



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE  
GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA:  
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS  
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL  
MORTERO CONVENCIONAL CON MORTERO A  
BASE DE CENIZAS DE CÁSCARA DE MANÌ Y FIBRA  
DE POLIPROPILENO EN ENLUCIDOS.**

**AUTORES:  
CANTOS GUAMÁN JOSELO ALFREDO  
CÁRDENAS VÉLIZ ESTEBAN JOEL**

**TUTOR:  
PHD. MSc. JAVIER NICOLÁS ARECHE GARCÍA**

**GUAYAQUIL**

**2021**

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b> Análisis comparativo de las características constructivas del mortero convencional con mortero a base de cenizas de cáscara de maní y fibra de polipropileno en enlucidos.	
<b>AUTOR/ES:</b> Cárdenas Véliz Esteban Joel Cantos Guamán Joselo Alfredo	<b>REVISORES O TUTORES:</b> Msc. Ing. Javier Nicolás Areche García
<b>INSTITUCIÓN:</b> <b>Universidad Laica Vicente Roca fuerte de Guayaquil</b>	<b>Grado obtenido:</b> Tercer Nivel
<b>FACULTAD:</b> INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	<b>CARRERA:</b> Ingeniería Civil
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b> 2021	<b>N. DE PAGS:</b> 140
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Arquitectura y Construcción	
<b>PALABRAS CLAVE:</b> Ensayo, Análisis Comparativo, Experimento, fibra sintética, método experimental.	
<b>RESUMEN:</b> El presente proyecto de titulación se basa en comparar las características constructivas del mortero convencional con un nuevo mortero a base de cenizas de cáscara de maní y fibra de polipropileno en enlucidos, mediante un análisis de sus características constructivas como lo son la fluidez, resistencia a la compresión y adherencia para alcanzar un diseño óptimo en su dosificación variando los porcentajes de ceniza de cáscara de maní en relación al peso del cemento portland tipo GU, el tipo de investigación que se llevó a cabo fue una investigación experimental para obtener los datos de los respectivos ensayos realizados para así llevar los datos de una manera correlacional que nos permita comparar aquellos datos obtenidos del diseño de los morteros post a su diseño, debido al incremento del sector de la construcción y desarrollo de las ciudades, el hombre debe estar comprometido en llevar desarrollo al área de la construcción, se vincula en la investigación para mejorar los diseños constructivos en los enlucidos que permitan soluciones eco-amigables en donde habita, las pruebas de fluidez, compresión y adherencia en el diseño del mortero convencional y mortero con ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno dio como resultado que el nuevo mortero al añadir 35% de ceniza de cascara de maní con	

<p>respecto al peso del cemento presentó un buen desempeño en la prueba de resistencia a la compresión, por lo cual se centró como referencia para los ensayos de fluidez y prueba de adherencia, dando como resultado una baja adherencia, los tipo de construcciones están en constante crecimiento lo que nos ayuda a mejorar en el diseño de los morteros que se utilizan en la construcción, para obtener buenos resultados.</p>		
<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Cárdenas Véliz Esteban Joel  Cantos Guamán Joselo Alfredo	<b>Teléfono:</b> 098-792-8020  098-881-9178	<b>E-mail:</b> estebancv94@outlook.com  guamanjose63@gmail.com
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	<p>MSC. Ing. Alex Bolívar Salvatierra Espinoza Decano de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción. <b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 <b>Ext.</b> 241 <b>E-mail:</b> asalvatierrae@ulvr.edu.ec</p>	

## CERTIFICADO DE SIMILITUDES

TESIS JOSELO CANTOS - ESTEBAN CARDENAS / JAVIER ARECHE

---

### INFORME DE ORIGINALIDAD

---

**2%**

INDICE DE SIMILITUD

**2%**

FUENTES DE INTERNET

**0%**

PUBLICACIONES

**0%**

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

### FUENTES PRIMARIAS

---

**1**

[repositorio.unc.edu.pe](http://repositorio.unc.edu.pe)

Fuente de Internet

**2%**

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 2%

Excluir bibliografía

Apagado



Firma: -----

JAVIER NICOLAS ARECHE GARCÍA

C.I. 0962174165

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados **CARDENAS VELIZ ESTEBAN JOEL Y CANTOS GUAMAN JOSELO ALFREDO**, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la **UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL**, según lo establece la normativa vigente.

Este Proyecto se ha ejecutado con el propósito de estudiar (Análisis comparativo de las características constructivas del mortero convencional con mortero a base de cenizas de cáscara de maní y fibra de polipropileno en enlucidos.)

Autores



Firma: \_\_\_\_\_

CANTOS GUAMAN JOSELO ALFREDO

C.I. 0940531668



Firma: \_\_\_\_\_

CARDENAS VELIZ ESTEBAN JOEL

C.I. 0931227797

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación Análisis comparativo de las características constructivas del mortero convencional con mortero a base de cenizas de cáscara de maní y fibra de polipropileno en enlucidos designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad LAICA VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: “Análisis comparativo de las características constructivas del mortero convencional con mortero a base de cenizas de cáscara de maní y fibra de polipropileno en enlucidos” presentado por los estudiantes CARDENAS VELIZ ESTEBAN JOEL y CANTOS GUAMAN JOSELO ALFREDO como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación



Firma: -----

JAVIER NICOLAS ARECHE GARCÍA

C.I. 0962174165

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por la por haberme permitido llegar a culminar esta parte de mi vida, agradecido por la salud y sabiduría que supo depositar en mí. Agradecimiento a mi madre Maria Livina Guaman Ordoñez, a mi padre Segundo Jose Cantos, a mis hermanos Martha, Jorge, William, Magaly, Katherine Y Mishell quienes depositaron en mi toda la fe y apoyo incondicional, con sus consejos para seguir mis sueños.

Al Ing. Geovanny Xavier Leon Reyna, mi feje y gran amigo quien deposito en mi toda su confianza y me permitió poner en práctica todos los conocimientos que vine cosechando a lo largo de mi carrera.

Al Ingeniero Javier Nicolas Areche García, quien nos nutrió de sabiduría, valores humanos y profesionales a lo largo de la carrera.

A la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil y a su cuerpo docente perteneciente a la Facultad de Industria y Construcción de la carrera Ingeniería Civil, por habernos impartidos cátedras y experiencias reales adquiridas a lo largo de su vida que han sido de gran ayuda en nuestra nueva trayectoria profesional.

JOSELO ALFREDO CANTOS GUAMAN

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por llenarme de ánimo y fortalecerme en todo lo que pongo en sus manos, a mi padre Abg. Ringo Galo Cardenas Palacios, mi madre Glenda Himelda Veliz García y a mi hermana Ing. Jemina Elizabeth Cardenas Veliz quienes me han apoyado, aconsejado y dado todo de ellos en este mi caminar hacia la profesión.

A mi tío Gerardo Efrén Veliz García por ayudarme con su experiencia adquirida a lo largo de los años en el sector constructivo.

Al ingeniero Javier Nicolas Areche García por su enseñanza, valores humanos y profesionales inculcados a lo largo de la carrera.

A todo el cuerpo de docentes pertenecientes a la Facultad de Industria y Construcción de la carrera Ingeniería Civil. Por todo el esfuerzo en brindarnos sus conocimientos en base a experiencia que han adquirido a lo largo de su vida.

ESTEBAN JOEL CARDENAS VELIZ

## **DEDICATORIA**

Esto va dedicado a mi Dios, quien no me dejo desfallecer en todo el camino recorrido cuando lo veía todo perdido él supo iluminar mi camino y así seguir adelante, Gracias.

Todo este logro se lo dedico a mis padres quienes me apoyaron en todo momento en lo que necesitaba ellos estuvieron para darme su mano, al igual que mis hermanos y a mis sobrinos para que lo vea como un ejemplo, que con mucho esfuerzo y compromiso se puede lograr los objetivos planteados.

A mi amigo y compañero de tesis con quien nos dimos la mano para cumplir esta meta que hoy en día es una realiza.

A mi tutor Phd. Ing. Javier Nicolas Areche García, por el tiempo y paciencia que nos supo brindar en el desarrollo de este proyecto.

A todos los docentes que nos brindaron sus conocimiento y experiencia duran mi periodo académico en esta prestigiosa universidad, Gracias.

JOSELO ALFREDO CANTOS GUAMAN

## **DEDICATORIA**

Le dedico a Dios este tema de investigación por darme la fortaleza y por estar conmigo en todo tiempo junto con mi familia, en todas las situaciones fáciles y difíciles que se encuentran en un estudio universitario para así poder lograr mis metas.

ESTEBAN JOEL CARDENAS VELIZ

## ÍNDICE GENERAL

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.....	ii
CERTIFICADO DE SIMILITUDES .....	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES .....	v
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
DEDICATORIA .....	ix
DEDICATORIA .....	x
ABREVIATURAS.....	xxi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I .....	3
EL PROBLEMA A INVESTIGAR .....	3
1.1. TEMA. ....	3
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	3
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. ....	3
1.4. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA. ....	3
1.5. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN. ....	4
1.5.1. OBJETIVO GENERAL. ....	4
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS. ....	4
1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. ....	4
1.7. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.8. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN. ....	5
1.9. VARIABLES. ....	6
1.9.1. VARIABLE INDEPENDIENTE. ....	6
1.9.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	6
1.10. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	6
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes. ....	7
2.2. Mortero. ....	8
2.2.1 Evolución de los morteros. ....	9
2.2.2. Características de los morteros. ....	9

2.2.2.1. Propiedades estados plástico. ....	10
2.2.2.2. Propiedades en estado endurecido. ....	11
2.2.3. Componentes del Mortero. ....	13
2.2.3.1. Conglomerantes. ....	13
2.2.3.2. Agua. ....	14
2.2.3.3. Agregados o áridos. ....	15
2.2.4. Clasificación de los morteros. ....	16
2.2.4.1. Mortero de cal. ....	16
2.2.4.2. Morteros de Yeso. ....	16
2.2.4.3. Mortero de cemento. ....	17
2.2.4.4. Morteros mixtos. ....	17
2.2.4.5. Morteros especiales. ....	17
2.2.5. Usos del mortero. ....	17
2.2.6. Clasificación de los morteros de Mampostería. ....	18
2.2.6.1. Característica de un mortero tipo M. ....	18
2.2.6.2. Característica de un mortero tipo S. ....	19
2.2.6.3. Característica de un mortero tipo N. ....	19
2.2.6.4. Características de un mortero tipo O. ....	19
2.2.7. Aditivos. ....	19
2.3. CENIZAS VOLANTES ....	20
2.3.1. Composición química de las cenizas volantes ....	21
2.3.2. Tamaño y forma. ....	21
2.3.3. Propiedades puzolánicas. ....	23
2.3.4. Proceso de hidratación de la ceniza volante. ....	23
2.3.5. Efecto de la Ceniza Volante en las propiedades mecánicas del concreto. ....	24
2.3.6. Efecto de la ceniza volante en la permeabilidad del concreto. ....	27
2.3.7. Efecto de la ceniza volante en la carbonatación del concreto. ....	27
2.4. MÉTODOS EXPERIMENTALES ....	28
2.4.1. Caracterización básica. ....	29
2.4.1.1. Resistencia a la compresión. ....	29
2.4.1.2. Porosidad. ....	30
2.4.1.3. Densidad. ....	31
2.5. MATERIALES ....	31
2.5.1. Ceniza Volante ....	33

2.5.2. Contenido de Humedad.....	34
2.5.3. Actividad puzolánica.....	34
2.5.4. Agregado grueso.....	35
2.5.5. Agregado fino.....	36
2.5.6. Agua.....	36
2.5.7. Fabricación de probetas.....	36
2.5.8. Resistencia a la compresión.....	37
2.6. Puzolana.....	37
2.6.1. Propiedades físicas y químicas.....	38
2.6.2. Métodos para evaluar la puzolanicidad.....	38
2.6.3. Propiedades a evaluar una puzolana.....	39
2.6.4. Antecedentes históricos sobre las puzolanas.....	39
2.6.5. Definición y clasificación de la puzolana.....	40
2.6.6. Puzolanas naturales.....	40
2.6.7. Causas de la actividad puzolánica.....	41
2.6.8. Puzolanas Artificiales.....	42
2.6.9. Ventajas del empleo de las puzolanas.....	44
2.7. Polipropileno.....	45
2.7.1. Tipos de Polipropileno.....	48
2.7.2. Proceso de Síntesis de Polipropileno.....	49
2.7.3 Microfibras.....	50
2.8. Marco legal.....	50
2.9. Conceptos generales.....	52
CAPITULO III.....	56
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	56
3. Metodología.....	56
3.1. Tipo de investigación.....	56
3.2. Enfoque.....	57
3.3. Técnica e Instrumentos.....	58
3.3.1. Técnica.....	58
3.3.2. Instrumento.....	58
3.3.3. Descripción de experimento.....	58
3.3.3.1. Proceso de fabricación de horno de leña.....	59
3.3.3.2 Proceso de incineración de cascara de maní.....	62

3.4. Ensayos Para Diseño de mezclas.....	63
3.4.1. Ensayo de Densidad Especifica y Absorción del agregado fino, Ceniza de Cáscara de maní (ASTM C 128) (ASTM C188).....	63
3.5. Población.....	71
3.6. Muestra. ....	72
3.7. Análisis y Resultados. ....	72
3.7.1. Módulo de finura de arena.....	73
3.7.2. Ensayo de densidad a cemento y ceniza de cascara de maní Norma ASTM C188.....	74
3.7.4. Cálculo de porcentaje de absorción de la ceniza de cascara de maní método convencional. ....	75
3.7.3. Diseño de mezcla para mortero Patrón. ....	75
CAPITULO IV .....	80
INFORME FINAL.....	80
4.1 Origen de la Propuesta .....	80
4.2 Detalle de propuesta.....	80
4.2.1. Cenizas de cascara de maní y Fibra de polipropileno. ....	80
4.2.2. Agua empleada en el proceso. ....	82
4.2.3. Descripción de dosificaciones. ....	82
4.2.4. Probetas de ensayo empleadas en el proceso.....	83
4.2.5. Mezcla de mortero.....	83
4.2.6. Vertido de mezcla en probetas.....	83
4.2.7. Proceso curado de muestras.....	83
4.2.8. Cantidades para el diseño de la mezcla por porcentaje de ceniza en probetas. ....	84
4.3. Ensayos realizados a mortero convencional y al mortero a base de ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno. ....	86
4.3.1. Detalle de resultados en ensayos de resistencia a la compresión. ....	86
4.3.1.1. Análisis de resultados del ensayo a la compresión del mortero convencional con el mortero a base de ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno.....	92
4.3.2 Fluidez de la mezcla de Mortero convencional vs Mortero a base de cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno. (Norma ASTM C1437). ....	93
4.3.2.1. Procedimiento de ensayo. ....	93
4.3.3. Resultados de comparación de Fluidez en los Morteros estudiados. ....	98
4.4. Ensayo de adherencia del Mortero convencional vs Mortero a base de cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno. ....	98
4.4.1. Proceso de ensayo con maquina PULL OFF.....	101

4.4.2. Comparación de los ensayos de adherencia a los morteros estudiados. ....	104
CONCLUSIONES .....	107
RECOMENDACIONES .....	108
BIBLIOGRAFÍA .....	109
ANEXOS .....	114

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Págs.</b>
Tabla 1 Clasificación de Agregado o Áridos.....	16
Tabla 2 Especificaciones por propiedades, para morteros de cemento.....	18
Tabla 3 <i>Requerimientos químicos de ceniza volante.</i> .....	20
Tabla 4 <i>Requerimientos físicos de ceniza volante.</i> .....	21
Tabla 5. <i>Composición química de las cenizas volantes.</i> .....	21
Tabla 6. <i>Base de hidratación entre el cemento y cenizas volantes.</i> .....	23
Tabla 7 <i>Reacciones del cemento.</i> .....	24
Tabla 8. <i>Reacciones de las Cenizas Volantes.</i> .....	24
Tabla 9. <i>Composición química de las cenizas volantes.</i> .....	33
Tabla 10. <i>Contenido de humedad.</i> .....	34
Tabla 11. <i>Propiedades físicas del agregado grueso.</i> .....	35
Tabla 12. <i>Propiedades físicas del agregado fino.</i> .....	36
Tabla 13. <i>Ventajas de los cementos puzolánicos.</i> .....	44
Tabla 14 <i>Uso específico del cemento puzolánico.</i> .....	44
Tabla 15 Análisis de composición química de cenizas de cáscara de maní expresada en óxidos .....	45
Tabla 16 <i>Procedimiento de fabricación del horno de leña para incinerar cascara de maní...</i>	59
Tabla 17 <i>Esquema de proceso de incineración.</i> .....	62
Tabla 18 Tabla comparativa de los morteros a estudiar.....	72
Tabla 19 Ensayo granulométrico.....	73
Tabla 20 Dosificación para 1m <sup>3</sup> de mortero .....	78
Tabla 21 Cantidades para 0.0225 m <sup>3</sup> de morteros con ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno.....	85
Tabla 22 Cantidades para 0.001125 m <sup>3</sup> para morteros convencional dosificación (1:2.6).....	85
Tabla 23 Resistencia a la compresión de mortero patrón y mortero con ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno.....	86
Tabla 24 Detalle de resultados de ensayo de Fluidez según norma ASTM C-230. ....	98
Tabla 25 Detalle de ensayo adherencia. ....	105

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Págs.</b>
Gráfico 1. Resistencia a la compresión de medidas.450FA0.....	24
Gráfico 2. Resistencia a la compresión de medidas 450FA20.....	25
Gráfico 3. Resistencia a la compresión (Mpa – Días) 550FA0.....	25
Gráfico 4. Resistencia a la compresión (Mpa – Días) 550FA20.....	26
Gráfico 5. Resistencia a la compresión de concretos HVFA conteniendo UFFA.....	26
Gráfico 6. Absorción superficial de agua. ....	27
Gráfico 7. Carbonatación acelerada en cámara. ....	28
Gráfico 8. Óxidos principales.....	34
Gráfico 9. Índice de Actividad puzolánica. ....	35
Gráfico 10. Resistencia a la compresión. ....	37
Gráfico 11. Curva Granulométrica. ....	74
Gráfico 12. Resistencia a la compresión del mortero de diseño. ....	90
Gráfico 13. Resistencia a la compresión a la edad de 7 días.....	91
Gráfico 14. Resistencia a la compresión del mortero a los 14 días.....	91
Gráfico 15. Resistencia a la compresión del mortero a los 28 días.....	92
Gráfico 16. Resistencia a la adherencia del mortero de diseño a los 28 días de edad. ....	105
Gráfico 17. Resistencia a la adherencia del mortero con ceniza de cáscara de maní y fibra de polipropileno a los 28 días de edad. ....	106

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Págs.</b>
Figura 1. Morfología de la Ceniza Volante. (Cenosferas) .....	22
Figura 2 Morfología de la Ceniza Volante. (Plerosferas) .....	22
Figura 3. Morfología de Cenizas Volante (Ferrosferas) .....	22
Figura 4. Morfología de Cenizas Volante (Diatomita) .....	23
Figura 5. Diagrama conceptual del método experimental. ....	29
Figura 6. Equipo y probetas. ....	30
Figura 7. Equipos que se emplean, Olla de vacío, horno y balanza.....	30
Figura 8. Localización de productoras de cemento en Ecuador.....	31
Figura 9. Localización de Termoeléctricas en Ecuador.....	32
Figura 10. Relleno con Ceniza Volante.....	32
Figura 11. Partes de una probeta. ....	36
Figura 12. Puzolana natural de origen volcánico.....	40
Figura 13. Micrografía de una ceniza volante tipo F. ....	43
Figura 14. Esquema representativo del comportamiento de la viscosidad elongacional transitoria (Izq) y representación elongacional de la viscosidad del estado estacionario de los polímeros lineales y ramificados (Der). ....	46
Figura 15. Representación general de un proceso de mezclado reactivo. ....	47
Figura 16. Esquema general del proceso de polipropileno ramificado. ....	49
Figura 17. Tamiz usado en ensayo de agregado fino.....	63
Figura 18. Recipiente metálico usado en ensayo de agregado fino.....	64
Figura 19. Balanza usada en ensayo de agregado fino y Ceniza de cáscara de maní.....	64
Figura 20. Horno ensayo de agregado fino laboratorio de suelos. ....	65
Figura 21. Probeta para ensayo de absorción de la ceniza de Cáscara de maní .....	65
Figura 22. Matraz Le Chatelier. ....	66
Figura 23. Termómetro Digital empleado. ....	66
Figura 24. Recipiente de vidrio .....	67
Figura 25. Matraz Le Chatelier con queroseno (375 ml) previo a verter la ceniza (64 gr). ..	67
Figura 26. Ceniza Cáscara de maní como producto final del tamiz 200. ....	68
Figura 27. Agregado fino como producto final del tamiz 40. (502 gr) .....	68
Figura 28. Agua añadida en el proceso de ensayo ASTM C128.....	69
Figura 29. Maquina empleada para ensayo a compresión .....	69
Figura 30. Mesa de fluidez o de flujo.....	70
Figura 31. Mezcladora de morteros – espátula. ....	70
Figura 32. Probetas cúbicas.....	71
Figura 33. Tamices para módulo de finura del agregado fino. ....	73
Figura 34. Cuadro para hallar el contenido de cemento. ....	76
Figura 35. Cuadro Relación A/C.....	77
Figura 36. Resultado modelo de la ceniza obtenida una vez incinerada. ....	81

Figura 37. Resultado de la ceniza que pasa por tamiz 200. ....	81
Figura 38. Cascara de maní peso de 8 kg .....	81
Figura 39. Ceniza de cascara de maní obtenida del proceso de incinerado, peso = 0.80 kg .	82
Figura 40. Fibra de polipropileno en su presentación de 60 gr. ....	82
Figura 41. Muestra de probetas sumergidas en agua para su correcto curado. ....	84
Figura 42. Mesa + Cono empleado en ensayo de Fluidez. ....	93
Figura 43. Mezcladora de laboratorio para mortero. ....	94
Figura 44. Proceso de ensayo fluidez capa 2.5cm. ....	95
Figura 45. Proceso de ensayo fluidez cono lleno. ....	95
Figura 46. Proceso de ensayo con giro de 25 veces. ....	96
Figura 47. Proceso de ensayo fluidez mortero convencional. ....	96
Figura 48. Proceso de ensayo fluidez mortero con ceniza de cascara de maní. ....	97
Figura 49. Tipos de morteros según su porcentaje de fluidez .....	98
Figura 50. Equipo empleado en ensayo de adherencia .....	99
Figura 51. Proceso de ensayo adherencia. ....	99
Figura 52. Proceso de ensayo adherencia. ....	100
Figura 53. Bloques enlucidos con mortero convencional y mortero a base de ceniza de cascara de maní 35% + fibra de polipropileno. ....	101
Figura 54. Limpieza de enlucidos con mortero convencional y mortero a base de ceniza de cascara de maní 35% + fibra de polipropileno. ....	101
Figura 55. Corte superficial de enlucidos con mortero convencional y mortero a base de ceniza de cascara de maní 35% + fibra de polipropileno. ....	102
Figura 56. Resina Epóxica (SikaDur 30). ....	102
Figura 57. Bloques de mampostería enlucidos. ....	103
Figura 58. Equipo listo para ensayo de adherencia. ....	103
Figura 59. Proceso de arrancamiento por tracción perpendicular. ....	104

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo No. 1 fotografías.....	<b>114</b>

## ABREVIATURAS

ASTM. - American society for Testing and materials

UNE. - Una Norma Española

NTC. – Norma Técnica Colombiana

NTE. - Norma Técnica Ecuatoriana

INEN. - Instituto Ecuatoriano de Normalización

NEC. - Norma Ecuatoriana de la Construcción

Vol. - Volumen

Var Volumen Arena

MF. - Modulo de finura

A/C.- Relación Agua cemento

W. – Peso

V0. -Volumen inicial

VF. – Volumen Final

c/u. – Cada uno

Cant. – Cantidad.

% comp. – Porcentaje de compresión.

### AÑADIR COMPONENTES QUIMICOS

C3A. – Aluminato tricálcico

C4A. – Familia de minerales que contienen calcio

MW. - Megavatios

NO<sub>2</sub>.- Óxido de nitrógeno.

Al<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.- Óxido de aluminio

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.- Óxido de hierro.

TiO<sub>2</sub>.- Óxido de titanio.

SO<sub>3</sub>.- Trióxido de Azufre.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.- Óxido de fósforo.

MgO. - Óxido de Magnesio

Na<sub>2</sub>O.- Óxido de sodio.

Cl.- Curio

Ba.- Bario.  
Sr.- Estroncio.  
Cr.- Cromo.  
Zr.- Circonio.  
V.- Vanadio.  
Ce.- Cerio.  
MnO.- Oxido de manganeso  
Zn.- Cinc.  
Rb.- Rubidio.  
Cu.- Cobre.  
Pb.- Plomo.  
XRF.- Fluorescencia de rayos X.

## INTRODUCCIÓN

El mundo de la industria de la construcción siempre ha estado ligado a la obtención de materiales y técnicas que permiten su crecimiento para dar resultados que incrementen los niveles de productividad. Efectivamente podemos verlo reflejado en las edificaciones actuales, preguntándonos cómo y con qué, el ser humano ha logrado avanzar en esta industria.

La construcción es una de las actividades económicas que potencia con más fuerza el progreso de los países, sin importar cuál sea su cultura y economía, porque a través de ella se cumplen las necesidades de infraestructura, del movimiento colectivo y económico de una nación; Dando resultados positivos a la sociedad, al crear ambientes que brinden bienestar a los habitantes y a su vez, espacios estéticamente agradables para realizar labores diarias de trabajo.

Luego de los cambios geopolíticos a nivel mundial acaecidos luego de la finalización de la segunda guerra mundial, a finales de la década de los años 40, se incrementaron de manera exponencial y en corto tiempo las necesidades sociales y económicas de los países que fueron duramente afectados, provocando de tal manera que el sector construcción se adaptara a los requerimientos tanto en volumen de obras como en la eficiencia del manejo de estas.

En Latinoamérica el tema es muy conveniente, puesto que día a día aumenta el interés en disponer soluciones ante los desafíos y efectos de la economía de la IV revolución industrial. De acuerdo con el McKinsey Global Institute, la construcción es, a nivel mundial, la industria con la menor cantidad de incremento en productividad en los últimos 20 años. Como referencia, mientras la manufactura creció su valor añadido en 3.6% y la economía mundial lo hizo 2.8%, la construcción solo lo hizo en 1%. (Forum, 2018)

En el Ecuador la industria de la construcción tiene una gran demanda en el área estructural, siempre pensando en Ecuador como zona de actividad sísmica pero poco se ha hablado de los materiales de acabados que también sufren cuando existen estos movimientos telúricos, tales materiales como los morteros para enlucir deben adaptarse y evolucionar según los requerimientos de la industria de la construcción y el sentido de sustentabilidad que se ha planteado a nivel mundial desde la ONU y la cual además de muchos países también suscribió la república del Ecuador y está planteado en su plan de desarrollo 2017 – 2021, denominado Plan del Buen Vivir 2017 – 2021.

El crecimiento de Ecuador siempre ha estado marcado por el desarrollo de sus ciudades más importantes, siendo sin duda alguna Guayaquil quien marca la pauta, esta urbe en los últimos 10 años ha tenido un incremento en la población y a su vez en el área constructiva. Esto provoca una necesidad de espacios habitacionales por lo cual la

ciudad se expande en su territorio levantando edificaciones de uso habitacional. Por tal motivo se debe satisfacer este sector con nuevos productos para la construcción sin dejar a un lado el enfoque ambiental, minimizando la contaminación.

En el primer capítulo se establecerá todo lo relacionado en cuanto al problema de investigación, como es el planteamiento del problema, formulación del problema, los objetivos, tanto general, como los específicos, también se presenta la delimitación, justificación, Hipótesis y la definición de las variables. El segundo capítulo es el marco teórico de la investigación donde se plantea inicialmente los antecedentes investigativos del trabajo, relacionado con las variables establecidas; De la misma manera se establecen textos relacionados con las variables, y para finalizar en este capítulo se establecerá un marco legal y un marco conceptual.

El tercer capítulo se basa en el método de investigación definiendo el tipo de investigación, diseño de la investigación, se define la población y la muestra, se plantean las técnicas para la recolección de los datos y sus instrumentos. El cuarto capítulo se basa en mostrar los resultados obtenidos y además el análisis de estos, y por último se establecen las recomendaciones y conclusiones del trabajo de investigación.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA A INVESTIGAR

### 1.1. TEMA.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL MORTERO CONVENCIONAL CON MORTERO A BASE DE CENIZAS DE CÁSCARA DE MANÌ Y FIBRA DE POLIPROPILENO EN ENLUCIDOS.

### 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Actualmente existe la necesidad de nuevos materiales bio-amigables en el sector de la construcción utilizando recursos de la naturaleza, dando así un rumbo ecológico a este sector, determinando que estos nuevos materiales brinden mejores características constructivas o similares a las ya establecidas y a su vez entregue un avance en la tecnología de los futuros morteros a crear por nuevos investigadores.

El avance tecnológico apreciado desde el punto de vista del mejoramiento de los materiales de construcción en el transcurso de los años se evidencia una transición del modo de hacer e investigar con el objetivo de la innovación de nuevos materiales para la construcción, los procesos industriales del sector constructivo a nivel mundial tuvieron varias mejoras y modificaciones en sus propiedades.

En el Ecuador al inicio de la década de los setenta se mostró un incremento en el sector constructivo al instante en que se incrementó el presupuesto del estado gracias a la explotación en el sector petrolero, dado a esto en la provincia del Guayas el sector habitacional ha crecido sobre todo en los sectores como vía a la costa y a lo largo de la avenida León Febres Cordero en la parroquia la aurora y hacia al oeste con la parroquia de Samborondón. De tal manera se crea la necesidad de innovar con nuevos materiales de mejores propiedades para aplicación en distintos ámbitos constructivos, se habla mucho en cuanto a materiales de tipo estructurales, pero en cuanto a materiales para acabados existe poco interés en la investigación.

### 1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cómo diseñar un mortero con materiales eco-amigables que posea características constructivas similares o mejores que el mortero convencional?

### 1.4. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cuál será la dosificación óptima para una mezcla de mortero añadiendo ceniza de cáscara de maní y fibra de polipropileno?

¿Cómo es el comportamiento del mortero añadiendo ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno?

¿Cómo es el comportamiento del mortero convencional respecto al comportamiento del mortero añadiendo ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno?

## **1.5. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL.**

Estudiar el comportamiento del mortero convencional con un nuevo mortero a base de ceniza de cáscara de maní y fibra de polipropileno.

### **1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Determinar la dosificación óptima para una mezcla de mortero añadiendo ceniza de cáscara de maní y fibra de polipropileno.
- Analizar el comportamiento del mortero añadiendo ceniza de cáscara de maní y fibra de polipropileno a través de los diferentes ensayos tanto en estado húmedo como endurecido.
- Contrastar el comportamiento del mortero convencional con el mortero añadiendo ceniza de cáscara de maní y fibra de polipropileno.

## **1.6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

Para alcanzar los objetivos de este proyecto, se emplearán técnicas de ingeniería como lo son ensayos de resistencias para así analizar los resultados obtenidos de las muestras durante la elaboración del nuevo mortero. Con ello se pretende obtener valores que nos indiquen su comportamiento desde el punto de vista constructivo, como lo son, la resistencia a la compresión, la adherencia y la absorción del nuevo diseño de mortero a base de las cenizas de la cascara del maní con fibra de polipropileno.

El presente proyecto de investigación se enfoca en la elaboración y obtención de un revestimiento para mampostería con un nuevo agregado que genere menos contaminación y por lo tanto aporte sustentabilidad al proceso constructivo, sin descuidar las propiedades constructivas, las cuales deben ser similares o mejores a las existentes en el mercado, este nuevo mortero usará las cenizas de la cáscara del maní y la fibra de polipropileno como agregados, por lo cual se propone un análisis comparativo respetando las normas de calidad a las que se rigen los morteros en el país.

La importancia de esta investigación es la indagación planificada que persigue descubrir nuevos materiales de acuerdo al concepto de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en el Ecuador, el cual involucra la aplicación de conocimientos

científicos y tecnológicos para desarrollar nuevos proyectos innovadores y sobre todo ecológicos, coadyuvando al desarrollo sustentable al cual está comprometido este país, lo cual justifica desde el punto ambiental esta investigación.

Desde el punto de vista teórico esta investigación enfoca su importancia en consolidar un constructo teórico apropiado, amplio y concentrado sobre la variable características constructivas del mortero convencional en enlucidos y la variable características constructivas del mortero a base de cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno en enlucidos, que permita darle soporte a esta investigación y a futuras investigaciones en esta temática.

Desde el punto de vista práctico esta investigación brindara información numérica en cuanto a las dosificaciones exactas para obtener una mezcla de mortero que brinde una característica constructiva similares so mejores a las del mortero tradicional, dichas dosificaciones podrán ser usadas por los profesionales de la ingeniería y maestros albañiles en las construcciones que se llevan a cabo en Guayaquil, conociendo de antemano y gracias a esta investigación cuál es su comportamiento en cuanto a la resistencia a la compresión, adherencia y fluidez de la mezcla.

### **1.7. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.**

<b>Campo:</b>	Educación Superior. Pregrado
<b>Área:</b>	Ingeniería Civil
<b>Aspecto:</b>	Investigación experimental
<b>Tema:</b>	Análisis comparativo de las características constructivas del mortero convencional con mortero a base de ceniza de cáscara de maní y fibra de polipropileno en enlucido.
<b>Delimitación Espacial:</b>	Ciudad Guayaquil, Duran - Provincia del Guayas, Ecuador.
<b>Delimitación Temporal:</b>	6 meses.
<b>Líneas de investigación:</b>	Materiales de construcción.
<b>Sub línea de investigación:</b>	Materiales innovadores en la construcción.

### **1.8. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.**

El mortero a base de cenizas de cascará de maní y fibra de polipropileno obtendrá mejores características técnicas que el mortero convencional fundamentándose en las normas establecidas para los morteros.

## **1.9. VARIABLES.**

### **1.9.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.**

Características constructivas del mortero convencional en enlucidos.

### **1.9.2. VARIABLE DEPENDIENTE.**

Características constructivas del mortero a base de cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno en enlucidos.

## **1.10. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.**

Territorio, materiales, y métodos constructivos innovadores.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes.

Según Luis Xavier Vargas Gordillo (2017) autor peruano de la tesis titulada “Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del mortero tradicional y el mortero no convencional en muretes de albañilería” para alcanzar el título de ingeniero civil en la Universidad Nacional de Ingeniería, en Lima. El propósito de esta investigación fue analizar el comportamiento del mortero convencional y no convencional en pilas y muretes de albañilería, dando a conocer que los morteros poliméricos no llegan a las resistencias requeridas en cuanto a la compresión en pilas y compresión en muretes, pero con respecto a la resistencia a flexión los morteros poliméricos superan a los tradicionales. Aportando a esta investigación fundamentales aspectos teóricos y metodológicos de la variable características constructivas del mortero convencional en enlucidos.

Según Reyes Castañeda - Cristhian Henry (2018), autores de nacionalidad peruana, de la tesis nombrada “Estudio comparativo del mortero de adherencia convencional y el mortero embolsado para la elaboración de muros de albañilería, Lima-2018” previo a obtener el título profesional de ingenieros civiles en la Universidad César Vallejo. Facultad de Ingeniería en Lima. La tesis mencionada se enfoca en analizar el comportamiento físico y mecánico de los muretes de albañilería por lo que tuvo como objetivo elaborar el mortero y comparar su resistencia en compresión axial, compresión diagonal y en adherencia entre ladrillo y mortero. Aportando a nuestra investigación aspectos teóricos en nuestra variable características constructivas del mortero convencional en enlucidos.

Manteniendo el ítem de los antecedentes según Matta Quezada - Esleiter Zósimo (2019) autores peruanos de la tesis nombrada “Estudio comparativo del mortero convencional y el mortero polimérico en el comportamiento mecánico de muros de albañilería - en la Molina 2018” para obtener el título de ingeniería civil en la Universidad César Vallejo. Facultad de Ingeniería en Lima. El propósito de este estudio fue evaluar cómo se relaciona el mortero convencional y el mortero polimérico en su comportamiento mecánico de muros de albañilería, destacando en la actual investigación criterios metodológicos en la variable características constructivas del mortero convencional en enlucidos.

Según López Pérez - Raúl Carlos (2018) de nacionalidad peruana de la tesis titulada “Sustitución de 5% y 10% de cemento por ceniza de cascara de maní en la resistencia de un mortero – 2017” para alcanzar el título profesional de ingenieros civiles en la

Universidad San Pedro, Chimbote, Perú; Esta tesis menciona el efecto de sustituir el cemento en un 5% y 10% por cenizas de cascara de maní para conocer las mejoras en un mortero; Obteniendo como resultado que la ceniza de cascara de maní como base cementante reduce la capacidad a la compresión del mortero. Aportando a nuestra investigación destacables aspectos teóricos y metodológicos en nuestra variable de características constructivas del mortero a base de cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno en enlucidos.

Según Castro Aguirre Julio Cesar (2016) autor ecuatoriano de la tesis titulada “Las fibras de vidrio, acero y polipropileno en forma de hilachas, aplicadas como fibras de refuerzo en la elaboración de morteros de cemento” para alcanzar el título de ingeniero civil en la Universidad Técnica de Ambato; esta investigación se enfoca en analizar las fibras de vidrio acero y la que más nos interesa que es la fibra de polipropileno. De la cual se obtuvo como resultado que el mortero convencional se comporta mejor con fibras. Aportando información teórica a nuestra variable de Características constructivas del mortero a base de cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno en enlucidos al mostrar cómo se comporta la fibra de polipropileno en una mezcla de mortero.

Según Jairo Antonio Cabrera Zamora (2016) autor ecuatoriano de la tesis nombrada “Análisis y evaluación del aporte estructural a contrapisos de hormigón mediante la adición de fibras metálicas y fibras de polipropileno” para obtener el título de ingeniero civil en la Universidad De Guayaquil. Facultad de ciencias matemáticas y físicas. Esta tesis da a conocer los aportes que se pueden alcanzar al diseñar mezclas de hormigones mediante la adición de fibras a mezclas tradicionales para soportar esfuerzos a tensión y compresión de algún elemento dando como resultado que al aplicar la fibra de la manera correcta a una mezcla se obtendrán resultados positivos como mejoras a la compresión desde el inicio de las pruebas. Aportando con información práctica a nuestro proyecto a la variable de Características constructivas del mortero a base de cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno en enlucidos.

## **2.2. Mortero.**

Mortero, en su determinación más universal es la combinación de (cemento + arena + agua), eventualmente adictivos, que al endurecerse muestran propiedades, físicas, mecánicas semejantes a las de los concretos, es vastamente utilizado en las construcciones como un material de recubrimiento para acabados y pegado de piezas para Mampostería y o elementos estructurales, como muros de carga, columnas, vigas, losas, y como recubrimiento de elementos metálicos con sus respectivas adecuaciones para su correcta adherencia, los mortero ha sido llegado a identificar con diversidad de nombres como lo son pañete, repillo o revoque. (Guzman, 2017)

### **2.2.1 Evolución de los morteros.**

Históricamente pueden diferenciarse varias fases en la fabricación de Mampostería con distintas clases de morteros, así:

- Las primeras construcciones de Mampostería fabricadas con piedra y mortero de barro.
- Empleo de mortero de arcilla.
- Invención de la cal apagada formado a partir de cal viva para la fabricación de pañetes. (Guzman, 2017)
- El empleo de los morteros como material de unión en tres piezas o ladrillos para garantizar la estabilidad de las estructuras se convertido, con el paso del tiempo, en prácticas más habituales. El conglomerante más usados fue la cal aérea, esta última fue la razón por la cual su innovación como mortero de cal hidráulico o mortero puzolánico, esta invención ya se venía ejerciendo por los griegos pues ellos usaban este desarrollo en todo tipo de construcciones, tanto como para asegurar las juntas o fijaciones de piensas en mamposterías. (HUGO, 2018).
- Morteros de cal y arena usado en mamposterías poco antes de la aparición de los cementos portland a mediados del siglo XIX; fueron morteros convencionales de baja trabajabilidad, pero de magnífica resistencia a compresión y de fraguado rápido. (Guzman, 2017).
- Mortero modernizado de mampostería elaborados con cal, arena y cemento Portland beneficiado de las propiedades de cada uno de esos componentes. (Guzman, 2017)
- Al igual que lo acontecido en la civilización romana, a estos materiales hidráulicos se debe, en gran parte, el auge de la arquitectura e ingenierías actuales, caracterizadas por grandes obras y por soluciones técnicas arriesgadas, lo cual no se debe olvidar. Actualmente se fabrican morteros hidráulicos de cal aérea con adictivos puzolánicos tales como polvo de ladrillos, polvo de cerámica de alta temperatura de combustión pulverizada. No obstante, cuando se necesita un fraguado hidráulico la práctica es utilizar cales hidráulicas o cementos mezclados o no con cal área.

### **2.2.2. Características de los morteros.**

De acuerdo con la norma ASTM C270-19, los morteros se clasificación, bien por sus propiedades, o por sus proporciones. Todas las especificaciones deben hacerse por una sola categoría de las indicaciones, pero no por ambas (son excluyentes). (ASTM INTERNACIONAL , 2019)

Los morteros pueden ser analizados en 2 etapas que presentan las propiedades ya sea en estado plástico o endurecido.

### 2.2.2.1. Propiedades estados plástico.

Cuando un mortero se halla en estado fresco o manipulable, esta muestra ciertas características que fija su comportamiento y ayudará a determinar cómo será sus propiedades en estado endurecido.

- **Trabajabilidad:** es una medida que determina la facilidad de manipulación de la mezcla, es decir, la soltura para dejarse manejar. La trabajabilidad es la relación con la consistencia de la mezcla en cuanto a blanda o seca, de la manera que se presente en estado plásticos; dependerá de la proporción arena y cemento y de la forma, textura y módulo de finura de la arena. (Guzman, 2017)

Para determinar la manejabilidad del mortero se procede a realizar el ensayo de fluidez descrito en la norma ASTM C 230, en la presente norma se muestra una tabla recomendada para los tipos de fluidez de los morteros en diversos tipos de estructuras y condiciones de colocación.

TABLA No. 28. FLUIDEZ RECOMENDADA DEL MORTERO PARA DIVERSOS TIPOS DE ESTRUCTURA Y CONDICIONES DE COLOCACIÓN

CONSISTENCIA	FLUIDEZ %	CONDICIÓN DE COLOCACIÓN	EJEMPLO DE TIPOS DE ESTRUCTURA	EJEMPLO DE SISTEMA DE COLOCACIÓN
Dura (seca)	80 – 100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos	Proyección neumática, con vibradores de formaleta
Media (plástica)	100 – 120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con palas y palustres
Fluida (húmeda)	120 – 150	Sin vibración	Pañetes, rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección

**Figura 1.** Tipos de morteros según su porcentaje de fluidez

**Fuente:** Norma ASTM C-230.

**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

- **Retención de agua:** propiedad del mortero en estado fluido que permite mantener su plasticidad cuando queda en contacto en un área sobre la que va a ser vertida, ejemplo un bloque.  
Para aumentar la retención de agua se puede agregar cal, o aumentar el contenido de finos en la arena, o emplear aditivos plastificante o incorporadores de aire. (Guzman, 2017).  
La retención de agua influye mucho en la velocidad del endurecimiento y en la resistencia final, pues un mortero que no retenga agua no permite la hidratación del cemento en el proceso de fraguado. (Guzman, 2017).
- **Velocidad de endurecimiento:** El tiempo de endurecimiento o fraguado inicial y final de la mezcla deben estar entre un margen adecuado. Normalmente se aceptan valores entre 2 y 24 horas, respectivamente. No obstante, este se encuentra sujeto a diversos factores tales como la condición del clima o la composición de la mezcla lo que puede ser controlado con el uso de aditivos. (Guzman, 2017)

#### 2.2.2.2. Propiedades en estado endurecido.

- **Retracción:** Principalmente la retracción es ocasionada por las reacciones químicas de hidratación de las pastas, sobre todo en pastas puras con una alta relación agua cemento. El agregado arregla el problema en fracción, principalmente si es de textura rugosa, ya que forma un esqueleto que evita las alteraciones de volumen y el peligro de agrietamiento. En sectores calurosos y de muchos vientos, el agua de amasado tiende a evaporarse provocando tensiones internas en el mortero, que se expresan en la aparición de pequeñas grietas. Esto también puede ocurrir cuando la superficie donde es aplicada la mezcla es de una alta capacidad de absorción, teóricamente la retracción es proporcional al espesor de la capa de mortero. Se recomienda el uso de cementos de baja retracción al secado (puzolánicos o con adición inerte) y arenas de buena granulometría con pocos finos. (Guzman, 2017).
- **Adherencia:** Habitualmente la adherencia es la capacidad que tienen los morteros de absorber tensiones normales y tangenciales a la superficie que une el mortero con las diferentes tipas de estructuras. Es de suma importancia, ya que gracias a esta propiedad el mortero puede resistir al pandeo, cargas transversales y excéntricas, ofreciendo resistencia a la estructura.

Un mortero con baja capacidad de retención de agua y morteros de alta resistencia se adhieren solo en partes por lo que su adherencia es pobre. Para alcanzar una buena adherencia en las mamposterías es necesario que la

superficie del bloque sea tan rugosa como sea posible para permitir la unión mecánica del mortero y además debe tener un nivel de absorción adecuado y acorde con la mezcla de mortero. Los morteros plásticos, de buena adherencia, buena capacidad de retención de agua y que no requieran de superficies húmedas para colocación, son los más adaptables y de mayor utilización en mampostería ya que permiten una excelente unión entre piezas. (Guzman, 2017).

- **Resistencia a la compresión:** Los morteros aplicados en obra deben actuar como ligadura resistente. Es requerido una alta resistencia a la compresión cuando el mortero deba resistir altas cargas y sucesivas. Siendo este un indicativo de las resistencias a tensión de tracción y tensión de corte.

Fundamentalmente se aplican 2 leyes para la resistencia de un mortero compuesto del mismo compuesto del mismo cemento con diferentes proporciones y tamaños de agregados, la primer ley dice que: “con un mismo agregado, el mortero más resistente e impermeable es aquel que tiene mayor porcentaje de cemento en un volumen dado de mortero; y la segunda: “con el mismo porcentaje de cemento en un volumen de mortero, el más resistente y generalmente más impermeable es aquél que tenga la mayor densidad, o sea aquél que en una unidad de volumen contenga el mayor porcentaje de materiales sólidos. (Guzman, 2017).

En la primera ley se tiene claro el concepto que se indica, pero para la segunda ley se requiere de un análisis mucho más extenso. Los valores de un cemento de primera clase sin impurezas son totalmente reconocidos. No obstante, la propiedad de un mortero hidráulico, como durabilidad, permeabilidad y porosidad, no dependen únicamente de la calidad del cemento sino también de la composición granular del mortero, o sea las dimensiones y posiciones referentes de los diferentes elementos que lo componen. (Guzman, 2017).

- **Durabilidad:** De la misma forma que en el concreto, la durabilidad del mortero es la resistencia a los agentes externos tales como las bajas temperaturas, la penetración de agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin dañar sus condiciones físicas-químicas con el tiempo. Comúnmente, se cree que los morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad; sin embargo, el uso de agentes inclusores de aire es de particular importancia en ambientes húmedos, ambientes marinos y en general en condiciones de ambientes agresivos. (Guzman, 2017).

- **Permeabilidad:** Esta característica consiste en dejar filtrar aire o agua. Los morteros trabajables y uniformes pueden hacer que la mampostería sea más resistente a la permeabilidad de agua. Cuando un mortero no es trabajable, los albañiles deben golpear suavemente las piezas de mampostería para colocarlas en su sitio. El resultado de esto es que la junta de mortero no es tan buena, y se pueden producir grietas que favorezcan alguna filtración. (Donis, 2015).
- **Eflorescencia:** La eflorescencia es una patología causada por el movimiento de agua de adentro hacia afuera de la pared y la cristalización de las sales solubles. Se conoce que todas los materiales de mampostería contienen sales solubles en agua que, al contacto con ella, se cristalizan, la cal hace al mortero menos permeable y así evita la eflorescencia. (Donis, 2015)
- **Apariencia:** El aspecto que generalmente es olvidado del mortero que cobra mayor importancia en mampostería de bloque a la vista. En este caso, la plasticidad de la mezcla, la selección y la dosificación adecuada de sus componentes, son de vital importancia en la colocación y el acabado de las superficies. (Donis, 2015)

### 2.2.3. Componentes del Mortero.

El mortero es un producto final de la transformación de una mezcla de materias primas, la materia prima tiene una gran importancia en los procesos de fabricación, pues sus características dependen, en parte, la calidad del producto resultante. Los compuestos básicos del mortero son: conglomerantes, agregados, agua y posibles adictivos. (HUGO, 2018).

#### 2.2.3.1. Conglomerantes.

Componente que es capaz de unir fragmentos de otras sustancias y dar cohesión al conjunto por transformación química en su masa (fraguado), produciendo nuevos compuestos. Este se puede conseguir partir de materiales naturales bajo tratamiento térmico (cocción en horno o caldera). (MATERIALES I, 2018).

Según la capacidad de fraguado en distintos medios:

- **Aéreos:** Fragua y endurecen únicamente en ambientes secos. Primordialmente yeso y cal área.
- **Hidráulicos:** Estos son los que muestran excelentes capacidades de fraguado y endurecido en un ambiente húmedo. Este grupo lo conforman principalmente la cal hidráulica y el cemento.

Según su naturaleza:

- **Yesos:** En las construcciones se emplea el yeso obtenido de piedra de yeso cocida a temperatura de 110-120 grados, y después pasa por un proceso de molienda.
- **Cal:** proviene del óxido de calcio (CaO), producto resultante de la separación provocada por el calor de la roca caliza. Procesadas con una temperatura de 900°C. Se clasifica en tres grandes grupos.

**Cal viva:** Piedra caliza completamente pura.

**Cal grasa:** Piedra caliza con contenido entre 1-5 % de arcilla, la cal que produce al calcinarse se le denomina cal grasa.

**Cal hidráulica:** Esta contiene un mayor contenido de arcilla.

- **Cementos naturales:** Material pulverizado natural o artificial que contiene: óxido de calcio, sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma, obtenidas mediante proceso de calcinado a una temperatura de 1280°C y 1350°C, la masa homogénea obtenida a esta temperatura se denomina clínquer. La misma que después de un proceso de triturado, se convierte en un elemento esencial para la producción del cemento.
- **Cemento portland:**  
Este tipo de componente se obtiene a través de la pulverización del Clinker Portland empleando uno o más elementos de sulfato de calcio. Se puede incorporar diferentes productos siempre y cuando este no afecte las características del cemento resultante, como opción los productos que sean adicionados deben estar pulverizados con el Clinker

### 2.2.3.2. Agua.

El agua líquida que está presente en la elaboración de los morteros y/o concretos, mezclas, en el lavado de agregados, curado y hidratación del concreto; este debe ser limpio sin impurezas como aceites, álcalis, sales y ningún otro tipo de componente que pueda ser perjudicial, según el caso para el que se utilice. El uso del agua para elaboración de los morteros se clasifica en:

- **Agua de amasado:** este es el componente que el cemento tiene la propiedad hidráulica ya que debido a esto se produce el fraguado y endurecido, esto se debe a que cuando el cemento entra en contacto con el agua se produce una reacción química, de tal manera el agua es el componente que al estar dentro de un mortero y/o concreto ayuda a que sus partículas se hidraten y que produzcan propiedades aglutinantes.

- **Agua Curado:** Es el suministro para hidratar eficientemente el cemento, ayudando al proceso de reacción del cemento debido al rápido fraguado. Este se ve influido por las condiciones como la humedad y la temperatura.

Se presenta en la siguiente figura los requisitos de la composición química del agua.

USO	CONTENIDO ORGÁNICO Y CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD
Agua para elaborar concreto y mezclas	Sulfatos convertidos a (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	300 ppm
	Cloruros Convertidos a (NaCl) MAX	300 ppm
	Materia orgánica (oxígeno consumido en medio ácido)	10 ppm
	Sólidos totales en solución	1500 ppm
	Sólidos totales en suspensión	2000 ppm
	Turbidez máxima	1500 ppm
	PH no menor a	7
Agua para curado de concreto y lavado de agregados	Sulfatos convertidos a (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	1500 ppm
	Cloruros convertidos a (NaCl) MAX	2000 ppm
Agua usada para riego	Sulfatos convertidos a (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	400 ppm
	Cloruros convertidos a (NaCl) MAX	500 ppm
Agua usada en compactación	Debe ser incolora, no debe contener sólidos orgánicos en suspensión visibles y no debe usarse agua estancada	

**Figura 2.** Requisitos de la composición química del agua.

**Fuente:** (Donis, 2015).

### 2.2.3.3. Agregados o áridos.

Agregados finos o áridos, es todo aquel material que al poseer una resistencia propia suficiente (resistencia de grano), no altera ni influye las propiedades y características del mortero y asegura una adherencia suficiente con la pasta endurecida de cemento. Comúnmente, la mayoría son materiales inertes, es pocas palabras que no afecta el desarrollo con las componentes del mortero, fundamentalmente con el cemento; existen algunos fragmentos más finos que presentan una eficiencia en sus propiedades hidráulicas, contribuyendo con el aumento de la resistencia mecánica propiedad del mortero.

Existen elementos perjudiciales que reaccionan afectando la estructura interna del mortero y su durabilidad; por ejemplo, aquellos que presentan compuestos sulfurados, los que contienen partículas más finas o aquellas que se encuentran en descomposición.

Tabla 1 *Clasificación de Agregado o Áridos*

<b>GRAVAS O ÁRIDOS GRUESO</b>	Granos de diámetro superior a 5 mm.	Usado para la elaboración de hormigón
<b>ARENA O ÁRIDOS FINOS</b>	Granos de diámetro inferior a 5 mm	Usado para la elaboración de morteros.

Nota: se expresan los valores según la granulometría para el distinto tipo de aplicación.

*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

#### **2.2.4. Clasificación de los morteros.**

La clasificación según los autores se realiza en relación con el aglomerante; cómo se puede clasificar a continuación:

- MORTERO DE CAL
- MORTERO DE YESO
- MORTERO DE CEMENTO
- MORTEROS MIXTOS
- MORTEROS ESPECIALES

##### **2.2.4.1. Mortero de cal.**

Una mezcla en la cual interviene la cal como aglomerante, se diferencia, según el origen de ésta en aéreos e hidráulicos. El proceso de fraguado y endurecimiento tienden a ser lentos y proporcionan una resistencia que los elaborados con cemento; obtienen resistencias de 20 kg/cm<sup>2</sup> con una relación 1:3 y 1:4.

La ventaja de estos morteros es la parte económica y la facilidad de trabajabilidad que estos ofrecen, por lo cual son muy demandados en aplicación de acabados.

##### **2.2.4.2. Morteros de Yeso.**

Este es preparado con yeso hidratado con agua, la capacidad de agua es variable según el grado de cocción, calidad y finura del triturado del yeso. En gran parte de los casos, el yeso viene preparado mediante un mezclado con agua, pero es posible mezclarlo con áridos para la obtención del mortero.

Las propiedades resultantes de este mortero son distintas a la de los yesos sin áridos. Incluye mucho el tamaño de árido que es empleado en la mezcla ya impactara en la cantidad de agua de amasado (porosidad, tiempos de fraguado y resistencias mecánicas). Para obras comunes se suele agregar el 50%, para estucos el 60% y para

moldes 70%. Este mortero se prepara a medida que se necesita, pues su fraguado comienza a los cinco minutos y culmina en un cuarto de hora. (Guzman, 2017).

#### **2.2.4.3. Mortero de cemento.**

Son los más empleados en Ecuador, se constituyen de arena y cemento Portland. De una muy alta resistencia y excelente trabajabilidad son variantes de acuerdo a la proporción de cemento y arena empleados. Considerando que su tiempo de amasado y colocación deba ser en el menor tiempo posible debido a que son hidráulicos. Habitualmente en obra se suele mezclar primero la arena y el cemento y poco a poco ir agregando el agua según el tipo de consistencia requerida.

Juega un papel decisivo para la calidad del mortero las características de la arena, tales como la granulometría, módulo de finura, y textura de las partículas, así como también debe ser muy importante el contenido de material orgánico. Aunque se suele usar arenas con ligero contenido de arcilla y limo, ya que esto ayuda a mejorar la trabajabilidad del mortero. No obstante, los morteros fabricados con este tipo de arena no tienen muy buena resistencia.

#### **2.2.4.4. Morteros mixtos.**

Aquellos que se obtienen a partir de la mezcla de cal y cemento y tienen la capacidad de ser manejables, pero tiende a perder una parte de su resistencia. La cantidad de árido en este tipo de mortero juega un papel esencial.

#### **2.2.4.5. Morteros especiales.**

Morteros cuyas propiedades se presentan según las necesidades específicas para el cual será empleado, los cuales pueden ser:

- Mortero refractario
- Morteros ignífugos
- Morteros aislantes
- Morteros de cemento-cola.

#### **2.2.5. Usos del mortero.**

Estos pueden tener una función estructural, pueden ser empleados en la construcción de elementos estructurales o, en la Mampostería estructural en donde pueden aplicarse para pega, relleno o recubrimiento “Enlucidos”.

- **Mortero de pega:** Diferente a los morteros usados para otros fines ya que este debe tener cualidades especiales por que estará sometidos a condiciones especiales, debe tener una resistencia adecuada ya que estar sometido a esfuerzo de compresión y tensión.

- **Mortero de relleno:** Usado para el llenado los orificios de los elementos en las mamposterías estructurales, de igual que el mortero de pega este debe ser diseñado con una adecuada resistencia.
- **Mortero de recubrimiento:** Debido a que su función no es estructural y solo la de embellecer y proporcionar una superficie uniforme para la aplicación de pintura de acabado, no es requerimiento que este tipo de mortero tenga una resistencia determinada; por el contrario, la propiedad que debe cumplir es la de una buena plasticidad ya que esta permitirá presentar un buen acabado.

### 2.2.6. Clasificación de los morteros de Mampostería.

Conforme a la norma ASTM C270, los morteros se clasifican, bien por sus propiedades o por sus proporciones.

Tabla 2 *Especificaciones por propiedades, para morteros de cemento.*

Tipos de Mortero	Resistencia mínima a la compresión a 28 días, kg/cm <sup>2</sup> (Mpa)	Retención mínima de agua	Contenido máximo de aire %	Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta)
M	175 (17.0)	75	12	No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces de la suma de los volúmenes deparados de los materiales cementante s
S	125 (12.5)	75	12	
N	50 (5.0)	75	14	
O	25 (2.5)	75	14	

Nota: La presente tabla presenta la clasificación de los tipos de morteros según las propiedades que se presentan en la norma ASTM C270, con la cual se pueden realizar los distintos diseños de morteros según sea su aplicación.

**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

#### 2.2.6.1. Característica de un mortero tipo M.

Mezcla que ofrece una alta resistencia y mayor durabilidad que los demás morteros.

Utilizado para mamposterías reforzadas, o sin refuerzos, que se encuentren sometidas a cargas de compresión, para altas cargas laterales de tierra, fuertes vientos y temblores.

Se debe aplicar a estructuras que se encuentre en contacto con el suelo; muros de contención, aceras, cimentaciones, tuberías de aguas negras, pozos, etc.

### **2.2.6.2. Característica de un mortero tipo S.**

Mortero que adquiere una alta resistencia a la adherencia que los demás morteros. Usado en estructuras sometidas a cargas normales, que requiera de una alta característica a la adherencia.

Debe ser empleado en casos donde la adherencia del mortero sea el principal requerimiento para su aplicación, como en el caso de revestimiento de cerámicos, baldosa de barro cocido, etc.

### **2.2.6.3. Característica de un mortero tipo N.**

Mortero para aplicado en uso general, empleado en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo.

Presenta excelente acabado para enchapado de mamposterías, paredes divisorias, interna y externas.

Una mezcla de mortero tipo N, usualmente alcanza una resistencia a la compresión de 125 kg/cm<sup>2</sup>, en ensayos de laboratorio.

### **2.2.6.4. Características de un mortero tipo O.**

Mortero de baja resistencia y con alto contenido de cal, empleado en paredes y divisiones exteriores que no se encuentren sometidas a congelamientos. Usados en estructuras de planta baja y dos pisos, es un mortero preferido por los albañiles gracias a la excelente trabajabilidad.

### **2.2.7. Aditivos.**

Son elementos o productos en condición sólida o líquida, que agregadas al mortero previo de, o en el tiempo del amasado mediante una proporción menor del 5% de la carga del conglomerante, se crea el cambio deseado, en estado fresco o endurecido.

Se interpreta por aditivos las sustancias o productos que adicionados al hormigón antes del amasado en una cantidad no mayor al 5% del peso del cemento, produce la mezcla deseada en estado endurecido o fresco, de alguna de sus propiedades usuales o de su comportamiento. Tipos:

- *Modificadores de fraguado y endurecimiento:* Dificultan o agilizan el fraguado y solidificación del hormigón y son conocidos como los impiden, retardan o aceleran el proceso.
- *Reductores de agua o plastificantes:* Reducen o aumentan el volumen de agua de un hormigón para una misma durabilidad sin acortar la resistencia.
- *Reductores de agua de alta actividad o súper plastificantes:* Reducen significativamente la cantidad de agua de un hormigón sin cambiar la durabilidad o aumento significativo del mismo, y a su vez, sin afectar la resistencia.

- *Inclusores de aire o aireantes:* Incrementa el aguante de las heladas del hormigón solidificado. Generan en el hormigón una cantidad moderada de pequeñas burbujas de aire, constantemente repartidas para optimizar el comportamiento frente a las heladas.
- *Impermeabilizantes:* Pese a que el hormigón es bien compacto es impermeable, se utilizan en hormigones que tienen contacto con el agua.
- *Anticongelantes:* Reducen el punto de consolidación del agua hasta -15°C.
- Agregados para el bombeo.
- Agregados para proyección.
- Agregados para inyección.
- Pigmentos o pintura.
- *Transformador de gas y de espuma:* Con el fin de hacer el hormigón más liviano.

### 2.3. CENIZAS VOLANTES

Según (ALCONPAT) menciona que las cenizas volantes se identifican por ser eco amigables en base a esto se relacionan con la variable dependiente características constructivas de mortero a base de ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno, lo cual genera menos impacto al medio ambiente al ser procesada para su obtención, traslado, rendimiento, estudio, reutilización. Ya que una de las áreas industriales que más están al pendiente por disminuir los impactos mencionados es el sector constructivo.

En conformidad con la Norma (ASTM C-618), la Ceniza Volante se conoce como el residuo finamente dividido que proviene de la calcinación de carbón pulverizado y que es conducida por los gases de calcinación y es recogida a través de precipitadores electrostáticos, que tienen una clasificación en tipo de N, F o C, conforme con los requerimientos físicos y químicos expuestos por la norma (ASTM INTERNACIONAL, 2017), en el que son influenciados por varias propiedades químicas de carbón.

Tabla 3 *Requerimientos químicos de ceniza volante.*

	N	Clase F	C
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (% mínimo)	70	70	50
SO <sub>3</sub> (% máximo)	4	5	5
Contenido de humedad (% máximo)	3	3	3
Perdida al fuego LOI (% máximo)	10	6	6

Nota: El uso de las cenizas correspondientes a la Clase F con los valores LOI, con un porcentaje mayor al 12% deben ser aceptadas si cuentan con ensayos de laboratorios que registren que su rendimiento es aceptable.

*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

Tabla 4 *Requerimientos físicos de ceniza volante.*

	N	Clase F	C
Finura: Cantidad retenida en malla húmeda 45 µm (No. 325) (% máximo)	34	34	34
Índice de actividad de fuerza:	75	75	75
Cemento portland a 7 días (Control de % mínimo)			
Cemento portland 28 días	75	75	75
Requerimiento de agua (Control de % máximo)	115	105	105
Estabilidad:	0.8	0.8	0.8
Contracción o Expansión en auto-clave (% máximo)			
Requerimientos de uniformidad	5	5	5
Densidad: Variación con respecto al promedio			
Porcentaje retenido en malla 45µm	5	5	5

Nota: Los valores de esta tabla son correspondientes a los requerimientos físicos empleados en las cenizas volantes.

**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

### 2.3.1. Composición química de las cenizas volantes

La tabla expuesta a continuación presenta la composición de varias de las cenizas que se emplean en diversas investigaciones. En relación con la disposición química de las cenizas se puede evidenciar que el porcentaje de óxidos es muy variable y depende de factores como, temperatura, combustión, tipo, finura del proceso de molienda, etcétera.

Tabla 5. *Composición química de las cenizas volantes.*

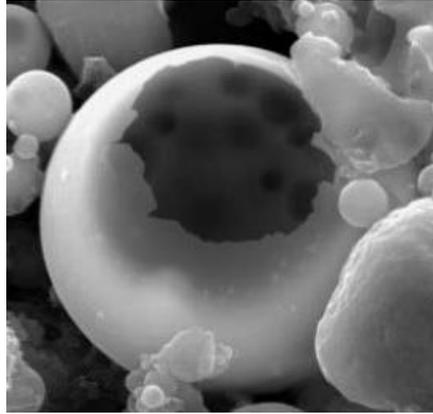
	Italia	Cataluña	Holanda	Japón	Irán
SiO <sub>2</sub>	54,94	38,71	48,36	28,75	96,60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,87	16,46	31,36	2,59	1,30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,67	6,21	4,44	1,08	0,90
CaO	3,08	27,39	7,14	0,63	0,50
TiO <sub>2</sub>	0,94	0,71	-	-	-
MgO	1,55	1,34	1,35	0,01	1
SO <sub>3</sub>	0,35	3,30	1,18	0,55	0,40
K <sub>2</sub> O	2,19	1,55	1,64	1,04	1,52
Na <sub>2</sub> O	0,62	0,22	0,72	0,39	0,45

Nota: Se expresa la composición química de las cenizas volantes relacionadas a varios países.

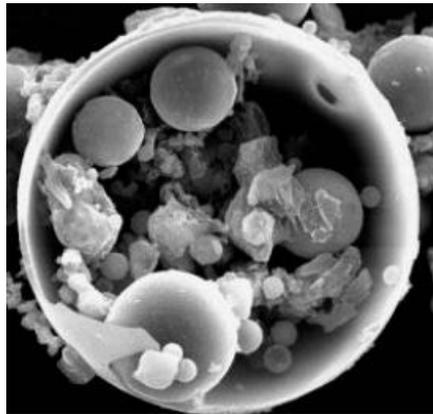
**Fuente:** (Moriconi, 2017)

### 2.3.2. Tamaño y forma.

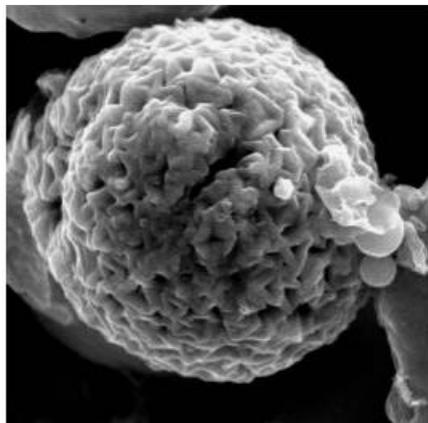
Las cenizas volantes con conocidas como un material heterogéneo que engloba diferentes partículas, tamaños y formas regulares como irregulares. Las partículas de forma regular mayormente son esferas (cenosferas, plerosferas y ferrosferas) en comparación con las partículas de forma irregular que consisten de cuarzo y aglomerados de carbón. En cada uno de estos casos, el tamaño de las partículas varía según la tecnología que sea empleada para la pulverización o calcinación del carbón, el quemado y la recolección de la ceniza tienen diámetros entre 1 µm y 150 µm. (Bradic, 2016)



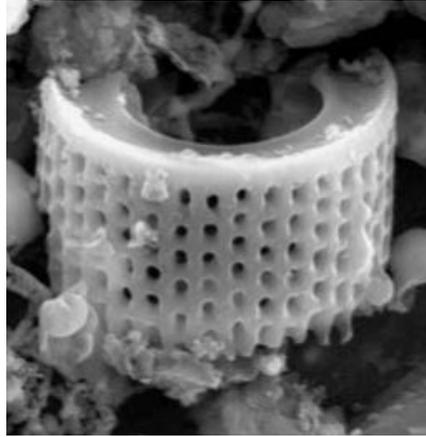
**Figura 1.** Morfología de la Ceniza Volante. (Cenosferas)  
**Fuente:** Docplayer.es Fuente de: (*Google Images*, 2018)  
Elaborado por: Cantos & Cárdenas (2020)



**Figura 2** Morfología de la Ceniza Volante. (Plerosferas)  
**Fuente:** Docplayer.es (*Google Images*, 2018)  
Elaborado por: Cantos & Cárdenas (2020)



**Figura 3.** Morfología de Cenizas Volante (Ferrosferas)  
**Fuente:** Docplayer.es (*Google Images*, 2018)  
Elaborado por: Cantos & Cárdenas (2020)



**Figura 4.** Morfología de Cenizas Volante (Diatomita)  
*Fuente:* Docplayer.es (Google Images, 2018)  
 Elaborado por: Cantos & Cárdenas (2020)

### 2.3.3. Propiedades puzolánicas

Una pozolana es un material silíceo o silicoaluminoso que posee una baja o nula capacidad cementante, pero que, acompañada de agua, reacciona con el hidróxido de calcio, que en el momento de llegar a una temperatura ordinaria se forman compuestos que poseen capacidades cementantes. (Ramirez, 2017) Estos factores con composición química, morfológica, mineralógica o factores externos pueden afectar la actividad puzolánica de la ceniza volante.

### 2.3.4. Proceso de hidratación de la ceniza volante.

El proceso de hidratación de la ceniza volante involucra las reacciones que tiene con los componentes del cemento. La hidratación en los granos del cemento aumento el contenido de  $K^+$ ,  $OH$  y  $Ca^{2+}$  que juntos reaccionan en la superficie amorfa de esta materia, dando como resultado el inicio de una reacción puzolánica.

Los productos en base a la hidratación entre el cemento y las cenizas volantes son determinadas mediante lo siguiente. (Wanich, 2015)

**Tabla 6.** Base de hidratación entre el cemento y cenizas volantes.

C = CaO	S = SiO <sub>2</sub>	H = H <sub>2</sub> O
A = Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F = Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Z = SO <sub>3</sub>

Nota: Esquema de las bases de los componentes del cemento.

**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

Tabla 7 *Reacciones del cemento.*

Material	Reacciones	Productos
C <sub>3</sub> A	$C_3A + 3CZH_2 + 26H \rightarrow C_6AZ_3H_{32}$	C <sub>6</sub> AZ <sub>3</sub> H <sub>32</sub>
	$2C_3A + C_6AZ_3H_{32} + 4H \rightarrow 3C_4AZH_{12}$	C <sub>4</sub> AZH <sub>12</sub>
	$C_3A + 6H \rightarrow C_3AH_6$	C <sub>3</sub> AH <sub>6</sub>
C <sub>4</sub> AF	$C_4AF + 3CZH_2 + 21H \rightarrow C_6(A,F)Z_3H_{32} + (A,F)H_3$	C <sub>6</sub> (A,F)Z <sub>3</sub> H <sub>32</sub>
	$C_4AF + C_6(A,F)Z_3H_{32} + 7H \rightarrow 3C_4(A,F)ZH_{12} + (A,F)H_3$	3C <sub>4</sub> (A,F)ZH <sub>12</sub>
	$C_4AF + 9H + 4CH \rightarrow C_4(A,F)H_{13}$	C <sub>4</sub> (A,F)ZH <sub>13</sub>
C <sub>3</sub> S	$2C_3S + 6H \rightarrow C_3S_2H_3 + 3CH$	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub> H <sub>3</sub>
C <sub>2</sub> S	$2C_2S + 4H \rightarrow C_3S_2H_3 + CH$	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub> H <sub>3</sub>

Nota: El valor de producto de hidratación del cemento es mostrado en base a la reacción de la notación de la Tabla 4.

Elaborado por: Cantos & Cárdenas (2020)

Tabla 8. *Reacciones de las Cenizas Volantes.*

Material	Reacciones	Productos
S	$2S + 3CH \rightarrow C_3S_2H_3$	C <sub>3</sub> S <sub>2</sub> H <sub>3</sub>
A	$2A + 3CH \rightarrow C_3A_2H_3$	C <sub>3</sub> A <sub>2</sub> H <sub>3</sub>

Nota: Cada uno de los valores registrados es en base a la notación de la Tabla 4.

Elaborado por: Cantos & Cárdenas (2020)

### 2.3.5. Efecto de la Ceniza Volante en las propiedades mecánicas del concreto.

Los factores que determinan la resistencia a la compresión del concreto que incluye la ceniza volante, son el contenido del cemento y la relación A/C. La variación en el volumen del material cementante es de 450kg/m<sup>3</sup> y 550 kg/m<sup>3</sup>, sin embargo el porcentaje de reemplazo de la ceniza volante (sin reemplazo y 20%) y la relación existente entre el agregado grueso y fino, tienen mucha influencia sobre cada una de las propiedades del concreto, en el cual las mayor resistencia se obtiene del concreto fabricado de un 75% de agregado grueso a edad de 90 días. (Revista Vivienda, 2015)

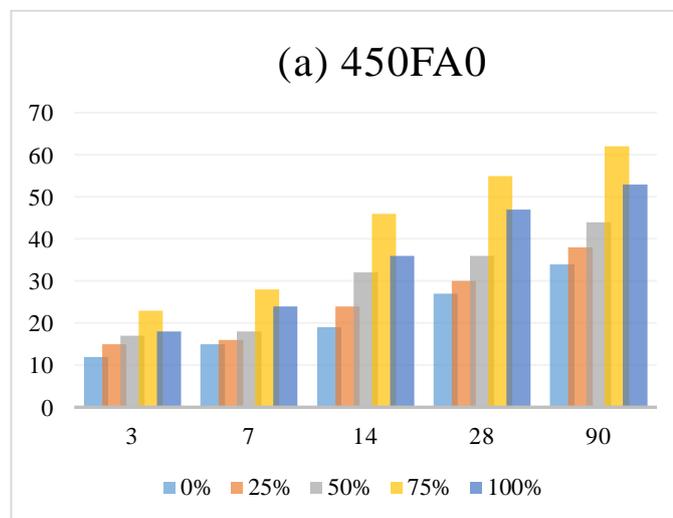
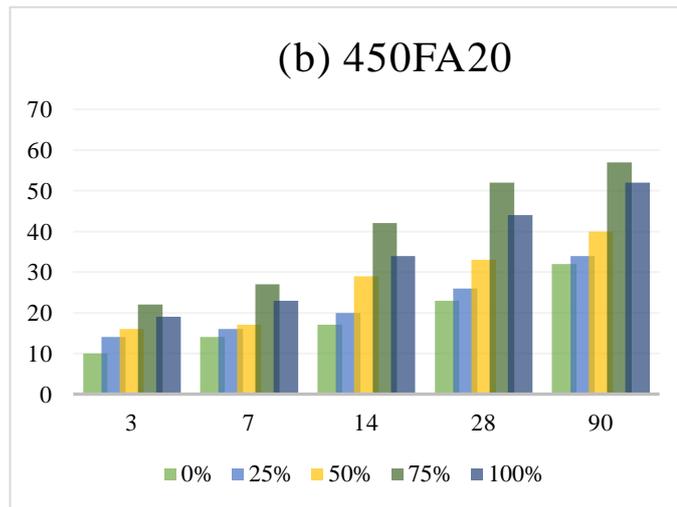


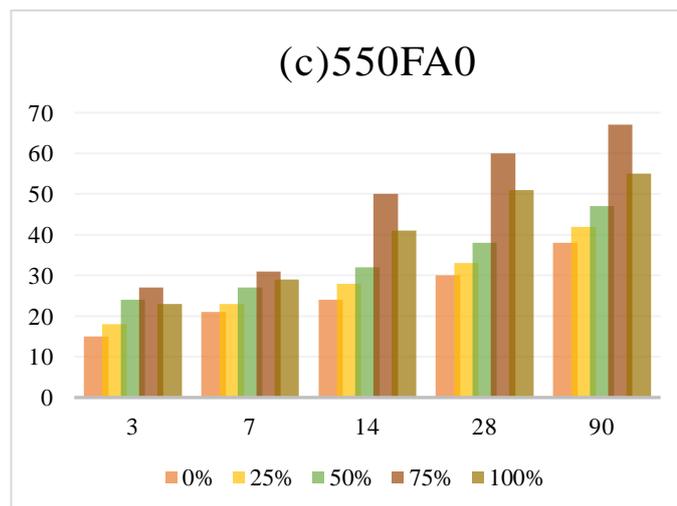
Gráfico 1. Resistencia a la compresión de medidas.450FA0

Fuente: Datos obtenidos de: (Revista Vivienda, 2015).

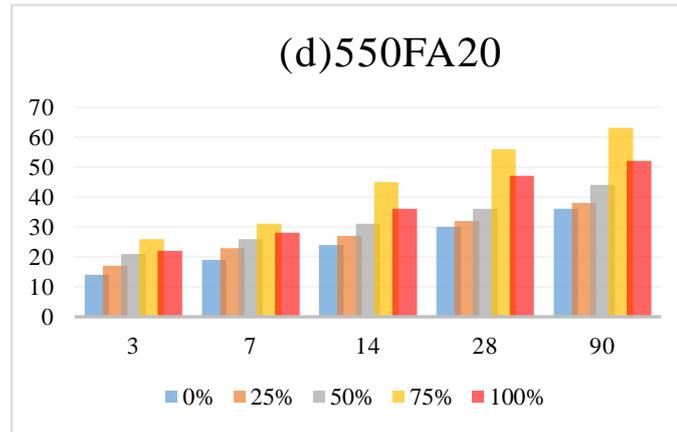
Elaborado por: Cantos & Cárdenas (2020)



**Gráfico 2.** Resistencia a la compresión de medidas 450FA20  
**Fuente:** Datos obtenidos de: (*Revista Vivienda, 2015*)  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)



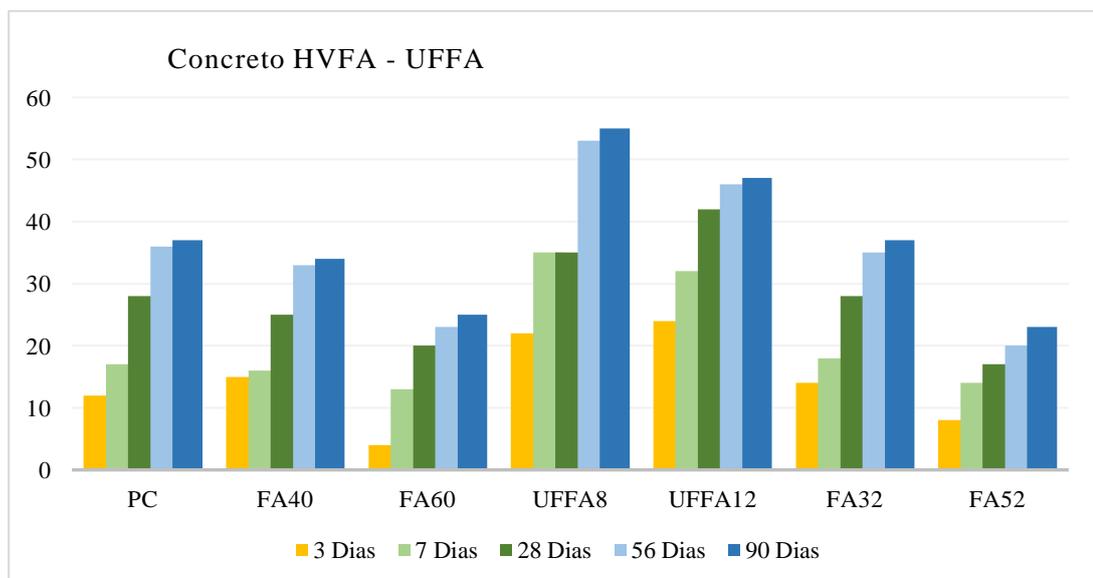
**Gráfico 3.** Resistencia a la compresión (Mpa – Días) 550FA0  
**Fuente:** Datos obtenidos de: (*Revista Vivienda, 2015*)  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)



**Gráfico 4.** Resistencia a la compresión (Mpa – Días) 550FA20  
**Fuente:** Datos obtenidos de: (Revista Vivienda, 2015).  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

Cada uno de los gráficos demuestra que la adición de ceniza volante de la Clase F, teniendo en cuenta porcentajes de 40% al 60% en peso, incluyendo ceniza volante ultrafina (UFFA) con porcentajes del 8% al 12%, se denota un aumento a la resistencia en la compresión de los concretos, otorgando una mejor durabilidad, reduciendo la porosidad y acelerando la actividad puzolánica permitiendo más producción del gel de CSH.

El siguiente grafico muestra resultados en que se observa que el concreto de 52% de FA y 8% de UFFA aumentan la resistencia en un porcentaje de 200 en una edad de 3 días.



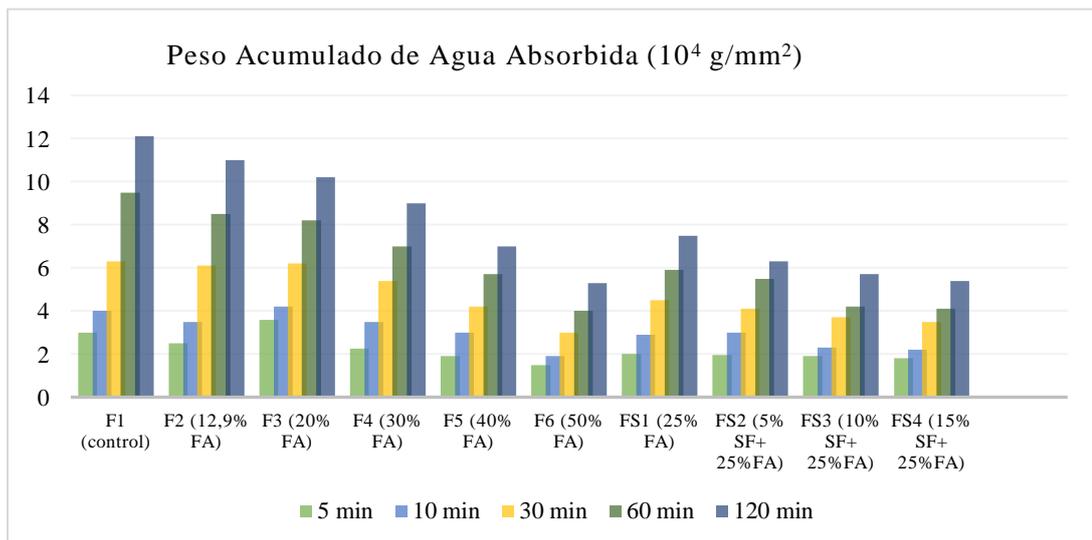
**Gráfico 5.** Resistencia a la compresión de concretos HVFA conteniendo UFFA  
**Fuente:** Datos obtenidos de: (S.W.M.Supit, 2016)  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

### 2.3.6. Efecto de la ceniza volante en la permeabilidad del concreto.

La experimentación de soportividad mide la tasa del ingreso del agua en los poros del concreto, para así lograr el cálculo del coeficiente de absorción y la cantidad de agua absorbida en la superficie de la sección transversal y este debe ser contra la raíz cuadrada del tiempo, logrando obtener una línea de ajuste a través de un análisis de regresión para determinar la pendiente de la línea recta más aceptable.

La adición de la ceniza volante y el humo de sílice reducen el valor de absorción de la mezcla o pasta de concreto con 50%, particularmente cuando dicho porcentaje de reemplazo del cemento sobrepasa el 20%. Cuando el reemplazo incluye la ceniza volante más la sílice existe una reducción de agua mayor que cuando se usa la ceniza volante. Esto quiere decir que la sílice es mayor que la ceniza volante. (H.Y.Leung, 2016)

La investigación realizada por (H.Y.Leung, 2016), expresa que el reemplazo de cemento por ceniza volante (FA) y el humo de sílice con ceniza volante (SF + FA), mostraron un promedio de reducido de 20,3% de la absorción de agua, en comparación con el reemplazo del cemento por ceniza volante en el que hubo un aumento del 30% al 40%.



**Gráfico 6.** Absorción superficial de agua.

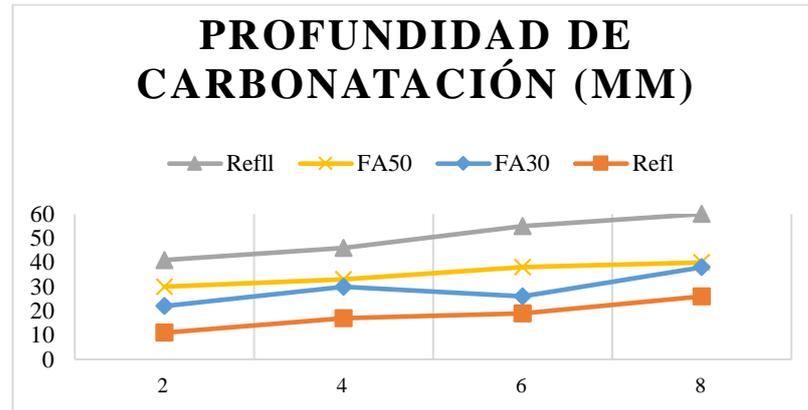
**Fuente:** Datos obtenidos de: (H.Y.Leung, 2016)

**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

### 2.3.7. Efecto de la ceniza volante en la carbonatación del concreto.

Las principales causas que influyen en la carbonatación del concreto son dos causas que se encuentran correlacionadas en la composición del mismo; como lo son, el coeficiente de difusión del CO<sub>2</sub> y la cantidad total de la carbonatación. El elemento

principal carbonatable conocido como portlandita, se evalúa a partir de las fórmulas Bogue y las reacciones químicas de las etapas del cemento. (A. Younsi, 2017)



**Gráfico 7.** Carbonatación acelerada en cámara.

**Fuente:** Datos obtenidos de: (A. Younsi, 2017).

**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

Debido a la investigación de (A. Younsi, 2017) en la que analizó la carbonatación en el concreto curado al aire y en una condición totalmente húmeda en el que realizaron ensayos de carbonatación natural, mostrando que la adición de ceniza volante absolutamente provoca la reducción de la profundidad de carbonatación y en especial si es curado en una condición húmeda.

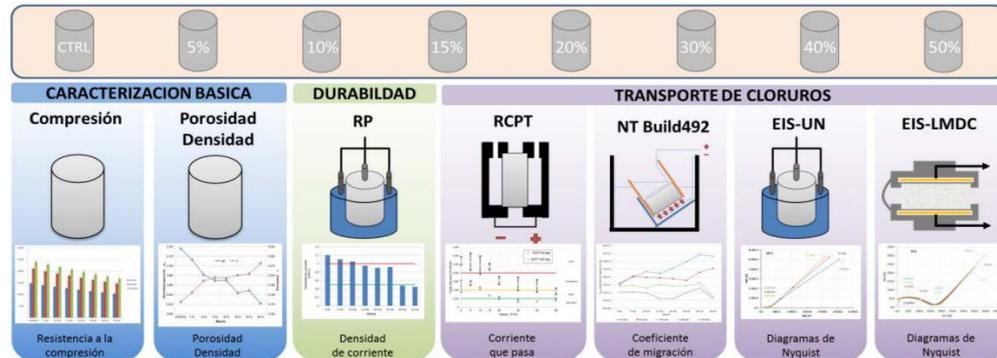
## 2.4. MÉTODOS EXPERIMENTALES

Con el fin de especificar cada una de las propiedades mecánicas, de duración del refuerzo al ataque de los iones de cloruro, o las condiciones de la capacidad de la fijación de este en concreto con la adición de ceniza volante, se han seleccionado diversas técnicas, entre ellas:

- Fácil implementación
- Agilidad para lograr obtención de resultados.

Cada una de las técnicas mencionadas anteriormente permitirá inferir sobre cada uno de los efectos de la ceniza volante que se empleará como material suplementario del concreto, sobre cada una de las propiedades.

Esta fase de método experimental se encuentra dividida en tres etapas conforme al diagrama conceptual que se presenta en la **Figura 5**. Cada una de las etapas incluye la caracterización de la mezcla, la valorización de durabilidad, la observación del fenómeno de transporte de cloruro.



**Figura 5.** Diagrama conceptual del método experimental.

**Fuente:** ehowenepanl (*Images, 2017*)

**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

La primera etapa, se describe como caracterización básica, esta sirve para establecer cada una de las propiedades físicas del material, y a su vez para evaluar la resistencia de la compresión en las probetas del concreto, seguidamente se podrá determinar la porosidad y densidad, mediante cada uno de estos pasos se obtendrán los datos necesarios para el análisis de la penetración de los iones de cloruro.

Como segunda etapa se encuentra la durabilidad, que es para emplear cada una de las condiciones de la durabilidad de las barras de acero de refuerzo con una adición en la mezcla de ceniza volante por medio de ensayos de resistencia a la polarización lineal, facilitando obtener la velocidad de corrosión de un metal.

Finalmente, la tercera etapa, que tiene como fin caracterizar las principales propiedades del transporte de cloruro en la matriz porosa introduciendo un ensayo para así lograr una determinación de la habilidad del concreto en la resistencia de la penetración de iones de cloruro. (Comité, 2015) Esta técnica sirve específicamente para evaluar la conducta eléctrica de las probetas de concreto, mediante la cualidad que tiene la electricidad de circular al través de la muestra y proporciona un indicio de la resistencia de la muestra en los iones de cloruro.

## **2.4.1. Caracterización básica.**

### **2.4.1.1. Resistencia a la compresión**

La resistencia de compresión de cada uno de los cilindros se define a través de edades entre 28 y 60 días, conforme con los requerimientos expuestos por las normas de ASTM C192, ASTM C617 y ASTM C39; Es necesario el uso de probetas cubicas de 5 cm de alto por 5 cm de lado y lado, la curación debe ser realizada primeramente siendo sumergidas y posteriormente secadas al aire, a su vez, refrenadas con azufre.



**Figura 6.** Equipo y probetas.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

#### **2.4.1.2. Porosidad.**

La porosidad que accede al agua de la probeta se mide por medio del método simple de desplazamiento. Cada una de las probetas debe ser saturada hasta obtener un peso constante y pesada en agua ( $W_w$ ), como también en aire ( $W_a$ ), posteriormente las probetas deben ser secadas al horno a una temperatura de  $85^\circ\text{C}$ , el peso de la probeta seca ( $W_d$ ). Y la porosidad debe ser calculada mediante la siguiente ecuación:

**Ecuación 1**

$$p = \frac{W_a - W_b}{W_a - W_w}$$



**Figura 7.** Equipos que se emplean, Olla de vacío, horno y balanza.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

### 2.4.1.3. Densidad.

La densidad de la probeta se determina por el método simple de desplazamiento de agua usada anteriormente para la porosidad. Sin embargo, se realiza la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 2} \quad p = \frac{Wd}{Wa - Ww}$$

## 2.5. MATERIALES

Los materiales cementicios suplementes son normalmente empleados en el cemento como un sustituto de una parte del Clinker o en mezclas de concreto como una sustitución de una parte del cemento, lo que permite reducir el costo de la construcción, logrando un impacto menor en el medio ambiente, y al mismo tiempo mejorando las propiedades de la resistencia y la duración del material en un tiempo prolongado. Los materiales usados actualmente incluyen la ceniza volante, como también el humo de sílice, las arcillas calcinadas, la escoria granulada de alto horno y las puzolanas naturales. (R. Siddique, 2017)



**Figura 8.** Localización de productoras de cemento en Ecuador  
**Fuente:** Datos obtenidos de: “(Google Maps, Google Maps, 2019)”  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)



**Figura 9.** Localización de Termoeléctricas en Ecuador  
**Fuente:** Datos obtenidos de: “(Google Maps, Google Maps, 2019)”  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

En el caso de la ceniza volante, es un material usado principalmente en la Industria Constructora para relleno, en el que aprovechan cada una de las propiedades puzolánicas. Esta ceniza es encapsulada dentro del geotextil, combinada con Cal y por consiguiente se humecta para lograr un proceso de compacto en que se obtienen altas densidades con un asentamiento menor en el terreno.



**Figura 10.** Relleno con Ceniza Volante.  
**Fuente:** (Yo Ingeniero, 2018)  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

### 2.5.1. Ceniza Volante

El uso y disposición de la ceniza volante es uno de los principales problemas de las plantas de generación eléctrica, esto se debe a que una planta de 500MW produce 500 toneladas de ceniza volante por día, y esto requiere un valor estimado de 0,6Ha por MW producido. Además, el procedimiento de combustión genera 200 metros de SO<sub>2</sub> y 70 toneladas de NO<sub>2</sub>.

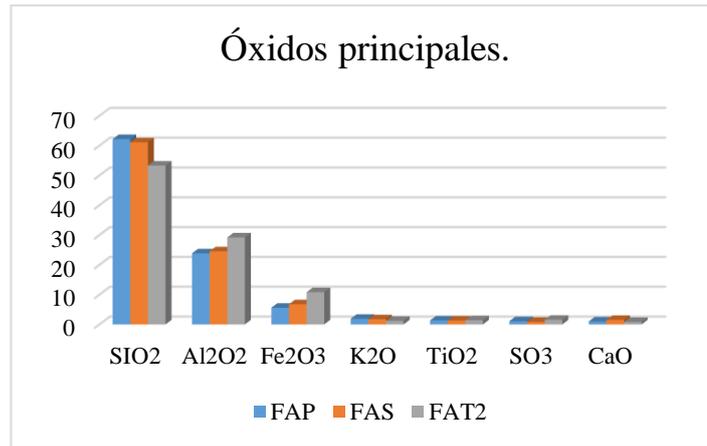
Tabla 9. *Composición química de las cenizas volantes.*

Elemento y/o Compuesto	FAP (% en peso)		FAS (% en peso)		FAT (% en peso)	
	Sin	Normalizado	Sin	Normalizado	Sin	Normalizado
	Normalizar		Normalizar		Normalizar	
<b>SiO<sub>2</sub></b>	49.180	62.209	51.361	61.102	42.450	53.293
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	18.941	23.860	20.679	24.529	23.370	29.227
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	4.395	5.609	5.667	6.784	8.576	10.850
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1.497	1.905	1.467	1.752	0.963	1.215
<b>TiO<sub>2</sub></b>	1.063	1.355	1.109	1.326	1.117	1.410
<b>SO<sub>3</sub></b>	0.858	1.091	0.752	0.897	1.247	1.572
<b>CaO</b>	0.792	1.009	1.273	1.521	0.668	0.843
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0.587	0.747	0.517	0.618	0.169	0.213
<b>MgO</b>	0.511	0.643	0.539	0.639	0.391	0.488
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0.449	0.564	0.358	0.424	0.239	0.298
<b>Cl</b>	0.416	0.529	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Ba</b>	0.095	0.121	0.070	0.084	0.087	0.109
<b>Sr</b>	0.076	0.097	0.071	0.085	0.027	0.034
<b>Cr</b>	0.042	0.054	0.014	0.016	0.039	0.049
<b>Zr</b>	0.034	0.043	0.032	0.038	0.028	0.035
<b>V</b>	0.027	0.034	0.038	0.045	0.072	0.091
<b>Ce</b>	0.025	0.032	0.034	0.040	0.038	0.047
<b>MnO</b>	0.016	0.020	0.016	0.019	0.018	0.023
<b>Zn</b>	0.014	0.018	0.015	0.018	0.040	0.051
<b>Rb</b>	0.012	0.016	0.012	0.014	0.008	0.010
<b>Cu</b>	0.009	0.012	0.009	0.011	0.031	0.040
<b>Pb</b>	0.009	0.012	0.011	0.013	0.017	0.021
<b>Y</b>	0.006	0.007	0.007	0.008	0.012	0.016

Nota: Cada uno de los valores representa la composición química de las cenizas volantes a través de rayos X (XRF).

*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

Cada una de las cenizas volantes expuestas en la tabla 9, demuestran una composición química similar y está conformada básicamente por la sílice (SiO<sub>2</sub>) y alúmina, teniendo porcentajes del 85% más la suma de los 2 óxidos y con una menor proporción de óxido de hierro. La suma de los óxidos de esta tabla cumple con los requisitos químicos de la norma ASTM C-618 con el mínimo de 70%. A su vez, el volumen de óxido de azufre, para las tres cenizas tiene un límite inferior en la norma de un 3%. (J. Foster, 2017)



**Gráfico 8.** Óxidos principales.  
**Fuente:** Datos obtenidos de: (J. Foster, 2017)  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

### 2.5.2. Contenido de Humedad.

Conforme a la norma ASTM C-311 se debe secar la muestra en el horno a 110° C, después de ese paso se puede considerar la muestra como seca por el bajo contenido de humedad. Posteriormente, se debe cumplir con los requerimientos de la norma ASTM C-618 con un contenido máximo del 3%.

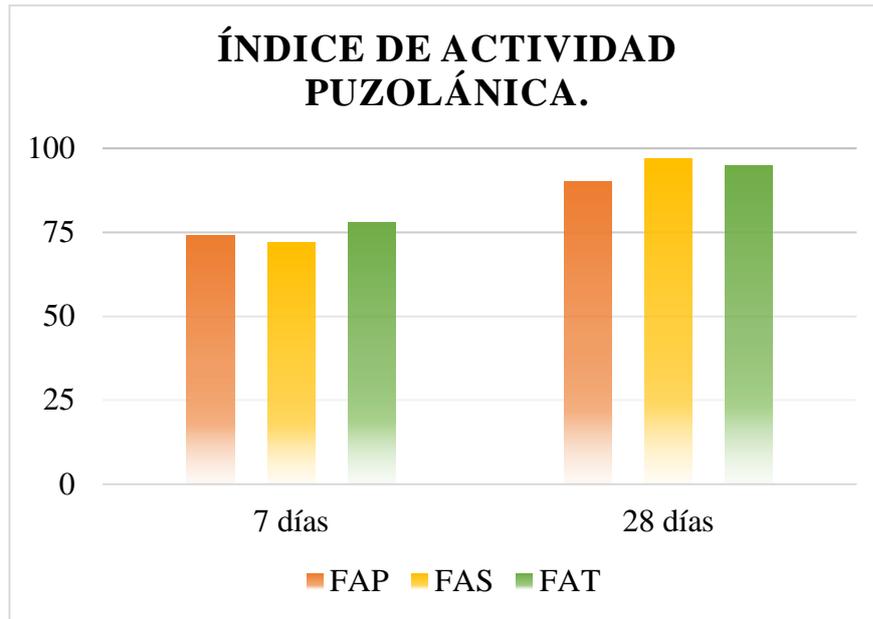
Tabla 10. *Contenido de humedad.*

FAP	FAS	FAT	
1.50%	0.30%	0.55%	Contenido de Humedad

Nota: La tabla contiene los valores porcentuales del contenido de humedad.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

### 2.5.3. Actividad puzolánica.

Para determinar el índice de actividad puzolánica, conforme con los requisitos de la norma ASTM C-618 se necesita la fabricación de cubos de mortero de 5mm x 5mm y arena normalizada con una proporción de 1:2.75 y posteriormente se debe remplazar un 20% del cemento por la ceniza volante. Una vez finalizado cada uno de esos pasos deben curar los cubos en agua saturada con Ca en temperatura ambiente y un ensayo de 7 a 28 días.



**Gráfico 9.** Índice de Actividad puzolánica.  
**Fuente:** Datos obtenidos de: (J. Foster, 2017)  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

Para obtener el índice de actividad se requiere un valor mínimo o superior del 75% como se expresa en el gráfico de la muestra de 7 a 28 días para cumplir con los requisitos de la norma. Las cenizas FAP y FAS en 7 días demuestran en el gráfico que tienen un valor inferior al límite de 75% así como lo exige la normativa; en el caso de la ceniza FAT se encuentra un valor superior al límite requerido. En el tiempo de 28 días según el gráfico se muestra un valor superior al 75% lo que demuestra que los materiales usados fueron puzolánicos.

#### 2.5.4. Agregado grueso.

El agregado que se usa para la fabricación de las probetas debe ser de origen sedimentario.

Tabla 11. *Propiedades físicas del agregado grueso.*

<b>Tamaño máximo</b>	19,10 mm
<b>Tamaño máximo nominal</b>	12,70 mm
<b>Peso específico aparente</b>	2,500 kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso unitario suelto</b>	2,125 kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso unitario apisonado</b>	2,266 kg/m <sup>3</sup>
<b>Humedad</b>	0,05%
<b>Absorción</b>	3,41%
<b>Forma</b>	Angular

*Nota:* Se muestra las propiedades físicas del agregado con sus valores.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

### 2.5.5. Agregado fino.

El agregado fino es la parte del material cerámico que se usa en la composición del concreto, a continuación, se expresan las propiedades de este agregado en la siguiente tabla:

Tabla 12. *Propiedades físicas del agregado fino.*

<i>Módulo de finura</i>	19,10 mm
<i>Peso específico aparente</i>	2,500 kg/m <sup>3</sup>
<i>Peso unitario suelto</i>	2,125 kg/m <sup>3</sup>
<i>Peso unitario apisonado</i>	2,266 kg/m <sup>3</sup>
<i>Humedad</i>	0,05%
<i>Absorción</i>	3,41%

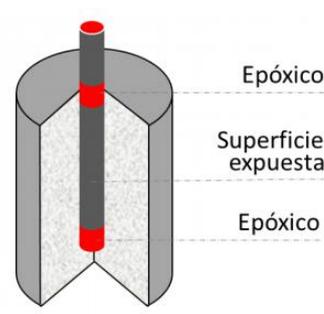
Nota: Se muestra las propiedades físicas del agregado fino con sus valores  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

### 2.5.6. Agua.

La cantidad de agua que se emplea depende de la cantidad de ceniza que va a reemplazar el cemento, y se debe tomar en cuenta las características de manejabilidad requeridas en el diseño. Seguidamente se realiza un ajuste de humedad, verificando la absorción de cada uno de los agregados. El agua/cemento se debe mantener constante para así no incluir variables.

### 2.5.7. Fabricación de probetas.

La mezcla debe ser introducida y compactada en moldes cilíndricos metálicos de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura, después de 24 horas se procede a desmoldar y sumergir las muestras en agua permitiendo que el curado se realice en condiciones húmedas.



*Figura 11.* Partes de una probeta.

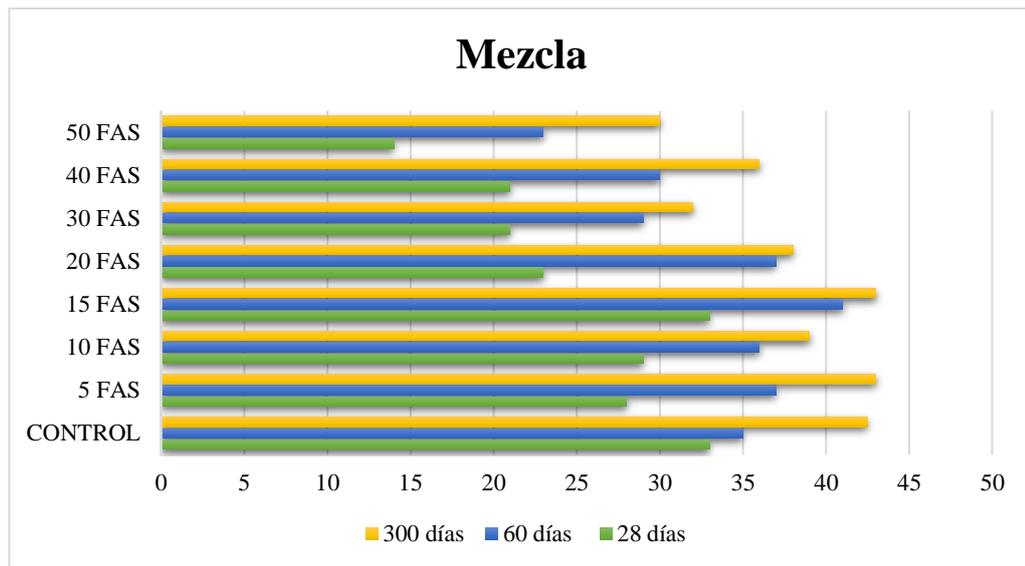
*Fuente:* "CivilGeeks.com" (Image, 2019)

*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

Los ensayos de electroquímica y resistencia de polarización se elaboran con las medidas anteriormente escritas y de acuerdo con la **figura 11** con una barra de acero lisa de medidas 12.7 mm se debe aplicar resina epòxica en los extremos para así lograr un área expuesta de 35.91 cm<sup>2</sup>. Como último paso, se usa un molde para obtener la garantía de la verticalidad del electrodo en la probeta; y se aplica resina epòxica en la parte superior de la probeta para impedir el ingreso de cloruros.

### 2.5.8. Resistencia a la compresión.

El **grafico 10** muestra varios resultados que corresponden a un promedio de 3 cilindros en edades de 28, 60 y 300 días.



**Gráfico 10.** Resistencia a la compresión.

**Fuente:** “Cardenas esteban, Cantos Joselo”, Datos obtenidos de: (Park, 2017)

**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

La adición de la ceniza volante en una proporción del 10% al 15% ofrece propiedades mecánicas de igual similitud a la mezcla CONTROL de una edad de 28 días. Cuando son porcentajes mayores de 20% representan una variación en la resistencia. Para la edad de 60 días, las mezclas entre 5% y 20% muestran mejores propiedades mecánicas en referencia a la mezcla de control. (Park, 2017)

### 2.6. Puzolana

La puzolana es una materia principalmente silicosa, así lo afirma (Alejandro Salazar J, 2017) en su informe *¿Qué es una puzolana?*, expuesto por Eco-ingeniería; en el cual habla sobre que la puzolana posee varios constituyentes capaces como el sílice y alúmina a temperaturas ordinarias, como así también son aptos de fijar el hidróxido de cal para obtener compuestos estables con propiedades hidráulicas.

Mediante el informe Salazar Alejandro J, también comenta que las puzolanas se pueden clasificar en:

- Naturales.
- De origen volcánico.
- Sedimentarias de origen animal o vegetal.
- Artificiales.
- Materias tratadas térmicamente en 600 y 900° C.
- Subproductos de fabricación
- Arcilla Natural
- Cenizas volantes
- Humo de sílice
- Ceniza de cascara de arroz
- Escoria granulada del industrial metal no ferrosa.

### **2.6.1. Propiedades físicas y químicas.**

Según (Calleja J, 2018), en su artículo sobre la “*Síntesis de la tecnología del concreto. Una manera de entender a los materiales compuestos*” emitida a través de la Corporación Construir, redactó lo siguiente acerca de las propiedades físicas y químicas de la puzolana.

*Calleja J, dijo: La actividad puzolánica se relaciona con la parte máxima del hidróxido de calcio logrando combinar la velocidad con que esta reacción ocurre. Esto depende de la naturaleza y la simetría de las fases activas existentes en la composición mineralógica con la cal – puzolana de la mezcla, como también en la superficie específica y la temperatura de la puzolana. Los productos de la reacción puzolana-cal normalmente son del mismo tipo que en los productos hidratantes del cemento portland como lo son: CSH conocido como el silicato cálcico hidratado, CAH con el nombre de aluminato cálcico hidratado y por último el CSAH que es el sílico-aluminato cálcico hidratado.*

**Puzolana + Cal + Agua → Silicatos y Aluminatos de Calcio Hidratado.**

### **2.6.2. Métodos para evaluar la puzolanicidad.**

Para establecer la actividad puzolánica de un material se encuentran varios métodos tanto en carácter químico como mecánico, dependiendo de las referencias normativas.

- La norma ASTM C-618 determina un índice mínimo ( $R_{\text{Muestra}} / R_{\text{Patrón}}$ ) del 75% para categorizar un producto de condición puzolánica.
- Método del cemento, NTE INEN 0496:81.
- Evaluación del índice de actividad del cemento portland, UNE 83-451-86.
- La actividad puzolánica con Cal, ASTM C-311.

Las técnicas tradicionales que se contemplan en las normas de los materiales exigen un tiempo no mayor de 28 días para determinar la calidad, debido a que se efectúa la parte mecánica de la prueba y se realiza un proceso de maduración para conseguir el resultado de la edad.

### **2.6.3. Propiedades a evaluar una puzolana.**

La puzolana tiene como requisito primordial la evaluación de las características físicas y químicas; así como el efecto de las propiedades finales que tiene el cemento y el hormigón dependiendo del caso.

- Componentes químicos (Aluminio, Magnesio, Álcalis, hierro, Óxido de sílice, entre otros componentes menores).
- Microestructura.
- Propiedad física.
- Compuestos y Cristalinidad.
- Actividad puzolánica.
- Requerimiento de agua.
- Efecto de contracción por secado.
- Propiedades finales del cemento en su efecto.
- Ensayos de resistencia.
- Proporción óptima de uso.
- Especificación del producto.

### **2.6.4. Antecedentes históricos sobre las puzolanas.**

Durante la historia de la civilización humana, el hallazgo de los materiales y de las acciones hidráulicas de cemento fue menor al momento de hallar el fuego y debió ser poco posterior al invento de la cerámica. Tal hallazgo, se refiere a los pueblos mediterráneos, esto debió cruzar por los egipcios a griegos y romanos, siendo modificado y perfeccionado en cada etapa.

Por razones geológicas y geográficas los romanos y griegos, fueron los primeros en hallar la “cal” y eso dio lugar a que pudieran mezclarla con materiales de origen volcánico, se cree que debió ser la primera vez en que estos materiales fueron usados como agregados para los morteros de cal. Posteriormente, la observación debió generar que ellos vieran la resistencia y comportamiento de los conglomerados que realizaron con cal y con materiales volcánicos, dando como resultado el surgimiento de una nueva técnica de mezcla, ya con materiales activos como la cal, en polvo y en seco o en húmedo, obteniendo lo que conocemos hoy en día como el “cemento y mortero romano”, con base en cal, puzolana y arena, correspondientemente.

Tales materiales provienen de la tierra griega de Santorin, la ceniza y tobas romanas son de Pozzuoli, lugar de donde proviene el nombre de las puzolanas. De las obras antiguas que fueron creadas con puzolanas y que en la actualidad son reliquias de civilización romana están los panteones, el coliseo romano, estadios y basílicas, puentes, puertos, y un sin número de estructuras que han perdurado. Y han logrado seguir hasta hoy, mucho más que las obras realizadas en la edad media, con material conglomerante mal cocido y exento de puzolana activa. Más bien, cuando el defecto

de cocción y falta de puzolana se subsanaron cada una de las obras cobro de nuevo la resistencia y la perdurabilidad.

### **2.6.5. Definición y clasificación de la puzolana.**

Se considera como puzolana, los materiales que carecen de propiedades cementicias y de una actividad hidráulica por sí mismos, contienen elementos que se combinan con cal a un temple ordinario y agua, dando lugar a componentes insolubles y estables que actúan como conglomerantes hidráulicos. Tal como, las puzolanas otorgan propiedades cementantes a un conglomerante no hidráulico como la cal.

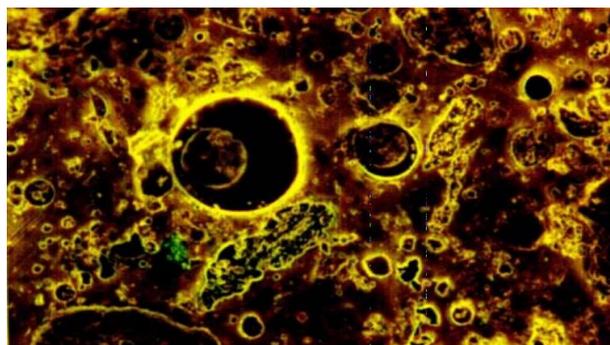
Son, por este motivo, los materiales reactivos frente a la cal en condiciones normales de uso ordinario de conglomerantes son los morteros y hormigones. No se consideran como puzolanas los materiales inertes que en condiciones notables de estado físico de elevada finura o gran superficie específica o de reacciones de tratamientos hidrotérmicos con vapor de agua a una presión elevada pueda dar lugar a compuestos hidráulicos. Un ejemplo de ello es el cuarzo que cuando esta finamente molido y mezclado con la cal, forma silicatos cálcicos hidratados.

La puzolana se considera reactiva en algunos casos debido a la sílice activa que se encuentra en ellas por compuestos mineralógicos silícicos.

La puzolana se clasifica según su origen natural o artificial, pese a que puedan existir grupos intermedios constituidos por puzolanas naturales sometidas a tratamientos térmicos activados o análogos, que en varias ocasiones son aplicadas para obtener puzolanas artificiales, para así lograr un incremento en la hidráulica.

Las puzolanas tratadas, aunque sean naturales por origen, pueden ser consideradas como artificiales debido al tratamiento que reciben. Y también, se denominan puzolanas mixtas o intermedias, porque participan con caracteres artificiales como naturales.

### **2.6.6. Puzolanas naturales.**



*Figura 12.* Puzolana natural de origen volcánico.

*Fuente:* (Eco-Ingeniería, 2018)

*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

Los materiales conocidos como puzolanas naturales tienen dos orígenes distintos, uno mineral y otro orgánico. Las puzolanas naturales de origen mineral son elementos de transformación del polvo y cenizas volcánicas que como elementos piroclásticos incoherentes de erupciones explosivas son ricos en vidrio y en estado especial de reactividad, a su vez, son aptos para sufrir acciones de zeolitización y cementación o agilización, de lo cual son favorables las primeras y desfavorables las segundas. Debido a una meteorización estas se convirtieron en tobas, conocido como rocas volcánicas, que tienen un pequeño grado de consolidación, compactación, cristalización y son líticas o vítreas dependiendo de su naturaleza. El origen de las puzolanas naturales se determina por su estructura. Esto se refiere a las estructuras de las rocas, que originan por su enfriamiento de lava que ha fluido completamente, y a su vez, depende de la rapidez en que creó el fenómeno.

Las puzolanas naturales con un origen volcánico son rocas sedimentarias cuantiosas en sílice hidratada y compuesta por yacimientos que en su origen fueron submarinos, debido a un amontonamiento de esqueletos de animales o plantas.

Cada una de las propiedades de las puzolanas naturales y en especial aquellas que son aptas para ser aprovechadas en la industria del cemento, dependen de su textura y composición, y son relacionadas por su origen y formación.

Los materiales puzolánicos naturales están formados primeramente por rocas eruptivas, volcánicas y efusivas; fuera de la naturaleza orgánica que son de origen y formación sedimentaria.

#### **2.6.7. Causas de la actividad puzolánica.**

La actividad puzolánica corresponde a un fundamento general. Dicho fundamento está basado en la sílice y alúmina, como elementos ácidos, que reaccionan con la cal generando que esos materiales sean lábiles.

Las acciones de la sílice y alúmina no pueden ser consideradas aparte, debido a que la presencia de la alúmina favorece la acción puzolánica, directa o indirectamente al involucrar una mayor cantidad de álcalis, y se fijan principalmente en los nuevos productos resultantes de la reacción puzolánica, el cual tiene carácter de pseudogeles. El óxido de hierro actúa como alúmina, pero de forma lenta. Las estructuras zeolíticas son afectadas por la cal más rápidamente que las puzolanas verdaderas que son totalmente vítreas y son fijadas en mayores cantidades a un intercambio catiónico con álcalis, lo que indica una ruptura de los enlaces químicos y de la estructura reticular, que dan lugar a que la sílice y la alúmina participen en las estructuras zeolíticas.

Refiriéndose a las puzolanas de origen mineral, se atribuye su actividad a los constituyentes amorfos como los cristalinos, y especialmente a los de la naturaleza zeolíticas. La reactividad de las puzolanas naturales y artificiales, dependen de su composición química y mineralógica, y la cantidad de la fase amorfa o vítrea, con gran

superficie reactiva en presencia de los álcalis o alcalinotérrea y del grado de condensación de grupos como  $\text{SiO}_4$ ,  $\text{AlO}_4$ .

Con las puzolanas de origen orgánico sucede algo análogo, dado que existen otros materiales de similar origen y composición que son inactivos frente a la cal, la actividad de las puzolanas de origen orgánico no es solamente cuestión de contenido en sílice hidratada, también implica el estado físico de división de la misma.

La prueba de aquello es que las activas poseen una estructura natural porosa con una superficie interna, que circunstancialmente varios opales y basaltos no activos tienen actividad cuando se molturan a gran finura y son sometidos a una gran lixiviación de ácido clorhídrico concentrado.

La sílice hidratada reactiva, es considerada un elemento eficaz de las puzolanas de origen orgánico, que procede mayormente de partes de esqueletos de infusorios radiolarios y de algas marinas, ópalos y geiseritas. No todas las puzolanas que tienen un porcentaje alto en sílice tienen la misma actividad, algunas incrementan su actividad siendo sometidas a calcinación, como en el caso del “moler” danés, o la “gaize” francesa del valle de Mosa y con las “tierras blancas” italianas del norte del Lacio, que son consideradas muy ligeras y porosas.

#### **2.6.8. Puzolanas Artificiales.**

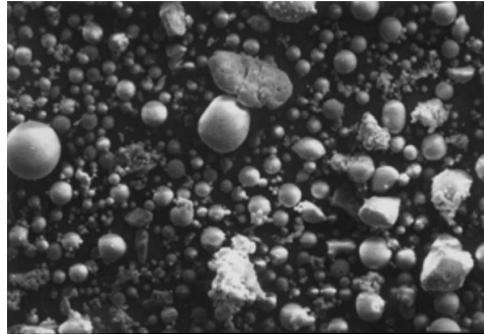
Se definen como puzolana artificial a los materiales que deben su condición a tratamientos térmicos adecuados. Esta condición se divide en dos grupos, el primero, es formado por materiales naturales silícicos de naturaleza arcillosa y esquistosa, estos adquieren un carácter puzolánico por someterse a varios procesos térmicos; el segundo grupo, se constituye por subproductos de varias operaciones industriales, que, en virtud de su naturaleza y transformaciones sufridas adquieren propiedades puzolánicas.

El primer grupo se asimila por su analogía, y se conocen como puzolanas mixtas o intermedias, o semi-artificiales, esto quiere decir que aquellos son naturales por su origen y son mejoradas a través de un tratamiento. Mediante este tratamiento se crea el polvo de ladrillo que es obtenido a través del desecho de la cerámica de alfarería y las bauxitas naturales.

El segundo grupo se encuentran los residuos de las bauxitas que son utilizadas para obtener el aluminio, materiales conocidos por los alemanes como “Si-Stoff” y el polvo de chimeneas de altos hornos. En este grupo se incluye las cenizas volantes, las escorias y las cenizas de las parrillas de las centrales termoeléctricas y las cenizas lignitos.

Como se indica anteriormente el representante más genuino del material arcilloso es el polvo de ladrillo. Esta arcilla es sometida a tratamientos térmicos adecuados en el que forman compuestos puzolánicos activos en virtud de reacciones y

transformaciones junto a una estructura de constitución mineralógica y composición química, en el que juega un papel muy importante la temperatura y el tiempo.



**Figura 13.** Micrografía de una ceniza volante tipo F.  
**Fuente:** “Eco-ingeniería” (Eco-Ingeniería, 2018)  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

La temperatura del tratamiento de los residuos es muy importante para la combustión de carbones o esquistos bituminosos, la calidad y el comportamiento de las puzolanas artificiales es a partir de los subproductos. Las temperaturas óptimas están en el mismo intervalo (700-800 °C) estas corresponden a la activación de la arcilla puesto que también se obtiene con ellas la máxima solubilización de los materiales.

Si el esquito abunda en el silicato bicálcico y en el aluminato monocálcico, que son conglomerantes “per se”, y tienen poca cal y su temperatura de calcinación no es muy elevada, esto constituye que es una buena puzolana artificial, esto es explicable debido al contenido de sílice amorfa, cuando llega a una temperatura de 870 °C pierde su capacidad de reacción transformándose en cristalino, en cuarzo. Debido a esto las temperaturas óptimas de activación de los esquistos se hallan en el intervalo de 800 a 850 °C.

Entre las puzolanas naturales y artificiales reunidas, los términos extremos en cuanto a composición y estructura puede ser la sílice hidratada, conocido como un producto más hidratado y silícico, el polvo de ladrillo o arcilla cocida, entre ambos hallan puzolanas naturales de origen volcánico. Entre estos dos materiales existen diferencias en lo que se refiere al mecanismo al momento de reaccionar con la cal.

Los cementos puzolánicos son reconocidos desde hace mucho tiempo como resistentes a los sulfatos. La adición de puzolana a un Clinker Portland, de por sí es resistente, sin embargo, no es igual o seguramente mayor partido del empleo de clinker con un alto contenido de fase vítrea, mezclada con puzolanas, obteniendo cemento aún más resistente a los sulfatos.

Mundialmente se conoce al cemento portland puzolánico como un producto de una mezcla íntima y uniforme de alta finura. La norma ASTM C 595 especifica que la puzolana participa de un 15 y 40% en peso del cemento portland puzolánico.

### 2.6.9. Ventajas del empleo de las puzolanas.

Las ventajas que pueden obtenerse de los cementos puzolánicos se encuentran señalados en la tabla No. 13. Estas ventajas permiten que los cementos puzolánicos tengan una amplia serie de usos específicos que se detallan en la tabla No. 14.

Tabla 13. *Ventajas de los cementos puzolánicos.*

<b>A. Resistencia Mecánica</b> A.1 A largo plazo para prolongar el periodo de endurecimiento. A.1.1. Tracción A.1.2. Compresión A.1.3. Mejor relación A11 y A12	<b>E. Plasticidad</b> E.1. Rebajando la relación a/c E.2. Reduciendo la segregación E.3. Evita la exudación
<b>B. Estabilidad</b> B.1. Expansión por cal libre B.2. Expansión por sulfato B.3. Expansión por reacción álcalis B.4. Retracción hidráulica de secado B.5. Retracción térmica B.6. Fisuración	<b>F. Impermeabilidad</b> F.1. Reducción de porosidad. F.2. Evitar formación de eflorescencias. F.3. Producción de tobermorita.
<b>C. Durabilidad Frente</b> C.1. Ataque por agua pura y acida C.2. Ataque por agua y suelo sulfatado C.3. Ataque por agua de mar C.4. Ataque por gases de descomposición y fermentación de material orgánico. C.5. Desintegración por reacción álcalis	<b>G. Adherencia</b> G.1. Agregado de la pasta G.2. Mortero a la armadura
<b>D. En el rendimiento y la economía</b> D.1. Cementos puzolánicos de mayor volumen que otros conglomerados. D.2. Cementos puzolánicos más baratos	<b>H. Comportamiento térmico</b> H.1. Liberar menor calor de hidratación H.2. Producir menor elevación de temperatura.

Nota: Se presenta las ventajas otorgadas por el cemento puzolánico, en resistencia, durabilidad y adherencia.

*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

Tabla 14 *Uso específico del cemento puzolánico.*

a. Trabajo de concreto en mayor volumen
b. Cimentaciones todo terreno
c. Obras sanitarias
d. Albañilería
e. Obras marítimas
f. Solados
g. Baldosas hidráulicas
h. Prefabricados estructurales de concreto armado o sin armar
i. Concreto especial premezclado

Nota: empleo específico del cemento.

*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

Tabla 15 Análisis de composición química de cenizas de cáscara de maní expresada en óxidos

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Trióxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	18.181	
Oxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	26.297	
Oxido de calcio (CaO)	18.233	
Oxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	18.748	Fluorescencia de rayos X
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	8.263	

Nota: Datos recopilados del Laboratorio de ARQUEOMETRIA – Universidad Nacional Mayor San Marcos

*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

## 2.7. Polipropileno

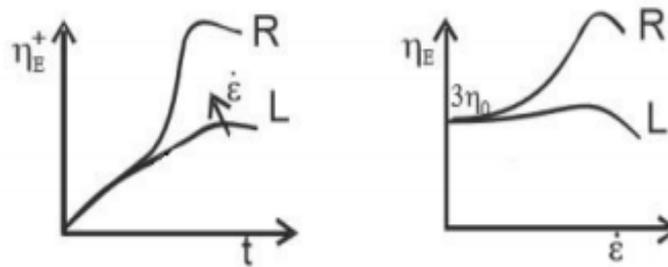
El polipropileno es conocido como un material termoplástico que se elabora normalmente por medio de una síntesis química con varios catalizadores, entre ellos el tipo Ziegler Natta o metalocénicos, a través de la producción de macromoléculas elevadamente lineales, estereoregulares y concernientemente de baja distribución.

Sus principales propiedades en las etapas de fundido normalmente son según la longitud promedio de las macromoléculas que se componen de un material que se procesa fácilmente para formar parte de las aplicaciones industriales. Por consiguiente, la regularidad estructural y carencia de las macromoléculas que se logran capturar durante el proceso de polimerización permiten que las propiedades reológicas del polipropileno en estado fundido no se encuentren aptas para las operaciones de procesamiento que requieren una estabilidad total del material con flujos extensionales.

Varias de estas operaciones se las utiliza en el proceso de soplado para obtener películas, placas espumadas y termoformado. Un ejemplo de ello es que la manufactura de extrusión de espuma ha tenido muchos inconvenientes en el polipropileno lineal, uno de ellos sería su estabilidad, así como también su bajo control en el crecimiento de burbujas, y el fenómeno de coalescencia, lo que da como resultado la obtención de densidades muy altas en espuma con un numero de 0.7 g/cm<sup>3</sup>.

En cada uno de esos procesos el polímero es fundido y sometido a etapas de transformación con un flujo de estirado en varias direcciones. Este requerimiento es para que el material fundido logre resistir sin romperse a la elongación aplicada hasta su forma final. La propiedad reología es utilizada para medir el volumen de un material en estado de fundición, este proceso se denomina “endurecimiento por deformación” que puede ser medida mediante un reómetro extensional.

Estos equipos determinan la tensión necesaria para el estiramiento de un film o filamento de un polímero fundido para verificar la velocidad de estiramiento ( $\dot{\epsilon}$ ) del mismo, que a partir de esa información se lograra calcular la viscosidad elongacional denotada tradicionalmente como  $\eta_E(\dot{\epsilon})$  o  $\eta_E^+(\dot{\epsilon}, t)$  según la medida que se obtenga del estado estacionario o transitorio. La figura 14 nos muestra la evolución típica de las propiedades de un polímero en las cadenas lineales (L), como también el de Isotáctico polipropileno correspondiente al material ramificado (R).



**Figura 14.** Esquema representativo del comportamiento de la viscosidad elongacional transitoria (Izq) y representación elongacional de la viscosidad del estado estacionario de los polímeros lineales y ramificados (Der).

**Fuente:** (CYTED, 2016)

**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

Los polímeros que tienen altas cadenas de peso molecular son los que poseen propiedades elongacionales capaces de obtener ramificaciones largas. Esta estructura permite que el polietileno tenga una baja densidad, dando como resultado un proceso de transformación que permite en sus cadenas lineales y sus ramas laterales una longitud proporcional con la cadena principal.

Existen dos metodologías encargadas del procesamiento post-reactor, estas permiten obtener un material principalmente ramificado desde un polímero lineal estructural. Uno de ellos, es la irradiación controlada en estado sólido o fundido del polímero; el segundo es el procesamiento reactivo en máquinas de procesado, un ejemplo de ello sería un extrusor que en presencia de varios agentes químicos permiten la facilidad de la ramificación de cadenas en cada una de las reacciones.

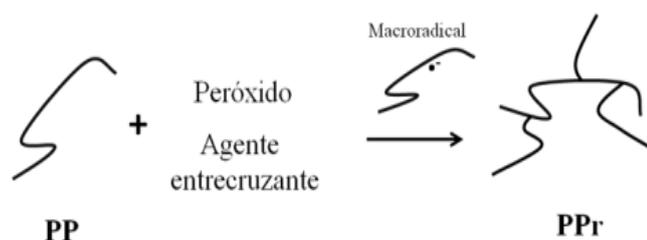
La transformación por irradiación con solamente un haz de electrones o a su vez con ondas electromagnéticas generan macro-radicales en cada una de las moléculas del polipropileno que al momento de la sustracción de un protón ( $H^+$ ) que procede de un carbono terciario. Los macro-radicales son altamente inestables y esto da lugar a que ocurran reacciones de escisión de cadenas con una recombinación que origina ramificaciones. Estos tipos de proceso se aplican comercialmente y entre los propietarios se encuentran las empresas Basell y Borealis que son dueñas de estas patentes. Uno de los desafíos de este proceso es que se pueda generar ramificaciones que minimicen la escisión y para obtener estructuras que sean relativamente uniformes.

Por consiguiente, debido a la aleatoriedad de este proceso es muy difícil de lograr, porque el nivel de ramificación que se logra depende primordialmente de la dosis irradiada, el tiempo y temperatura. Generalmente la baja dosis de energía.

a y las temperaturas moderadas producen una densidad baja de ramificación y peso molecular muy alto en las ramas.

La inducción del injerto tiene ventajas significativas por medio del proceso reactivo en la irradiación debido a que permite la realización de una modificación del polímero generando ramificación y un procesamiento de una operación. De la misma manera, esto puede ser aplicado en pequeñas escalas en cualquier empresa que se dedique al procesamiento y utilice un extrusor convencional con pequeñas variantes para un proceso de extrusión simple. La aplicación industrial de este proceso es una estrategia muy prometedora por sus innumerables ventajas, como: la reacción rápida, proceso continuo, fácil implementación industrial, inversión de bajo costo, versátil, una ausencia de solventes durante el proceso de creación de las ramificaciones. (Moad., 2016)

El proceso de generación de macro-radicales se obtiene por medio del ataque químico de peróxidos con una diferente naturaleza, incluyendo la presencia de monómeros polifuncionales que permiten la generación de ramificación, logrando así la disminución de fragmentos macromoleculares mediante una estabilización de los macro-radicales. Posteriormente, se muestra en la figura 15 un ejemplo de esta generación de polipropileno ramificado a través de una mezcla de reactivo.



**Figura 15.** Representación general de un proceso de mezclado reactivo.

**Fuente:** (Moad., 2016)

**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

Varios de los investigadores que se han dedicado a estudiar cada una de las propiedades del polipropileno obtenidos por modificaciones reactivas sintetizaron lo siguiente: Lagenddik et, expresa que el polipropileno por extrusión reactiva utiliza diferentes peróxidos orgánicos, y concluyo diciendo que aquellos que contienen grupos alquílicos lineales con una mayor longitud tienen más eficiencia que las que se componen de grupos alquílicos de cadena corta. El mayor volumen de ramificaciones en el polipropileno puede ser controlada por la clase y número de peróxido adicionado. Las topologías moleculares se confirman mediante una cromatografía de exclusión dependiendo del tamaño, y para ello; se utiliza una triple detección y reología elongacional. Este es un análisis realizado por (Lagendijk, 2016), en el que expresa

con un amplio estudio reológico la verificación de un flujo de corte con la presencia de un espectro de modos de relajación. Debido a la presencia de varias especies que persuaden largos tiempos de relajación permitiendo una mejor elasticidad.

### 2.7.1. Tipos de Polipropileno

El polipropileno homopolímero es usado industrialmente y se divide en tres diferentes tipos que son:

- PP Atáctico (aPP)
- PP Isotáctico (iPP)
- PP Sindiotáctico (sPP)

Cada uno de los tipos de polipropilenos mencionados anteriormente tienen características específicas, explicadas a continuación. (CYTED, 2016)

- **PP Atáctico:** Este grupo metilo tiene una ubicación espacial aleatoria que da lugar al polímero amorfo, que a su vez hace que sea blando y pegajoso, en las aplicaciones comerciales se usa para la modificación de asfaltos, adhesivos e impermeabilizaciones.
- **PP Isotáctico:** Estos grupos metilos se encuentran situados en un mismo plano, lo que provoca que las cadenas macromoleculares sean capaces de cristalizarse y determinar cada una de las características mecánicas del mismo, como son: resiliencia, rigidez, resistencia y tenacidad.
- **PP Sindiotáctico:** Estos grupos tienen disposiciones alternas en los lados del plano, esto hace que se forme una configuración de manera regular repetitiva a lo largo de la cadena, esta peculiaridad estructural posee una menor cristalización que el PP Isotáctico, lo que permite que tenga una menor rigidez, pero al mismo tiempo obtiene una mayor resistencia al impacto y transparencia.

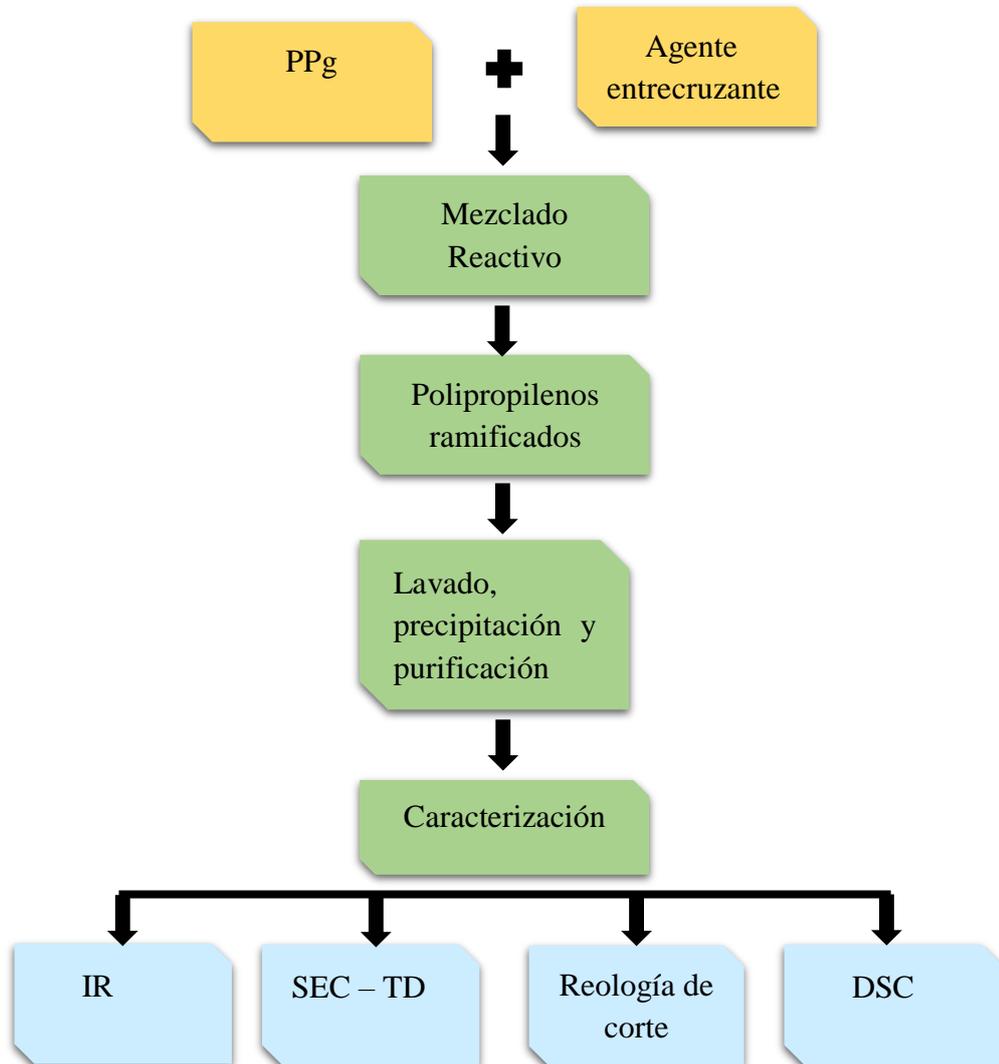
El polipropileno tiene como principal característica su buena resistencia química, ya que es un buen aislamiento eléctrico y tiene una relativa facilidad de transformación. El polipropileno es un material muy ligero, con una densidad de  $0,9 \text{ g/cm}^3$ , lo que permite que cualquier artículo fabricado con polipropileno requiera menos masa de material en comparación con la fabricación de otros polímeros.

Este material posee una temperatura de fusión superior y una mejor resistencia al calor, pero en bajas temperaturas se quiebra y su relación a la resistencia y el peso es superior. A su vez, no sufre ningún agrietamiento ambiental y tiene una mayor claridad.

La estructura se determina por su gran versatilidad y permite que tenga varias aplicaciones. La aplicación final está condicionada por el tipo de polipropileno como serian: homopolímero, copolímero heterofásico, copolímero al azar, su índice de fluidez o peso molecular.

El homopolímero de polipropileno logra formarse cuando el único monómero es el propileno. Su elevada proporción de la fase de cristalización y su temperatura en la transición vítrea de unos 0 °C permiten que mayormente los procesos de extrusión con y sin un estirado posterior valoren más la rigidez que la resistencia en el impacto.

### 2.7.2. Proceso de Síntesis de Polipropileno.



**Figura 16.** Esquema general del proceso de polipropileno ramificado.

**Fuente:** Datos obtenidos de: (CYTED, 2016)

**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

Los polipropileno ramificados que se sintetizan en distintos grados a través de un procedimiento de mezclado reactivo, con glicerol así como también con agente entrecruzante, muestran claramente la presencia de 2 poblaciones, una de ellas es compuesta por un polímero que no ha sido modificado, o que ha sido levemente mezclado con un reactivo, pero también existe otra población que es de mayor volumen molecular que se encuentra compuesta por varias moléculas ramificadas que

aparecen en menor volumen de retención y que al momento de una comparación simultánea por medio de detectores de dispersión de luz que permiten verificar las moléculas que tienen ramificaciones largas en las estructuras.

Las ramificaciones estructurales pueden ser comprobadas a través de un análisis reológico que consiste en ensayo sobre materiales fundidos.

### **2.7.3 Microfibras**

Estas fibras están fabricadas para evitar fisuraciones del concreto en su estado plástico o antes de pasar 24 horas, se dosifican a volúmenes entre 0.03% a 0.15% del mismo. Las más usadas por los constructores son fibras de polipropileno, la dosificación en peso de estas oscila entre 0.3 a 1.2 kg/cm<sup>2</sup> del concreto, aunque estas dosificaciones sean bajas ayudan a prevenir la fisuración del concreto por retracción plástica; sus dimensiones son 0.023 mm a 0.050 mm de las cuales hay dos tipos, las monofilamento y las fibriladas, al caracterizarse por tener un diámetro muy pequeño se ponen en el puesto llamado Denier, el cual es el peso en gramos de 9000 m de una sola fibra.

Sika también menciona que estas fibras sintéticas no alteran la resistencia a la compresión y lo hacen de una forma despreciable o muy baja sobre las resistencias a la tensión y flexión. (Sika, 2019)

### **2.8. Marco legal.**

La presente investigación empieza por estar sujeta en lo que establece la CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008, Decreto Legislativo 0 Registro oficial 449 de 20-oct-2018 Última actualización: 01-ago-2018: Reformado.

Referente al Plan Nacional del Buen vivir este proyecto refuerza el cumplimiento de los propósitos establecidos en los subsecuentes puntos:

Objetivo 3: Mejorar la calidad de vida de la población (Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo de América Latina y el Caribe. , 2013).

3.8. Proporcionar condiciones adecuadas para el acceso de un hábitat seguro e incluyente (Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo de América Latina y el Caribe. , 2013).

3.10. Garantizar el acceso universal, permanente, sostenible y con calidad de agua segura y a servicios básicos de saneamiento, con pertinencia, ambiental, social y cultural (Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo de América Latina y el Caribe. , 2013).

3.10. Garantizar la preservación y protección integral del patrimonio cultural y natural y de la ciudadanía ante las amenazas y riesgos de origen natural o antrópico

(Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo de América Latina y el Caribe, 2013).

Este proyecto está sujeto a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) NTE INEN 2518:2010 el cual implanta las especificaciones para la elaboración de mortero para el uso en la construcción de estructuras con unidades de mampostería reforzada y no reforzada. Los requisitos para la calidad del mortero deben ser los establecidos en esta norma, o los especificados por el usuario, además de la norma ASTM C-12 el cual habla sobre morteros para mampostería de unidades que se utilizan en la construcción de estructuras armada y no armadas.

En caso de que existan discrepancia en las especificaciones, pueden prevalecer las del usuario siempre que estén basadas en modos de evaluación de las NTE INEN, en tanto no existan éstas, con las ASTM respectivas, considerando las sugerencias del ACI, y normas contempladas internacionalmente.

La norma NTE INEN 2536:2010 estipula los requerimientos que deben obedecer los áridos empleados para ser empleado en morteros para mampostería, y establecer los ensayos requeridos obligatorios para control y recibimiento. Nos guiaremos de la norma ASTM C270-91a que estipula las condiciones para la granulometría y condiciones del agregado además de la técnica para el mezclado que se debe emplear en el mortero.

Al elaborar las probetas de mortero se deben efectuar ensayos de resistencia a la compresión mediante la norma NTE INEN 488:2019, este mortero debe estar compuesto de los materiales y dosificación que van a ser utilizados en la construcción. El proceso de elaboración de las probetas para el mortero, así como su curado están contemplados en las normas NTE INEN 488:2009- ASTM C51.

La norma NTE INE 696:2011 estipula el procedimiento de ensayo para determinar la repartición granulométrica de las partículas de áridos, finos y gruesos, por tamizado.

La norma NTE INE 1501 :2011 estipula el procedimiento para muestras y ensayos de ceniza volante y puzolana crudas o calcinadas para su uso en hormigones de cemento portland, nos guiaremos con la norma ASTM C 618:2018/ UNE 83.414/90, las que estipulan las condiciones para las cenizas a emplear en hormigones y mortero.

La norma NTE INE 1806 :2010 establece los requerimientos que debe obedecer el cemento para mampostería.

La norma NTE INE 155 :2009 estipula los métodos del mezclado de pastas y morteros con cemento hidráulico de consistencia plástica.

La norma NTE INEN 856:2010 estipula el método de ensayo para determinar: la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido fino, como lo es la arena que será base en el proyecto.

La norma NTE INEN 156:2009 estipula los procedimientos de ensayo para determinar la densidad hidráulica mediante el método del frasco volumétrico de la chatelier.

La norma ASTM C1324:15 establece los ensayos y análisis del mortero de mampostería en estado endurecido.

La norma ASTM C 518 :15 establece los procedimientos para determinación de la resistencia a la adherencia Flexural de la Mampostería.

Art. 386.- El sistema comprenderá programas, políticas, recursos, acciones, e incorporará a instituciones del Estado, universidades y escuelas politécnicas, institutos de investigación públicos y particulares, empresas públicas y privadas, organismos no gubernamentales y personas naturales o jurídicas, en tanto realizan actividades de investigación, desarrollo tecnológico, innovación y aquellas ligadas a los saberes ancestrales (Secretaria Nacional de Educación superior ciencia, tecnología e innovación., 2012).

## **2.9. Conceptos generales.**

### **Maní**

El maní, también conocido como cacahuate, es un fruto seco proveniente de la planta *Arachis hypogaea* originaria de la región tropical de Suramérica. (DefinicionABC, 2017)

### **Polipropileno**

Polipropileno material utilizado en varios elementos de construcción, es un polímero de amplios usos, ventajas y desventajas del polipropileno, que se puede transformar para muchas aplicaciones.

Es un tipo de plástico que puede ser moldeado con la calefacción solamente, es decir, es un termoplástico. Tiene propiedades similares al polietileno (PE), pero con un punto de ablandamiento más alto. (CanalConstruccion, 2019)

### **Puzolana**

Las puzolanas son materiales silíceos o aluminio-silíceos a partir de los cuales se producía históricamente el cemento, desde la antigüedad romana hasta la invención del cemento Portland en el siglo XIX. Hoy en día el cemento puzolánico se considera un eco material.

La definición amplia de puzolana no se ocupa del origen del material, solo de su capacidad de reaccionar con hidróxido de calcio y agua. La cuantificación de esta capacidad está comprendida dentro del término actividad puzolánica. (Wikipedia, 2016)

### **Mortero**

Conglomerado o masa constituida por arena, conglomerante y agua; puede contener además algún aditivo. (WordReference, 2018)

### **Cemento**

El término cemento hace referencia a una mezcla compuesta de diversas sustancias calcáreas y arcilla. Esta mezcla se cuece y luego se muele: cuando se le añade agua y se produce su solidificación, se endurece.

El cemento es un conglomerante ya que permite unir diversos materiales y otorgarles cohesión mediante transformaciones de tipo químico. Si se le agrega arena y/o grava, se obtiene una mezcla llamada concreto u hormigón, muy utilizada en el ámbito de la construcción. (Definicion.DE, Definicion.DE, 2018)

### **Yeso**

Es un término que procede del latín gypsum, aunque su origen se remonta a la lengua griega. Se trata del sulfato de calcio hidratado, que suele ser blanco y que resulta compacto o terroso. El yeso se deshidrata mediante la acción del fuego y logra endurecerse con rapidez cuando se amasa con agua. (Definicion.DE, Definicion.DE, 2018)

### **Hormigón.**

Es una combinación de material conglomerante, que constantemente es el cemento, la arena, la grava y gravilla, agua y agregados.

### **Pasta.**

Es un componente aglomerante o conglomerante, que contiene agua y aditivos.

### **Adiciones.**

Son componentes o productos que se adicionan al mortero en proporciones mayores al 5% de la carga del conglomerante, con el objetivo de cambiar alguna de sus propiedades o características en estado fresco y endurecido.

### **Concreto**

Es una mezcla de piedras, arena, cemento y agua que al endurecerse se forma en uno de los elementos de construcción más resistentes para hacer bases y paredes. (Carvajal, 1998 - 2014)

### **Agua**

El agua es uno de los principales elementos en la mezcla y ayuda a que la masa del concreto sea uniforme en su manejo y trabajabilidad.

### **Hidratación**

Es cuando se incluye agua en cualquier elemento que este sin agua como por ejemplo para la realización de una mezcla, incluyendo el nivel de agua adecuado.

### **Humedad**

Es el aumento del nivel de agua que tiene la mezcla y en el caso que no esté medida correctamente provocara una elevada humedad.

### **Trabajabilidad**

Es cuando la mezcla se puede moldear en varias maneras determinando que los elementos o agregados han sido los correctos y las proporciones son óptimas.

### **Evaporación**

La evaporación es conocida como el cambio del agua de estado líquido a gaseoso a través de un sistema en que las altas temperaturas hacen que la cantidad de agua existente en el suelo se disipe por medio de la evaporación.

### **Resistencia a rotura**

Es la compresión o tracción de cizalladura que resiste un material sin romperse, conocida como carga unitaria de rotura.

### **Consistencia**

Es una cualidad que se conoce como resistencia, solides, espesor, confiable, certero y perdurable, dependiendo del material o inmaterial en el que se aplique este término.

### **Construcción**

Es la unión de partes o elementos formando una estructura material o inmaterial para alguna finalidad.

### **Elemento a compresión**

Herramienta sometida a una fuerza de compresión longitudinal.

### **Resistencia a la tracción**

Es la resistencia de un elemento estructural a las fuerzas flectoras conocida como resistencia de flexión.

### **Estructuras**

Son partes materiales o inmateriales con similar o distinta naturaleza logrando así conformar un todo, con una diferenciación de las partes, pero que, a su vez, no puede existir sin ellas

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### **3. Metodología.**

Los autores Hernández, Fernández y Baptista detallan en su libro que la búsqueda de datos desde el punto de vista cuantitativo es el conjunto de secuencias ordenadas en las cuales no se pueden omitir pasos, sin embargo, permite redefinir determinada fase. Nace de una idea que se limita y una vez se demarque se deducen objetivos e interrogantes de investigación.

De las interrogantes se crean hipótesis y se precisan las variables en un determinado entorno; se comparan los datos adquiridos aplicando métodos estadísticos y se extraerán diversos resultados respecto a cada hipótesis.

#### **3.1. Tipo de investigación.**

Los autores Hernández, Fernández y Baptista deducen que es una investigación experimental debido a que tiene dos sentidos una general y otra particular; por el termino general se refiere a “elegir o llevar a cabo una acción” para luego analizar las consecuencias. El uso de esta palabra es muy coloquial; Así, nos referimos a “experimentar”, a comparar el nuevo mortero con el mortero convencional añadiendo cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno, realizando pruebas de fluidez, adherencia, resistencia a la compresión, Cuando combinamos sustancias químicas y físicas observamos la reacción provocada. La finalidad de esta concepción experimental es que demanda la manipulación premeditada de los porcentajes de adición de ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno al nuevo mortero en referencia al mortero convencional para estudiar los posibles resultados.

Al iniciar la investigación, en el capítulo primero se define el alcance de este proyecto y se concreta la hipótesis, en la cual se debe analizar si cumple o no, aunque el alcance obtenido no implique en la eficacia de la investigación, ese alcance se realizará con la información obtenida a través de la recopilación de datos obtenidos en laboratorio del mortero convencional como del mortero a base de ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno; Al mencionar diseño no se define a la estrategia o plan que se usará para adquirir la información o referencias directas de los ensayos realizados para puntualizar lo proyectado en los objetivos específicos.

Como expresa Hernández, Fernández y Baptista, El diseño correlacional está proyectado cuidadosamente a la elaboración de la investigación, dado que ayudará a medir dos o más variables las cuales son, características constructivas del mortero convencional en enlucidos y características constructivas del mortero a base de cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno en enlucidos, para cuantificar, analizar y establecer sus vínculos, que en esta investigación serán los morteros por estudiar para realizar sus comparaciones.

En resumen, esta búsqueda de información tiene un diseño correlacional desde el punto de vista cuantitativo, ya que se deben llevar a cabo experimentos de laboratorio para la recopilación de datos en cuanto al porcentaje de mejora en el nuevo mortero tomando como muestras las probetas tomadas en los ensayos las cuales pasarán por pruebas de resistencia mecánica, adherencia en estado endurecido, y fluidez. Para así obtener un valor que permita comparar las características constructivas del nuevo mortero con respecto al mortero convencional.

### **3.2. Enfoque.**

En esta búsqueda de información el enfoque es cuantitativo, dado que se hará una gran recopilación, toma de datos y proporciones numéricas entre las cuales podemos mencionar la a la fluidez, resistencia a la compresión y adherencia, las dosificaciones de los elementos de las mezclas de mortero que se ejecutarán mientras se realicen los ensayos, la cantidad de fibra de polipropileno que se empleará en cada estudio, entre otras que ayudarán a especificar módulos mediante el campo cuantitativo.

Los autores Hernández, Fernández y Baptista detallan en su libro que la búsqueda de datos desde el punto de vista cuantitativo es el conjunto de secuencias ordenadas en las cuales no se pueden omitir pasos, sin embargo, permita redefinir determinada fase. Nace de una idea que se limita y una vez se demarque se deducen objetivos e interrogantes de investigación.

De las interrogantes se crean hipótesis y se precisan las variables en un determinado entorno; se comparan los datos adquiridos aplicando métodos estadísticos y se extraerán diversos resultados respecto a cada hipótesis; En termino se evaluarán las variables y se estudiara la información obtenida en la investigación, todo este desarrollo se debe realizar de acuerdo con lo establecido en las normas, sin dejar a un lado la observancia de estas, manteniendo total atención en la toma de muestras.

### **3.3. Técnica e Instrumentos.**

#### **3.3.1. Técnica.**

Las técnicas que se utilizan en esta investigación son los ensayos a la fluidez, resistencia a la compresión de probetas cubicas y adherencia del material. Una vez definida la forma y diseño apropiado se realizará el análisis donde se tiene la siguiente etapa en la cual se obtendrán los datos necesarios, criterios o variables del muestreo.

- Ensayo de resistencia a la compresión (ASTM C109M-16)
- Análisis de dosificaciones (ASTM C270)
- Ensayo de Densidad Especifica y absorción. (ASTM C128/ASTM C188)
- Adherencia del mortero (D7234 - 19)
- Ensayo de Fluidez (ASTM C1437)

#### **3.3.2. Instrumento**

Los instrumentos usados en el proyecto fueron:

- Prensa hidráulica (VersaTester 30-M)
- Formatos realizados por Autores del Proyecto.
- Fichas de resultados.
- Equipos usados en el laboratorio RUFILIN
- Equipos usados en laboratorio SIKA
- Equipos de Laboratorios de Suelos ULVR.

#### **3.3.3. Descripción de experimento.**

Para detallar los experimentos que se llevaron a cabo en esta investigación utilizamos métodos a seguir para alcanzar los datos que beneficien el proyecto; Adquiriendo la cascara de maní de la provincia de Manabí en la ciudad de Portoviejo, Finca llamada “Mi Hermosa”.

Como paso inicial para obtener la ceniza de la cascara de maní se procedió a elaborar un horno tipo leña que nos permitiera llegar a temperaturas mayores a 400° C.

### 3.3.3.1. Proceso de fabricación de horno de leña.

Tabla 16 *Procedimiento de fabricación del horno de leña para incinerar cascara de maní*

Proceso	Fotografía base de hormigón para horno
<p>Para construir el horno, se comenzó realizando una base de hormigón de resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>, bajo dosificación 1:3:3, las dimensiones de la base fueron de 1,00x1.00x0.06 m</p>	
Proceso	Replanteo y armado de la base del horno con ladrillo refractario
<p>Para comenzar con el pegado de los ladrillos, se realizó el previo replanteo bajo las medidas queridas internamente del horno las cuales fueron de un diámetro interno 0,50 m, luego de tener replanteado con ayuda de una guía se procedió con la elaboración del mortero a base de arcilla refractaria y cemento portland.</p> <p>En un recipiente limpio procedemos a agregar proporcionalmente los componentes de nuestra mezcla que son: la arcilla refractaria, cemento portland y agua. La mezcla fue realizada bajo una dosificación 1:3, la cantidad de agua se determinó de acuerdo a la fluidez de nuestra mezcla para realizar el pegado de los ladrillos.</p>	 

<p style="text-align: center;"><b>Proceso</b></p> <p>Para formar la circunferencia del horno se procedió a cortar nuestros ladrillos por la mitad para dar un mejor acabado.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Pagado de los ladrillos refractarios</b></p> 
<p style="text-align: center;"><b>Proceso</b></p> <p>Vertimos una capa de vidrio triturada obtenido de botellas una vez limpias y libre de residuos, la capa comprende 2,5 cm. Luego se procedió a verter 10 lb de sal de uso doméstico que en conjunto a la capa de vidrio ayudara de aislamiento para evitar que el calor escape por la base del horno.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Aplicación de vidrio triturado y Sal</b></p> 
<p style="text-align: center;"><b>Proceso</b></p> <p>Para esta parte se procedió a cubrir con mortero refractario un espesor de 2 cm, una vez finalizado se procedió a pegar los ladrillos refractarios para el piso final del horno.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Piso con mortero refractario</b></p> 

<p>Se dejó espacio libre en la parte frontal del horno para instalar la puerta y pegar los ladrillos que del contorno.</p>	
<p><b>Proceso</b></p>	<p><b>Puerta da horno y cúpula</b></p>
<p>Instalación de la puerta en acero negro y enlucido del piso del horno con el mortero refractario.</p>	
<p>Proceso de pegado del ladrillo refractario con el mortero refractario elaborado con una dosificación de 1 parte de cemento y 3 partes de arcilla refractaria, agregando agua proporcionalmente de acuerdo con la fluidez y trabajabilidad de la mezcla.</p> <p>Para iniciar con la cúpula en la parte superior del horno tomamos de maestra una cinta piola clavada en el centro del piso del horno para ir midiendo, conforme se pegaban los ladrillos</p>	
<p><b>Proceso</b></p>	<p><b>Terminación</b></p>
<p>Para finalizar se instaló una pequeña chimenea en acero negro de 2,5 pulgadas y una longitud de 20 cm con filtro descontaminante y regulador del vapor que esta emanara.</p> <p>Una vez finalizado el horno dejamos que seque durante 1 semana.</p>	

Nota. El proceso se realizó de manera empírica.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

### 3.3.3.2 Proceso de incineración de cascara de maní.

Tabla 17 *Esquema de proceso de incineración.*

<p><b>Proceso</b></p> <p>Para el proceso del curado, procedemos a abrir la chimenea y durante 1 hora quemamos una cantidad pequeña de material (cascara de maní), repetimos este proceso 2 veces.</p> <p>Una vez realizado el curado y prueba el horno estuvo listo para realizar el quemado de la cascara de maní.</p>	<p><b>Curado y quemado</b></p> 
<p><b>Proceso</b></p> <p>Durante la quema de la cáscara de maní se determinó que esta tuvo su activación a 440 °C durante 3 horas.</p>	<p><b>Temperatura de quemado</b></p> 
<p><b>Proceso</b></p> <p>Para realizar el quemado de la cascara de maní se utiliza 1 tanque de gas (Butano) en conjunto a un soplete de boquilla que se encontraba empotrado en el horno desde su construcción.</p>	<p><b>Tanque de gas (Butano)</b></p> 

Proceso	Quemado de la cáscara
<p>La cáscara se incineró durante horas con la flama encendida del gas butano, a temperaturas de 440 °C.</p>	

Nota. Proceso realizado de manera empírica.

*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

### 3.4. Ensayos Para Diseño de mezclas.

#### 3.4.1. Ensayo de Densidad Especifica y Absorción del agregado fino, Ceniza de Cáscara de maní (ASTM C 128) (ASTM C188).

Estos ensayos normalizados se utilizan para determinar la densidad específica y absorción de una medida de partículas sin espacios de vacíos entre ellas. Según el proceso escogido, la densidad ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) se muestra en condición de secado en horno, es decir, la muestra en estado saturado superficialmente seca (siglas en inglés, SSD).

#### Instrumentos.

**Tamiz.** – para llevar un control del agregado fino se empleó un tamiz número 40 y para la ceniza de cascara de maní un tamiz número 200.



*Figura 17.* Tamiz usado en ensayo de agregado fino.

*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

**Recipiente metálico.** - se emplearon para la recolección del agregado fino tamizado para llevarlo a la balanza digital.



*Figura 18.* Recipiente metálico usado en ensayo de agregado fino.  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

**Balanza digital.** – Con el fin obtener datos precisos según la norma ASTM C 128 se usa una balanza digital con aproximación a 0.1 % de proximidad.



*Figura 19.* Balanza usada en ensayo de agregado fino y Ceniza de cáscara de maní.  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

**Horno** – Empleado para llevar al agregado fino a una temperatura de 110°C por un periodo de 24 horas según norma ASTM C128.



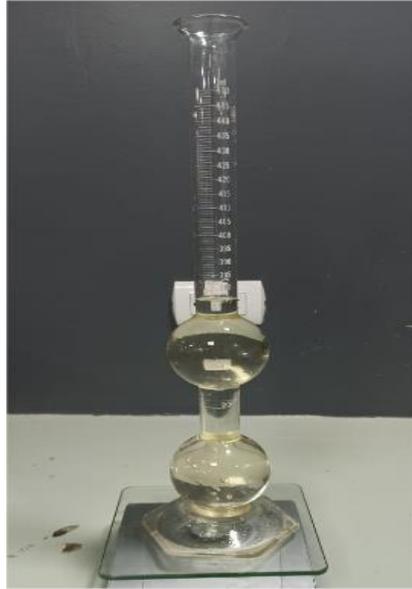
*Figura 20.* Horno ensayo de agregado fino laboratorio de suelos.  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

**Probeta** – Utilizada en laboratorio para medir absorción de la ceniza de cáscara de maní.



*Figura 21.* Probeta para ensayo de absorción de la ceniza de Cáscara de maní  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

**Matraz tipo Le Chatelier.** – Se emplea según ASTM C188 para medir la Gravedad específica del cemento portland, peso específico de la ceniza de cáscara de maní.



*Figura 22.* Matraz Le Chatelier.  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

**Termómetro.** – Utilizado para medir una temperatura de 23°C en el agua añadida al agregado fino según norma ASTM C128.



*Figura 23.* Termómetro Digital empleado.  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

**Recipiente.** – Con capacidad suficiente para añadir: Agua + Arena para ensayo de agregado fino ASTM C128.



**Figura 24.** Recipiente de vidrio  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

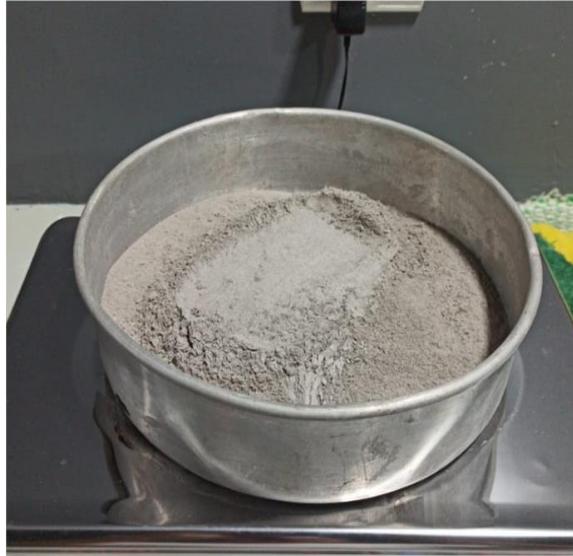
### **Materiales.**

**Queroseno.** – Combustible usado según la norma ASTM C 188 para cemento portland y también aplicado a la Ceniza de cáscara de maní en el ensayo de peso específico.



**Figura 25.** Matraz Le Chatelier con queroseno (375 ml) previo a verter la ceniza (64 gr).  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

**Ceniza de Cáscara de maní.** – Posterior al paso de incinerado se obtiene un tamiz número 200.



*Figura 26.* Ceniza Cáscara de maní como producto final del tamiz 200.  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

**Agregado fino.** – Como agregado fino se utiliza arena la cual pasa por un tamiz número 40.



*Figura 27.* Agregado fino como producto final del tamiz 40. (502 gr)  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

**Agua.** – Empleada en ensayo de densidad específica y absorción del agregado fino.



*Figura 28.* Agua añadida en el proceso de ensayo ASTM C128  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

**Prensa Hidráulica.** – Empleada para realizar los ensayos de resistencia a las probetas de 5cmx5cmx5cm.



*Figura 29.* Maquina empleada para ensayo a compresión  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

**Mesa de flujo.** – Empleada para realizar los ensayos de fluidez de los morteros.



*Figura 30.* Mesa de fluidez o de flujo.  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

**Mezcladora de laboratorio – Espátula.** – Empleadas para la mezcla de los morteros en los ensayos de fluidez de los morteros y probetas cúbicas.



*Figura 31.* Mezcladora de morteros – espátula.  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

**Probetas cúbicas.** – Empleadas para el fraguado de las probetas de 5cmx5cmx5cm.



*Figura 32.* Probetas cúbicas.  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

### 3.5. Población.

Los autores Hernández, Fernández y Baptista indican que en el enfoque cuantitativo se busca generalizar los datos obtenidos en un grupo (muestra) a una comunidad mayor (población). Para esta investigación la población será la cantidad de morteros a estudiar definidas en la **tabla 16** con una cantidad de tres muestras por especímenes para cada periodo de ensayo especificado en cuanto al mortero convencional y tres muestras por especímenes para el nuevo mortero por cada periodo especificado, las muestras se estudian dependiendo del volumen de estas, es decir, para anticipar una selección para la investigación se usará morteros con diseño de una resistencia a la compresión de  $120 \text{ kg/cm}^2$  y una dosificación (1:2.3), pero con un nuevo agregado el cual se debe añadir en volúmenes diferentes, lo cual dará como resultado diferentes porcentajes de resistencias a la Fluidez, compresión, y adherencia.

Según Hernández & Fernández explican cómo delimitar la magnitud adecuada de una muestra cuando procuramos generalizar los datos alcanzados de una población y cómo ejecutarse para conseguir la muestra, dependiendo del modelo de selección escogido, en ciertas investigaciones no se llevan a cabo estudios de muestras, solo un censo a pequeña escala.

Al definir la muestra una vez delimitada la población que se va a analizar y la extensión de los datos alcanzados, tal como lo hablan muchos autores de libros acerca de investigación científica entre ellos Hernández, Fernández y Baptista, enseñan que al momento en que la población es pequeña como en esta investigación solo analizamos 180 cubos de mezclas de mortero con Cenizas de Cáscara de maní y fibra

de polipropileno, realmente las probetas de mortero de 180 mezclas están elaborados con diferentes cantidades del agregado de ceniza de cascará de maní y fibra de polipropileno para analizar cuál es la dosificación que dará una resistencia óptima para un enlucido teniendo sus pruebas a la compresión a los 7, 14, 28 días de edad; Y solo 9 cubos de mezclas de mortero pero a diferentes días de rotura los cuales son a los 7, 14, 28 días de edad, la muestra es igual a la población, es decir, la muestra es una parte estadística de la población que tiene la misma particularidad homogénea y es a la muestra a quien se le suministran los instrumentos de adquisición de datos, en este caso la muestra son las probetas de morteros que están hechas con diferentes cantidades de cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno para identificar la dosificación optima.

Tabla 18 *Tabla comparativa de los morteros a estudiar.*

Morteros para comparar (Dosificación 1:2.6)	Cant. Ensayo de Morteros			
	7 días	14 días	28 días	TOTAL.
<b>Mortero Convencional</b>	3 unid.	3 unid.	3 unid.	9 unid.
<b>Mortero con Ceniza de cáscara de Maní y fibra de polipropileno</b>	60 unid.	60 unid.	60 unid.	180 unid.

Nota. Cuadro muestra población y cantidad de muestras.

*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

### 3.6. Muestra.

En el libro Metodología de la investigación por los autores Hernández, Fernández Y Baptista mencionan que la Muestra se relaciona con la población, es decir, es un subconjunto de piezas que pertenecen a ese conjunto definido en su composición al que le llamamos población.

### 3.7. Análisis y Resultados.

Una vez realizados los respectivos ensayos de laboratorio se realizan los respectivos cálculos para alcanzar la dosificación óptima esperada para un mortero tipo N según la norma ASTM C270 para morteros de laboratorio.

Según la ingeniera (GUTIERREZ) en su libro “El concreto y otros materiales para la construcción” detalla los pasos a seguir para un diseño de mezclas de morteros.

### 3.7.1. Módulo de finura de arena.

Se procede a secar la arena en horno durante 24 hrs a  $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}^{\circ}$ , posteriormente se utilizaron tamices #4, #10, #20, #40, #100, #200.



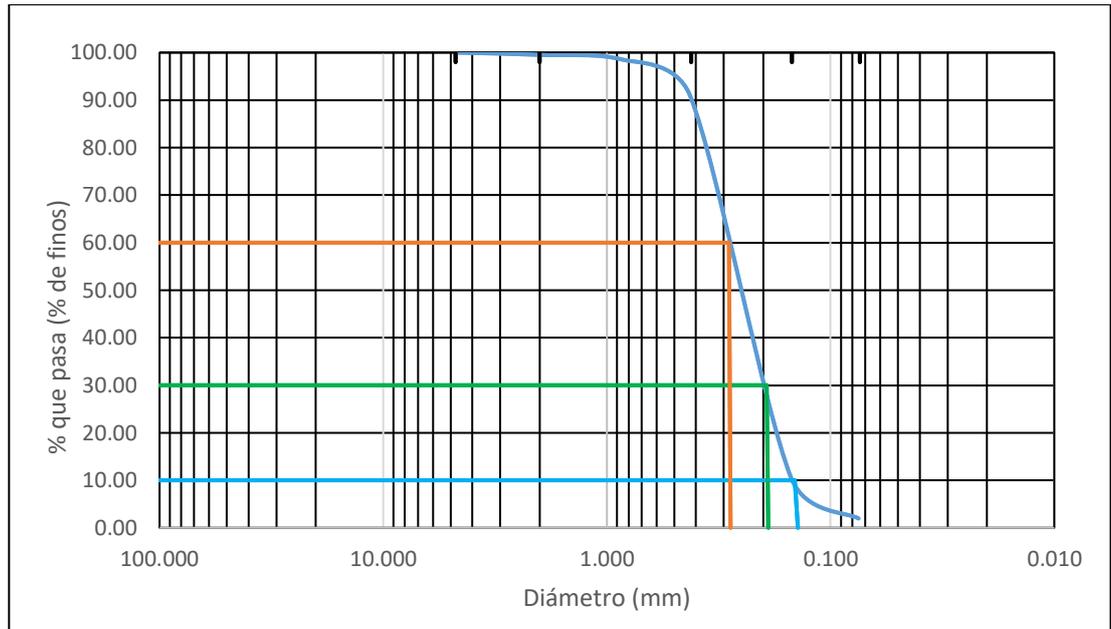
**Figura 33.** Tamices para módulo de finura del agregado fino.  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

Tabla 19 *Ensayo granulométrico.*

ENSAYO GRANULOMETRICO						
Proyecto		PROYECTO DE TITULACIÓN TEMA "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL MORTERO CONVENCIONAL CON MORTERO A BASE DE CENIZAS DE CASCARA DE MANI Y FIBRA DE POLIPROPILENO PARA ENLUCIDOS"				
Origen		Cantera Pacifico				
Descripción del material		Arena de rio		Muestra	A1	
Malla	Abertura (mm)	Masa retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	
4	4,750	0,00	0,000	0,00	100,00	
10	2,000	9,70	0,485	0,49	99,52	
20	0,850	20,15	1,008	1,49	98,51	
40	0,425	151,20	7,560	9,05	90,95	
100	0,150	1610,00	80,500	89,55	10,45	
200	0,075	169,80	8,490	98,04	1,96	
TARA	-	39,15	1,958	100,00	0,00	
	$\Sigma$	2000,00	100,00			

Nota. Foto de tamices usados en Figura 33.

*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)



**Gráfico 11.** Curva Granulométrica.  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

**Ecuación 3.**

Donde Modulo de finura = MF

$$MF = \frac{\Sigma \%RET ACUM}{100}$$

$$MF = \frac{0.0+0.485+1.492+9.052+89.55+98.04}{100}$$

$$MF = \frac{198.62}{100} = 1.98 = 2$$

**3.7.2. Ensayo de densidad a cemento y ceniza de cascara de maní Norma ASTM C188**

**Cemento**

**Ecuación 4**

$$Densidad = \frac{W}{V_0 - V_F} = \frac{63 \text{ gr}}{375 \text{ ml} - 396.5 \text{ ml}} = 2.93 \text{ gr/cm}^3$$

**Ceniza de cáscara de maní**

**Ecuación 5**

$$\text{Densidad} = \frac{W}{V_0 - V_F} = \frac{64 \text{ gr}}{375 \text{ ml} - 400 \text{ ml}} = 2.56 \text{ gr/cm}^3$$

### **3.7.4. Cálculo de porcentaje de absorción de la ceniza de cascara de maní método convencional.**

Peso de ceniza de cascara de maní= 10gr

Probeta= 35gr

Altura= 15ml

Peso de ceniza de cascara de maní + Probeta = 45gr

Peso de ceniza de cascara de maní + agua + probeta = 52gr

Diferencia de pesos= 52gr – 45gr= 7gr = 7cm<sup>3</sup>

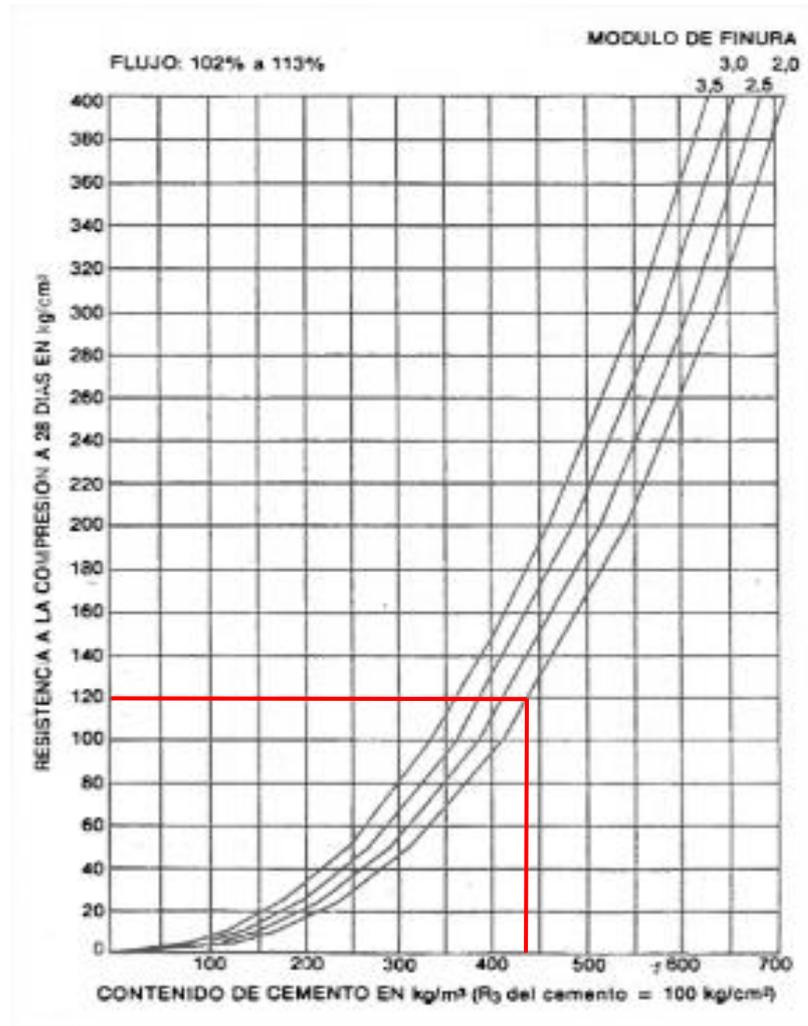
#### ***Ecuación 6***

$$\% \text{ Absorción} = \frac{7 \text{ cm}^3}{15 \text{ cm}^3} = 0.46 \times 100 = \mathbf{46 \%}$$

### **3.7.3. Diseño de mezcla para mortero Patrón.**

#### **Paso 1 Cuantía del cemento.**

Resistencia esperada para un mortero tipo N según ASTM C270 = 120kg/cm<sup>2</sup>, que se encuentra entre los rangos de resistencia para un mortero tipo N que son mínimo 50 kg/cm<sup>2</sup> y máximo 125 kg/cm<sup>2</sup>, Ver tabla 2 “especificaciones por propiedades, para morteros de cemento”.



**Figura 34.** Cuadro para hallar el contenido de cemento.

Fuente: Ing. Rodrigo Salamanca en laboratorio de la Universidad Nacional de Bogotá. (2017)

*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

Contenido de Cemento = **440 kg/m<sup>3</sup>**

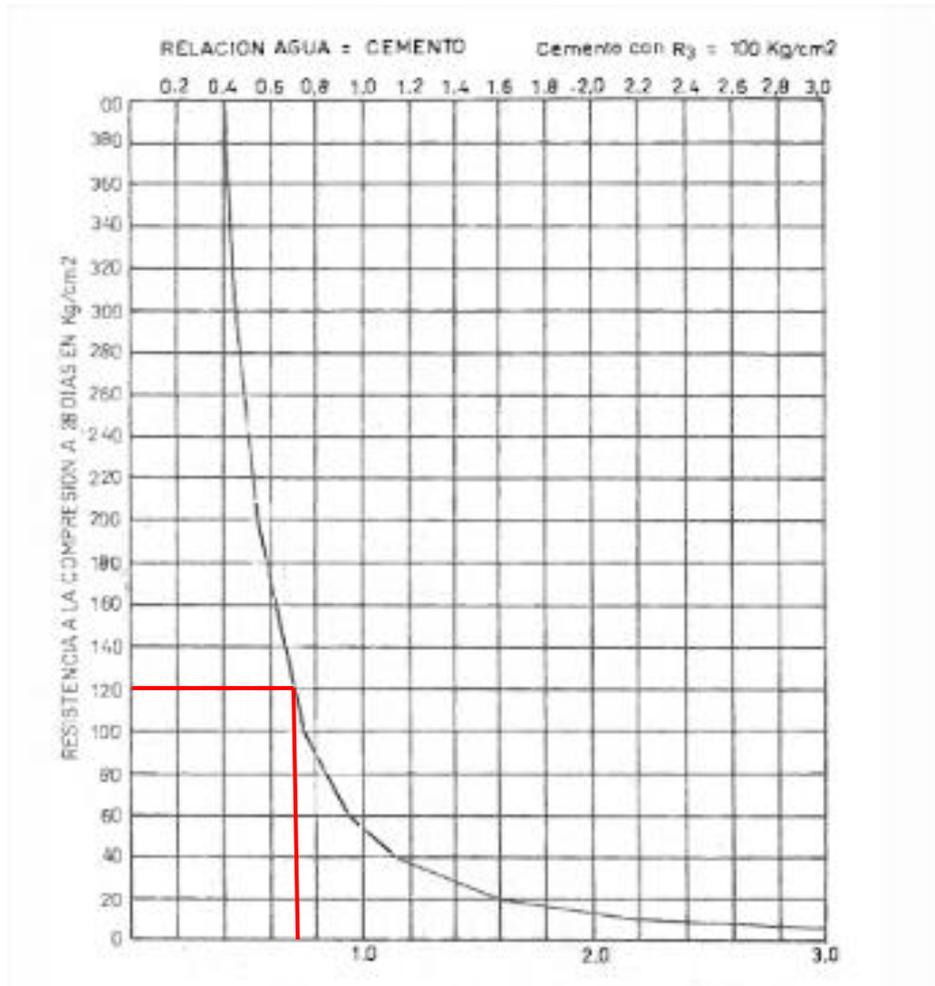
**Paso 2 Contenido de Agua por m<sup>3</sup> de mortero.**

Relación agua/cemento

A/C = **0.70** Según la resistencia esperada de 120 kg/cm<sup>2</sup>

Contenido de agua

A=0.70 x 440 kg/m<sup>3</sup> = **308 lts** por m<sup>3</sup> de mortero.



*Figura 35. Cuadro Relación A/C.*

*Fuente:* Ing. Rodrigo Salamanca en laboratorio de la Universidad Nacional de Bogotá. (2017)

*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

### **Paso 3 Cantidad de agregado fino.**

Se conoce por ensayos de laboratorio que:

$$\text{Densidad del cemento} = 2.93 \text{ gr/cm}^3 = 2930 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Densidad de la arena} = 2102.10 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso Unitario suelto del agregado fino} = 1.52 \text{ gr/cm}^3$$

#### **Volumen del cemento**

$$\text{vol. cemento} = \frac{\text{Cant cemento}}{\text{Densidad del cemento}} = \frac{440.\text{kg/m}^3}{2930 \text{ Kg/m}^3} = 0.150 \text{ m}^3$$

#### **Volumen de agua**

$$\text{Vol. agua} = 308 \text{ lt} = 0.308 \text{ m}^3$$

**Volumen Aire**= 0.0 – Para este caso se aumenta un valor 0

**Volumen arena.**

$$\text{vol. ar} = 1 - (V_c + V_a + V_{\text{aire}})$$

$$\text{vol. ar} = 1 - (0.150 + 0.308 + 0.0)$$

$$\text{vol. ar} = 1 - 0.458 = 0.542 \text{ m}^3$$

**Masa de la arena = vol. ar \* Densidad Arena**

$$= 0.542 \text{ m}^3 \times 2102.10 \text{ kg/m}^3$$

$$= 1139.34 \text{ kg/m}^3$$

Para una Masa unitaria suelta arena de  $1.52 \text{ gr/cm}^3$

$$1139.34 \text{ kg/m}^3 / 1520 \text{ kg/m}^3 = 0.749 \text{ m}^3 \text{ por m}^3 \text{ de mortero.}$$

Como resultado se obtiene una dosificación de:

**Proporción de la mezcla**

Proporción del mortero al peso son:

Proporción = Masa de la arena / Cuantía de Cemento

$$\text{Proporción} = 1139.34 / 440 = 2.58 \approx 2.6$$

*(Siendo la relación 1:2.6, es decir, por 1 parte de cemento se usarán 2.6 partes de arena)*

Tabla 20 Dosificación para  $1\text{m}^3$  de mortero

<b>Cantidades para el mortero convencional o patrón</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidades</b>		<b>Dosificación al Peso</b>
Cemento	440	Kg	1
Arena	1139.34	kg	2.6
Agua	308	lt	-

*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

## **CAPITULO IV**

### **INFORME FINAL**

#### **4.1 Origen de la Propuesta**

En los inicios de la propuesta se propone los siguiente:

- Demostrar mediante ensayos la dosificación óptima para la nueva mezcla de mortero a base de cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno.
- Presentar los resultados de los ensayos al mortero convencional añadiendo cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno.
- Mostrar las características constructivas de los morteros mencionados.
- Comparar los resultados del mortero convencional con el mortero a base de cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno.

#### **4.2 Detalle de propuesta.**

Para diseñar las probetas cubicas de mortero, se utilizó como base el cemento Tipo GU el cual está diseñado para varios tipos de construcción. Por su resistencia y durabilidad.

El material usado como agregado fino también conocido como áridos, se lo considera en este diseño para la fabricación del mortero con una relación A/C de 0.70 para esta investigación.

El agregado fino pasó por un proceso de secado en horno a una temperatura de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ , posteriormente un ensayo granulométrico con tamices de malla #4, #10, #20, #40, #100, #200.

##### **4.2.1. Cenizas de cascara de maní y Fibra de polipropileno.**

Una vez incinerada la cáscara de maní a temperaturas mayores de  $440^{\circ} \text{C}$  se encontró el resultado de una pérdida de masa del 90%; Pasó por un proceso de tamizado para así obtener el resultado del tamiz #200. La Fibra de polipropileno se la obtuvo de la empresa Disensa un paquete de 60 gr la cual rinde para  $1 \text{ m}^3$  de hormigón.



**Figura 36.** Resultado modelo de la ceniza obtenida una vez incinerada.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)



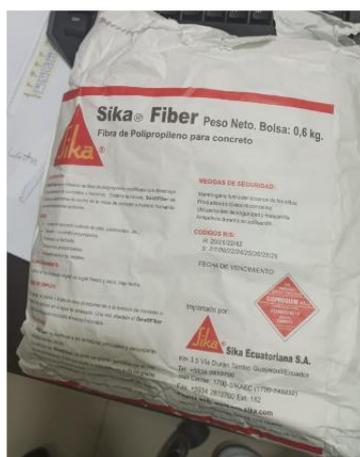
**Figura 37.** Resultado de la ceniza que pasa por tamiz 200.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)



**Figura 38.** Cascara de maní peso de 8 kg  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)



**Figura 39.** Ceniza de cascara de maní obtenida del proceso de incinerado, peso = 0.80 kg  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)



**Figura 40.** Fibra de polipropileno en su presentación de 60 gr.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

#### **4.2.2. Agua empleada en el proceso.**

Se empleó agua de la red del de la empresa Sika Ecuador S.A., proveniente del laboratorio de ensayo de materiales ubicado en el Km 3.5 Vía Duran Tambo, para este proceso se utilizó 10 lts de agua aproximadamente.

#### **4.2.3. Descripción de dosificaciones.**

Según los porcentajes de cenizas de cascara de maní a añadir en los ensayos ya detallados en la investigación son del 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, 100% del peso del cemento; para un diseño de mortero con resistencia a la compresión de 120 kg/cm<sup>2</sup>, que se encuentra bajo la norma ASTM C270 para morteros tipo N.

Para el mortero convencional se utilizará la dosificación obtenida que fue de (1:2.6) sin modificaciones en sus cantidades.

#### **4.2.4. Probetas de ensayo empleadas en el proceso**

Debido a que se realizan muestras en proporciones mínimas se emplearon herramientas menores en el proceso de mezclado de los componentes para realizar el mortero fluido. Las probetas tienen dimensiones de 5 cm de altura y 5cm de lado y lado; se aplicó desmoldante en cada pared del molde para un retiro más sencillo del mortero endurecido de las probetas.

#### **4.2.5. Mezcla de mortero**

La elaboración de las muestras del mortero se realizó manualmente con ayuda de mezcladora de morteros y herramientas menores.

Para realizar la mezcla de mortero se inicia pesando los materiales a usar según la dosificación, más la ceniza de cascara de maní. Se añade el cemento con la ceniza de cascara de maní, el agregado fino, la cantidad de agua según la dosificación y por último la fibra de polipropileno, para cada muestra realizando una mezcla homogénea durante 10 minutos para una buena incorporación de los agregados.

#### **4.2.6. Vertido de mezcla en probetas.**

A continuación, se detallan los pasos para el correcto vertido de la mezcla en las probetas una vez alcanzado su estado homogéneo:

- 1) Se debe identificar un área de trabajo limpia para evitar desniveles de los moldes una vez colocados en la superficie horizontal estable sin movimientos.
- 2) Aplicar líquido desmoldante con brocha para cubrir toda la superficie interna de una manera homogénea en los moldes.
- 3) Colocar la mezcla de mortero en los moldes, dando movimientos en el interior para así distribuir de forma uniforme.
- 4) Aplicar pequeños golpes a la mezcla conforme se llene cada molde para evitar burbujas de aire en el proceso fraguado y así evitar pérdidas de resistencia.
- 5) Nivelar la superficie de los moldes una vez aplicada la mezcla.
- 6) Limpiar el exterior de los moldes.

#### **4.2.7. Proceso curado de muestras.**

Este proceso consiste en la conservación moderada de humedad y temperaturas del mortero mientras esta fragua posteriormente a su vertido y acabado, para que alcance la resistencia esperada. Al instante en que se mezcla el cemento Portland tipo GU más el porcentaje de ceniza de cascara de maní más el agua llegan a tener la reacción química denominada hidratación. El grado de hidratación se vincula con la resistencia, fluidez, durabilidad, apariencia y densidad del mortero.

Los objetivos del proceso de curado son:

- 1) Controlar la pérdida de humedad del mortero.
- 2) Conservar la temperatura en el mortero durante su fraguado.

Posterior al vertido de la mezcla en las probetas transcurrió un tiempo de 24 horas para su desmolde, e inmediatamente de forma consecutiva se sumergieron las probetas en agua para que su proceso de curado por inmersión inicie.



*Figura 41. Muestra de probetas sumergidas en agua para su correcto curado.  
Elaborado por: Cantos & Cárdenas (2020)*

#### **4.2.8. Cantidades para el diseño de la mezcla por porcentaje de ceniza en probetas.**

##### **Cantidades por probetas.**

Dimensiones de probetas 5 cm x 5 cm x 5 cm; moldes diseñados x 3 und. c/u.

Tabla 21 Cantidades para 0.0225 m<sup>3</sup> de morteros con ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno.

<b>Probetas (cubo)</b>	<b>vol. 0.000125 m<sup>3</sup> c/u.</b>
<b>Cant. De m<sup>3</sup> para ensayo</b>	0.0225 m <sup>3</sup>
<b>Cant. De cemento para ensayo.</b>	9900.0 gr para 0.0225 m <sup>3</sup>
<b>Cant. De ceniza de cáscara de maní</b>	5197.50 gr
<b>Cant. De agua</b>	9832.83 gr
<b>Cant. De arena</b>	25740.00 gr
<b>Cant. De fibra de polipropileno</b>	0.014 gr
<b>Cant. total, de muestras</b>	180 und.

Nota. Las cantidades escritas en la tabla detallan la cantidad final total por las sesenta muestras.  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

Tabla 22 Cantidades para 0.001125 m<sup>3</sup> para morteros convencional dosificación (1:2.6)

<b>Probetas (cubo)</b>	<b>vol. 0.000125 m<sup>3</sup> c/u.</b>
<b>Cant. De m<sup>3</sup> para ensayo</b>	0.001125 m <sup>3</sup>
<b>Cant. De cemento para ensayo.</b>	495.00 gr para 0.001125 m <sup>3</sup>
<b>Cant. De ceniza de cáscara de maní</b>	0
<b>Cant. De agua</b>	308 gr.
<b>Cant. De arena</b>	1287.00 gr
<b>Cant. De fibra de polipropileno</b>	0.
<b>Cant. total, de muestras</b>	9 und.

Nota. Las cantidades escritas en la tabla detallan la cantidad final total por las tres muestras.  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

### 4.3. Ensayos realizados a mortero convencional y al mortero a base de ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno.

#### 4.3.1. Detalle de resultados en ensayos de resistencia a la compresión.

Tabla 23 Resistencia a la compresión de mortero patrón y mortero con ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno.

		UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL. FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION. CARRERA DE INGENIERIA CIVIL.								
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL MORTERO CONVENCIONAL CON MORTERO A BASE DE CENIZAS DE CÁSCARA DE MANÍ Y FIBRA DE POLIPROPILENO EN ENLUCIDO.										
ENSAYO A COMPRESIÓN: CUBOS 50 X 50 X 50 MM										
LABORATORIO		Dr. Ing. Arnaldo Ruffilli de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas de la Universidad de Guayaquil.						Diseño:		120 kg/cm <sup>2</sup>
ENSAYADO POR		Cardenas Esteban, Cantos Joselo								
MUESTRA No.	% CENIZA	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	DÍAS	Peso (kg)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm <sup>2</sup> )	%
1	0%	23/7/2020	30/7/2020	7	0,384	25	2450	98	96,67	86%
2		23/7/2020	30/7/2020		0,354	25	2375	95		
3		23/7/2020	30/7/2020		0,369	25	2425	97		
4		23/7/2020	6/8/2020	14	0,365	25	2650	106	104,67	87%
5		23/7/2020	6/8/2020		0,384	25	2575	103		
6		23/7/2020	6/8/2020		0,375	25	2625	105		
7		23/7/2020	20/8/2020	28	0,354	25	3500	140	138,67	116%
8		23/7/2020	20/8/2020		0,369	25	3475	139		
9		23/7/2020	20/8/2020		0,348	25	3425	137		
10	5%	23/7/2020	30/7/2020	7	0,381	25	2100	84	82,33	69%
11		23/7/2020	30/7/2020		0,374	25	2025	81		
12		23/7/2020	30/7/2020		0,369	25	2050	82		
13		23/7/2020	6/8/2020	14	0,358	25	2800	112	111,67	93%
14		23/7/2020	6/8/2020		0,369	25	2775	111		
15		23/7/2020	6/8/2020		0,387	25	2800	112		
16		23/7/2020	20/8/2020	28	0,384	25	2910	116,4	116,27	96,89
17		23/7/2020	20/8/2020		0,375	25	2900	116		
18		23/7/2020	20/8/2020		0,354	25	2910	116,4		
19	10%	23/7/2020	30/7/2020	7	0,384	25	2080	83,2	81,07	68%
20		23/7/2020	30/7/2020		0,399	25	2025	81		
21		23/7/2020	30/7/2020		0,388	25	1975	79		
22		23/7/2020	6/8/2020	14	0,398	25	2680	107,2	106,07	88%
23		23/7/2020	6/8/2020		0,384	25	2625	105		
24		23/7/2020	6/8/2020		0,365	25	2650	106		
25		23/7/2020	20/8/2020	28	0,384	25	2790	111,6	110,20	92%
26		23/7/2020	20/8/2020		0,378	25	2725	109		
27		23/7/2020	20/8/2020		0,387	25	2750	110		
28	15%	24/7/2020	31/7/2020	7	0,358	25	1900	76	74,33	62%
29		24/7/2020	31/7/2020		0,399	25	1850	74		
30		24/7/2020	31/7/2020		0,388	25	1825	73		
31		24/7/2020	7/8/2020	14	0,384	25	2580	103,2	102,73	96%
32		24/7/2020	7/8/2020		0,365	25	2575	103		
33		24/7/2020	7/8/2020		0,349	25	2550	102		
34		24/7/2020	21/8/2020	28	0,381	25	2850	114	113,27	94%
35		24/7/2020	21/8/2020		0,369	25	2820	112,8		
36		24/7/2020	21/8/2020		0,369	25	2825	113		
37		24/7/2020	31/7/2020	7	0,399	25	1690	67,6	67,53	

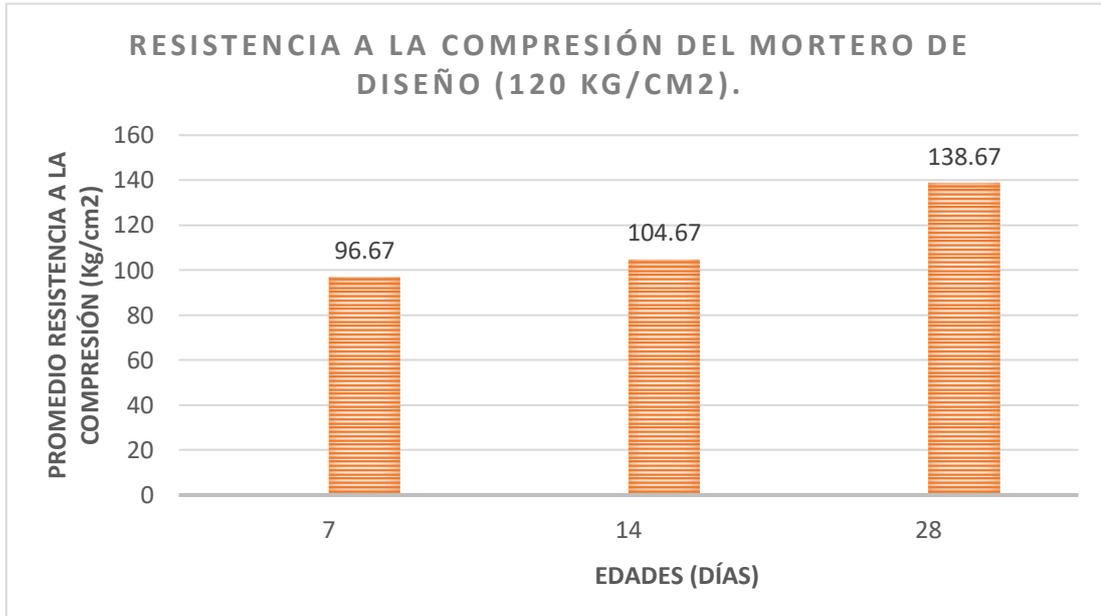
38	20%	24/7/2020	31/7/2020	14	0,388	25	1700	68	94,87	79%			
39		24/7/2020	31/7/2020		0,398	25	1675	67					
40		24/7/2020	7/8/2020		0,386	25	2390	95,6					
41		24/7/2020	7/8/2020		0,348	25	2350	94					
42		24/7/2020	7/8/2020		0,374	25	2375	95					
43		24/7/2020	21/8/2020		0,385	25	2450	98					
44	25%	24/7/2020	21/8/2020	28	0,348	25	2470	98,8	97,93	82%			
45		24/7/2020	21/8/2020		0,384	25	2425	97					
46		24/7/2020	31/7/2020		7	0,349	25	1400			56	55,20	46%
47		24/7/2020	31/7/2020			0,381	25	1350			54		
48		24/7/2020	31/7/2020			0,369	25	1390			55,6		
49		30%	24/7/2020		7/8/2020	14	0,381	25			2260	90,4	90,67
50	24/7/2020		7/8/2020	0,369	25		2290	91,6					
51	24/7/2020		7/8/2020	0,386	25		2250	90					
52	24/7/2020		21/8/2020	28	0,388		25	1890	75,6	74,47	62%		
53	24/7/2020		21/8/2020		0,398		25	1850	74				
54	24/7/2020		21/8/2020		0,384		25	1845	73,8				
55	35%	27/7/2020	3/8/2020	7	0,369	25	1100	44	43,93	37%			
56		27/7/2020	3/8/2020		0,385	25	1120	44,8					
57		27/7/2020	3/8/2020		0,398	25	1075	43					
58		27/7/2020	10/8/2020		14	0,386	25	1900			76	75,00	63%
59		27/7/2020	10/8/2020			0,348	25	1850			74		
60		27/7/2020	10/8/2020			0,388	25	1875			75		
61	40%	27/7/2020	24/8/2020	28	0,398	25	2010	80,4	79,73	66%			
62		27/7/2020	24/8/2020		0,381	25	1975	79					
63		27/7/2020	24/8/2020		0,369	25	1995	79,8					
64		27/7/2020	3/8/2020		7	0,398	25	2190			87,6	86,47	72%
65		27/7/2020	3/8/2020			0,378	25	2125			85		
66		27/7/2020	3/8/2020			0,346	25	2170			86,8		
67	45%	27/7/2020	10/8/2020	14	0,365	25	2980	119,2	118,07	98%			
68		27/7/2020	10/8/2020		0,379	25	2950	118					
69		27/7/2020	10/8/2020		0,356	25	2925	117					
70		27/7/2020	24/8/2020		28	0,385	25	3300			132	132,87	111%
71		27/7/2020	24/8/2020			0,358	25	3350			134		
72		27/7/2020	24/8/2020			0,361	25	3315			132,6		
73	50%	27/7/2020	3/8/2020	7	0,369	25	1980	79,2	54,33	45%			
74		27/7/2020	3/8/2020		0,385	25	2025	81					
75		27/7/2020	3/8/2020		0,348	25	2050	82					
76		27/7/2020	10/8/2020		14	0,382	25	2700			108	108,00	90%
77		27/7/2020	10/8/2020			0,348	25	2725			109		
78		27/7/2020	10/8/2020			0,371	25	2675			107		
79	55%	27/7/2020	24/8/2020	28	0,361	25	2850	114	113,00	94%			
80		27/7/2020	24/8/2020		0,379	25	2800	112					
81		27/7/2020	24/8/2020		0,387	25	2825	113					
82		28/7/2020	4/8/2020		7	0,354	25	1710			68,4	67,13	56%
83		28/7/2020	4/8/2020			0,365	25	1675			67		
84		28/7/2020	4/8/2020			0,348	25	1650			66		
85	60%	28/7/2020	11/8/2020	14	0,372	25	2200	88	88,00	73%			
86		28/7/2020	11/8/2020		0,386	25	2225	89					
87		28/7/2020	11/8/2020		0,348	25	2175	87					
88		28/7/2020	25/8/2020		28	0,376	25	2300			92	92,00	77%
89		28/7/2020	25/8/2020			0,384	25	2275			91		
90		28/7/2020	25/8/2020			0,365	25	2325			93		
91	65%	28/7/2020	4/8/2020	7	0,385	25	1680	67,2	66,67	56%			
92		28/7/2020	4/8/2020		0,365	25	1650	66					
93		28/7/2020	4/8/2020		0,348	25	1670	66,8					
94		28/7/2020	11/8/2020		14	0,325	25	2090			83,6	82,87	69%
95		28/7/2020	11/8/2020			0,395	25	2050			82		
96		28/7/2020	11/8/2020			0,396	25	2075			83		
97	28/7/2020	25/8/2020	28	0,375	25	2225	89	88,60	74%				

98		28/7/2020	25/8/2020		0,348	25	2200	88				
99		28/7/2020	25/8/2020		0,344	25	2220	88,8				
100	55%	28/7/2020	4/8/2020	7	0,382	25	1550	62	61,60	51%		
101		28/7/2020	4/8/2020		0,376	25	1525	61				
102		28/7/2020	4/8/2020	14	0,385	25	1545	61,8	75,93	63%		
103		28/7/2020	11/8/2020		0,374	25	1910	76,4				
104		28/7/2020	11/8/2020		0,402	25	1900	76				
105	28/7/2020	11/8/2020	28	0,347	25	1885	75,4	63,73	53%			
106	28/7/2020	25/8/2020		0,398	25	1610	64,4					
107	28/7/2020	25/8/2020		0,374	25	1575	63					
108	28/7/2020	25/8/2020		0,385	25	1595	63,8					
109	60%	29/7/2020	5/8/2020	7	0,365	25	1250	50	50,20	42%		
110		29/7/2020	5/8/2020		0,348	25	1275	51				
111		29/7/2020	5/8/2020		0,358	25	1240	49,6				
112		29/7/2020	12/8/2020	14	0,347	25	1780	71,2	70,73	59%		
113		29/7/2020	12/8/2020		0,364	25	1750	70				
114		29/7/2020	12/8/2020	28	0,387	25	1775	71	74,87	62%		
115		29/7/2020	26/8/2020		0,374	25	1890	75,6				
116		29/7/2020	26/8/2020		0,395	25	1850	74				
117	29/7/2020	26/8/2020	7	0,386	25	1875	75	35,53	30%			
118	29/7/2020	5/8/2020		0,398	25	900	36					
119	29/7/2020	5/8/2020		0,394	25	875	35					
120	29/7/2020	5/8/2020		14	0,388	25	890			35,6	63,53	53%
121	29/7/2020	12/8/2020			0,378	25	1590			63,6		
122	29/7/2020	12/8/2020	28	0,368	25	1600	64	68,67	57%			
123	29/7/2020	12/8/2020		0,379	25	1575	63					
124	29/7/2020	26/8/2020		0,384	25	1730	69,2					
125	29/7/2020	26/8/2020	7	0,354	25	1700	68	26,33	22%			
126	29/7/2020	26/8/2020		0,392	25	1720	68,8					
127	70%	29/7/2020	5/8/2020	7	0,401	25	690	27,6	55,73	46%		
128		29/7/2020	5/8/2020		0,395	25	625	25				
129		29/7/2020	5/8/2020		0,384	25	660	26,4				
130		29/7/2020	12/8/2020	14	0,395	25	1410	56,4	63,00	53%		
131		29/7/2020	12/8/2020		0,386	25	1375	55				
132		29/7/2020	12/8/2020	28	0,378	25	1395	55,8	60,47	50%		
133		29/7/2020	26/8/2020		0,403	25	1580	63,2				
134		29/7/2020	26/8/2020		0,384	25	1575	63				
135	29/7/2020	26/8/2020	7	0,371	25	1570	62,8	74,40	62%			
136	30/7/2020	6/8/2020		0,395	25	1510	60,4					
137	30/7/2020	6/8/2020		0,384	25	1525	61					
138	30/7/2020	6/8/2020		14	0,364	25	1500			60	99,20	83%
139	30/7/2020	13/8/2020			0,398	25	1870			74,8		
140	30/7/2020	13/8/2020	28	0,374	25	1875	75	58,00	48%			
141	30/7/2020	13/8/2020		0,392	25	1835	73,4					
142	30/7/2020	27/8/2020		0,396	25	2480	99,2					
143	30/7/2020	27/8/2020	7	0,378	25	2500	100	63,47	53%			
144	30/7/2020	27/8/2020		0,385	25	2460	98,4					
145	80%	30/7/2020	6/8/2020	7	0,391	25	1450	58	63,47	53%		
146		30/7/2020	6/8/2020		0,398	25	1475	59				
147		30/7/2020	6/8/2020		0,388	25	1425	57				
148		30/7/2020	13/8/2020	14	0,386	25	1600	64	67,93	57%		
149		30/7/2020	13/8/2020		0,379	25	1590	63,6				
150		30/7/2020	13/8/2020	28	0,378	25	1570	62,8	50,73	42%		
151		30/7/2020	27/8/2020		0,392	25	1710	68,4				
152		30/7/2020	27/8/2020		0,384	25	1700	68				
153	30/7/2020	27/8/2020	7	0,386	25	1685	67,4	50,73	42%			
154	30/7/2020	6/8/2020		0,384	25	1280	51,2					
155	30/7/2020	6/8/2020		0,395	25	1275	51					
156	30/7/2020	6/8/2020		0,381	25	1250	50					

157		30/7/2020	13/8/2020		0,392	25	1480	59,2		
158		30/7/2020	13/8/2020	14	0,385	25	1475	59	58,73	49%
159		30/7/2020	13/8/2020		0,374	25	1450	58		
160		30/7/2020	27/8/2020		0,384	25	1600	64		
161		30/7/2020	27/8/2020	28	0,392	25	1550	62	63,00	53%
162		30/7/2020	27/8/2020		0,383	25	1575	63		
163		31/7/2020	7/8/2020		0,398	25	1220	48,8		
164		31/7/2020	7/8/2020	7	0,391	25	1200	48	48,40	40%
165		31/7/2020	7/8/2020		0,385	25	1210	48,4		
166		31/7/2020	14/8/2020		0,365	25	1410	56,4		
167	90%	31/7/2020	14/8/2020	14	0,394	25	1400	56	55,80	47%
168		31/7/2020	14/8/2020		0,397	25	1375	55		
169		31/7/2020	28/8/2020		0,374	25	1580	63,2		
170		31/7/2020	28/8/2020	28	0,396	25	1550	62	62,73	52%
171		31/7/2020	28/8/2020		0,372	25	1575	63		
172		31/7/2020	7/8/2020		0,401	25	1150	46		
173		31/7/2020	7/8/2020	7	0,395	25	1125	45	45,47	37%
174		31/7/2020	7/8/2020		0,399	25	1135	45,4		
175		31/7/2020	14/8/2020		0,384	25	1300	52		
176	95%	31/7/2020	14/8/2020	14	0,388	25	1275	51	51,53	43%
177		31/7/2020	14/8/2020		0,396	25	1290	51,6		
178		31/7/2020	28/8/2020		0,405	25	1420	56,8		
179		31/7/2020	28/8/2020	28	0,402	25	1375	55	55,73	46%
180		31/7/2020	28/8/2020		0,398	25	1385	55,4		
181		31/7/2020	7/8/2020		0,408	25	600	24		
182		31/7/2020	7/8/2020	7	0,401	25	575	23	23,20	19%
183		31/7/2020	7/8/2020		0,395	25	565	22,6		
184		31/7/2020	14/8/2020		0,399	25	710	28,4		
185	100%	31/7/2020	14/8/2020	14	0,384	25	700	28	27,80	23%
186		31/7/2020	14/8/2020		0,385	25	675	27		
187		31/7/2020	28/8/2020		0,386	25	800	32		
188		31/7/2020	28/8/2020	28	0,399	25	790	31,6	31,47	26%
189		31/7/2020	28/8/2020		0,385	25	770	30,8		

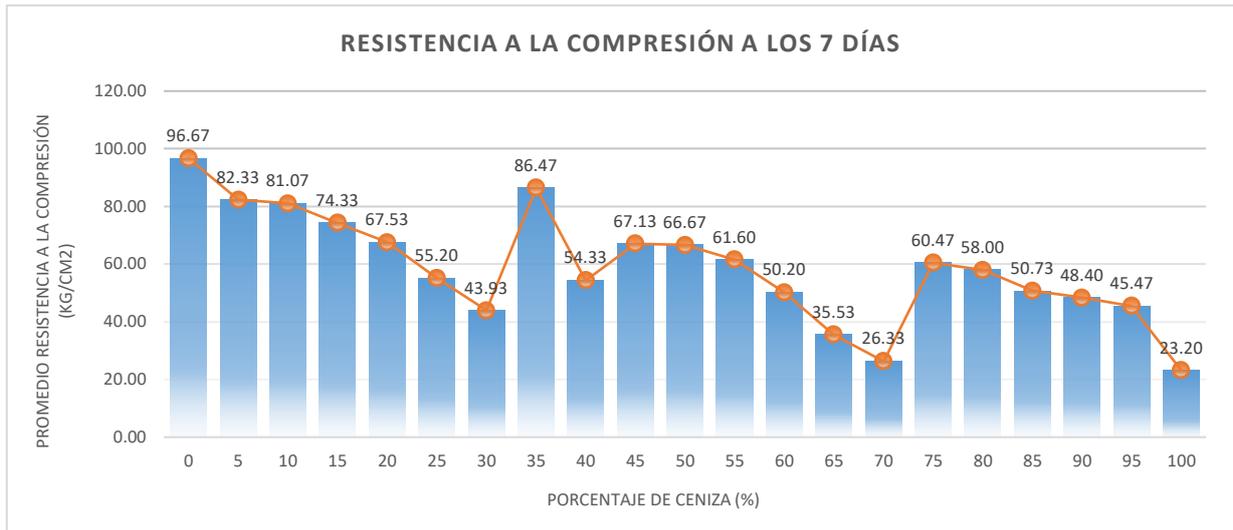
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

A continuación, se detalla los resultados en gráficos de barras para la resistencia a compresión a la edad de 7 días.



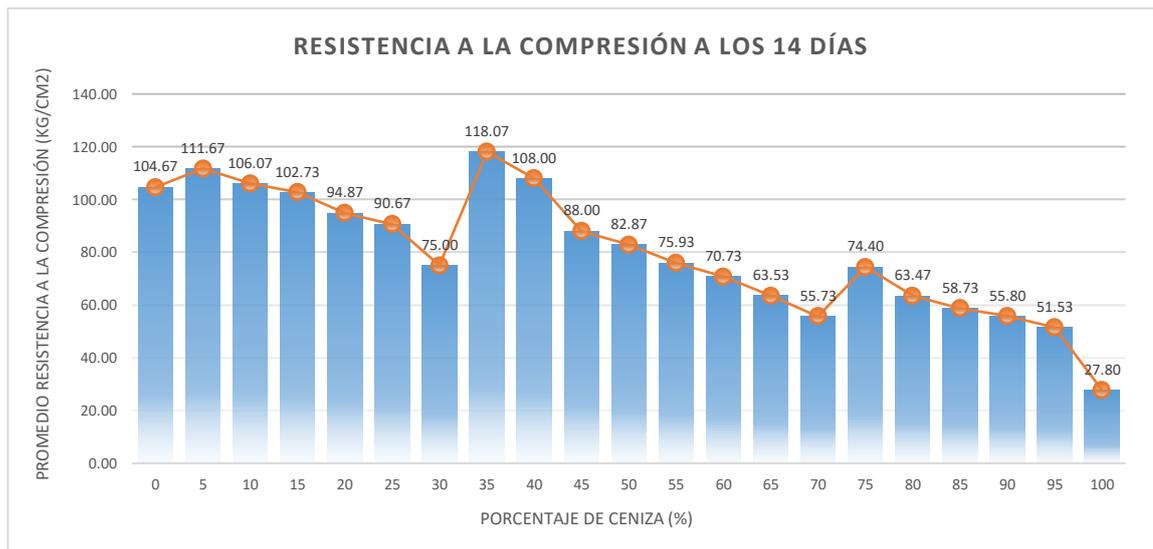
**Gráfico 12.** Resistencia a la compresión del mortero de diseño.  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

Se puede observar en el gráfico 12 que la resistencia obtenida a una edad de 28 días del mortero patrón con un diseño a 120 kg/cm<sup>2</sup>, presenta un 16 % de incremento con relación al diseño establecido, por lo que cumple con lo establecido en la ASTM C270.



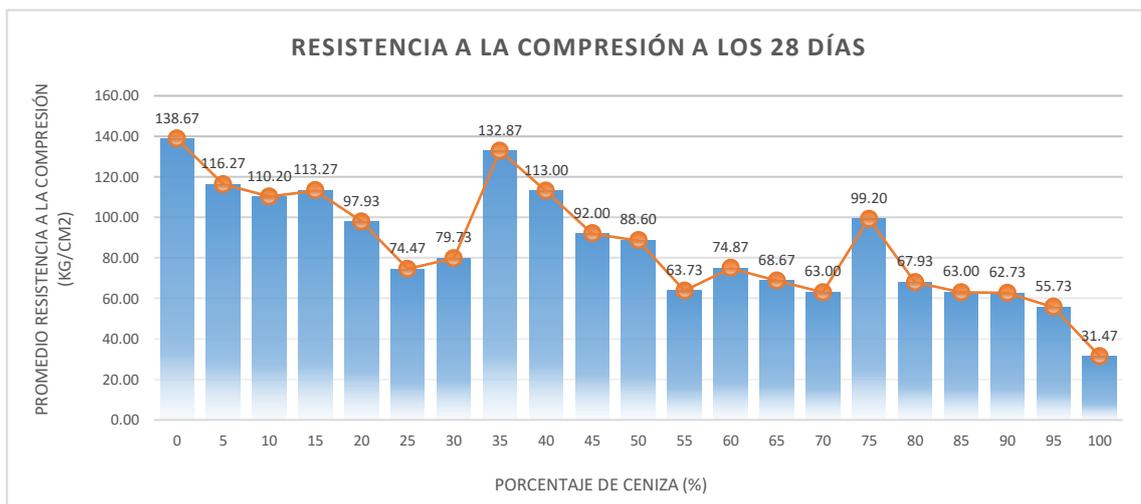
**Gráfico 13.** Resistencia a la compresión a la edad de 7 días.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

d de ceniza de cascara de maní al 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, 100% con relación al peso del cemento, se demuestra según el ensayo realizado que para todas las muestras se obtuvo la información que al añadir un 35% de ceniza de cascara de maní esta alcanza un incremento del 75 % de su resistencia a la compresión.



**Gráfico 14.** Resistencia a la compresión del mortero a los 14 días.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

En el gráfico 14 se puede apreciar que la resistencia del mortero con 35% de ceniza de cascara de maní muestra un incremento de un 11 % mayor a la resistencia del mortero de diseño, verificando que esta alcanza un 98% de su resistencia a la compresión.



**Gráfico 15.** Resistencia a la compresión del mortero a los 28 días.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

En el gráfico 15 se muestra que la resistencia del mortero con 35 % de ceniza de cascara de maní mostró un incremento de un 11 % mayor al diseño establecido, con respecto al mortero de diseño el cual obtuvo un 16 %, comparando los resultados, de la resistencia del mortero convencional, este superó a la resistencia del mortero con ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno, ubicando a ambos morteros en el rango de mortero tipo S según la norma ASTM C270.

#### 4.3.1.1. Análisis de resultados del ensayo a la compresión del mortero convencional con el mortero a base de ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno.

Se procede a realizar el análisis del ensayo de resistencia de la compresión de cubos de mortero tipo convencional y mortero modificado con ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno; Obteniendo como resultado que el mortero con cenizas de cáscara de maní dio valores aproximados al mortero convencional, ya que la ceniza de cascara de maní por sus componentes químicos provoca una actividad puzolánica generando el gel del CSH (Silicato Cálcico Hidratado). Según la ASTM C618 que hace referencia a las cenizas volantes.

Al añadir 35% de cenizas de cascara de maní en relación con el peso del cemento sin dejar de lado el 46% de absorción de la ceniza de cáscara de maní, este valor se añadió a la cantidad de agua referenciada al mortero convencional.

Dando el nuevo mortero a base de cenizas de cáscara de maní (35%) y fibra de polipropileno una resistencia a la compresión de 132.87 kg/cm<sup>2</sup> vs los 138.67 kg/cm<sup>2</sup>, ubicándolo como mortero tipo S según la norma ASTM C-270.

#### 4.3.2 Fluidéz de la mezcla de Mortero convencional vs Mortero a base de cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno. (Norma ASTM C1437).

El ensayo de Fluidéz se puede definir también como la consistencia de la mezcla del mortero o a su vez también lo denominan la característica plástica que obtendrán los morteros tanto el mortero convencional como el nuevo mortero. La consistencia apropiada se consigue mediante la añadidura de agua en función de la granulometría del mortero, cuantía de finos, absorción de agua de la base sobre la que se aplicara esta mezcla, e influye también las condiciones climáticas, etc.

Para realizar el ensayo de Fluidéz se requiere de una superficie o mesa de flujo, de acuerdo con el procedimiento de la norma ASTM C1437.



*Figura 42.* Mesa + Cono empleado en ensayo de Fluidéz.  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

##### 4.3.2.1. Procedimiento de ensayo.

###### Equipos.

- Mesa de flujo
- Calibrador (Pie de rey) o regla milimétrica
- Compactador
- Molde
- Balanza con sensibilidad de 0.1 g
- Muestra de morteros a ensayar “Mortero con ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno” y “Mortero tradicional”, bajo el mismo diseño ya establecido.
- Espátula
- Badilejo de acero
- Bandeja

### **Paso 1**

Se procede a calcular la cantidad de materiales a mezclar para la variable Características constructivas del mortero convencional en enlucidos.

Cemento: 261 gr  
Arena: 678.6 gr  
Agua: 182.7 gr  
R a/c: 0.70

Se procede a calcular la cantidad de materiales para la variable Características constructivas del mortero a base de cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno en enlucidos.

Cemento: 261 gr  
Arena: 678.6 gr  
Ceniza: 91.35 gr  
Agua: 224.72 gr incluye el 46% de absorción de la ceniza.  
R a/c: 0.70

### **Paso 2**

Se realiza la mezcla del mortero en un recipiente ancho completamente limpio, procedemos a vaciar el cemento y el agua luego de esto agregamos el agregado fino, y procedemos a mezclar homogéneamente hasta obtener una pasta uniforme.



**Figura 43.** Mezcladora de laboratorio para mortero.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

### Paso 3

Una vez obtenida la mezcla uniforme, verificamos que nuestro molde se encuentre en el centro de la plataforma se encuentre listo y engrasado para proceder con el vaciado, se procede a verter la mezcla en una capa de espesor de 25 mm con ayuda del badilejo.



**Figura 44.** Proceso de ensayo fluidez capa 2.5cm.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

### Paso 4

Una vez completada la primera capa con espesor de 25 mm se procede a apisonar con un pequeño pisón con 25 golpes, uniformemente distribuido. La segunda capa es vertida hasta llenar completamente el recipiente y se apisona con la misma cantidad de golpes que la primera capa, una vez finalizado se retira el excedente en la parte superior y dejar por 1 minuto reposar.



**Figura 45.** Proceso de ensayo fluidez cono lleno.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

**Paso 5.**

Se procede a retirar el molde de forma vertical, inmediatamente se procede a girar la palanca 25 veces.



**Figura 46.** Proceso de ensayo con giro de 25 veces.  
Mortero con ceniza de cascara de más fibra de polipropileno  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)



**Figura 47.** Proceso de ensayo fluidez mortero convencional.  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

### Paso 6

Procedemos a medir con el pie de rey el diámetro en las líneas indicadas en la mesa de flujo, y tomamos nota de todos los 4 diámetros diferentes para sacar un promedio.



**Figura 48.** Proceso de ensayo fluidez mortero con ceniza de cascara de maní.

Mortero con ceniza de cascara de maní más fibra de polipropileno

*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

### Paso 7.

**Ecuación 7.** Cálculo de la Fluidez Mortero Convencional

$$\% \text{ Fluidez} = \frac{((215+210+203+210)/4) - 101.6 \text{ mm}}{101.6 \text{ mm}} \times 100$$

$$\% \text{ Fluidez} = 106.20 \%$$

**Ecuación 8.** Cálculo de la Fluidez Mortero con ceniza de cascara de maní más fibra de polipropileno.

$$\% \text{ Fluidez} = \frac{((223+220+225+223)/4) - 101.6 \text{ mm}}{101.6 \text{ mm}} \times 100$$

$$\% \text{ Fluidez} = 119.24 \%$$

### 4.3.3. Resultados de comparación de Fluidez en los Morteros estudiados.

En la tabla 41 Se detalla el resultado obtenido de porcentaje de fluidez de ambos tipos de morteros tanto de la variable independiente Características constructivas del mortero convencional, como para la variable dependiente características constructivas del mortero a base de cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno en enlucidos.

Tabla 24 Detalle de resultados de ensayo de Fluidez según norma ASTM C-230.

	Mortero convencional	Mortero a base de cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno	Variación
Porcentaje de Fluidez (%)	106.20%	119.24%	11.04%

Nota. Se procede a comparar los datos obtenidos de la fluidez de acuerdo con la tabla de fluidez **Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

TABLA No. 28. FLUIDEZ RECOMENDADA DEL MORTERO PARA DIVERSOS TIPOS DE ESTRUCTURA Y CONDICIONES DE COLOCACIÓN

CONSISTENCIA	FLUIDEZ %	CONDICIÓN DE COLOCACIÓN	EJEMPLO DE TIPOS DE ESTRUCTURA	EJEMPLO DE SISTEMA DE COLOCACIÓN
Dura (seca)	80 – 100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos	Proyección neumática, con vibradores de formaleta
Media (plástica)	100 – 120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con palas y palustres
Fluida (húmeda)	120 – 150	Sin vibración	Pañetes, rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección

**Figura 49.** Tipos de morteros según su porcentaje de fluidez

**Fuente:** Norma ASTM C-230.

**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

### 4.4. Ensayo de adherencia del Mortero convencional vs Mortero a base de cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno.

Este ensayo es realizado bajo el método ASTM D7234 - 19, este método cubre un proceso para evaluar la resistencia al arranque (conocido como adherencia), mediante el uso del “equipo de adherencia a tracción digital “Pull-Off”, el cual consiste en un diámetro que mide la fuerza de adherencia y su resistencia a la tracción de 2 capas de materiales (mortero de enlucido, hormigón, entre otros tipos de revestimiento que comprenda recubrir una superficie como lo son las cales, yeso, etc.). Este es un equipo liviano que maneja una célula de carga y una pantalla digital de alta calidad gráfica,

idóneo para mediciones desde baja carga, La fuerza es aplicada electrónicamente de forma automática mediante una bomba hidráulica por el equipo hasta generar el arranque.



**Figura 50.** Equipo empleado en ensayo de adherencia  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

### **Proceso.**

Se procede a realizar la mezcla del mortero modificado y el mortero convencional para que sean aplicados en una superficie de Mampostería de 0.08 m<sup>2</sup> para cada tipo de mortero a ser ensayado.

Se prepara la superficie limpiando de cualquier partícula que se encuentre sobre ella, tenemos que delimitar los extremos con 2 pedazos de madera que ayude a delimitar el área a aplicar el enlucido para poder obtener 2 cm de espesor del enlucido.



**Figura 51.** Proceso de ensayo adherencia.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

Posteriormente, se humedecen las superficies a las cuales le vamos a aplicar el enlucido tanto para el mortero modificado con ceniza de cascara de maní + fibra de polipropileno y el mortero convencional.



**Figura 52.** Proceso de ensayo adherencia.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

## **Enlucido**

Este comprende a la aplicación de la mezcla previamente dosificada bajo el diseño de mezcla (relación agua/cemento 0.70), esta será la capa sobre la cual procederemos a realizar el ensayo (Pull Off) luego 3 días de vida del mortero, el enlucido debe seguir los parámetros establecidos para los morteros según la ASTM C-270-10 tipo “S”, sugerido para las obras de mampostería. Debe comprender cualidades como: suficiente dureza, adherencia, ausencia de grietas o de fisuras superficiales priorizando siempre su aspecto como punto principal.

Se procede a utilizar el badilejo, paleta de madera y demás herramientas menores para proseguir con todos los procesos necesarios para llegar a obtener un buen enlucido, se empieza con el champeado del mortero en toda la superficie de la mampostería, luego procedemos con la nivelación del mortero sobresaliente, para un buen acabado.

La capa final debe presentar una resistencia suficiente a los choques y desmoronamiento. Sometida directamente a la fuerza de la gravedad, debe tener una textura aparente que tolere resistir a los agentes de figuración sin cambiar su aspecto.



**Figura 53.** Bloques enlucidos con mortero convencional y mortero a base de ceniza de cascara de maní 35% + fibra de polipropileno.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

#### 4.4.1. Proceso de ensayo con maquina PULL OFF

Se procede a marcar la zona de ensayo sobre la mampostería, la misma que debe estar limpia sin presencia de residuos que pudiese afectar la posterior adherencia del disco de prueba.



**Figura 54.** Limpieza de enlucidos con mortero convencional y mortero a base de ceniza de cascara de maní 35% + fibra de polipropileno.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

Con una broca hueca de corona de  $\varnothing$  50 mm, se realizan los cortes en las superficies previamente delimitadas, en este paso procederemos a humedecer la superficie para evitar calentamientos que pudiese influir en los resultados.



**Figura 55.** Corte superficial de enlucidos con mortero convencional y mortero a base de ceniza de cascara de maní 35% + fibra de polipropileno.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

Luego de delimitar se colocan los discos de ensayo con una resina epòxica (Material de alta resistencia y fraguado rápido que se preparara según las instrucciones del fabricante).



**Figura 56.** Resina Epòxica (SikaDur 30).  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

Se procedió a pegar 2 pastillas de ensayo por cada superficie de mortero en total tendremos 12 pastillas para las 6 superficies que se ensayaron, 2 superficies a los 7 días de edad del mortero, 2 superficies a los 14 días y por último 2 superficies a los 28 días de edad. Cada superficie representa un tipo de mortero estudiado en el proyecto.



**Figura 57.** Bloques de mampostería enlucidos.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

Proceso de ensayo con el PULL OFF, procedemos a insertar el perno roscado al disco del PULL OFF, conectándose todo al equipo antes de iniciar con las pruebas.



**Figura 58.** Equipo listo para ensayo de adherencia.  
**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

Se procede con las pruebas del “PULL OFF” en donde se mide la tensión directa aplicada sobre el disco para separarlo del elemento al que había quedado adherido.



*Figura 59.* Proceso de arrancamiento por tracción perpendicular.  
*Elaborado por:* Cantos & Cárdenas (2020)

#### **4.4.2. Comparación de los ensayos de adherencia a los morteros estudiados.**

Luego de realizado el ensayo se procede a recolectar la información obtenida del mortero modificado y el mortero tradicional, mediante una tabla comparativa.

Se puede observar en la Tabla 25 que el mortero convencional presenta mejores resultados de adherencia que el mortero que contiene cenizas de cascara de maní y fibra de polipropileno, a pesar de que añadiendo ceniza de cascara de maní con relación al 35% del peso del cemento y fibra de polipropileno mejora su capacidad de resistencia a la compresión, pero este da como resultado una baja resistencia a la adherencia teniendo sus respectivos ensayos a las edades de 7, 14 y 28 días.

Tabla 25 Detalle de ensayo adherencia.

	UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL. FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION. CARRERA DE INGENIERIA CIVIL.						
	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DEL MORTERO CONVENCIONAL CON MORTERO A BASE DE CENIZAS DE CÁSCARA DE MANÍ Y FIBRA DE POLIPROPILENO EN ENLUCIDO.						
<b>Laboratorio:</b>		Laboratorio de Ensayo de Materiales, Sika Ecuatoriana S.A.					
<b>Elaborado por:</b>		Cardenas Esteban, Cantos Joselo.					
ELEM.	EDAD	FECHA ENLUCIDO	PEGADO PASTILLAS	FECHA ENSAYO	AREA EXTRACCION (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A LA ADHERENCIA (PSI)	PROM (PSI)
Mortero Convencional	7	05/08/2020	05/08/2020	11/08/2020	19.64	50	57.5
	7	05/08/2020	05/08/2020	11/08/2020	19.64	65	
	14	05/08/2020	05/08/2020	18/08/2020	19.64	77	71
	14	05/08/2020	05/08/2020	18/08/2020	19.64	65	
	28	05/08/2020	05/08/2020	01/09/2020	19.64	75	78.5
28	05/08/2020	05/08/2020	01/09/2020	19.64	82		
Mortero del Proyecto	7	05/08/2020	05/08/2020	11/08/2020	19.64	20	25.5
	7	05/08/2020	05/08/2020	11/08/2020	19.64	31	
	14	05/08/2020	05/08/2020	18/08/2020	19.64	50	40
	14	05/08/2020	05/08/2020	18/08/2020	19.64	30	
	28	05/08/2020	05/08/2020	01/09/2020	19.64	60	51
28	05/08/2020	05/08/2020	01/09/2020	19.64	42		

Nota. Ensayos realizados con equipo electrónico automático PosiTest AT-A.

Elaborado por: Cantos & Cárdenas (2020)

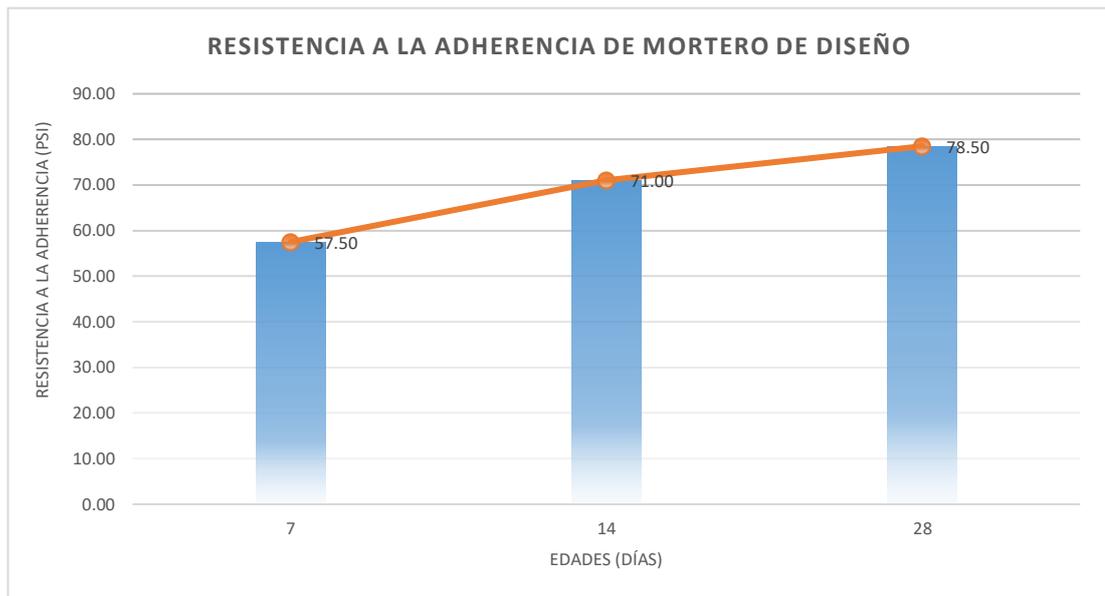
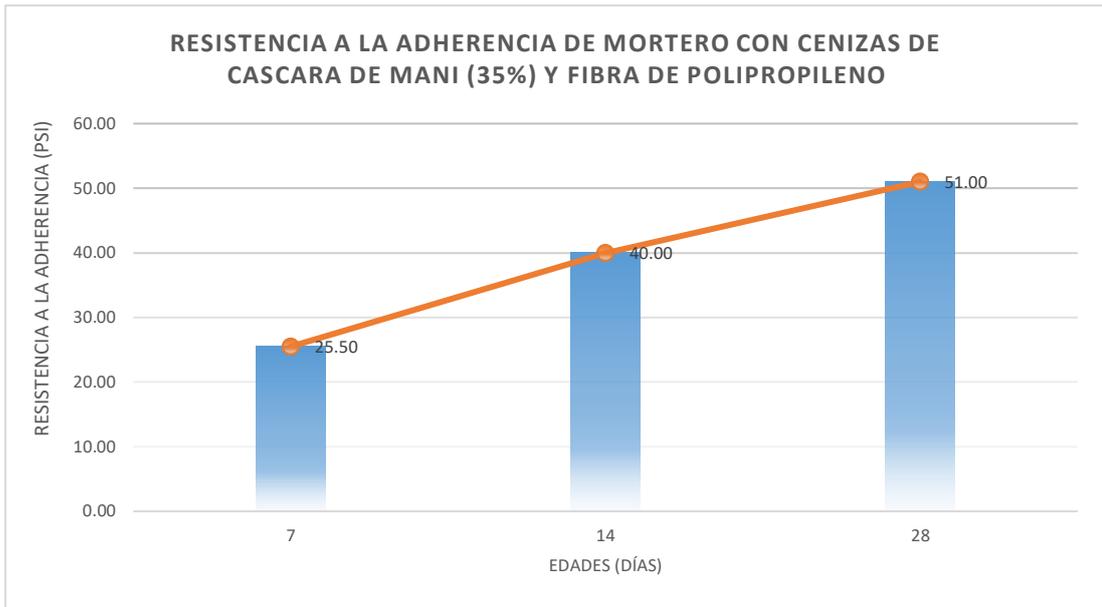


Gráfico 16. Resistencia a la adherencia del mortero de diseño a los 28 días de edad.

Elaborado por: Cantos & Cárdenas (2020)



**Gráfico 17.** Resistencia a la adherencia del mortero con ceniza de cáscara de maní y fibra de polipropileno a los 28 días de edad.

**Elaborado por:** Cantos & Cárdenas (2020)

## CONCLUSIONES

En base a nuestro objetivo general se realizó el estudio del comportamiento del mortero convencional con un mortero a base de cenizas de cáscara de maní, el cual alcanzó resultados similares al mortero convencional con lo que se contrastaron los resultados obtenidos en su estado húmedo como endurecido.

Según nuestro primer objetivo específico se determinó la dosificación mediante diferentes ensayos de laboratorio dando como resultado una relación 1:2.6 para posteriormente realizar el análisis de los morteros.

Para alcanzar nuestro segundo objetivo específico se analizaron los comportamientos de ambos morteros tanto en estado húmedo como endurecido, dando como resultado que el ensayo en estado húmedo que es el ensayo de fluidez se obtuvo que el nuevo mortero con ceniza de cascara de maní al 35% del peso del cemento y fibra de polipropileno, alcanzó una fluidez de 11.04% mayor a la del mortero convencional, pero dentro del rango establecido por las normas para considerarlo como un mortero para revestimiento.

Respecto al ensayo en estado endurecido de adherencia realizado a los morteros, se obtuvo como resultado que el mortero convencional alcanzó mejores datos de adherencia, en cuanto al mortero con 35% de ceniza de cascara de maní y fibra de polipropileno obtuvo una baja resistencia, pero permitida por las normas actuales para un mortero de revestimiento.

El ensayo de resistencia a la compresión realizado variando las edades de (7 ,14 y 28 días) al mortero convencional como al mortero a base de cenizas de cáscara de maní y fibra de polipropileno. Para seleccionar la muestra con las mejores características se tuvo que realizar especímenes con diferentes porcentajes de ceniza con relación al peso del cemento, de las 180 muestras obtuvimos que el espécimen con 35 % de ceniza de cascara de maní alcanzó una resistencia de 132.86 kg/cm<sup>2</sup> el cual lo comparamos con la muestra que se realizó al mortero tradicional el cual alcanzó una resistencia de 138.66 kg/cm<sup>2</sup> resultado ensayado bajo el mismo diseño del modificado; con estos ensayos se logra contrastar nuestros resultados y así cumplir con nuestro tercer objetivo específico.

Por lo tanto, podemos indiciar que en referencia a nuestra hipótesis el mortero añadiendo cenizas de cáscara de maní y fibra de polipropileno no obtuvo mejores características técnicas que mortero convencional ensayado bajo el mismo diseño de mezcla respetando las normas vigentes para los morteros.

## RECOMENDACIONES

En el transcurso de incineración de la ceniza de cáscara de maní tener precauciones a las personas a cargo; no contaminar el material con cualquier tipo de residuos, guardarla en recipientes limpios y usar equipos de protección personal.

- Se recomienda a futuros investigadores emplear aditivos que permitan mejorar la adherencia, ya que el mortero de ceniza de cáscara de maní y fibra de polipropileno no alcanzó niveles altos en ensayos de arrancamiento a tracción perpendicular.
- Se recomienda a futuros investigadores analizar resultados con edades mayores a 28 días para determinar con mayor precisión la durabilidad del mortero añadiendo cenizas de cascara de maní.
- Para la variación de activación entre (440°C – 500°C), se recomienda a futuros investigadores analizar con otras temperaturas de activación mayores a 500°C.
- Se recomienda a la ULVR equipar un poco más el laboratorio de hormigón con las herramientas empleadas en este proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- A. Younsi, P. (07 de 12 de 2017). *Basado en el rendimiento y Diseño y Carbonatación de hormigón con alto contenido de cenizas volantes.*
- ABEL, E. (2019). *Prototipo de placas decorativas basado en mortero tradicional y fibra de cáscara de maní para revestimiento de paredes interiores de viviendas.* 4: 4.
- ALCONPAT. (2017). ALCONPAT. ALCONPAT.
- Alejandro Salazar J. (2017). *Que es una puzolana.* Madrid - España: Ecoingeniería.
- (s.f.). *ASTM C-618.*
- ASTM INTERNACIONAL . (2019). Especificación estándar para mortero para mampostería unitaria. *ASTM INTERNACIONAL* , 14.
- ASTM INTERNACIONAL. (2017). Especificación para cenizas volantes de carbón y naturales crudos o calcinados. *ASTM INTERNACIONAL*, 9.
- Aurangzcb, K. &. (2016). *Briks and urbanism in the indus vallery rise and decline.* Geesthcht - Alemania: Periodico Americano de Arqueologia.
- Bradic, V. (2016). *"Mecánica y microestructural de las propiedades de las cenizas volantes activadas con álcali.* J. Hazard Mater.
- Burgos, U. d. (3 de Junio de 2016). *Residuos profesionales* . Obtenido de Residuos profesionales : <https://www.residuosprofesional.com/morteros-duraderos-sostenibles-residuos-siderurgicos/>
- C-618, A. (s.f.).
- C-618, A. (s.f.). *ASTM C-618.*
- Calleja J. (25 de 07 de 2018). *Sintesis de la tecnologia del concreto. Una manera de entender a los materiales compuestos.* Obtenido de <https://www.ecoingenieria.org/docs/Puzolanas.pdf>
- CanalConstruccion. (12 de 02 de 2019). *CanalConstruccion.* Obtenido de <http://canalconstruccion.com/polipropileno-usos-y-caracteristicas.html>
- Cazau, P. (2015). *Introduccion a la investigacion* . Buenos aires, Argentina.
- CIENCIA Y TECNOLOGIA DE LA EDIFICACION. UNIVERSIDAD DE ALCALA. (2018). *MATERIALES I.* Guadalajara.
- COMERCIO, E. (05 de 05 de 2018). EL COMERCIO. pág. EL COMERCIO.
- COMERCIO, E. (08 de 07 de 2018). *EL COMERCIO.* Obtenido de EL COMERCIO: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/mani-apetecido-sabor.html>

- Comité, C. (2015). *Método de prueba para la indicación eléctrica de la capacidad de resistencia de los hormigones y penetración de iones de cloruro*. ASTM International.
- Construmatica. (5 de 8 de 2018). Construmatica. *Construmatica*, pág. [https://www.construmatica.com/construpedia/Categor%C3%ADa:Morteros\\_de\\_Revestimiento](https://www.construmatica.com/construpedia/Categor%C3%ADa:Morteros_de_Revestimiento).
- Cutiño, Y. (8 de mayo de 2017). *EcuRed*. Obtenido de EcuRed: [https://www.ecured.cu/Archivo:Cant%C3%B3n\\_Jipijapa.jpg](https://www.ecured.cu/Archivo:Cant%C3%B3n_Jipijapa.jpg)
- CYTED. (2016). *Desarrollo sostenible de la Industria del Polipropileno: Propiedades controladas a Medida y Optimización del Consumo Energético y de la Degradación*. Madrid, España: Red Ibero Americana: Promoción del Desarrollo Industrial.
- Definicion.co. (12 de 12 de 2017). *Definicion.co*. Obtenido de Definicion.co: <https://www.definicion.co/materia-prima/>
- Definicion.DE. (20 de 09 de 2018). *Definicion.DE*. Obtenido de Definicion.DE: <https://definicion.de/cemento/>
- Definicion.DE. (10 de 12 de 2018). *Definicion.DE*. Obtenido de Definicion.DE: <https://definicion.de/yeso/>
- DefinicionABC. (2017). *DefinicionABC*. Obtenido de DefinicionABC: <https://www.definicionabc.com/general/mani.php>
- Donis, J. M. (2015). *DISEÑO DE MORTEROS CON CEMENTOS HIDRÁULICOS LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS CON ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA*.
- Eco-Ingeniería. (12 de 10 de 2018). *Eco-Ingeniería*. Obtenido de <https://www.ecoingenieria.org/docs/Puzolanas.pdf>
- EcuRed. (2 de 5 de 2016). EcuRed. *EcuRed*, pág. <https://www.ecured.cu/Conglomerante>.
- EL COMERCIO. (05 de 05 de 2018). *EL COMERCIO*, págs. <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/mani-apetecido-sabor.html>.
- EL COMERCIO*. (5 de 6 de 2018). Obtenido de EL COMERCIO: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/mani-apetecido-sabor.html>
- EL COMERCIO*. (7 de 5 de 2018). Obtenido de EL COMERCIO: <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/mani-apetecido-sabor.html>
- Forum, W. E. (25 de 10 de 2018). *World Economic Forum*. Obtenido de World Economic Forum: <https://es.weforum.org/agenda/2018/10/incrementemos-la-productividad-en-la-construccion-en-latinoamerica/>
- García Casado, P. (2014). Historia de los morteros. *Boletín Informativo*, págs. 52-59.
- Garcidueñas, P. (13 de 01 de 2015). *EXPOK*. Obtenido de EXPOK: <https://www.expoknews.com/conoce-los-ladrillos-hechos-de-cacahuete/>

Google Images. (15 de 08 de 2018). *Google Image*. Obtenido de [https://www.google.com/search?biw=547&bih=640&tbm=isch&sa=1&ei=Ked\\_XeOvKYzh-gTi44SQAq&q=morfologia+de+la+ceniza+volante&oq=morfologia+de+la+ceniza+volante&gs\\_l=img.3...9255.19302..19538...7.0..1.376.8923.1j16j19j4.....0....1..gws-wiz-img.....0i67j0.aZ8](https://www.google.com/search?biw=547&bih=640&tbm=isch&sa=1&ei=Ked_XeOvKYzh-gTi44SQAq&q=morfologia+de+la+ceniza+volante&oq=morfologia+de+la+ceniza+volante&gs_l=img.3...9255.19302..19538...7.0..1.376.8923.1j16j19j4.....0....1..gws-wiz-img.....0i67j0.aZ8)

Google Maps. (20 de 09 de 2019). Obtenido de Google Maps: <https://www.google.com.ec/maps/search/termoelectricas/@-1.579717,-79.1430276,764447m/data=!3m1!1e3?hl=es>

Google Maps. (20 de 09 de 2019). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/search/termoelectricas/@-1.579717,-79.1430276,764447m/data=!3m1!1e3?hl=es>

Granada, U. d. (2014). *Morteros de Construcción*. Granada - España: Universidad Española de Granada.

GUTIERREZ, L. (s.f.). *EL CONCRETO Y OTROS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION*.

Guzman, D. S. (2017). TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y MORTERO. En D. S. Guzman, *TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y MORTERO*.

H.Y.Leung. (2016). Sorptividad del hormigon autocompactante que contiene cenizas volantes y humo de sílice. *Master en Construcción*, 46.

<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/mani-apetecido-sabor.html>. (05 de 05 de 2018). EL COMERCIO. *EL COMERCIO*.

HUGO, G. M.-O. (2018). FICHA TÉCNICA COMPARATIVA DE LA ADHERENCIA DEL MORTERO A ELEMENTOS ESTRUCTURALES MEDIANTE MÉTODOS ARTESANALES Y PRODUCTOS ADHERENTES. *FICHA TÉCNICA COMPARATIVA DE LA ADHERENCIA DEL MORTERO A ELEMENTOS ESTRUCTURALES MEDIANTE MÉTODOS ARTESANALES Y PRODUCTOS ADHERENTES*.

HUGO, G. M.-O. (2018). *FICHA TÉCNICA COMPARATIVA DE LA ADHERENCIA DEL MORTERO A ELEMENTOS ESTRUCTURALES MEDIANTE MÉTODOS ARTESANALES Y PRODUCTOS ADHERENTES*.

Image, G. (20 de 04 de 2019). *Google*. Obtenido de [https://www.google.com/search?tbm=isch&sa=1&ei=fAONXcXJO8qP5wK13bj4DQ&q=probeta+de+hormigon&oq=probeta+de+&gs\\_l=img.1.1.0l2j0i67j0l7.2877.3680..6161...0.0..2.1051.2719.2-1j5-1j1j1.....0....1..gws-wiz-img.....0i10i67.MTT0s7LD8dE](https://www.google.com/search?tbm=isch&sa=1&ei=fAONXcXJO8qP5wK13bj4DQ&q=probeta+de+hormigon&oq=probeta+de+&gs_l=img.1.1.0l2j0i67j0l7.2877.3680..6161...0.0..2.1051.2719.2-1j5-1j1j1.....0....1..gws-wiz-img.....0i10i67.MTT0s7LD8dE)

Images, G. (11 de 08 de 2017). *Google Images*. Obtenido de [https://www.google.com/search?q=ceniza+volante+en+el+concreto&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewiW857D5djkAhUww1kKHcpgBcMQ\\_AUIEigB&biw=547&bih=626](https://www.google.com/search?q=ceniza+volante+en+el+concreto&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewiW857D5djkAhUww1kKHcpgBcMQ_AUIEigB&biw=547&bih=626)

- IngenieriaRural, C. (05 de 03 de 2017). *Catedra de Ingenieria Rural - Morteros*. Obtenido de [www.ingenieriarural.com](http://www.ingenieriarural.com)
- Ingeniero-de-camino. (30 de 06 de 2017). *Ingeniero-de-camino*. Obtenido de Ingeniero-de-camino: <https://ingeniero-de-caminos.com/dosificacion-hormigon/>
- ISSN:, I. J. (28 de 04 de 2016). *Habitat*. Obtenido de Habitat: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n4/apala.html>
- J. Foster. (25 de 07 de 2017). Fuerza de union entre la escoria mezclada y la ceniza volante clase F y el hormigon geopolimero con refuerzo de acero. 25-27.
- Janeth, S. I. (2018). *Elaboración de un adoquín para revestimiento de camineras, a partir del plástico PET*. Guayaquil: Stefany Izurieta Pilay Janeth.
- Legendijk. (2016). Polymer. H. Huang.
- Lopez Roman, M. (2017). *Espacio, Tiempo y Forma, Serie II*. Historia Antigua.
- Luis de Villanueva Domínguez, D. A. (2012). *(THE THREE AGES OF CONSTRUCTION)*. ESPAÑA: Catedrático de Construcción. E.T.S.A.M. Universidad Politécnica de Madrid.
- M.VICTORIA. (2017). BDIGITAL PORTAL DE REVISTAS UN. *MORTEROS ALIGERADOS CON CASCARILLA DE ARROZ: DISEÑO DE MEZCLAS Y EVALUACIÓN DE PROPIEDADES*, 175. Obtenido de BDIGITAL PORTAL DE REVISTAS UN.
- Moad., G. (2016). Sintesis y Caracterizacion del Polipropileno ramificado. En G. Moad.. Madrid - España: Ediciones Europeas.
- Moriconi, V. C. (2017). Influencia de las adiciones minerales en el rendimiento de hormigón agregado 100% reciclado. En V. C. Moriconi.
- Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo de America Latina y el Caribe. . (17 de Febrero de 2013). *Naciones Unidas*. Obtenido de Naciones Unidas : <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-nacional-del-buen-vivir-2013-2017-de-ecuador>
- Park, B. (2017). *Efecto de las fibras de poliester sobre la resistencia a la compresion y la resistencia a la abrasión del hormigon*. Construyendo .
- R. Siddique. (23 de 07 de 2017). *Avances recientes en la compresion del papel de materiales cementosos suplementarios en concreto.*, pág. 36.
- Ramirez, A. A. (2017). *Materiales de reemplazo de cemento*. New York: New York, Springer.
- Revista Vivienda. (2015). Propiedades mecanicas de las cenizas volantes de cemento y hormigon. *Revista Vivienda*, 36.
- S.W.M.Supit. (2016). *Propiedades a la resistencia de la compresion y durabilidad de hormigones de alto volumen de las cenizas volantes*. Build Mater.

Salazar, J. (29 de 05 de 2016). *¿Que es una puzolana? Ecoingenieria*. Obtenido de [www.ecoingenieria.org](http://www.ecoingenieria.org)

Sampieri, D. R. (2015). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGrawHill.

Secretaria Nacional de Educación superior ciencia, tecnología e innovación. (06 de 04 de 2012). Reglamento de selección y adjudicación de programas y/o proyectos de investigación científica y desarrollo tecnologico (I+D) financiados o cofinanciados por la secretaria nacional de educacion superior, ciencia, tecnologia e innovacion - codificado. *Reglamento de selección y adjudicación de programas y/o proyectos de investigación científica y desarrollo tecnologico (I+D) financiados o cofinanciados por la secretaria nacional de educacion superior, ciencia, tecnologia e innovacion - codificado*. Quito, Pichincha, Ecuador: RENÉ RAMÍREZ GALLEGOS SECRETARIO NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR,.

Sika. (2019). *Sika*.

Ucros, E. C. (30 de ENERO de 2019). *EL ESPECTADOR*. Obtenido de EL ESPECTADOR : <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/materiales-de-construccion-hechos-con-cascara-de-huevo-y-otros-residuos-articulo-836981>

Vélez, I. G. (2016). *GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL*. JIPIJAPA: INSTITUTO ESPECIAL ECUATORIANO.

Wanich, T. S. (2015). Un modelo para predecir el tiempo dependiente de capacidad de fijacion del sistema cementoso de cenizas volantes. *Mater Structure*, 35-38.

Wikipedia. (2016). *WIKIPEDIA*. Obtenido de WIKIPEDIA: <https://es.wikipedia.org/wiki/Puzolana>

WordReference. (18 de 07 de 2018). *WordReference*. Obtenido de WordReference: <https://www.wordreference.com/definicion/mortero>

Yo Ingeniero. (4 de 05 de 2018). *Yo Ingeniero*. Obtenido de <https://www.yoingeniero.xyz/civil/cenizas-volantes-propiedades-tipos-mecanismos-y-usos/>

## ANEXOS

### Fotografías.













