Granulometría :

### **Figura 6. Tamices Granulometría**



Fuente. (Propia)

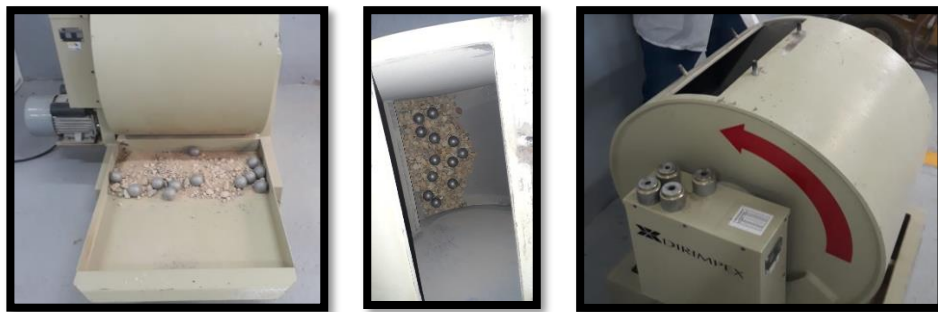
**Figura 7. Grava  $\frac{3}{4}$**



Fuente. (Propia)

❖ Máquina de los ángeles:

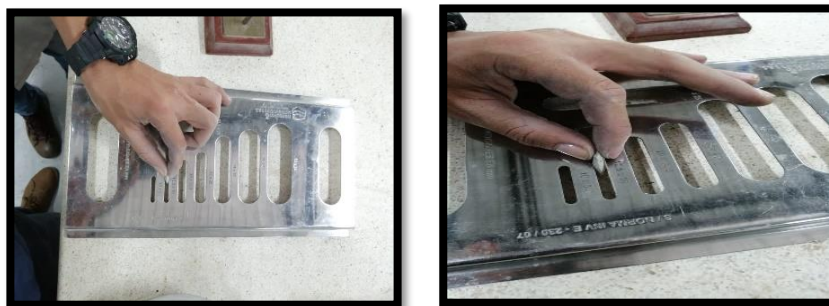
**Figura 8. Esferas y material máquina de los ángeles**



Fuente (propia )

❖ Aplanamiento

**Figura 9. Calibrador de Aplanamiento**



Fuente (propia )

❖ Alargamiento:

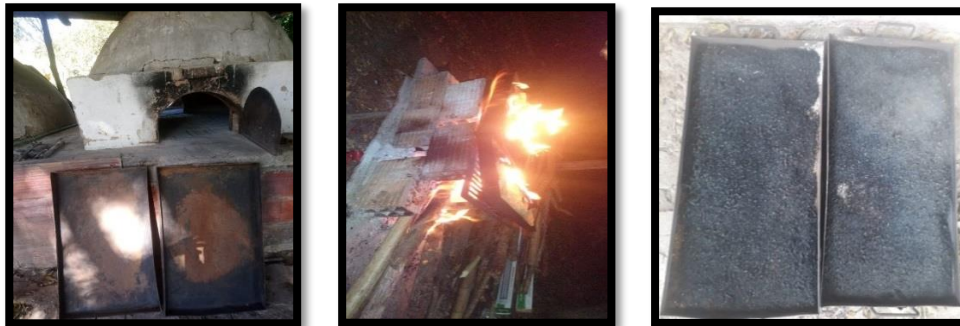
**Figura 10. Calibrador alargamiento.**



Fuente ( propia )

❖ Módulo de rotura:

**Figura 11. Horno en quema de la ceniza de cascarilla de arroz.**



Fuente ( propia )

**Figura 12. Preparación del concreto**



Fuente ( propia )



**Figura 13. Prueba de asentamiento**



Fuente (propia )

**Figura 14. Llenado de molde de la viga.**



Fuente (propia )

❖ Fallas:

**Figura 15. Viga Concreto Normal.**



Fuente (propia )

**Figura 16. Ceniza de cascarilla de arroz.**



Fuente (propia )

**Figura 17. Rotura de vigas concreto normal.**



Fuente (propia )

**Figura 18. Rotura de vigas concreto con ceniza de cascarilla de arroz.**



Fuente ( propia )

## 5.2 COSTOS Y RECURSOS

En este campo tuvimos en cuenta el tipo de recurso, la categoría, descripción y costo; para la ejecución de los laboratorios, gastos de la monografía, descritos en la tabla 11.

**Tabla 1. Costos y recursos.**

<b>Tipo</b>	<b>Categoría</b>	<b>Recurso</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
<b>recursos disponibles</b>	infraestructura	Equipo	Computador	
		Equipo	laboratorio Upc	
<b>recursos necesarios</b>	gastos trabajo	fotocopias	entrega propuesta	5.000
		gasolina	traslados y compras	50.000
	materiales	cemento	Vigas	23.000
		arena	Vigas	10.000
		grava 3/4	Vigas	15.000
		acpm para formaletas	Vigas	5.000
			<b>TOTAL</b>	<b>108.000</b>

Fuente ( propia)

Figura 19. Diagrama de procesos.



## 6. PRODUCTO DE LA INVESTIGACION

### 6.1 GRANULOMETRÍA

En este ensayo analizamos un suelo en donde hacemos un análisis granulométrico el cual nos separa los materiales gruesos y los finos y los caracteriza por su tamaño; los suelos finos nos permiten medir límite líquido, límite plástico, considerando la consistencia de un suelo que disminuye o aumenta dependiendo de sus componentes. Cuando se determina la humedad pasara gradualmente a límite de plasticidad. Estos límites se utilizan para; nombrar el material según el tamaño nominal como se expresa en la tabla 1 .

**Tabla 2. Análisis granulométrico.**

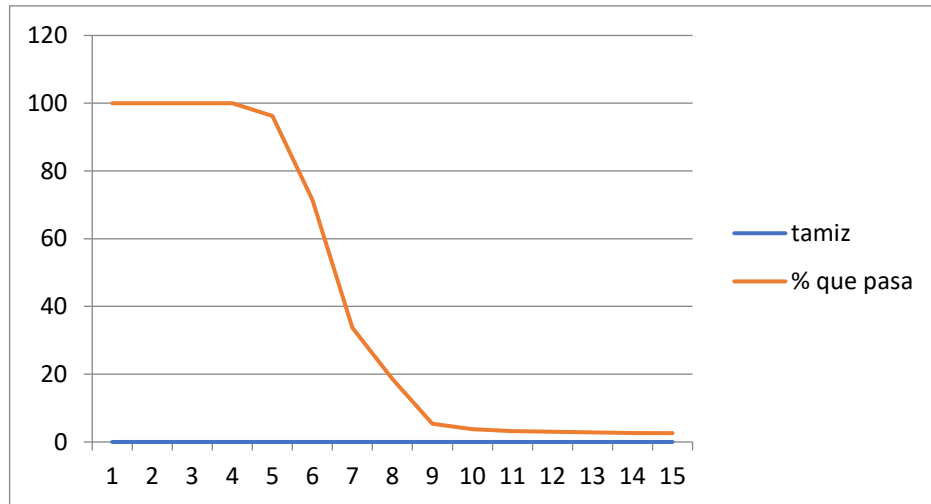
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO INV E - 213 - 13					
RETENIDO No 10			PASA No 10		
PESO INICIAL =			4981,1	INICIAL	4981,1
PESO FINAL =			4851,0	FINAL	59,0
TAMIZ		PESO. RETENIDO INDIVIDUAL	% RETENIDO INDIVIDUAL.	% QUE PASA	
Pulg	mm				
3"	76.20	0	0	100	
2-1/2"	63	0	0	100	
2"	50	0	0	100	
1-1/2"	37.50	0	0	100	
1"	25	185.6	3.7	96.3	
3/4"	19	1235.0	24.8	71.5	
1/2"	12.50	1880.4	37.8	33.7	
3/8"	9.50	755.3	15.2	18.6	
N°4	4.75	655.3	13.2	5.4	
N°10	2.00	80.4	1.6	3.8	
N°40	0.430	27.9	0.6	3.2	
N°60	0.250	12.2	0.2	3.0	
N°80	0.180	10.2	0.2	2.8	
N°100	0.150	5.6	0.1	2.7	
No 200	0.074	3.1	0.1	2.6	

Fuente (Propia)

La tabla 1 muestra los valores calculados de peso retenido, porcentaje retenido, porcentaje retenido acumulado, porcentaje que pasa respecto a cada tamiz.

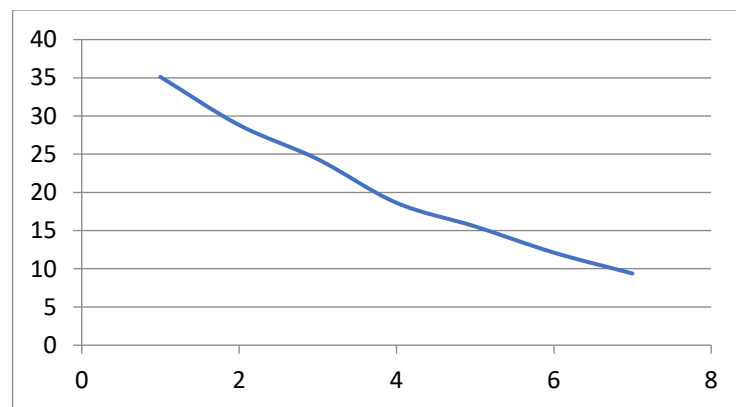
La grafica 1 y 2 nos muestra los datos con los cuales clasificamos las gravas y las arenas y el tamaño nominal de la muestra.

**Gráfica 1. Resultado Grava.**



Fuente (Propia)

**Gráfica 2. Resultado arenas.**



Fuente. (Propia)

Las gráficas anteriores expresan para la grava y para la arena el % que pasa del material a estudiar, siendo la grava el material predominante del 94,6% arena el 2,8% es una grava mal gradada la grava no cumple con las características solicitadas en la norma INV-E-213

ARENA: 2,8%

GRAVA: 94,6%

FINO: 2,6%

**Tabla 3. Datos curvatura arena.**

D 60	19,18
D30	3,18
D 10	75,62
CU	0,2536366
CC	0,0069721
CG	13,3

El rango cumple por lo establecido en la norma INV-E 213 13 por lo tanto es grava mal gradada con algo de arena; teniendo en cuenta la gráfica 1 donde se aprecia una curvatura.

## 6.2 FORMA

En este ensayo se analiza las partículas redondas y las partículas fracturadas de una muestra de triturado, de estos datos se calculan partículas fracturadas y partículas no fracturadas según la norma INV-E-227 la cual expresa el procedimiento y la forma para realizar este laboratorio y lo expresado en la tabla 2.

**Tabla 4. Análisis Forma.**

			<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<b>Peso no fracturado</b>		<b>P</b>	0,031	GR
<b>Partícula fracturada</b>		<b>F</b>	2999,969	GR
<b>Peso Muestra</b>		<b>PT</b>	3000	GR
<b>%P</b>	0,0010333			
<b>PF</b>	0,9999897			

Fuente: (Propia)

El análisis del ensayo de laboratorio de forma expresado en la TABLA 2, donde la muestra de 3000gr sale solo un 0,03 gr de peso no fracturado y de 2999,9 de peso de particular fracturada con el cual calculamos los porcentajes de %p y pf donde predomina en esta muestra de material las partículas fracturadas y no enteras.



### 6.3 MAQUINA DE LOS ÁNGELES

Este ensayo es el desgaste de los agregados y es usado como fuente de agregados y composiciones. Se debe considerar el tipo de agregado, y el comportamiento, también es llamado ensayo de abrasión, la maquina es digital y así dará el número de vueltas indicado para si obtener la resistencia de los agregados.

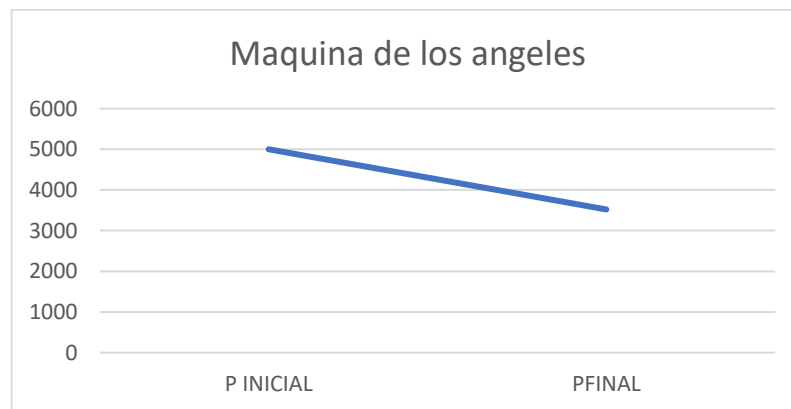
**Tabla 5. Porcentaje Desgaste Maquina de los ángeles.**

<b>P Inicial</b>	5000	Gramos
<b>P Final</b>	3520	Gramos
<b>% Desgaste</b>	29,60%	

Fuente: (Propia)

El ensayo de máquina de los ángeles nos permite analizar el desgaste de los agregados gruesos (tabla 3 y gráfica 3 ) en este caso presenta un desgaste de 29,60% es decir que el material de la muestra inicial fue el material desgastado, por lo cual es un material apto para nuestro concreto.

**Gráfica 3. Desgaste.**



Fuente: (Propia)

### 6.4 APLANAMIENTO

El ensayo de índice de aplanamiento consiste en dos operaciones sucesivas de tamizado. En primer lugar, mediante el uso de tamices, se divide la muestra en fracciones  $d_i/D_i$ , Cada una de las fracciones granulométricas  $d_i/D_i$  se criba a

continuación empleando para ello tamices de barras paralelas y separadas  $3/5[(di+Di)/2]$ , las partículas que pasen son consideradas planas Cuando no se disponga de tamices de barras paralelas se pueden utilizar el calibrador tradicional de espesor, para separar las partículas planas

Como es especificado en la tabla 4

**Tabla 6. Resultados de aplanamiento.**

Tamices		Masa inicial de cada fracción (Ri)	Granulometría (fracción entre tamices)	Granulometría corregida (si hay alguna fracción que represente menos de 5% del total)c	Masa de las partículas planas (mi)	Índice de aplanamiento por fracción (mi/Ri) * 100
Pasa	Retiene	g (M1)	%	%	g (M3)	
63 mm (2 1/2")	50 mm (2")					
50 mm (2")	37.5 mm (1 1/2")					
37.5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	184.6	4.6%		10.3	5.5
25 mm (1")	19 mm (3/4")	1236.0	30.5%		46.5	3.9
19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	1880.4	46.4%		63.2	3.5
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	756.3	18.7%		90.3	11.9
9.5 mm (3/8")	6.3 mm (1/4")					
TOTALES		4057.3	100%		210.1	

La tabla 5 mide el 35% de índice máximo de aplanamiento en la muestra de grava tomada

**Tabla 7. Análisis de Aplanamiento.**

Valor especificaciones norma INVIAS 2013		Resultado	Cumple Si / No / N.A
INDICE DE APLANAMIENTO EN (Máximo) %	35	6	SI

Fuente (propia )

## 6.5 ALARGAMIENTO

El ensayo de índice de alargamiento consiste en las operaciones sucesivas, esto es aplicado para los agregados ligeros, y todas las partículas menores, se debe realizar lo siguiente se divide la muestra en fracciones di/Di, tal como se indica en la Tabla 6. Cada fracción se analiza utilizando el calibrador de alargamiento, para separar las partículas largas.

**Tabla 8. Resultados ensayo de alargamiento.**

Tamices		Masa inicial de cada fracción (Ri)	Granulometría (fracción entre tamices)	Granulometría corregida (si hay alguna fracción que represente menos de 5% del total)c	Masa de las partículas alargadas (ni)	Índice de alargamiento o por fracción (ni/Ri) * 100
Pasa	Retiene	g (M11)	%	%	g (M13)	
63 mm (2 1/2")	50 mm (2")					
50 mm (2")	37.5 mm (1 1/2")					
37.5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	185.7	4.6%		0	0
25 mm (1")	19 mm (3/4")	1235.0	30.4%		92.2	7.6
19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	1880.5	46.5%		74.8	4
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	755.3	18.7%		111.3	14.7
9.5 mm (3/8")	6.3 (1/4")					
TOTALES		4057.3	100%		278.3	

La tabla 7 especifica el índice máximo de alargamiento en la muestra es del 10% cumpliendo con la norma.

**Tabla 9. Análisis de alargamiento.**

Valor especificaciones norma INVIAS 2013		Resultado	Cumple Si / No / N.A
Índice de alargamiento en (Máximo) %	10	6	SI

Fuente (propia)

En conclusión podemos decir que el procedimiento realizado por la norma I.N.V. E – 230 – 07 que la muestra presenta mayor porcentaje de aplanamiento que alargamiento, y que son aptas para la construcción de una vía, el material sirve para la mezcla de concreto ya que sus índices de alargamiento y aplanamiento tienen buena resistencia, siendo así cumple con el objetivo y con la solicitud establecida en la norma.

## 6.6 MODULO DE ROTURA

La resistencia a la flexión es la resistencia a la tracción del concreto, Es una medida de la resistencia a la falla por momento de una viga o losa de concreto no reforzada. Se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de seis por seis, de una sección transversal que lleva como mínimo tres veces el espesor, esta es representado en libras por pulgada cuadrada ósea MPa y se realiza mediante el ensayo I.N.V.E- 414, El Módulo de Rotura esta cerca del 10 al 20% de la resistencia a compresión, Esta determinado por la viga cargada en los puntos tercios es más bajo que el módulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio, en algunas ocasiones tanto como en un 15 en porcentaje.

Este procedimiento fue el utilizado para la elaboración de 3 vigas estándar y 3 modificadas las cuales remplazamos 20% de finos por ceniza de cascarilla de arroz

La tabla 8 nos permite ver el concreto estándar el peso usado de cada material con su unidad de medida y las 3 vigas con sus diferentes edades de curado, dimensiones y resistencia máxima.

**Tabla 10. Análisis tipo de mezcla normal y pesos.**

<b>Tipo de mezcla</b>	<b>Concreto de 3000psi</b>	
<b>Material</b>	<b>Peso</b>	<b>Unidad</b>
Cemento	14	Kg
Agua	8	Litros
Arena	28	Kg
Grava	42	Kg

<b>unidades</b>	<b>días</b>	<b>mm</b>	<b>Mm</b>	<b>mm</b>	<b>N</b>	<b>MPA</b>
<b>Numero de muestra</b>	<b>edad de curado en días</b>	<b>altura</b>	<b>Ancho</b>	<b>longitud de la luz</b>	<b>carga máxima</b>	<b>módulo de rotura</b>
1	7	52	15	15	17,1	0,328846154
2	14	52	15	15	17,8	0,342307692
3	28	52	15	15	17,24	0,331538462

Fuente (propia )

La tabla 9 nos permite ver el concreto modificado ceniza de cascarilla de arroz con los pesos usados de cada material con su unidad de medida y las 3 vigas con sus diferentes edades de curado, dimensiones y resistencia máxima.

**Tabla 11. Muestra con ceniza de cascarilla de arroz.**

<b>Tipo de mezcla</b>	<b>Concreto de 3000psi</b>	
<b>Material</b>	<b>peso</b>	<b>Unidad</b>
Cemento	14	Kg
Agua	13	Litros
arena	22,4	Kg
Grava	42	Kg
ceniza de cascarilla de arroz	5,6	Kg

Unidades	Días	mm	Mm	mm	N	MPA
Número de muestra	edad de curado en días	Altura	Ancho	longitud de la luz	carga máxima	módulo de rotura
1	7	52	15	15	3,3	0,0634615
2	14	52	15	15	4,7	0,0903846
3	28	52	12	15	3,31	0,0795673

Fuente ( propia )

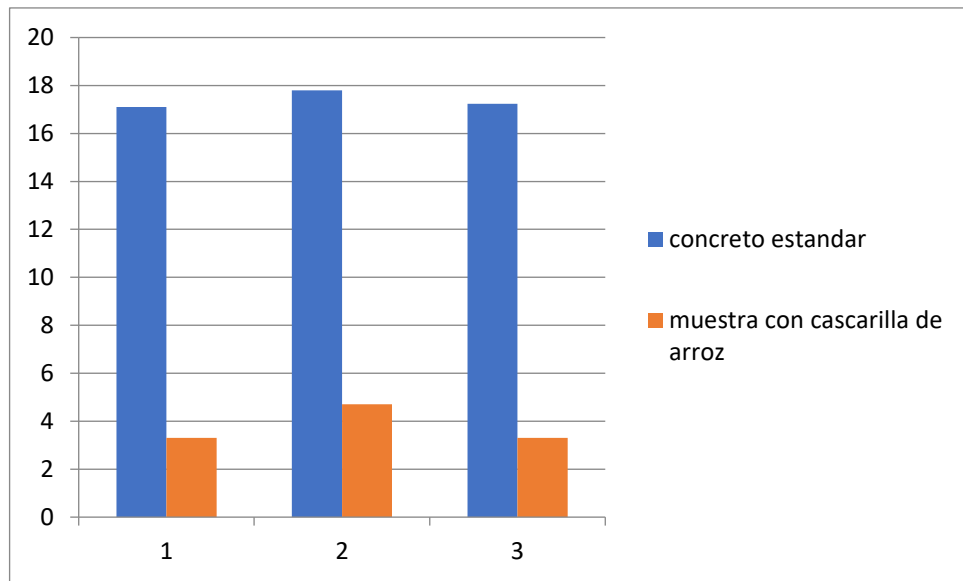
La tabla 10 nos permite ver la sigla usada en la formula especificado en la norma INV-E 414 el significado y sus unidades.

**Tabla 12. Representativo.**

z	Significado	unidades
R	módulo de rotura	Kpa
P	carga aplicada indicada por máquina de ensayo	N
L	longitud libre entre apoyos+	mm
B	ancho promedio de la muestra	mm
D	altura promedio de la muestra	mm

La grafica 4 muestra una comparacion de los dos tipos de concreto en cuanto a su resistencia en las diferentes edades de fraguado mostrandoce notablemente la variacion y la afectacion de resistencia en el concreto modificado.

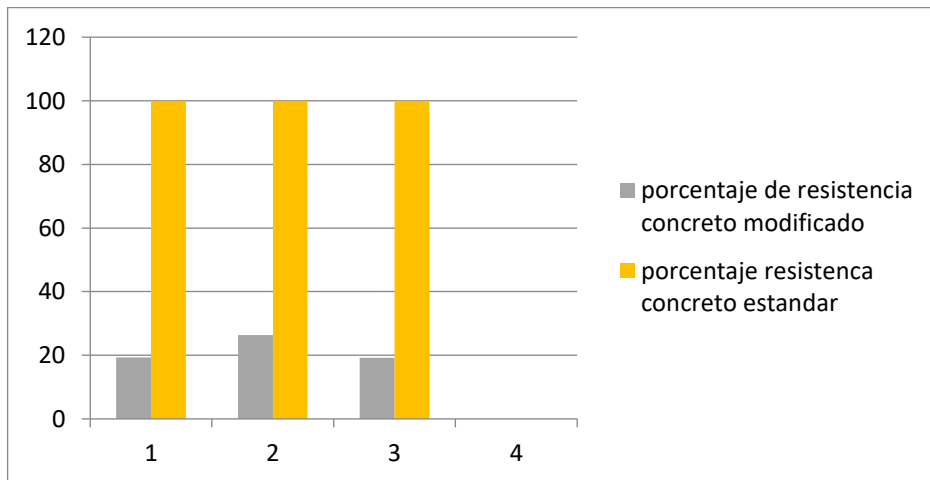
**Gráfica 4. Grafico comparativo resistencia concreto estandar y modificado.**



Fuente : (Propia)

La grafica 5 muestra porcentualmente la resistencia entre los dos tipos de concreto en diferentes edades de fraguado donde el concreto modificado presenta una mayor resistencia en la edad media es decir 7 dias, pero es muy baja en relacion a el concreto sin ninguna modificacion.

**Gráfica 5. Comparativo % resistencia concreto**



Fuente: (Propia)

## 6.7 FALLAS

Se puede observar que la viga estándar mientras más tiempo dure la muestra bajo el agua, mayor será su resistencia final, mientras que la viga modificada con ceniza de cascarilla de arroz requiere mayor agua, pero dicha agua de mezclado, no forma una mezcla homogénea sino es separada cuando se introduce en la formaleta y siendo así la viga presenta menor resistencia a la tracción, dicha viga al completar su edad de curado presenta un aspecto más oscuro, esta viga presenta mayor humedad al fallarla presenciamos como su composición de la mezcla no es homogénea menos compacta a las de concreto regular.

Todas las vigas estándar y modificadas presenta falla en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, cumpliendo los estándares dados por la norma I.N.V.E - 414.

En la prueba de asentamiento presenta mayor fluidez el concreto modificado que el concreto estándar.

Ambos concretos fueron realizados con los materiales de la misma calidad presentando solo una modificación en los agregados finos del 20 % para un análisis de los cambios de comportamiento entre los dos tipos de concreto en diferentes tiempos de curado.

El concreto estándar tiene una alta resistencia a la fuerza de compresión, y baja resistencia a la tracción razón por la cual se recomienda reforzar la viga con flejes de acero, malla electro soldada; para mejorar sus características.

el concreto modificado tenía características y componentes como sílice (del 10 al 12%), boro (4-10 PPM), manganeso (200-800 PPM), hierro (200-400 PPM), magnesio (0,10-0,12%) calcio (0,10-0,5%).



## 7. CONCLUSIONES

- ❖ Se determinaron las propiedades de los materiales finos y gruesos a partir de ensayos tales como granulometría<sup>1</sup>, índice de alargamiento y aplanamiento<sup>2</sup>, forma<sup>3</sup> y máquina de los ángeles<sup>4</sup>, para la elaboración de las muestras del concreto normal y modificado con ceniza de cascarilla de arroz, teniendo en cuenta los laboratorios comprobaron los materiales y la composición del concreto estándar y modificado, la resistencia, fluidez, cohesión y durabilidad.
  
- ❖ Analizamos el comportamiento mecánico de un concreto estándar y el modificado con la sustitución del agregado fino por el porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz, arrojan que el concreto modificado presento un módulo de rotura y una resistencia baja mientras que el comportamiento físico en el que el concreto modificado presenta variaciones en su color, contextura y que el tipo de mezcla no fue muy homogénea, En cuanto al agua de mezclado el concreto modificado requirió mayor solicitud, la cual en la formaleta se separó presentando una viga poco compacta. Se obtuvieron resultados poco satisfactorios en donde se evidencia que al agregar fibra natural (ceniza de cascarilla de arroz) no se logra aumentar la resistencia final de un concreto.
  
- ❖ Comparamos las propiedades de las muestras y se evaluó que el comportamiento del concreto modificado y no fue satisfactorio debido a que se presenció una baja calidad en cuanto a su dureza, cohesión, resistencia, durabilidad. Desarrollando el proyectó en su totalidad según la metodología llegando a la conclusión que no es viable el concreto con reemplazo del agregado fino al 20% por ceniza de cascarilla de arroz en vista de que no cumplió a satisfacción con las propiedades del concreto como son resistencia, cohesividad, durabilidad y trabajabilidad.

---

<sup>1</sup> (norma INV-E 213)

<sup>2</sup> (norma INV-E 230)

<sup>3</sup> (norma INV-E 227)

<sup>4</sup> (norma INV-E 218)

## 8. RECOMENDACIONES

Para dar continuidad a esta investigación, se recomienda lo siguiente:

- ❖ Continuar con la investigación, a porcentajes de fibra de ceniza de cascarilla de arroz menores de 20%, como fue tenido en cuenta en esta investigación.
- ❖ Reducir el porcentaje de fibra de ceniza de cascarilla de arroz , para chequear si aumenta la resistencia a compresión y la resistencia a flexión, del concreto hidráulico.
- ❖ Es mejor utilizar la cascarilla de arroz ya que le puede dar mayor resistencia por su alto contenido de sílice el cual al convertirlo en ceniza se evidencia una modificación en dicho material.

## BIBLIOGRAFIA

Sierra, J. (2009). Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia. Universidad de Sucre, Sincelejo, Colombia. Mafla Botina A.W. (2009). Uso de la cascarilla de arroz como material alternativo en la construcción. Recuperado 27/07/2019 de [https://www.researchgate.net/publication/320985555\\_](https://www.researchgate.net/publication/320985555_)

Uso\_de\_la\_cascarilla\_de\_arroz\_como\_material alternativo\_en\_la\_construccion Puma Vera, R.; Pineda Samanez, T.K. (2014). Evaluación de la ceniza de cascarilla de arroz, en la fabricación de cemento portland puzolánico tipo IP. Recuperado 27/07/2019 de <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/1580>

Aliaga Angulo, A. J. (2017). Evaluación de ceniza de cascarilla de arroz y tipos de agregados finos sobre la compresión, soportividad y densidad de morteros de cemento portland tipo I. Recuperado 27/07/2019 de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13124>

Montero Trujillo, D. A. (2017). Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales en el Ecuador. Recuperado 25/07/2019 de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6412>

Castaño Gómez, I. M., Trigos Navarro, D. C. (2017). Diseño estructural participativo con desechos orgánicos, una alternativa panameña para Colombia. Recuperado 25/07/2019 de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14492/4/tesis%20Rv1.pdf>

Loayza Goicochea, P. (2014). Efecto de la ceniza de cáscara de arroz sobre la resistencia a la compresión del concreto normal. Recuperado 25/07/2019 de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNC\\_1b5dfb8e9e119195fd6479054792edad](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNC_1b5dfb8e9e119195fd6479054792edad)

Novoa Galeano, M. A., Becerra León, L. D., Vásquez Piñeros M. P. (2016). La ceniza de cascarilla de arroz y su efecto en adhesivos tipo mortero. Recuperado 25/07/2019 de <http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/13/la-ceniza-de-cascarilla-de-arroz-y-su-efecto-en-adhesivos-tipo-mortero.pdf>

Giaccio, G., Z. y otros. (2006). Aprovechamiento de la ceniza de cáscara de arroz para la elaboración de hormigones. Recuperado 25/07/2019 de

Giaccio.pdf?sequence=1&isAllowed=y  
<https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/461/01->

Gutiérrez, L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción. Centro de Publicaciones Universidad Nacional, Manizales. Ahumada, L.M. & J.E. (2006) Uso del SiO<sub>2</sub> obtenido de la cascarilla de arroz en la síntesis de silicatos de calcio. Rev. Acad. Colombia

Nelson Ricardo. (2009). La ceniza de cascarilla del arroz como aporte a la resistencia. Especialista infraestructura vial, Colombia. Matthey, Pedro (2015) Aplicación de la ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agro-industrial para la fabricación de bloques en concreto no estructurales. Universidad del Cali, valle, Colombia

Yepes Fabricio.(2017). Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales en el Ecuador. Quito(2017)

Zuleta Mercado (2012). Análisis al diseño de pavimento rígido del proyecto potosí – tarji. Editorial Academia Española.