



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA ARQUITECTURA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
ARQUITECTO**

**TEMA**

**ELABORACIÓN DE UNA PLACA DECORATIVA A PARTIR DE YESO  
MÁS GRAFITO RECICLADO DE MOLDE DE SOLDADURA  
EXOTÉRMICA PARA EL INTERIOR DE VIVIENDAS.**

**TUTOR**

**Mgtr. CHRISTIAN JOSE SANGA SUAREZ**

**AUTORES**

**IZQUIERDO ALAVA KAREN MARIEL**

**SANDOVAL LARREA DANIELA CAROLINA**

**GUAYAQUIL**

**2022**

<b>REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
<b>FICHA DE REGISTRO DE TESIS</b>	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b> Elaboración de una placa decorativa a partir de yeso más grafito reciclado de molde de soldadura exotérmica para el interior de viviendas.	
<b>AUTOR/ES:</b> Izquierdo Álava Karen Mariel Sandoval Larrea Daniela Carolina	<b>REVISORES O TUTORES:</b> Mgtr. Christian José Sanga Suarez
<b>INSTITUCIÓN:</b> <b>Universidad Laica Vicente Roca fuerte de Guayaquil</b>	<b>Grado obtenido:</b> Arquitecto
<b>FACULTAD:</b> INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	<b>CARRERA:</b> ARQUITECTURA
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b> 2022	<b>N. DE PAGS:</b> 141
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Arquitectura y Construcción	
<b>PALABRAS CLAVE:</b> Yeso, Grafito, Moldes Exotérmicos, Placas Decorativas, Arquitectura sostenible	
<b>RESUMEN:</b> El presente proyecto se basa en la elaboración de una placa decorativa a partir del yeso más grafito reciclado del molde de soldadura exotérmica para el interior de viviendas.	

En la actualidad, los moldes de soldadura exotérmica carecen de una correcta disposición final, los mismos que son considerados como residuos sólidos no peligrosos, pero aun así genera aumentos importantes de desechos en los botaderos y rellenos sanitarios. El componente de los moldes de soldadura exotérmica es el grafito, uno de los materiales con propiedades físicas y químicas superiores debido que posee una buena resistencia a choques térmicos, buenas propiedades como lubricante industrial, resistente a la corrosión química, entre otras.

Como resultado, se propone la reutilización del grafito de moldes exotérmicos para ser combinado con el yeso y así elaborar placas decorativas de mayor calidad y resistencia, con esto se dará una segunda oportunidad al grafito de moldes exotérmicos que es desechado por las industrias después de su uso, además de introducir un material innovador y sostenible con el medio ambiente. Dentro del proceso de investigación, se estudian las características y propiedades del yeso y el grafito; adicional se realizaron pruebas de laboratorio con cinco prototipos en diferentes porcentajes en relación al peso con el yeso y grafito para determinar sus propiedades físicas y la resistencia a la compresión.

<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>  Izquierdo Álava Karen Mariel  Sandoval Larrea Daniela Carolina	<b>Teléfono:</b>  0939012171  0985984559	<b>E-mail:</b>  kizquierdoa@ulvr.edu.ec  dsandovall@ulvr.edu.ec
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	<b>Nombre:</b> Mgtr. Ing. Milton Gabriel Andrade Laborde. Decano de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción. <b>Teléfono:</b> 2596500 Ext. 241 <b>E-mail:</b> mandradel@ulvr.edu.ec	

**Nombre:**

Mgtr. Arq. Lissette Carolina Morales Robalino  
Directora de Carrera de Arquitectura

**Teléfono:** 2596500 Ext.**E-mail:** lmoralesr@ulvr.edu.ec

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

SANDOVAL IZQUIERDO SANGA 1

## INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Instituto Superior de Formacion  
Docente Salomé Urenq

Trabajo del estudiante

1%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

3

docplayer.es

Fuente de Internet

<1%

4

mineriaenlinea.com

Fuente de Internet

<1%

5

catalogo.escuelaing.edu.co

Fuente de Internet

<1%

6

worldwidescience.org

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.upn.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

polodelconocimiento.com

Fuente de Internet

<1%

9

Submitted to Universidad de Málaga - Tii

Trabajo del estudiante

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES**

Los estudiantes egresados KAREN MARIEL IZQUIERDO ÁLAVA Y DANIELA CAROLINA SANDOVAL LARREA, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, ELABORACIÓN DE UNA PLACA DECORATIVA A PARTIR DE YESO MÁS GRAFITO RECICLADO DE MOLDE DE SOLDADURA EXOTÉRMICA PARA EL INTERIOR DE VIVIENDAS, 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 los derechos patrimoniales y de titularidad a la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autores



Firma:

DANIELA CAROLINA SANDOVAL LARREA

C.I. 0932035926



Firma:

KAREN MARIEL IZQUIERDO ÁLAVA

C.I. 0924894421

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación ELABORACIÓN DE UNA PLACA DECORATIVA A PARTIR DE YESO MÁS GRAFITO RECICLADO DE MOLDE DE SOLDADURA EXOTÉRMICA PARA EL INTERIOR DE VIVIENDAS, designado(a) 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: ELABORACIÓN DE UNA PLACA DECORATIVA A PARTIR DE YESO MÁS GRAFITO RECICLADO DE MOLDE DE SOLDADURA EXOTÉRMICA PARA EL INTERIOR DE VIVIENDAS, presentado por los estudiantes KAREN MARIEL IZQUIERDO ALAVA Y DANIELA CAROLINA SANDOVAL LARREA como requisito previo, para optar al Título de ARQUITECTOS, encontrándose apto para su sustentación.



Firma:

Msc.Ing. Christian José Sanga Suárez

C.C. 0916315708

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, deseo agradecer a Dios y la Virgen Santísima que me han dado fortaleza, perseverancia y me han guiado durante todos estos años de estudio para poder llegar al término de este proyecto de investigación.

A mi Papá Xavier Sandoval le estoy eternamente agradecida porque me dio la oportunidad de prepararme profesionalmente, a pesar de las dificultades que se presentan en el camino ha sido mi apoyo incondicional, sin él no sería posible todo lo que he logrado.

En especial agradezco a mi Mamá Karina Larrea por sus palabras de aliento, sus consejos, que me han dado la fortaleza para seguir adelante, por estar siempre atenta en mis desvelos y brindarme su cariño.

Les agradezco a mis hermanos Stefanie y Xaviercito que han sido mi apoyo, el motivo de mis alegrías, yo Daniela Sandoval como su hermana mayor espero que esta experiencia académica sea su motivación para que se preparen profesionalmente.

Quiero agradecer a mis compañeros de estudio Ana Alvarado y Carlos Rivera que han sido un gran apoyo y excelente equipo de trabajo desde los primeros semestres, de la cual se han creado lindas experiencias y forjado una gran amistad.

También quiero agradecer a mi compañera de tesis Karen Izquierdo, por el apoyo y dedicación entregada durante todo el proceso de titulación, por ello juntas logramos culminar este proyecto de tesis.

De igual manera agradezco a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil y a sus docentes por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente. En especial a mi tutor de tesis el Ing. Christian Sanga, por sus consejos y aporte para el desarrollo de nuestra tesis.

**Daniela Carolina Sandoval Larrea**

## **AGRADECIMIENTO**

En primera instancia deseo agradecer a Dios por permitirme culminar con salud y éxito esta maravillosa etapa de mi vida académica y profesional.

En especial, un eterno agradecimiento a mi mamá Mirian del Carmen Álava Ramírez por sus consejos y valores inculcados que me ayudan día a día a convertir en una mejor persona, a mi hermana Lía Samay Izquierdo Álava, a mi sobrino Jimmy Pier por brindarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

También quiero agradecer a mi compañera de Tesis, Daniela Sandoval Larrea por su apoyo y gran aporte para desarrollar nuestro proyecto de investigación para la culminación de carrera.

Gracias a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, a todos los docentes en el transcurso de la carrera, con mención especial a la Arq. Grace Pesantes y el Arq. Eddie Echeverria por sus conocimientos pre profesionales impartidos y el soporte brindado. A mi tutor de tesis, el Ing. Christian Sanga Suarez por su guía y consejos.

**Karen Mariel Izquierdo Álava**

## **DEDICATORIA**

Dedico la culminación de mi proyecto de tesis a Dios y en especial a mis padres Karina y Xavier también a mis hermanos Stefanie y Xaviercito, quienes me han guiado en todo momento y me han dado todo su amor, solo ustedes mi familia saben por todo lo que he pasado durante este proceso académico y sus palabras de aliento y apoyo incondicional me motivan a seguir adelante.

**Daniela Carolina Sandoval Larrea**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a:

Mi recordado padre Jimmy Alfonso Izquierdo Izquierdo que se encuentra junto a Dios; a mi madre Mirian del Carmen Álava Ramírez; a mi hermana Lía Samay Izquierdo Álava y a mi sobrino Jimmy Pier Izquierdo Álava por estar siempre conmigo y permitirme cumplir esta meta profesional para la obtención del título como Arquitecta.

**Karen Mariel Izquierdo Álava**

## ÍNDICE GENERAL

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA .....	ii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO .....	v
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES ....	vi
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....	vii
AGRADECIMIENTO .....	viii
AGRADECIMIENTO .....	ix
DEDICATORIA.....	x
DEDICATORIA.....	xi
ÍNDICE GENERAL .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xx
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.1. Tema .....	3
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Formulación del problema .....	4
1.4. Sistematización del problema.....	4
1.5. Objetivo general .....	5
1.6. Objetivo específico.....	5
1.7. Justificación de la investigación .....	5
1.8. Delimitación de la investigación.....	6
1.9. Hipótesis de la investigación.....	6
1.10. Línea de investigación .....	6
CAPÍTULO II .....	7
MARCO TEÓRICO .....	7
2.1 Marco Teórico Referencial.....	7
Antecedentes .....	7
Historia del Yeso.....	9
Formación y Características del Yeso .....	10

<b>Obtención del Yeso.....</b>	<b>12</b>
<b>Características de Temperaturas Crecientes de Cocción o Deshidratación del Yeso..</b>	<b>13</b>
<b>Yeso Escayola.....</b>	<b>14</b>
<b>Historia del Grafito .....</b>	<b>14</b>
<b>Características y Propiedades del Grafito Natural.....</b>	<b>15</b>
<b>Usos del Grafito Natural.....</b>	<b>16</b>
<b>Proceso de Obtención del Grafito Natural.....</b>	<b>17</b>
<b>Elaboración del Grafito sintético .....</b>	<b>18</b>
<b>Moldes Exotérmicos .....</b>	<b>19</b>
<b>Pureza del Grafito Natural y Sintético.....</b>	<b>20</b>
<b>Usos del Grafito Sintético .....</b>	<b>21</b>
<b>Placas Decorativas.....</b>	<b>21</b>
<b>Ventajas y desventajas de las placas decorativas .....</b>	<b>22</b>
<b>Gestión de Residuos Sólidos .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2 Marco conceptual .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3 Marco Legal.....</b>	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>33</b>
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>46</b>
<b>INFORME FINAL.....</b>	<b>46</b>
<b>Propuesta.....</b>	<b>46</b>
<b>Materiales Usados .....</b>	<b>47</b>
<b>Proceso de Trituración del Molde Exotérmico.....</b>	<b>49</b>
<b>Herramientas Utilizadas para Elaborar el Prototipo .....</b>	<b>54</b>
<b>Primer Ensayo .....</b>	<b>54</b>
<b>Segundo Ensayo.....</b>	<b>57</b>
<b>Tercer Ensayo.....</b>	<b>60</b>
<b>Cuarto Ensayo .....</b>	<b>62</b>
<b>Quinto Ensayo .....</b>	<b>65</b>
<b>Resultados de pruebas en laboratorio .....</b>	<b>72</b>
<b>Pruebas de la Resistencia a la Compresión.....</b>	<b>72</b>
<b>Análisis de las Pruebas de Resistencia a la Compresión .....</b>	<b>74</b>
<b>Pruebas de Determinación del Tiempo de Fraguado.....</b>	<b>78</b>

<b>Análisis de las Pruebas de Determinación del Tiempo de Fraguado .....</b>	<b>79</b>
<b>Determinar la Absorción de Agua .....</b>	<b>83</b>
<b>Pruebas de Resistencia al Fuego .....</b>	<b>85</b>
<b>Elaboración de la placa decorativa.....</b>	<b>90</b>
<b>Instalación de la placa decorativa Yeso más Grafito reciclado .....</b>	<b>93</b>
<b>Análisis de costos del proyecto .....</b>	<b>94</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>102</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>103</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>107</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Línea de investigación FIIC.....	6
<b>Tabla 2</b> Características de Temperaturas Crecientes de Cocción o Deshidratación del Yeso	13
<b>Tabla 3</b> Usos del Grafito Natural.....	16
<b>Tabla 4</b> Usos del Grafito Sintético.....	21
<b>Tabla 5</b> Resultados de la primera pregunta.....	36
<b>Tabla 6</b> Resultados de la segunda pregunta.....	37
<b>Tabla 7</b> Resultados de la tercera pregunta.....	38
<b>Tabla 8</b> Resultados de la cuarta pregunta.....	39
<b>Tabla 9</b> Resultados de la quinta pregunta.....	40
<b>Tabla 10</b> Resultados de la sexta pregunta.....	41
<b>Tabla 11</b> Resultados de la séptima pregunta.....	42
<b>Tabla 12</b> Resultados de la octava pregunta.....	43
<b>Tabla 13</b> Resultados de la novena pregunta.....	44
<b>Tabla 14</b> Resultados de la décima pregunta.....	45
<b>Tabla 15</b> Primer ensayo - yeso de referencia sin adiciones.....	54
<b>Tabla 16</b> Segundo ensayo - yeso con 5% de grafito.....	57
<b>Tabla 17</b> Tercer ensayo - yeso con 10% de grafito.....	60
<b>Tabla 18</b> Cuarto ensayo - yeso con 15% de grafito.....	62
<b>Tabla 19</b> Quinto ensayo - yeso con 20% de grafito.....	65
<b>Tabla 20</b> Pesaje de las Muestras Durante 7 Día.....	68
<b>Tabla 21</b> Ultimo Pesaje Después de Cumplir las 24h en el Desecador.....	72
<b>Tabla 22</b> Prototipos de Yeso Más Grafito para Pruebas de Laboratorio.....	72
<b>Tabla 23</b> Ensayo de Resistencia a la Compresión.....	74
<b>Tabla 24</b> Prototipos de Yeso más Grafito para Pruebas de Laboratorio.....	78
<b>Tabla 25</b> Ensayo Determinación del Tiempo de Fraguado.....	80
<b>Tabla 26</b> Pesaje de las Muestras Para Determinar la Absorción de Agua.....	84
<b>Tabla 27</b> Ensayo Para Determinar la Absorción de Agua.....	84
<b>Tabla 28</b> Proporciones de Materiales Para Elaborar la Placa Decorativa.....	90
<b>Tabla 29</b> Tabla de precios de materiales yeso, grafito y agua destilada.....	94
<b>Tabla 30</b> Costo unitario de la placa decorativa del yeso de referencia sin adiciones.....	94
<b>Tabla 31</b> Costo unitario de la placa decorativa del yeso con 5% de grafito reciclado.....	95

<b>Tabla 32</b> Costo unitario de la placa decorativa del yeso con 10% de grafito reciclado.....	95
<b>Tabla 33</b> Costo unitario de la placa decorativa del yeso con 15% de grafito reciclado.....	95
<b>Tabla 34</b> Costo unitario de la placa decorativa del yeso con 20% de grafito reciclado.....	96
<b>Tabla 35</b> Análisis de Precio Unitario – Placa decorativa del yeso con el 5% de grafito reciclado. ....	97
<b>Tabla 36</b> Análisis de Precio Unitario – Placa decorativa del yeso con el 15% de grafito reciclado. ....	98
<b>Tabla 37</b> Cuadro Comparativo de Precios – Placa decorativa del yeso con el 5% y 15% de grafito reciclado. ....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Revestimiento en paredes .....	10
<b>Figura 2.</b> Aljez en su estado natural.....	10
<b>Figura 3.</b> Fases de la formación del yeso.....	11
<b>Figura 4.</b> Excavadora y camión extrayendo yeso de la cantera .....	12
<b>Figura 5.</b> Estructura del grafito .....	16
<b>Figura 6.</b> Gran depósito de grafito en la provincia de Heilongjiang, noroeste de China.....	18
<b>Figura 7.</b> Grafito sintético.....	19
<b>Figura 8.</b> Molde de grafito para soldadura exotérmica.....	20
<b>Figura 9.</b> Revestimiento en Pared de Placas Decorativas .....	22
<b>Figura 10.</b> Tabulación de la primera pregunta.....	36
<b>Figura 11.</b> Tabulación de la segunda pregunta .....	37
<b>Figura 12.</b> Tabulación de la tercera pregunta .....	38
<b>Figura 13.</b> Tabulación de la cuarta pregunta.....	39
<b>Figura 14.</b> Tabulación de la quinta pregunta .....	40
<b>Figura 15.</b> Tabulación de la sexta pregunta .....	41
<b>Figura 16.</b> Tabulación de la séptima pregunta.....	42
<b>Figura 17.</b> Tabulación de la octava pregunta.....	43
<b>Figura 18.</b> Tabulación de la novena pregunta.....	44
<b>Figura 19.</b> Tabulación de la décima pregunta.....	45
<b>Figura 20.</b> Moldes exotérmicos .....	47
<b>Figura 21.</b> Yeso extrafino .....	48
<b>Figura 22.</b> Agua destilada .....	48
<b>Figura 23.</b> Limpieza de los moldes exotérmicos .....	49
<b>Figura 24.</b> Proceso para triturar el molde exotérmico .....	49
<b>Figura 25.</b> Primer triturado de la piedra del grafito .....	50
<b>Figura 26.</b> Resultados del primer triturado de la piedra del grafito.....	50
<b>Figura 27.</b> Segundo triturado de la piedra del grafito .....	51
<b>Figura 28.</b> Tercer triturado de la piedra del grafito.....	51
<b>Figura 29.</b> Resultado del tercer triturado de la piedra del grafito .....	52
<b>Figura 30.</b> Primer tamizado de la piedra de grafito .....	52
<b>Figura 31.</b> Segundo tamizado de la piedra de grafito .....	53

<b>Figura 32.</b> Resultado del segundo tamizado de la piedra de grafito .....	53
<b>Figura 33.</b> Pesaje del yeso – primer ensayo.....	55
<b>Figura 34.</b> Pesaje del agua destilada – primer ensayo .....	56
<b>Figura 35.</b> Muestras de yeso de referencia sin adiciones puestas en molde .....	56
<b>Figura 36.</b> Pesaje de grafito 5% .....	58
<b>Figura 37.</b> Pesaje del yeso para muestra con 5% de grafito .....	58
<b>Figura 38.</b> Muestra Y95- G5.....	59
<b>Figura 39.</b> Muestras de yeso con el 5% de grafito.....	59
<b>Figura 40.</b> Pesaje de grafito 10% .....	61
<b>Figura 41.</b> Pesaje del yeso para muestra con 10% de grafito .....	61
<b>Figura 42.</b> Muestras de yeso con el 10% de grafito.....	62
<b>Figura 43.</b> Pesaje de grafito 15% .....	63
<b>Figura 44.</b> Pesaje del yeso para muestra con 15% de grafito .....	64
<b>Figura 45.</b> Muestras de yeso con el 15% de grafito.....	64
<b>Figura 46.</b> Pesaje de grafito 20% .....	66
<b>Figura 47.</b> Pesaje del yeso para muestra con 20% de grafito .....	66
<b>Figura 48.</b> Muestras de yeso con el 20% de grafito.....	67
<b>Figura 49.</b> Muestras desmoldadas al cumplir 24h .....	67
<b>Figura 50.</b> Muestras en horno para absorber la humedad .....	68
<b>Figura 51.</b> Muestra de yeso de referencia sin adiciones elegida para prueba física .....	69
<b>Figura 52.</b> Muestra de yeso con 5% de grafito elegida para prueba física .....	69
<b>Figura 53.</b> Muestra de yeso con 10% de grafito elegida para prueba física .....	70
<b>Figura 54.</b> Muestra de yeso con 15% de grafito elegida para prueba física .....	70
<b>Figura 55.</b> Muestra de yeso con 20% de grafito elegida para prueba física .....	71
<b>Figura 56.</b> Muestras colocadas en desecador sobre perclorato de magnesio.....	71
<b>Figura 57.</b> Prensa Hidráulica para Pruebas de Compresión.....	73
<b>Figura 58.</b> Placa metálica.....	73
<b>Figura 59.</b> Resultados de las pruebas de compresión .....	75
<b>Figura 60.</b> Rotura de la muestra yeso de referencia sin adiciones.....	75
<b>Figura 61.</b> Rotura de la muestra con el 5% de grafito .....	76
<b>Figura 62.</b> Rotura de la muestra con el 10% de grafito .....	76
<b>Figura 63.</b> Rotura de la muestra con el 15% de grafito .....	77
<b>Figura 64.</b> Rotura de la muestra con el 20% de grafito .....	77

<b>Figura 65.</b> Aparato de Vicat.....	78
<b>Figura 66.</b> Molde Tronco Cónico .....	79
<b>Figura 67.</b> Muestras para pruebas de fraguado .....	80
<b>Figura 68.</b> Resultados de las pruebas de determinación de fraguado .....	80
<b>Figura 69.</b> Determinación del tiempo de fraguado en muestra YBASE.....	81
<b>Figura 70.</b> Determinación del tiempo de fraguado en muestra de 5% .....	81
<b>Figura 71.</b> Determinación del tiempo de fraguado en muestra de 10% .....	82
<b>Figura 72.</b> Determinación del tiempo de fraguado en muestra de 20% .....	82
<b>Figura 73.</b> Determinación del tiempo de fraguado en muestra de 20% .....	83
<b>Figura 74.</b> Prueba para determinar la absorción del agua.....	83
<b>Figura 75.</b> Soplete a Gas Butano .....	85
<b>Figura 76.</b> Prueba de resistencia al fuego muestras YBASE.....	85
<b>Figura 77.</b> A-B toma de temperatura muestra YBASE .....	86
<b>Figura 78.</b> Prueba de resistencia al fuego muestras 5% de grafito .....	86
<b>Figura 79.</b> A-B Toma de temperatura a la muestra 5% grafito.....	87
<b>Figura 80.</b> Prueba de resistencia al fuego muestras 10% de grafito .....	87
<b>Figura 81.</b> A-B Toma de temperatura a la muestra 10% grafito.....	87
<b>Figura 82.</b> Prueba de resistencia al fuego muestras 15% grafito .....	88
<b>Figura 83.</b> A-B Toma de temperatura a la muestra 15% grafito.....	88
<b>Figura 84.</b> Prueba de resistencia al fuego muestras 20% grafito .....	88
<b>Figura 85.</b> A-B Toma de temperatura a la muestra 20% grafito.....	89
<b>Figura 86.</b> Fractura por calor muestra YBASE vs Y95- G5 .....	89
<b>Figura 87.</b> Fractura por calor muestra YBASE vs Y90- G10.....	89
<b>Figura 88.</b> Fractura por calor muestra YBASE vs Y/A85- G15 .....	90
<b>Figura 89.</b> Fractura por calor muestra YBASE vs Y80-A85-G20.....	90
<b>Figura 90.</b> Molde de PVC y encofrado para colocación de la mezcla.....	92
<b>Figura 91.</b> Colocación de la mezcla al molde .....	92
<b>Figura 92.</b> Nivelación de mezcla .....	92
<b>Figura 93.</b> Desencofrado de la placa.....	93
<b>Figura 94.</b> Placa Decorativa con el 5% de grafito .....	93

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Herramientas Utilizadas para la Elaboración de los Prototipos de Yeso más Grafito .....	107
<b>Anexo 2.</b> Herramientas Utilizadas para la Elaboración de los Prototipos de Yeso más Grafito .....	108
<b>Anexo 3.</b> Pruebas Para Determinar la Absorción de Agua.....	109
<b>Anexo 4.</b> Proceso de Elaboración de la Placa Decorativa .....	110
<b>Anexo 5.</b> Proceso de Elaboración de las Muestras de Yeso más Grafito .....	111
<b>Anexo 6.</b> Pruebas de los Prototipos en el Laboratorio Universidad de Guayaquil.....	112
<b>Anexo 7.</b> Ficha Técnica del Yeso Entregada por Empresa Pintulac .....	113
<b>Anexo 8.</b> Ficha Técnica del Yeso Entregada por Empresa Pintulac .....	114
.....	114
<b>Anexo 9.</b> Ficha Técnica del Yeso Entregada por Empresa Pintulac .....	115
<b>Anexo 10.</b> Resultados de Ensayo de Resistencia a la Compresión .....	116
<b>Anexo 11.</b> Resultados de Determinación de Fraguado.....	117
<b>Anexo 12.</b> Resultados de Determinación de Fraguado.....	118
<b>Anexo 13.</b> Resultados de determinación de fraguado .....	119
<b>Anexo 14.</b> Diagrama de la Clasificación de los Yesos Norma NTE INEN-EN 520.....	120
<b>Anexo 15.</b> Salarios Contraloría General del Estado y Cámara de la Construcción de Guayaquil.....	121

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se establece en la elaboración de una placa decorativa a partir del yeso más grafito reciclado del molde de soldadura exotérmica para el interior de viviendas. El grafito cuenta con propiedades superiores físicas y químicas para su uso en la construcción. En la actualidad los moldes exotérmicos no disponen de una correcta disposición final para su desecho y está considerado como un residuo sólido no peligroso, que al no disponer de forma correcta genera aumentos de desechos en los botaderos y rellenos sanitarios de la ciudad de Guayaquil incrementando las toneladas de basura y generando costos de gestión logístico y de utilización de terrenos sanitarios, pudiendo darle una segunda oportunidad a este material reutilizando en el área de la construcción.

Hoy en día, debido que existe la necesidad de minimizar los desechos, así como su disposición correcta, segura y amigable con el medio ambiente, se propone elaborar una placa decorativa a partir del yeso más grafito reciclado del molde de soldadura exotérmica para el interior de viviendas, con la finalidad de impulsar a la reutilización de materiales reciclados en la actividad industrial que manejen este tipo de residuos, para un adecuado sostenimiento ambiental.

Por medio del presente proyecto de investigación y pruebas realizadas en laboratorio, se ha logrado comprobar que el yeso y grafito son materiales resistentes, eficientes y sostenibles que al ser combinados; incrementan considerablemente su resistencia a la compresión, debido a que sus propiedades de aislamiento térmico y refractario se complementan aumentando la resistencia al choque térmico.

Este proyecto se encuentra constituido de la siguiente manera:

**Capítulo I:** Se detalla el tema, planteamiento de problema, formulación de problema, sistematización del problema, objetivo general y específicos de la investigación, justificación de la investigación, delimitación de la investigación, la hipótesis y línea de investigación.

**Capítulo II:** Se describe el marco teórico referencial, la historia del yeso y el grafito, características y propiedades de los materiales, marco conceptual y el marco legal.

**Capítulo III:** En este capítulo se detalla el enfoque de la investigación, el alcance de la investigación, la técnica y los instrumentos para la obtención de datos, la población y muestra, la presentación y análisis de los resultados. El punto 3.6 se basa en el estudio del proyecto sobre un grupo de la población ubicado en vía Samborondón entre el Km 8 y 10, identificar las

propiedades de los materiales y obtener los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio sobre la determinación de fraguado y compresión.

**Capítulo IV:** En este capítulo, se detalla la propuesta de la fase experimental sobre la determinación del tiempo de fraguado y la resistencia a la compresión del yeso y el grafito reciclado de los moldes exotérmicos y finalmente se expone los resultados de laboratorio y la elaboración de la placa decorativa.

# CAPÍTULO I

## DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Tema

“Elaboración de una placa decorativa a partir de yeso más grafito reciclado de molde de soldadura exotérmica para el interior de viviendas”.

### 1.2. Planteamiento del problema

Los espacios interiores se conciben como un lugar donde las personas se sienten identificadas y confortables. En ocasiones, resulta ser una gran tarea identificar la composición de materiales y el diseño apropiado para armonizar estas áreas. Así mismo, otro factor importante que interviene es el presupuesto económico y la calidad de los materiales, que tengan un excelente acabado, sean resistentes y versátiles. Estos son puntos valiosos que se toman en cuenta a la hora de crear nuevos diseños en el interior de las viviendas y así generar espacios agradables y funcionales para quienes lo habitan.

Uno de los muchos materiales que existen para decorar el interior de las viviendas es el yeso, puesto que es muy común su uso y lleva años en la industria de la construcción. Es un material de fácil acceso, ligero, contiene un alto grado de aislamiento térmico y acústico; sin embargo, no deja de ser un material frágil, con mucha probabilidad de agrietamiento por golpes, movimientos telúricos o por mala colocación del material.

Por otra parte, tenemos los materiales reciclados, son pocas las personas que apuestan por ellos, ya que dudan de sus capacidades, a razón de ignorar los procesos que garantizan y puedan conservar las características de sus elementos por separado, en parte, se relaciona que las propiedades de sus componentes al pasar el tiempo tienden a bajar la calidad, y así también se desconoce las ventajas que pueden presentar al fusionarse con otros compuestos.

Según, el boletín de diciembre 2021, (AME-INEC-BDE. 2020), Registro de Gestión de Residuos Sólidos, indica que los municipios de cada ciudad deben exigir el proceso de separación en la fuente, de toda la recolección de la basura, y señala que en Guayas siendo una de las provincias de mayor concentración poblacional e industrial, solo genera este proceso un 4% de los desechos sólidos, a diferencia de Pichincha que realiza la separación en la fuente del 87,5% de sus desechos, por lo tanto, en Guayaquil los desechos terminan mezclándose con la basura orgánica, sobre este aspecto también AME-INEC-BDE. 2020 en su boletín menciona, que el Ecuador, en el área urbana se emitieron 12.613 toneladas de

desechos sólidos al día, el 11% corresponde a plásticos y para el presente proyecto de investigación, los materiales de desecho sólidos no peligrosos representa el 16,8% (materiales como vidrio, metal, caucho, cerámica, pilas y desechos sólidos de varias industrias como el grafito), con la agravante de que en la costa el 27,4% se envía a relleno sanitario y en la Sierra el 61,3%.

En efecto, el reciclaje de los componentes que forman los distintos materiales en el sector de la construcción todavía se encuentra en línea de desarrollo. De hecho, en el presente proyecto se propone a utilizar el grafito, el cual es un material empleado comúnmente en el sector de las industrias eléctricas y que se utiliza para la elaboración de moldes de soldaduras exotérmicas; generalmente a este material se le otorga una vida útil muy corta. En la provincia del Guayas, estas industrias no disponen de una correcta disposición final de los desechos sólidos no peligrosos, ya que genera una gran cantidad de escombros industriales y son erróneamente enviados al sistema de recolección de basura común.

En consecuencia, el grafito no es visto a gran escala en el medio constructivo, después de cumplir con su función dentro de las industrias que manejan este material es desechado sin darle una segunda oportunidad. La responsabilidad de esto se podría asociar a la carencia de información respecto a los planes efectivos en el reciclaje de este material, su tratamiento para ser conservado, proporciones y mezclas con otros compuestos, normas y demás factores que podrían respaldar la idea de darle un mejor destino a este residuo.

### **1.3. Formulación del problema**

¿Cómo incide la mezcla de yeso más grafito reciclado para la elaboración de una placa decorativa para el interior de viviendas en la ciudad de Guayaquil?

### **1.4. Sistematización del problema**

¿Las propiedades de determinados minerales como el yeso más grafito reciclado permitirán una adecuada elaboración del prototipo para la placa decorativa?

¿Con la elaboración de varios prototipos de mezclas de yeso más grafito reciclado se logrará crear un nuevo tipo de placa decorativa en el mercado?

¿Al dosificar la mezcla de yeso más grafito reciclado se obtendrá una placa decorativa de mayor calidad?

¿Qué pruebas debo realizar a los prototipos para la elaboración de la placa decorativa con yeso más grafito reciclado?

### **1.5. Objetivo general**

Elaborar una placa decorativa a partir de yeso más grafito reciclado de molde de soldadura exotérmica para el interior de viviendas.

### **1.6. Objetivo específico**

- Establecer las propiedades de los minerales a utilizar en la elaboración de la placa de yeso más grafito reciclado.
- Elaboración de varios prototipos de mezclas de yeso más grafito reciclado.
- Determinar la formulación ideal de la mezcla de yeso más grafito reciclado.
- Establecer pruebas físicas de los prototipos (compresión y fraguado).

### **1.7. Justificación de la investigación**

En la presente investigación se basa en acertar la elaboración de un prototipo de placa decorativa mediante yeso más grafito reciclado, para comprobar que las propiedades de estos materiales juntos son suficientemente aceptables en la proporción de un nuevo elemento decorativo en los diseños arquitectónicos; priorizando la innovación en la construcción a través de medidas sostenibles como la valorización de la reutilización de materiales y la reducción de desechos sólidos en el medio ambiente.

Esta propuesta está orientada para varios proyectos de construcción que existen en la ciudad de Guayaquil, que a través del proyecto actual se dará a conocer la importancia de reutilizar este material, el grafito, para aprovechar sus propiedades que junto al yeso se creará un nuevo material que beneficiará no solo a los residentes de las viviendas, sino también al ámbito social, puesto que un nuevo elemento en el mercado de la construcción generará producciones industriales dando más oportunidades de trabajo a la sociedad.

Cabe mencionar, las características que tienen los materiales que se van a estudiar y en esto radica la importancia de esta propuesta, que no sólo abarca la sostenibilidad en la construcción, además busca la calidad de su prototipo. Justo para eso se destaca que el yeso es un elemento fácil de conseguir, con varias utilidades para acabados en edificaciones, con buena apariencia, de rápido fraguado y que en muchos estudios se destaca cómo llega a mejorar la resistencia con su uso.

En el caso del grafito, éste es un material altamente resistente al calor y a la corrosión, además de ser muy ligero, también es conocido por su capacidad semiconductor, todas estas propiedades le otorgan una gran y variada utilidad en el sector industrial como en la elaboración de lápices, pinturas, moldes de grafito e inclusive para producir reactores

nucleares. Uno de los valores agregados en este proyecto es el reciclaje del molde de soldadura exotérmica, pues éste es empleado para obtener filamentos de metales unidos molecularmente y perdurables.

No obstante, estos moldes exotérmicos de grafito una vez que son empleados por determinado tiempo se desechan dejando una gran cantidad de residuos industriales. A causa de lo antes mencionado, se apunta a darle una segunda oportunidad e inmiscuirlo en el sector constructivo, en donde no sólo podrá ser un recurso decorativo de gran impacto sostenible, sino que también sea considerado como un material garantizado y de calidad para la construcción.

### 1.8. Delimitación de la investigación

**Campo:** Educación Superior Pregrado

**Área:** Arquitectura

**Aspecto:** Investigación experimental.

**Tema:** Elaboración de una placa decorativa a partir de yeso más grafito reciclado de molde de soldadura exotérmica para el interior de viviendas.

**Delimitación Espacial:** Guayaquil – Ecuador

**Delimitación Temporal:** 2022

### 1.9. Hipótesis de la investigación

Mediante la elaboración de una placa decorativa para el interior de viviendas, con el uso de yeso más grafito reciclado de molde de soldadura exotérmica, se logrará mejorar la calidad; tanto en resistencia como en duración para revestimientos de paredes.

### 1.10. Línea de investigación

**Tabla 1**

*Línea de investigación FIIC*

Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energía renovables.	<p style="text-align: center;"><b>Línea Institucional:</b></p> Territorio, Medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.	<p style="text-align: center;"><b>Línea de Facultad:</b></p> Materiales de construcción
---	--	---

**Fuente:** Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil (2019)

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Marco Teórico Referencial**

##### **Antecedentes**

En la actualidad, existen varios materiales en el mercado para la decoración del interior de las viviendas, el más utilizado en el medio de la construcción es el yeso por ser un material muy versátil, el yeso es el material más antiguo en la construcción y lo largo del tiempo se ha resaltado el cuidado que se le debe tener, ya que se agrieta con facilidad por algún golpe, también al tener contacto con grandes cantidades de agua como en inundaciones las placas se pueden dañar y si la pieza de yeso afectada no es reparado a tiempo esta seguirá deteriorándose. (Arqhys, 2022).

Respecto al grafito, es uno de los materiales más usados en el medio industrial ya que gracias a sus componentes se puede aplicar para la fabricación de minas, material de fricción, juntas y el medio más usado es para las industrias donde el grafito es sometido a la resistencia al choque térmico, esto genera una gran aumento de residuos sólidos, el grafito después de cumplir su tiempo de uso en estas industrias es desechado sin darle una segunda oportunidad y así genera contaminación en el medio ambiente. (Cárdenas & Esguerra, 2021).

En la investigación de Machado, realiza un prototipo obtenido de la mezcla de la viruta con plástico pet y yeso, junto con la resina vinil acrílica, dicho modelo cumple con lo establecido en la norma INEN para tableros de aglomerado, que indica que no debe absorber más del 20% de agua en un tiempo estimado de 24 horas. Efectuando los módulos de 0.30 cm por 0.30 cm, el tablero se ajusta a las alturas de las paredes más utilizadas en nuestro medio (2.40 m y 2.70m), además se evita el desperdicio, y es de fácil transportación. (Machado, 2018).

En la investigación de Machado, mediante pruebas físicas determina que un tablero elaborado a base de virutas de madera con pet y yeso, ofrece un nuevo producto innovador para ser utilizado en el medio de la construcción, puede ser utilizado como para separadores de ambientes y decoración de una vivienda de interés social, ya que es económico, se instala fácilmente y no necesita equipamiento pesado para ser colocado. El prototipo también puede ser utilizado en exteriores, debido que durante el desarrollo de este proyecto las muestras; incluso las que fueron utilizadas para las pruebas, han estado expuestas a las radiaciones del

sol, sin sufrir ningún tipo de daños por intemperie, insectos u otro tipo de agentes que existen en el entorno. (Machado, 2018).

En el caso de Hernández, también elabora mediante yeso más cemento un panel con totora, por lo cual indica que el yeso es un mineral de fácil obtención y manipulación y junto con el cemento en menor proporción (1:5) y el agua (1:2) mejoran sus propiedades en elasticidad y resistencia con 0,30 kN más que el yeso solo, permitiendo generar un panel rígido, manejable y ligero para ser usado como un panel de cielo falso. (Hernández, 2019).

Además, agrega que la utilización de una malla de cabuya ayuda a que exista un mayor agarre entre el junco que es liso y el yeso-cemento, del mismo modo, si el panel no contara con una malla no cumple con los ensayos mecánicos establecidos por la normativa INEN 520, y se debe a que el panel se comporta como un solo cuerpo, por tanto, la cabuya puede ser utilizada como un material de unión entre mezclas, ya que ayuda a que exista un mayor agarre y adherencia. (Hernández, 2019).

En Perú, Briones, en su investigación utiliza yesos de diferentes lugares de procedencia de la ciudad de Trujillo, 3 yesos industriales de marcas registradas en grandes ferreterías reconocidas en la ciudad y 3 yesos artesanales adquiridos de ferreterías pequeñas, para una relación de agua/yeso adecuada, se analizó las proporciones con 1000 gr de yeso y 0.6 litros de agua o también 1000 gramos de yeso y 0.7 litros de agua, otro punto a revisar es la granulometría del material utilizado (yeso), se muestran que existen granos finos a gruesos con un módulo de finura que se encuentra entre los 0.6 a 2.3 mm. (Briones, 2018).

Briones comprueba que no constan yesos de calidad en la ciudad de Trujillo, no obstante, el yeso Martell presenta una mejor resistencia de 13 kg/cm<sup>2</sup> a 26 días de curado a temperatura ambiente determina que la mejor relación agua/yeso es de 0.70, con estas proporciones se encontró una buena consistencia de la mezcla, por lo tanto, el material es trabajable y fragua en un tiempo más corto. También esta prueba presentó humedad del 6.8% y una densidad de 0.94 g/cm<sup>3</sup> siendo esta el rango permitido según datos teóricos, con esta investigación Briones sugiere utilizar este yeso para trabajos de restauración y revestimientos en cualquier tipo de edificaciones. Las otras muestras realizadas con el yeso artesanal obtienen bajos resultados en las pruebas físicas a la compresión teniendo un resultado de 10 kg/cm<sup>2</sup>, además la muestra tuvo un alto porcentajes de porosidad con 51%. (Briones, 2018).

En Colombia, Hinestroza y Urrego, mediante el método de investigación buscaron demostrar que se puede mejorar las propiedades del concreto hidráulico usando en su composición Óxido de grafeno, por ello, los investigadores determinaron que en cuanto a

capacidad del elemento GO (óxido de grafeno) es un material innovador y revolucionario que puede ser usado en la mejora o modificación de propiedades en el concreto hidráulico. La viabilidad de utilización del grafeno como aditivo para el concreto hidráulico, según los autores, se ve afectado por la ubicación geográfica, debido que hasta el momento no se encuentra una fuente confiable en la comercialización al sur del continente, y por lo tanto sus costos de obtención y transporte son elevados. (Hinestroza & Urrego, 2021)

Si bien es cierto, ellos mencionan que, con las investigaciones encontradas a la fecha, es mejor iniciar una investigación más a fondo para la recolección de elementos probatorios y el estudio de tecnologías o métodos más efectivos para la incorporación del OG (óxido de grafeno) como aditivo para el concreto hidráulico. Teniendo en cuenta los cálculos realizados para determinar la viabilidad económica para un metro cubico de mezcla se puede concluir que el material a pesar de ser viable técnicamente no cumple económicamente ya que tiene un aumento del 3150 por ciento (31,5 veces) comparado con un concreto sin oxido de grafeno. (Hinestroza & Urrego, 2021).

### **Historia del Yeso**

En la historia de la construcción, el yeso es uno de los materiales más antiguos. En el periodo Neolítico comenzaron a emplear el yeso para varios factores, como: ensamblar piezas de mampostería, sellar juntas de muros y revestir las paredes de sus viviendas, incluso enlucían paredes para realizar pinturas al fresco, por esta razón, poco a poco remplazaron la arcilla por el yeso, así mismo, en el antiguo Egipto aún se conservan pirámides; la más conocida es la pirámide de Guiza, el palacio de Cnosos y tumbas donde usaban el estuco de yeso para las juntas de los bloques, revestimiento en paredes y esculturas de bajo relieve, el yeso se comenzó a usar también en el periodo de ocupación Romana en la península de Ibérica, más adelantes en la arquitectura musulmana y mozárabe se presentaron elementos ornamentales que aún se conservan en la Mezquita de Córdoba y la Alhambra de Granada, su mayor apogeo fue en la época del Renacimiento, durante el periodo Barroco y finales del Rococó fue muy utilizado el yeso en plafones, volutas, adornos y creación de esculturas. (Chinchón, 2017).



**Figura 1.** Revestimiento en paredes

**Fuente:** Wikipedia (2022)

### **Formación y Características del Yeso**

También conocido como aljez o por su nombre químico sulfato de calcio anhidro ( $\text{CaSO}_4$ ) que en su estado puro se muestra en forma de cristales de color blanco, blanco grisáceo o incluso transparente, puede también llegar a tener tonalidades amarillas, rojizas, castaño, azul grisáceo o rosa por consecuencia de impurezas; como óxido de hierro, sílice, caliza, y lo más común la arcilla, el yeso ofrece características suaves en sus cristales y fácil fracturación, otra de las formas en que se encuentra el yeso es con punta de flechas, columnar, fibroso, en cristales pequeños entre otros. En la escala de Mohs se muestra con una dureza de 2; se puede rayar con la uña y presenta una gravedad de 2.32 gr/cc, encontramos que el yeso en su composición tiene CaO 32.6% (Óxido de calcio),  $\text{SO}_3$  46.5% (Óxido de azufre) y  $\text{H}_2\text{O}$  20.9% (Agua). (Paz, 2018). Coeficiente térmico 0,3 W/m\*K. (Tectónica, 2016).

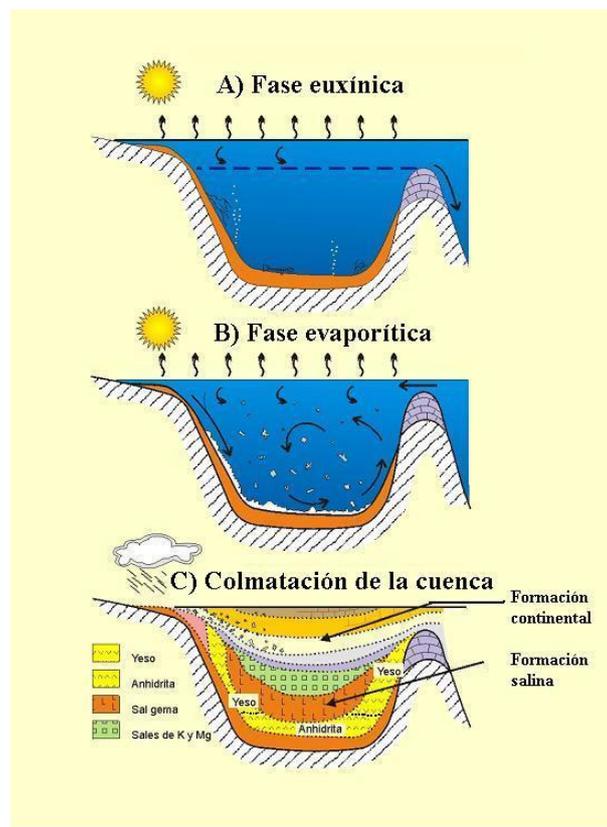


**Figura 2.** Aljez en su estado natural

**Fuente:** Geologiaweb (2022)

El yeso aplicado como placas de revestimiento o paneles para tabiquerías ayuda en la protección contra incendios, si el yeso llega a tener contacto con el fuego, el agua que contiene el mineral lo evapora, el yeso también tiene propiedades de aislamiento térmico, regula la humedad, se resiste al fuego, no requiere altas temperaturas de calcinación, funciona como agente oxidante y además mejora las condiciones físicas del suelo. (Paz, 2018).

La formación del yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ) ocurre cuando en los depósitos de agua del mar ricos en calcio comienza la evaporación gracias a la radiación solar, de esta manera el azufre entra en contacto con el oxígeno formando el sulfato; cuando el sulfato se unifica con las rocas de calcio más agua se origina el yeso, para esto existen lagunas de agua salada que colindan del mar, estas son separadas por un banco de arena y que con el pasar del tiempo el agua del mar ingresa a las lagunas comenzando con el proceso de la formación del yeso. (Magazineonline, 2019).



**Figura 3.** Fases de la formación del yeso  
**Fuente:** Chinchón (2017)

## Obtención del Yeso

El yeso es un mineral extraído de canteras, puede ser a cielo abierto o subterráneas, con la ayuda de maquinaria especializada. De esta materia prima se produce el yeso comercial, una vez que se comienza a extraer la piedra del pozo es llevada por una banda transportadora donde se procede a separar por un lado la materia prima y por otro lado la tierra que esta adherida al material, el yeso se extiende y se deja secar al sol para el desprendimiento de restos de otros materiales, la segunda etapa del proceso es triturar la piedra con equipamiento como molinos de rodillos o trituradora de mandíbula, hasta conseguir el tamaño idóneo, luego se utiliza el método de cocción para eliminar la humedad. (E-CONSTRUIR, 2021).

Al extraer el yeso de las canteras, el cual se encuentra en su estado natural, no se puede aplicar directamente en la construcción, como lo antes mencionado; primero debe ser triturado, cocido y pulverizado para conseguir que sea un material aglutinante, donde en un horno mecánico a más de 100 grados centígrados es sometido el aljez para reducir el agua; por lo que en su estado natural contiene 20% de agua y al ser cocido se reduce al 2.5%, después de superar los 107 grados centígrados, se produce el sulfato de calcio hemihidrato (bassamita), también conocido como yeso cocido que es utilizado para fraguado en revestimientos de la construcción y posteriormente es pulverizado a través de molinos de rodillo para su comercialización, además al material se le puede agregar otros aditivos con la intención de mejorar el producto en comportamiento y características. (E-CONSTRUIR, 2021), por lo tanto, en este proyecto de investigación se desea agregar un porcentaje de grafito como compuesto adicional al yeso.



**Figura 4.** Excavadora y camión extrayendo yeso de la cantera  
**Fuente:** Gutaper (2022)

## Características de Temperaturas Crecientes de Cocción o Deshidratación del Yeso

Tabla 2

*Características de Temperaturas Crecientes de Cocción o Deshidratación del Yeso*

Temperaturas	Características
Temperatura Ordinaria	Obtención de la piedra de yeso también identificado como Sulfato de calcio bihidrato: $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
107 °C	Creación del sulfato de calcio hemihidrato usado en la construcción: $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$
107 a 200 °C	Empieza la desecación del hemihidrato, este es usado para producir estuco, tiene un fraguado más rápido que el sulfato de calcio hemihidrato.
200 a 300 °C	Tiene un fraguado muy lento y es de gran resistencia ya que el yeso contiene residuos de agua.
300 a 400 °C	El yeso es de baja resistencia y de un fraguado rápido.
500 a 700 °C	A estas temperaturas se obtiene yeso anhidro o extra cocido, tiene un fraguado muy lento o nulo denominado yeso muerto, solo es útil por sus propiedades químicas.
750 a 800 °C	Formación del yeso hidráulico a partir de estas temperaturas.
800 a 1000 °C	Yeso hidráulico tipo normal o para pavimento
1000 a 1400 °C	Este yeso hidráulico lleva mayor cantidad de cal libre con fraguado más rápido.

**Fuente:** E-CONSTRUIR (2021)

## **Yeso Escayola**

El yeso escayola deriva de la palabra italiana scagliola (piedra blanca parecido al talco) es un material utilizado en las industrias por lo que es de calidad superior, color blanco y grano muy fino, este yeso tiene una pureza del 87%, se debe a que está integrado principalmente por sulfato de calcio y agua (hemihidrato) con sedimentos de aljez y anhidrita en fase III, la diferencia del yeso escayola con el yeso común es su granulometría de modo que es más fina superando el 70%, de esta manera no se requiere de mucha agua, es menos porosa y fragua más rápido, en Ecuador se encuentra con la normativa NTE INEN-EN 520, clasificación A1 (Conglomerados de yeso para su uso directo o modificación posterior). (E-CONSTRUIR, 2021).

El principal uso del yeso escayola es para elaborar molduras decorativas; son fabricadas en talleres empleando moldes especiales, también se usa en la creación de paneles industriales para tabiquerías, varios fabricantes complementan a la escayola con aditivos químicos con el propósito de regular el secado, la plasticidad y la capacidad de mantener el agua, mejorando la trabajabilidad del material, algo más en tener presente del yeso escayola es que tiene propiedades de aislamiento acústico y térmico creando confort en los espacios pero también resiste al fuego y a la humedad, no es tóxico, los productos fabricados con este material son livianos, fácil de instalar y presenta acabados más finos, por otro lado en exceso de humedad puede rápidamente deteriorarse, su uso en exteriores o expuesto todo el tiempo al agua no es recomendable. (E-CONSTRUIR, 2021).

## **Historia del Grafito**

En 1564 hubo una fuerte tormenta que derribo un antiguo roble cerca de Borrowdale en Inglaterra dejando al descubierto un mineral oscuro, por desconocimiento y parecido al metal, el grafito fue denominado hasta finales del siglo XVIII como plombalgina, después de un tiempo este mineral llegó a manos del químico sueco Carl Wilhelm Scheele quien demostró que no contiene plomo y que su forma cristalina se debe al carbono a continuación su nombre fue dado en 1789 como grafito en Griego (graphein que significa escritura) por el mineralogista alemán Abraham Gottlob Werner. (Martín, Boixereu, & Villaseca, 2018).

Con el descubrimiento del grafito comenzaron a darles varios usos; por ejemplo, los pastores marcaban sus rebaños, en Londres comercializaban este mineral en forma de bastoncillos con el nombre (piedras de marcar), con el inconveniente de que se fragmentaba con facilidad y ensuciaba todo lo que tocaba, por esta razón comenzaron a usar pedazos de madera con un espacio hueco donde se insertaba la barra de grafito, dando lugar a lo que en

un futuro sería el lápiz, también el grafito fue muy usado en la industria bélica para la fundición de cañones y balas, en efecto actualmente aun lo usan para fundición de metales. (Martín, Boixereu, & Villaseca, 2018).

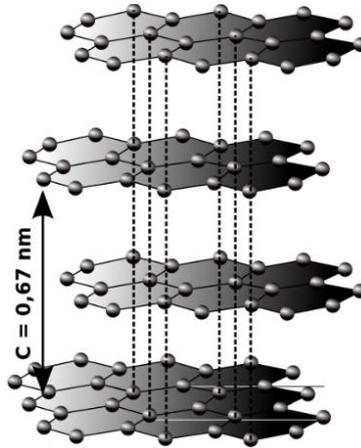
El grafito comenzó a escasear en Europa por lo que buscaron soluciones, de hecho en 1760 Kasper Faber, artesano de Baviera realizo una mezcla con grafito, polvo de azufre, antimonio y resina, obtuvo una masa que moldeo en forma de varilla y posteriormente la llevo al horno, como resultado consiguió una varilla más resistente que el grafito puro, otras de las soluciones a la escasez fue en 1795 por parte del Frances Nicolás Jacques Conté, químico, militar y pintor añadió al grafito arcilla que con las cantidades adecuadas se modificaba la dureza de las minas, hoy en día aún se usa esta mezcla en los lápices. (Martín, Boixereu, & Villaseca, 2018).

### **Características y Propiedades del Grafito Natural**

El grafito natural se forma mediante la metamorfosis de sedimentos que contienen carbono, es decir la unión de estos materiales carbonosos con soluciones hidrotermales, fluidos magmáticos o simplemente la cristalización del carbono magmático se obtiene el grafito, este mineral se presenta en escamas, masas compactas o vetas y respecto a la dureza en la escala de Mohs se aprecia que este mineral se encuentra en el nivel 1, debido a esto se puede exfoliar con facilidad. (Enciclopedia Británica, 2022). Coeficiente térmico 120 – 150 W/m\*K (Schnurpfeil & Neri, 2017).

El grafito natural conforma una de las 4 estructuras del carbono (grafito, diamante, fulereno y grafeno), los 6 átomos del carbono se unen dando forma de hexágono colocadas en laminas paralelas, el grafito es un mineral de color gris a negro, con un brillo metaloide y una textura suave, en una temperatura ambiente el grafito no genera cambios químicos, se mantiene estable, inodoro y no es tóxico, además tiene una alta resistencia al calor ya que a temperaturas superiores a los 3000°C tiene poca afectación, resistiendo a choques térmicos, por esta razón son muy usados en industrias refractarias, tiene un bajo coeficiente de fricción, permeabilidad y expansión térmica, posee una capacidad superior a la fundición laminar con gran flexibilidad y resistencia a la torción, su elasticidad llega a ser muy parecido al acero, también resiste la condiciones ambientales externas, ácidos y ataques químicos por lo que se puede mezclar con facilidad a otros materiales ya sea líquidos o sólidos. (Paz, 2018), el grafito al ser mezclado con pastas o resinas de cualquier material, refuerza su enlace molecular mejorando su resistencia-peso, por este motivo en el presente

trabajo de investigación se considera elaborar la mezcla entre el grafito junto con el yeso, reuniendo las propiedades físicas de los dos materiales.



**Figura 5.** Estructura del grafito  
**Fuente:** Universitat de Barcelona (2020)

### Usos del Grafito Natural

**Tabla 3**

*Usos del Grafito Natural.*

#### Usos del Grafito Natural

Refractarios:	Resistencia a choques térmicos.
Revestimiento:	Fundición hierro y acero.
Material eléctrico:	Moldes exotérmicos.
Generador de electricidad:	Fabricación de baterías.
Productos químicos:	Elaboración de caucho, explosivos y pulimentos
Automotriz:	Lubricantes y grasas.
Pinturas:	Grafito componente en elaboración de pintura.
Varillas verticales	Elaboración de lápices

**Fuente:** Paz (2018)

## **Proceso de Obtención del Grafito Natural**

Para la extracción del grafito primero se debe analizar la proximidad en la que se encuentra el mineral en las canteras, según eso se define si la minería será a cielo abierto o subterráneo; la extracción del grafito a cielo abierto se la realiza en atajos o madrigueras, perforando rocas o aplicando explosivos con dinamita, de esta manera al romper las rocas se libera aire comprimido, agua y también se liberan escamas de grafito de gran tamaño para luego ser trituradas, con este método el mineral debe estar cerca de la superficie terrestre y ser delgada; otro método para la extracción del grafito es abrir un pozo para alcanzar el mineral, crean una lechada a base de agua para luego esta ser bombeada y deje a la vista el mineral. (Stewart, 2017)

Por otro lado la extracción o minería subterránea se realiza cuando el grafito se encuentra en una mayor profundidad, los métodos de minado pueden ser de deriva, roca dura, pozos y de taludes; la más común es la minería de pozos o túneles, uno de los pozos es utilizado para la transportación de los trabajadores o equipo pesado, mientras que el otro pozo es para la extracción del mineral y también hace función para el paso del aire al personales, este pozo lleva una inclinación y es de poca profundidad, sin embargo en el Este de los Estados Unidos, utilizan la minería a la deriva, ya que el mineral es encontrado en regiones montañosas, la posición de los túneles es horizontal, elaborados por debajo de vetas del mineral de esta manera el grafito se extrae de caer por efecto de la gravedad. (Stewart, 2017).

Una vez extraído el material debe pasar por un proceso de triturado que se realiza en dos a tres etapas para que el tamaño del grano quede lo más reducido posible, dependiendo del tamaño del mineral se utiliza métodos de trituración como el circuito abierto o cerrado, luego viene la etapa del secado que sirve para remover la humedad, puede ser un secado horizontales por medio de máquinas o extender el mineral en patios para que se extraiga la humedad a través del sol, en este proceso se le debe dar la vuelta al grafito para que tenga un mejor secado para luego ser llevado a la etapa de molienda, donde reducen aún más el tamaño del mineral, utilizando el mecanismo de quebrado de impacto y abrasión, esto se hace mayormente al grafito cristalino e imperfecto cuando el cliente lo requiere, el siguiente proceso es la separación de impurezas del grafito, y por último el grafito es clasificado, empacado y listo para ser trasladado en los embarque para la venta. (Paz, 2018).



**Figura 6.** Gran depósito de grafito en la provincia de Heilongjiang, noroeste de China.  
**Fuente:** Admin (2019)

### **Elaboración del Grafito sintético**

Para la fabricación del grafito sintético se necesitan materiales como el coque de petróleo y coque de brea, también se requiere de carbón negro, grafito natural y desechos secundarios de grafito, toda esta materia prima es llevada a molinos trituradores para luego ser clasificados según su tamaño de partículas, posteriormente el polvo es mezclado con un aglutinante (brea de carbón o petróleo) para formar una pasta, las técnicas que existen para compactar esta pasta pueden ser de prensado isostático en frío, vibromoldeo o extrusión, una vez hecho esto la mezcla es sometida a hornos con una temperatura entre 900 a 1200°C, en este proceso de cocción es donde se produce la carbonización y evaporización de los aglutinantes que está compuesta la mezcla, a partir de este punto la pieza de carbono puede ser impregnada con brea y ser rehornada para poder reducir la porosidad de la pieza, esta impregnación es una capa fina con menor viscosidad que el aglutinante colocado en la etapa anterior y como fase final la pieza es tratada con calor por exclusión de oxígeno la cual es sometida a temperaturas extremadamente altas 2700 a 3000°C que como resultado obtenemos la transformación del grafito cristalino, ya que por efecto de las altas temperaturas los pequeños cristales crecen y se reorganizan apilándose en laminas paralelas, durante este tratamiento el grafito se purifica, los residuos de aglutinante, gases, óxidos y azufre son en su mayoría evaporados. (Schnurpfeil & Neri, 2017)

Para darle forma al grafito como equipo para procesos industriales como por ejemplo los crisoles debe ser impermeable, para esto al grafito crudo obtenido en los pasos mencionados anteriormente es sometida a cámaras de secado para liberar toda su humedad, una vez seco el grafito se introduce en un recipiente de presión metálico también denominado autoclaves para aplicar vacío profundo, así eliminar restos de humedad y aire

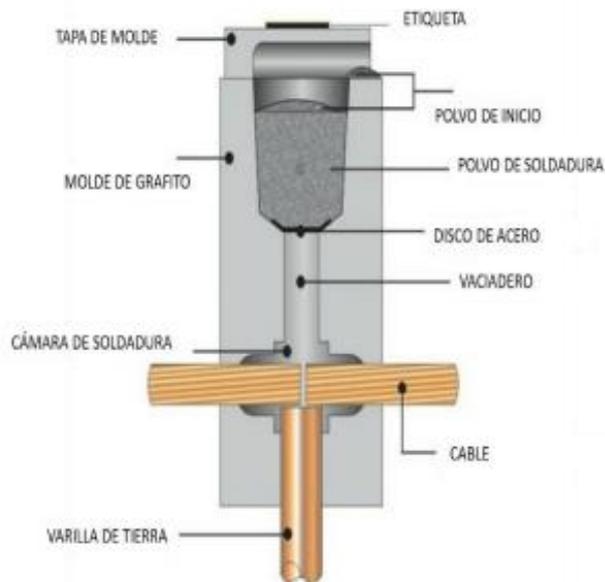
dentro de los poros del material, en este mismo recipiente se agrega la resina fenólica, al aplicar alta presión la resina penetra en el núcleo de las barras de grafito, esto se deja por varios días, pasado este proceso las barras de grafito son transferidas a otros recipiente de presión donde se calientan progresivamente hasta llegar a una temperatura de polimerización de la resina fenólica que es de 160°C, se elimina el agua formando grupos de éter, al alcanzar a una temperatura de 180°C ocurre otra policondensación formando grupos de metileno, creando un polímero duro y sólido, las burbujas pequeñas de vapor se encapsulan en la resina, todos estos poros son llenados de resina fenólica, este proceso da lugar a un material con más resistencia mecánica y estabilidad de largo alcance. (Schnurpfeil & Neri, 2017).



**Figura 7.** Grafito sintético  
**Fuente:** Schnurpfeil & Neri (2017)

### **Moldes Exotérmicos**

La soldadura exotérmica es realizada en moldes de grafito, este es un proceso químico inventado desde el año 1893, los moldes exotérmicos permiten la unión de metales como el cobre, acero y hierro mediante altas temperaturas, generalmente este método de soldadura es usado para conductores eléctricos y para conexiones puesta a tierra obteniendo conexiones de mejor calidad y durabilidad, por lo que asegura una vida útil larga sin probabilidad de corrosión o desgaste. (Aplicaciones Tecnológicas, 2018).



**Figura 8.** Molde de grafito para soldadura exotérmica  
**Fuente:** Tecnología Total (2022)

### **Pureza del Grafito Natural y Sintético**

Existen 2 tipos de carbono grafito, el natural y el sintético; el grafito amorfo (natural) formado por la metamorfosis geológica del carbón (antracita) se lo denomina amorfo por que los cristales microscópicos del grafito no son visibles por lo tanto muestra una superficie amorfa, este tipo de mineral natural contiene un 60% a 85% de carbón fijo, tiene un alto contenido de cenizas y otros materiales inorgánicos, es muy usado para productos lubricantes. (CARBOGRAF, 2021).

Por otro lado, el grafito sintético es creado a base del coque de petróleo y brea de alquitrán de hulla como principal aglutinante, esto es sometido en hornos a muy altas temperaturas hasta lograr la carbonización y como consecuencia del tratamiento a altas temperaturas ocurre la cristalización del carbón, el grafito sintético tiene una alta pureza , mayor del 98% de carbón fijo, por esta razón el grafito tiene muy buenas características como la resistencia a altas temperaturas, tolera choques térmicos, bajo coeficiente de expansión térmica, baja resistividad eléctrica, soporta los efectos corrosivos, además es usado como lubricante. (CARBOGRAF, 2021).

## Usos del Grafito Sintético

**Tabla 4**

*Usos del Grafito Sintético*

### Usos del Grafito Sintético

Electrodos:	Varillas de grafito que transportan energía eléctrica generando calor necesario para fundir
Producción de acero:	Elevar contenido de carbono en el acero
Fundición:	Crisoles, moldes de hierro fundido
Industrias químicas:	Moderador de neutrones del uranio en reactores nucleares
Industrias aeroespaciales:	Fabricación de toberas de cohetes, narices cónicas, aspas de control también como aislante térmico
Fibra de grafito:	Fibra de refuerzo en raquetas, cañas de pescar y esquís

**Fuente:** Paz (2018)

### Placas Decorativas

Las placas decorativas o paneles 3D de yeso son elementos de forma cuadrada o rectangular que en la parte frontal cuenta con relieves de varios diseños decorativos, esto da un efecto volumétrico, crea diferentes ambientes dentro de la vivienda de una forma elegante y sutil, también sirve para ocultar instalaciones eléctricas o sanitarias sin tener que perforar la mampostería, existen varios tipos de placas decorativas; este caso solo realizo mención para el presente proyecto de investigación al tipo de paneles fabricados con yeso, el cual es un material fácil de moldear, además tiene un buen comportamiento con la pintura por lo tanto se puede dar un buen acabado al panel con cualquier color. (Bond, 2018).

## **Ventajas y desventajas de las placas decorativas**

Las ventajas de colocar las placas 3D de yeso es que existen varios tipos y modelos que cumplen el fin de decorar ambientes en el interior de la vivienda, son fáciles y rápidas de instalar, resisten el calor y el fuego, además si la vivienda tiene problemas de humedad (moho, hongos, manchas de humedad) en las paredes estas placas ayudan a disminuir los síntomas de la humedad, no elimina la humedad solo disminuye sus efectos, si la placa presenta grietas son fáciles de corregirlas. (Seia, 2021).

La principal desventaja de las placas decorativas es su fragilidad, no resiste golpes, esto puede provocar grietas o desgranos, las placas no resisten grandes cantidades de agua, estas se pueden dañar y se necesita reemplazar la pieza, las placas decorativas de yeso solo tienen una vida útil de 10 años dependiendo el cuidado y mantenimiento que se realice. (Seia, 2021).



**Figura 9.** Revestimiento en Pared de Placas Decorativas  
**Fuente:** Bond (2018)

## **Gestión de Residuos Sólidos**

En el año 2020, a nivel nacional se recolectaron un promedio de 12.613 toneladas de residuos sólidos al día, de acuerdo al registro de gestión de residuos sólidos diferenciada en la región costa los desechos solo son clasificados el 11.6% el resto es desechado en botaderos, mientras que en la región sierra disponen de una mejor clasificación del 77%; siendo estos porcentajes unos indicadores que en la región costa existe un severo problema ya que no se dispone de una correcta clasificación de los desechos sólidos ni el uso de los separadores de fuentes. (AME-INEC-BDE, 2020).

En la región costa, posee el 53,1 % de desechos sólidos inorgánicos siendo uno de los porcentajes más bajo a nivel nacional. Algunos productos inorgánicos se clasifican como el plástico, el cartón, el papel, entre otros materiales como las pilas y el metal.

De igual manera, gran parte de la disposición final de residuos sólidos en la región costa el 38,1 % se sitúan en botaderos, el 34,5 % en celdas emergentes y el 27,4 % en rellenos sanitarios. (AME-INEC-BDE, 2020).

## **2.2 Marco conceptual**

**Aljez:** El término aljez proviene del mozárabe que en castellano significa yeso (piedra de yeso, yeso crudo o yeso natural), el yeso es una roca sedimentaria que se originó de disoluciones acuosas sobresaturadas en pozos de agua de mar con poca profundidad, dichas aguas se evaporaron y como consecuencia de esto se formó el aljez, material que se muestra en cristales grandes, en forma de punta de flecha o columnar, su uso generalmente es para fertilizar tierras agrícolas, producción de cemento Portland, también para enlucir paredes y tumbados en edificaciones, crear elementos decorativos y en la industria cerámica el aljez (yeso) se usa como material fundente. (Enciclopedia Química, 2022).

**Alotrópicas:** Es el término que se usa para referir a un material que tiene estructuras o moléculas diferentes, el más conocido es el carbono que tiene 4 formas alotrópicas como lo es el grafito, diamante, fullereno y grafeno, otros elementos que tienen formas alotrópicas son el oxígeno, azufre, fósforo, silicio y el hierro. (Pérez, 2021).

**Soldadura exotérmica:** El término exotérmico es usado cuando se realiza una reacción química al generar calor, por esto la soldadura se forma cuando las moléculas de varios conductores metálicos se unen y mediante una reacción química (exotérmica) se funden, mejorando las propiedades mecánicas y eléctricas, evitando la corrosión en las uniones de los metales haciéndolas más fuertes. (Arturo Romero, Miguel Romero, & Gabriel Romero, 2020).

## **2.3 Marco Legal**

**Constitución de la República del Ecuador 2021**

**TÍTULO II**

**DERECHOS**

**Capítulo segundo.**

**Derechos del buen vivir**

**Sección segunda. - Ambiente sano**

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

**Art. 15.-** El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

#### **Sección sexta. - Hábitat y vivienda**

**Art. 30.-** Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica.

### **Capítulo séptimo.**

#### **Derechos de la naturaleza**

**Art. 71.-** La naturaleza o *Pacha Mama*, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.

El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

**Art. 72.-** La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

**Art. 73.-** El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

## **TÍTULO VII**

### **RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR**

#### **Capítulo primero. - Inclusión y equidad**

##### **Sección Octava. - Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales.**

**Art. 385.-** El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

1. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.
2. Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales.
3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

#### **Capítulo segundo. – Biodiversidad y recursos naturales**

##### **Sección Primera. – Naturaleza y ambiente.**

##### **Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:**

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.

3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

### **Plan Nacional del Buen Vivir 2017 – 2021**

#### **Objetivos Nacionales de Desarrollo.**

**Eje 1:** Derecho para todos durante toda la vida.

**Objetivo 3:** Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y las futuras generaciones.

Uno de los avances más importantes de la Constitución de 2008 (Constitución del Ecuador, arts. 10 y 71-74) es el reconocimiento de la naturaleza como sujeto de derechos, lo que implica respetar integralmente su existencia, el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales y, su restauración en caso de degradación o contaminación.

#### **Políticas:**

3.1. Conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social, rural y urbano, continental y marino-costero, que asegure y precautele los derechos de las presentes y futuras generaciones.

3.2. Profundizar la distribución equitativa de los beneficios por el aprovechamiento del patrimonio natural y la riqueza originada en la acción pública.

3.3. Promover buenas prácticas ambientales que aporten a la reducción de la contaminación, a la conservación, a la mitigación y a la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global.

3.4. Impulsar la economía urbana y rural, basada en el uso sostenible y agregador de valor de recursos renovables y la bio-economía, propiciando la corresponsabilidad social.

3.5. Impulsar la generación de bioconocimiento como alternativa a la producción primario-exportadora, así como el desarrollo de un sistema de bioseguridad que precautele las condiciones ambientales que pudieran afectar a las personas y otros seres vivos.

3.6. Incentivar la producción y consumo ambientalmente responsables, con base en los principios de economía circular y bio-economía, fomentando el reciclaje y combatiendo la obsolescencia programada.

3.7. Promover un proceso regional de protección y cuidado de la Amazonía, como la mayor cuenca hidrográfica del mundo.

3.8. Incidir en la agenda ambiental internacional, liderando una diplomacia verde y una voz propositiva por la justicia ambiental, en defensa de los derechos de la naturaleza.

**Eje 2:** Economía al Servicio de la Sociedad.

**Objetivo 4:** Consolidar la sostenibilidad del sistema económico social y solidario, y afianzar la dolarización.

**Políticas:**

4.1. Garantizar el funcionamiento adecuado del sistema monetario y financiero, a través del manejo óptimo de la liquidez, contribuyendo a la sostenibilidad macroeconómica y el desarrollo.

4.2. Canalizar los recursos hacia el sector productivo promoviendo fuentes alternativas de financiamiento y la inversión a largo plazo, en articulación entre la banca pública y el sistema financiero privado, y el popular y solidario.

4.3. Promover el acceso de la población al crédito y a los servicios del sistema financiero nacional y fomentar la inclusión financiera en un marco de desarrollo sostenible, solidario y con equidad territorial.

4.4. Fortalecer la eficiencia, profundizar la progresividad del sistema tributario y luchar contra la evasión y elusión fiscal.

4.5. Profundizar la progresividad, calidad y oportunidad del gasto público optimizando la asignación de recursos y en el contexto de un manejo sostenible del financiamiento público.

4.6. Fortalecer la dolarización promoviendo un mayor ingreso neto de divisas y fomentando la oferta exportable no petrolera que contribuyan a la sostenibilidad de la balanza de pagos.

4.7. Incentivar la inversión productiva privada en sus diversos esquemas, incluyendo mecanismos de asociatividad y alianzas público-privadas, fortaleciendo el tejido productivo, con una regulación previsible y simplificada.

4.8. Incrementar el valor agregado nacional en la compra pública, garantizando mayor participación de la MIPYMES y actores de la economía popular y solidaria.

4.9. Fortalecer el fomento a los actores de la economía popular y solidaria mediante la reducción de trámites, acceso preferencial a financiamiento, acceso a compras públicas y mercados nacionales e internacionales, capacitación y otros medios.

**Objetivo 5:** Impulsar la Productividad y Competitividad para el Crecimiento Económico Sustentable de Manera Redistributiva y Solidaria.

**Políticas:**

5.1. Generar trabajo y empleo dignos y de calidad, incentivando al sector productivo para que aproveche las infraestructuras construidas y capacidades instaladas que le permitan incrementar la productividad y agregación de valor, para satisfacer con calidad y de manera creciente la demanda interna y desarrollar la oferta exportadora de manera estratégica.

5.2. Diversificar la producción nacional, a fin de aprovechar nuestras ventajas competitivas, comparativas y las oportunidades identificadas en el mercado interno y externo, para lograr un crecimiento económico sostenible y sustentable.

5.3. Promover la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, en articulación con las necesidades sociales, para impulsar el cambio de la matriz productiva.

5.4. Fortalecer y fomentar la asociatividad, los circuitos alternativos de comercialización, las cadenas productivas y el comercio justo, priorizando la Economía Popular y Solidaria, para consolidar de manera redistributiva y solidaria la estructura productiva del país.

5.5. Promover la productividad, competitividad y calidad de los productos primarios y la disponibilidad de servicios conexos y otros insumos, para desarrollar la industria agrícola, pecuaria, acuícola y pesquera sostenible con enfoque a satisfacer la demanda nacional y de exportación.

5.6. Optimizar la matriz energética diversificada de manera eficiente, sostenible y soberana, como eje de la transformación productiva y social.

5.7. Fomentar la producción nacional con responsabilidad social y ambiental, promoviendo el manejo eficiente de los recursos naturales y el uso de tecnologías duraderas y ambientalmente limpias, para garantizar el abastecimiento de bienes y servicios de calidad.

5.8. Fortalecer a las empresas públicas para la provisión de bienes y servicios de calidad, el aprovechamiento responsable de los recursos naturales, la dinamización de la economía, y la intervención estratégica en mercados, maximizando su rentabilidad económica y social.

## **Norma Técnica Ecuatoriana (INEN)**

### **NORMA INEN 1685: YESO PARA CONSTRUCCION. REQUISITOS.**

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el yeso que se utiliza en construcción.

#### **4. Requisitos.**

##### **4.1. Requisitos específicos**

#### 4.1.1. Composición química

4.1.1.1. El yeso debe contener al menos 70.0% en masa de  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

4.1.1.2. La composición química, dentro de los límites prescritos en el numeral 4.1.1.1, debe especificarse en la orden de compra o en el contrato.

#### 4.1.2. Propiedades físicas

4.1.2.1 Tamaño. Si es necesario, el yeso debe ser triturado tamaño especificado en la orden de compra.

### 6. Métodos de Ensayo.

6.2 Determinar las propiedades físicas del yeso, de acuerdo con la norma NTE INEN 1688.

## **NORMA INEN 1688: YESO PARA CONSTRUCCION. ENSAYOS FÍSICOS.**

### 3. Métodos de Ensayo

#### 3.5 Determinación del tiempo de fraguado.

##### 3.5.1 Aparatos

3.5.1.1 Aparato de Vicat-molde-placa. Debe utilizarse el equipo descrito en los numerales 6.2.1 y 6.2.2 de la Norma INEN 158 y presentado en la Figura 1 del Anexo A de la misma norma.

##### 3.5.2 Procedimiento

3.5.2.1 Limpiar perfectamente la aguja, el molde y la placa del aparato de Vicat, aplicar una capa delgada de aceite mineral sobre la placa y la superficie interna del molde para evitar escapes de material durante el ensayo.

3.5.2.2 Tamizar 200 g de la muestra seca indicada en el numeral 3.2.1.1 a través del tamiz de 2,36 mm (INEN 154).

3.5.2.3 Mezclar los 200 g de muestra con agua necesaria para obtener una pasta de consistencia normal según el numeral 3.4.2.9. iniciar la medición del tiempo aproximadamente desde el momento de contacto de la muestra con el agua. El agua debe destilarse sin adición de retardador de fraguado.

3.5.2.4 Dejar que la muestra se remoje por 2 minutos y batir un minuto hasta darle una fluidez uniforme.

3.5.2.5 Colocar la muestra dentro del molde tratando de eliminar las burbujas de aire, enrasar la pasta en el molde y almacenar el espécimen en una cámara de humedad a la temperatura entre 20°C y 22°C y humedad relativa no menor del 85%

**3.5.2.6** Aceitar la aguja y bajarla hasta la superficie de la muestra aproximadamente en el centro del molde.

**3.5.2.7** Colocar el indicador ajustable en la marca cero de la escala o tomar una lectura inicial y soltar inmediatamente el vástago y dejar que la aguja penetre en la pasta. Luego de que el vástago se haya estabilizado, leer la escala nuevamente.

**3.5.2.8** Repetir la operación con la precaución de limpiar la aguja después de cada penetración y de mover la pasta ligeramente para que la aguja no penetre en el mismo lugar dos veces.

**3.5.2.9** La frecuencia de las penetraciones depende de las características del material y se hace la primera a los 15 minutos y luego las siguientes cada 5 minutos.

**3.5.2.10** Se considera que se ha completado el fraguado, cuando la aguja ya no penetra al fondo de la pasta, instante en el que finaliza la medición del tiempo.

**3.5.2.11** Se considera como tiempo de fraguado el tiempo transcurrido desde la adición de agua hasta el fraguado completo.

## **3.6 Determinación de la resistencia a la compresión**

### **3.6.1. Aparatos**

**3.6.1.1.** Para esta determinación es necesario el equipo descrito en el numeral 6.2 de la Norma INEN 488.

### **3.6.2. Preparación del espécimen**

**3.6.2.1.** Mezclar la muestra con suficiente agua para obtener por lo menos 1000 cm<sup>3</sup> de pasta de consistencia normal, de acuerdo con lo expuesto en el numeral 3.4.2.9.

**3.6.2.2.** El agua debe ser destilada y tener una temperatura de 21°C.

**3.6.2.3.** Colocar la cantidad de agua requerida en un recipiente para mezclado, añadir la cantidad de yeso seco necesaria y dejar remojar por dos minutos.

**3.6.2.4.** Mezclar vigorosamente por un minuto hasta lograr una consistencia uniforme.

**3.6.2.5.** Colocar la pasta en los 6 moldes que previamente han sido lubricados con una capa delgada de aceite mineral. Inicialmente, colocar una capa de pasta de 25 mm de espesor en cada molde, y golpear 10 veces transversalmente al molde, entre cada par de caras opuestas, con una espátula de 25 mm de ancho, agitando el material para eliminar las burbujas de aire.

**3.6.2.6.** Llenar los moldes hasta un nivel ligeramente superior al borde y eliminar las burbujas de aire como se indica en el numeral anterior.

**3.6.2.7.** Antes de que la pasta fragüe, enrasar el exceso de pasta en el borde del molde

**3.6.2.8.** Mantener las probetas en los moldes por lo menos 24 h, en un ambiente que tenga del 90% al 100% de humedad relativa a una temperatura entre 15°C y 38°C, hasta que se endurezcan completamente

**3.6.2.9.** Desmoldar y dejar secar en un horno con circulación de aire y adecuada ventilación, a una temperatura comprendida entre 32°C y 43°C, con un mínimo de 50% de humedad, hasta obtener masa constante verificada con precisión de 0,1%. Las pesadas se harán una vez por día durante un máximo de 7 días. Colocar en un desecador sobre perclorato de magnesio durante 24 h antes del ensayo. Ensayar los cubos tan pronto como sean removidos del desecador.

### **3.6.3. Procedimientos**

**3.6.3.1.** Colocar los cubos en la máquina de ensayo, de manera que la carga sea aplicada sobre superficies definidas por las caras de los moldes y no en la parte inferior o superior.

**3.6.3.2.** Aplicar la carga continuamente y sin golpes, a una velocidad constante dentro del rango de los 103 a 276 kPa/s. Se puede permitir una mayor velocidad de carga durante la aplicación de la primera mitad de la carga máxima.

**3.6.3.3.** La resistencia a la compresión es el promedio de los resultados de los ensayos de cinco especímenes, excepto si uno o dos especímenes dan resistencia que varía en más del 15% del promedio de éstas. En este caso, debe descartarse esos valores y se reportará el promedio de los resultados de los especímenes restantes.

**3.6.3.4.** Si tres o más valores se apartan en más del 15% del promedio, los resultados deben descartarse y debe repetirse la determinación.

## **NORMA INEN 609. MATERIALES REFRACTARIOS. CLASIFICACIÓN GENERAL**

### **3. Clasificación**

**3.1.1.4** Refractarios especiales. Son aquellos que tienen como componentes óxidos o compuestos refractarios sintéticos o naturales, previamente elaborados o estabilizados por procesos adecuados.

b) Refractarios a base de carbono, cuyo componente principal es el carbono, con cantidades menores de agentes ligantes. Se subdividen en:

- Refractarios de grafito, elaborados con liga bituminosa y con un contenido de grafito no menor del 90%.
- Refractarios de grafito-arcilla, con un contenido de grafito variable entre el 30% y el 90%.
- Refractarios de arcilla grafito, con un contenido de grafito no mayor del 30%.
- Refractarios de carbono, con un contenido de carbono que generalmente oscila entre el 80% y el 90%, elaborados con coque de petróleo, coque metalúrgico o antracita y aglomerados con alquitrán de hulla anhidro.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Metodología

La metodología Documental es una técnica de investigación cualitativa que se encarga de allegar y condensar información por medio de la lectura de documentos, libros, revistas, grabaciones, filmaciones, periódicos, bibliografías, etc.

La metodología de Campo o trabajo de campo, es el transcurso que permite obtener datos de la realidad y estudiarlos tal y como se presentan sin manipular las variables. Es por este motivo, que se denomina investigación de campo ya que se realiza fuera de laboratorio o en el lugar de ocurrencia del fenómeno.

La metodología experimental es la investigación con una orientación científica, donde un conjunto de variables se mantiene constante mientras que el otro conjunto de variables se mide como sujeto al experimento.

La metodología de investigación para la elaboración de una placa decorativa a partir de yeso más grafito reciclado del molde de soldadura exotérmica es un estudio documental y experimental, de acuerdo a la revista científica Anales de Edificación Vol. 3, N°2, 27-38 (2017) Filler de grafito reciclado de EDM en pastas de yeso, se demuestra la resistencia física y mecánica de ambos materiales en diferentes porcentajes en relación al peso del yeso y el grafito reciclado, la misma que se obtuvo un resultado favorable con los porcentajes intermedios de los prototipos garantizando la resistencia a la compresión.

#### 3.2 Tipo de investigación

Para el presente proyecto sobre la elaboración de una placa decorativa a partir de yeso más grafito reciclado del molde de soldadura exotérmica, se consideró el tipo de investigación documental y experimental, debido a que se debe demostrar la eficiencia del grafito reciclado de los moldes exotérmicos compuesto con la base de yeso, para determinar la calidad de un material seguro y garantizado para la construcción. Por lo que es importante realizar diferentes pruebas para determinar que el grafito reciclado de los moldes exotérmicos y el yeso son materiales convenientes. Como resultados se ha demostrado que su composición es más resistente, tiene mayor tolerancia a cambios térmicos, es ignífugo, actúa como un acelerante y además contribuye con una mejor disposición final de los desechos sólidos induciendo a reducir el impacto ambiental.

Para conocer el resultado de la composición del grafito reciclado de los moldes exotérmicos y el yeso, las fuentes bibliográficas han sido una gran retribución para la

recopilación de información investigativa. Para la composición de ambos materiales, se tomó como referencia los resultados de un trabajo de investigación de una revista científica sobre las posibilidades de la adición del polvo de grafito procedente del fresado de moldes fabricados por Electroerosión de Penetración (EDM) en adheridos a base de yeso.

### **3.3 Enfoque**

El enfoque de acuerdo a lo investigado sobre la elaboración de una placa decorativa a partir de yeso más grafito reciclado de molde de soldadura exotérmica será con el método deductivo, ya que se implementará varias técnicas utilizadas en los enfoques cualitativos como encuestas para obtener información valiosa de personas relacionadas con los materiales y el sector de la construcción; así mismo, el uso de herramientas de análisis matemático por medio de la investigación por ensayos de laboratorio de los diversos materiales para obtener la mejor dosificación.

### **3.4 Técnica e instrumentos**

El proyecto se enfoca a la investigación mixta, debido que a través de una serie de encuestas y ensayos de laboratorio se analizará las respuestas obtenidas por los habitantes del sector de Samborondón, referente a cuántas personas están interesadas en las placas decorativas a partir de yeso más grafito reciclado de molde de soldadura exotérmica dependiendo de los materiales propuestos para determinar sus preferencias de materiales, determinar las propiedades de la composición de ambos materiales y definir los resultados obtenidos por las pruebas de laboratorios de compresión y fraguado de los prototipos del yeso y el grafito reciclado. También, se analizará los datos obtenidos a través de herramientas matemáticas para encontrar las medidas adecuadas para cumplir con los parámetros de calidad que deben tener el yeso y el grafito reciclado.

### **3.5 Población**

La población es un término que se utiliza para referirse al conjunto de elementos a investigarse (grupos de personas, objetos o acontecimientos) y de los cuales se extrae la muestra a estudiar, para definir la población se debe tomar en cuenta características importantes como los objetivos de estudio, la cantidad, el lugar y el tiempo. (Díaz, 2016).

El Instituto Nacional de Estadística y censos (INEC) puso a disposición en su página web oficial proyecciones poblacionales hasta el año 2020, donde indica que Guayaquil cuenta con 2.723.665 habitantes siendo la segunda ciudad con mayor población del Ecuador.

### 3.6 Muestra

La muestra se utiliza para estudiar a un porcentaje de la población sobre el comportamiento, propiedades o gustos, esto permite conocer más a la población o depende del caso del estudio a crear normas y directrices, la muestra si es ejecutada correctamente como método de investigación se obtendrán buenos resultados y conclusiones específicas. (Lugo, 2020).

Para el presente proyecto de investigación se va a efectuar un muestreo aleatorio a un grupo de personas que habitan en el sector de Samborondón lado oeste en la vía E40 desde La Puntilla hasta el Estero El Batán que comprende 8.74 km. Según en la prefectura del Guayas hasta el año 2020 en el sector de Samborondón habitan 102.404 personas (Prefectura del Guayas, 2020).

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{e^2(N - 1) + Z^2 * P * Q}$$

n = Tamaño de muestra buscado	?
N = Tamaño de la población o universo	102.404
Z = Nivel de confianza (NC)	1,96
e = Margen de error	5%
P = Probabilidad	50%
Q = probabilidad en contra	50%

$$n = \frac{(1,96 * 1,96) * 0,50 * 0,50 * 102,404}{(0,05 * 0,05) * (102,404 - 1) + (1,96 * 1,96) * (0,50 * 0,50)}$$

$$n = \frac{98.348,8016}{256,9679}$$

**n = 383 habitantes a encuestar en el sector de Samborondon**

### 3.7 Análisis de resultados

Encuestas dirigidas a la ciudadanía de Guayaquil, en el sector de la vía Samborondón entre el Km 8 y 10.

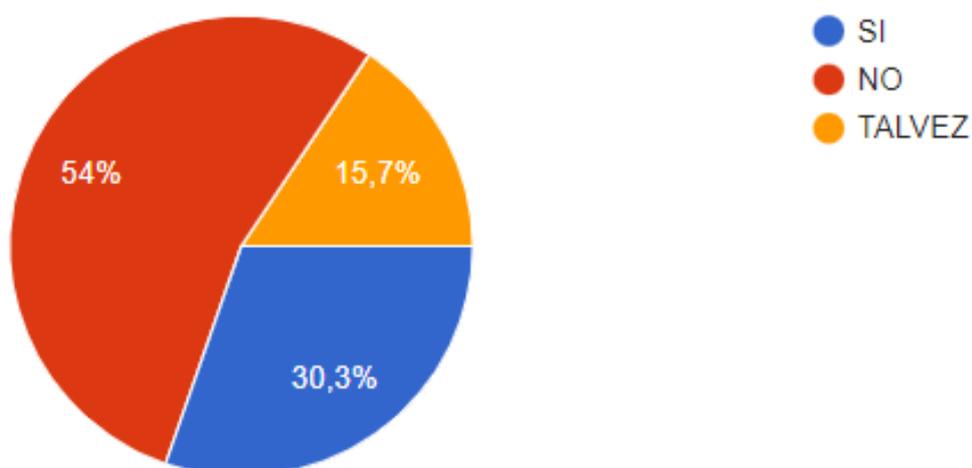
#### 1. ¿Tiene conocimiento de los moldes exotérmicos y de qué material son hechos?

**Tabla 5**

*Resultados de la primera pregunta*

Alternativas	Respuestas	Porcentajes
Sí	116	30,30%
No	207	54,00%
Tal vez	60	15,70%
<b>TOTAL:</b>	<b>383</b>	<b>100%</b>

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 10.** Tabulación de la primera pregunta

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

**Análisis:** Las 383 personas encuestadas representan al 100% de la población, las cuales 116 personas corresponden al 30,30% respondiendo con un sí, 207 personas corresponden al 54% respondiendo con un no y 60 personas corresponden al 15,70% respondiendo con un tal vez.

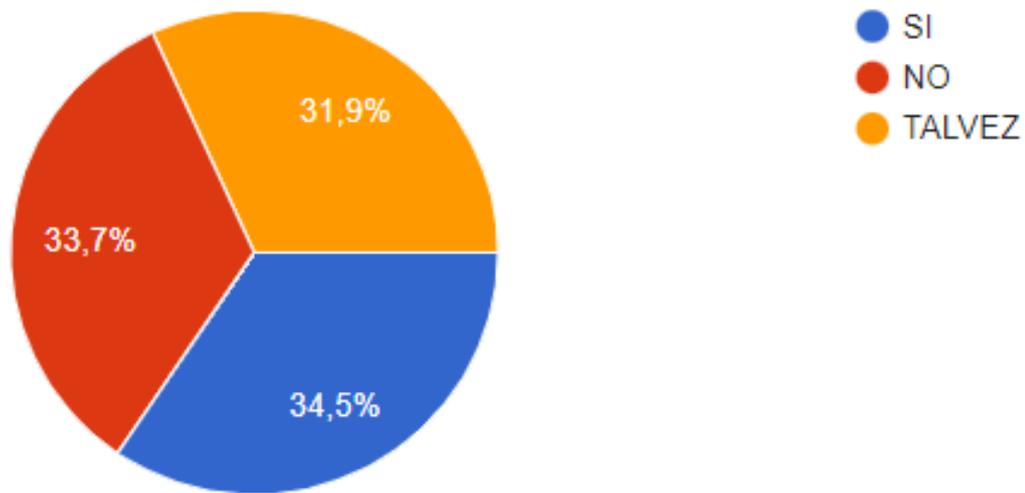
## 2. ¿Conoce usted los varios usos que se le pueden dar al grafito?

**Tabla 6**

*Resultados de la segunda pregunta*

Alternativas	Respuestas	Porcentajes
Sí	132	34,50%
No	129	33,70%
Tal vez	122	31,90%
<b>TOTAL:</b>	<b>383</b>	<b>100%</b>

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 11.** Tabulación de la segunda pregunta

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

**Análisis:** Las 383 personas encuestadas representan al 100% de la población, las cuales 132 personas corresponden al 34,50% respondiendo con un sí, 129 personas corresponden al 33,70% respondiendo con un no y 122 personas corresponden al 31,90% respondiendo con un tal vez.

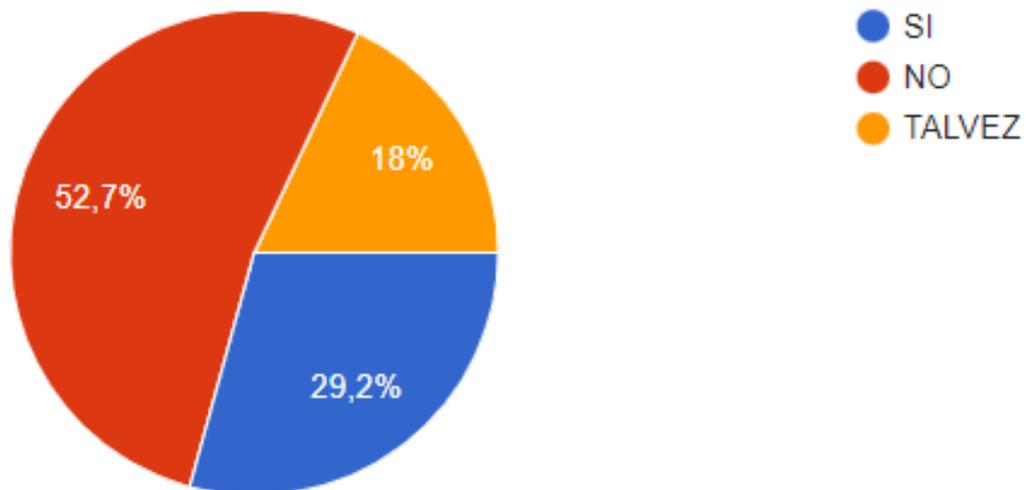
**3. ¿Tiene conocimiento sobre el uso de nuevos materiales que contengan como componente principal el grafito?**

**Tabla 7**

*Resultados de la tercera pregunta*

Alternativas	Respuestas	Porcentajes
Sí	112	29,20%
No	202	52,70%
Tal vez	69	18,00%
<b>TOTAL:</b>	<b>383</b>	<b>100%</b>

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 12.** Tabulación de la tercera pregunta

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

**Análisis:** Las 383 personas encuestadas representan al 100% de la población, las cuales 112 personas corresponden al 29,20% respondiendo con un sí, 202 personas corresponden al 52,70% respondiendo con un no y 69 personas corresponden al 18,00% respondiendo con un tal vez.

#### 4. ¿Conoce usted si en el Ecuador existe depósitos para el reciclaje del Grafito?

Tabla 8

Resultados de la cuarta pregunta

Alternativas	Respuestas	Porcentajes
Sí	4	1,00%
No	344	89,80%
Tal vez	15	3,90%
<b>TOTAL:</b>	<b>383</b>	<b>95%</b>

Elaborado por: Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

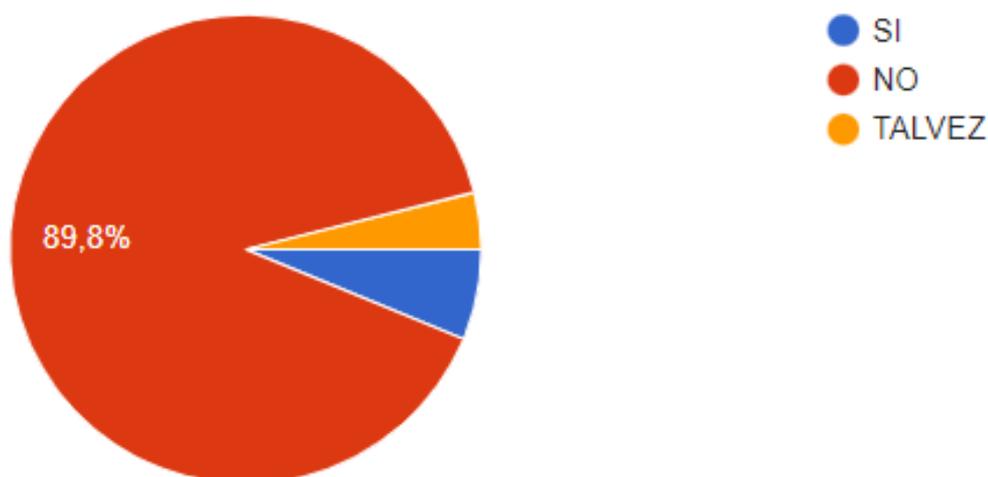


Figura 13. Tabulación de la cuarta pregunta

Elaborado por: Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

**Análisis:** Las 383 personas encuestadas representan al 100% de la población, las cuales 4 personas corresponden al 1,00% respondiendo con un sí, 344 personas corresponden al 89,80% respondiendo con un no y 15 personas corresponden al 3,90% respondiendo con un tal vez.

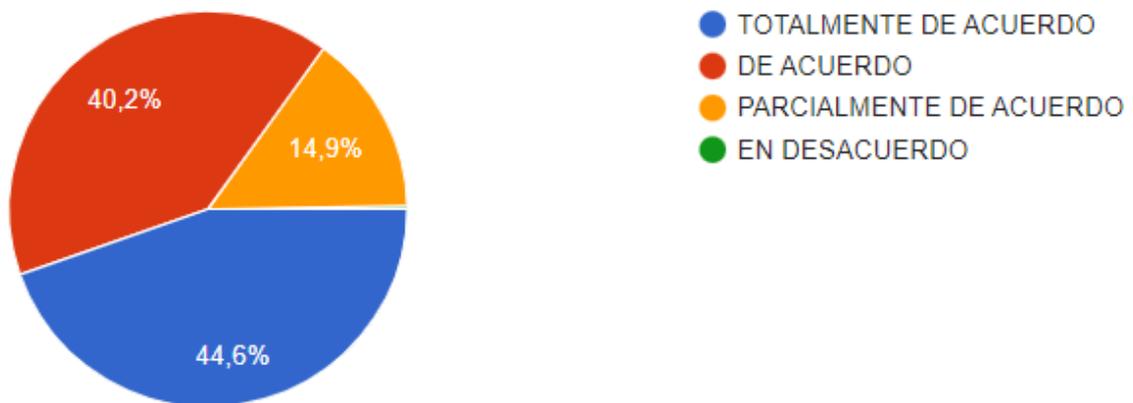
## 5. ¿Está de acuerdo en integrar al grafito reciclado como material de construcción?

**Tabla 9**

*Resultados de la quinta pregunta*

Alternativas	Respuestas	Porcentajes
Totalmente de acuerdo	171	44,60%
De acuerdo	154	40,20%
Parcialmente de acuerdo	58	14,90%
En desacuerdo	0	0,00%
<b>TOTAL:</b>	<b>383</b>	<b>100%</b>

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 14.** Tabulación de la quinta pregunta

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

**Análisis:** Las 383 personas encuestadas representan al 100% de la población, las cuales 171 personas corresponden al 44,60% respondiendo con un totalmente de acuerdo, 154 personas corresponden al 40,20% respondiendo con un de acuerdo, 58 personas corresponden al 14,90% respondiendo con un parcialmente de acuerdo y ninguno que corresponde al 0,00% respondiendo con un desacuerdo.

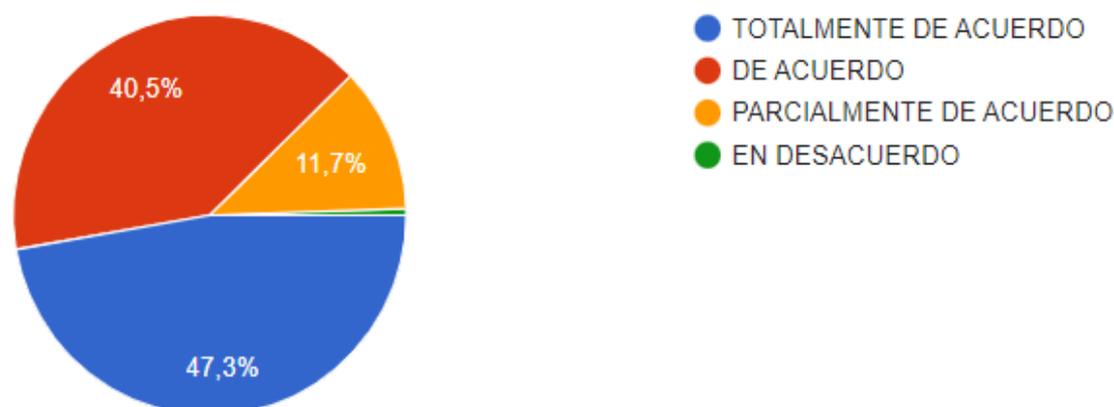
**6. ¿Está de acuerdo con la creación de una placa decorativa para revestimiento de paredes en el interior de viviendas; con yeso más grafito reciclado?**

**Tabla 10**

*Resultados de la sexta pregunta*

Alternativas	Respuestas	Porcentajes
Totalmente de acuerdo	181	47,30%
De acuerdo	155	40,50%
Parcialmente de acuerdo	45	11,70%
En desacuerdo	2	0,50%
<b>TOTAL:</b>	<b>383</b>	<b>100%</b>

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 15.** Tabulación de la sexta pregunta

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

**Análisis:** Las 383 personas encuestadas representan al 100% de la población, las cuales 181 personas corresponden al 47,30% respondiendo con un totalmente de acuerdo, 155 personas corresponden al 40,50% respondiendo con un de acuerdo, 45 personas corresponden al 11,70% respondiendo con un parcialmente de acuerdo y 2 personas que corresponden al 0,50% respondiendo con un desacuerdo.

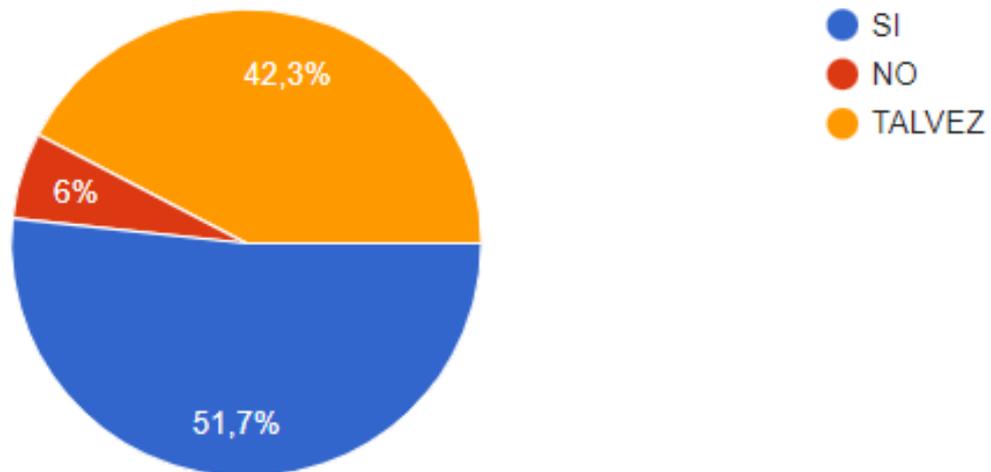
**7. ¿Utilizaría para revestir paredes del interior de su vivienda, placas decorativas de yeso más grafito reciclado?**

**Tabla 11**

*Resultados de la séptima pregunta*

Alternativas	Respuestas	Porcentajes
Sí	198	51,70%
No	23	6,00%
Tal vez	162	42,30%
<b>TOTAL:</b>	<b>383</b>	<b>100%</b>

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 16.** Tabulación de la séptima pregunta

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

**Análisis:** Las 383 personas encuestadas representan al 100% de la población, las cuales 198 personas corresponden al 51,70% respondiendo con un sí, 23 personas corresponden al 6,00% respondiendo con un no y 162 personas corresponden al 42,30% respondiendo con un tal vez.

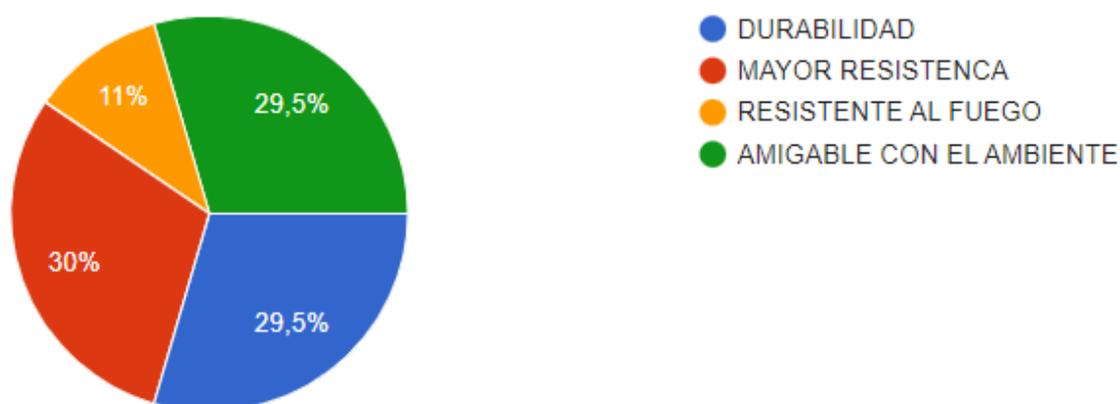
**8. ¿Cuál de las siguientes características cree usted es el principal beneficio en la elaboración de placas decorativas de yeso más grafito reciclado?**

**Tabla 12**

*Resultados de la octava pregunta*

<b>Alternativas</b>	<b>Respuestas</b>	<b>Porcentajes</b>
Durabilidad	113	29,50%
Mayor resistencia	115	30,00%
Resistente al fuego	42	11,00%
Amigable con el ambiente	113	29,50%
<b>TOTAL:</b>	<b>383</b>	<b>100%</b>

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 17.** Tabulación de la octava pregunta

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

**Análisis:** Las 383 personas encuestadas representan al 100% de la población, las cuales 113 personas corresponden al 29,50% respondiendo con una durabilidad, 115 personas corresponden al 30,00% respondiendo con una mayor resistencia, 42 personas corresponden al 11,00% respondiendo con un resistente al fuego y 113 personas corresponden al 29,50% respondiendo con un amigable con el ambiente.

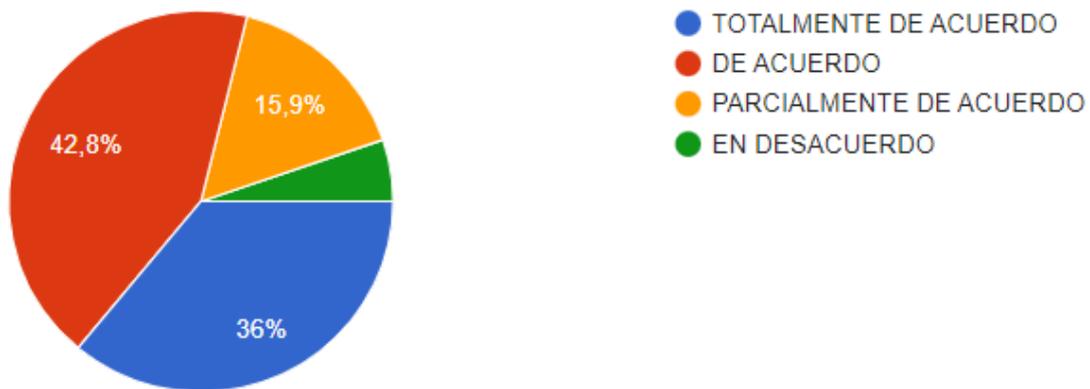
**9. ¿Está de acuerdo que las placas decorativas de mejor calidad con yeso más grafito reciclado tengan el mismo precio que una placa decorativa tradicional?**

**Tabla 13**

*Resultados de la novena pregunta*

<b>Alternativas</b>	<b>Respuestas</b>	<b>Porcentajes</b>
Totalmente de acuerdo	138	36,00%
De acuerdo	164	42,80%
Parcialmente de acuerdo	61	15,90%
En desacuerdo	20	5,30%
<b>TOTAL:</b>	<b>383</b>	<b>100%</b>

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 18.** Tabulación de la novena pregunta

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

**Análisis:** Las 383 personas encuestadas representan al 100% de la población, las cuales 138 personas corresponden al 36,00% respondiendo con un totalmente de acuerdo, 164 personas corresponden al 42,80% respondiendo con un de acuerdo, 61 personas corresponden al 15,90% respondiendo con un parcialmente de acuerdo y 20 personas que corresponden al 5,30% respondiendo con un desacuerdo.

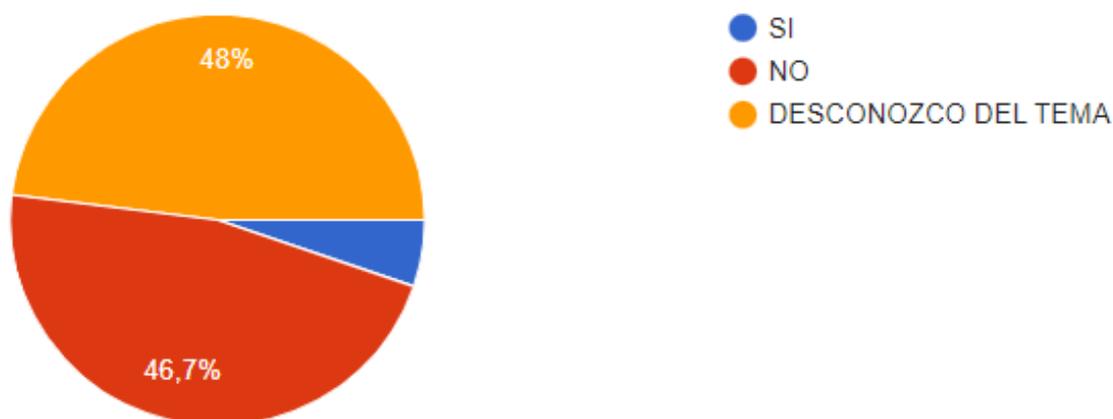
**10. ¿Cree usted que las placas decorativas de yeso más grafito en el interior de las viviendas causan daños a la salud?**

**Tabla 14**

*Resultados de la décima pregunta*

Alternativas	Respuestas	Porcentajes
Sí	20	5,30%
No	179	46,70%
Tal vez	184	48,00%
<b>TOTAL:</b>	<b>383</b>	<b>100%</b>

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 19.** Tabulación de la décima pregunta

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

**Análisis:** Las 383 personas encuestadas representan al 100% de la población, las cuales 20 personas corresponden al 5,30% respondiendo con un sí, 179 personas corresponden al 46,70% respondiendo con un no y 184 personas corresponden al 48,00% respondiendo con un tal vez.

# CAPÍTULO IV

## INFORME FINAL

### Propuesta

En este proyecto de investigación se propone la elaboración de una placa decorativa, reuniendo las propiedades físicas del yeso y el grafito reciclado de molde de soldadura exotérmica para el revestimiento de paredes en el interior de viviendas. De acuerdo a las propiedades que tiene el grafito se crea una placa decorativa más resistente a la compresión, que tolera las condiciones ambientales externas y de humedad, el grafito al ser mezclado con pastas o resinas de cualquier material como el Yeso, refuerza su estructura molecular de cristalización.

La placa decorativa construida en este proyecto de investigación, al tener como componente principal el yeso, que es un material que absorbe humedad y en su composición química contiene media molécula de agua (hemihidrato) por lo tanto, es ignífugo teniendo una buena resistencia al fuego y el grafito dentro de sus propiedades destaca por resistir altas temperaturas sin deformarse o dañarse, lo cual agrega mayores cualidades a la placa decorativa elaborada.

Respecto al manejo de las condiciones climáticas (Frio-Calor), la placa decorativa elaborada, tiene la ventaja de aislar adecuadamente los cambios de temperatura, debido que el yeso más el grafito potencia sus propiedades termoaislantes (se determina en pruebas experimentales), el yeso en su estado simple sin agregados tiene bajo coeficiente de conductividad térmica ( $0,3 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ ) que disminuye la transmisión de temperatura.

La placa decorativa con yeso más grafito reciclado se caracteriza por tener un material poroso el cual permite la absorción de la humedad, al pintar la placa estos poros se pueden tapar, por este motivo al elegir pintura para aplicar a las placas decorativas una buena opción son las pinturas antihumedad de resinas a base de agua aplicables en Hormigón, Yeso y Madera, por lo que también es un material permeable y permitirá la micro evaporación en la placa decorativa.

De acuerdo a las propiedades encontradas para obtener las muestras de yeso más grafito reciclado con el propósito de elaborar una placa decorativa, se experimentó con 5 prototipos de las cuales; el primero es la muestra con yeso de referencia sin adiciones y los otros 4 prototipos restantes el yeso se sustituyó en peso por grafito variando los porcentajes en 5, 10, 15 y 20%, tomando como referencia la investigación de la Universidad Politécnica

de Madrid con el tema “Filler de Grafito Reciclado de EDM en Pasta de Yeso” (Flores, Barbero, & Bustamante, 2017).

Los moldes exotérmicos de grafito se los consiguió de las empresas RQ Instalaciones eléctricas & Electrónicas e INESA S.A. Instalaciones electromecánicas, son empresas dedicadas a la ejecución de obras eléctricas.

El yeso se lo obtuvo en una de las tiendas de PINTULAC empresa muy reconocida en la ciudad de Guayaquil con su respectiva ficha técnica (Ver anexo 6-8), y el agua destilada se la consiguió en la Distribuidora Domínguez, empresa dedicada a la venta de productos químicos.

### **Materiales Usados**

Los materiales que se usó para los prototipos de yeso más grafito reciclado son:

- Moldes exotérmicos de grafito.



**Figura 20.** Moldes exotérmicos

**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

- Yeso extrafino con una pureza del 99.62% Sulfato de Calcio como lo indica la ficha técnica dada por la empresa Pintulac, de acuerdo con la Norma INEN 1 685.



**Figura 21.** Yeso extrafino  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

- Agua destilada de acuerdo lo indica la Norma INEN 1 688 para elaborar las muestras a las que se le realizaran las pruebas de compresión y de fraguado.



**Figura 22.** Agua destilada  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

### Proceso de Trituración del Molde Exotérmico

El Proceso para pulverizar el molde exotérmico es el siguiente:

- Se retiraron todas las bisagras, tornillos y placas de metal que contienen los moldes desde la fábrica, luego se limpia los restos de material que quedaron adheridos al soldar.



**Figura 23.** Limpieza de los moldes exotérmicos  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

- Se perforo el molde con un taladro hasta convertirlo en piedras más pequeñas



**Figura 24.** Proceso para triturar el molde exotérmico  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

- Las piedras de grafito fueron reducidas por un molino, este paso fue repetido por 3 veces seguidas con el fin de triturar la piedra hasta convertirla en polvo.



**Figura 25.** Primer triturado de la piedra del grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 26.** Resultados del primer triturado de la piedra del grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 27.** Segundo triturado de la piedra del grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 28.** Tercer triturado de la piedra del grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 29.** Resultado del tercer triturado de la piedra del grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

- Posteriormente de triturar la piedra por el molino, los granos aun quedaron muy gruesos (aprox. 2 a 3mm), por lo tanto, se optó por tamizar el grafito con espesor de malla (1,5mm).



**Figura 30.** Primer tamizado de la piedra de grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

- Al momento de tamizar el grafito por un colador el grano seguía muy grueso con espesor de 1 a 1,5mm, por lo que se decidió pasarlo por una media de nylon para que el grano quede aún más fino 5-10  $\mu\text{m}$ .



**Figura 31.** Segundo tamizado de la piedra de grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 32.** Resultado del segundo tamizado de la piedra de grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

## Herramientas Utilizadas para Elaborar el Prototipo

Las herramientas utilizadas para la elaboración de los prototipos de yeso más grafito reciclado son los siguientes:

- Balanza digital
- Moldes rectangulares de aluminio para las pruebas de compresión:  
Medidas: 6 cm x 10 cm, con espesor 6 cm
- Moldes anillo tronco cónico rígido para las pruebas de fraguado:  
Medidas: diámetro interior de 70 mm en la base, en la parte superior 60 y una altura de 40 mm
- Recipiente plástico
- Guantes
- Contenedores para pesar el yeso y grafito
- Envase medidor de agua
- Aceite mineral
- Tamiz
- Media Nylon

(Ver anexo 1-2)

## Primer Ensayo

El primer ensayo para obtener el prototipo yeso de referencia sin adiciones se utilizó las siguientes proporciones de materiales (Agua/Yeso):

**Tabla 15**

*Primer ensayo - yeso de referencia sin adiciones*

<b>Primer ensayo - yeso de referencia sin adiciones</b>			
<b>Proporciones de materiales</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Yeso</b>	<b>Agua</b>	<b>Grafito</b>
YBASE	453.60 gr	300 ml	0

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

En la ficha técnicas del yeso que nos facilitaron en la empresa Pintulac (Ver anexo 6-8) indica que para una buena consistencia de mezcla (Agua/Yeso), se requiere 4 litros de agua en 14 libras de yeso, por lo tanto, se realizó el cálculo para conocer la proporción de cuánta agua se necesita para 1 libra (453.60 gramos) de yeso.

**Cálculo:**

$$\frac{14 \text{ libras yeso}}{1 \text{ libra yeso}} = \frac{4 \text{ litros agua}}{x}$$
$$x = \frac{4}{14} = 0,287 = 0,30 \text{ litros de agua}$$

300 ml de agua

Hecho esto, se procedió a pesar el yeso en la balanza digital y medir el agua destilada en una taza con escala en ml, luego se colocó los materiales en el recipiente para mezclar el yeso con el agua, este procedimiento se lo hizo a mano utilizando guantes para tener una buena mezcla de los materiales; evitando que se formen grumos de aire, posteriormente la mezcla fue colocada al molde de aluminio previamente lubricado, enseguida se golpeó levemente los laterales del molde para evitar se formen burbujas dentro de la mezcla.



**Figura 33.** Pesaje del yeso – primer ensayo  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 34.** Pesaje del agua destilada – primer ensayo  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

La mezcla de yeso una vez que fue colocada en los moldes de aluminio, se dejó secar bajo el sol a temperatura ambiente sin desmoldar las muestras por 24 horas como lo indica la Norma INEN 1 688.



**Figura 35.** Muestras de yeso de referencia sin adiciones puestas en molde  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

## Segundo Ensayo

El segundo ensayo para obtener el prototipo de yeso con el 5% de grafito (Yeso95%/Grafito5%). se utilizó las siguientes proporciones de materiales:

**Tabla 16**

*Segundo ensayo - yeso con 5% de grafito*

<b>Segundo ensayo - yeso con 5% de grafito</b>			
<b>Proporciones de materiales</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Yeso</b>	<b>Agua</b>	<b>Grafito</b>
Y95- G5-1	430.92gr	300 ml	22.68gr
Y95- G5-2	430.92gr	300 ml	22.68gr

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

El proceso para elaborar el segundo ensayo se disminuyó el 5% de yeso de los 453.60 gr (1 libra) para sustituirlo por el 5% de grafito, y con respecto al agua destilada se usó la misma cantidad que el primer ensayo 300ml, por lo tanto, el cálculo que se realizó para tener las cantidades exactas para lograr la consistencia de esta muestra fue la siguiente:

### **Cálculos proporciones de yeso y grafito:**

$$453.60 \text{ gr de yeso} * 5\% = 22.68 \text{ gr}$$

$$453.60 \text{ gr de yeso} - 22.68 \text{ gr de yeso} = 430.92 \text{ gr de yeso}$$

$$430.92 \text{ gr de yeso}$$

$$22.68 \text{ gr de grafito}$$

Se procedió con el pesaje del yeso y el grafito en la balanza digital, luego se midió los 300ml de agua destilada y se lubricó con aceite los moldes para evitar que la muestra se adhiera al molde, posteriormente se vertió el yeso y grafito al recipiente para mezclar correctamente ambos materiales.



**Figura 36.** Pesaje de grafito 5%  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 37.** Pesaje del yeso para muestra con 5% de grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

Con este ensayo al verter el agua destilada a la mezcla de yeso más grafito, se desconocía que reacción iba a generar, por esta razón la muestra Y95- G5, al fusionar el yeso con el grafito y agua destilada, esta mezcla en temperatura ambiente comenzó a fraguar mucho más rápido que la muestra del primer ensayo, indicando que el grafito actúa como acelerante y no se alcanzó a colocar toda la mezcla faltante para completar el molde de aluminio formándose dos piezas compactas.



**Figura 38.** Muestra Y95- G5  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

Se realizo otra muestra Y95- G5 con las mismas proporciones que la muestra Y95- G5, pero en esta ocasión; trabajando de una manera más hábil y rápida, de esta manera tomando en cuenta que los materiales se fusionen correctamente antes de vaciar la mezcla al molde de aluminio previamente lubricado, una vez hecho esto, se golpea el molde en los laterales para evitar formación de burbujas de aire, de esta forma ambas muestras se dejaron secar al sol, permaneciendo 24 horas a temperatura ambiente sin desmoldarlas.



**Figura 39.** Muestras de yeso con el 5% de grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

### Tercer Ensayo

El tercer ensayo para obtener el prototipo de yeso con el 10% de grafito (Yeso90%/Grafito10%), se utilizó las siguientes proporciones de materiales:

**Tabla 17**

Tercer ensayo - yeso con 10% de grafito

<b>Tercer ensayo - yeso con 10% de grafito</b>			
<b>Proporciones de materiales</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Yeso</b>	<b>Agua</b>	<b>Grafito</b>
Y90- G10	408.24 gr	300 ml	45.36 gr

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

El proceso para elaborar el tercer ensayo se disminuyó el 10% de yeso de los 453.60 gr (1 libra) para sustituirlo por el 10% de grafito, y con respecto al agua destilada se usó la misma cantidad que el primer y segundo ensayo 300ml, por lo tanto, el cálculo que se realizó para tener las cantidades exactas para ejecutar esta muestra fue la siguiente:

#### **Cálculos proporciones de yeso y grafito:**

$$453.60 \text{ gr de yeso} * 10\% = 45.36 \text{ gr}$$

$$453.60 \text{ gr de yeso} - 45.36 \text{ gr de yeso} = 408.24 \text{ gr de yeso}$$

$$408.24 \text{ gr de yeso}$$

$$45.36 \text{ gr de grafito}$$

Se procedió con el pesaje del yeso y grafito en la balanza digital y medir el agua destilada en una taza con escala en ml, luego se colocó los materiales en el recipiente para mezclar el yeso, 10% de grafito y el agua destilada, repitiendo el mismo procedimiento que en los ensayos anteriores, se aseguró de que se efectuó una buena mezcla de los materiales evitando que se formen grumos de aire, rápidamente la mezcla Y90- G10 fue colocada al molde de aluminio previamente lubricado por lo que este prototipo fraguó aún más rápido que la muestra Y95- G5, enseguida se golpeó levemente los laterales del molde para evitar burbujas dentro de la mezcla.



**Figura 40.** Pesaje de grafito 10%  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 41.** Pesaje del yeso para muestra con 10% de grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

Tal cual como en los prototipos pasados se dejó secar la muestra Y90- G10 en el sol permaneciendo 24 horas a temperatura ambiente sin desmoldarlas.



**Figura 42.** Muestras de yeso con el 10% de grafito  
*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

#### Cuarto Ensayo

El cuarto ensayo para obtener el prototipo de yeso con el 15% de grafito (Yeso85%/Grafito15%) se utilizó las siguientes proporciones de materiales:

**Tabla 18**

*Cuarto ensayo - yeso con 15% de grafito*

<b>Cuarto ensayo - yeso con 15% de grafito</b>			
<b>Proporciones de materiales</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Yeso</b>	<b>Agua</b>	<b>Grafito</b>
Y/A85- G15	385.56 gr	255 ml	68.04 gr

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

El proceso para elaborar el cuarto ensayo se disminuyó el 15% de yeso de los 453.60 gr (1 libra) para sustituirlo por el 15% de grafito, y con respecto al agua destilada se disminuyó la cantidad de 300ml a 255ml (15%), puesto que en la investigación realizada en la Universidad Politécnica de Madrid con el tema “Filler de Grafito Reciclado de EDM en Pasta de Yeso” indica en el experimento que ellos realizaron las muestras que contienen 5, 10 y 15% de grafito EDM al reducir agua tiene una mayor resistencia a la compresión (Flores, Barbero, & Bustamante, 2017). por lo tanto, el cálculo que se realizó para tener las cantidades exactas para ejecutar esta muestra fue la siguiente:

**Cálculos agua:**

$$300\text{ml de agua destilada} * 15\% = 45\text{ml}$$

$$300\text{ml de agua destilada} - 45\text{ml} = 255\text{ ml}$$

*255 ml de agua destilada*

**Cálculos proporciones de yeso y grafito:**

$$453.60\text{ gr de yeso} * 15\% = 68.04\text{ gr}$$

$$453.60\text{ gr de yeso} - 68.04\text{ gr de yeso} = 385.56\text{ gr de yeso}$$

*385.56 gr de yeso*

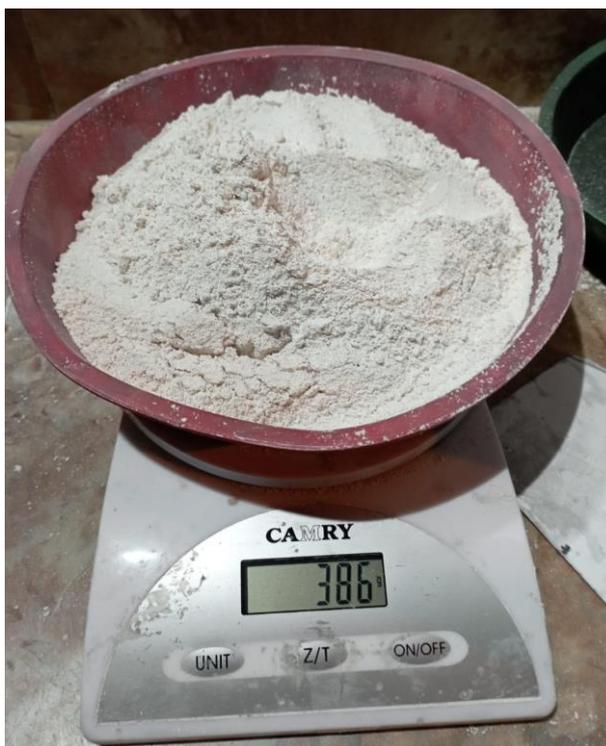
*68.04 gr de grafito*

Se procedió con el pesaje del yeso y grafito en la balanza digital y medir el agua destilada en una taza con escala en ml, luego se colocó los materiales en el recipiente para mezclar el yeso, 15% de grafito y el agua destilada, repitiendo el mismo procedimiento que en los ensayos anteriores se aseguró de que se efectuó una buena mezcla de los materiales evitando que se formen grumos de aire, rápidamente la mezcla Y/A85- G15 fue colocada al molde de aluminio previamente lubricado, por lo tanto este prototipo también fraguó rápido como la muestra Y95- G5 y Y90- G10, enseguida se golpeó levemente los laterales del molde para evitar burbujas dentro de la mezcla.



**Figura 43.** Pesaje de grafito 15%

**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 44.** Pesaje del yeso para muestra con 15% de grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

Tal cual como en los prototipos pasados se dejó secar la muestra Y/A85- G15 en el sol permaneciendo 24 horas a temperatura ambiente sin desmoldarlas.



**Figura 45.** Muestras de yeso con el 15% de grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

## Quinto Ensayo

El Quinto y último ensayo para obtener el prototipo de yeso con el 20% de grafito (Yeso80%/Grafito20%) se utilizó las siguientes proporciones de materiales:

**Tabla 19**

*Quinto ensayo - yeso con 20% de grafito*

<b>Quinto ensayo - yeso con 20% de grafito</b>			
<b>Proporciones de materiales</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Yeso</b>	<b>Agua</b>	<b>Grafito</b>
Y80-A85- G20	362.88 gr	255 ml	90.72 gr

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

El proceso para elaborar el quinto ensayo se disminuyó el 20% de yeso de los 453.60 gr (1 libra) para sustituirlo por el 20% de grafito, y con respecto al agua destilada se usó 255 ml (15%), igual que en la muestra Y/A85- G15, por lo tanto, el cálculo que se realizó para tener las cantidades exactas para ejecutar esta muestra fue la siguiente:

### **Cálculos proporciones de yeso y grafito:**

$$453.60 \text{ gr de yeso} * 20\% = 90.72 \text{ gr}$$

$$453.60 \text{ gr de yeso} - 90.72 \text{ gr de yeso} = 362.88 \text{ gr de yeso}$$

$$362.88 \text{ gr de yeso}$$

$$90.72 \text{ gr de grafito}$$

Se procedió con el pesaje del yeso y grafito en la balanza digital y medir el agua destilada en una taza con escala en ml, luego se colocó los materiales en el recipiente para mezclar el yeso, 20% de grafito y el agua destilada, repitiendo el mismo procedimiento que en los ensayos anteriores, se aseguró de que se efectuó una buena mezcla de los materiales evitando que se formen grumos de aire, rápidamente la mezcla Y80-A85-G20 fue colocada al molde de aluminio previamente lubricado, de esta manera el prototipo fraguó mucho más rápido que las muestras anteriores que contienen grafito, haciéndolo menos manejable, enseguida se golpeó levemente los laterales del molde para evitar burbujas de aire dentro de la mezcla.



**Figura 46.** Pesaje de grafito 20%  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 47.** Pesaje del yeso para muestra con 20% de grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

Como en los prototipos pasados se dejó secar la muestra Y80-A85-G20-1 en el sol permaneciendo 24 horas a temperatura ambiente sin desmoldarlas.



**Figura 48.** Muestras de yeso con el 20% de grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

Todas las muestras luego de cumplir las 24 horas secándose a temperatura ambiente fueron desmoldadas, luego las muestras fueron llevadas al horno durante 7 días a una temperatura entre 32°C Y 43°C para que estas estén completamente secas antes de realizar las pruebas como lo indica la Norma INEN 1 688.



**Figura 49.** Muestras desmoldadas al cumplir 24h  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 50.** Muestras en horno para absorber la humedad  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

Durante los 7 días que las muestras fueron puestas por 1 hora al horno se llevó un registro del peso de los prototipos como lo indica la Norma INEN 1 688 y así asegurar que la humedad que hay en las muestras va disminuyendo.

**Tabla 20**

*Pesaje de las Muestras Durante 7 Día*

PESAJE DE LAS MUESTRAS DURANTE 7 DÍAS						
	Prototipos	yeso de referencia sin adiciones	Yeso con 5% de grafito	Yeso con 10% de grafito	Yeso con 15% de grafito	Yeso con 20% de grafito
<b>Día 1</b>	1	553gr	543gr	545gr	556gr	553gr
	2	554gr	549gr	548gr	550gr	549gr
<b>Día 2</b>	1	509 gr	462 gr	466gr	548 gr	515gr
	2	521gr	501 gr	488gr	513gr	495gr
<b>Día 3</b>	1	473gr	421gr	427gr	506gr	560gr
	2	479 gr	466 gr	451gr	473gr	463gr
<b>Día 4</b>	1	457gr	400gr	406gr	486gr	514gr
	2	457gr	451gr	432gr	456gr	448gr
<b>Día 5</b>	1	453gr	393gr	401gr	478gr	484gr
	2	451gr	447gr	427gr	452gr	444gr
<b>Día 6</b>	1	451gr	393gr	400 gr	476gr	474gr
	2	449gr	445gr	427gr	450gr	443gr
<b>Día 7</b>	1	449gr	393gr	400gr	475gr	474gr
	2	449gr	444gr	427gr	449gr	443gr

**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

En total se realizaron 10 muestras 2 de cada prototipo, ambas con las mismas proporciones de material, esto para poder elegir las mejores muestras para ser llevadas a las pruebas físicas. Como se indica en la tabla los pesos de las muestras al dejarlas en el horno por 1 hora entre una temperatura de 32°C a 43°C desde el día 1 hasta el día 7 fueron disminuyendo; a partir del día 5 las muestras comenzaron a variar en peso de 2 a 3 gr y entre el día 6 y 7 las muestras ya no presentaban variación en su peso, indicado que los prototipos se encontraban deshidratados.



**Figura 51.** Muestra de yeso de referencia sin adiciones elegida para prueba física  
*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 52.** Muestra de yeso con 5% de grafito elegida para prueba física  
*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 53.** Muestra de yeso con 10% de grafito elegida para prueba física  
*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 54.** Muestra de yeso con 15% de grafito elegida para prueba física  
*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 55.** Muestra de yeso con 20% de grafito elegida para prueba física  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

De las 10 muestras se eligieron los 5 mejores prototipos para ser llevados al laboratorio y colocarlas en un desecador con perclorato de magnesio por 24h antes de realizar las pruebas de compresión como lo indica la Norma INEN 1 688. esto para secar en su totalidad las muestras y también para protegerlas de la humedad.



**Figura 56.** Muestras colocadas en desecador sobre perclorato de magnesio  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

**Tabla 21***Ultimo Pesaje Después de Cumplir las 24h en el DeseCADOR*

ULTIMO PESAJE DESPUES DE CUMPLIR LAS 24H EN EL DESECADOR					
	yeso de referencia sin adiciones	Yeso con 5% de grafito	Yeso con 10% de grafito	Yeso con 15% de grafito	Yeso con 20% de grafito
	Muestra 2	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 2
<b>Ultimo Pesaje</b>	446.6gr	442gr	399gr	446.3gr	440.4gr

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)**Resultados de pruebas en laboratorio**

Las pruebas que se realizó a los prototipos de yeso más grafito reciclado son de compresión y fraguado, para esto se eligió el laboratorio de la universidad de Guayaquil en la Facultad de Ciencias y Matemáticas “Ing. Dr. Arnaldo Ruffilli”.

Con estas pruebas se busca conocer el comportamiento de los prototipos con los diferentes porcentajes de grafito, por este motivo se realizó varias muestras para comprobar su resistencia a la compresión y conocer los tiempos de fraguado de cada prototipo, las pruebas de compresión se realizaron a las muestras previamente elaboradas; las cuales fueron fabricadas en base a la Norma INEN 1 688, y para las pruebas de fraguado se realizaron en el laboratorio los prototipos con las mezclas propuesta en este proyecto de investigación, el mismo día de la prueba rigiéndonos a la Norma INEN 1 688.

**Pruebas de la Resistencia a la Compresión**

Los prototipos de yeso más grafito enviados al laboratorio se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 22***Prototipos de Yeso Más Grafito para Pruebas de Laboratorio*

Prototipos de Yeso Más Grafito para Pruebas de Laboratorio			
Muestra	Yeso	Agua	Grafito
YBASE-2	453.60 gr	300 ml	0
Y95- G5-2	430.92gr	300 ml	22.68gr
Y90- G10-1	408.24 gr	300 ml	45.36 gr
Y/A85- G15-2	385.56 gr	255 ml	68.04 gr
Y80-A85-G20-2	362.88 gr	255 ml	90.72 gr

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

El equipo que se utilizó para realizar las pruebas de compresión fue la prensa hidráulica:



**Figura 57.** Prensa Hidráulica para Pruebas de Compresión  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

Esta máquina me indica el peso en fuerza (kg) para poder obtener el peso en fuerza que ejerce en cada  $\text{cm}^2$  ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) de la muestra, y así poder elaborar un diagrama que nos permita evaluar los valores obtenidos en el laboratorio de manera más gráfica y poderlos analizar los resultados.

Para esta prueba se colocó la muestra con unas dimensiones de  $6\text{cm} \times 6\text{cm} \times 10\text{cm}$  en la prensa hidráulica y encima del prototipo se colocó una placa metálica con un peso de  $2.3\text{kg}$  para que la fuerza que ejerce la maquina sea uniforme, este peso es sumado al peso en fuerza (kg) que se obtenga de cada prototipo.



**Figura 58.** Placa metálica  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

## **Análisis de las Pruebas de Resistencia a la Compresión**

A continuación, se describe el comportamiento de las muestras realizadas según su porcentaje de grafito sustituido en peso al yeso:

La muestra Y95-G5-2 tuvo una mejor resistencia a la compresión con una variación de aumento del 30.5% con respecto al prototipo YBASE-2, sus proporciones de mezcla son de un 95% de yeso y 5% de grafito.

La muestra Y90- G10-1 con las proporciones de mezcla con 90% de yeso y un 10% de grafito, tuvo una mayor resistencia a la compresión que la muestra YBASE-2, ejerciendo una variación adicional del 33.3% y con la muestra del 5% de grafito aumenta la resistencia a la compresión el 2,8%.

Con respecto a la muestra Y/A85-G15-2 comparada con el prototipo YBASE-2 alcanza mayor resistencia a la compresión ejerciendo un 50% de aumento, la cual cuenta con las proporciones de mezcla del 85% de yeso/agua y el 15% de grafito.

Por otro lado, la muestra Y80-A85-G20-2, los resultados generados demuestran que tiene una mayor resistencia a la compresión en relación al prototipo YBASE-2, con solo 22,2% y respecto al prototipo Y95-G5-2 disminuye el -8,3%, esto demuestra que al reducir el 20% en peso del yeso para remplazarlo por 20% de grafito pierde su consistencia.

Los datos obtenidos en las pruebas de compresión ejecutado en la prensa hidráulica, se puede apreciar en la tabla 23 y el aumento de resistencia de los prototipos, ver la figura 59. (Anexo 9)

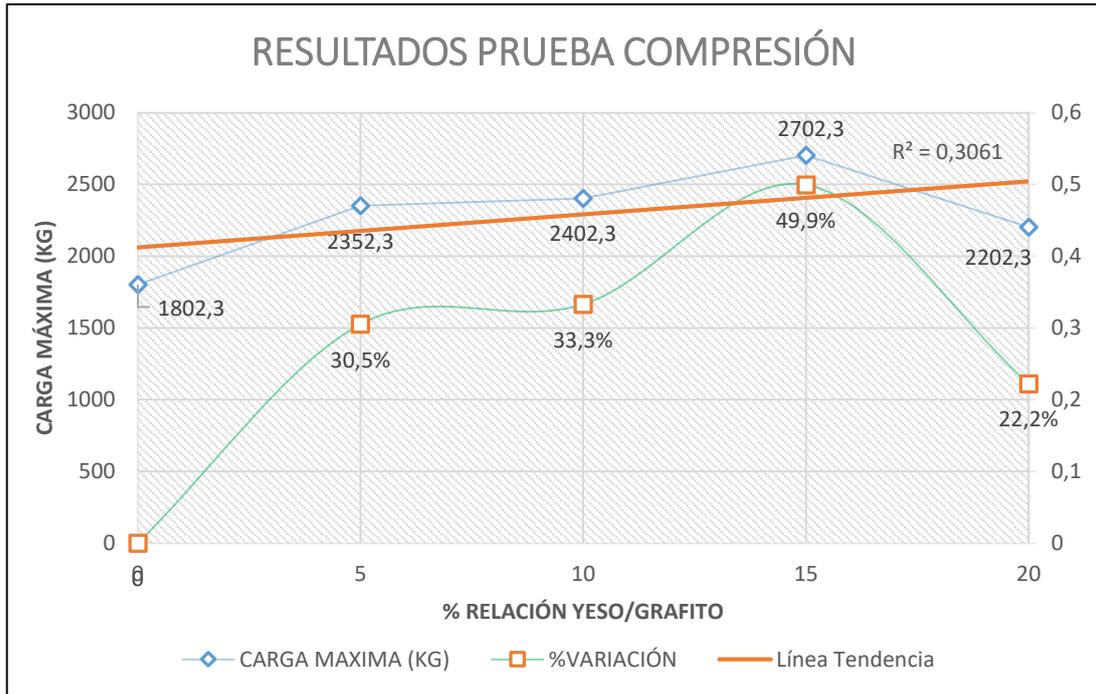
**Tabla 23**

*Ensayo de Resistencia a la Compresión*

### **Ensayo de Resistencia a la Compresión**

<b>Muestras</b>	<b>% Grafito</b>	<b>Carga Máxima (Kg)</b>	<b>Resistencia Compresión (Kg/Cm2)</b>	<b>%Variación</b>
YBASE-2	0	1802,3	30,04	0
Y95- G5-2	5	2352,3	39,21	30,5%
Y90- G10-1	10	2402,3	40,04	33,3%
Y/A85- G15-2	15	2702,3	45,04	49,9%
Y80-A85-G20-2	20	2202,3	36,71	22,2%

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 59.** Resultados de las pruebas de compresión  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

- Rotura de la muestra YBASE-2 con una resistencia a la compresión de 30.04 kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 60.** Rotura de la muestra yeso de referencia sin adiciones  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

- Rotura de la muestra Y95- G5-2 con una resistencia a la compresión de 39.21 kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 61.** Rotura de la muestra con el 5% de grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

- Rotura de la muestra Y90- G10-1 con una resistencia a la compresión de 40,04 kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 62.** Rotura de la muestra con el 10% de grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

- Rotura de la muestra Y/A85-G15-2 con una resistencia a la compresión de 45,04 kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 63.** Rotura de la muestra con el 15% de grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

- Rotura de la muestra Y80-A85-G20-2 con una resistencia a la compresión de 36,71 kg/cm<sup>2</sup>.



**Figura 64.** Rotura de la muestra con el 20% de grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

## Pruebas de Determinación del Tiempo de Fraguado

En la tabla 24, se detallan los resultados de los prototipos de yeso más grafito realizados en el laboratorio para las pruebas de fraguado:

**Tabla 24**

*Prototipos de Yeso más Grafito para Pruebas de Laboratorio*

Prototipos de Yeso Más Grafito para Pruebas de Laboratorio			
Muestra	Yeso	Agua	Grafito
YBASE	500 gr	310 ml	0
Y95- G5	475gr	310 ml	25gr
Y90- G10	450 gr	310 ml	50 gr
Y/A85- G15	425 gr	264 ml	75 gr
Y80-A85-G20	400 gr	264 ml	100 gr

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

El equipo utilizado para realizar las pruebas de fraguado es con el Aparato de Vicat y un molde tronco cónico:



**Figura 65.** Aparato de Vicat

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 66.** Molde Tronco Cónico  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

El aparato de Vicat está compuesto por una pesa vertical que se encuentra en la parte superior del equipo y una aguja en su otro extremo, cuando la pesa desciende, la aguja se introduce en la muestra tomando una medición en milímetros.

Para esta prueba se realiza 5 prototipos que se muestran en la tabla 24 con sus diferentes proporciones de material, se inicia elaborando la mezcla que corresponde a cada prototipo y con la ayuda de un cronómetro se toma el tiempo desde la colocación del agua, luego inmediatamente cada mezcla se vierte en un molde tronco cónico y se procede a ubicar en el aparato de Vicat que, al momento de liberar la pesa, la aguja desciende y perfora la muestra dando una medida en milímetros. En el transcurso de las pruebas se toma el tiempo con el cronómetro mientras la mezcla fragua paulatinamente y disminuye la penetración de la aguja dependiendo de la reacción física.

### **Análisis de las Pruebas de Determinación del Tiempo de Fraguado**

Al realizar la prueba se puede observar la variación de los tiempos de fraguado según el porcentaje de grafito que contenga cada muestra, en la figura 67 la muestra de yeso referencial sin adiciones y la muestra Y95- G5 desde el minuto 5 la aguja introduce a los prototipos a una distancia de 39mm, a partir del minuto 13 comienza a endurecer la mezcla teniendo una distancia de 13 a 15 mm respectivamente hasta el minuto 18 que es cuando la mezcla ha fraguado completamente.

Las muestras Y90- G10, Y/A85- G15 y Y80-A85-G20 por otro lado tienen un tiempo de fraguado mucho más rápido, en la figura 68 indica que desde el minuto 3 al 4 tiene una distancia de 39 a 40 mm, pero a partir del minuto 5 al 6, las muestras fraguan de manera acelerada hasta el minuto 8, a diferencia de las dos primeras muestras que fraguan al doble de tiempo. (Anexo 10-12)



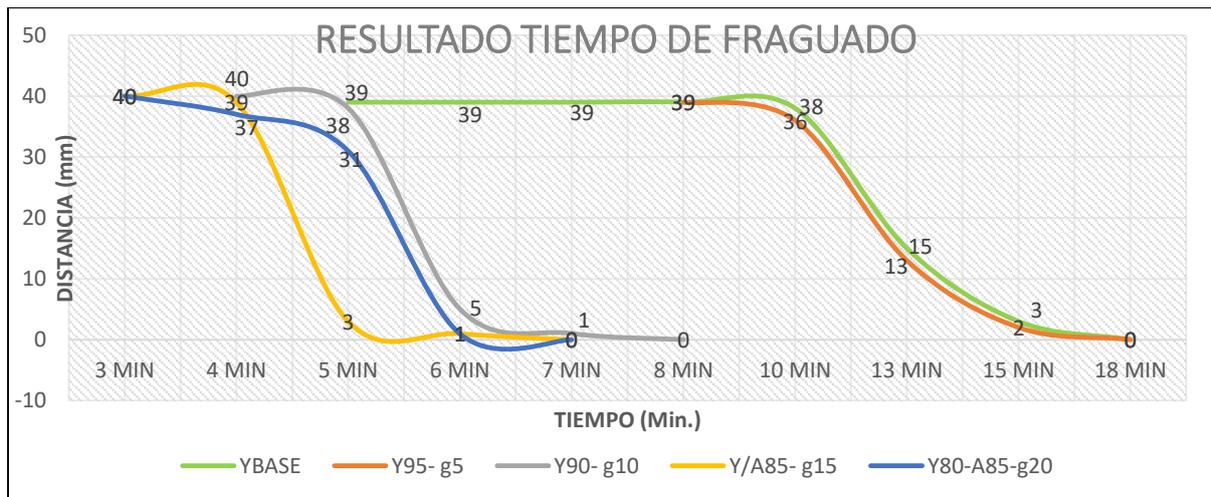
**Figura 67.** Muestras para pruebas de fraguado  
*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

**Tabla 25**

*Ensayo Determinación del Tiempo de Fraguado*

<b>Ensayo Determinación del Tiempo de Fraguado</b>					
<b>Tiempo</b>	<b>YBASE</b>	<b>Y95- G5</b>	<b>Y90- G10</b>	<b>Y/A85- G15</b>	<b>Y80-A85-G20</b>
	<b>Distancias (mm)</b>				
<b>3 Min</b>				40mm	40mm
<b>4 Min</b>			40mm	39mm	37mm
<b>5 Min</b>	39mm	39mm	38mm	3mm	31mm
<b>6 Min</b>	39mm		5mm	1mm	1mm
<b>7 Min</b>	39mm		1mm	0mm	0mm
<b>8 Min</b>	39mm	39mm	0mm		
<b>10 Min</b>	38mm	36mm			
<b>13 Min</b>	15mm	13mm			
<b>15 Min</b>	3mm	2mm			
<b>18 Min</b>	0mm	0mm			

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 68.** Resultados de las pruebas de determinación de fraguado  
*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

- Determinación del fraguado final de la mezcla a/y en un tiempo de 18 minutos.



**Figura 69.** Determinación del tiempo de fraguado en muestra YBASE  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

- Determinación del fraguado parcial de la mezcla con el 95% de yeso y el 5% de grafito en un tiempo de 10 minutos.



**Figura 70.** Determinación del tiempo de fraguado en muestra de 5%  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

- Determinación del fraguado parcial de la mezcla con el 90% de yeso y el 10% de grafito en un tiempo de 6 minutos.



**Figura 71.** Determinación del tiempo de fraguado en muestra de 10%  
*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

- Determinación del fraguado final de la mezcla con el 85% de yeso y el 15% de grafito en un tiempo de 7 minutos.



**Figura 72.** Determinación del tiempo de fraguado en muestra de 20%  
*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

- Determinación del fraguado final de la mezcla con el 80% de yeso y el 20% de grafito en un tiempo de 6 minutos.

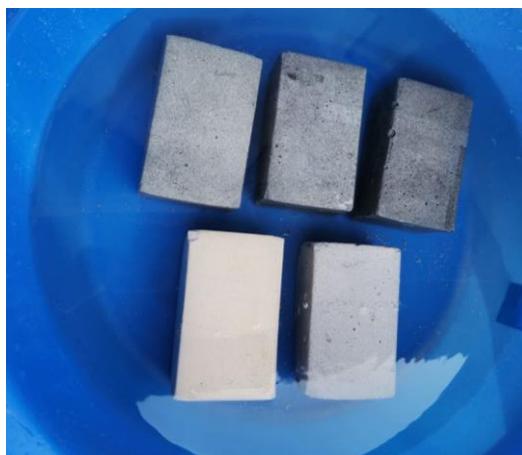


**Figura 73.** Determinación del tiempo de fraguado en muestra de 20%  
*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

### **Determinar la Absorción de Agua**

Para determinar la cantidad de agua que puede absorber los prototipos se realiza una prueba empírica de experimentación y observación, sumergiendo las 5 muestras en un recipiente con agua.

Las muestras son pesadas antes y después de ser introducidas al agua para así poder revisar cuanto aumenta en peso y determinar el porcentaje de absorción de agua de los prototipos.



**Figura 74.** Prueba para determinar la absorción del agua  
*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

**Tabla 26***Pesaje de las Muestras Para Determinar la Absorción de Agua*

<b>Pesaje de las Muestras Para Determinar la Absorción de Agua</b>						
	Tiempo	YBASE	Y95- G5	Y90- G10	Y/A85- G15	Y80-A85-G20
	<b>Peso (gr)</b>					
<b>Muestra Seca</b>	0 Min	450gr	392gr	427gr	475gr	472gr
<b>Peso después de sumergir las muestras en el agua</b>	8 Min	563gr	527gr	549gr	579gr	584gr
	13 Min	570gr	528gr	558gr	582gr	586gr
	18 Min	571gr	528gr	562gr	585gr	588gr
	23 Min	572gr	528gr	565gr	587gr	588gr
	28 Min	572gr	529gr	566gr	588gr	588gr
	33 Min	572gr	529gr	566gr	590gr	589gr
	43 Min	572gr	529gr	567gr	593gr	590gr
	53 Min	572gr	529gr	567gr	594gr	591gr
	1 Hora	572gr	529gr	568gr	598gr	596gr
	2 Hora	573gr	529gr	568gr	600gr	599gr
	3 Hora	573gr	529gr	569gr	600gr	602gr

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

Al someter los prototipos en un recipiente con agua se determina que las muestras que contiene grafito son las que absorben mayor cantidad de agua de acuerdo a su proporción de mezcla:

- La muestra Y95- G5 absorbe agua un 11% más en relación a la muestra YBASE.
- La muestra Y90- G10 es la que tiene una mayor absorción de agua llegando a un 15% en relación a la muestra YBASE.
- La muestra Y/A85- G15 y Y80-A85-G20 en los resultados presenta un aumento de absorción de agua entre el 2% - 6% en relación a la muestra YBASE.

**Tabla 27***Ensayo Para Determinar la Absorción de Agua***Ensayo Para Determinar la Absorción de Agua**

<b>Muestras</b>	<b>% Grafito</b>	<b>Peso Inicial</b>	<b>Peso Final</b>	<b>Diferencia</b>	<b>%Variación</b>
YBASE	0	450gr	573gr	123gr	0
Y95- G5	5	392gr	569gr	137gr	11%
Y90- G10	10	427gr	569gr	142gr	15%
Y/A85- G15	15	475gr	600gr	125gr	2%
Y80-A85-G20	20	472gr	602gr	130gr	6%

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

## Pruebas de Resistencia al Fuego

Se realiza pruebas de resistencia al fuego a los prototipos realizados en este proyecto de investigación frente a la presencia de un incendio simulado por un soplete de gas butano, para determinar cómo es el comportamiento termodinámico del yeso y grafito que componen las muestras utilizadas, las cuales fueron sometidas al calor en el lapso de un minuto.



**Figura 75.** Soplete a Gas Butano  
*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

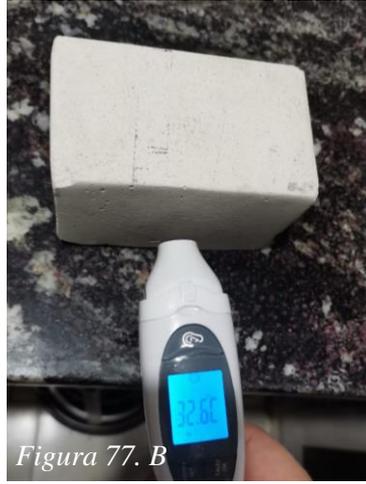
El prototipo YBASE (Yeso muestra referencial sin adiciones), al ser sometido por un minuto al fuego generado por el soplete de gas, se evidencia inicialmente la presencia de emisión de vapores, producto del calentamiento del Yeso y se logra demostrar inmediatamente que el material no es inflamable al someterlo al fuego directo, al final de la prueba presenta una marca circular en el área calentada, luego se realiza la toma de temperatura al prototipo en la parte expuesta al fuego queda con una temperatura residual mayor de 50°C (HI) y en la parte posterior de la muestra presenta una temperatura de 32 °C e indica que hay una transmisión de energía cinética de sus moléculas, que evidencia su baja conductividad térmica propia del Yeso.



**Figura 76.** Prueba de resistencia al fuego muestras YBASE  
*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



*Figura 77. A*



*Figura 77. B*

**Figura 77.** A-B toma de temperatura muestra YBASE  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

En las muestras de Yeso que contienen 5, 10, 15 y 20 % de grafito fueron expuestas al fuego por el lapso de un minuto, se comprueba que existe una extraordinaria reacción ante el calor del fuego que emite el soplete de gas, por lo que las muestras no son inflamables y no generan ninguna reacción química (emisión de vapores), en el área donde la muestra se expone el calor del soplete queda con una temperatura residual mayor de 50°C (Hi), y en la parte posterior de la muestra se mantiene fría (Lo), a temperatura ambiente de 20 °C, lo cual revela que las muestras con grafito tienen una transmisión de energía cinética mucho más lenta bajando aún más la conductividad térmica del Yeso.



**Figura 78.** Prueba de resistencia al fuego muestras 5% de grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



*Figura 79. A*



*Figura 79. B*

**Figura 79.** A-B Toma de temperatura a la muestra 5% grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 80.** Prueba de resistencia al fuego muestras 10% de grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



*Figura 81. A*



*Figura 81. B*

**Figura 81.** A-B Toma de temperatura a la muestra 10% grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 82.** Prueba de resistencia al fuego muestras 15% grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 83. A**



**Figura 83. B**

**Figura 83. A-B** Toma de temperatura a la muestra 15% grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 84.** Prueba de resistencia al fuego muestras 20% grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 85.** A-B Toma de temperatura a la muestra 20% grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

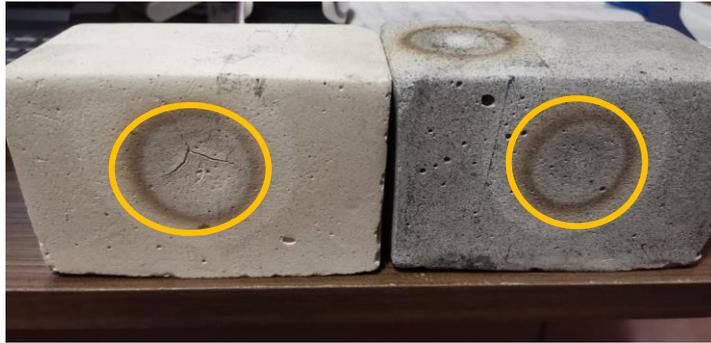
La muestra YBASE expuesta al fuego, presenta una pequeña fisura en su superficie deformando el material, la muestras Y95- G5 presenta una fisura menos pronunciada en su superficie con relación a la muestra YBASE, mientras que los prototipos de Yeso que contienen grafito de 10, 15 y 20% de grafito no presentan fisura en el área que se ejecuta la prueba de fuego.



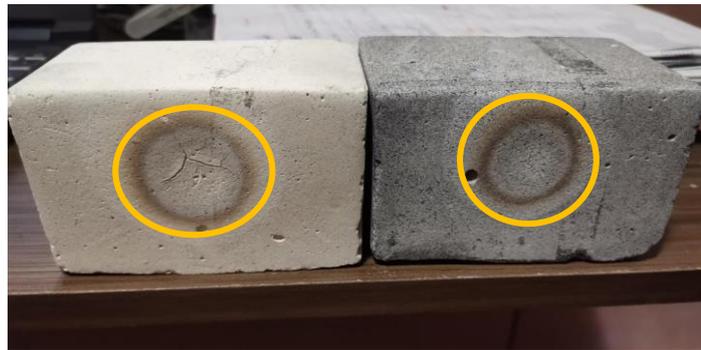
**Figura 86.** Fractura por calor muestra YBASE vs Y95- G5  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 87.** Fractura por calor muestra YBASE vs Y90- G10  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 88.** Fractura por calor muestra YBASE vs Y/A85- G15  
*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 89.** Fractura por calor muestra YBASE vs Y80-A85-G20  
*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

### **Elaboración de la placa decorativa**

Se logró elaborar una placa decorativa con el 5% de grafito (Yeso95%/Grafito5%). Ya que en las pruebas de laboratorio presentó una resistencia a la compresión del 33% en relación a la muestra de yeso referencial sin adiciones y un tiempo de fraguado final de hasta 18 minutos permitiendo que la mezcla sea manejable a la hora de crear la placa, para esto se utilizó las siguientes proporciones de materiales:

**Tabla 28**

*Proporciones de Materiales Para Elaborar la Placa Decorativa*

<b>Proporciones de Materiales Para Elaborar la Placa Decorativa</b>			
<b>Paca Decorativa</b>	<b>Yeso</b>	<b>Agua</b>	<b>Grafito</b>
Y95- G5	68994.61gr	4570 ml	362.87gr

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

El proceso para elaborar la placa decorativa se disminuyó el 5% de yeso de los 68994.60gr (16 libra) para sustituirlo por el 5% de grafito, y con respecto al agua destilada se usó 4570 ml, por lo tanto, el cálculo que se realizó para tener las cantidades exactas para crear la placa decorativa fue la siguiente:

**Cálculo:**

$$\frac{14 \text{ libras yeso}}{16 \text{ libra yeso}} = \frac{4 \text{ litros agua}}{x}$$

$$x = \frac{64}{14} = 4,57 \text{ litros de agua}$$

4570 ml de agua

**Cálculos proporciones de yeso y grafito:**

$$7257.48 \text{ gr de yeso} * 5\% = 362.871 \text{ gr}$$

$$7257.48 \text{ gr de yeso} - 362.87 \text{ gr de yeso} = 6894.61 \text{ gr de yeso}$$

6894.61 gr de yeso

362.87 gr de grafito

Las herramientas utilizadas para la elaboración de la placa decorativa de yeso más grafito reciclado son los siguientes:

- Balanza digital
- Moldes para placas decorativas de PVC:  
Medidas: 50 cm x 50 cm
- Encofrado de madera
- Recipiente plástico para la mezcla
- Guantes
- Contenedores para pesar el yeso y grafito
- Envase medidor de agua
- Aceite mineral
- Tamiz
- Media Nylon

De esta manera se procedió con el pesaje del yeso y grafito en la balanza digital y medir el agua destilada en una taza con escala en ml, se realizó un encofrado a medida del molde de PVC para que al colocar la mezcla la placa tenga un espesor total de 2 cm y medio, posteriormente se agregó los materiales en el recipiente para mezclar el yeso, 5% de grafito y el agua destilada, repitiendo el mismo procedimiento que en los ensayos para las pruebas

de laboratorio, se aseguró de que se efectuó una buena mezcla de los materiales evitando que se formen grumos de aire, rápidamente la mezcla fue colocada al molde de PVC previamente lubricado, el cual le dará una forma volumétrica y decorativa a la placa.



**Figura 90.** Molde de PVC y encofrado para colocación de la mezcla  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 91.** Colocación de la mezcla al molde  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 92.** Nivelación de mezcla  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

La mezcla fraguó a los 9 minutos por lo que el encofrado fue retirado, luego de 15 minutos la placa se desmoldo y se dejó secar a temperatura ambiente durante 24 horas.



**Figura 93.** Desencofrado de la placa  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)



**Figura 94.** Placa Decorativa con el 5% de grafito  
**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

### **Instalación de la placa decorativa Yeso más Grafito reciclado**

La instalación de la placa decorativa es fácil y rápida, se necesita un pegamento a base de yeso como el Romeral; es una masilla que en sus compuestos contiene sulfato de calcio semihidratado (yeso) además contiene aditivos retenedores de humedad y pegamento, para una buena adherencia de la placa a la pared, se coloca la masilla en los extremos y en el centro de la placa.

## Análisis de costos del proyecto

De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio, se realizó un análisis de costos de los prototipos con sus diferentes porcentajes de materiales investigados con el 5,10,15 y 20% de grafito en relación al peso del yeso, considerando esta cantidad para la elaboración de una placa decorativa.

La materia prima se adquirió de las empresas RQ Instalaciones eléctricas y Electrónicas e Instalaciones electromecánicas (INESA S.A.), las mismas que nos facilitaron los moldes de soldadura exotérmica desechados para poder extraer el grafito, el yeso extrafino blanco se lo adquirió en la tienda Pintulac y el agua destilada en la Distribuidora y Laboratorios Domínguez S.A. El grafito se lo adquirió triturando un molde de soldadura exotérmica desechado el cual se recicló de las empresas antes mencionadas, el mismo que contiene un peso de 1,36 Kg, el yeso se adquirió en la presentación de un saco de 5 Kg y el agua destilada en un galón de 3,75 litros.

En el siguiente cuadro se detalla los precios de los materiales antes mencionados:

**Tabla 29**

*Tabla de precios de materiales yeso, grafito y agua destilada.*

Material	Unidad	Cantidad	Precio	Precio unitario Kg/ Precio unitario L
Yeso blanco extrafino	Kg	5,00	\$ 1,78	\$ 1,78
Molde exotérmico reciclado	Kg	1,36	\$ -	\$ -
Agua destilada	L	3,75	\$ 1,51	\$ 0,40

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

A continuación, se realizó una tabla con los detalles de costos unitarios por placa decorativa de las siguientes composiciones: yeso sin adiciones y con las proporciones en relación al peso del yeso y el grafito reciclado del 5,10,15 y 20%.

**Tabla 30**

*Costo unitario de la placa decorativa del yeso de referencia sin adiciones*

Material	Unidad	Cantidad	Precio	Precio unitario Kg/ Precio unitario L
Yeso blanco extrafino	Kg	7,25	\$ 1,78	\$ 12,91
Agua destilada	L	4,57	\$ 0,40	\$ 1,83
<b>Precio unitario de la placa decorativa del yeso de referencia sin adiciones</b>				<b>\$ 14,73</b>

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

**Tabla 31***Costo unitario de la placa decorativa del yeso con 5% de grafito reciclado*

Material	Unidad	Cantidad	Precio	Precio unitario Kg/ Precio unitario L
Yeso blanco extrafino	Kg	6,89	\$ 1,78	\$ 12,26
Molde exotérmico reciclado	Kg	0,36	\$ -	\$ -
Agua destilada	L	4,57	\$ 0,40	\$ 1,83
<b>Precio unitario de la placa decorativa del yeso con 5% de grafito reciclado</b>				<b>\$ 14,09</b>

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)**Tabla 32***Costo unitario de la placa decorativa del yeso con 10% de grafito reciclado*

Material	Unidad	Cantidad	Precio	Precio unitario Kg/ Precio unitario L
Yeso blanco extrafino	Kg	6,53	\$ 1,78	\$ 11,62
Molde exotérmico reciclado	Kg	0,72	\$ -	\$ -
Agua destilada	L	4,57	\$ 0,40	\$ 1,83
<b>Precio unitario de la placa decorativa del yeso con 10% de grafito reciclado</b>				<b>\$ 13,45</b>

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)**Tabla 33***Costo unitario de la placa decorativa del yeso con 15% de grafito reciclado*

Material	Unidad	Cantidad	Precio	Precio unitario Kg/ Precio unitario L
Yeso blanco extrafino	Kg	6,16	\$ 1,78	\$ 10,96
Molde exotérmico reciclado	Kg	1,09	\$ -	\$ -
Agua destilada	L	3,88	\$ 0,40	\$ 1,55
<b>Precio unitario de la placa decorativa del yeso con 15% de grafito reciclado</b>				<b>\$ 12,52</b>

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

**Tabla 34***Costo unitario de la placa decorativa del yeso con 20% de grafito reciclado*

<b>Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Precio unitario Kg/ Precio unitario L</b>
Yeso blanco extrafino	Kg	5,8	\$ 1,78	\$ 10,32
Molde exotérmico reciclado	Kg	1,45	\$ -	\$ -
Agua destilada	L	3,88	\$ 0,40	\$ 1,55
<b>Precio unitario de la placa decorativa del yeso con 20% de grafito reciclado</b>				<b>\$ 11,87</b>

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

De estos prototipos, se escogió el prototipo compuesto de yeso con adición del 5% de grafito, debido que el resultado obtenido en la prueba de fraguado genera una composición de los materiales de forma más manejable para una elaboración artesanal, de la misma forma, este prototipo adquirió uno de los mejores resultados de la prueba de compresión con un 30,50% de resistencia. A pesar de ello, se consideró el prototipo compuesto de yeso con adición del 15% de grafito, siendo este, uno de los que obtuvo mejor resultado en la prueba de compresión.

Una vez elegido los prototipos a costear, se procedió a realizar un Análisis de Precio Unitario (APU) para determinar el costo final del producto y poderlo comparar con las placas decorativas en el mercado nacional, para lo cual, se ingresó al portal web de la Contraloría General del Estado, para obtener los salarios mínimos (Ver Anexo 14). Adicionalmente, se tomó como referencia a la empresa fabricante de placas decorativas Pladecons ubicada en la ciudad de Guayaquil, la misma que dispone de un modelo de elaboración de placas decorativas con materiales de origen nacional y características eco amigables y biodegradables para tener un precio referencial y comparar con los prototipos escogidos.

**Tabla 35**

*Análisis de Precio Unitario – Placa decorativa del yeso con el 5% de grafito reciclado.*

<b>Rubro:</b> Placa decorativa del yeso con el 5% de grafito reciclado					
<b>Equipo</b>				<b>Rendto.</b>	Tiempo/U 0,13 8H/60 PLACAS
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo/hora</b>	<b>Rendto.</b>	<b>Costo</b>
Herramienta menor 5% M.O.					\$ 0,05
Máquina trituradora	1	\$ 30,00	\$ 3,75	0,13	\$ 0,50
Molde	1	\$ 40,00	\$ 5,00	0,13	\$ 0,67
<b>Subtotal</b>					<b>\$ 1,22</b>
<b>Mano de obra</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornada/hora</b>	<b>Costo/hora</b>	<b>Rendto.</b>	<b>Costo</b>
Peón	1	\$3,83	\$3,83	0,13	\$0,51
Ayudante de albañil	1	\$3,83	\$3,83	0,13	\$0,51
<b>Subtotal</b>					<b>\$ 1,02</b>
<b>Materiales</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Costo</b>	
Yeso blanco extrafino	Kg	6,89	\$1,78	\$12,26	
Molde exotérmico reciclado	Kg	0,36	\$0,00	\$0,00	
Agua destilada	L	4,57	\$0,40	\$1,83	
<b>Subtotal</b>					<b>\$ 14,09</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo</b>	
		1		\$0,00	
<b>Subtotal</b>					<b>\$0,00</b>
			<b>Costo directo (Eq+Mo+Mat+Tr)</b>	<b>\$16,33</b>	
			<b>Costo total de rubro</b>	<b>\$16,33</b>	

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

**Tabla 36***Análisis de Precio Unitario – Placa decorativa del yeso con el 15% de grafito reciclado.*

<b>Rubro:</b> Placa decorativa del yeso con el 15% de grafito reciclado					
<b>Equipo</b>				<b>Rendto.</b>	Tiempo/U 0,13 8H/60 PLACAS
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo/hora</b>	<b>Rendto.</b>	<b>Costo</b>
Herramienta menor 5%					\$ 0,05
M.O.					
Máquina trituradora	1	\$ 30,00	\$ 3,75	0,13	\$ 0,50
Molde	1	\$ 40,00	\$ 5,00	0,13	\$ 0,67
<b>Subtotal</b>					<b>\$ 1,22</b>
<b>Mano de obra</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornada/hora</b>	<b>Costo/hora</b>	<b>Rendto.</b>	<b>Costo</b>
Peón	1	\$3,83	\$3,83	0,13	\$0,51
Ayudante de albañil	1	\$3,83	\$3,83	0,13	\$0,51
<b>Subtotal</b>					<b>\$1,02</b>
<b>Materiales</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Costo</b>	
Yeso blanco extrafino	Kg	6,16	\$1,78	\$10,96	
Molde exotérmico reciclado	Kg	1,09	\$0,00	\$0,00	
Agua destilada	L	3,88	\$0,40	\$1,55	
<b>Subtotal</b>					<b>\$12,52</b>
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo</b>	
				\$0,00	
<b>Subtotal</b>					<b>\$0,00</b>
			<b>Costo directo (Eq+Mo+Mat+Tr)</b>	<b>\$14,76</b>	
			<b>Costo total de rubro</b>	<b>\$14,76</b>	

*Elaborado por:* Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

Como se puede apreciar en la Tabla 33, el costo unitario referencial de la placa decorativa de yeso con el 5% de grafito reciclado es de \$ 16,33 dólares americanos y en la Tabla 34, en referencia a la placa decorativa de yeso con el 15% de grafito reciclado es de \$14,76 dólares americanos. A continuación, se presenta un cuadro comparativo con el precio de una placa decorativa de la empresa fabricante Pladecons.

**Tabla 37**

*Cuadro Comparativo de Precios – Placa decorativa del yeso con el 5% y 15% de grafito reciclado.*

<b>Placas Decorativas</b>	<b>Costo unt.</b>
Placa decorativa del yeso con el 5% de grafito reciclado	\$16,33
Placa decorativa del yeso con el 15% de grafito reciclado	\$14,76
Placa decorativa Pladecons	\$16,38

**Elaborado por:** Izquierdo, K. y Sandoval, D. (2022)

Como se puede estimar el costo unitario de la placa decorativa de yeso con el 5% de grafito reciclado es de \$16,33 y el costo unitario de la placa decorativa de yeso con el 15% de grafito reciclado es de \$14,76, esta diferencia de costos se debe que en la placa decorativa del yeso con el 5% de grafito tiene mayor cantidad de yeso que la placa decorativa con el 15% de grafito, se debe considerar que el grafito tiene costo cero ya que es un material reciclado.

Tomando de referencia el costo unitario de la placa decorativa de la empresa fabricante Pladecons tiene un costo de \$16,38 con una variación superior de 5 centavos referente al costo unitario de la placa decorativa de yeso con el 5% de grafito. Se puede concluir que el costo unitario de la placa decorativa con el 5% se encuentra dentro del rango de los costos de las placas decorativas en el mercado nacional siendo un producto de elaboración artesanal.

## CONCLUSIONES

En este proyecto de investigación se logra establecer que el grafito es un material que aún se está descubriendo en el área de la construcción, posee propiedades que enriquecen a otros materiales haciéndolos más resistentes, pero muchas personas desconocen sus propiedades por lo tanto en Guayaquil se evidencia que no existe un centro de acopio para el reciclaje de este material y es considerado como residuos sólidos no contaminante, pero que de igual manera genera un aumento de desechos en la ciudad. La AME-INEC-BDE 2020, en su boletín indican que en la región costa, los residuos sólidos en su mayoría son depositados en botaderos sin ser previamente reciclados desperdiciando un mineral tan valioso.

Si bien el yeso es un material más propenso a las rupturas, mediante el presente proyecto de investigación se da a conocer la mejora de propiedades que causa el grafito combinado con el yeso, por lo tanto, se realizaron varias pruebas experimentales donde se da a conocer el comportamiento físico que se obtiene al mezclar con una consistencia agua/ yeso y varios porcentajes de grafito para la elaboración de una placa decorativa de interiores.

Luego de los ensayos realizados con los materiales descritos en el presente proyecto de investigación, se puede concluir que la composición de yeso con el 5, 10 y 15% de grafito tienen una mayor resistencia a la compresión hasta un 50% con relación a la muestra de yeso referencial sin adiciones, la muestra con el 20% de grafito genera una baja resistencia de compresión en relación a las muestras con porcentajes inferiores de grafito, debido que al reducir mayor cantidad de yeso; material que le da consistencia y aglutina la mezcla, es sustituido por el grafito el cual pierde su resistencia.

También mediante pruebas para determinar el tiempo de fraguado se pudo demostrar que el grafito al fusionarlo con el yeso actúa como acelerante de fraguado, la muestra sin adiciones y la muestra Y95-G5 en una temperatura ambiente de 20 °C fragua en su totalidad en un tiempo de 18 minutos, mientras que los prototipos Y90- G10, Y/A85- G15 y Y80-A85-G20 fraguan de manera más acelerada, con un tiempo final entre 6 a 7 minutos, haciendo la mezcla poco manejable para elaborar la placa.

Con las proporciones del 85% de yeso y 15% de grafito (Y/A85- G15) que es la que obtuvo muy buenos resultados en las pruebas de resistencia a la compresión, se determinó que tiene limitada manejabilidad al elaborar artesanalmente una placa decorativa, debido a un tiempo de fraguado reducido.

Se logro elaborar una placa decorativa con las proporciones del 95% de yeso y 5% de grafito (Y95- G5), comprobado en pruebas de laboratorio que tiene hasta un 33% de resistencia a la compresión en relación a la muestra de yeso referencial sin adiciones y un tiempo de fraguado final de 18 minutos permitiendo que se realice correctamente el mezclado de los materiales y posea una mejor manejabilidad al momento de elaborar la placa.

El valor metodológico de la propuesta generada en la elaboración de la placa decorativa de yeso más grafito, contribuye en varios aspectos referente al sector de la construcción, con productos innovadores de alta calidad y aplicabilidad como para revestimiento de superficies y piezas decorativas del interior de las viviendas.

El aporte que genera las placas decorativas con mezcla de grafito en las paredes y ambientes de una vivienda, logran minimizar la cantidad de humedad y condensación del ambiente, reducir el coeficiente de conductividad térmica; manteniendo estable la temperatura interior de la vivienda, actuando como un excelente termoaislante, alta resistencia al fuego no se inflama (Clasificación A1) y evita reacciones químicas que generen vapores tóxicos; protegiendo la integridad de las personas que se encuentran en el interior de la vivienda, en relación con las placas decorativas que solamente contengan yeso.

Con el presente proyecto de investigación se logra cumplir con el objetivo general al crear una placa decorativa para el interior de viviendas con Yeso más grafito reciclado al 5% de alta calidad, el cual contribuye con un nuevo producto en el mercado de diseño interiorista de la construcción.

## **RECOMENDACIONES**

En vista del gran potencial que tiene el grafito unificado con el yeso, se recomienda realizar más pruebas físicas y químicas con porcentajes por debajo del 5% de grafito, esto para conocer su resistencia a la compresión y determinar si la mezcla es más favorable al realizar este tipo de placas decorativas por su tiempo de fraguado.

También se deben hacer investigaciones más profundas a las mezclas realizadas con proporciones del 10 y 15% de grafito, logrando una alta resistencia a la compresión, punto que se debe aprovechar para realizar piezas con yeso, sin embargo al tener un tiempo de fraguado corto, dificulta la elaboración de la placa decorativa, por esto se recomienda comprobar si al integrar retardantes a la composición de yeso y grafito mediante pruebas físicas de laboratorio, sigue siendo un material resistente y con más tiempo de fraguado o utilizar maquinaria especializada para efectuar una mezcla de los materiales más rápida y efectiva, permitiendo que se realice la placa decorativa sin colocar otros agregados.

Se encuentra cierta dificultad para obtener el grafito de moldes exotérmicos en empresas de reciclaje, debido que no se realiza una disposición final adecuada de este material, se recomienda visitar las empresas del sector eléctrico que utilizan los moldes de soldaduras exotérmicas, para la fácil obtención del grafito, debido que es muy complicado que los municipios realicen cambios significativos en las políticas e inversiones económicas para reciclaje de varios tipos de materiales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AME-INEC-BDE. (2020). Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. Gestión de Residuos Sólidos (2020), 9-12-13-17. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2020/Residuos\\_solidos\\_2020/Presentacion\\_residuos\\_2020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2020/Residuos_solidos_2020/Presentacion_residuos_2020.pdf)
- Arqhys. (2022). Inconvenientes Con el Yeso. Arqhys Decoración. <https://www.arqhys.com/decoracion/inconvenientes-con-el-yeso.html>
- Cárdenas-Forero, L., Arce-Esguerra, A. (2021). Propuesta de Reutilización y Reciclaje de Residuo Solido Industrial de Grafito. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Industrial, 1. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/1644/C%C3%A1rdenas%20Forero%2C%20Laura%20Camila%20-%202021.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Briones, Z. (2018). “INFLUENCIA DEL TIPO Y LA RELACIÓN AGUA/YESO SOBRE LA COMPRESIÓN, DENSIDAD, POROSIDAD, FRAGUADO Y EXPANSIÓN PARA LA CONSERVACIÓN DE EDIFICACIONES. Trujillo: Universidad Privada del Norte, X-45-58. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13799/Briones%20Gatica%2c%20Elisa%20Zoraida%20P.pdf?sequence=9&isAllowed=y>
- Hernández, G. (2019). DISEÑO DE UN PANEL DE YESO – TOTORA CON CUALIDADES TÉRMICAS PARA CIELO FALSO. Loja: Universidad Internacional del Ecuador, 57-62. [file:///C:/Users/danys/Downloads/T-UIDE-0794%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/danys/Downloads/T-UIDE-0794%20(1).pdf)
- Hinostroza, J., & Urrego, M. (2021). ANÁLISIS DEL OXIDO DE GRAFENO USADO COMO ADITIVO PARA EL CONCRETO. Pereira: Universidad Antonio Nariño, 63-78. <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/3850/1/2021HinostrozaMurilloJorgeHern%c3%a1n.pdf>
- Machado, I. (2018). PROTOTIPO DE TABLERO PARA PAREDES EN BASE DE MEZCLA DE VIRUTA DE MADERA, YESO Y PLÁSTICO PET RECICLADO PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL. Guayaquil: Universidad Laica Vicente Rocafuerte, 52-66. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2554/1/T-ULVR-2347.pdf>

- Chinchón-Yepes, S. (2017). Yeso de Construcción Definiciones. Universidad de Alicante, 2.  
<https://personal.ua.es/es/servando-chinchon/documentos/-gestadm/material-docente/27-yeso-de-construccion-definiciones.pdf>
- Paz-Pérez, A. (2018). Perfil del yeso. Dirección General de Desarrollo Minero, 3-5.  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/419279/Perfil\\_Yeso\\_2018\\_\\_T\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/419279/Perfil_Yeso_2018__T_.pdf)
- Tectónica. (2016). Enlucido de yeso regulador de temperatura. A.T.C. EDICIONES, S.L.  
<https://tectonica.archi/materials/enlucido-de-yeso-regulador-de-temperatura/>.
- Magazine. (2019). ¿Cómo se forma el yeso?, Magazine Online.  
<https://ve.thewelcomeplace.net/26805-how-is-gypsum-formed.html>
- E-CONSTRUIR. (2021). El Yeso Cocido: Sulfato de Calcio Semihidratado. e-construir.com.  
<http://e-construir.com/yeso/>
- E-CONSTRUIR. (2021). Proceso de Fabricación del Yeso. e-construir.com. <http://e-construir.com/yeso/fabricacion.html>
- E-CONSTRUIR. (2021). La Escayola o Yeso Para Molduras. e-construir.com. <http://e-construir.com/yeso/escayola.html>
- Martín-Méndez, I., Boixereu, E. & Villaseca C. (2018). El Grafito de Toledo ¿Un Material Para el Futuro?, Tierra y Tecnología Instituto Geológico y Minero de España.  
<https://www.icog.es/TyT/index.php/2018/05/el-grafito-de-toledo-un-material-para-el-futuro/#:~:text=El%20grafito%20natural%20es%20un,de%20inter%C3%A9s%20econ%C3%B3mico%20son%20escasos.>
- Enciclopedia Británica. (2022). Grafito. Enciclopedia Británica, Inc.  
[https://www.britannica.com/science/graphite-carbon.](https://www.britannica.com/science/graphite-carbon)
- Schnurpfeil, T. & Neri, M. (2017). Conductividad térmica en unidades internacionales (W/m.K). Proceso de fabricación del grafito sintético. GAB Neumann, Intercambio de Calor y Componentes en Grafito y Carburo de Silicio. <https://www.gab-neumann.com/Grafito-impermeable-Propiedades#:~:text=Con%20una%20conductividad%20t%C3%A9rmica%20entre,d e%20proceso%20resistentes%20a%20corrosi%C3%B3n.>
- Paz-Pérez, A. (2018). Perfil del Grafito. Dirección General de Desarrollo Minero, 4-6,16-18,20-23.  
[file:///C:/Users/danys/Documents/DEBERES%20CARRERA%20ARQUITECTURA/1.%20TESIS/PDF%20PROYECTO%20TESIS/Perfil\\_Grafito\\_2018\\_\\_T\\_.pdf](file:///C:/Users/danys/Documents/DEBERES%20CARRERA%20ARQUITECTURA/1.%20TESIS/PDF%20PROYECTO%20TESIS/Perfil_Grafito_2018__T_.pdf)

- Stewart, D. (2017). ¿Cómo se extrae el grafito?, Sciencing. <https://sciencing.com/graphite-extracted-10041885.html>
- Schnurpfeil, T. & Neri, M. (2017). Proceso de fabricación del grafito sintético. GAB Neumann, Intercambio de Calor y Componentes en Grafito y Carburo de Silicio. <https://www.gab-neumann.com/Grafito-impermeable-Proceso-de-fabricaci%C3%B3n#:~:text=El%20proceso%20de%20fabricaci%C3%B3n%20del,hornear%20y%20finalmente%2C%20la%20grafitizaci%C3%B3n.>
- Aplicaciones Tecnológicas. (2018). Mejoras e innovación en el procedimiento de soldadura exotérmica. Aplicaciones Tecnológicas S.A. <https://at3w.com/blog/mejoras-e-innovacion-en-el-procedimiento-de-soldadura-exotermica/>
- Carbograf. (2021). Grafito amorfo – Grafito sintético. Carbograf Industrial empresa 100% mexicana. <http://www.carbograf.com/productos/>
- Bond, M. (2018). Uso de Paneles 3d Para Paredes en el Interior. Balancedfoodandfuel. <https://balancedfoodandfuel.org/decoracion/uso-de-paneles-3d-para-paredes-en-el-interior/>
- Seia, M. (2021). Placas Antihumedad Para Paredes. Ventajas y Desventajas de este Revestimiento para Paredes con Humedad. [https://www.youtube.com/watch?v=vOmybvW\\_9JI](https://www.youtube.com/watch?v=vOmybvW_9JI)
- Enciclopedia Química. (2022). Aljez. Química. es. <https://www.quimica.es/enciclopedia/Aljez.html>
- Pérez, A. (2021). ¿Qué son las formas alotrópicas?, Clickmica preguntas y respuestas sobre química. <https://clickmica.fundaciondescubre.es/conoce/100-preguntas-100-respuestas/las-formas-alotropicas/>
- Romero, A., Romero, M. & Romero, G. (2020). Importancia del Grafito Como Molde Para Soldadura Exotérmica. Esgraf. <https://esgraf.com.mx/blog/molde-para-soldadura-exotermica/>
- Constitución de la República del Ecuador, (2021). CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008. *LEXIS FINDER*, 14-18-19-35-36. [https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador\\_act\\_ene-2021.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf)
- Plan del Buen vivir (2021). Plan Nacional para el Buen Vivir 2017-2021, 41-55-57-64-68-71-72-74. <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/09/Plan-Nacional-para-el-Buen-Vivir-2017-2021.pdf>

- Norma Técnica Ecuatoriana. (1989). Yeso Para Construcción. Requisitos. Norma INEN 1 685, 1-2.  
file:///C:/Users/danys/Documents/DEBERES%20CARRERA%20ARQUITECTUR A/1.%20TESIS/PDF%20PROYECTO%20TESIS/Nueva%20carpeta/1685%20(1).p df
- Norma Técnica Ecuatoriana. (1989). Yeso Para Construcción. Ensayo Físico. Norma INEN 1 688, 1, 3-6.  
file:///C:/Users/danys/Documents/DEBERES%20CARRERA%20ARQUITECTUR A/1.%20TESIS/PDF%20PROYECTO%20TESIS/Nueva%20carpeta/1688.pdf
- Norma Técnica Ecuatoriana. (2012). Materiales refractarios. Clasificación general. Norma NTE INEN 609:1981, 4.  
file:///C:/Users/danys/Documents/DEBERES%20CARRERA%20ARQUITECTUR A/1.%20TESIS/PDF%20PROYECTO%20TESIS/Nueva%20carpeta/609%20inen% 20refractarios.pdf
- Díaz-De León, N. (2016). Población y Muestra. Técnicas de Investigación Cualitativas y Cuantitativas. FAB UAEMex, 4,17. <https://core.ac.uk/download/pdf/80531608.pdf>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2020). Proyecciones Poblacionales. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- Lugo, Z. (2020). Población y Maestra. Diferenciador. <https://www.diferenciador.com/poblacion-y-muestra/>
- Prefectura del Guayas. (2020). Samborondón. Prefectura del Guayas de Ecuador. <https://guayas.gob.ec/cantones-2/samborondon/>
- Flores, N., Barbero, M., Bustamante, R. (2017). Filler de grafito reciclado de EDM en pastas de yeso. Universidad Politécnica de Madrid.  
file:///C:/Users/danys/Documents/DEBERES%20CARRERA%20ARQUITECTUR A/1.%20TESIS/PDF%20PROYECTO%20TESIS/FILLER%20DE%20GRAFITO% 20EN%20PASTA%20DE%20YESO.pdf

## ANEXOS

### *Anexo 1. Herramientas Utilizadas para la Elaboración de los Prototipos de Yeso más Grafito*



*Anexo 2. Herramientas Utilizadas para la Elaboración de los Prototipos de Yeso más Grafito*



*Anexo 3. Pruebas Para Determinar la Absorción de Agua*



*Anexo 4. Proceso de Elaboración de la Placa Decorativa*



*Anexo 5. Proceso de Elaboración de las Muestras de Yeso más Grafito*



*Anexo 6. Pruebas de los Prototipos en el Laboratorio Universidad de Guayaquil*



## *Anexo 7. Ficha Técnica del Yeso Proporcionada por Empresa Pintulac*

### **TIEMPO DE FRAGUADO Y MEZCLA:**

El tiempo de fraguado de nuestro producto es aproximadamente de 10 a 15 minutos, siendo este variable dependiendo la necesidad del cliente y se recomienda para obtener una mayor resistencia mezclar por cada 4 litros de agua 14 libras de yeso "YESOL".

### **CONCLUSIONES:**

Se puede usar como yeso de empastados, yeso para pisos, fabricación de cerámica, porcelana, moldeados, trabajos odontológicos, etc.

Yeso de 99.62 % de pureza del cual 57.40 % es  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (hemidrato) y 42.22 % es  $\text{CaSO}_4$  (anhidrita)

### **ALMACENAMIENTO:**

No se almacena junto a productos comestibles.

Consérvese en su empaque original en un lugar seco, alejado de los rayos directos del sol.

En estas condiciones y hasta su apertura mantiene sus propiedades y características sin alteraciones.

Es importante cubrirlo de la lluvia y mantenerlo en un lugar seco y fresco.

Esta es toda nuestra información que se puede brindar acerca de nuestro producto, esperando pueda servirles como referencia para posibles futuras negociaciones, cualquier novedad, noticia o sugerencia no duden en comunicarnos.

*Anexo 8. Ficha Técnica del Yeso Proporcionada por Empresa Pintulac*

**PROPIEDADES FISICAS:**

PESO MOL HEMIDRATO	145 G.
PESO MOL ANHIDRITA	136 G
COLOR	<u>BLANCO</u>
PESO ESPECIFICO	36 KG.
SOLUBILIDAD	G/100ML
AGUA FRIA	0.241
AGUA CALIENTE	0.222

**DETERMINACION:**

SULFATO DE CALCIO ( Ca So 4 )	92.04%
OXIDO DE CALCIO ( CaO )	35.60%
AZUFRE ( S )	5.87 %
CONDUCTIVIDAD ( 2:1 )	2.64%
p.H ( 2:1 )	6.98%

**Anexo 9. Ficha Técnica del Yeso Proporcionada por Empresa Pintulac**

**COMPOSICION:**

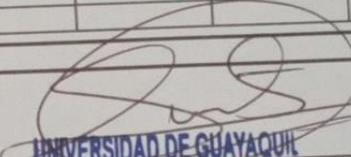
COMPONENTE PRINCIPAL: SULFATO DE CALCIO ( $\text{CaSo}_4$ ) 99.62% DE PUREZA.

METODO DE ELABORACION: MOLIENDA DE 0.90 MM DE GRANULOMETRIA.

**COMPONENTES:**

COMPONENTES	PORCENTAJES
SiO <sub>2</sub>	0.23%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.12%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00%
MgO	0.00%
CaO	37.95%
SO <sub>3</sub>	52.18%
H <sub>2</sub> O ( 110°C)	2.00%
H <sub>2</sub> O ( 220°C)	3.5%

*Anexo 10. Resultados de Ensayo de Resistencia a la Compresión*

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"					
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE YESOS PARA CONSTRUCCIÓN					
Proyecto: Muestras de yeso más grafito			Fecha: 28 JUNIO 2022		
Agregado Fino: grafito			Yeso: 1416		
Tamaño Máximo de Agregado: 5-10 $\mu$ m			Número de Sacos de Yeso:		
Relación Agua - Yeso (a/y):			Área: 360 $\text{cm}^3$		
Agua: 4 litros					
Resistencia:					
Dimensiones de un Prisma Rectangular: 6x6x10 cm					
MUESTRAS No.	FECHA		EDAD DIAS	CARGA MÁXIMA KG.	RESITENCIA KG/cm <sup>2</sup>
	TOMA	ROTURA			
✓ Base 2	18/06/22	28/06/22	10	1802,3	30,04
Y95-G5-2	18/06/22	28/06/22	10	2352,3	39,21
Y90-G10-1	18/06/22	28/06/22	10	2402,3	40,04
Y/ABS-G15-2	18/06/22	28/06/22	10	2702,3	45,04
Y80-ABS-G22	18/06/22	28/06/22	10	2202,3	36,71
OBSERVACIONES					
Operado y Verificado por:					
 <b>UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL</b> <b>Carlos Carbo V.</b> <b>TEC. LABORATORIO G1</b>					

Anexo 11. Resultados de Determinación de Fraguado


**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
 FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS  
 LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"

**ENSAYO PARA DETERMINAR TIEMPO DE FRAGUADO**

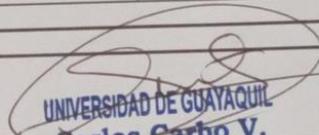
Proyecto: Muestras de yeso más grafito.  
 Agregado Fino: grafito  
 Tamaño Máximo de Agregado: 5-10  $\mu\text{m}$   
 Relación Agua - Yeso (a/y):  
 Agua: 44  
 Tiempo:  
 Dimensiones de un Prisma Rectangular:

Fecha: 28 junio 2022  
 Número de Sacos de Yeso:  
 Yeso: 14 lb  
 Lectura Vicat:  
 Área: 360  $\text{cm}^3$

MUESTRAS No.	TIEMPO INICIO (hrs.)	TIEMPOS (hrs.)	LECTURA MM
4 Base	13:14 h	13:19	39 mm
		13:20	39 mm
		13:21	39 mm
		13:22	39 mm
		13:24	38 mm
		13:27	15 mm
		13:29	3 mm
		13:32	0 mm

OBSERVACIONES

Operado y Verificado por:

  
**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**Carlos Carbo V.**  
 Ing. TEC. LABORATORIO G1


**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
 FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS  
 LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"

**ENSAYO PARA DETERMINAR TIEMPO DE FRAGUADO**

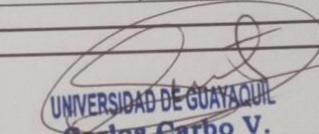
Proyecto: Muestras de yeso más grafito  
 Agregado Fino: grafito  
 Tamaño Máximo de Agregado: 5-10  $\mu\text{m}$   
 Relación Agua - Yeso (a/y):  
 Agua: 44  
 Tiempo:  
 Dimensiones de un Prisma Rectangular:

Fecha: 28 junio 2022  
 Número de Sacos de Yeso:  
 Yeso: 14 lb  
 Lectura Vicat:  
 Área: 360  $\text{cm}^3$

MUESTRAS No.	TIEMPO INICIO (hrs.)	TIEMPOS (hrs.)	LECTURA MM
495-65	13:38	13:45	39 mm
		13:46	39 mm
		13:48	36 mm
		13:51	13 mm
		13:53	2 mm
		13:56	0 mm

OBSERVACIONES

Operado y Verificado por:

  
**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL**  
**Carlos Carbo V.**  
 Ing. TEC. LABORATORIO G1

Anexo 12. Resultados de Determinación de Fraguado

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS  
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"

**ENSAYO PARA DETERMINAR TIEMPO DE FRAGUADO**

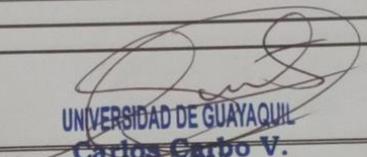
Proyecto: Muestras de yeso más grafito  
Agregado Fino: grafito  
Tamaño Máximo de Agregado: 5 - 10 Pm  
Relación Agua - Yeso (a/y):  
Agua: 44  
Tiempo:  
Dimensiones de un Prisma Rectangular:

Fecha: 28 Junio 2022  
Número de Sacos de Yeso:  
Yeso: 1416  
Lectura Vicat:  
Área: 360 cm<sup>3</sup>

MUESTRAS No.	TIEMPO INICIO (hrs.)	TIEMPOS (hrs.)	LECTURA MM
Y90-G10	14:02 h	14:06	40 mm
		14:07	38 mm
		14:08	5 mm
		14:09	1 mm
		14:10	0 mm

OBSERVACIONES

Operado y Verificado por:

  
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
Ing. Carlos Carbo V.  
TEC. LABORATORIO G1

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS  
LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"

**ENSAYO PARA DETERMINAR TIEMPO DE FRAGUADO**

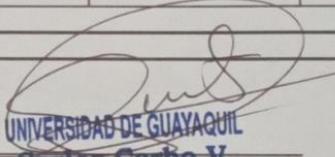
Proyecto: Muestras de yeso más grafito.  
Agregado Fino: grafito  
Tamaño Máximo de Agregado: 5 - 10 Pm  
Relación Agua - Yeso (a/y):  
Agua: 44  
Tiempo:  
Dimensiones de un Prisma Rectangular:

Fecha: 28 Junio 2022  
Número de Sacos de Yeso:  
Yeso: 1416  
Lectura Vicat:  
Área: 360 cm<sup>3</sup>

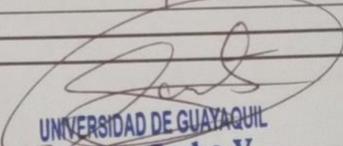
MUESTRAS No.	TIEMPO INICIO (hrs.)	TIEMPOS (hrs.)	LECTURA MM
Y/A 85-G15	14:21 h	14:24	40 mm
		14:25	39 mm
		14:26	3 mm
		14:27	1 mm
		14:28	0 mm

OBSERVACIONES

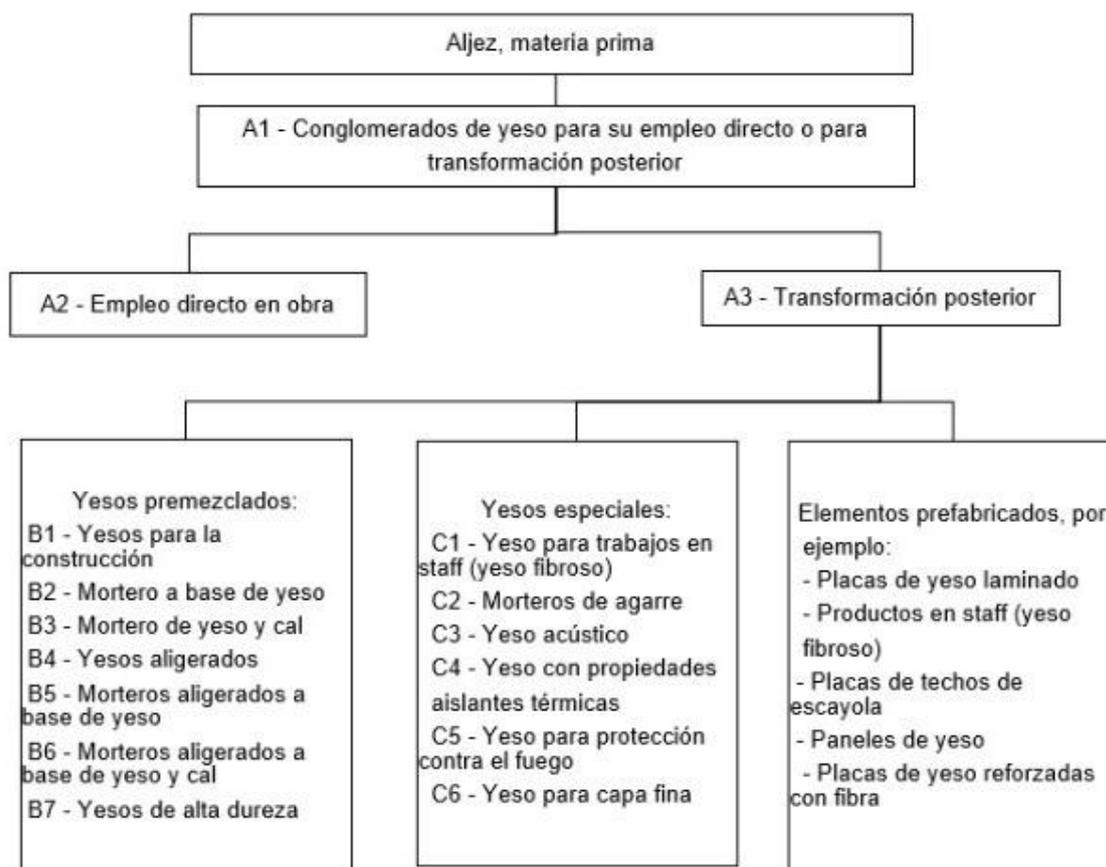
Operado y Verificado por:

  
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL  
Ing. Carlos Carbo V.  
TEC. LABORATORIO G1

*Anexo 13. Resultados de Determinación de Fraguado*

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS Y FÍSICAS LABORATORIO "ING. DR. ARNALDO RUFFILLI"																											
ENSAYO PARA DETERMINAR TIEMPO DE FRAGUADO																											
Proyecto: <b>Muestras de yeso más grafito.</b>		Fecha: <b>28 JUNIO 2022.</b>																									
Agregado Fino: <b>grafito</b>		Número de Sacos de Yeso:																									
Tamaño Máximo de Agregado: <b>5-10 <math>\mu</math>m</b>		Yeso: <b>14 lb</b>																									
Relación Agua - Yeso (a/y):		Lectura Vicat:																									
Agua: <b>4 Lt</b>		Área: <b>360 cm<sup>3</sup></b>																									
Tiempo:		Dimensiones de un Prisma Rectangular:																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 25%;">MUESTRAS No.</th> <th style="width: 25%;">TIEMPO INICIO (hrs.)</th> <th style="width: 25%;">TIEMPOS (hrs.)</th> <th style="width: 25%;">LECTURA MM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;"><b>Y80-ABS-G20</b></td> <td rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;"><b>14:38h</b></td> <td style="text-align: center;"><b>14:41</b></td> <td style="text-align: center;"><b>40 mm</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>14:42</b></td> <td style="text-align: center;"><b>37 mm</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>14:43</b></td> <td style="text-align: center;"><b>31 mm</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>14:44</b></td> <td style="text-align: center;"><b>1 mm</b></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>14:45</b></td> <td style="text-align: center;"><b>0 mm</b></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				MUESTRAS No.	TIEMPO INICIO (hrs.)	TIEMPOS (hrs.)	LECTURA MM	<b>Y80-ABS-G20</b>	<b>14:38h</b>	<b>14:41</b>	<b>40 mm</b>	<b>14:42</b>	<b>37 mm</b>	<b>14:43</b>	<b>31 mm</b>	<b>14:44</b>	<b>1 mm</b>	<b>14:45</b>	<b>0 mm</b>								
MUESTRAS No.	TIEMPO INICIO (hrs.)	TIEMPOS (hrs.)	LECTURA MM																								
<b>Y80-ABS-G20</b>	<b>14:38h</b>	<b>14:41</b>	<b>40 mm</b>																								
		<b>14:42</b>	<b>37 mm</b>																								
		<b>14:43</b>	<b>31 mm</b>																								
		<b>14:44</b>	<b>1 mm</b>																								
		<b>14:45</b>	<b>0 mm</b>																								
OBSERVACIONES																											
Operado y Verificado por:  <b>UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL</b> <b>Carlos Carbo V.</b> Ing. Carlos Carbo V. <b>TEC. LABORATORIO G1</b>																											

**Anexo 14.** Diagrama de la Clasificación de los Yesos Norma NTE INEN-EN 520



*Anexo 15. Salarios Contraloría General del Estado y Cámara de la Construcción de Guayaquil*

CONTRALORÍA GENERAL DEL ESTADO  
 DIRECCIÓN NACIONAL DE AUDITORÍA DE TRANSPORTE, VIALIDAD, INFRAESTRUCTURA PORTUARIA Y AEROPORTUARIA  
 ENERO A ----- DE 2022  
 (SALARIOS EN DÓLARES)

REAJUSTE DE PRECIOS  
 SALARIOS MÍNIMOS POR LEY

CATEGORÍAS OCUPACIONALES	SUELDO UNIFICADO	DÉCIMO TERCER	DÉCIMO CUARTO	TRANS- PORTE	APOORTE PATRONAL	FONDO RESERVA	TOTAL ANUAL	JORNAL REAL	COSTO HORARIO
REMUNERACIÓN BÁSICA UNIFICADA MÍNIMA	425,00								
CONSTRUCCIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS Y ARQUITECTÓNICOS									
ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2									
Peón	438,05	438,05	425,00		635,78	438,05	7.185,48	30,62	3,83
Ayudante de albañil	438,05	438,05	425,00		635,78	438,05	7.185,48	30,62	3,83