



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Ceniza de cascarilla de café como adición
para mejorar las propiedades físico-mecánicas
del concreto estructural

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniera Civil

AUTORES

Mendieta Pisco, Rubi Esmeralda
ORCID: 0000-0003-4672-1973

Salas Cortegana, Paula Fernanda
ORCID: 0000-0002-4564-6767

ASESOR

Chavarria Reyes, Liliana Janet
ORCID: 0000-0002-1759-2132

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios

Datos del autor(es)

Mendieta Pisco, Rubi Esmeralda

DNI: 72549462

Salas Cortegana, Paula Fernanda

DNI: 70061825

Datos de asesor

Chavarria Reyes, Liliana Janet

DNI: 25481792

Datos del jurado

JURADO 1

Donayre Córdova, Oscar

DNI: 06162939

ORCID: 0000-0002-5142-3789

JURADO 2

Chavarry Vallejos, Carlos Magno

DNI: 07410234

ORCID: 0000-0003-0512-8954

JURADO 3

Torres Chung, César Roberto

DNI: 41182279

ORCID: 0000-0002-3212-2817

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres por confiar en mí, por el apoyo, la motivación y el soporte a lo largo del desarrollo de esta tesis, este logro es también de ustedes.

También al Ing. Hamerly Acuña y a nuestro equipo de laboratorio, por la paciencia y todo lo aprendido.

Rubi Esmeralda Mendieta Pisco

Esta tesis se la dedico a mi familia, por su constante motivación a lo largo del proceso de desarrollo de esta tesis.

En especial a mi principal motivación, mi distracción y mi compañía, Lara Catalina.

Paula Fernanda Salas Cortegana

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento principalmente a Dios, sin él nada de esto habría sido posible; a los ingenieros Liliana Chavarría y Carlos Chavarry por las enseñanzas y acompañamiento durante el curso que nos ha permitido concluir de manera satisfactoria nuestra tesis.

Rubi Mendieta y Paula Salas

INDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCCION	iii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Descripción del problema	1
1.1.1. Árbol del Problema.....	2
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Delimitación de la investigación.....	3
1.4.1. Geográfica.....	3
1.4.2. Temporal	3
1.4.3. Temática.....	3
1.4.4. Muestral	4
1.5. Justificación del estudio.....	4
1.5.1. Conveniencia	4
1.5.2. Relevancia social	4
1.5.3. Aplicaciones prácticas	4
1.5.4. Utilidad metodológica	4
1.5.5. Valor teórico	5
1.6. Importancia del estudio.....	5
1.6.1. Nuevos conocimientos	5
1.6.2. Aporte	5
1.7. Limitaciones del estudio	6
1.7.1. Falta de estudios previos de investigación.....	6
1.7.2. Metodológicos o prácticos	6
1.7.3. Medidas para la recolección de datos	6
1.8. Alcance	6
1.9. Viabilidad del estudio	6
1.9.1. El tiempo.....	6

1.9.2. Espacio.....	7
1.9.3. Las condiciones económicas.....	7
1.9.4. Las fuentes de información.....	7
1.9.5. Recolección de los datos.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Marco histórico	8
2.2. Investigaciones relacionadas con el tema	8
2.2.1. Investigaciones internacionales	8
2.2.2. Investigaciones nacionales.....	10
2.2.3. Artículos relacionados con el tema.....	12
2.3. Definición de términos básicos.....	14
2.3.1. Concreto.....	14
2.3.2. Componentes del concreto.....	14
2.3.3. Concreto en estado fresco	22
2.3.4. Concreto en estado endurecido	27
2.3.5. Ceniza de cascarilla de Café	28
2.4. Definición de términos básicos.....	29
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS.....	32
3.1. Hipótesis	32
3.1.1. Hipótesis principal.....	32
3.1.2. Hipótesis secundarias.....	32
3.2. Variables	32
3.2.1. Variable independiente	32
3.2.2. Variable dependiente	32
3.3. Sistema de variables.....	32
3.3.1. Definición conceptual	32
3.3.2. Definición operacional	32
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	34
4.1. Método de la investigación	34
4.2. Tipo de la investigación.....	34
4.3. Nivel de la investigación.....	34
4.4. Diseño de la investigación	34
4.5. Población y muestra.....	34
4.5.1. Población	34

4.5.2. Muestra	35
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
4.6.1. Técnica de investigación.....	36
4.6.2. Instrumentos de recolección	36
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	37
5.1. Presentación de resultados	37
5.2. Discusión	106
5.3 Contrastación de hipótesis	106
CONCLUSIONES	125
RECOMENDACIONES	127
BIBLIOGRAFÍA	128
ANEXOS	132
Anexo 1: Matriz de consistencia	132
Anexo 2: Matriz de Referencias Bibliográficas	134
Anexo 3: Matriz de relación entre subtema y objetivos	144
Anexo 4: Matriz de relación entre los subtemas y las referencias bibliográficas.	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tipos de cemento requeridos para la exposición de concreto a los sulfatos en suelo o agua</i>	18
Tabla 2 <i>Granulometría de arena</i>	19
Tabla 3 <i>Límite de sustancias nocivas en el agregado fino</i>	19
Tabla 4 <i>Requisitos granulométricos del agregado grueso</i>	21
Tabla 5 <i>Límite de sustancias nocivas en el agregado grueso</i>	22
Tabla 6 <i>Clases de mezclas según su asentamiento</i>	27
Tabla 7 <i>Descripción de materiales del Agregado Fino</i>	37
Tabla 8 <i>Descripción de materiales del Agregado Grueso</i>	38
Tabla 9 <i>Descripción de materiales del Cemento</i>	38
Tabla 10 <i>Características del diseño de concreto</i>	38
Tabla 11 <i>Materiales de diseño para 1 m³ de concreto adicionando diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café</i>	39
Tabla 12 <i>Trabajabilidad del concreto fresco con los distintos porcentajes de adición de ceniza</i>	39
Tabla 13 <i>Descripción de materiales del Agregado Fino</i>	40
Tabla 14 <i>Descripción de materiales del Agregado Grueso</i>	40
Tabla 15 <i>Descripción de materiales del Cemento</i>	41
Tabla 16 <i>Características del diseño de concreto</i>	41
Tabla 17 <i>Materiales de diseño para 1 m³ de concreto adicionando diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café</i>	41
Tabla 18 <i>Resultados del ensayo de Slump</i>	41
Tabla 19 <i>Descripción de materiales del Agregado Fino</i>	42
Tabla 20 <i>Descripción de materiales del Agregado Grueso</i>	43
Tabla 21 <i>Descripción de materiales del Cemento</i>	43
Tabla 22 <i>Características del diseño de concreto</i>	43
Tabla 23 <i>Materiales de diseño para 1 m³ de concreto adicionando diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café</i>	43
Tabla 24 <i>Trabajabilidad del concreto fresco con los distintos porcentajes de adición de ceniza</i>	44
Tabla 25 <i>Descripción de materiales del Agregado Fino</i>	45

Tabla 26 <i>Descripción de materiales del Agregado Grueso</i>	45
Tabla 27 <i>Descripción de materiales del Cemento</i>	45
Tabla 28 <i>Características del diseño de concreto</i>	46
Tabla 29 <i>Trabajabilidad del concreto fresco con los distintos porcentajes de adición de ceniza</i>	46
Tabla 30 <i>Proporciones de materiales de diseño patrón para 1 m³ de concreto para diferentes resistencias</i>	47
Tabla 31 <i>Proporciones de materiales para el diseño con 2.5% de adición de ceniza de cascarilla de café para 1m³ de concreto para diferentes resistencias</i>	47
Tabla 32 <i>Dosificaciones para el diseño con adición de 5% de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias</i>	47
Tabla 33 <i>Dosificaciones para el diseño con adición de 7.5% de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias</i>	48
Tabla 34 <i>Dosificaciones para el diseño con adición de 10% de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias</i>	48
Tabla 35 <i>Dosificaciones para el diseño con adición de 12.5% de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias</i>	48
Tabla 36 <i>Asentamiento con los diferentes porcentajes para un concreto 210 kg/cm²</i>	49
Tabla 37 <i>Asentamiento con los diferentes porcentajes para un concreto 245 kg/cm²</i>	49
Tabla 38 <i>Asentamiento con los diferentes porcentajes para un concreto 280 kg/cm²</i>	49
Tabla 39 <i>Materiales de diseño corregidos por humedad para 1 m³ de concreto adicionando diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café</i>	51
Tabla 40 <i>Peso Unitario del concreto en estado fresco y su variación con respecto al concreto patrón</i>	52
Tabla 41 <i>Peso Unitario del concreto fresco</i>	52
Tabla 42 <i>Materiales de diseño corregidos por humedad para 1 m³ de concreto adicionando diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café</i>	53
Tabla 43 <i>Peso Unitario del concreto en estado fresco y su variación con respecto al patrón</i>	53
Tabla 44 <i>Diseño de mezcla para un concreto f'c= 210 kg/cm² adicionando diferentes</i>	

<i>porcentajes de ceniza de cascarilla de café.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 45 Peso Unitario del concreto en estado fresco y su variación con respecto al concreto patrón.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 46 Dosificaciones para el diseño patrón en 1m³ con las diferentes resistencias</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 47 Dosificaciones para el diseño con 2.5% de adición de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 48 Dosificaciones para el diseño con 5% de adición de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 49 Dosificaciones para el diseño con 7.5% de adición de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 50 Dosificaciones para el diseño con 10% de adición de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 51 Dosificaciones para el diseño con 12.5% de adición de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 52 Peso unitario del concreto en estado fresco y variación con respecto al concreto patrón con una resistencia de 210 kg/cm²</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 53 Peso unitario del concreto en estado fresco y variación con respecto al concreto patrón con una resistencia de 245 kg/cm²</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 54 Peso unitario del concreto en estado fresco y variación con respecto al concreto patrón con una resistencia de 280 kg/cm²</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 55 Proporciones en peso húmedo para 1 m³ de concreto con adición de diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 56 Material cementicio</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 57 Peso unitario del concreto en estado fresco y variación con respecto al concreto patrón.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 58 Descripción de materiales del Agregado Fino.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 59 Descripción de materiales del Agregado Grueso.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 60 Descripción de materiales del Cemento</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 61 Descripción de materiales de la ceniza de cascarilla de café.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 62 Características del diseño de concreto.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 63 Materiales de diseño para 1 m³ de concreto adicionando diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café.....</i>	<i>64</i>

Tabla 64 Resistencia a la Compresión del concreto a los 7 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza.	65
Tabla 65 Resistencia a la Compresión del concreto a los 14 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza	65
Tabla 66 Resistencia a la Compresión del concreto a los 28 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza.	67
Tabla 67 Descripción de materiales del Agregado Fino	69
Tabla 68 Descripción de materiales del Agregado Grueso.....	69
Tabla 69 Descripción de material Cementicio	69
Tabla 70 Características del diseño de concreto.....	70
Tabla 71 Materiales de diseño para el concreto adicionando diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café.	70
Tabla 72 Resistencia a la Compresión del concreto a los 7 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza	70
Tabla 73 Resistencia a la Compresión del concreto a los 28 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza	72
Tabla 74 Características del Agregado fino.....	74
Tabla 75 Características del Agregado grueso	75
Tabla 76 Resistencia a la Compresión del concreto a los 7 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza	75
Tabla 77 Resistencia a la Compresión del concreto a los 28 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza	77
Tabla 78 Materiales de diseño para de concreto adicionando diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café.	79
Tabla 79 Resistencia a la Compresión del concreto a los 7 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza	80
Tabla 80 Resistencia a la Compresión del concreto a los 14 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza.	81
Tabla 81 Resistencia a la Compresión del concreto a los 28 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza.	82
Tabla 82 Dosificaciones para el diseño patrón en $1m^3$ con las diferentes resistencias	84
Tabla 83 Dosificaciones para el diseño con 2.5% de adición de ceniza en $1m^3$ con las	

<i>diferentes resistencias.....</i>	85
Tabla 84 <i>Dosificaciones para el diseño con 5% de adición de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias.....</i>	85
Tabla 85 <i>Dosificaciones para el diseño con 7.5% de adición de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias.....</i>	85
Tabla 86 <i>Dosificaciones para el diseño con 10% de adición de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias.....</i>	85
Tabla 87 <i>Dosificaciones para el diseño con 12.5% de adición de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias.....</i>	86
Tabla 88 <i>Resistencia a la compresión a los 7 días para un concreto f'c= 280 kg/cm².....</i>	86
Tabla 89 <i>Resistencia a la compresión a los 14 días para un concreto f'c= 280 kg/cm².....</i>	88
Tabla 90 <i>Resistencia a la compresión a los 28 días para un concreto f'c= 280 kg/cm².....</i>	89
Tabla 91 <i>Resistencia a la compresión a los 7 días para un concreto f'c= 210 kg/cm².....</i>	91
Tabla 92 <i>Resistencia a la compresión a los 14 días para un concreto f'c= 210 kg/cm².....</i>	93
Tabla 93 <i>Resistencia a la compresión a los 28 días para un concreto f'c= 210 kg/cm².....</i>	94
Tabla 94 <i>Resistencia a la compresión a los 7 días para un concreto f'c= 245 kg/cm².....</i>	96
Tabla 95 <i>Resistencia a la compresión a los 14 días para un concreto f'c= 245 kg/cm².....</i>	98
Tabla 96 <i>Resistencia a la compresión a los 28 días para un concreto f'c= 245 kg/cm².....</i>	99
Tabla 97 <i>Resistencia a la tracción y variación con respecto al concreto patrón.....</i>	101
Tabla 98 <i>Materiales de diseño corregidos por humedad para 1 m³ de concreto adicionando diferentes porcentajes de Ceniza de Cascarilla de Café.</i>	103
Tabla 99 <i>Resistencia a la tracción (Mpa) a los 7 días.</i>	103
Tabla 100 <i>Resistencia a la tracción (Mpa) a los 14 días.</i>	104
Tabla 101 <i>Resistencia a la tracción (Mpa) a los 28 días.</i>	105

Tabla 102 *Trabajabilidad del concreto fresco con los distintos porcentajes de adición de ceniza*..... 111

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Árbol del problema.....	2
<i>Figura 2</i> Pavimentos de autopista, pisos, puentes y edificios.....	15
<i>Figura 3</i> Losas sobre suelo, tuberías y postes de concreto expuestos a suelos con alto contenido de sulfatos.....	16
<i>Figura 4</i> Colocación en tiempo frío, pavimentos de rápida habilitación al tránsito (fast track) para minimizar embotellamientos y rápida remoción de las cimbras de concreto pre moldeado.....	16
<i>Figura 5</i> Apoyos espesos de puente y presa. La presa de Hoover, enseñada aquí, usó el cemento tipo IV para controlar el aumento de temperatura.....	17
<i>Figura 6</i> Agregado fino.....	18
<i>Figura 7</i> Agregado grueso.....	19
<i>Figura 8</i> Equipo para determinar el asentamiento del concreto.....	26
<i>Figura 9</i> Procedimiento para hallar el Slump.....	27
<i>Figura 10</i> Planta de café en maduración.....	29
<i>Figura 11</i> Asentamiento (pulgadas) VS ceniza de cascarilla de café para el concreto $f'c=210\text{Kg/cm}^2$	50
<i>Figura 12</i> Asentamiento (pulgadas) VS ceniza de cascarilla de café para el concreto $f'c=245\text{Kg/cm}^2$	50
<i>Figura 13</i> Asentamiento (pulgadas) VS ceniza de cascarilla de café para el concreto $f'c=280\text{Kg/cm}^2$	51
<i>Figura 14</i> Peso Unitario (Kg/m^3) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.....	55
<i>Figura 15</i> Variación del Peso Unitario con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.....	55
<i>Figura 16</i> Peso Unitario (Kg/m^3) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café para el concreto $f'c 245 \text{ kg/cm}^2$	59
<i>Figura 17</i> Peso Unitario (Kg/m^3) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café para el concreto $f'c 280 \text{ kg/cm}^2$	60
<i>Figura 18</i> Peso Unitario (Kg/m^3) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café para el concreto $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$	61
<i>Figura 19</i> Variación del P.U con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café para el concreto $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$	62
<i>Figura 20</i> Porcentaje alcanzado en 7 días – Ceniza de cascarilla de café.....	65

<i>Figura 21</i> Porcentaje alcanzado en 14 días – Ceniza de cascarilla de café.....	66
<i>Figura 22</i> Porcentaje alcanzado en 28 días – ceniza de cascarilla de café.....	67
<i>Figura 23</i> Resistencia a la compresión máxima promedio – ceniza de cascarilla de café.	68
<i>Figura 24</i> Porcentaje alcanzado – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.	68
<i>Figura 25</i> Resistencia a la Compresión máxima promedio a los 7 días – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.....	71
<i>Figura 26</i> Porcentaje alcanzado en 7 días – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.	71
<i>Figura 27</i> Resistencia a la Compresión máxima promedio a los 28 días – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.....	72
<i>Figura 28</i> Porcentaje alcanzado en 28 días – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.	73
<i>Figure 29</i> Porcentaje alcanzado – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.	74
<i>Figura 30</i> Resistencia a la Compresión máxima promedio – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.....	76
<i>Figura 31</i> Porcentaje alcanzado – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.	76
<i>Figura 32</i> Resistencia a la compresión máxima promedio – Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.....	77
<i>Figura 33</i> Resistencia a la compresión máxima promedio – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.....	78
<i>Figura 34</i> Resistencia a la compresión máxima promedio – ceniza de cascarilla de café.	78
<i>Figura 35</i> Porcentaje alcanzado – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.	79
<i>Figura 36</i> Porcentaje alcanzado – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.	80
<i>Figura 37</i> Resistencia a la compresión máxima promedio – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.....	81
<i>Figura 38</i> Porcentaje alcanzado – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.	82
<i>Figura 39</i> Resistencia a la compresión máxima promedio – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.....	83
<i>Figura 40</i> Porcentaje alcanzado – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.	83
<i>Figura 41</i> Porcentaje alcanzado - ceniza de cascarilla de café.....	84
<i>Figura 42</i> Resist. Comp. máxima prom. 7 días VS % ceniza de cascarilla de café.....	87
<i>Figura 43</i> Porcentaje alcanzado 7 días VS % ceniza de cascarilla de café.....	87
<i>Figura 44</i> Resist. Comp. máxima prom. 14 días VS % ceniza de cascarilla de café.	88

<i>Figura 45</i> Porcentaje alcanzado 14 días VS % ceniza de cascarilla de café.	89
<i>Figura 46</i> Resist. Comp. máxima prom. 28 días VS % ceniza de cascarilla de café.	90
<i>Figura 47</i> Porcentaje alcanzado 14 días VS % ceniza de cascarilla de café.	90
<i>Figura 48</i> Porcentaje alcanzado VS % ceniza de cascarilla de café.	91
<i>Figura 49</i> Resistencia a la compresión máxima promedio de 7 días VS % ceniza de cascarilla de café.	92
<i>Figura 50</i> Porcentaje alcanzado 7 días VS % ceniza de cascarilla de café.	92
<i>Figura 51</i> Resistencia a la compresión máxima promedio de 14 días VS % ceniza de cascarilla de café.	93
<i>Figura 52</i> Porcentaje alcanzado a los 14 días VS % ceniza de cascarilla de café.	94
<i>Figura 53</i> Resistencia a la compresión máxima promedio de 28 días VS % ceniza de cascarilla de café.	95
<i>Figura 54</i> Porcentaje alcanzado a los 14 días VS % ceniza de cascarilla de café.	95
<i>Figura 55</i> Porcentaje alcanzado VS % ceniza de cascarilla de café.	96
<i>Figura 56</i> Resistencia a la compresión máxima promedio de 7 días VS % ceniza de cascarilla de café.	97
<i>Figura 57</i> Porcentaje alcanzado a los 7 días VS % ceniza de cascarilla de café.	97
<i>Figura 58</i> Resistencia a la compresión máxima promedio de 14 días VS % ceniza de cascarilla de café.	98
<i>Figura 59</i> Porcentaje alcanzado a los 14 días VS % ceniza de cascarilla de café.	99
<i>Figura 60</i> Resistencia a la compresión máxima promedio de 28 días VS % Ceniza de Cascarilla de Café.	100
<i>Figura 61</i> Porcentaje alcanzado a los 14 días VS % Ceniza de Cascarilla de Café.	100
<i>Figura 62</i> Porcentaje alcanzado VS % Ceniza de Cascarilla de Café.	101
<i>Figura 63</i> Variación de la Resistencia a la Tracción del concreto con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.	102
<i>Figura 64</i> Variación de la Resistencia a la Tracción del concreto fresco con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.	103
<i>Figura 65</i> Resistencia a la tracción (Mpa) a los 14 días VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.	104
<i>Figura 66</i> Variación de la Resistencia a la Tracción del concreto fresco con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.	105
<i>Figura 67</i> Resistencia a la tracción (Mpa) a los 28 días VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.	106

<i>Figura 68</i> Variación de la Resistencia a la Tracción del concreto con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.	106
<i>Figura 69</i> Trabajabilidad del concreto fresco con ceniza - Slump.....	109
<i>Figura 70</i> Trabajabilidad del concreto fresco con ceniza - Slump.....	110
<i>Figura 71</i> Trabajabilidad del concreto fresco con ceniza - Slump.....	110
<i>Figura 72</i> Trabajabilidad del concreto fresco con ceniza - Slump.....	111
<i>Figura 73</i> Peso Unitario (Kg/m^3) VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.....	112
<i>Figura 74</i> Variación del Peso Unitario fresco con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.....	113
<i>Figura 75</i> Peso Unitario (Kg/m^3) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.	114
<i>Figura 76</i> Peso Unitario (Kg/m^3) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café para el concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	114
<i>Figura 77</i> Variación del Peso Unitario fresco con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café para el concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	115
<i>Figura 78</i> Variación del Peso Unitario fresco con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café para el concreto $f'c= 245 \text{ kg/cm}^2$	116
<i>Figura 79</i> Variación del Peso Unitario fresco con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café para el concreto $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$	116
<i>Figura 80</i> Resistencia a la compresión máxima promedio en 7 días – Ceniza de cascarilla de café.....	117
<i>Figura 81</i> Resistencia a la compresión máxima promedio en 14 días – Ceniza de cascarilla de café.....	118
<i>Figura 82</i> Resistencia a la compresión máxima promedio en 28 días – ceniza de cascarilla de café.....	119
<i>Figura 83</i> Resistencia a la Compresión máxima promedio a los 7 días – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.....	119
<i>Figura 84</i> Resistencia a la compresión máxima promedio – ceniza de cascarilla de café.	120
<i>Figura 85</i> Resistencia a la compresión máxima promedio – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.....	120
<i>Figura 86</i> Resistencia a la compresión máxima promedio VS % ceniza de cascarilla de café.....	121
<i>Figura 87</i> Resistencia a la Compresión máxima promedio. VS % Ceniza de Cascarilla de Café.....	121

<i>Figura 88</i> Resistencia a la compresión máxima promedio VS % ceniza de cascarilla de café para un diseño de $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$	122
<i>Figura 89</i> Resistencia a la tracción (Mpa) a los 28 días VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.	123
<i>Figura 90</i> Resistencia a la tracción (Mpa) a los 7 días VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.	124

RESUMEN

En esta investigación de tipo descriptiva se analiza el comportamiento del concreto en base a sus propiedades físico-mecánicas con la adición de ceniza de cascarilla de café en distintos porcentajes, basándose en múltiples investigaciones que a través de ensayos de trabajabilidad, peso unitario, resistencia a la compresión y resistencia a la tracción diagnosticaron su comportamiento con distintos porcentajes de esta ceniza. A dichos ensayos se le realizaron pruebas en estado fresco y en estado endurecido.

De las tesis y los artículos consultados se concluye que la ceniza de cascarilla de café no aporta ningún beneficio a la trabajabilidad del concreto, causando una disminución del asentamiento a medida que se le va agregando la ceniza a la mezcla. Sin embargo, con respecto al peso unitario, se determina que el porcentaje óptimo que asegure un concreto ligero y con adecuada resistencia a la compresión es con el 5% de ceniza, bajo la consideración de la dosificación y características de los agregados propuestos y utilizados por el investigador (Weninger Padilla, 2020), donde los resultados de resistencia a la compresión varían de acuerdo a la calidad de los agregados y la dosificación de los materiales, siendo para algunos diseños favorable hasta cierto porcentaje de ceniza y en otros diseños la ceniza no aporta ningún beneficio a la resistencia a la compresión. Para la resistencia a la tracción de acuerdo con los resultados de las investigaciones consultadas se concluyó que la adición de ceniza de cascarilla de café no genera ninguna mejora a la resistencia a la tracción.

Palabras claves: Propiedades físico-mecánicas, trabajabilidad, peso unitario, resistencia a la compresión y ceniza de cascarilla de café.

ABSTRACT

In this descriptive research, the behavior of concrete is analyzed based on its physical-mechanical properties with the addition of coffee husk ash in different percentages, based on multiple investigations that through workability tests, unit weight, resistance to compression and tensile strength diagnosed their behavior with different percentages of this ash. These tests were tested in the fresh state and in the hardened state.

From the theses and articles consulted, it is concluded that coffee husk ash does not provide any benefit to the workability of concrete, causing a decrease in settlement as the ash is added to the mixture. However, with respect to the unit weight, it is determined that the optimal percentage that ensures a light concrete with adequate compressive strength is 5% ash, under consideration of the dosage and characteristics of the aggregates proposed and used by the researcher (Weninger Padilla, 2020), where the results of compressive strength vary according to the quality of the aggregates and the dosage of the materials, being for some designs favorable up to a certain percentage of ash and in other designs the ash is not provides no benefit to compressive strength. For the tensile strength, according to the results of the investigations consulted, it was concluded that the addition of coffee husk ash does not generate any improvement in the tensile strength.

Keywords: Physical-mechanical properties, workability, unit weight, compressive strength and coffee husk ash.

INTRODUCCION

En la actualidad el concreto es la mezcla más utilizada en el rubro de la construcción a nivel mundial, esto debido a su gran resistencia a la compresión que resulta de gran necesidad para los sistemas constructivos convencionales. Sin embargo, también es de conocimiento que su resistencia a la tracción es baja, siendo necesario que para fines estructurales se refuerce con acero corrugado para los esfuerzos a tracción.

A lo anteriormente expuesto, durante los últimos años se viene desarrollando investigaciones y ensayos, buscando componentes orgánicos externos que permitan mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto, siendo estas su resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, peso unitario y trabajabilidad.

De esta manera, la presente tesis descriptiva desarrollará, en base a recopilación de estudios aplicativos con productos orgánicos, las propiedades físicas y mecánicas en las que podrá aportar, en este caso, la ceniza de cascarilla de café como adición al diseño de mezcla del concreto, considerándose su adición al 5, 10 y 15 por ciento.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

El sector construcción en el Perú es uno de los más importantes ya que este ayuda a dinamizar tanto la demanda interna como el empleo. Este fue impactado por las diferentes medidas restrictivas que se impusieron con el fin de combatir la pandemia del covid-19 en el año 2020, Sin embargo, en los primeros meses del año 2021 se registraron fuertes tasas de crecimiento según el Diario Oficial El Peruano.

Refiriéndonos a la infraestructura social del Perú, para los diferentes tipos de construcción son de suma importancia ya que de distintas maneras las construcciones incrementan la productividad en las diferentes partes del País, generando un mayor comercio, incrementando el turismo y permitiendo la conexión entre ciudades; En consecuencia, tener un mejor desarrollo. Debido a esto en el proceso constructivo se debe asegurar la calidad de las diferentes estructuras, así como también de los materiales a emplear.

Roncal D. y Narrea J. (2020) sostiene que como uno de los principales materiales para la elaboración de una estructura se tiene al concreto, por ello se debe cumplir con ciertos parámetros para poder asegurar su calidad, estos los podemos medir mediante diferentes ensayos en su estado fresco y en su estado endurecido, así también como la evaluación de su trabajabilidad y resistencia; teniendo en cuenta que los agregados finos y agregados gruesos que se vayan a utilizar sean óptimos.

Como punto inicial se ve en la necesidad de tener un control sobre el asentamiento del concreto ya que eso nos asegura una correcta trabajabilidad por horas lo que es necesario para completar los trabajos y asegurarnos la calidad de este. Luego evaluaremos la característica mecánica principal del concreto, que es la resistencia a la compresión, la cual nos ayudará a determinar si la mezcla de concreto diseñada cumple con la resistencia requerida.

Considerando investigaciones anteriores, una manera de mejorar las propiedades mecánicas y físicas del concreto es el aprovechamiento de productos orgánicos, por lo cual en esta investigación se incorporará la cascarilla de café en forma de ceniza en la mezcla de concreto.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2021), el crecimiento del

grano del café fue favorecido debido a las mejores condiciones térmicas, beneficiando su desarrollo en los principales departamentos productores, Ucayali (135,1%), San Martín (58,8%), Cusco (17,6%), Cajamarca (13,1%) y Amazonas (7,6%), aportando así el 71,1% del total generado a nivel nacional, siendo el Perú uno de los principales productores.

1.1.1. Árbol del Problema

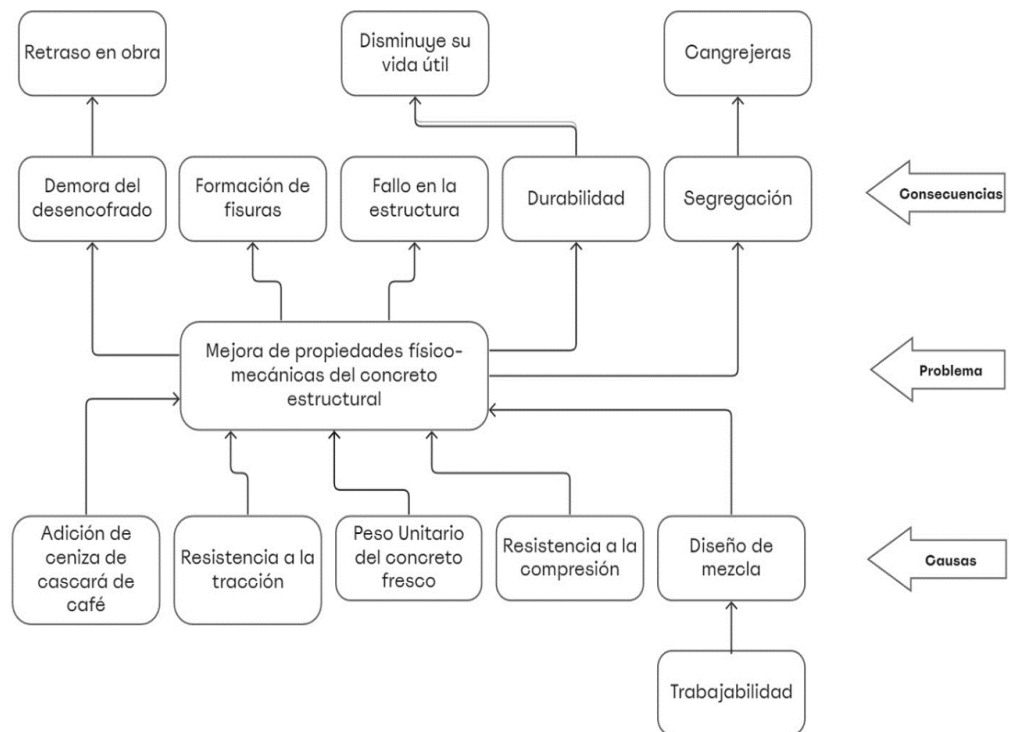


Figura 1 Árbol del problema
Fuente: Elaboración propia

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera la adición de ceniza de cascara de café mejora las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera los porcentajes de ceniza de cascara de café mejora la trabajabilidad del concreto estructural?
- ¿De qué manera los porcentajes de ceniza de cascara de café disminuyen el peso unitario del concreto estructural en estado fresco?
- ¿De qué manera los porcentajes de ceniza de cascara de café incrementan la resistencia a la compresión del concreto estructural?

- d) ¿De qué forma los porcentajes de ceniza de cascarilla de café aumentan la resistencia a la tracción indirecta del concreto estructural?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar el porcentaje de adición de ceniza de cascarilla de café para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café para mejorar la trabajabilidad del concreto estructural.
- b) Determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café para disminuir el peso unitario del concreto estructural en estado fresco.
- c) Determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café para incrementar la resistencia a la compresión del concreto estructural.
- d) Determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café para aumentar la resistencia a la tracción indirecta del concreto estructural.

1.4. Delimitación de la investigación

1.4.1. Geográfica

Geográficamente esta investigación se realizó en base a zonas que cuenten con climas cálidos, que sus temperaturas varían entre 18°C a 23°C.

1.4.2. Temporal

La investigación se realizó en el presente año 2022.

1.4.3. Temática

La temática se elaboró de concreto con adición de ceniza de cascarilla de café con respecto al cemento.

Campo:

Adición de ceniza de cascarilla de café

Área académica:

Adición de productos orgánicos

Línea de investigación:

Tecnología del concreto

Sub-línea de investigación:

Descripción en base a fuentes nacionales e internacionales consultadas.

1.4.4. Muestral

La unidad de análisis de la investigación fue estudiar el concreto con diferentes adiciones parciales de ceniza en un concreto estructural.

1.5. Justificación del estudio

La finalidad de esta investigación es brindar una alternativa para el diseño de concreto mediante la utilización de un producto orgánico que no es aprovechable y abunda en la zona, para así obtener una mejora en sus propiedades físicas y mecánicas, favoreciendo en la calidad de la estructura, contribuyendo con el medio ambiente y aumentando la producción. Aportando también a la gente de esta provincia ya que se adquiere esta cascarilla de café.

1.5.1. Conveniencia

La intención de la presente investigación es demostrar que cuando se utiliza la cascarilla de café como adición al cemento, las propiedades físicas y mecánicas del concreto mejoran.

1.5.2. Relevancia social

Esta investigación impacta de manera positiva en la sociedad ya que tiene como propósito mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto buscando obtener estructuras de calidad. La adición de la ceniza de cascarilla de café también contribuirá de manera parcial con la reducción de la contaminación.

1.5.3. Aplicaciones prácticas

Esta investigación servirá como referencia para diferentes estudios aplicativos en el diseño de concretos con adición de distintos productos orgánicos que no tengan un uso determinado y que generalmente suelen desecharse.

1.5.4. Utilidad metodológica

La metodología que se utilizó en la recolección de datos en esta investigación es la observación indirecta, ya que se utilizarán los resultados del ensayo de asentamiento, peso unitario, resistencia a la compresión y resistencia a la tracción indirecta serán de diferentes artículos y tesis que ya han realizado estos ensayos.

1.5.5. Valor teórico

Con la presente investigación se busca promover el uso de materias orgánicas en la elaboración del concreto con la finalidad de aprovechar estas materias orgánicas, economizando la elaboración del concreto con materias que puedan abundar en el lugar de un proyecto, como en este caso usaremos la cascarilla de café, y de esta manera se está contribuyendo a mitigar un impacto ambiental negativo.

1.6. Importancia del estudio

La presente investigación es desarrollada con el fin de promover el uso de productos orgánicos que no cuentan con un uso determinado y suelen desecharse, pudiendo así utilizarlos como adición al cemento, y de esta manera generar una alternativa productiva y eco amigable.

Al darle un uso a los diferentes residuos de productos orgánicos contribuimos también con el medio ambiente ya que teniendo en cuenta que la región de San Martín es de los primeros productores de café a nivel nacional, este abunda en la zona. Otro beneficio es directamente con el concreto, ya que se busca mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, con el fin de garantizar la calidad de una estructura.

1.6.1. Nuevos conocimientos

Esta investigación nos muestra que se puede adicionar un porcentaje de ceniza en el cemento y estas pueden ser de diferentes productos orgánicos y que cuenten con diversos fines. En este caso el uso de la ceniza de cascarilla de café se adicionará al cemento para así obtener un concreto estructural con mejores propiedades físicas y mecánicas, y contribuyendo con el medio ambiente.

También nos permite ampliar los estudios sobre el aprovechamiento de productos orgánicos que no cuentan con un uso determinado y que en estado de ceniza estas pueden ser utilizados en el campo de la construcción.

1.6.2. Aporte

En la actualidad se busca innovar en los diseños de concreto con la finalidad de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, y que al mismo tiempo puedan contribuir de alguna manera con la sociedad y el medio ambiente.

Este nuevo diseño de concreto con cascarilla de café como sustituto del cemento en distintos porcentajes, busca mejorar sus propiedades en estado

fresco y endurecido y de igual manera cumplir con las especificaciones técnicas del concreto requerido, para así asegurar la calidad de la estructura y mejorar el rendimiento en obra.

1.7. Limitaciones del estudio

La presente investigación cuenta con limitaciones dadas a la presente coyuntura mundial que es el COVID -19, ya que para su realización no se tuvo acceso al laboratorio de ensayo de materiales, realizándose así en base a diferentes estudios de laboratorio ya realizados.

1.7.1. Falta de estudios previos de investigación

Las fuentes de información sobre la cascarilla de café como adición al cemento son limitadas, debido a que no existen muchos estudios con este producto orgánico para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto estructural.

1.7.2. Metodológicos o prácticos

La bibliografía se trabajó a modo de generar una adaptación más adecuada para el tema de adición de ceniza de cascarilla de café como adición al cemento para un concreto estructural.

1.7.3. Medidas para la recolección de datos

La recolección de datos se realizó mediante una recopilación de investigaciones considerando los resultados de ensayos de laboratorio como son el ensayo de asentamiento (Slump), peso unitario, resistencia a la tracción indirecta y de resistencia a la compresión, para luego analizar los resultados.

1.8. Alcance

El alcance de la presente investigación es incentivar el uso en mezclas de concreto de materiales orgánicos alternativos que suelen desecharse para así mejorar las propiedades tanto físicas como mecánicas, y de este modo poder contribuir con el medio ambiente y de igual manera garantizar la calidad de las estructuras.

1.9. Viabilidad del estudio

1.9.1. El tiempo

Se cuenta con un tiempo para realizar la investigación de 6 meses, que inicia en el mes de mayo y concluye en el mes de noviembre.

1.9.2. Espacio

La presente investigación se está realizando en el departamento y provincia de Lima.

1.9.3. Las condiciones económicas

Al ser una investigación descriptiva, los costos para desarrollarla son solo el pago que nos brinda los asesores metodológicos y especialistas en el área.

1.9.4. Las fuentes de información

La información necesaria se recopiló buscando tesis, artículos, libros y revistas ya sean nacionales e internacionales.

1.9.5. Recolección de los datos

La recolección de la información requerida para la realización de nuestra investigación nos la ofrece la Universidad Ricardo Palma, teniendo una base de datos académica en la cual se encuentran, ProQuest, Knovel, ALICIA, el repositorio de tesis de la universidad, así como también se encontró información en ScopusPrief y en Google Académico.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco histórico

(Iparraguirre, 2021) las cenizas de distintos productos han sido utilizadas como una alternativa para el diseño de mezclas de concreto, con la finalidad de mejorar las propiedades de la mezcla. Al utilizar cenizas naturales de productos que se encuentran fácilmente en el entorno, se contribuiría con el medio ambiente.

(Weninger, 2020) el consumo y la producción del cemento ha ido aumentando a nivel mundial y en Latinoamérica, esto debido a que el cemento es la materia prima para la construcción, restauración y mantenimiento de infraestructuras de todo tipo, para lograr un concreto de calidad, este debe ser trabajable en su estado fresco y alcanzar la resistencia a la compresión requerida cuando endurezca, lo que conlleva a plantear novedosas opciones que mejoren las características tanto físicas como mecánicas.

2.2. Investigaciones relacionadas con el tema

2.2.1. Investigaciones internacionales

(Iparraguirre, 2021) en su investigación planteó el uso de ceniza de productos orgánicos, en la elaboración de un concreto hidráulico, con la finalidad de determinar sus propiedades física-mecánicas como la resistencia a la compresión, asentamiento, módulo de elasticidad, relación de Poisson y análisis de la microestructura del concreto hidráulico. Para obtener los resultados se realizaron ensayos de laboratorio establecidos por las Normas Técnicas Colombianas vigentes. Se determinó que la adecuada quema de la cascarilla de arroz produce ceniza con un porcentaje de sílice importante, el cual es un elemento que tiene buena actividad puzolánica, esto es efectivo para la formación de compuestos cementicios que por consiguiente generan un aumento en la resistencia a la compresión.

(Rojas, 2019) nos indica que, evaluó un biocomposito elaborado a partir de cascarilla de un producto orgánico residual y polipropileno, provenientes del municipio de San Vicente de Chucurí, Santander. Realizando primero una caracterización física y química de la cáscara, obteniendo un 85% en contenido de humedad, 30% en masa de azúcares reductores y 7% de cenizas totales. Esta muestra de biocomposito fue realizada en tres composiciones

(70/30, 80/20 y 90/10) de polipropileno y cáscara. Con el biocomposito ya elaborado, se analizó la adhesión interfacial entre las matrices y su absorción de agua, demostrando que los biocompositos compuestos con cáscara tratada obtuvieron mejor comportamiento e interfaz de adhesión que los que tenían cáscara sin tratar.

(Moya, J. et al, 2019) estudió, el comportamiento en la construcción de la ceniza de la cascarilla de arroz (CCA), la propuesta fue el uso de la CCA en una mezcla de hormigón estándar, ya que este residuo no tiene un determinado uso, se está contribuyendo con el medio ambiente. Debido a la composición química de la ceniza, se analizó mediante ensayos de laboratorio el comportamiento de mezclas de hormigón con el 5% y 10% de CCA versus el hormigón estándar bajo las mismas condiciones donde se comparó las propiedades físico-mecánicas. Como resultados finales se obtuvo como mezcla óptima al hormigón con el 10% de CCA.

(Molano, 2021) sostiene en su investigación que los subproductos generados por el cacao se pueden aprovechar en el campo de la ingeniería. Mencionando que las propiedades mecánicas de la cascarilla de cacao pueden ser determinadas por medio de ensayos realizados en un laboratorio como: tensión, flexión y compresión. La metodología empleada fue la fabricación de 09 probetas por ensayo, siendo un total de 36. En grupos de tres probetas con diferentes porcentajes (50%, 70% y 90%) de cascarilla de cacao triturado. Los resultados que obtuvieron los presentaron en un diagrama esfuerzo VS deformación de donde deducen con qué tipo de material se está tratando y las propiedades que este presenta. Siendo su objetivo analizar los subproductos generados durante los procesos de producción para ser empleados en los materiales de la ingeniería.

(Castaño & Trigos, 2017) sostienen que con el transcurso del tiempo se ha incrementado la generación de residuos sólidos, estos pueden ser el resultado de procesos industriales e incluso domésticos. Estos residuos con un tratamiento adecuado y/o procesamiento especial, pueden llegar a sustituir e incluso en algunos casos, llegar a mejorar la calidad de los materiales de construcción convencionales. Dentro de los residuos agrícolas, se encuentran

productos muy útiles e interesantes para este proceso, así como la cascarilla de arroz, la cáscara y cubierta del coco; la cascarilla de café, hojas y tallos de plátano; la utilización de estos productos puede tener una disminución significativa en los impactos ambientales, ya que se generaría una reducción de residuos sólidos y material articulado.

En la investigación evaluaron los productos orgánicos, utilizándolos en morteros, analizando cada ventajas y beneficios que podríamos obtener, para ello realizaron mezclas con diferentes relaciones de contenido de la ceniza de los productos orgánicos y el agregado fino, basándose siempre en las normas y especificaciones aplicables. Obteniendo como resultado un óptimo uso de estas cenizas de productos orgánicos en morteros, sustituyendo como máximo el 10% del material cementante, para así garantizar resultados favorables en cuanto a resistencia del mortero.

2.2.2. Investigaciones nacionales

(Gomez A. , 2022) Analizó en su investigación el efecto de incorporar fibras de mazorca de cacao, con el fin de observar las propiedades físicas y mecánicas de un concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en el pavimento rígido. Utilizaron una metodología de tipo aplicada y diseño experimental. Tuvieron una muestra de 45 probetas cilíndricas y 15 vigas de concreto (inalterado y adicionado).

Obteniendo que el concreto con adición tuvo diferencias con respecto a la mezcla base, con respecto a la resistencia a la compresión simple la dosis óptima se ve reflejada en 1.5% de fibra de mazorca de cacao en función del peso del cemento para un valor de 335.6 Kg/cm^2 , mientras que en la resistencia a la flexión la dosis sería de 3.0% de fibra de mazorca de cacao en función al peso del cemento para un valor de 42.10 Kg/cm^2 .

Concluyendo que el concreto con diferentes dosificaciones de fibras de mazorca de cacao hace que las propiedades físicas del concreto puedan variar, mientras que a las propiedades mecánicas las hace mejorar.

(Rodríguez, 2017) En su investigación nos muestra como iniciativa la utilización de residuos generados por la agricultura para su utilización en la industria de la construcción, utilizando la cascarilla de café y su ceniza. Muestra cómo influye la incorporación en distintos porcentajes de la cascarilla

y su ceniza, en su trabajabilidad, peso unitario del concreto fresco y endurecido, resistencia a la compresión, a la tracción indirecta y las fisuras. Los materiales fueron recolectados de la zona y se realizaron ensayos comparativos entre un concreto patrón con 0% de adición y concretos con adición de 5%, 10% y 15% para la ceniza con respecto al cemento. El concreto utilizado fue de 250 kg/cm².

En la trabajabilidad determinó que disminuye al incorporarle la ceniza, para el peso unitario del concreto en estado fresco y endurecido existe una disminución, mientras que para la resistencia a la compresión y tracción con adición de ceniza aumenta mientras existe un mayor porcentaje de ceniza.

(Alfaro, 2019) buscó en su investigación aumentar la resistencia a la compresión de un concreto simple mediante la adición de ceniza de chala de maíz. Realizando así un diseño de mezcla base y con ceniza de chala de maíz. En su investigación analiza cómo varía el comportamiento del concreto con los diferentes porcentajes de adición de ceniza de chala de maíz (5%, 10%, 12.5%, 15%, 17.5% y 20%), trabajando en base a una mezcla patrón de calidad de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$. Con la mezcla patrón y las mezclas con los diferentes porcentajes de adición de ceniza en estado fresco, realizaron la prueba de asentamiento y contenido de aire, observándose que estos diseños no presentan exudación ni segregación, de igual manera realizaron el ensayo de resistencia a la compresión en estado endurecido a los 7,14, 21 y 28 días de edad.

(Ccana, 2021) analizó cómo influye la ceniza de madera del capulí en las propiedades físicas y mecánicas en un diseño de concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, realizando así los ensayos de granulometría, peso específico, porcentaje de humedad y peso unitario en el laboratorio de mecánica de suelos.

Según su primer objetivo específico pudieron demostrar que la trabajabilidad disminuye (25%); mientras en el segundo objetivo específico CMC patrón 0% con sustitución de 5%, 10% y 15% demostraron que la resistencia a la compresión mejora y que en el tercer objetivo la resistencia a la flexión de CMC patrón 0% con la sustitución de 5%, 10% y 15% no mejoró.

Concluyendo que al incorporar ceniza de madera de capulí en las proporciones de 5% y 10% es apto en resistencia a compresión ya que demostró tener

resultados favorables al observarse mejoras en los valores de compresión inicial.

(Marlon & Pastor, 2018) sostienen en su investigación que, la resistencia del concreto 210 kg/cm^2 , con la adición de ceniza de caña de azúcar (CBCA), en la proporción de 20% y 40% la resistencia a la compresión disminuye. Sosteniendo así que, al incrementar la proporción de ceniza, la resistencia disminuye por debajo de la mezcla de diseño.

El concreto con 20% de CBCA tuvo mejor comportamiento a compresión a los 7 y 28 días de curado, considerando que ambas estuvieron 59% debajo del concreto estándar. Concluyendo que no se recomienda el uso de la CBCA para el uso estructural ya que esta disminuye su resistencia a la compresión.

2.2.3. Artículos relacionados con el tema

(Gedefaw, A. et al, 2022) Indican que el producir cemento genera un gran consumo de energía y emisiones de CO^2 que afectan al cambio climático.

Indican que con el fin de mitigar este problema se ha generado un interés por parte de los investigadores por encontrar un material alternativo al cemento por diferentes residuos agrícolas. Planteando en su investigación el uso de la ceniza de cascarilla de café (CHA) en la producción de un concreto 250 Kg/cm^2 . Las proporciones utilizadas fueron de 0%, 5%, 10%, 15% y 20% con un a/c de 0.5, las pruebas realizadas fueron tiempo de fraguado, trabajabilidad, resistencia a la compresión, absorción de agua, entre otras.

(Camargo & Higuera, 2017) indican que al ser el cemento una de las materias primas de la producción del concreto hidráulico, su producción se considera como uno de los procesos que más contamina el planeta. Esta investigación analiza el comportamiento mecánico, físico y químico de una mezcla de concreto hidráulico mezclado con sílice que fue obtenida de la incineración de cascarilla de arroz.

La metodología empleada fue de carácter experimental donde se trabajó con cemento Holcim M1 Concretera, utilizándose como patrón un diseño de concreto hidráulico $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$, y una resistencia a la flexión de 42 Kg/cm^2 . Se realizó por ceniza de cascarilla de arroz (sílice), en diferentes proporciones (5%, 15% y 30%).

Los resultados mostraron viabilidad con el 5% de sustitución en la resistencia a la compresión, la tracción indirecta y a la flexión, demostrando que existe viabilidad para la aplicación de este procedimiento.

(Andrade & Palacios, 2019) sostienen que el reciclar es una buena alternativa desde una perspectiva ambiental, y que la creciente fabricación de materiales constructivos convencionales crea de una forma indirecta efectos perniciosos en el entorno y en la vida de las personas. Bajo este punto hacen un análisis e indagan sobre el posible uso de fibras naturales como la ceniza de cascarilla de cacao en el sector edificatorio actual, trazando una variable en el sistema convencional y exponiendo alternativas viables y amigables con el ambiente. En su investigación nos expone el poder utilizar la materia prima residual generada por diferentes plantaciones y empresas industriales.

(Soto, I. et al, 2018) nos dicen que existe un continuo crecimiento en la demanda del cemento, la cual genera ciertas preocupaciones ambientales y de sostenibilidad en las industrias cementeras. De igual manera las grandes cantidades de residuos sólidos a nivel mundial están afectando la salud mundial humana y de igual manera el medio ambiente.

Proponiendo así poder evaluar el uso de la ceniza de residuos orgánicos vegetales o animales. Con el fin de generar consciencia en un cambio en el desarrollo de un producto que pueda ser alternativo y contribuya de forma más sostenible en las industrias de la construcción. En este artículo se evaluaron tres tipos de mezclas con diferente porcentaje de cemento (5%, 10%, 15% y 20%). Al evaluar su propiedades físicas y mecánicas, se demostró que existe una mayor resistencia a la compresión en los mayores porcentajes de ceniza. Mencionaron que las mezclas con 5% presentan un valor de 2,1% mayor que el hormigón de referencia, mientras que las mezclas de hasta 10% mostraron un desempeño de 13%.

Concluyen que es factible utilizar la ceniza orgánica para generar un concreto con mayor resistencia, densidad y con una menor absorción específica e índices de vacíos.

(Patiño, 2019) indican que potenciar un material basado en sostenibilidad, medio ambiente y socio-económico, se ha convertido en un desafío para el

sector de la construcción. El uso de residuos orgánicos renovables, es un tema que ha sobresalido en los últimos años en la industria de la construcción, aprovechando las que tienen mayor producción, en el caso de Colombia, la cascarilla de café. Esta fibra vegetal, se encuentra potencializada el Silicio, componente mineral que aporta la resistencia en el concreto, como lo hace el cemento. En esta investigación, se presenta el diseño de mezcla de concreto, a la cual se realizan los ensayos correspondientes para identificar sus características físicas. El resultado de la mezcla, se implementará en prototipos de encofrados y estampados, que permitirá analizar su resistencia, exposición al medio exterior, sostenibilidad y diseño.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Concreto

Según el libro tecnología del concreto y del mortero se entiende por concreto a la mezcla de material aglutinante (Cemento Portland Hidráulico), un material de relleno (agregados o áridos), agua y en ocasiones diferentes aditivos. Estos en conjunto al endurecerse forman un todo compacto u piedra y después de un tiempo determinado son capaces de soportar grandes esfuerzos de compresión.

Propiedades

Las propiedades del concreto las medimos mediante sus características físicas y químicas, por ello es importante el uso de un cemento adecuado, agua potable y agregados de calidad.

2.3.2. Componentes del concreto

Cemento

(Sanchez de Guzman, 2001) En el libro indica que al utilizar la palabra “cemento” entendemos que hace referencia a un material aglomerante, el cual tiene como propiedades la adherencia y cohesión, y que permite unir fragmentos minerales entre sí, obteniendo así un todo compacto con resistencia y durabilidad determinada. Esta definición no solo abarca a los cementos propiamente dichos, sino a una gran variedad de materiales de cementación tales como las cuales, los asfaltos y los alquitranes.

En el medio de la construcción, cuando se hace mención a la palabra cemento,

implícitamente se hace referencia al cemento portland o un cemento a base de portland, este cemento que tiene como propiedad el fraguado y endurecimiento al tener presencia de agua ya que así crea una reacción química. A este proceso se le conoce como hidratación, por ello también el nombre de cementos hidráulicos.

Actualmente existen diferentes tipos de cemento portland que se fabrican para diferentes aplicaciones específicas. Estos se producen dependiendo el país, y bajo especificaciones técnicas y normativas.

En el caso de Perú, se utiliza la Normativa Técnica Peruana (NTP), siendo en este caso la NTP 334.009 (Cementos Portland) que está basada en la ASTM C-150, que contempla 5 tipos de cementos:

Cemento Tipo I

El cemento tipo I es un cemento para uso general, apropiado para todos los usos donde las propiedades especiales de otros cementos no sean necesarias. Sus empleos en concreto incluyen pavimentos, pisos, edificios en concreto armado, puentes, tanques, embalses, tubería, unidades de mampostería y productos de concreto prefabricado y precolado (Ver Figura 1).



Figura 2 Pavimentos de autopista, pisos, puentes y edificios.

Fuente: (Kosmatka, S. et al, 2004)

Cemento Tipo II

El cemento tipo II se usa donde sean necesarias precauciones contra el ataque por sulfatos. Se lo puede utilizar en estructuras normales o en miembros expuestos a suelos o agua subterránea, donde la concentración de sulfatos sea más alta que la normal pero no severa (Ver Figura 2).



Figura 3 Losas sobre suelo, tuberías y postes de concreto expuestos a suelos con alto contenido de sulfatos.

Fuente: (Kosmatka, S. et al, 2004)

Cemento Tipo III

El cemento tipo III ofrece resistencia a edades tempranas, normalmente una semana o menos. Este cemento es química y físicamente similar al cemento tipo I, a excepción de que sus partículas se muelen más finamente. Es usado cuando se necesita remover las cimbras (encofrados) lo más temprano posible o cuando la estructura será puesta en servicio rápidamente. En clima frío, su empleo permite una reducción en el tiempo de curado. A pesar de que se puede usar un alto contenido de cemento tipo I para el desarrollo temprano de la resistencia, el cemento tipo III puede ofrecer esta propiedad más fácilmente y más económicamente (Ver Figura 3).

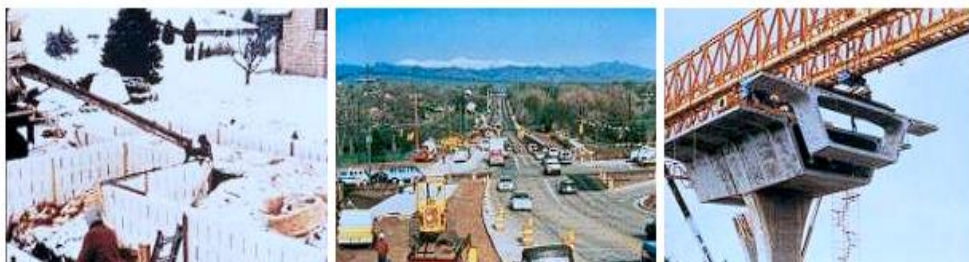


Figura 4 Colocación en tiempo frío, pavimentos de rápida habilitación al tránsito (fast track) para minimizar embotellamientos y rápida remoción de las cimbras de concreto pre moldeado

Fuente: (Kosmatka, S. et al, 2004)

Cemento Tipo IV

El cemento tipo IV se usa donde se deban minimizar la tasa y la cantidad de calor generado por la hidratación. Por lo tanto, este cemento desarrolla la resistencia en una tasa más lenta que otros tipos de cemento. Se puede usar el cemento tipo IV en estructuras de concreto masivo (hormigón masa), tales como grandes presas por gravedad, donde la subida de temperatura derivada del calor generado durante el endurecimiento debe ser minimizada. El cemento tipo IV raramente está disponible en el mercado (Ver Figura 4).



Figura 5 Apoyos espesos de puente y presa. La presa de Hoover, enseñada aquí, usó el cemento tipo IV para controlar el aumento de temperatura.
Fuente: (Kosmatka, S. et al, 2004)

Cemento Tipo V

El cemento tipo V se utiliza en concretos expuestos a la acción severa de sulfatos principalmente donde el suelo y el agua subterránea tienen alta concentración de sulfatos. Su desarrollo de resistencia es más lento que en el cemento tipo I. La alta resistencia a los sulfatos del cemento tipo V se atribuye al bajo contenido de aluminio tricálcico, no excediendo a 5%. El uso de baja relación agua - materiales cementantes y baja permeabilidad son fundamentales para el buen desempeño de cualquier estructura expuesta a los sulfatos. Incluso el concreto con cemento tipo V no soporta una exposición severa a los sulfatos si tiene alta relación agua- materiales cementantes. El cemento tipo V, no es resistente a ácidos y a otras sustancias altamente corrosivas (Ver Tabla N° 1).

Tabla 1

Tipos de cemento requeridos para la exposición de concreto a los sulfatos en suelo o agua

Exposición a los sulfatos	Sulfato		Tipo del cemento	Relación agua-material cementante máxima, en masa	Mínima resistencia a compresión de diseño f'c kg/cm ² (MPa)
	soluble en agua (SO ₄) en suelo, porcentaje de la masa	Sulfato (SO ₄) en agua, ppm			
Insignificante	Menos que 0.10	Menos de 150	Ningún tipo especial requerido	-	-
Moderado	0.10 hasta 0.20	150 hasta 1500	II, MS, IP (MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0.50	280 (28) (4000)
Severa	0.20 hasta 2.00	1500 hasta 10,000	V, HS	0.45	320 (31) (4500)
Muy severa	Más de 2.00	Más de 10,000	V, HS	0.4	350 (35) (5000)

Fuente: (Kosmatka, S. et al, 2004)

Agregado fino

(Supermix, 2021) indica que:

Se considera como tal, a la fracción que pase el tamiz de 4.75 mm (N° 4). Provenirá de arenas naturales o de la trituración de rocas, gravas, escorias siderúrgicas. El porcentaje de arena triturada no podrá constituir más del 30% del agregado fino (Ver Figura 5).



Figura 6 Agregado fino

Fuente: (Aaron, 2020)

El agregado fino deberá cumplir con los requisitos que se indican en la Tabla N° 2 y Tabla N° 3.

Tabla 2

Granulometría de arena

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA
9.5 mm (3/8 in)	100
4.75 mm (N° 4)	95 a 100
2.36 mm (N° 8)	80 a 100
1.18 mm (N° 16)	50 a 85
600 µm (N° 30)	25 a 60
300 µm (N° 50)	05 a 30
150 µm (N° 100)	0 a 10

Fuente: (Supermix, 2021)

Tabla 3

Límite de sustancias nocivas en el agregado fino

Características	Requisito		Unidad
	Min	Max	
Módulo de finura	2.3	3.1	N.A.
Pasante de la malla N°200	N.A.	5	%
Cloruros solubles	N.A.	1000	ppm
Sulfatos solubles	N.A.	12000	ppm
Terrones de arcilla y partículas deleznable	N.A.	3	%
Impurezas orgánicas	N.A.	3	Plato de color
Inalterabilidad por sulfato de magnesio	N.A.	15	%

Fuente: (Supermix, 2021)

Agregado grueso

(Supermix, 2021) indica que:

Se denomina agregado grueso a la porción del agregado retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4). Dicho agregado deberá de proceder de la trituración de roca



Figura 7 Agregado grueso

Fuente: (Aaron, 2020)

o de grava o por una combinación de ambas: sus fragmentos deben de ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o no integrables. Estará exento de polvo, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar la calidad de la mezcla de concreto

El agregado grueso deberá cumplir con los requisitos que se indican en la Tabla N° 4 y Tabla N° 5.

Tabla 4

Requisitos granulométricos del agregado grueso

Huso	Tamaño máximo nominal	100 mm (4 in)	90 mm (3 ¾ in)	75 mm (3 in)	63 mm (2 ½ in)	50 mm (2 in)	37.5 mm (1 ¾)	25 mm (1 in)	19 mm (¾ in)	12.5 mm (1/2 in)	9.5 mm (3/8 in)	4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	1.18 mm (N°16)	300 µm (N°50)
1	90 mm a 37.5 mm (3 ½ a 1 ¾ in)	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37.5 mm (2 ½ a 1 ½ in)	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25 mm (2 a 1 in)	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	50 mm a 4.75 mm (2 in a N° 4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	37.5 mm a 9 mm (1 ½ in a ¾ in)	-	-	-	-	100	95 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 ½ in a N° 4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	25 mm a 12.5 mm (1 a ½ in)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	25 mm a 9.5 mm (1 a 3/8 in)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	25 mm a 4.75 mm (1 in a N° 4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	19 mm a 9.5 mm (¾ a 3/8 in)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
67	19 mm a 4.75 mm (¾ in N°4)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
7	12.5 mm a 4.75 (1/2 in a N°4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	9.5 mm a 2.56 mm (3/8 in a N°8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	9.5 mm a 1.18 mm (3/8 in a N°16)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 mm a 1.18 mm (N°4 a N°16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: (Supermix, 2021)

Tabla 5
Límite de sustancias nocivas en el agregado grueso

Características	Requisitos		Unidad
	Min	Max	
Pasante de la malla N° 200	N.A.	1	%
Cloruros solubles	N.A.	1000	ppm
Sulfatos solubles	N.A.	10000	ppm
Terrones de arcilla y partículas deleznable	N.A.	5	%
Abrasión por la máquina de los Ángeles	N.A.	50	%
Inalterabilidad por sulfato de magnesio	N.A.	18	%

Fuente: (Supermix, 2021)

Aire

Los vacíos de aire naturalmente atrapado ocurren en todos los concretos ya que es el resultado del manejo, mezclado y colocación, estos dependen en gran parte de las características de los agregados. Las burbujas de vacíos atrapados en el concreto convencional son normalmente mayores a 1 mm.

(Sanchez de Guzman, 2001) sostiene que estos vacíos de aire naturalmente atrapado son liberados en el proceso de compactación después de haber sido colocados. Sin embargo, al no ser perfecta la compactación nos dice que siempre quedará un residuo de aire dentro de la mezcla ya endurecida.

Agua

(Sanchez de Guzman, 2001) define al agua como:

Aquel componente del concreto, el cual al estar en contacto con el cemento experimenta reacciones químicas que le dan la propiedad de fraguar y endurecer para así formar un sólido único con los agregados. Clasificando también el agua en agua de mezclado y agua de curado.

2.3.3 Concreto en estado fresco

El concreto en estado fresco hace referencia al concreto recién mezclado ya que este se encuentra en estado plástico y aún no ha iniciado su proceso de fraguado, ni de endurecimiento.

El concreto para poder ser utilizado y aplicado en obras de infraestructura, de

manera correcta y con un buen funcionamiento debe pasar por diferentes ensayos que proporcionen la información necesaria que demuestre que podrá cumplir con su objetivo de mezcla. En el caso de un concreto en estado fresco se puede realizar una medición tanto física como empírica de su trabajabilidad, para posteriormente observar el asentamiento, la segregación y la capacidad de paso de la mezcla.

Propiedades

Trabajabilidad

Viene a ser la capacidad para determinar el esfuerzo que se pueda requerir para mover una cantidad de concreto en estado fresco, abarcando así todas las funciones relacionadas con la trabajabilidad del concreto fresco llamándose: transportación, instalación, compactación.

Entendiéndose que la trabajabilidad vendría a ser la propiedad del concreto fresco que nos permite un fácil manejo de este y que nos dice que al ser manipulado no existirá peligro de segregación en sus elementos.

La consistencia es otro término que se le da al concreto para poder caracterizarlo en su estado plástico. (Gomez & Villavicencio, 2020) dan referencia a que su grado de humedad se mide por qué tan seca (dura) o fluida (blanda) pueda estar la mezcla de concreto en su estado plástico y que esta depende de la cantidad de agua utilizada.

Para poder realizar la medición de esta debemos realizar el ensayo de Slump, el cual consiste en la consolidación de una muestra de concreto fresco en un molde troncónico y la medición de asentamiento de mezcla después de haber sido desmoldado.

El comportamiento del concreto nos indica su capacidad para adaptarse al molde o encofrado con facilidad y manteniéndose de forma homogénea con pocos vacíos.

Peso Unitario

(Rodríguez, 2017) Indica que el ensayo está establecido en la NTP 339.046 revisada el 2013 y nos dice que, según la norma, este ensayo consiste en determinar el volumen del concreto producido, con el fin de verificar la correcta dosificación y rendimiento de los materiales. Siendo una base para

poder determinar el rendimiento de la mezcla, el contenido de cemento, así como el contenido de aire.

El peso unitario del concreto fresco permite dar un juicio inmediato de la calidad de la composición granulométrica y de la compactación del concreto, siendo un importante medio de control del rendimiento de los componentes del concreto. El peso unitario se calcula de la siguiente manera:

Densidad (Peso Unitario):

$$D = \frac{(M_c - M_m)}{V_m}$$

Dónde:

D = Densidad de masa (peso unitario) del concreto (kg/m³).

M_c = Masa del recipiente de medida lleno de concreto (kg).

M_m = Masa del recipiente vacío (kg).

V_m = Volumen del recipiente (m³).

Densidad Teórica: (Calculado sobre una base libre de aire):

$$T = \frac{M}{V}$$

Dónde:

T = Densidad teórica del concreto (kg/m³).

M = Masa total de todos los materiales en la tanda (kg).

V = Volumen absoluto de los componentes de la mezcla (m³).

Rendimiento:

$$Y = \frac{M}{D}$$

Dónde:

Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda (m³).

M = Masa total de todos los materiales en la tanda (kg).

D = Densidad de masa (Peso Unitario) del concreto (kg/m³).

Rendimiento relativo: Se calculó este parámetro como sigue:

$$Ry = \frac{Y}{Y_d}$$

Dónde:

Ry = Rendimiento relativo, un exceso de este valor mayor a 1 indica un exceso de concreto que se produce, un valor menor indica que el volumen de la mezcla será corto con relación al volumen diseñado.

Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda (m³).

Yd = Volumen de diseño de concreto producido por tanda (m³).

Contenido de cemento: Se calculó este parámetro como sigue:

$$C = \frac{Cb}{Y}$$

Dónde:

C = Contenido actual del cemento (kg/m³).

Cb = Masa del cemento en el lote (kg).

Y = Rendimiento, volumen de concreto producido por tanda (m³).

Ensayo de Slump

El ensayo de Slump es el más ampliamente usado en todo el mundo, por su simplicidad y rapidez.

(Gomez & Villavicencio, 2020) Indica que para poder realizar la prueba se requiere el uso de un molde en forma de cono truncado de 30 cm de altura, un diámetro inferior de 20 cm (base) y superior de 10 cm. Para la compactación de concreto se requiere de una barra de acero liso de 60 cm de longitud y 5/8” de diámetro con punta semiesférica.



Figura 8 Equipo para determinar el asentamiento del concreto
Fuente: (Riceli, 2021)

Procedimiento para la realización del ensayo para hallar el Slump

1. Colocar el molde sobre una superficie plana y húmeda, dejándolo firmemente sobre las aletas.
2. Verter una capa de concreto hasta llegar al $\frac{1}{3}$ del volumen.
3. Apisonar la capa de concreto, aplicando 25 golpes de forma uniformemente distribuida con la ayuda de la barra de acero anteriormente descrita.
4. Colocar una segunda y tercera capa ($\frac{1}{3}$ cada capa) para así llenar el molde, aplicando el paso número 3 por capa llenada y haciendo que la barra también penetre la capa inmediatamente inferior.

Se debe tener en cuenta que para la tercera capa se deberá llenar con un exceso para así poder realizar el enrasado al término de la consolidación.

5. Al tener el molde lleno y enrasado, se levantará cuidadosamente en sentido vertical.

El concreto se asentará, dándonos la variación de altura del molde y la nueva altura de la mezcla fresca, a esta variación le llamamos Slump.

El tiempo estimado para la realización de este ensayo no debe ser mayor a 2 minutos.

Tabla 6
Clases de mezclas según su asentamiento

Consistencia	Slump (pulg)	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	0 a 2	Poco trabajable	Vibración Normal
Plástica	3 a 4	Trabajable	Vibración Ligera
Fluida	> 5	Muy trabajable	Chuseado

Fuente: (Abanto, 2009)

El ensayo de Slump está basado en la Norma técnico peruana (NTP) 339.035

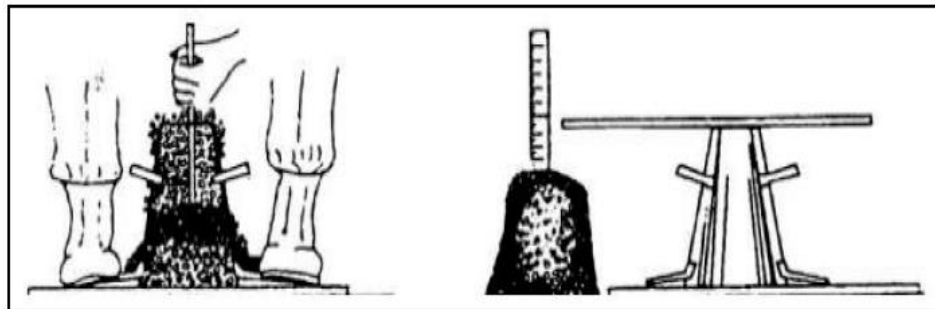


Figura 9 Procedimiento para hallar el Slump

Fuente: (Abanto, 2009)

El objetivo del ensayo es poder evaluar la fluidez del concreto y además poder calcular el valor necesario para que sea un concreto fluido. En este ensayo también se puede observar si la mezcla cuenta con segregación.

2.3.4. Concreto en estado endurecido

Se le llama concreto en estado endurecido al concreto que ya finalizó la etapa de fraguado.

A este concreto se le pueden realizar diferentes ensayos con el fin de medir su resistencia en sus diferentes edades y verificar que este cumpla con los estándares de calidad necesarios.

Propiedades

(Orchesi, 2019) Indica que en este estado del concreto no hay una ley específica que permita verificar el comportamiento del concreto bajo un esfuerzo sometido, sin embargo, se puede determinar sus propiedades en

estado endurecido y con esta poder inferir su comportamiento. Logrando así determinar las propiedades más conocidas.

Una estructura de concreto se encuentra sometida a diversos estados de sollicitación en las cuales tenemos, compresión, corte, flexión, tracción diametral, entre otros.

Ensayo de resistencia a la compresión

El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados o a núcleos, a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste. Los resultados de este ensayo se pueden usar como base para el control de calidad de las operaciones de dosificación, mezclado y colocación del concreto; para el cumplimiento de especificaciones y como control para evaluar la efectividad de aditivos y otros usos similares. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Ensayo de resistencia a tracción indirecta

(Rodríguez, 2017) indica que el ensayo está establecido en la NTP 339.084 o ASTM C496, que indica que el ensayo a tracción indirecta se debe realizar a los 7, 14 y 28 días con el fin de obtener el comportamiento del concreto con las diferentes adiciones. Se utiliza el mismo equipo que el de las pruebas de resistencia a compresión.

En este ensayo se colocan los especímenes cilíndricos en posición horizontal y se le somete a la acción de dos fuerzas opuestas de compresión uniformemente distribuidas a lo largo, esto con el fin de reducir la concentración de esfuerzos de compresión.

Se colocan dos tiras de madera laminada entre la superficie de concreto y las placas que transmiten la carga con el fin de evitar la ruptura del concreto por aplastamiento en las zonas de contacto, obteniendo así el fallo por efecto de los esfuerzos de tensión.

2.3.5. Ceniza de cascarilla de Café

El Perú es uno de los países que participa en el mercado mundial del café,

generando un 3% de la producción, siendo de esta manera un cultivo de importancia en la economía. De igual manera el café es el principal producto de agro exportación, generador de fuentes de empleo.

La caficultura es la principal actividad agrícola realizada en los valles de la selva del Perú, siendo el Amazonas, San Martín y Cajamarca los principales productores, considerándose el principal sustento económico de las familias de estos departamentos.

Las plantaciones se cultivan entre los 600 y 2,700 msnm, en las montañas tropicales de los Andes.



Figura 10 Planta de café en maduración
Fuente: (Rodríguez, 2017)

(Rodríguez, 2017) indica que, el café es un arbusto llamado cafeto (*Coffea*) de la familia de los rubiáceos, que cuenta con una hoja perenne que alcanza una altura entre dos y seis metros. El fruto que este arbusto produce es la drupa o cereza, que mide 1.5cm de diámetro y que madura en un periodo de siete hasta doce meses. La piel de la cereza es de color rojizo.

La ceniza de la cascarilla de café vendría a ser la fruta luego de pasar por un proceso donde se les expone a temperaturas extremas, dejando así solo cenizas; Estas cenizas estarían constituidas por los óxidos de los minerales que estaban presentes en el café antes de ser calcinados o quemados para el análisis.

2.4. Definición de términos básicos

Ceniza de cascarilla de café: Se obtiene del residuo del proceso de producción del café, este residuo posteriormente será quemado para así obtener la ceniza de cascarilla de café.

Concreto: Mezcla de material aglomerante (conglomerante) y agregados fino y

grueso. En el concreto normal, comúnmente se usan como medio aglomerante el cemento Portland y el agua, pero también pueden contener puzolanas, escorias y/o aditivos químicos. (NTP 339.047).

Diseño de mezcla: (Muciño & Perla, 2018) menciona que el proceso de selección de los agregados para el concreto debe ser el adecuado teniendo en cuenta la correcta cantidad y los requerimientos específicos de manejabilidad, resistencia y dureza.

En la actualidad se utilizan mezclas diseñadas con especificaciones existentes y valores que cumplen límites y están dentro del rango de propiedades.

Agregados del concreto: Material granular (arena, grava, piedra triturada o escoria de hierro de alto horno) utilizado como medio cementante para la formación de concreto de cemento hidráulico o mortero. (NTP 339.047)

Agregado fino: Agregado que pasa por el tamiz de 9.5 mm (3/8”), es retenido en la malla N° 200 y que cumple con los límites establecidos en la (NTP 339.047).

Agregado grueso: Agregado retenido en el tamiz normalizado 4.75mm (N°4) y que cumple con los límites establecidos en la (NTP 339.047)

Granulometría: La norma NTP 400.012 establece el procedimiento para su distribución mediante el tamizado, obteniendo la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices. Eventualmente se calcula la masa retenida y/o que pasa, también los porcentajes parciales y acumulados. (NTP 339.047)

Relación a/c: La relación a/c, es la razón entre la cantidad de agua y de cemento a utilizar para nuestro diseño de mezcla, está directamente relacionada con la resistencia; si el valor de la a/c disminuye, la resistencia aumenta y viceversa.

Trabajabilidad: La trabajabilidad es la facilidad con la que se puede colocar y compactar el concreto en estado fresco sin que se genere segregación ni exudación al momento de realizar dichas operaciones.

Peso Unitario: El peso unitario o densidad del concreto dependera de la cantidad y densidad del agregado, cantidad de aire, y el agua y cemento.

Concreto: Según la (NTP 339.047), mezcla de material aglomerante y agregados fino y grueso. En el concreto normal, comúnmente se usan como medio aglomerante, el cemento portland y el agua, pero también puede contener puzolanas, escorias y/o aditivos químicos.

Ensayo de asentamiento: Según la (NTP 339.047), es la medida de la consistencia del mortero u hormigón (concreto) fresco expresada por el descenso de una masa plástica representativa del pastón, al quedar libre del soporte metálico que fue moldeado.

Resistencia a compresión: De acuerdo a la Norma E-060 es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos y se mide fracturando probetas cilíndricas según la (NTP 339.047)

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis principal

Al determinar el porcentaje de adición de ceniza de cascarilla de café mejora las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural.

3.1.2. Hipótesis secundarias

- a) Los porcentajes de ceniza de cascarilla de café mejoran la trabajabilidad del concreto estructural.
- b) Los porcentajes de ceniza de cascarilla de café disminuyen el peso unitario del concreto estructural en estado fresco.
- c) Los porcentajes de ceniza de cascarilla de café incrementan la resistencia a la compresión del concreto estructural.
- d) Los porcentajes de ceniza de cascarilla de café aumentan la resistencia a la tracción indirecta del concreto estructural.

3.2. Variables

3.2.1. Variable independiente

Ceniza de cascarilla de café.

3.2.2. Variable dependiente

Propiedades físico-mecánicas del concreto.

3.3. Sistema de variables

3.3.1. Definición conceptual

Las variables para usar son de tipo cuantitativa continua, debido a que guardan una estrecha relación entre sí; clasificándose como variables dependientes e independientes.

3.3.2. Definición operacional

Ceniza de cascarilla de café: (Teneda, W. et al, 2019) en este estudio nos dicen que la cascarilla de café es el residuo del proceso de producción del café y para obtener la cascarilla primero la semilla de café debe pasar por el proceso de secado, fermentado y tostado.

Trabajabilidad: Se mide mediante el ensayo de Slump, que consiste en compactar una muestra de concreto fresco en un molde tronco-cónico, midiendo el asiento o descenso de la mezcla luego de desmoldar.

Peso Unitario: La densidad del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento. El tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta la densidad.

Resistencia a la tracción: Máximo esfuerzo de tracción que un cuerpo puede soportar antes de romperse. Es sinónimo de carga de rotura por tracción. No debe confundirse con la carga admisible; ésta resulta inferior a la carga de fluencia en una cantidad que se denomina coeficiente de seguridad.

Resistencia a la compresión: La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas, cuyos resultados se emplean para determinar si la mezcla de concreto cumple con la resistencia requerida para una estructura determinada.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación realizada es de tipo bibliográfica, documental y descriptiva. La información fue recolectada de diferentes tesis internacionales, nacionales y artículos relacionados a la adición de diferentes productos orgánicos en una mezcla de concreto, como en este caso la ceniza de cascarilla de café en distintos porcentajes, debido a esto la metodología es documental.

4.1. Método de la investigación

El tipo de investigación realizada es deductivo ya que se cuenta con resultados que fueron utilizados para dar conclusiones con respecto a la mejora de las propiedades físicas y mecánicas de un concreto estructural. Se analizaron datos ya estudiados con la finalidad de realizar un análisis general, por ende, la investigación fue también cuantitativa.

4.2. Tipo de la investigación

El tipo de investigación es descriptivo, correlacional y explicativo, debido a que se tienen distintas fuentes de investigación recolectadas, con resultados que se analizaron en la presente investigación, permitiéndonos plantear soluciones a partir de la descripción del problema.

4.3. Nivel de la investigación

La presente investigación es de nivel descriptivo, esto porque las variables fueron analizadas mediante la descripción, para ser cuantificadas mediante el ensayo de asentamiento y resistencia a la compresión.

4.4. Diseño de la investigación

La metodología utilizada es del tipo no experimental, ya que no se manipularon las variables, se trabajó con datos recolectados de investigaciones similares. También es retrospectivo, debido a que se evaluó los datos de investigaciones pasadas con ceniza de cascarilla de café en una mezcla de concreto estructural.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

Las poblaciones de la investigación son los diferentes resultados de los diferentes ensayos realizados en las investigaciones recolectadas que tienen una

relación con la adición de diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café para un concreto estructural.

(Rodríguez, 2017) estudio el concreto con adición de ceniza de cascarilla de café en 5%, 10%,15% en un concreto $f'c=250$ kg/cm².

(Weninger, 2020) adición de cenizas de cascarilla de café en un 5%, 10% y 15%.

(Huamán, 2021) ceniza de cascarilla de café en 5%, 10%,15% y 20%, con la utilización de un Cemento Portland tipo I.

(Gedefaw, A. et al, 2022) ceniza de cascarilla de café en un 0%, 5%, 10%, 15% y 20% para el ensayo de slump mientras que para el ensayo de compresión será de 0%, 5% y 10%.

(Iparraguirre, 2021) indica que sus especímenes son de 15 cm x 30 cm, en un concreto $f'c=210$ kg/cm².

4.5.2. Muestra

(Rodríguez, 2017) utilizo una recopilación de investigaciones que mantenían relación con sus objetivos, y realizando una elaboración de 36 especímenes de concreto para la prueba a compresión, siendo 12 especímenes para cada porcentaje, de los cuales 6 se curaron a los 7 días y los otros 6 a los 28 días.

(Weninger, 2020) realizo las pruebas mecánicas y físicas en 75 probetas; siendo 21 para la adición de 0% y 18 para el 5%, 10% y 15%, las cuales fueron sometidas a los diferentes ensayos a los 7, 14 y 28 días.

(Huamán, 2021) evalúa al concreto patrón en tres resistencias de $f'c= 210$ Kg/Cm², $f'c= 245$ Kg/Cm² y $f'c= 280$ Kg/Cm², y con 54 probetas por diseño con los diferentes porcentajes.

(Gedefaw, A. et al, 2022) evalúa un concreto a los 28, 56 y 91 días.

(Iparraguirre, 2021) se observa y extraen datos con absoluta precisión, de un subgrupo con población representativa

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1. Técnica de investigación

Se realizó una recolección de datos de distintas investigaciones con temáticas similares, dicha información permitió analizar y comparar el diseño de concreto con adición de ceniza cascarilla de café.

(Rodríguez, 2017) En base a la norma NTP E.060 eligió su número de muestras, donde indican que para un análisis no estadístico el mínimo de muestras debe ser 3 o más especímenes para cada edad de ensayo, superando así el número mínimo de probetas establecido en la norma.

(Weninger, 2020) utilizo la observación como instrumento e indican que al ser sus resultados de forma directa le generan confiabilidad en cada prueba realizada.

(Huamán, 2021) indica que utilizo la observación como técnica de su investigación, tomando sus datos en diferentes fichas.

(Gedefaw, A. et al, 2022) utilizo la observación en los diferentes ensayos realizados.

(Iparraguirre, 2021) Utilizó la observación, con el fin de alcanzar soluciones a los problemas, asimismo se utilizará material bibliográfico.

4.6.2. Instrumentos de recolección

Investigaciones que cuenten con los datos de los ensayos de diseño, Slump, peso unitario del concreto fresco, tracción indirecta y compresión

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Presentación de resultados

En este capítulo presentaremos los diferentes artículos y tesis recopiladas, con sus métodos y análisis empleados con el fin de que sus resultados nos permitan evaluar cada uno de nuestros objetivos mediante la comparación de estos y así poder llegar a un análisis satisfactorio y con el mejor resultado para cada uno de nuestros objetivos.

Determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café para mejorar la trabajabilidad del concreto estructural.

En su investigación (Rodríguez, 2017) emplea un residuo generado por la agricultura, en este caso la cascarilla de café y su ceniza como alternativa en la industria de materiales de construcción, añadiendo distintos porcentajes de ceniza de café, en la trabajabilidad del concreto. Siendo estas adiciones de 5%, 10% y 15% para un concreto de 250 kg/cm².

En la investigación nos presentan las características del agregado fino, agregado grueso y del cemento a utilizar, las cuales observaremos en la Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9 respectivamente.

Tabla 7

Descripción de materiales del Agregado Fino

Agregado Fino	
Peso unitario seco (kg/m ³)	1596
Peso unitario seco compactado kg/m ³)	1651
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.66
Absorción (%)	1.42
Contenido de Humedad (%)	3.2
Módulo de Finura	2.64

Fuente: (Rodríguez, 2017)

Tabla 8

Descripción de materiales del Agregado Grueso

Agregado Grueso	
Peso unitario seco (kg/m ³)	1413
Peso unitario seco compactado (kg/m ³)	1506
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.63
Absorción (%)	0.82
Contenido de Humedad (%)	0.6
Módulo de Finura	7.36
Tamaño máximo Nominal (Pulg.)	1"

Fuente: (Rodríguez, 2017)

Tabla 9

Descripción de materiales del Cemento

Cemento	
Tipo de cemento	Tipo I
Peso específico (gr/cm ³)	3.12
Peso específico de ceniza (gr/cm ³)	2.15

Fuente: (Rodríguez, 2017)

Para el diseño del concreto se utilizaron las siguientes características, Tabla 10.

Tabla 10

Características del diseño de concreto

F'c =	250 Kg/cm ²
Slump =	3 pulg - 4 pulg
Aire atrapado =	1.50 %
a/c =	0.5

Fuente: (Rodríguez, 2017)

En esta investigación se desarrolla el ensayo del "Cono de Abrams" o "Slump" según lo que indica la NTP 339.04 para poder medir la consistencia de la mezcla por asentamiento, midiéndolo en pulgadas o centímetros. Para el proceso de mezclado del concreto con los diferentes porcentajes de adiciones requirió un tiempo de 45 minutos aproximadamente mientras que el ensayo de Slump y el moldeo de las probetas le

tomo otros 15 minutos.

Utilizando para el ensayo de trabajabilidad con diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café los materiales con sus características ubicados en la Tabla 11.

Tabla 11

Materiales de diseño para 1 m³ de concreto adicionando diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café.

Adición de Ceniza	0%	5%	10%	15%
Cemento (Kg)	365.76	365.76	365.76	365.76
Agua de Diseño (L)	215.8	215.8	215.8	215.8
A. Fino Húmedo (Kg)	788.37	778.08	767.79	757.51
A. Grueso Húmedo (Kg)	935.21	923	910.8	898.6
Ceniza (Kg)	0	18.29	36.58	54.86

Fuente: (Rodríguez, 2017)

En esta investigación nos indican que en la trabajabilidad se puede apreciar la presencia de adiciones de ceniza de cascarilla de café en el concreto en estado fresco, observándose en esta una disminución de docilidad de mezcla a medida que el porcentaje de adición de ceniza aumentaba, el resultado del ensayo se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12

Trabajabilidad del concreto fresco con los distintos porcentajes de adición de ceniza.

% de Adición De Ceniza	Asentamiento
0%	3.3 pulg
5%	2.4 pulg
10%	2.1 pulg
15%	1.5 pulg

Fuente: (Rodríguez, 2017)

En la Tabla 12 se observa que mientras aumenta la cantidad de adición de ceniza a la mezcla de concreto, el asentamiento es menor. Es decir, mientras mayor porcentaje de adición exista, se tendrá menor asentamiento en el ensayo del cono. Observándose que el concreto con adición de 0% de ceniza, muestra patrón, tiene un asentamiento de 3.3 pulg, mientras que el concreto con 15% de ceniza nos da un asentamiento de 1.5 pulg.

En la segunda investigación analizan la influencia de la adición de ceniza de cascarilla de café en la trabajabilidad y resistencia a compresión del concreto, (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019). Determinando la influencia en la trabajabilidad en un diseño de mezcla patrón $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$, con sus correcciones por la incorporación de ceniza de cascarilla de café en 1%, 2%, 4% y 8% en relación al peso del cemento. Se presentan las características del agregado fino, agregado grueso y del cemento a utilizar, las cuales observaremos en la Tabla 13, Tabla 14 y Tabla 15 respectivamente. Observándose que el porcentaje de contenido de humedad varia.

Tabla 13

Descripción de materiales del Agregado Fino

Agregado Fino	Patrón	1%	2%, 4%, 8%
Peso unitario seco (kg/m^3)	1596	1596	1596
Peso unitario seco compactado (kg/m^3)	1726	1726	1726
Peso específico de masa (gr/cm^3)	2.61	2.61	2.61
Absorción (%)	2.04	2.04	2.04
Contenido de Humedad (%)	2.14	2.99	4.02, 4.24, 3.66
Módulo de Finura	3.12	3.12	3.12

Fuente: (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019)

Tabla 14

Descripción de materiales del Agregado Grueso

Agregado Grueso	Patrón	1%	2%, 4%, 8%
Peso unitario seco (kg/m^3)	1398	1398	1398
Peso unitario seco compactado (kg/m^3)	1548	1548	1548
Peso específico de masa (gr/cm^3)	2.67	2.67	2.67
Absorción (%)	1.23	1.23	1.23
Contenido de Humedad (%)	0.4	1.65	1.50, 1.52, 1.94
Módulo de Finura	6.55	6.55	6.55
Tamaño máximo nominal (Pulg.)	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$

Fuente: (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019)

Tabla 15

Descripción de materiales del Cemento

Cemento	
Tipo de cemento	Pacasmayo Tipo I
Peso específico (gr/cm ³)	3.1
Peso específico de ceniza (gr/cm ³)	1.14

Fuente: (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019)

Para el diseño del concreto se utilizaron las siguientes características, Tabla 16.

Tabla 16

Características del diseño de concreto

$F'c =$	280 Kg/cm ²
Slump =	3 pulg – 4 pulg
Aire atrapado =	2%
a/c =	0.587

Fuente: (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019)

Para el ensayo de Slump con los diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café se utilizaron los siguientes diseños indicados en la Tabla 17 y los resultados del ensayo de Slump en la Tabla 18.

Tabla 17

Materiales de diseño para 1 m³ de concreto adicionando diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café.

Adición de Ceniza	0%	1%	2%	4%	8%
Cemento (Kg)	349,23	349,23	349,23	349,23	349,23
Agua de Diseño (L)	212,27	195,73	191,38	193,89	203,12
A. Fino Húmedo (Kg)	792,77	793,17	794,89	784,08	754,90
A. Grueso Húmedo (Kg)	978,39	982,86	973,80	958,75	931,98
Ceniza (Kg)	0,00	3,49	6,98	13,93	27,94

Fuente: (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019)

Tabla 18

Resultados del ensayo de Slump

% De Adición de Ceniza	Asentamiento
0 %	4.3 pulg
1 %	3.3 pulg
2 %	3.0 pulg
4 %	2.8 pulg
8 %	1.3 pulg

Fuente: (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019)

Al observar la Tabla 18 nos indica que el concreto con 0% y con adiciones de 1%, 2% de ceniza, se puede decir que tiene una consistencia plástica, mientras que los concretos con adiciones de 4% y 8% de ceniza presentan una consistencia seca.

En la tercera tesis utilizada, (Weninger, 2020) buscó adicionar residuos orgánicos generados por la agricultura, como alternativa en la industria de materiales de construcción, en este caso la cascarilla del café. El autor tiene como objetivo determinar de qué manera influyen las cenizas en un 5%, 10% y 15% en las propiedades físicas y mecánicas del concreto.

En la Tabla 19, Tabla 20 y Tabla 21 podemos observar las características del agregado fino, agregado grueso y del cemento a utilizar en esta investigación.

Tabla 19

Descripción de materiales del Agregado Fino

Agregado Fino	
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	1643
Peso unitario suelto seco compactado (kg/m ³)	1548
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.65
Absorción (%)	1.5
Contenido de Humedad (%)	0.73
Módulo de Finura	2.64

Fuente: (Weninger, 2020)

Tabla 20

Descripción de materiales del Agregado Grueso

Agregado Grueso	
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	1602
Peso unitario suelto seco compactado (kg/m ³)	1482
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.711
Absorción (%)	0.83
Contenido de Humedad (%)	0.2
Tamaño máximo Nominal (Pulg.)	1"

Fuente: (Weninger, 2020)

Tabla 21

Descripción de materiales del Cemento

Cemento	
Tipo de cemento	Tipo I
Peso específico (gr/cm ³)	3.14
Peso específico de ceniza (gr/cm ³)	2.15

Fuente: (Weninger, 2020)

En esta tesis se utilizó el diseño de concreto especificado en la Tabla 22.

Tabla 22

Características del diseño de concreto

F'c=	210 Kg/cm ²
Slump=	4"-5"
Aire atrapado=	1.15%
a/c=	0.6

Fuente: (Weninger, 2020)

Para el ensayo de trabajabilidad con diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café se utilizaron las proporciones especificadas en la Tabla 23.

Tabla 23

Materiales de diseño para 1 m³ de concreto adicionando diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café.

Adición de Ceniza	0%	5%	10%	15%
Cemento (Kg)	403.8	383.61	363.42	343.24
Agua De Diseño (L)	259.9	248.1	236.2	224.4
A. Fino Húmedo (Kg)	782.8	768.2	753.5	738.9
A. Grueso Húmedo (Kg)	867.6	851.4	835.1	818.9
Ceniza (Kg)	0	20.19	40.38	60.56

Fuente: (Weninger, 2020)

En los resultados plasmados en la Tabla 24 se observa la influencia de la ceniza de cascarilla de café en el concreto fresco. Esto demuestra que mientras el porcentaje aumente existirá un menor nivel de flexibilidad en la mezcla.

Tabla 24

Trabajabilidad del concreto fresco con los distintos porcentajes de adición de ceniza.

% De Adición de Ceniza	Asentamiento
0%	8 Pulg
1%	1.5 Pulg
3%	0 Pulg
5%	0 Pulg

Fuente: (Weninger, 2020)

En la Tabla 24 se puede apreciar que el concreto con adición de 0% de ceniza, tiene un asentamiento de 8 pulgadas y el concreto con adición de 5% un asentamiento de 1.5 pulgadas mientras que el concreto con 10% y 15% de ceniza nos da un asentamiento de 0 pulgadas. Esto demuestra que existe un mejoramiento en la calidad del concreto que lleva mayor porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

En el artículo (Gedefaw, A. et al, 2022) indican que la producción de cemento genera una disminución en los recursos naturales, un gran consumo de energía y genera grandes emisiones de CO² que dañan al medio ambiente generando el calentamiento global y el cambio climático. Por tal motivo, se ha generado un creciente interés por parte de los investigadores por encontrar un material sustituto al cementado.

Por lo tanto, el principal objetivo de esta investigación fue examinar el potencial del

uso de la ceniza de cáscara de café mediante mezclas de concreto con 0%, 5%, 10% y 20% con un a/c de 0.5.

Se puede observar las características del agregado fino, agregado grueso y del cemento a utilizar en esta investigación en las siguientes tablas Tabla 25, Tabla 26 y Tabla 27.

Tabla 25

Descripción de materiales del Agregado Fino

Agregado Fino	
Peso específico de masa (gr/cm ³)	12.738
Absorción (%)	1.7
Contenido de Humedad (%)	2.34
Módulo de Finura	2.79

Fuente: (Gedefaw, A. et al, 2022)

Tabla 26

Descripción de materiales del Agregado Grueso

Agregado Grueso	
Peso específico de masa (gr/cm ³)	16.775
Absorción (%)	2
Contenido de Humedad (%)	0.86

Fuente: (Gedefaw, A. et al, 2022)

Tabla 27

Descripción de materiales del Cemento

Cemento	
Tipo de cemento	Pacasmayo Extra Forte
Peso específico (gr/cm ³)	3.15
Peso específico de ceniza (gr/cm ³)	2.15

Fuente: (Gedefaw, A. et al, 2022)

En este artículo se utilizó un concreto con una resistencia de 250 Kg/cm² y un a/c constante de 0,5 para las adiciones de 0%, 5%, 10%, 15% y 20% como se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28

Características del diseño de concreto

F'c=	250 Kg/cm ²
Aire atrapado=	1%
a/c=	0.5

Fuente: (Gedefaw, A. et al, 2022)

Realizaron el ensayo de asentamiento en la mezcla de hormigón fresco mediante la norma ASTM C143 y los resultados se muestran en la Tabla 29.

Tabla 29

Trabajabilidad del concreto fresco con los distintos porcentajes de adición de ceniza

% De Adición de Ceniza	Asentamiento
0%	1.4 Pulgadas
5%	1.2 Pulgadas
10%	1.0 Pulgadas
15%	0.8 Pulgadas
20%	0.6 Pulgadas

Fuente: (Gedefaw, A. et al, 2022)

Se observa que el concreto con adición de 0% de ceniza, tiene un asentamiento de 1.4 pulg, mientras que el concreto con 20% de ceniza nos da un asentamiento de 0.6 pulg, como está indicado en la Tabla 29.

Los resultados de las pruebas mostraron que la trabajabilidad de las mezclas mostró una tendencia decreciente con un aumento en la proporción del contenido de ceniza. Indicando que el asentamiento del concreto mostró una tendencia decreciente con un aumento en el contenido de ceniza. Esto pudiendo deberse a que la ceniza de cascarilla de café aumenta la demanda de agua de la mezcla de concreto para producir concreto trabajable.

En la última investigación, (Huamán, 2021) evalúa un problema ambiental, enfocándose en el uso de residuos orgánicos desechables en diferentes vertederos por empresas sin alguna preocupación, esto con el fin de reducir costos, al ser el Perú un país rico en variedad de café, en esta investigación se propone adicionar la ceniza de cascarilla de café con el fin de mejorar las propiedades físico mecánicas como la trabajabilidad para lograr altos estándares de calidad.

La Tabla 30 nos indica las dosificaciones de la mezcla patrón para 1m³ con las diferentes resistencias, mientras que la Tabla 31, Tabla 32, Tabla 33, Tabla 34 y Tabla 35 nos muestra las dosificaciones para las mezclas con adición de ceniza de cascarilla de café.

Tabla 30

Proporciones de materiales de diseño patrón para 1 m³ de concreto para diferentes resistencias

Diseño Patrón 1m ³			
Material	210 kg/cm ²	245 kg/cm ²	280 kg/cm ²
Cemento	453	475	559
Agua Efect	281	300	320
A. Fino H.	744	681	581
A. Grueso H.	925	947	943
Ceniza	0	0	0

Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 31

Proporciones de materiales para el diseño con 2.5% de adición de ceniza de cascarilla de café para 1m³ de concreto para diferentes resistencias

Diseño Patrón 1m ³ + 2.5%			
Material	210 kg/cm ²	245 kg/cm ²	280 kg/cm ²
Cemento	453	475	559
Agua Efect.	281	300	320
A. Fino H.	752	688	588
A. Grueso H.	918	939	936
Ceniza	18.79	17.21	14.69

Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 32

Dosificaciones para el diseño con adición de 5% de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias

Diseño Patrón 1m ³ + 5%			
Material	210 kg/cm ²	245 kg/cm ²	280 kg/cm ²
Cemento	453	475	559
Agua Efect	281	300	320
A. Fino H.	759	696	595
A. Grueso H.	910	932	929
Ceniza	37.95	34.8	29.74

Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 33

Dosificaciones para el diseño con adición de 7.5% de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias

Diseño Patrón 1m ³ + 7.5%			
Material	210 kg/cm ²	245 kg/cm ²	280 kg/cm ²
Cemento	453	475	559
Agua Efect	281	300	320
A. Fino H.	766	703	602
A. Grueso H.	903	924	922
Ceniza	57.48	52.75	45.13

Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 34

Dosificaciones para el diseño con adición de 10% de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias

Diseño Patrón 1m ³ + 10%			
Material	210 kg/cm ²	245 kg/cm ²	280 kg/cm ²
Cemento	453	475	559
Agua Efect	281	300	320
A. Fino H.	774	711	609
A. Grueso H.	896	917	915
Ceniza	77.37	71.06	60.88

Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 35

Dosificaciones para el diseño con adición de 12.5% de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias

Diseño Patrón 1m ³ + 12.5%			
Material	210 kg/cm ²	245 kg/cm ²	280 kg/cm ²
Cemento	453	475	559
Agua Efect	281	300	320
A. Fino H.	781	718	616
A. Grueso H.	888	910	908
Ceniza	97.6	89.71	76.95

Fuente: (Huamán, 2021)

Se observan los resultados de asentamiento de cada resistencia en la Tabla 36, Tabla 37 y Tabla 38.

Tabla 36

Asentamiento con los diferentes porcentajes para un concreto 210 kg/cm²

Resistencia (kg/cm ²)	Asentamiento (pulg)					
	0%	2.5%	5%	7.5%	10%	12.5%
210	3.9	2.5	2.3	2.1	1.9	1.7

Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 37

Asentamiento con los diferentes porcentajes para un concreto 245 kg/cm²

Resistencia (kg/cm ²)	Asentamiento (cm)					
	0%	2.5%	5%	7.5%	10%	12.5%
245	4	2.5	2.4	2.2	2.0	1.8

Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 38

Asentamiento con los diferentes porcentajes para un concreto 280 kg/cm²

Resistencia (kg/cm ²)	Asentamiento (pulg)					
	0	2.5%	5%	7.5%	10%	12.5%
280	4	2.5	2.4	2.3	2.1	2

Fuente: (Huamán, 2021)

Como se puede observar en la Tabla 31, Tabla 32, Tabla 33, Tabla 34 y Tabla 35 el diseño de mezcla tiene una disminución uniforme del agregado fino y grueso, conforme el porcentaje de adición de ceniza aumenta. Esto debido a que la Ceniza de cascarilla de café ocupa mayor volumen.

En la Figura 11, Figura 12 y Figura 13 se observan los resultados de las tres resistencias.

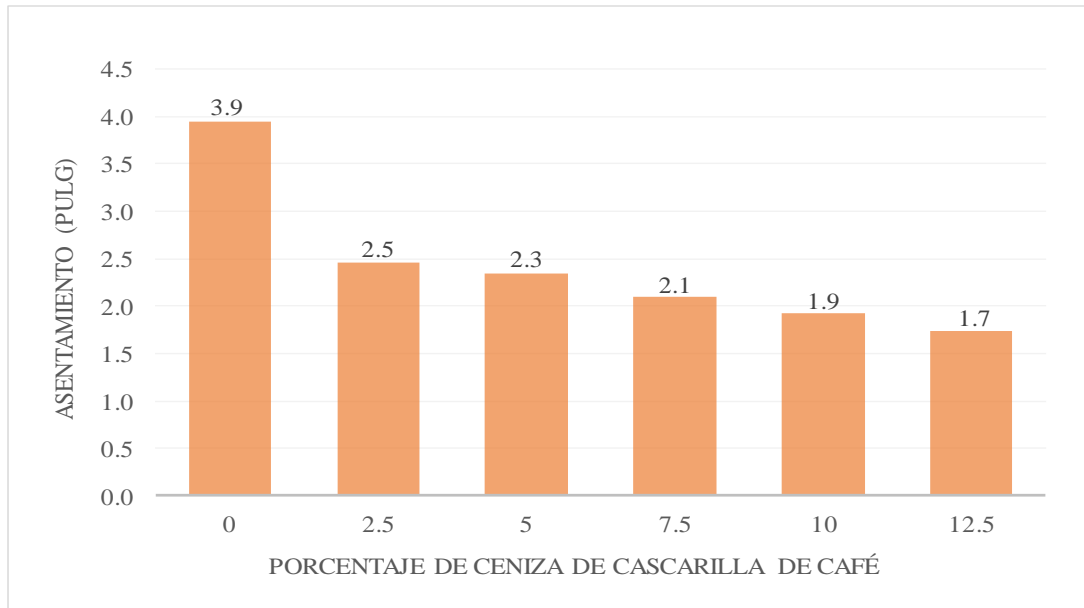


Figura 11 Asentamiento (pulgadas) VS ceniza de cascara de café para el concreto $f'_c=210\text{Kg}/\text{cm}^2$
 Fuente: (Huamán, 2021)

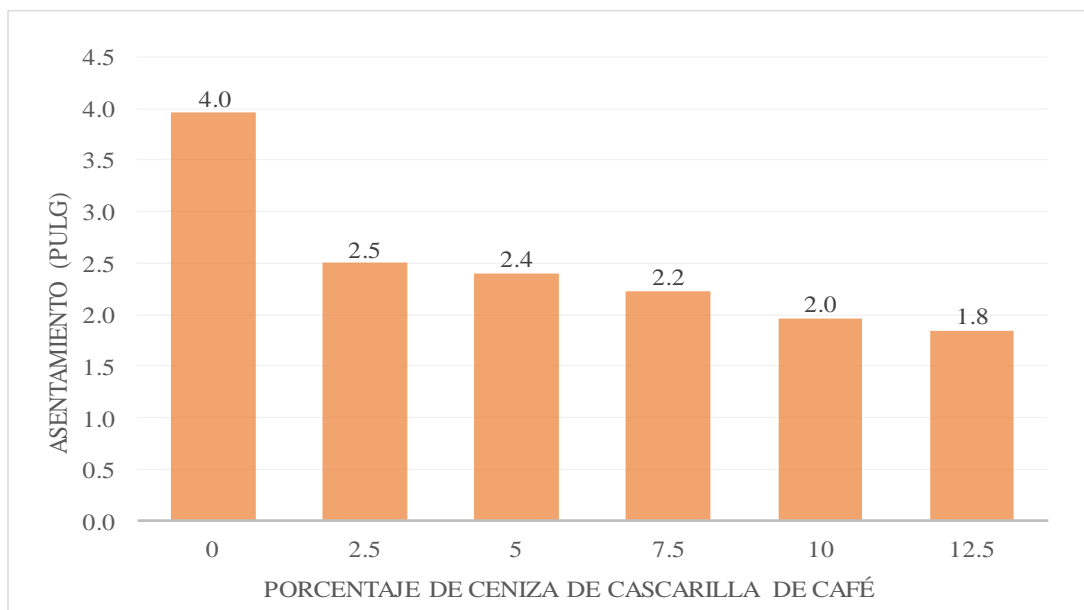


Figura 12 Asentamiento (pulgadas) VS ceniza de cascara de café para el concreto $f'_c=245\text{Kg}/\text{cm}^2$
 Fuente: (Huamán, 2021)

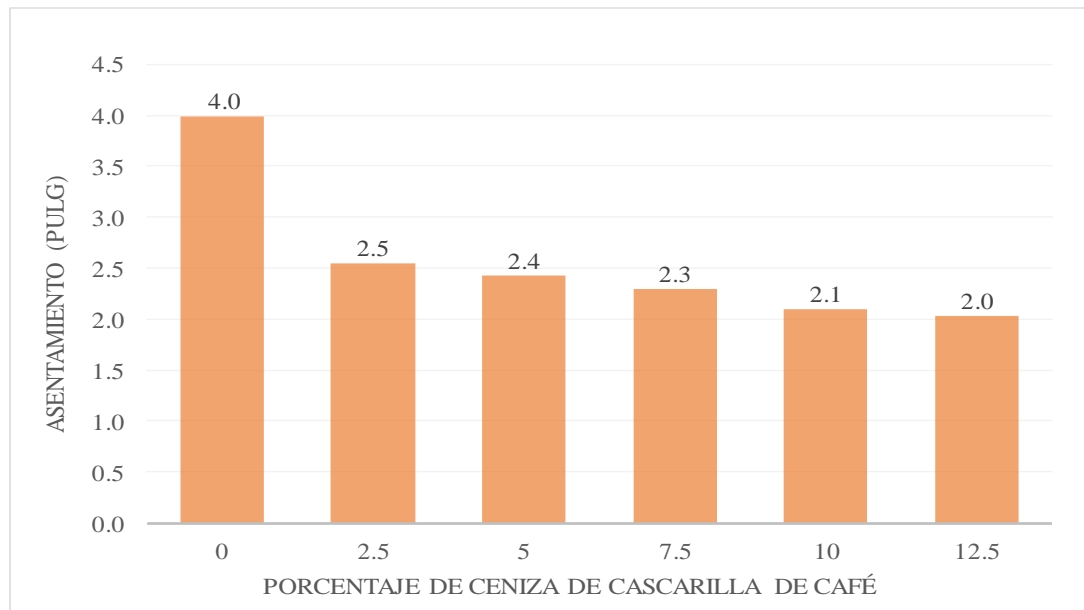


Figura 13 Asentamiento (pulgadas) VS ceniza de cascarilla de café para el concreto $f'c=280\text{Kg/cm}^2$
Fuente: (Huamán, 2021)

Determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café para disminuir el peso unitario del concreto estructural.

En la primera tesis de nuestro segundo objetivo se adiciona la ceniza de cascarilla de café en la elaboración del concreto, con un diseño de mezcla patrón $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$, realizándose las diferentes correcciones para las diferentes adiciones de Ceniza de Cascarilla de Café en 1%, 2%, 4% y 8% en relación al peso del cemento. Realizaron los ensayos con el concreto en estado fresco y endurecido, obteniendo como resultado que el peso unitario disminuye a medida que aumenta la adición.

Tabla 39

Materiales de diseño corregidos por humedad para 1 m^3 de concreto adicionando diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café

Adición de Ceniza	0%	1%	2%	4%	8%
Cemento (Kg)	349,23	349,23	349,23	349,23	349,23
Agua Efectiva (L)	212,27	195,73	191,38	193,89	203,12
A. Fino Húmedo (Kg)	792,77	793,17	794,89	784,08	754,90
A. Grueso Húmedo (Kg)	978,39	982,86	973,80	958,75	931,98
Ceniza (Kg)	0,00	3,49	6,98	13,93	27,94

Fuente: (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019)

En la Tabla 39 se observan los materiales con sus dosificaciones a utilizar para cada

porcentaje de ceniza de cascarilla de café en 1m³ de mezcla de concreto, Y los resultados del peso unitario del concreto y su variación con respecto al concreto patrón se puede observar en la Tabla 40.

Tabla 40

Peso Unitario del concreto en estado fresco y su variación con respecto al concreto patrón

Adición de ceniza	Peso Unitario del concreto fresco (Kg/m ³)	Variación del P.U C° fresco con respecto al concreto patrón (%)
0%	2463	-
1%	2442	-0.9%
2%	2440	-0.9%
4%	2427	-1.5%
8%	2389	-3.0%

Fuente: (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019)

En la Tabla 41 se observa que el concreto patrón tiene un peso unitario de 2,463gr/cm³, con adición de 1% de 2,442 gr/cm³, concreto con adición de 2% de 2,44 gr/cm³, concreto con adición de 4% de 2,427 gr/cm³ y concreto con adición de 8% 2,389 gr/cm³; debiéndose esta variación al 1,14 gr/cm³ de peso específico que tiene la ceniza de cascarilla de café, generando así un volumen en la mezcla y de esta manera disminuyendo la cantidad de agregados ya que estos tienen pesos específicos mayores. Se observa una variación de 3% entre el concreto patrón y el adicionado con 8%, indicando que a medida que el porcentaje de ceniza aumenta, el peso unitario disminuye.

Tabla 41

Peso Unitario del concreto fresco

Adición de ceniza	Peso Unitario del concreto fresco (gr/cm ³)
0%	2.463
1%	2.442
2%	2.44
4%	2.427
8%	2.389

Fuente: (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019)

La segunda investigación tiene una iniciativa de utilizar residuos generados por la agricultura en la industria de la construcción, haciendo uso de la ceniza de la cascarilla

de café ya incinerada. Siendo su objetivo estudiar la influencia de esta ceniza en distintos porcentajes, 5%, 10% y 15% respecto al cemento. Influidando en el peso unitario del concreto fresco se observa que existe una disminución a medida que el porcentaje es mayor.

Tabla 42

Materiales de diseño corregidos por humedad para 1 m³ de concreto adicionando diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café

Adición de Ceniza	0%	5%	10%	15%
Cemento (Kg)	365.76	365.76	365.76	365.76
Agua de Diseño (L)	209.76	209.7	209.9	209.9
A. Fino Húmedo (Kg)	810.3	799.7	789.1	778.6
A. Grueso Húmedo (Kg)	938.3	926	913.8	901.6
Ceniza (Kg)	0,00	18.29	36.58	54.86

Fuente: (Rodríguez, 2017)

En la Tabla 43 se observa que existe una disminución en los pesos unitarios frescos que van de 2366.52 kg/m³ del concreto patrón hasta 2345.65 kg/m³ del concreto con mayor porcentaje de ceniza.

Tabla 43

Peso Unitario del concreto en estado fresco y su variación con respecto al patrón

Adición de ceniza	Peso Unitario del concreto fresco (kg/m ³)	Variación del P.U C° fresco con respecto al concreto patrón (%)
0%	2366.52	-
5%	2358.64	-0.33%
10%	2354.62	-0.50%
15%	2345.65	-0.88%

Fuente: (Rodríguez, 2017)

También en la Tabla 43 se observa que existe una poca variación respecto al patrón y esta va de -0.33% con la adición de 5% hasta -0.88% con la adición de 15%.

La tercera investigación buscó innovar en la ingeniería civil mediante el uso de residuos orgánicos generados por la agricultura, como alternativa para la industria de la fabricación de materiales de construcción. Su objetivo es determinar la influencia de la ceniza de la cascarilla de café en un 5%, 10% y 15% en las propiedades físicas

como la determinación de peso unitario. Buscando mejorar la calidad del concreto con la utilización de una nueva tecnología.

Tabla 44

Diseño de mezcla para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ adicionando diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café

Adición De Ceniza	0%	5%	10%	15%
Cemento (Kg)	42.5	42.5	42.5	42.5
Agua (L)	24.41	25.73	25.71	31.09
A. Fino Húmedo (Kg)	85.83	89.69	88.14	72.39
A. Grueso Húmedo (Kg)	94.63	98.88	97.17	79.82
Ceniza (Kg)	0	2.13	4.25	6.38

Fuente: (Weninger, 2020)

En la Tabla 44 se observan los diseños de mezcla utilizados en esta investigación y sus resultados del ensayo de peso unitario están en la Tabla 45, pudiendo observar su representación gráfica en la Figura 14 y su variación con respecto a la mezcla patrón en la Figura 15.

Tabla 45

Peso Unitario del concreto en estado fresco y su variación con respecto al concreto patrón

Adición de ceniza	Peso Unitario del concreto fresco (kg/m^3)	Variación del Peso Unitario fresco con respecto al concreto patrón (%)
0%	2350.03	-
5%	2336.82	-0.56%
10%	2326.36	-1.01%
15%	2316.68	-1.42%

Fuente: (Weninger, 2020)

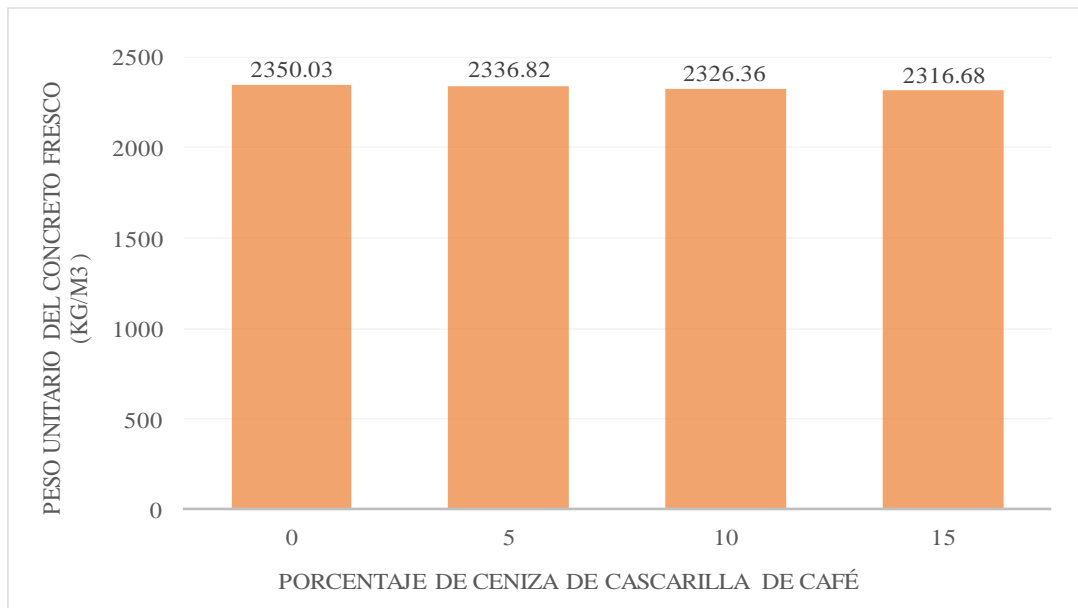


Figura 14 Peso Unitario (Kg/m^3) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.
Fuente: (Weninger, 2020)

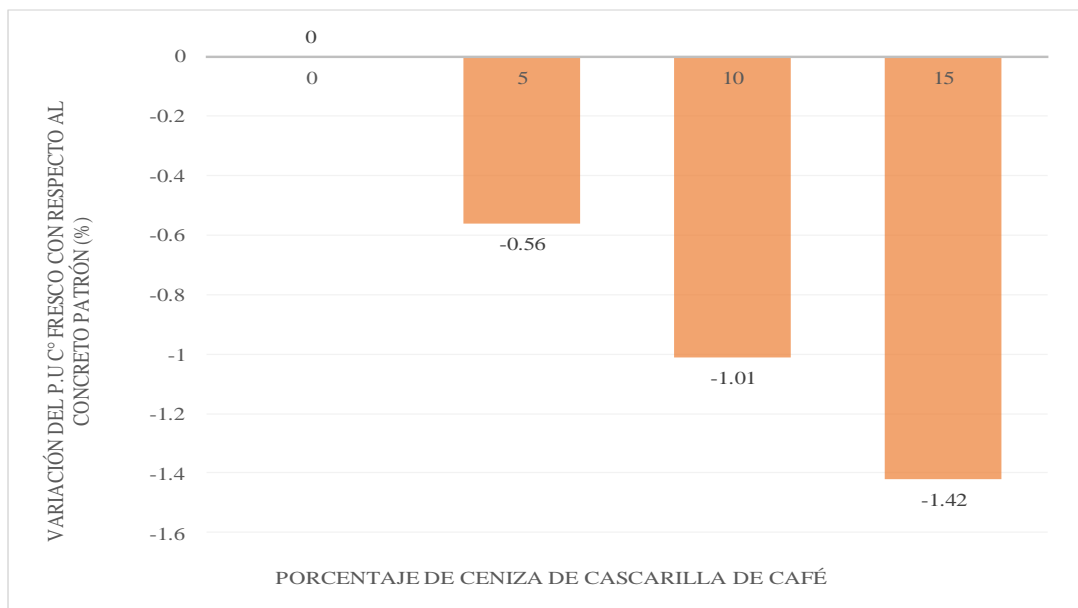


Figura 15 Variación del Peso Unitario con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.

Fuente: (Weninger, 2020)

La cuarta investigación tuvo como finalidad evaluar un problema ambiental y económico, enfocándose en los residuos orgánicos que son desechados en vertederos por diferentes empresas sin preocuparse donde podrían terminar solo por evitar un mayor costo, al ser el Perú un país rico en variedad de café, en esta investigación se propone adicionar la ceniza de cascarilla de café con el fin de mejorar las propiedades físico mecánicas como el peso unitario para así tener altos estándares de calidad y que

puedan ser empleados en construcciones civiles.

En la Tabla 46 se observa las dosificaciones para 1m^3 de concreto sin adición de ceniza de cascarilla de café, mientras que en la Tabla 47, Tabla 48, Tabla 49, Tabla 50 y Tabla 51 se encuentran las dosificaciones para las mezclas con adición de ceniza de cascarilla de café

Tabla 46

Dosificaciones para el diseño patrón en 1m^3 con las diferentes resistencias

Material	Diseño Patrón 1m^3		
	210 kg/cm^2	245 kg/cm^2	280 kg/cm^2
Cemento	453	475	559
Agua Efect	281	300	320
A. Fino H.	744	681	581
A.Grueso H.	925	947	943
Ceniza	0	0	0

Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 47

Dosificaciones para el diseño con 2.5% de adición de ceniza en 1m^3 con las diferentes resistencias

Material	DISEÑO PATRÓN $1\text{m}^3 + 2.5\%$		
	210 kg/cm^2	245 kg/cm^2	280 kg/cm^2
Cemento	453	475	559
Agua Efect.	281	300	320
A. Fino H.	752	688	588
A.Grueso H.	918	939	936
Ceniza	18.79	17.21	14.69

Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 48

Dosificaciones para el diseño con 5% de adición de ceniza en 1m^3 con las diferentes resistencias

Material	Diseño Patrón $1\text{m}^3 + 5\%$		
	210 kg/cm^2	245 kg/cm^2	280 kg/cm^2
Cemento	453	475	559
Agua Efect	281	300	320
A. Fino H.	759	696	595
A.Grueso H.	910	932	929
Ceniza	37.95	34.8	29.74

Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 49

Dosificaciones para el diseño con 7.5% de adición de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias

Material	Diseño Patrón 1m ³ + 7.5%		
	210 kg/cm ²	245 kg/cm ²	280 kg/cm ²
Cemento	453	475	559
Agua Efect	281	300	320
A. Fino H.	766	703	602
A.Grueso H.	903	924	922
Ceniza	57.48	52.75	45.13

Fuente: (Huamán, 2021)-

Tabla 50

Dosificaciones para el diseño con 10% de adición de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias

Material	Diseño Patrón 1m ³ + 10%		
	210 kg/cm ²	245 kg/cm ²	280 kg/cm ²
Cemento	453	475	559
Agua Efect	281	300	320
A. Fino H.	774	711	609
A.Grueso H.	896	917	915
Ceniza	77.37	71.06	60.88

Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 51

Dosificaciones para el diseño con 12.5% de adición de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias

Material	Diseño Patrón 1m ³ + 12.5%		
	210 kg/cm ²	245 kg/cm ²	280 kg/cm ²
Cemento	453	475	559
Agua Efect	281	300	320
A. Fino H.	781	718	616
A.Grueso H.	888	910	908
Ceniza	97.6	89.71	76.95

Fuente: (Huamán, 2021)

Los resultados del Peso Unitario para la mezcla de 210 kg/cm² obtenidos se observan en la Tabla 52, también nos indica la variación con respecto a la mezcla patrón.

Tabla 52

Peso unitario del concreto en estado fresco y variación con respecto al concreto patrón con una resistencia de 210 kg/cm²

Adición de ceniza	Peso Unitario del concreto fresco (kg/m ³)	Variación del P.U C° fresco con respecto al concreto patrón (%)
0%	2521.13	-
2.5%	2485.78	-1.40%
5%	2456.17	-2.58%
7.5%	2399.91	-4.81%
10%	2388.06	-5.28%
12.5%	2371.78	-5.92%

Fuente: (Huamán, 2021)

Los resultados del Peso Unitario para la mezcla de 245 kg/cm² obtenidos se observan en la Tabla 53, también nos indica la variación con respecto a la mezcla patrón.

Tabla 53

Peso unitario del concreto en estado fresco y variación con respecto al concreto patrón con una resistencia de 245 kg/cm²

Adición de ceniza	Peso Unitario del concreto fresco (kg/m ³)	Variación del P.U C° fresco con respecto al concreto patrón (%)
0%	2546.69	-
2.5%	2505.02	-1.64%
5%	2473.93	-2.86%
7.5%	2423.6	-4.83%
10%	2396.95	-5.88%
12.5%	2374.74	-6.75%

Fuente: (Huamán, 2021)

En la Figura 16 se observa la representación gráfica de los resultados del peso unitario.

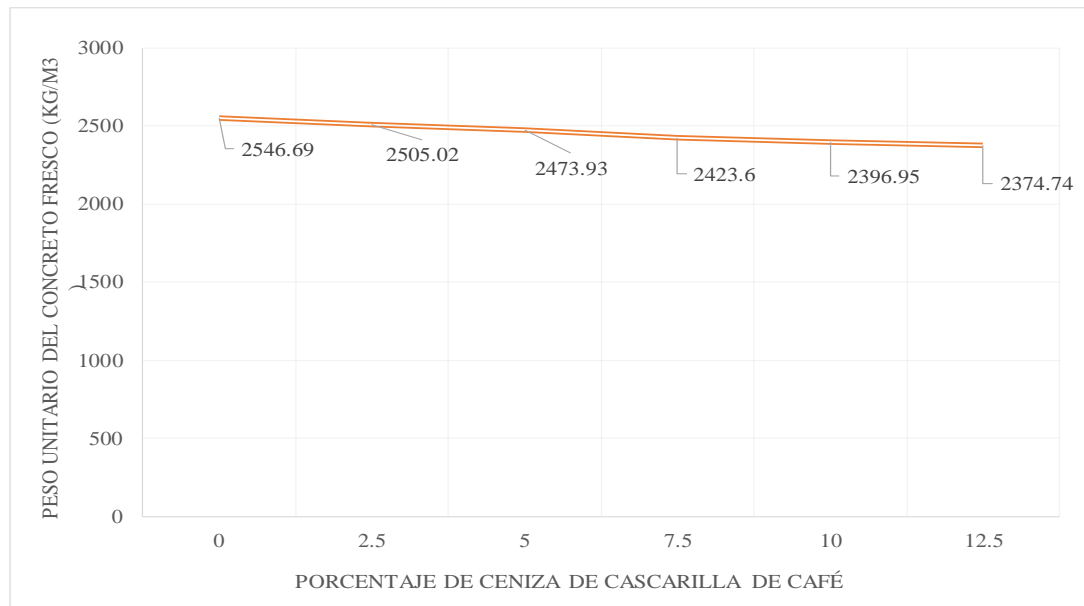


Figura 16 Peso Unitario (Kg/m³) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café para el concreto f'c 245 kg/cm²

Fuente: (Huamán, 2021)

Los resultados del Peso Unitario para la mezcla de 280 kg/cm² obtenidos se observan en la Tabla 54, también nos indica la variación con respecto a la mezcla patrón.

Tabla 54

Peso unitario del concreto en estado fresco y variación con respecto al concreto patrón con una resistencia de 280 kg/cm²

Adición de ceniza	Peso Unitario del concreto fresco (kg/m ³)	Variación del P.U C° fresco con respecto al concreto patrón (%)
0%	2583.2	-
2.5%	2518.35	-2.51%
5%	2482.82	-3.89%
7.5%	2428.04	-6.01%
10%	2399.91	-7.10%
12.5%	2380.66	-7.84%

Fuente: (Huamán, 2021)

En la Figura 17 se observa la representación gráfica de los resultados del peso unitario.

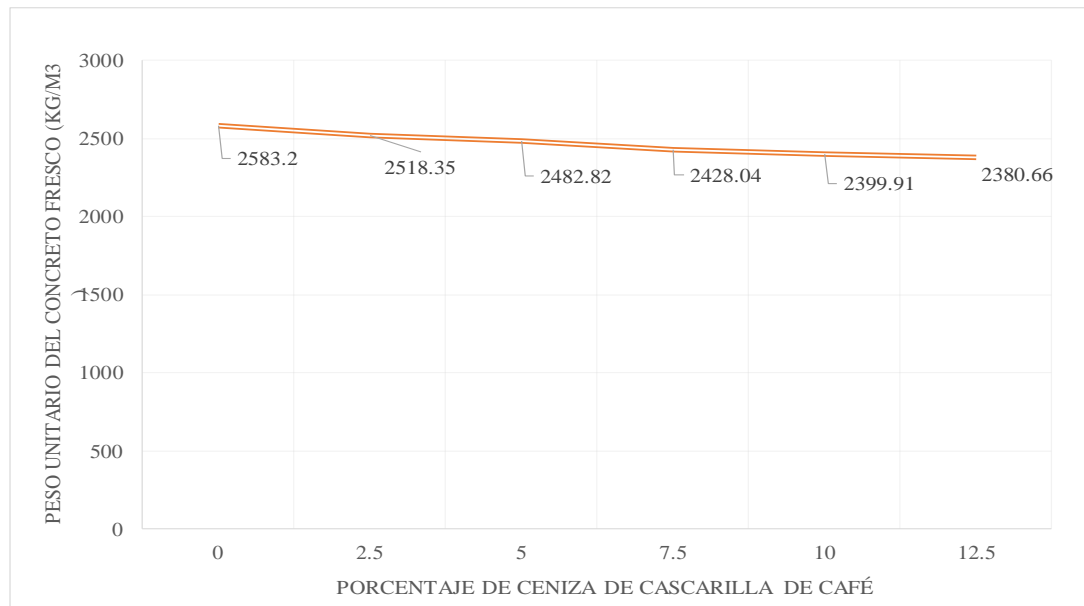


Figura 17 Peso Unitario (Kg/m³) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café para el concreto f^c 280 kg/cm².

Fuente: (Huamán, 2021)

La última investigación evaluó la influencia de la adición de la ceniza de cascarilla de café en las propiedades del concreto f^c = 210 kg/cm² obteniendo que la incorporación de la ceniza de cascarilla de café influye de manera positiva en estas.

En la Tabla 55 se muestra las diferentes dosificaciones de mezcla para cada porcentaje de ceniza de cascarilla de café. Y en la Tabla 56 se muestra el material cementicio a utilizar.

Tabla 55

Proporciones en peso húmedo para 1 m³ de concreto con adición de diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café

Porcentaje de ceniza	0%	1%	3%	5%
Cemento (kg)	354	350.8	328.4	321.7
Agua (L)	202	193.3	183.9	183.9
Ceniza (kg)	0	3.5	10.2	16.9
Agregado grueso (kg)	901	900.8	900.8	900.8
Agregado fino (kg)	904	902.1	937.4	934.5

Fuente: (Iparraguirre, 2021)

Tabla 56

Material cementicio

Material				
Cementicio	354	354.3	338.6	338.6
Disminuye		8.7	9.4	0
		(BAJA)	(BAJA)	(MANTIENE)

Fuente: (Iparraguirre, 2021)

Tabla 57

Peso unitario del concreto en estado fresco y variación con respecto al concreto patrón

Adición de ceniza	Peso Unitario del concreto fresco (Kg/m ³)	Variación del P.U C° fresco con respecto al concreto patrón (%)
0%	2347	-
1%	2344	-0.1%
3%	2342	-0.1%
5%	2338	-0.3%

Fuente: (Iparraguirre, 2021)

En la Tabla 57 puede observar los resultados del Peso Unitario del concreto fresco y su variación con respecto al patrón, en la Figura 18 y Figura 19 se observa su representación gráfica.



Figura 18 Peso Unitario (Kg/m³) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café para el concreto f'c 210 kg/cm².

Fuente: (Iparraguirre, 2021)

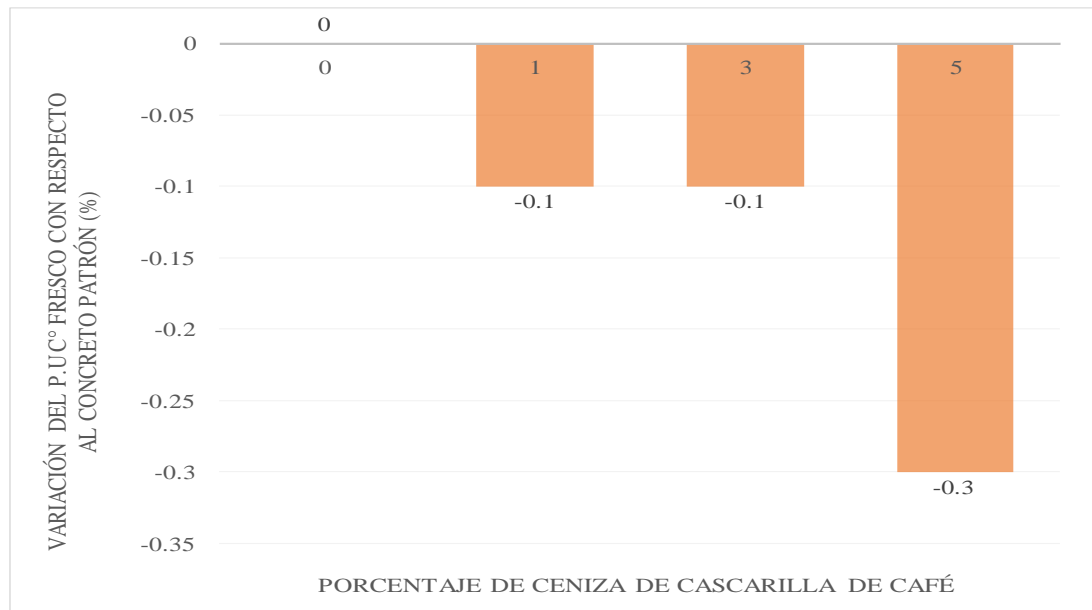


Figura 19 Variación del P.U con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café para el concreto f'c 210 kg/cm².

Fuente: (Iparraguirre, 2021)

Determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café para incrementar la resistencia a la compresión del concreto estructural.

(Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019) En su investigación utiliza la ceniza de cascarilla de café como adición en la elaboración del concreto, teniendo como objetivo determinar su influencia en la resistencia a la compresión. Realizaron el ensayo de Resistencia a la Compresión a las probetas de concreto patrón de 280 kg/cm² y con adición de ceniza de cascarilla de café en distintos porcentajes que son 0%, 1%, 2%, 4% y 8% en diferentes edades (07, 14 y 28 días)

En la investigación nos presentan las características del agregado fino, agregado grueso, cemento y de la ceniza de cascarilla de café a utilizar, las cuales observaremos en la Tabla 58, Tabla 59, Tabla 60 y Tabla 61 respectivamente.

Tabla 58

Descripción de materiales del Agregado Fino

Agregado Fino	
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	1596
Peso unitario suelto seco compactado (kg/m ³)	1726
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.610
Absorción (%)	2.04
Contenido de Humedad (%)	2.14
Módulo de Finura	3.12

Fuente: Díaz M. y Fernández J. (2019)

Tabla 59

Descripción de materiales del Agregado Grueso

Agregado Grueso	
Peso unitario suelto seco (kg/m ³)	1398
Peso unitario suelto seco compactado (kg/m ³)	1548
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.670
Absorción (%)	1.23
Contenido de Humedad (%)	0.40
Módulo de Finura	6.55
Tamaño máximo Nominal (Pulg.)	3/4"

Fuente: Díaz M. y Fernández J. (2019)

Tabla 60

Descripción de materiales del Cemento

Cemento	
Peso específico (gr/cm ³)	3.100

Fuente: Díaz M. y Fernández J. (2019)

Tabla 61

Descripción de materiales de la ceniza de cascarilla de café.

Ceniza de Cascarilla de Café	
Peso específico de ceniza (gr/cm ³)	1.140

Fuente: Díaz M. y Fernández J. (2019)

Para el diseño del concreto se utilizaron las siguientes características, Tabla 62.

Tabla 62

Características del diseño de concreto

F'c =	280 Kg/cm ²
Slump =	3"-4"
Consistencia =	Plástica
Aire atrapado =	2.0 %
a/c =	0.587

Fuente: Díaz M. y Fernández J. (2019)

Díaz M. y Fernández J. (2019) en su investigación se ensayaron un total de 150 testigos y se realizaron los ensayos a los 7, 14 y 28 días para obtener los resultados y así poder evaluar su comportamiento con los distintos porcentajes de adición de Ceniza de cascarilla de café.

Para el ensayo de Resistencia a la Compresión del concreto patrón y con adición del 1%, 2%, 4% y 8% se utilizó la dosificación mostrada en la Tabla 63.

Tabla 63

Materiales de diseño para 1 m³ de concreto adicionando diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café

Adición De Ceniza	0%	1%	2%	4%	8%
Cemento (Kg)	349.23	349.23	349.23	349.23	349.23
Agua Efectiva (L)	212.27	195.73	191.38	193.89	203.12
A. Fino Húmedo (Kg)	792.77	793.17	794.89	784.08	754.90
A. Grueso Húmedo (Kg)	978.39	982.86	973.80	958.75	931.98
Ceniza (Kg)	0	3.49	6.98	13.93	27.94

Fuente: Díaz M. y Fernández J. (2019)

En la investigación se muestra que con el ensayo de resistencia a la compresión varía según la cantidad de ceniza que se le agrega.

El resultado del ensayo a los 7 días se muestra en la Tabla 64, y en la Figura 32 se observa el porcentaje alcanzado.

Tabla 64

Resistencia a la Compresión del concreto a los 7 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza

Identificación	0%	1%	2%	4%	8%
Edad (días)	7	7	7	7	7
F'c de diseño (kg/cm ²)	280	280	280	280	280
Resistencia Máx. Prom.	242	262	242	218	165
Porcentaje alcanzado	86%	94%	86%	78%	59%

Fuente: Díaz M. y Fernández J. (2019)

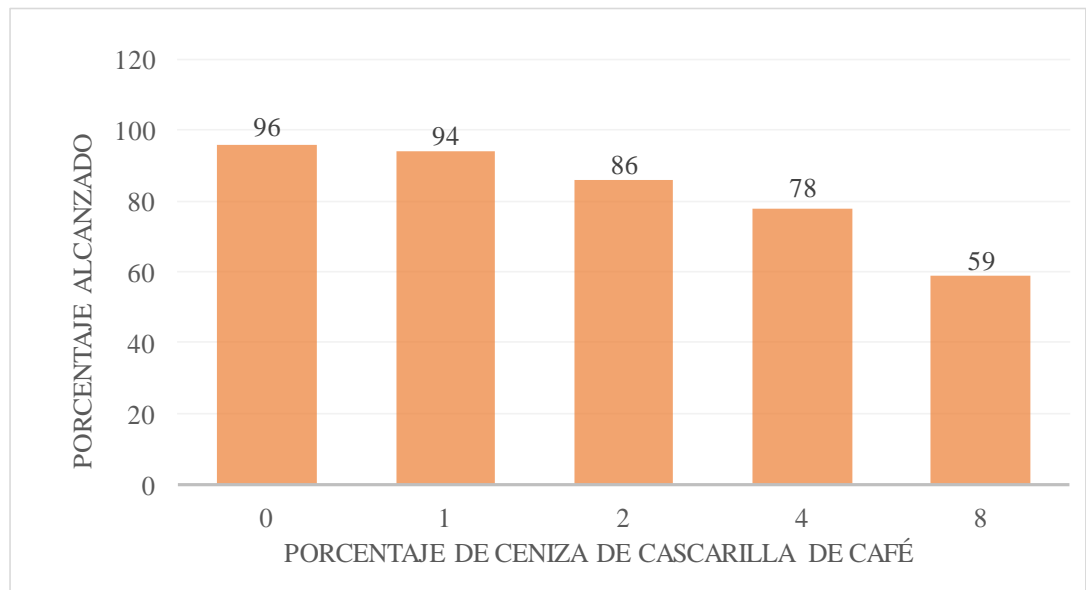


Figura 20 Porcentaje alcanzado en 7 días – Ceniza de cascarilla de café.

Fuente: Díaz M. y Fernández J. (2019)

Díaz M. y Fernández J. (2019) indican que la máxima resistencia a la Compresión alcanzada fue con el 1% de adición de Ceniza de Cascarilla de Café obteniendo 262 kg/cm² siendo este el 94% de la resistencia requerida, mientras aumenta la cantidad de adición de ceniza a la mezcla de concreto, la resistencia va disminuyendo.

El resultado del ensayo a los 14 días se muestra en la Tabla 65.

Tabla 65

Resistencia a la Compresión del concreto a los 14 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza

Identificación	0%	1%	2%	4%	8%
Edad (Días)	14	14	14	14	14
F'c De Diseño (Kg/cm ²)	280	280	280	280	280
Resistencia Máxima Promedio	271	306	292	244	201
Porcentaje Alcanzado	97%	109%	104%	87%	72%

Fuente: Díaz M. y Fernández J. (2019)

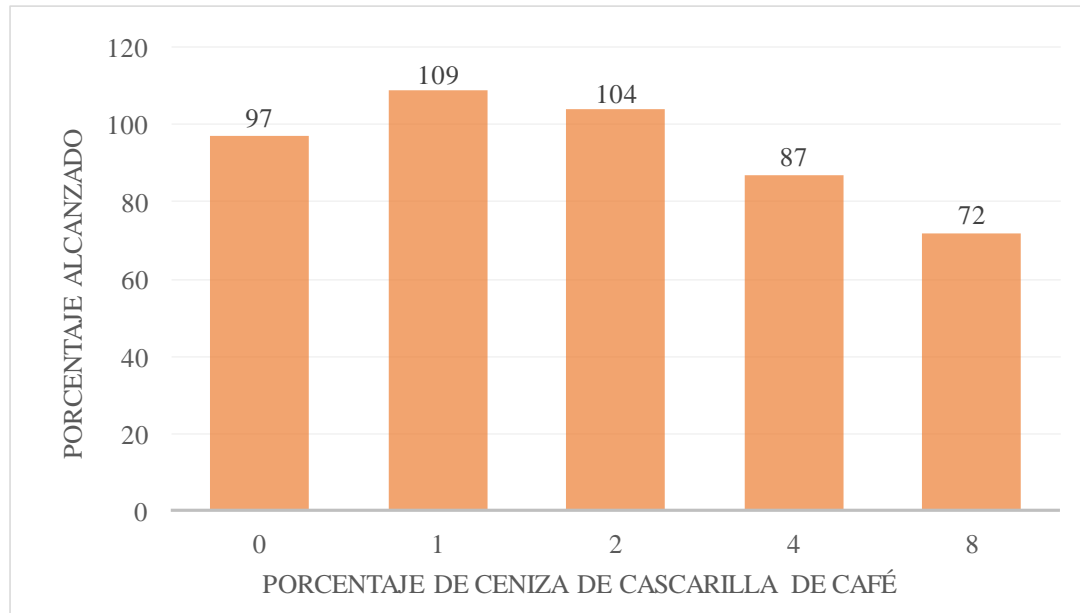


Figura 21 Porcentaje alcanzado en 14 días – Ceniza de cascarilla de café.

Fuente: Díaz M. y Fernández J. (2019)

Como se puede observar en la Tabla 66 la resistencia máxima alcanzada también es con el 1% de adición de ceniza de cascarilla de café, se obtuvo 306 kg/cm² pasando el 100% de la resistencia requerida, conforme se va añadiendo más cantidad de ceniza, la resistencia va disminuyendo.

El resultado del ensayo a los 28 días se muestra en la Tabla 66, y en la Figura 22 se observa el porcentaje alcanzado.

Tabla 66

Resistencia a la Compresión del concreto a los 28 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza.

Identificación	0%	1%	2%	4%	8%
Edad (Días)	28	28	28	28	28
F'c De Diseño (Kg/cm ²)	280	280	280	280	280
Resistencia Máxima Promed	305	343	320	257	210
Porcentaje Alcanzado	109%	122%	114%	92%	75%

Fuente: Díaz M. y Fernández J. (2019)

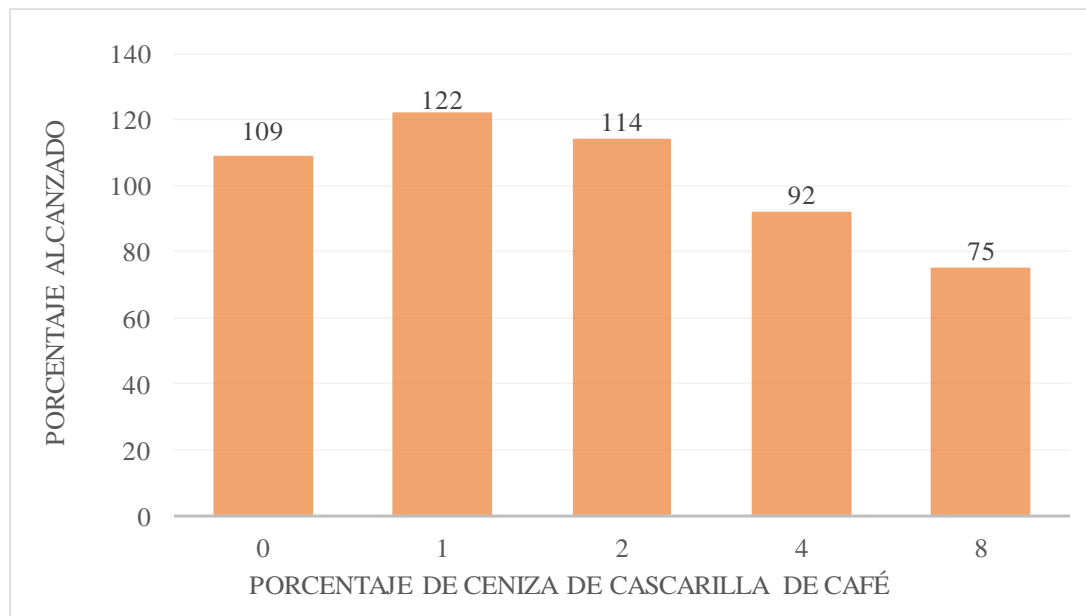


Figura 22 Porcentaje alcanzado en 28 días – ceniza de cascarilla de café.

Fuente: Díaz M. y Fernández J. (2019)

Se observa en la Tabla 66 la resistencia máxima alcanzada también es 343 kg/cm² con 1% de adición de ceniza de cascarilla pasando el 100% de la resistencia requerida.

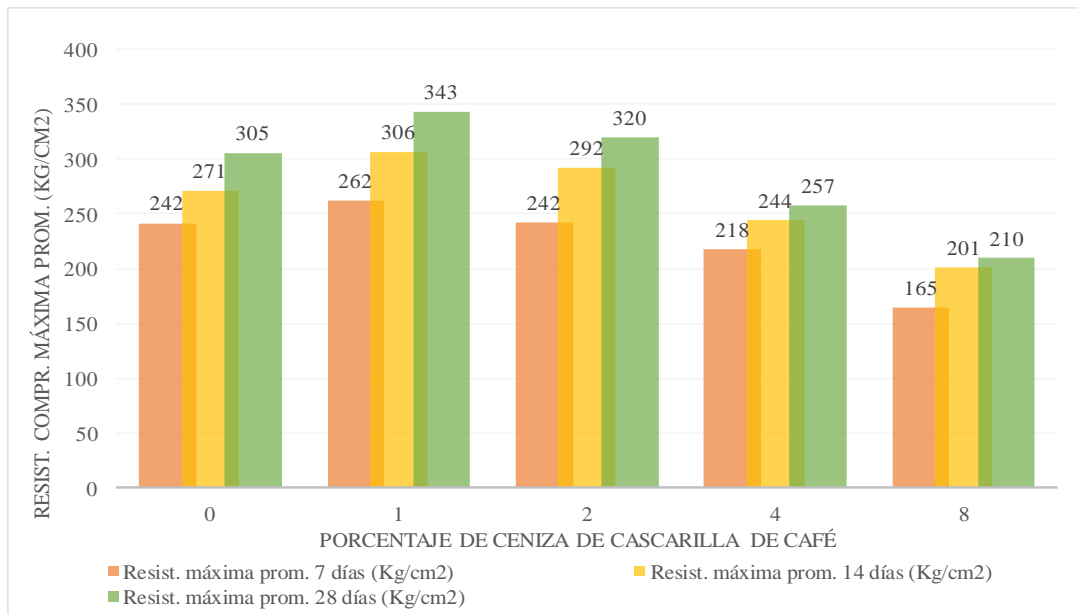


Figura 23 Resistencia a la compresión máxima promedio – ceniza de cascarilla de café.

Fuente: Díaz M. y Fernández J. (2019)

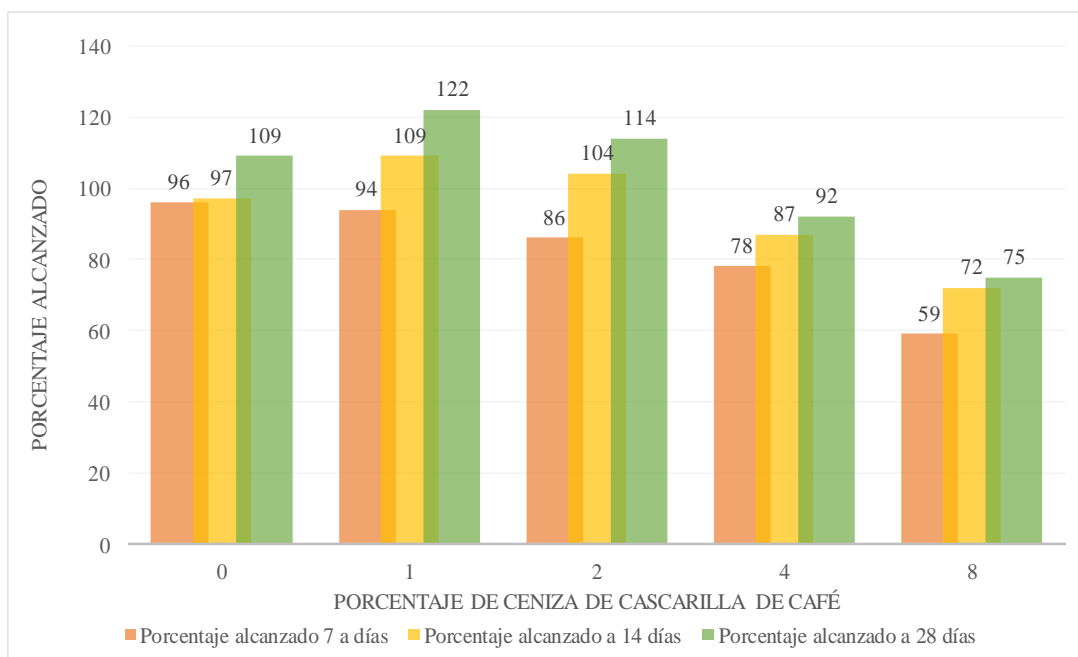


Figura 24 Porcentaje alcanzado – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

Fuente: Díaz M. y Fernández J. (2019)

En la Figura 23 observamos la comparación de la resistencia con distintos porcentajes de adición de ceniza de cascarilla de café en diferentes edades de curado y en la Figura 24 el porcentaje alcanzado.

(Rodríguez, 2017) en su investigación nos muestra la iniciativa de utilizar productos generados por la agricultura que en este caso es la ceniza de cascarilla de café, el

concreto tiene una $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ y se le añadirá ceniza de cascarilla de café en 5%, 10% y 15% del peso de cemento.

En la Tabla 67, Tabla 68 y Tabla 69 nos presenta las características del agregado fino, agregado grueso y del cemento a utilizar.

Tabla 67

Descripción de materiales del Agregado Fino

Agregado Fino	
Peso unitario suelto seco (kg/m^3)	1596
Peso unitario suelto seco compactado (kg/m^3)	1651
Peso específico de masa (gr/cm^3)	2.66
Absorción (%)	1.42
Contenido de Humedad (%)	3.20
Módulo de Finura	2.64

Fuente: (Rodríguez, 2017)

Tabla 68

Descripción de materiales del Agregado Grueso

Agregado Grueso	
Peso unitario suelto seco (kg/m^3)	1413
Peso unitario suelto seco compactado (kg/m^3)	1506
Peso específico de masa (gr/cm^3)	2.63
Absorción (%)	0.82
Contenido de Humedad (%)	0.60
Módulo de Finura	7.36
Tamaño máximo Nominal (Pulg.)	1"

Fuente: (Rodríguez, 2017)

Tabla 69

Descripción de material Cementicio

Cemento	
Tipo de cemento	Pacasmayo Tipo I
Peso específico (gr/cm^3)	3.12
Peso específico de ceniza (gr/cm^3)	2.15

Fuente: (Rodríguez, 2017)

Para el diseño del concreto se utilizaron las siguientes características, Tabla 70.

Tabla 70

Características del diseño de concreto

F'c =	250 Kg/cm ²
Slump =	3"-4"
Aire atrapado =	1.5%
a/c =	0.5

Fuente: (Rodríguez, 2017)

Para el ensayo de Resistencia a la Compresión del concreto patrón y con adición del 5%, 10% y 15% se utilizó la dosificación mostrada en la Tabla 71 y las roturas se realizaron a los 7 y 28 días.

Tabla 71

Materiales de diseño para el concreto adicionando diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café

Adición De Ceniza	0%	5%	10%	15%
Cemento (Kg)	365.76	365.76	365.76	365.76
Agua Efectiva (L)	209.76	209.70	209.90	209.90
A. Fino Húmedo (Kg)	810.30	799.70	789.10	778.60
A. Grueso Húmedo (Kg)	938.30	926	913.80	901.60
Ceniza (Kg)	0	18.29	36.58	54.86

Fuente: (Rodríguez, 2017)

El resultado del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días se muestra en la Tabla 72, y su representación se aprecia en la Figura 25.

Tabla 72

Resistencia a la Compresión del concreto a los 7 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza

Identificación	0%	5%	10%	15%
Edad (días)	7	7	7	7
F'c de diseño (kg/cm ²)	250	250	250	250
Resistencia Máxima Promedio	207	213	217	219
Porcentaje alcanzado	83%	85%	87%	88%

Fuente: (Rodríguez, 2017)

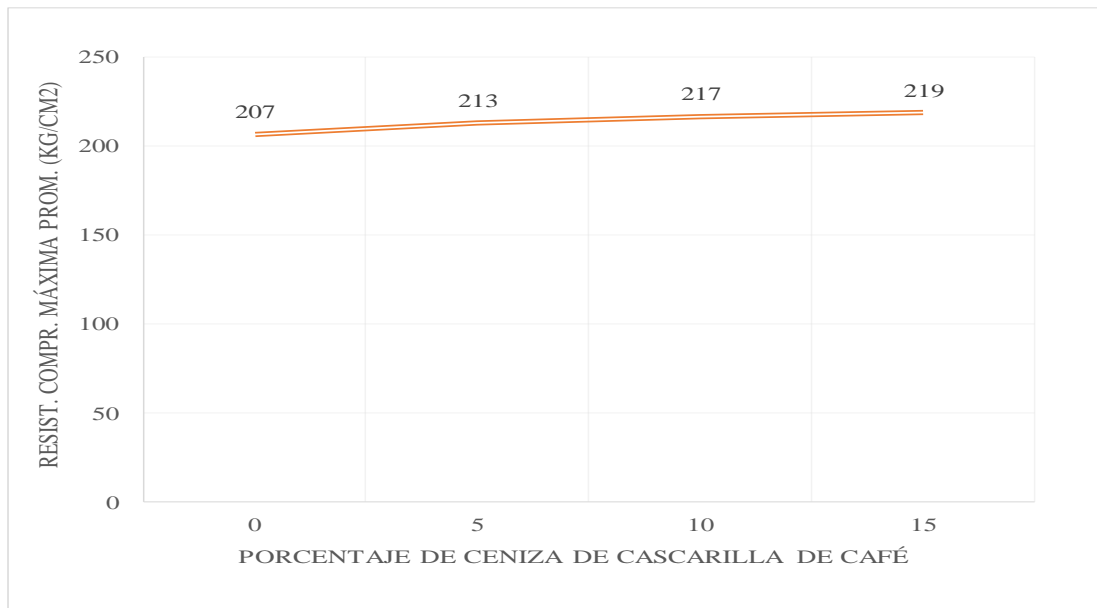


Figura 25 Resistencia a la Compresión máxima promedio a los 7 días – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Rodríguez, 2017)

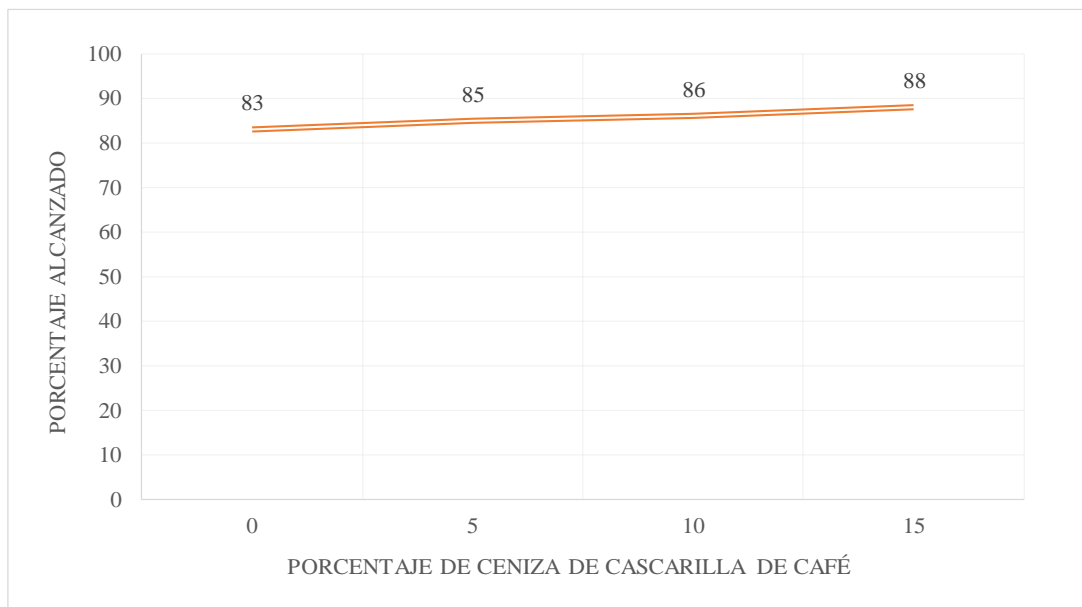


Figura 26 Porcentaje alcanzado en 7 días – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Rodríguez, 2017)

Observamos en la Tabla 72 que la resistencia máxima alcanzada es 219 kg/cm² con 15% de adición de ceniza de cascarilla de café siendo el 88% de la resistencia requerida.

El resultado del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días se muestra en la Tabla 73, y su representación se aprecia en la Figura 27.

Tabla 73

Resistencia a la Compresión del concreto a los 28 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza

Identificación	0%	5%	10%	15%
Edad (días)	28	28	28	28
F'c de diseño (kg/cm ²)	250	250	250	250
Resistencia Máxima Promedio	292	304	314	317
Porcentaje alcanzado	117%	122%	125%	127%

Fuente: (Rodríguez, 2017)

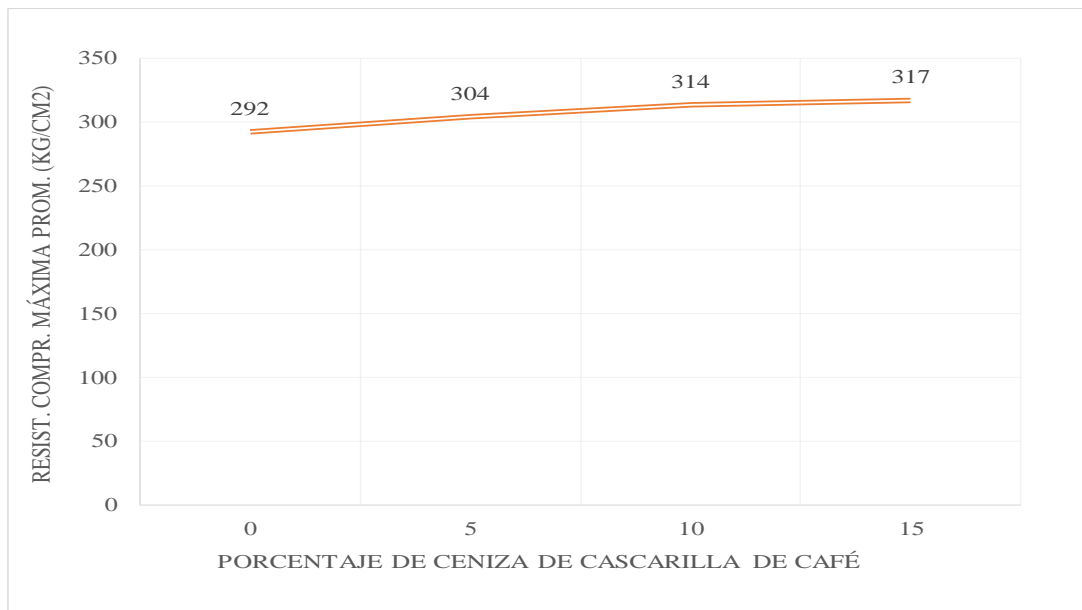


Figura 27 Resistencia a la Compresión máxima promedio a los 28 días – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Rodríguez, 2017)

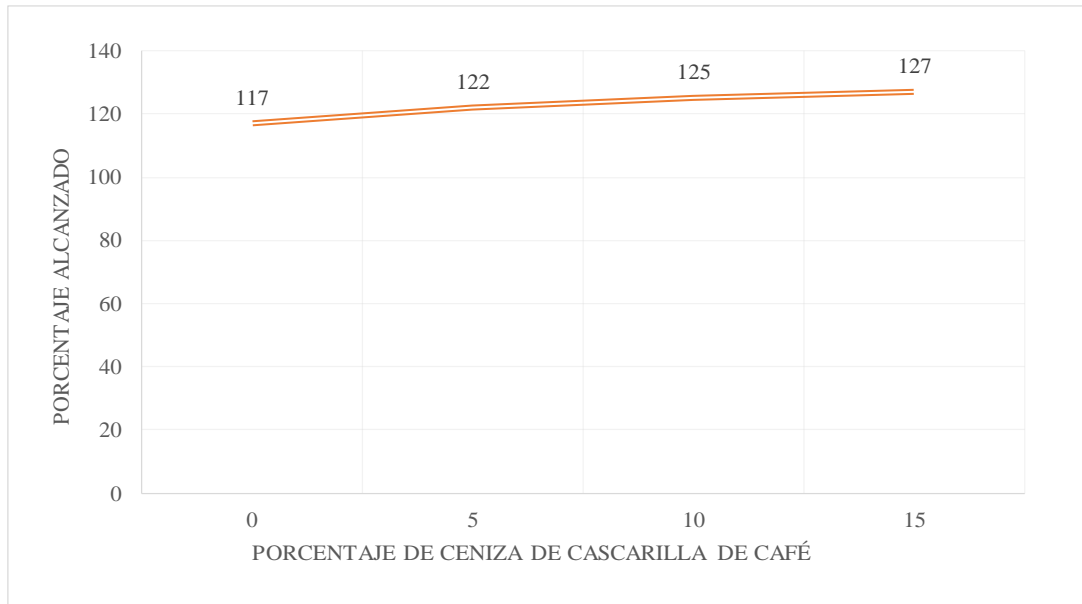


Figura 28 Porcentaje alcanzado en 28 días – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Rodríguez, 2017)

Se muestra en la Tabla 73 que la resistencia máxima alcanzada es 317 kg/cm^2 con 15% de adición de ceniza de cascarilla de café pasando el 100% de la resistencia requerida, se observa también que a medida que se le aumenta la ceniza de cascarilla de café, aumenta también la resistencia a la compresión.

En la Figura 30 el porcentaje alcanzado a los 7 y 28 días, interpolando estos resultados se pudo calcular la resistencia a la compresión a los 14 días, obteniendo con 0% de adición una resistencia de 235 kg/cm^2 representando al 94% de la resistencia requerida, para el diseño con adición de 5% se obtuvo 243 kg/cm^2 (97%), para el 10% se obtuvo 249 kg/cm^2 (100%) y para el 15% se obtuvo el 252 kg/cm^2 (101%).

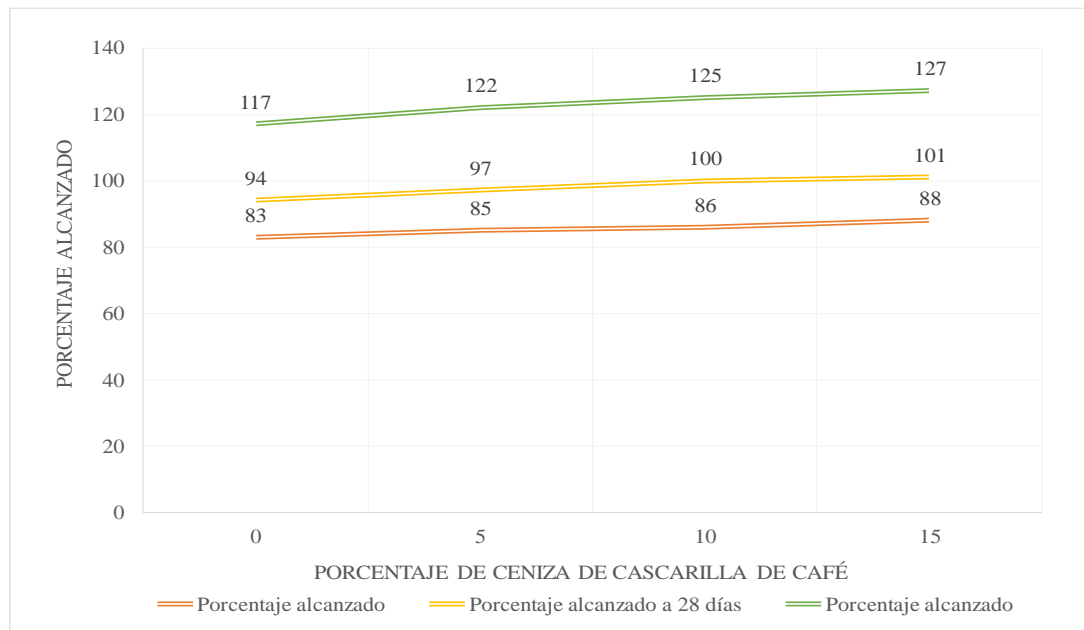


Figure 29 Porcentaje alcanzado – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Rodríguez, 2017)

Comparando los resultados de los distintos porcentajes con adición de ceniza de cascarilla de café en las diferentes edades de curado, con los resultados de las roturas realizadas a los 7 días que pasan el 70%, se asegura que a los 28 días la resistencia va a pasar el 100% de la resistencia requerida, las figuras también nos muestran que el porcentaje que mejores resultados dio fue el diseño con 15% de adición de ceniza de cascarilla de café.

En este artículo, (Gedefaw, A. et al, 2022) mencionan que en los últimos años se ha generado un creciente interés en investigadores por encontrar un material sustituto al cementado. Siendo su principal objetivo en la investigación el examinar el potencial del uso de la ceniza de cáscara de café en mezclas de concreto con 0%, 5%, 10% y 20% con un a/c de 0.5.

En la Tabla 74 y Tabla 75 se observa las características de los agregados fino y grueso.

Tabla 74

Características del Agregado fino

Agregado fino	
Módulo de finura	2.79
Peso específico	1273.8 kg/m ³
Gravedad específica	2.8
Absorción	1.7%
Humedad	2.34%

Fuente: (Gedefaw, A. et al, 2022)

Tabla 75

Características del Agregado grueso

Agregado grueso	
Peso específico	16677.5 kg/m ³
Gravedad específica	2.8
Absorción	2%
Humedad	0.86%

Fuente: (Gedefaw, A. et al, 2022)

El resultado del ensayo se muestra en la Tabla 76, y su representación se aprecia en la Figura 30.

Tabla 76

Resistencia a la Compresión del concreto a los 7 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza

Identificación	0%	5%	10%	15%	20%
Edad (días)	7	7	7	7	7
f'c diseño (Kg/cm ²)	255	255	255	255	255
Resistencia máxima promedio 14 días (Kg/cm ²)	245	219	184	173	82
Porcentaje alcanzado a 28 días	96	86	72	68	32

Fuente: (Gedefaw, A. et al, 2022)

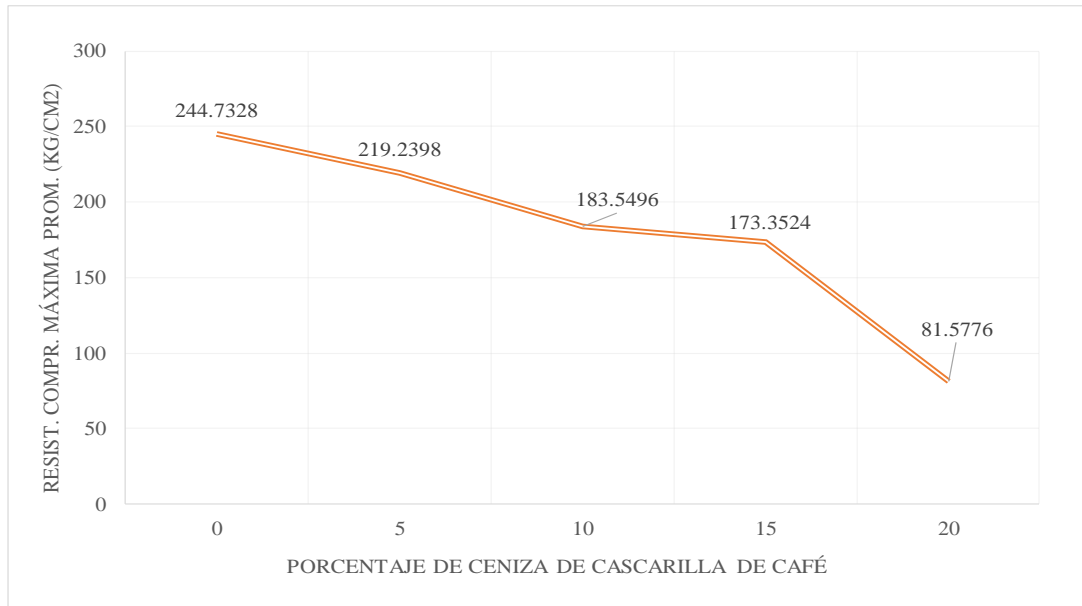


Figura 30 Resistencia a la Compresión máxima promedio – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Gedefaw, A. et al, 2022)

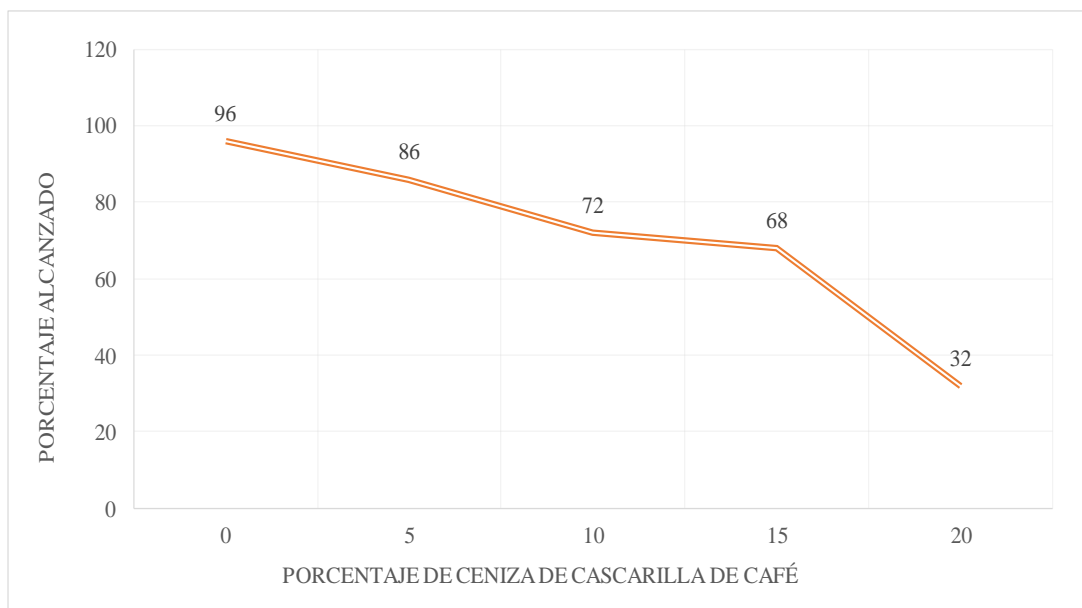


Figura 31 Porcentaje alcanzado – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Gedefaw, A. et al, 2022)

Según como observamos en las figuras los resultados del ensayo de Resistencia a la Compresión a los 7 y 28 días, calculamos los resultados de la resistencia a los 14 días interpolando, obteniendo con el 0% de adición una resistencia de 282 kg/cm² representando el 101% de la resistencia requerida, para el diseño con adición del 5% se obtuvo 262 kg/cm² (93%), para el 10% se obtuvo 235 kg/cm² (84%), para el 15% se obtuvo el 197 kg/cm² (70%) y para el diseño con 20% de ceniza de cascarilla de café se obtuvo 129 kg/cm² (46%). Los resultados a los 14 días también disminuyen a

medida que el porcentaje de adición de ceniza de cascarilla de café aumenta.

El resultado del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días se muestra en la Tabla 77, y su representación se aprecia en la Figura 33.

Tabla 77

Resistencia a la Compresión del concreto a los 28 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza

Identificación	0%	5%	10%	15%	20%
Edad (días)	28	28	28	28	28
F'c de diseño (kg/cm ²)	255	255	255	255	255
Resistencia Máxima	357	347	337	245	224
Promedio					
Porcentaje alcanzado	127	124	120	87	80

Fuente: (Gedefaw, A. et al, 2022)

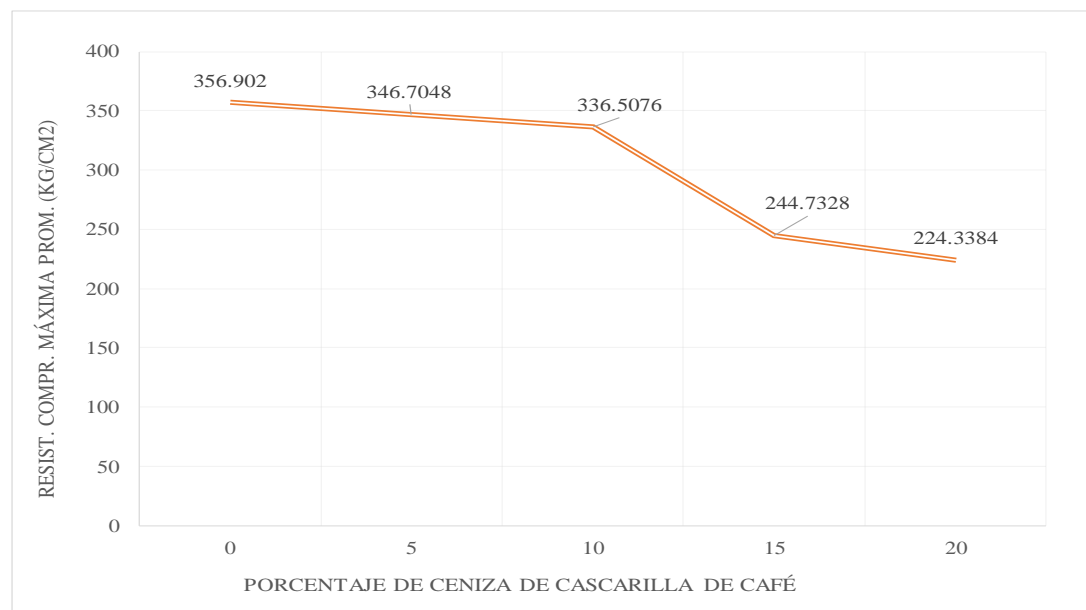


Figura 32 Resistencia a la compresión máxima promedio – Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.

Fuente: (Gedefaw, A. et al, 2022)

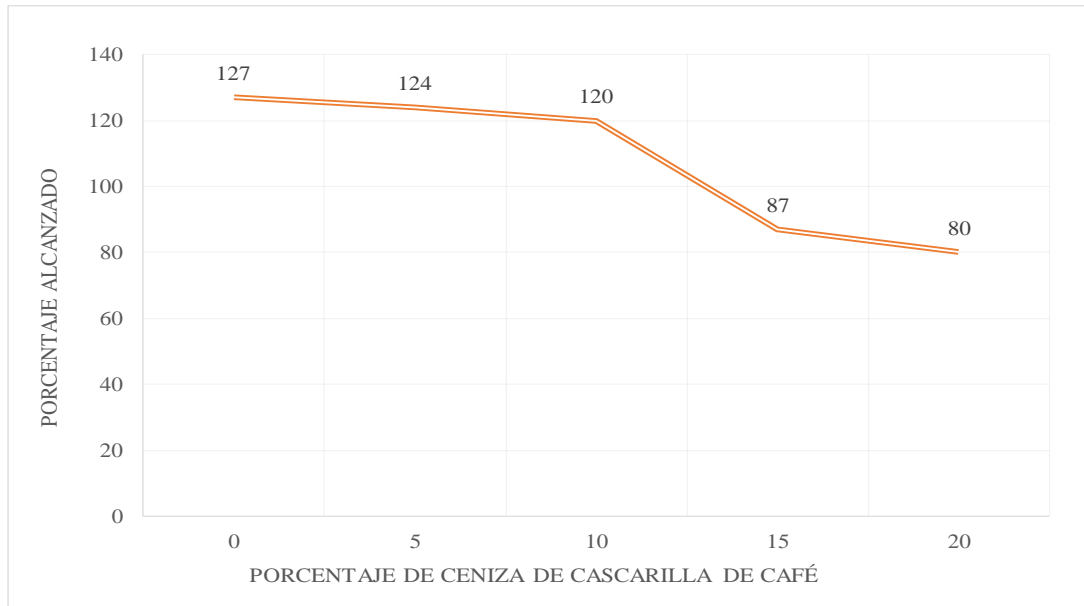


Figura 33 Resistencia a la compresión máxima promedio – Porcentaje de ceniza de cascarrilla de café.

Fuente: (Gedefaw, A. et al, 2022)

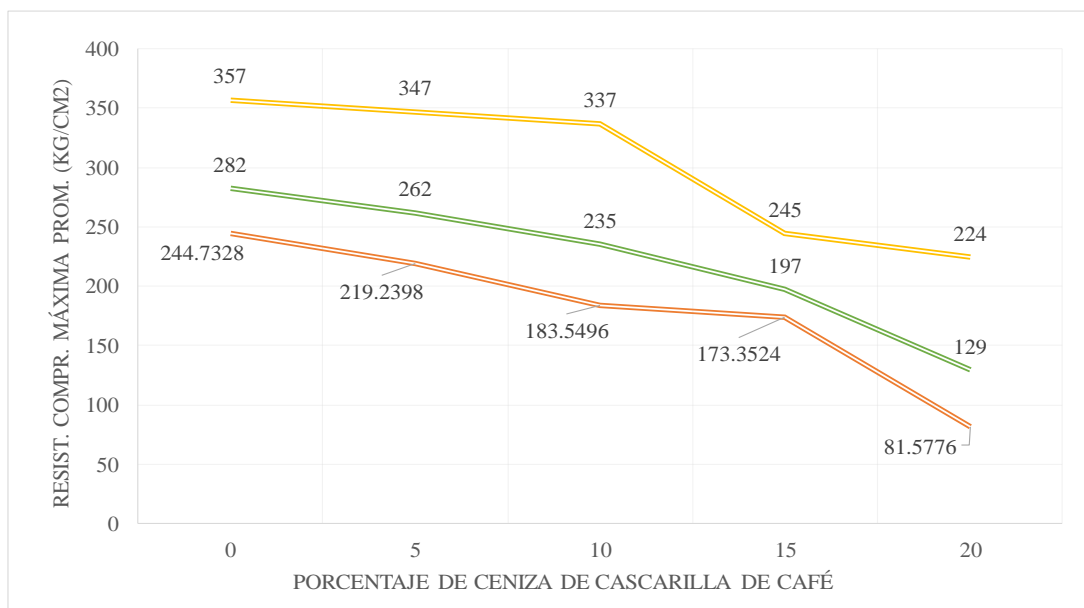


Figura 34 Resistencia a la compresión máxima promedio – ceniza de cascarrilla de café.

Fuente: (Gedefaw, A. et al, 2022)

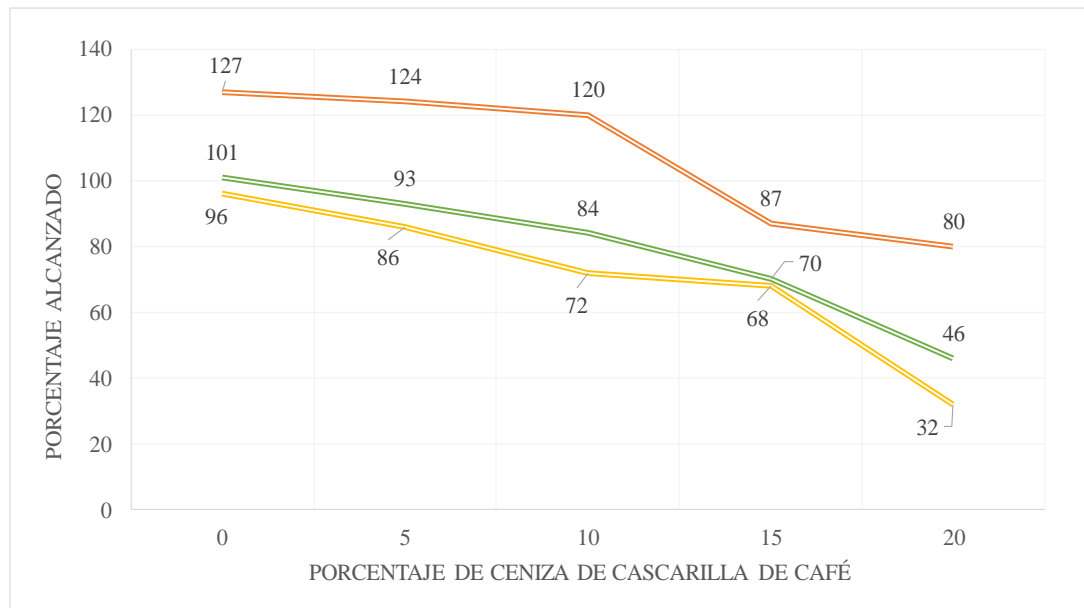


Figura 35 Porcentaje alcanzado – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Gedefaw, A. et al, 2022)

(Weninger, 2020) indica que existe una iniciativa de innovar en la ingeniería civil utilizando los desechos orgánicos de la agricultura en la industria de la construcción, en este caso utilizando las cenizas de cascarilla de café.

Para el ensayo de resistencia a la compresión se evaluó el concreto patrón y con adición de 5%, 10% y 15% de ceniza de cascarilla de café, se realizó el ensayo a los 7, 14 y 28 días. Las dosificaciones del concreto patrón y con la adición de ceniza de cascarilla de café en distintos porcentajes se muestran en la Tabla 78.

Tabla 78

Materiales de diseño para de concreto adicionando diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café.

Adición De Ceniza	0%	5%	10%	15%
Cemento (Kg)	42.5	42.5	42.5	42.5
Agua Efectiva (L)	24.41	25.73	25.71	31.09
A. Fino Húmedo (Kg)	85.83	89.69	88.14	72.39
A. Grueso Húmedo (Kg)	94.63	98.88	97.17	79.82
Ceniza (Kg)	0	2.13	4.25	6.38

Fuente: (Weninger, 2020)

Resultados del ensayo de resistencia a la compresión

El resultado del ensayo a los 7 días se muestra en la Tabla 79.

Tabla 79

Resistencia a la Compresión del concreto a los 7 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza

Identificación	0%	5%	10%	15%
Edad (días)	7	7	7	7
F’c de diseño (kg/cm ²)	210	210	210	210
Resistencia Máxima Promedio	206	250	176	178
Porcentaje alcanzado	98%	119%	84%	85%

Fuente: (Weninger, 2020)

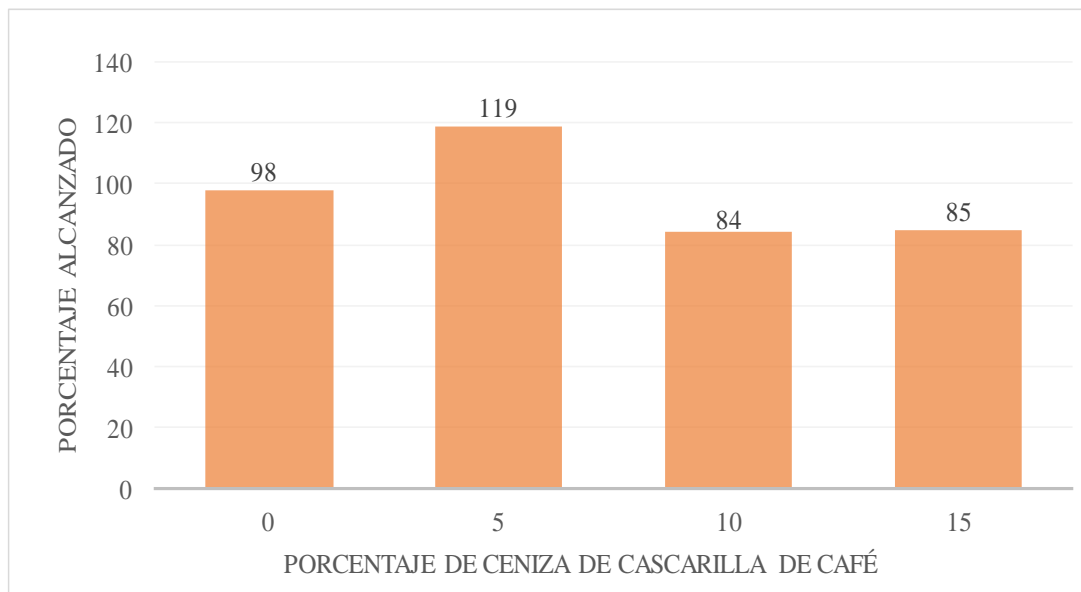


Figura 36 Porcentaje alcanzado – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Weninger, 2020)

En la Tabla 79 podemos observar que el concreto con adición de 5% de ceniza, tiene una resistencia de 250 kg/cm², alcanzando 119% de la resistencia requerida. El resultado del ensayo a los 14 días se muestra en la Tabla 80, y su representación se aprecia en la Figura 37.

Tabla 80

Resistencia a la Compresión del concreto a los 14 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza.

Identificación	0%	5%	10%	15%
Edad (Días)	14	14	14	14
F'c De Diseño (Kg/cm ²)	210	210	210	210
Resistencia Máxima Promedio	231	281	227	198
Porcentaje Alcanzado	110%	134%	108%	94%

Fuente: (Weninger, 2020)

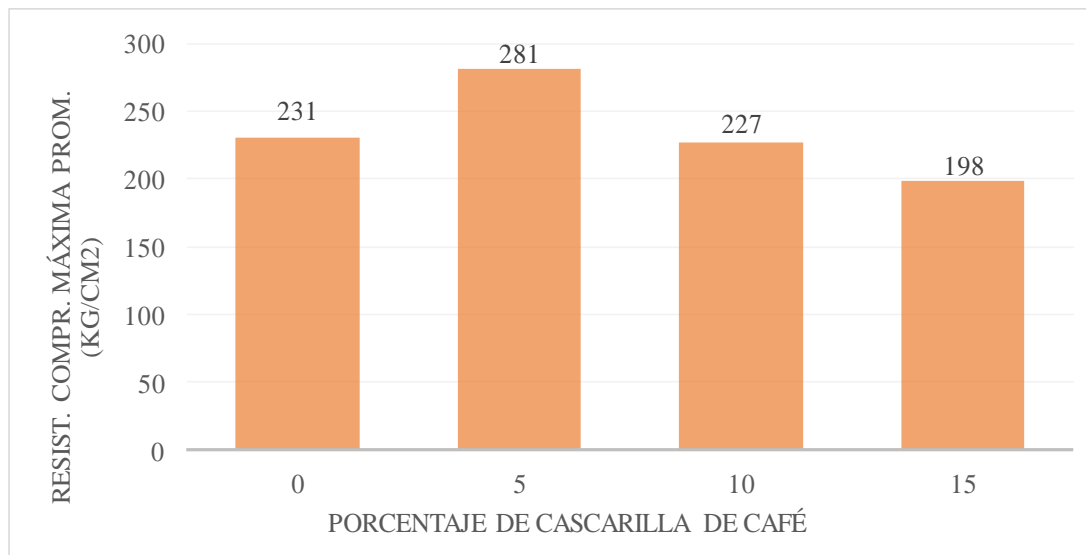


Figura 37 Resistencia a la compresión máxima promedio – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Weninger, 2020)

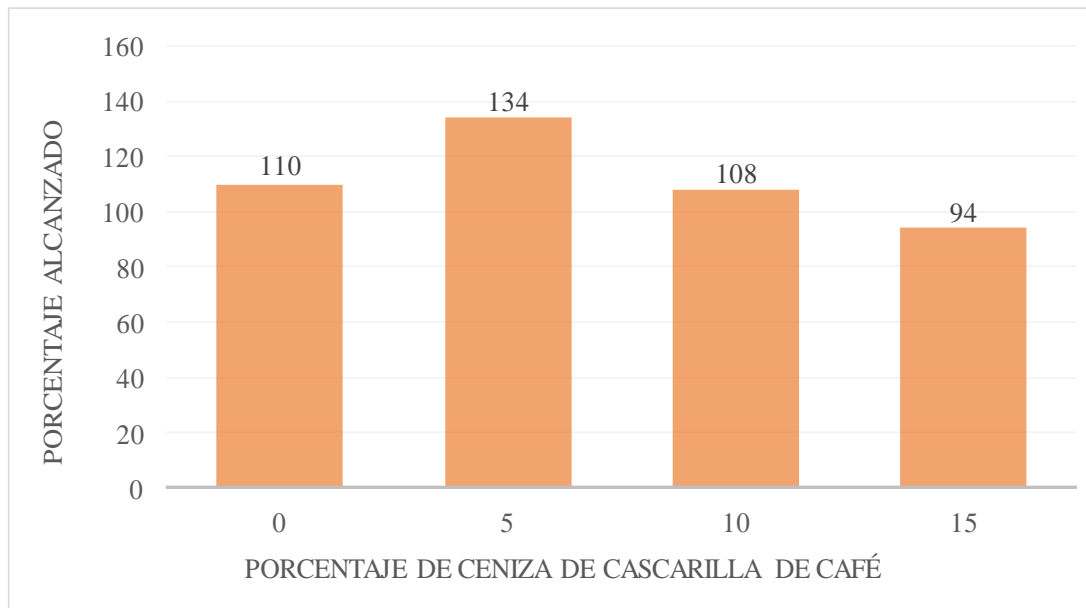


Figura 38 Porcentaje alcanzado – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Weninger, 2020)

La tabla 80 nos muestra que el concreto con adición de 5% de ceniza, tiene una resistencia de 281 kg/cm², alcanzando 134% de la resistencia requerida.

El resultado del ensayo a los 28 días se muestra en la Tabla 81, y su representación se aprecia en la Figura 39.

Tabla 81

Resistencia a la Compresión del concreto a los 28 días con los distintos porcentajes de adición de ceniza

Identificación	0%	5%	10%	15%
Edad (Días)	28	28	28	28
F'c De Diseño (Kg/cm ²)	210	210	210	210
Resistencia Máxima	289	291	229	222
Promedio				
Porcentaje Alcanzado	137%	139%	109%	106%

Fuente: (Weninger, 2020)

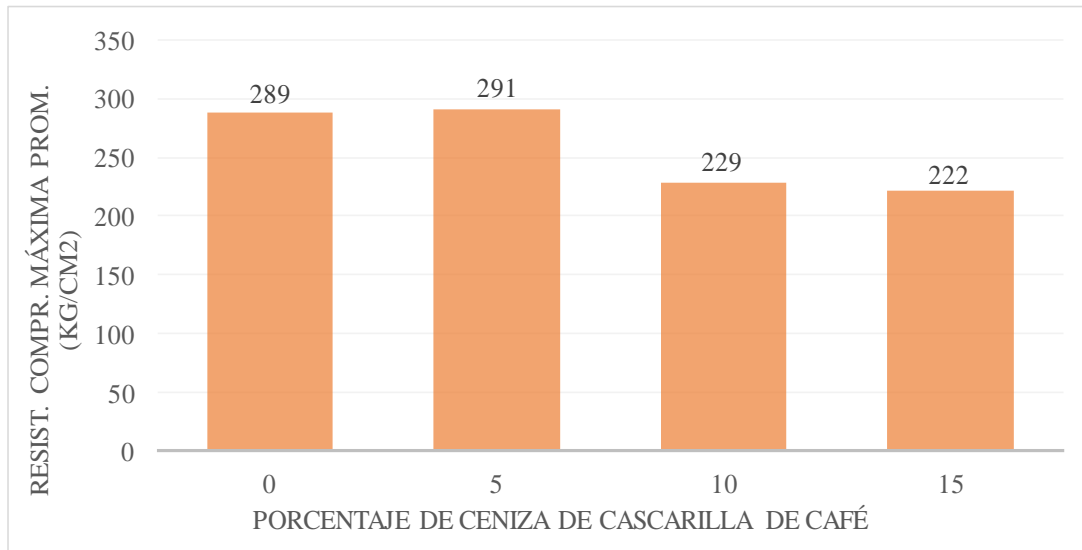


Figura 39 Resistencia a la compresión máxima promedio – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Weninger, 2020)

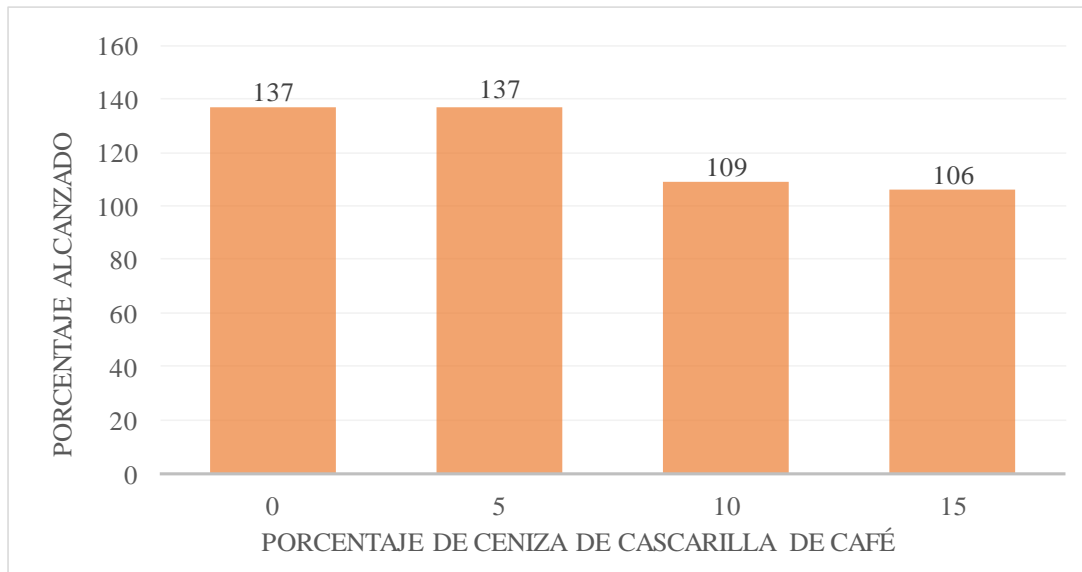


Figura 40 Porcentaje alcanzado – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Weninger, 2020)

La Tabla 81 nos muestra que el concreto con adición de 5% de ceniza, tiene una resistencia de 291 kg/cm², alcanzando 139% de la resistencia requerida. También indican que la diferencia entre el porcentaje alcanzado del diseño patrón con el diseño de 5% de adición es solo de 2%.

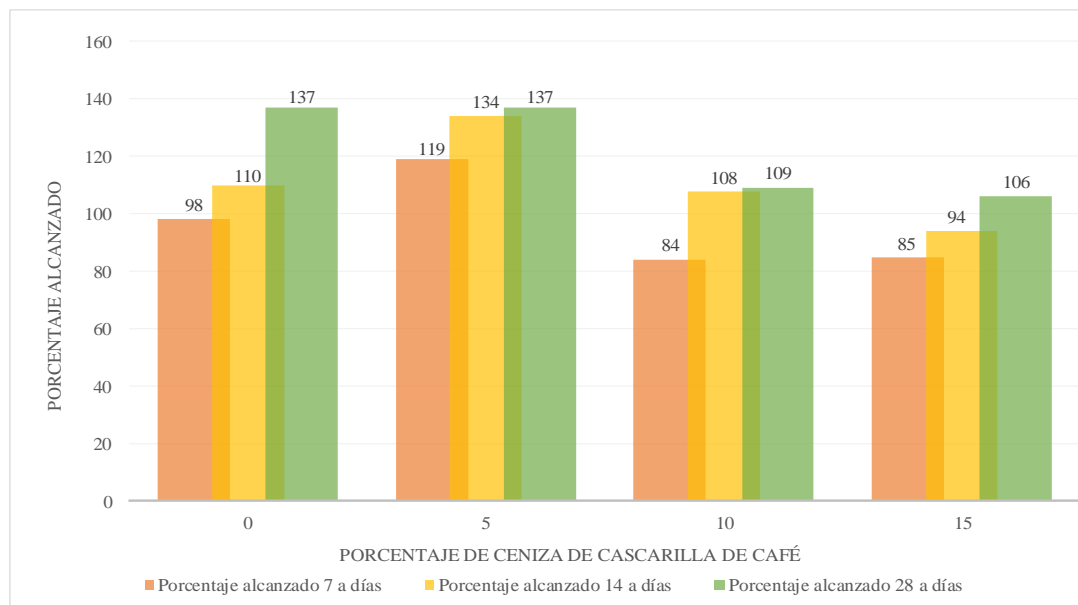


Figura 41 Porcentaje alcanzado - ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Weninger, 2020)

En la última investigación se tiene como finalidad evaluar un problema ambiental y económico, enfocándose en los residuos orgánicos que son desechados en vertederos por diferentes empresas sin preocuparse donde podrían terminar solo por evitar un mayor costo, al ser el Perú un país rico en variedad de café.

En la Tabla 82 se observa las dosificaciones para 1m^3 de concreto sin adición de ceniza de cascarilla de café, mientras que en la Tabla 83, Tabla 84, Tabla 85, Tabla 86 y Tabla 87 se encuentran las dosificaciones para las mezclas con adición de ceniza de cascarilla de café.

Tabla 82

Dosificaciones para el diseño patrón en 1m^3 con las diferentes resistencias

Material	Diseño Patrón 1m^3		
	210 kg/cm^2	245 kg/cm^2	280 kg/cm^2
Cemento	453	475	559
Agua Efect	281	300	320
A. Fino H.	744	681	581
A.Grueso H.	925	947	943
Ceniza	0	0	0

Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 83

Dosificaciones para el diseño con 2.5% de adición de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias

Material	Diseño Patrón 1m ³ + 2.5%		
	210 kg/cm ²	245 kg/cm ²	280 kg/cm ²
Cemento	453	475	559
Agua Efect	281	300	320
A. Fino H.	752	688	588
A.Grueso H.	918	939	936
Ceniza	18.79	17.21	14.69

Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 84

Dosificaciones para el diseño con 5% de adición de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias

Material	Diseño Patrón 1m ³ + 5%		
	210 kg/cm ²	245 kg/cm ²	280 kg/cm ²
Cemento	453	475	559
Agua Efect	281	300	320
A. Fino H.	759	696	595
A.Grueso H.	910	932	929
Ceniza	37.95	34.8	29.74

Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 85

Dosificaciones para el diseño con 7.5% de adición de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias

Material	Diseño Patrón 1m ³ + 7.5%		
	210 kg/cm ²	245 kg/cm ²	280 kg/cm ²
Cemento	453	475	559
Agua Efect	281	300	320
A. Fino H.	766	703	602
A.Grueso H.	903	924	922
Ceniza	57.48	52.75	45.13

Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 86

Dosificaciones para el diseño con 10% de adición de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias

Material	Diseño Patrón 1m ³ + 10%		
	210 kg/cm ²	245 kg/cm ²	280 kg/cm ²
Cemento	453	475	559
Agua Efect	281	300	320
A. Fino H.	774	711	609
A.Grueso H.	896	917	915
Ceniza	77.37	71.06	60.88

Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 87

Dosificaciones para el diseño con 12.5% de adición de ceniza en 1m³ con las diferentes resistencias

Material	Diseño Patrón 1m ³ + 12.5%		
	210 kg/cm ²	245 kg/cm ²	280 kg/cm ²
Cemento	453	475	559
Agua Efect	281	300	320
A. Fino H.	781	718	616
A.Grueso H.	888	910	908
Ceniza	97.6	89.71	76.95

Fuente: (Huamán, 2021)

Los resultados de la resistencia a los 7 días, se observan en la Tabla 88. Y en la Figura 42, se observa la representación gráfica de su resistencia máxima promedio a los 7 días y su porcentaje alcanzado a los 7 días respectivamente.

Tabla 88

Resistencia a la compresión a los 7 días para un concreto f'c= 280 kg/cm²

Identificación	Patrón	2.5%	5%	7.5%	10%	12.5%
		ceniza	ceniza	ceniza	ceniza	ceniza
Adición de ceniza	0.0%	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%
Edad (días)	7	7	7	7	7	7
f'c diseño (Kg/cm ²)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
Resist. máxima prom. 7 días (Kg/cm ²)	226	232	237	244	248	252
Porcentaje alcanzado 7 a días	107%	110%	113%	116%	118%	120%

Fuente: (Huamán, 2021)

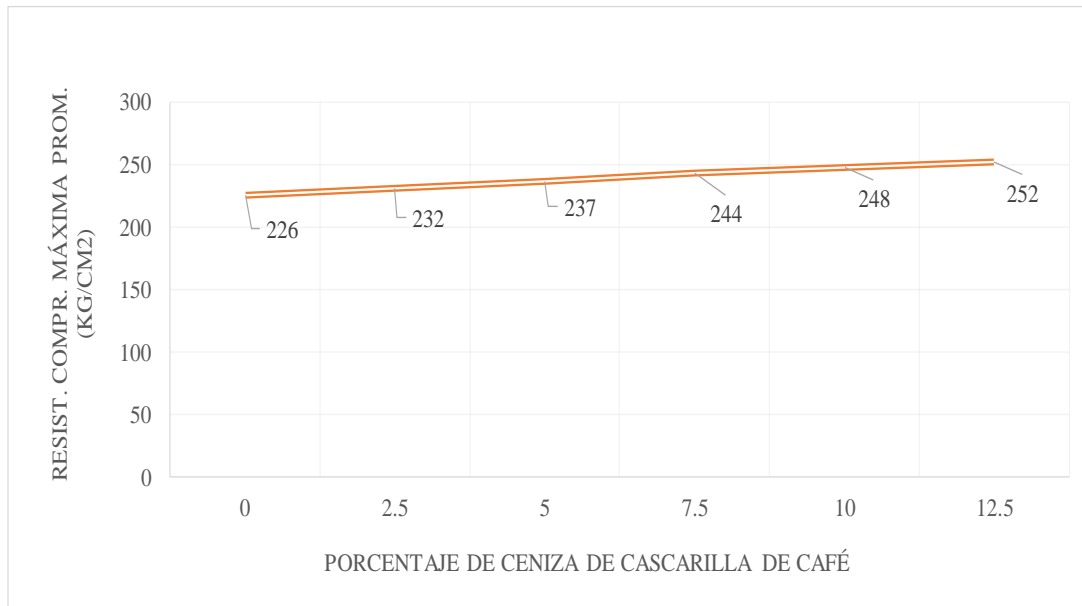


Figura 42 Resist. Comp. máxima prom. 7 días VS % ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Huamán, 2021)

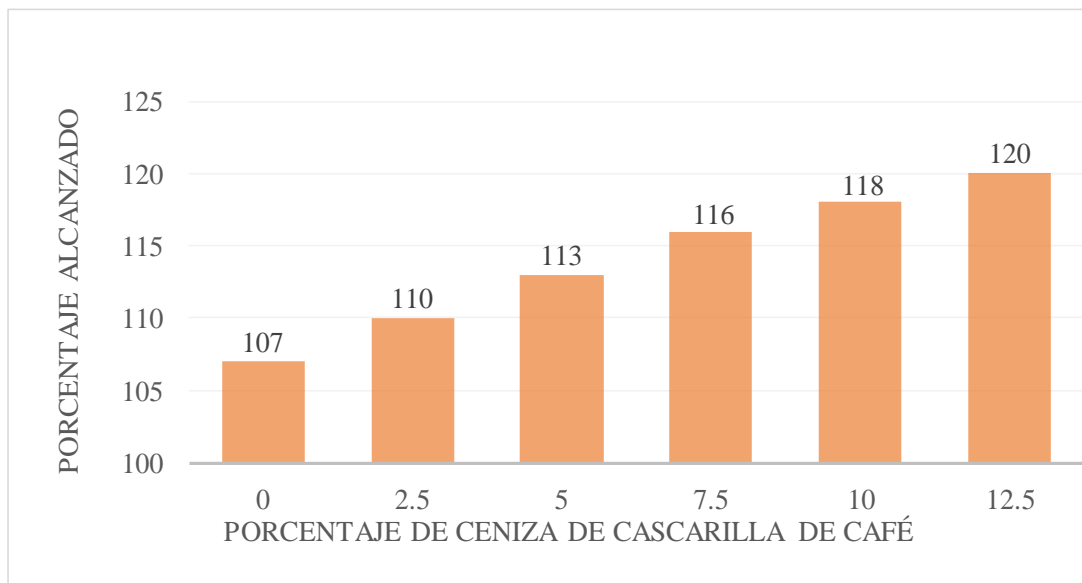


Figura 43 Porcentaje alcanzado 7 días VS % ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Huamán, 2021)

Se observa que el diseño con 12.5% de adición tiene mejores resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días ya que alcanzo 120% aumentando en 13% con respecto al diseño patrón del concreto 280 kg/cm² que alcanzó 107%

Tabla 89

Resistencia a la compresión a los 14 días para un concreto $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Identificación	Patrón	2.5% ceniza	5% ceniza	7.5% ceniza	10% ceniza	12.5% ceniza
Adición de ceniza	0.0%	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%
Edad (días)	14	14	14	14	14	14
f^c diseño (Kg/cm^2)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
Resist. máxima prom. 14 días (Kg/cm^2)	251	258	265	270	275	279
Porcentaje alcanzado 14 a días	120%	123%	126%	129%	131%	133%

Fuente: (Huamán, 2021)

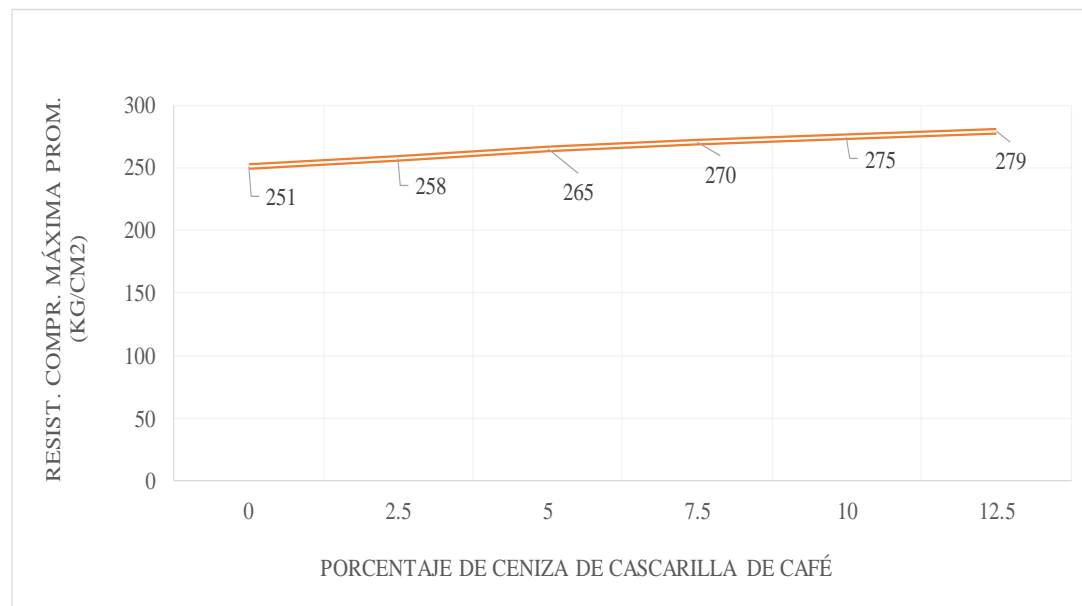


Figura 44 Resist. Comp. máxima prom. 14 días VS % ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Huamán, 2021)

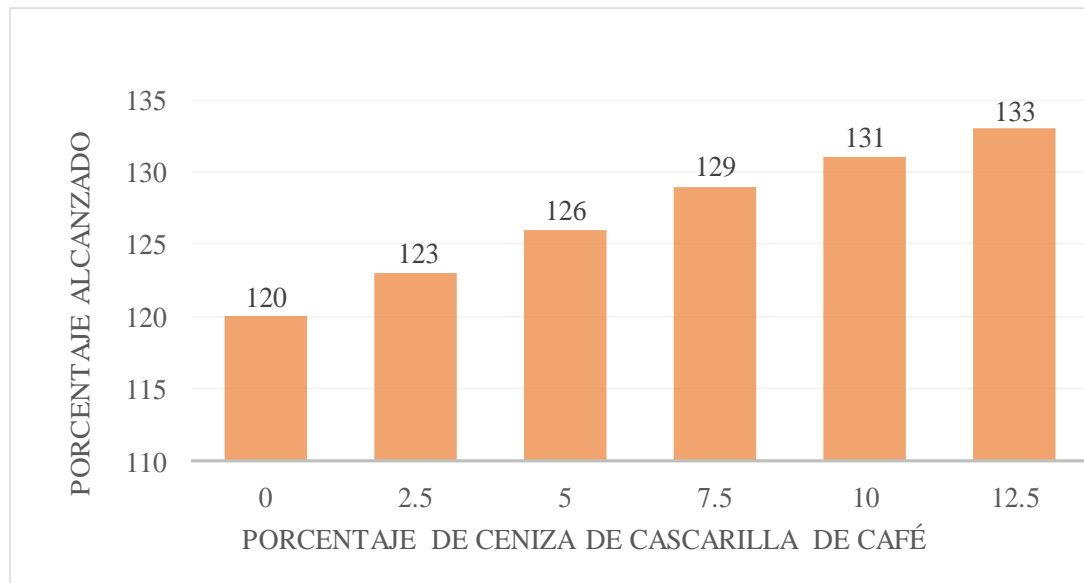


Figura 45 Porcentaje alcanzado 14 días VS % ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Huamán, 2021)

Observamos que el diseño con 12.5% de adición tiene mejores resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días ya que alcanzó 133% aumentando en 13% con respecto al diseño patrón del concreto 280 kg/cm^2 que alcanzó 120%

Tabla 90

Resistencia a la compresión a los 28 días para un concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Identificación	Patrón	2.5% ceniza	5% ceniza	7.5% ceniza	10% ceniza	12.5% ceniza
Adición de ceniza	0.0%	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%
Edad (días)	28	28	28	28	28	28
$f'c$ diseño (Kg/cm^2)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
Resist. máxima prom. 28 días (Kg/cm^2)	283	288	293	301	305	312
Porcentaje alcanzado 28 a días	135%	137%	139%	143%	145%	148%

Fuente: (Huamán, 2021)

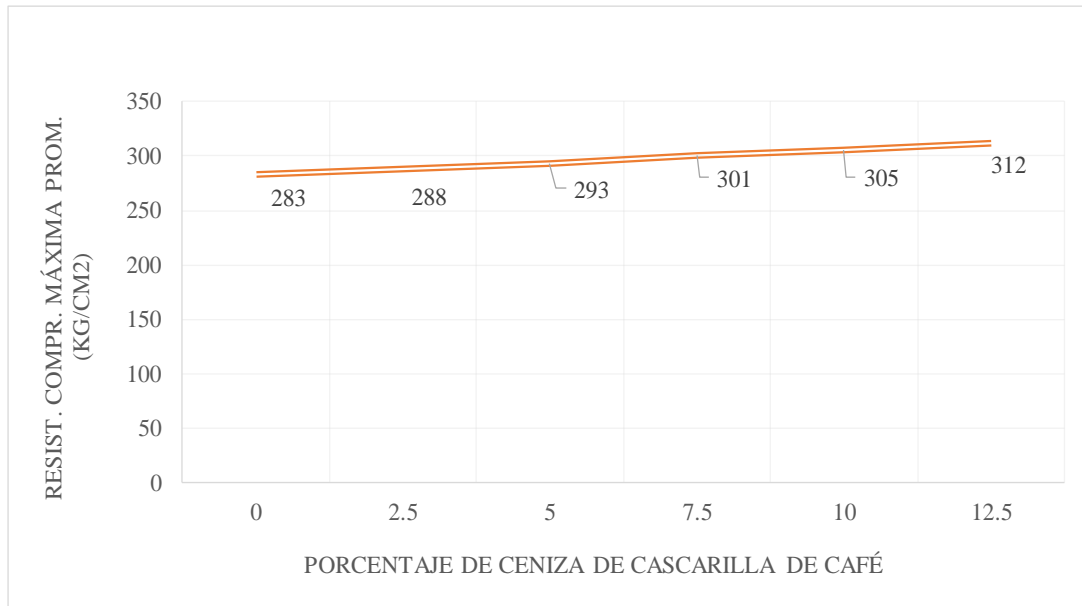


Figura 46 Resist. Comp. máxima prom. 28 días VS % ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Huamán, 2021)

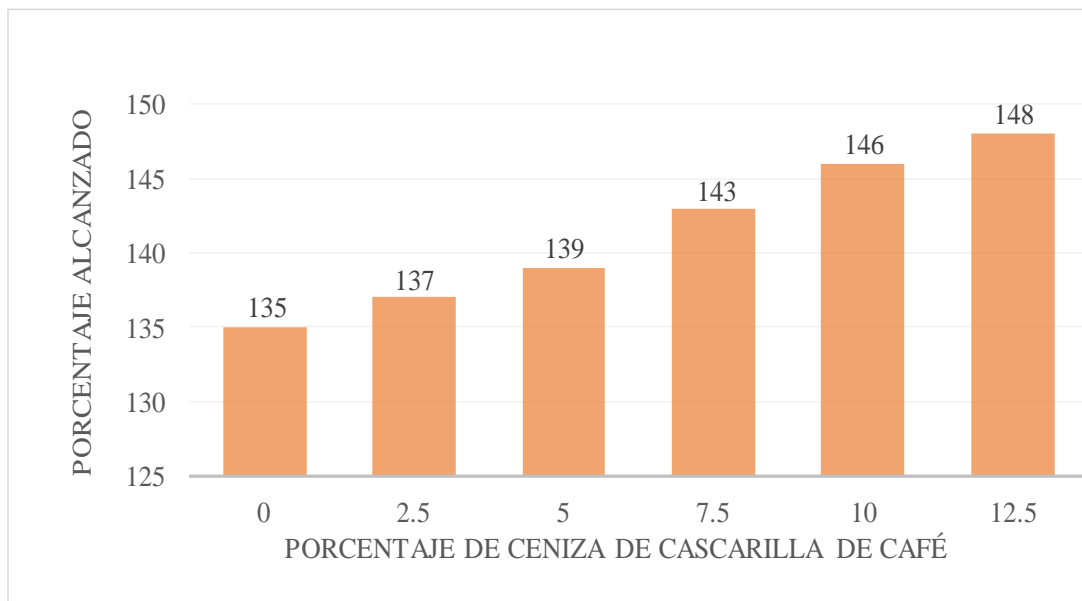


Figura 47 Porcentaje alcanzado 14 días VS % ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Huamán, 2021)

Se observa que el diseño con 12.5% de adición tiene mejores resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días ya que alcanzó 148% aumentando en 13% con respecto al diseño patrón del concreto 280 kg/cm² que alcanzó 135%

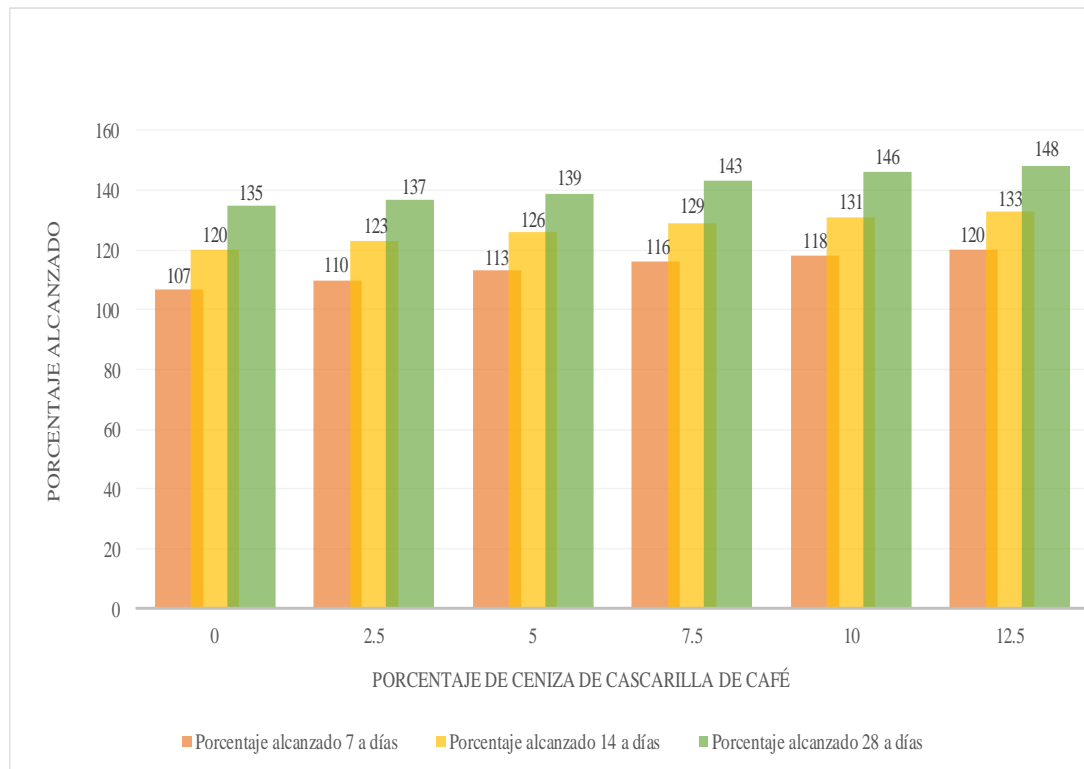


Figura 48 Porcentaje alcanzado VS % ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Huamán, 2021)

La Figura 48 nos muestran que la adición de ceniza de cascarilla de café es favorable para la resistencia a la compresión debido a que todos los porcentajes aumentan la resistencia con respecto al diseño patrón siendo el de mejor comportamiento el diseño con 12.5% de adición de ceniza de cascarilla de café.

Tabla 91

Resistencia a la compresión a los 7 días para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Identificación	Patrón	2.5% ceniza	5% ceniza	7.5% ceniza	10% ceniza	12.5% ceniza
Adición de ceniza	0.0%	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%
Edad (días)	7	7	7	7	7	7
$f'c$ diseño (Kg/cm^2)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
Resist. máxima prom. 7 días (Kg/cm^2)	168	175	180	185	189	193
Porcentaje alcanzado 7 a días	80%	84%	86%	88%	90%	92%

Fuente: (Huamán, 2021)

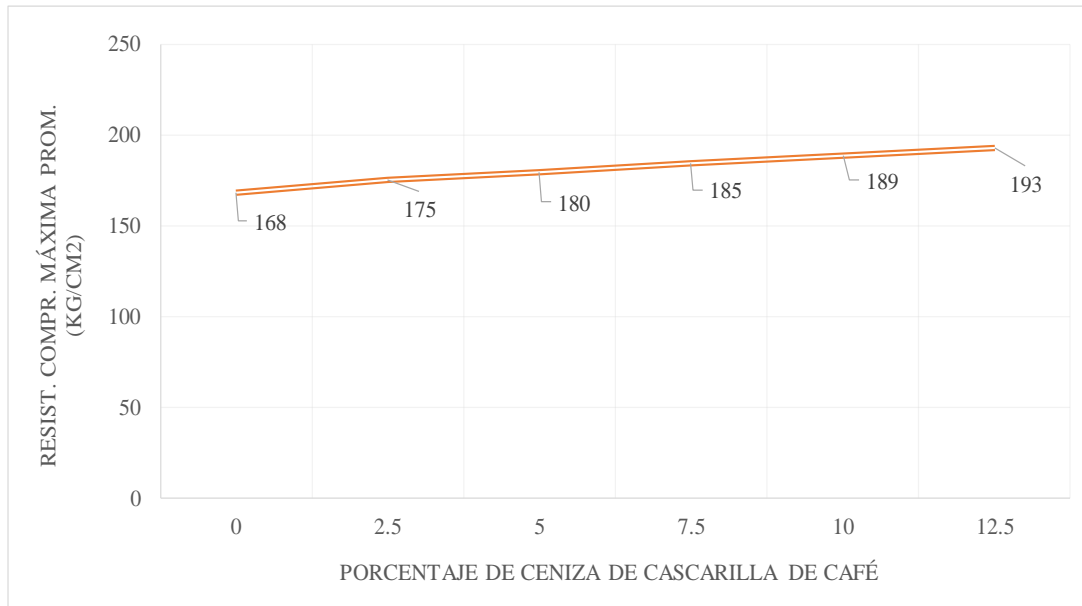


Figura 49 Resistencia a la compresión máxima promedio de 7 días VS % ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Huamán, 2021)

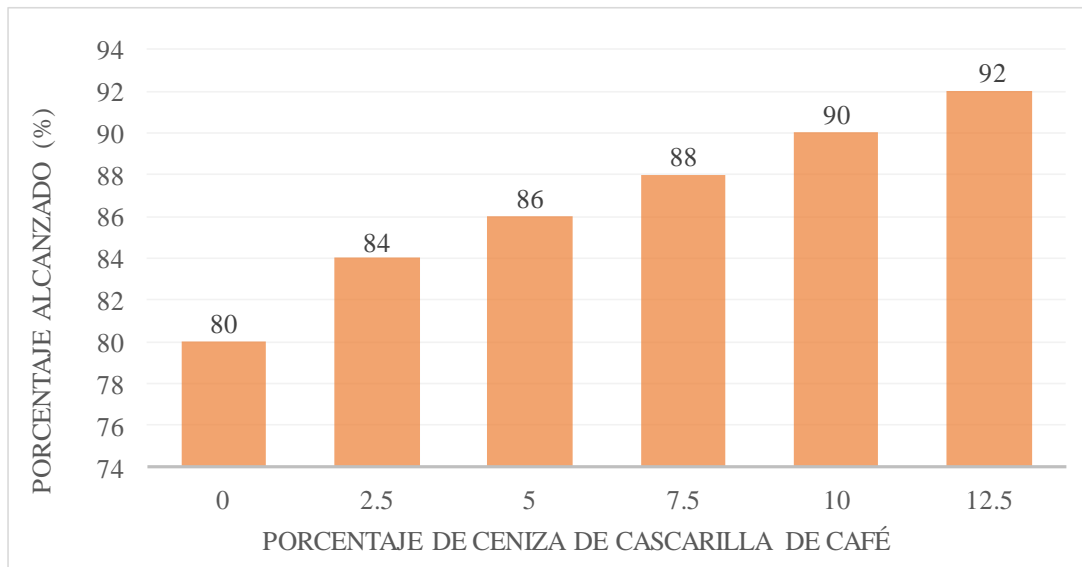


Figura 50 Porcentaje alcanzado 7 días VS % ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Huamán, 2021)

Observamos que el diseño con 12.5% de adición tiene mejores resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días ya que alcanzo 92% aumentando en 12% con respecto al diseño patrón del concreto 210 kg/cm² que alcanzó 80%.

Tabla 92

Resistencia a la compresión a los 14 días para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Identificación	Patrón	2.5% ceniza	5% ceniza	7.5% ceniza	10% ceniza	12.5% ceniza
Adición de ceniza	0.0%	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%
Edad (días)	14	14	14	14	14	14
$f'c$ diseño (Kg/cm^2)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
Resist. Máx. prom. (Kg/cm^2)	185	193	200	206	211	215
Porcentaje alcanzado	88%	92%	95%	98%	101%	102%

Fuente: (Huamán, 2021)

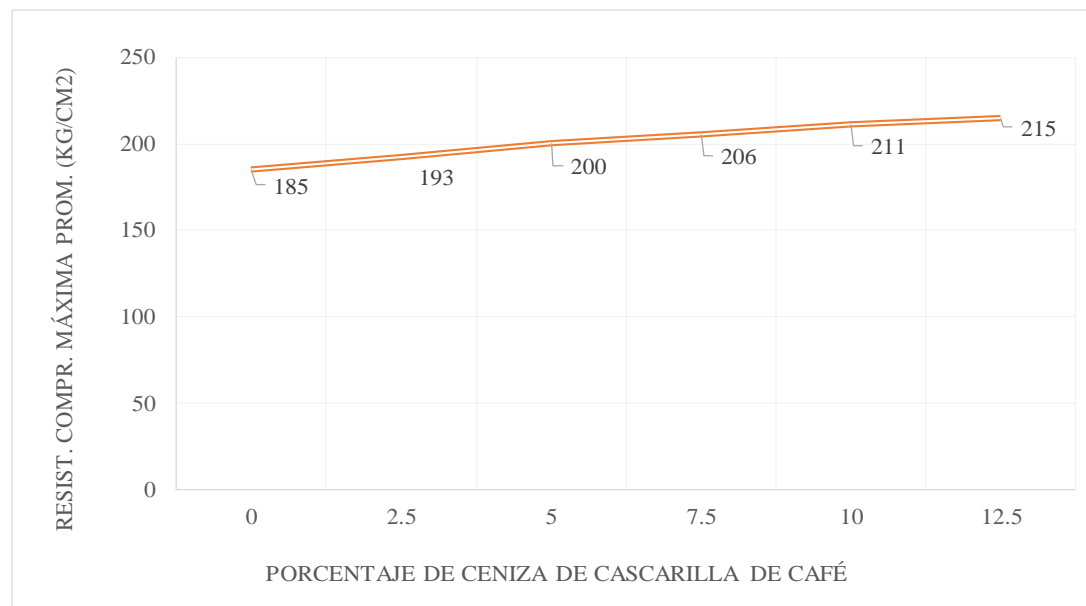


Figura 51 Resistencia a la compresión máxima promedio de 14 días VS % ceniza de cascavilla de café.

Fuente: (Huamán, 2021)

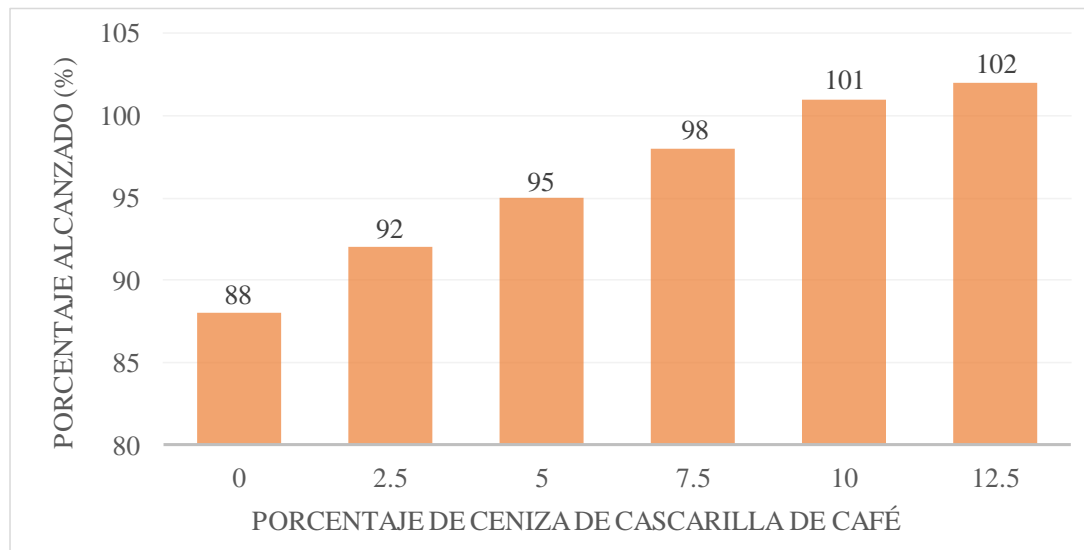


Figura 52 Porcentaje alcanzado a los 14 días VS % ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Huamán, 2021)

Se observa que el diseño con 12.5% de adición tiene mejores resultados del ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días ya que alcanzó 102% aumentando en 14% con respecto al diseño patrón del concreto 210 kg/cm² que alcanzó 88%

Tabla 93

Resistencia a la compresión a los 28 días para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Identificación	Patrón	2.5%	5%	7.5%	10%	12.5%
		ceniza	ceniza	ceniza	ceniza	ceniza
Adición de ceniza	0.0%	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%
Edad (días)	28	28	28	28	28	28
$f'c$ diseño (Kg/cm ²)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
Resist. máxima prom. 28 días (Kg/cm ²)	213	218	225	230	233	239
Porcentaje alcanzado 28 a días	101%	104%	107%	109%	111%	114%

Fuente: (Huamán, 2021)

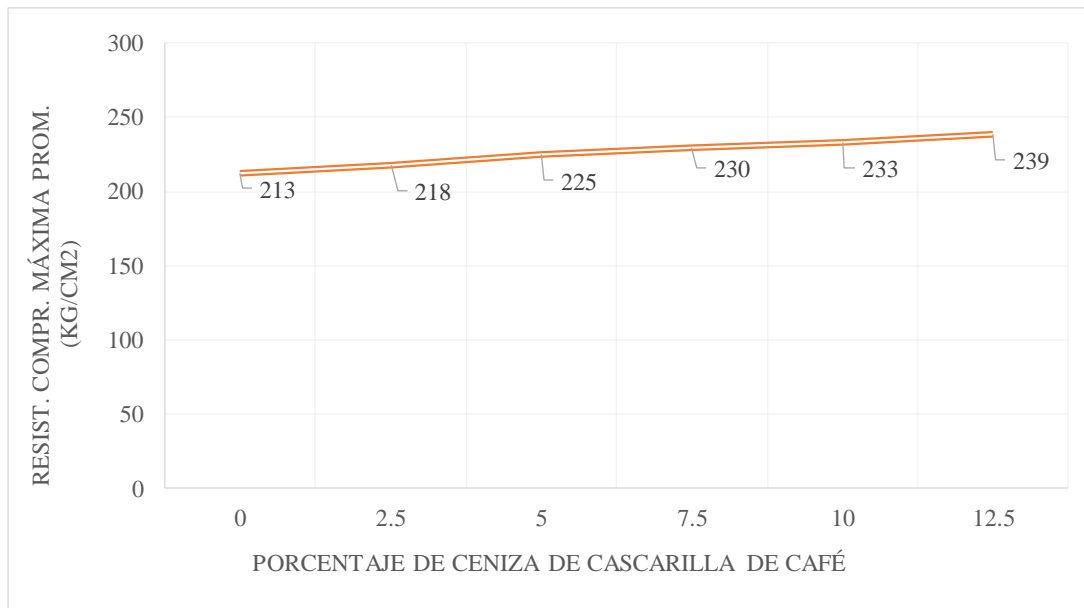


Figura 53 Resistencia a la compresión máxima promedio de 28 días VS % ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Huamán, 2021)

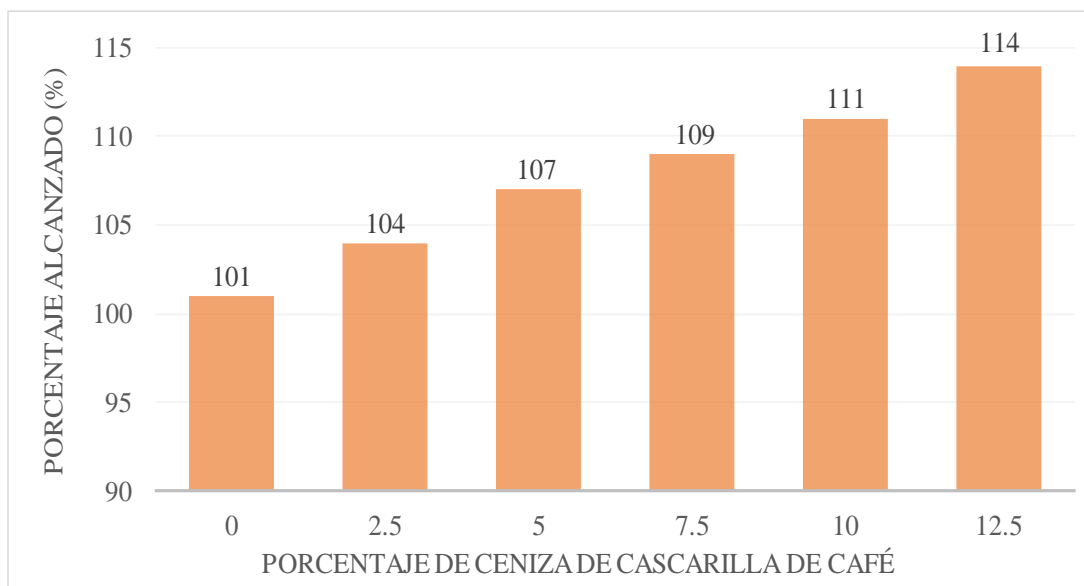


Figura 54 Porcentaje alcanzado a los 14 días VS % ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Huamán, 2021)

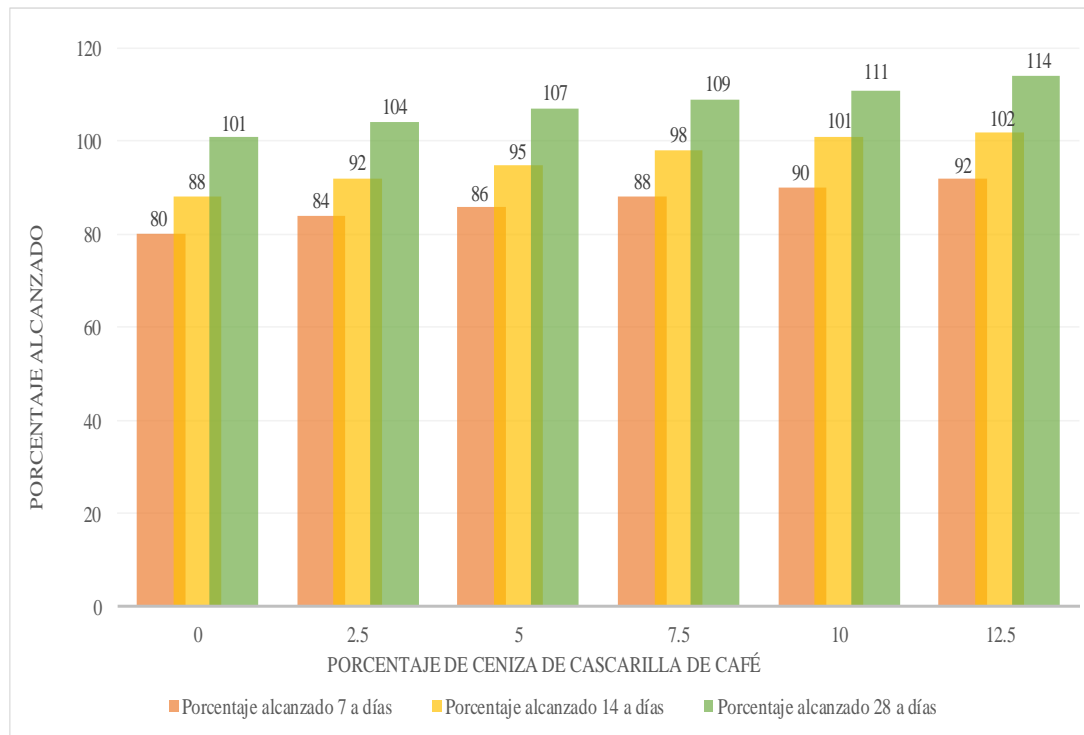


Figura 55 Porcentaje alcanzado VS % ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Huamán, 2021)

En la Figura 55 nos muestran que la adición de ceniza de cascarilla de café es favorable para la resistencia a la compresión debido a que todos los porcentajes aumentan la resistencia con respecto al diseño patrón siendo el de mejor comportamiento el diseño con 12.5% de adición de ceniza de cascarilla de café.

Tabla 94

Resistencia a la compresión a los 7 días para un concreto $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$

Identificación	Patrón	2.5% ceniza	5% ceniza	7.5% ceniza	10% ceniza	12.5% ceniza
Adición de ceniza	0.0%	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%
Edad (días)	7	7	7	7	7	7
$f'c$ diseño (Kg/cm^2)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
Resist. máxima prom. 7 días (Kg/cm^2)	198	207	211	216	219	222
Porcentaje alcanzado 7 a días	94%	98%	101%	103%	104%	106%

Fuente: (Huamán, 2021)

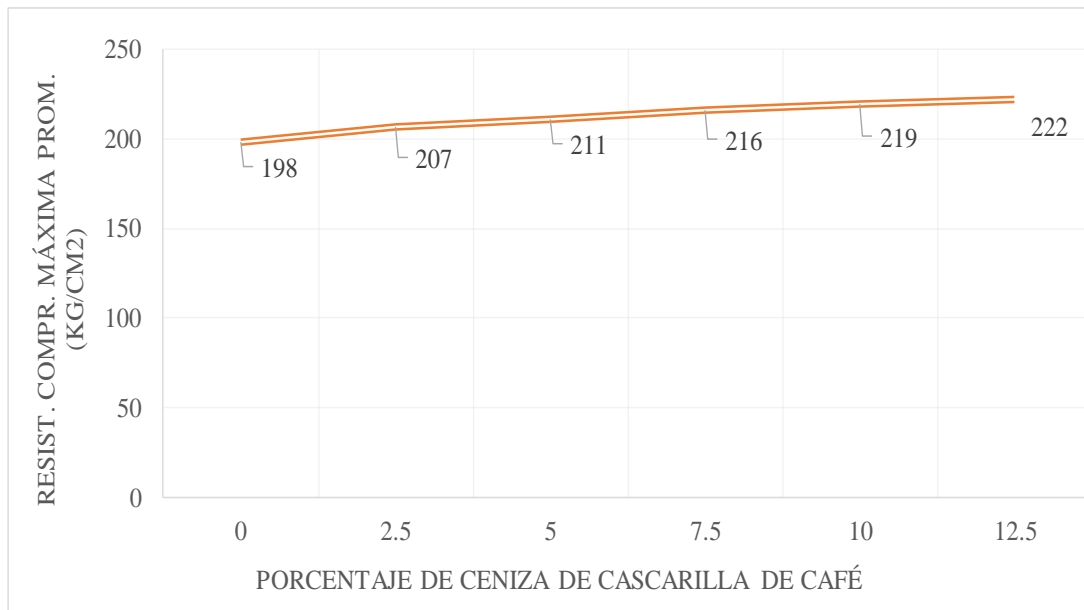


Figura 56 Resistencia a la compresión máxima promedio de 7 días VS % ceniza de cascarilla de café.
Fuente: (Huamán, 2021)

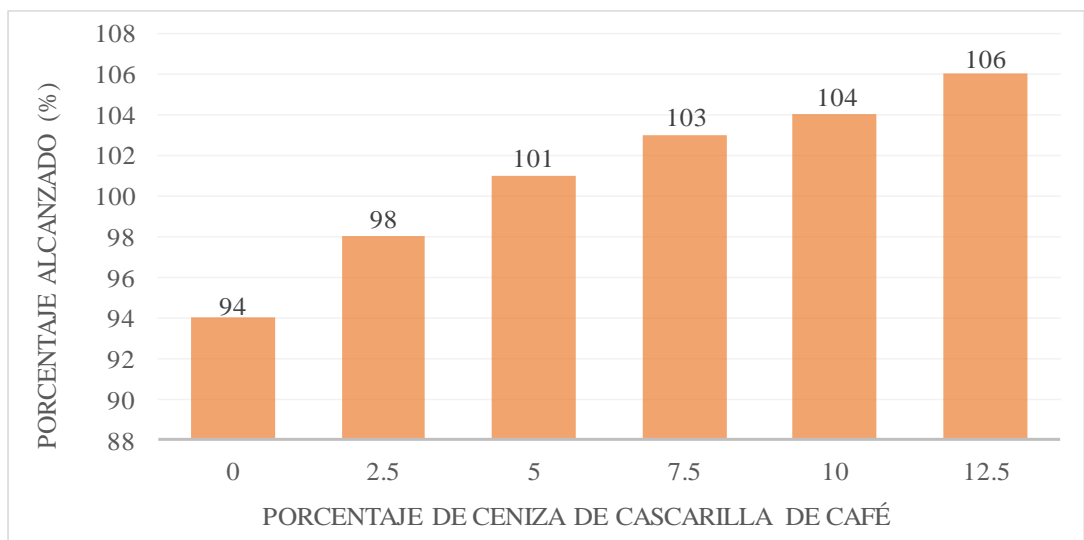


Figura 57 Porcentaje alcanzado a los 7 días VS % ceniza de cascarilla de café.
Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 95

Resistencia a la compresión a los 14 días para un concreto $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$

Identificación	Patrón	2.5% ceniza	5% ceniza	7.5% ceniza	10% ceniza	12.5% ceniza
Adición de ceniza	0.0%	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%
Edad (días)	14	14	14	14	14	14
$f'c$ diseño (Kg/cm^2)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
Resist. máxima prom. 14 días (Kg/cm^2)	224	235	240	245	248	255
Porcentaje alcanzado 14 a días	106%	112%	115%	117%	118%	121%

Fuente: (Huamán, 2021)

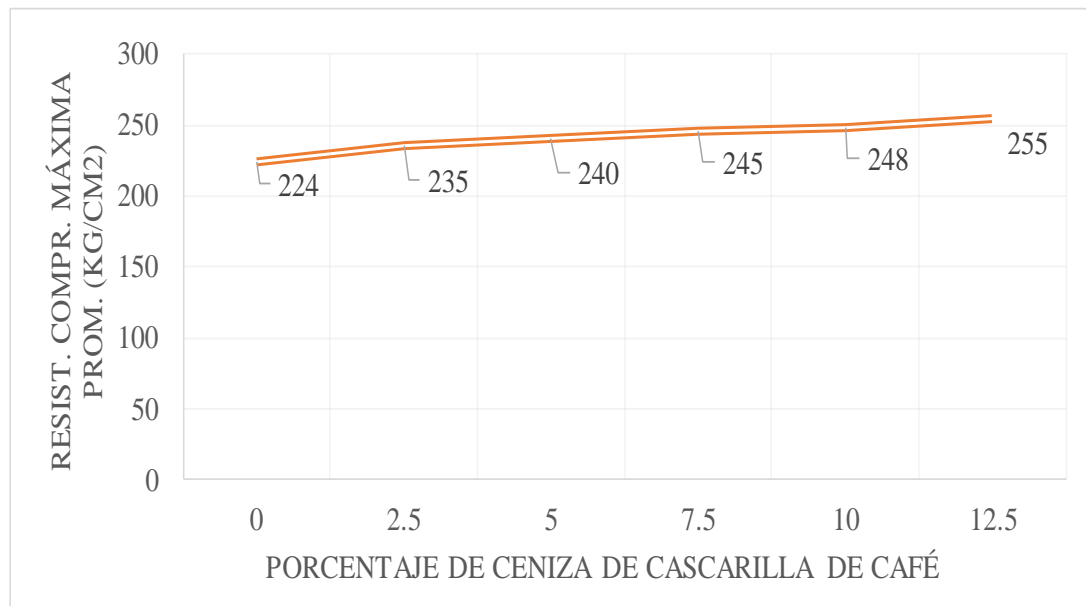


Figura 58 Resistencia a la compresión máxima promedio de 14 días VS % ceniza de cascara de café.

Fuente: (Huamán, 2021)

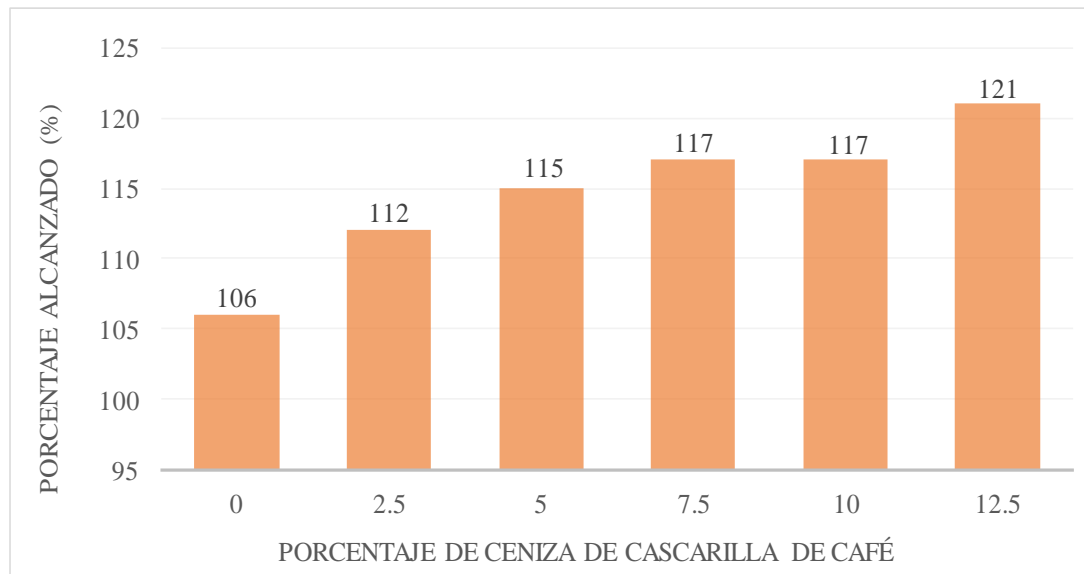


Figura 59 Porcentaje alcanzado a los 14 días VS % ceniza de cascara de café.

Fuente: (Huamán, 2021)

Tabla 96

Resistencia a la compresión a los 28 días para un concreto $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$

Identificación	Patrón	2.5% ceniza	5% ceniza	7.5% ceniza	10% ceniza	12.5% ceniza
Adición de ceniza	0.0%	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%
Edad (días)	28	28	28	28	28	28
$f'c$ diseño (Kg/cm^2)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
Resist. máxima prom. 28 días (Kg/cm^2)	247	254	258	261	265	269
Porcentaje alcanzado 28 a días	118%	121%	123%	124%	126%	128%

Fuente: (Huamán, 2021)

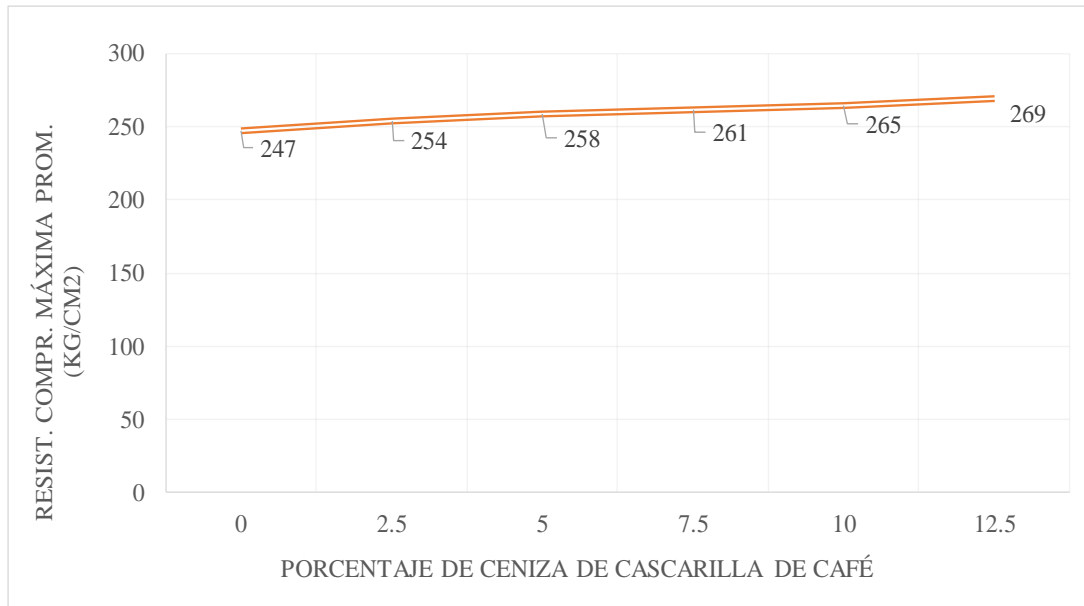


Figura 60 Resistencia a la compresión máxima promedio de 28 días VS % Ceniza de Cascarilla de Café.

Fuente: (Huamán, 2021)

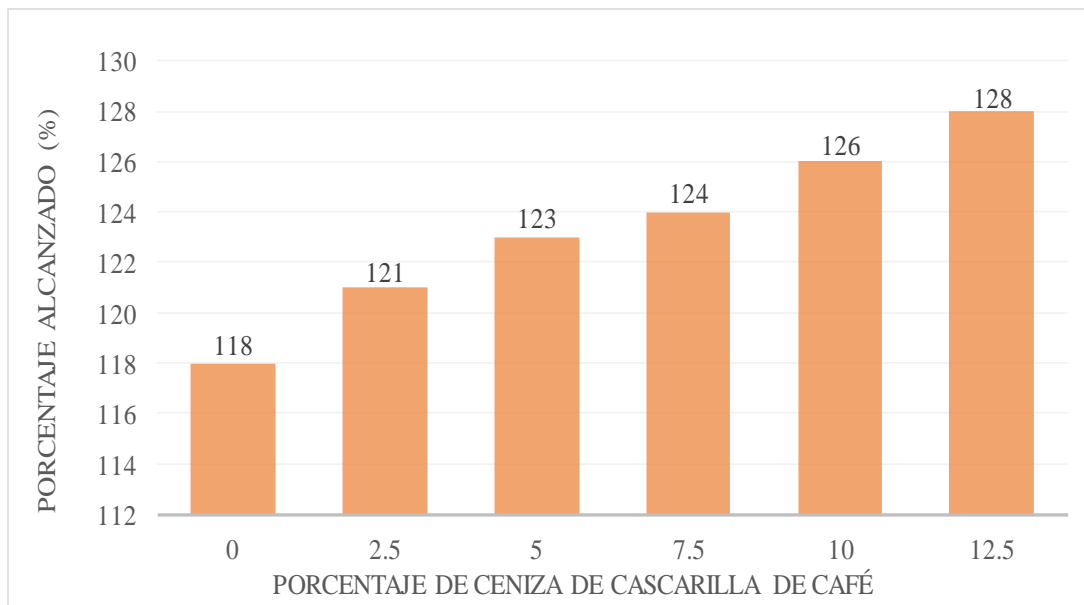


Figura 61 Porcentaje alcanzado a los 14 días VS % Ceniza de Cascarilla de Café.

Fuente: (Huamán, 2021)

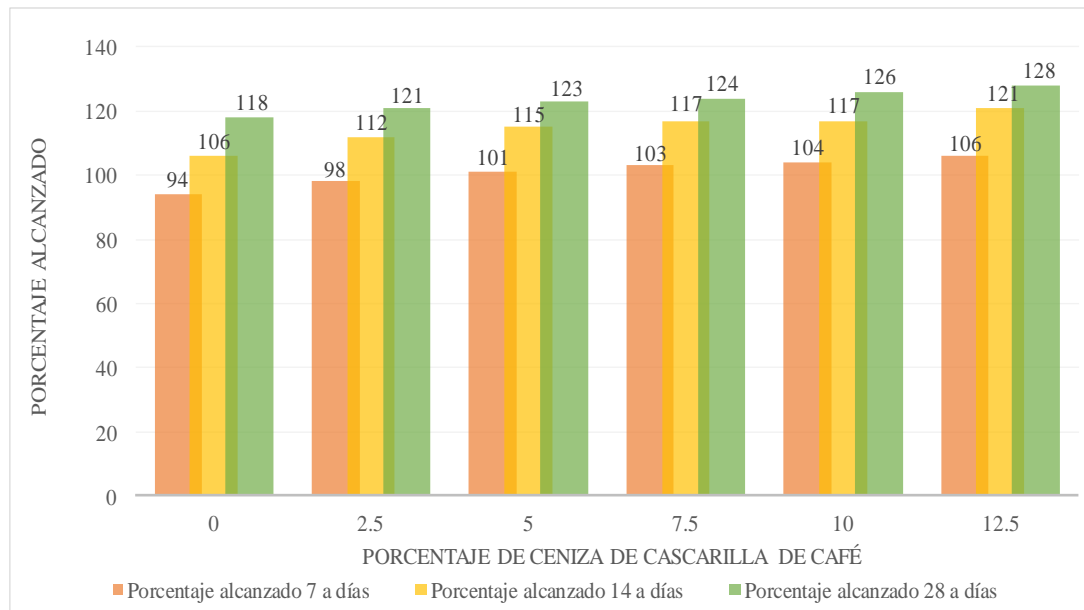


Figura 62 Porcentaje alcanzado VS % Ceniza de Cascarilla de Café.

Fuente: (Huamán, 2021)

Determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café para aumentar la resistencia a la tracción indirecta del concreto estructural

En la primera investigación (Patiño, 2019) indica que, en los últimos años ha existido un inconsciente uso de los recursos naturales, imponiendo de este modo los residuos orgánicos en la industria de la construcción, aprovechando los residuos de las materias primas con mayor productividad. Siendo en Colombia, la cascarilla de café, uno de los residuos orgánicos que deja la gran industria cafetera.

Indican que la ceniza de cascarilla de café se encuentra potencializada por su composición química, en este caso, el Silicio, ya que este aporta en la resistencia del concreto, tal y como el cemento.

Tabla 97

Resistencia a la tracción y variación con respecto al concreto patrón

Adición de Ceniza	Resistencia a la tracción (Mpa) a los 28 días	Variación de la Resistencia a la Tracción del concreto fresco con respecto al concreto patrón (%)
0%	22.5	-
1%	12.95	-42.4%
2%	13.86	-38.4%
4%	10.94	-51.4%

Fuente: (Patiño, 2019)

Este ensayo suministra el valor de la resistencia a la tracción del concreto. Medida que se toma a una viga de concreto no reforzado. Para ello se mide mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto de 6" * 6" (150*150mm) de sección transversal y con luz de tres veces el espesor o sea 18" (450mm). La resistencia a la tracción se expresa como el módulo de rotura (MR) y se determina mediante el método de ensayo, en este caso ASTM C78, la carga se aplica en los tercios de la luz libre.

En la Tabla 97 se observan los resultados de la resistencia a la tracción y su variación con respecto al concreto patrón y representación gráfica en la Figura 63.

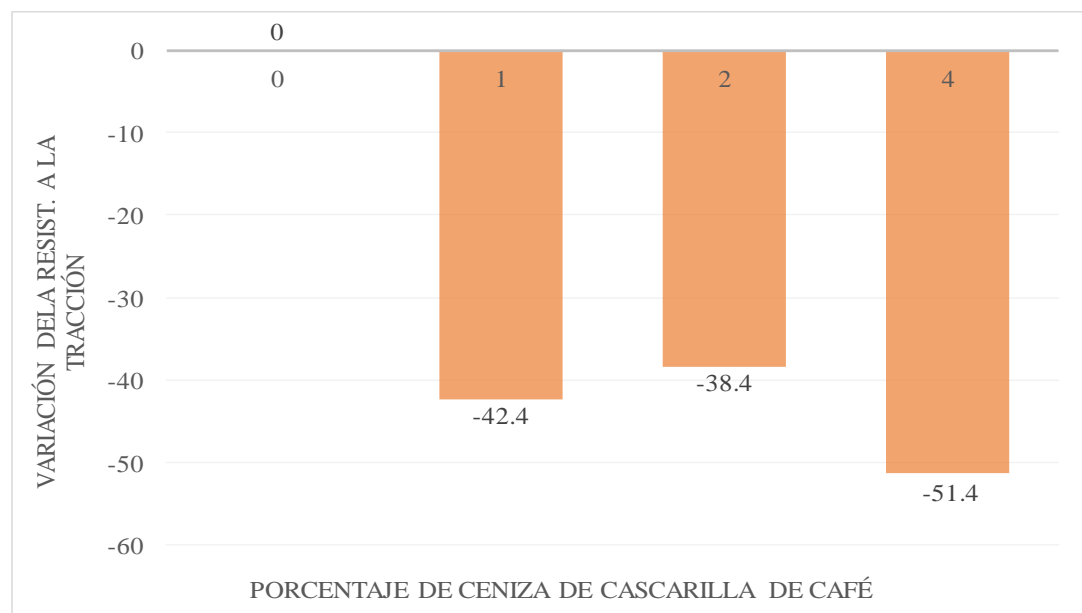


Figura 63 Variación de la Resistencia a la Tracción del concreto con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.

Fuente: (Patiño, 2019)

Según la segunda investigación nos muestra la iniciativa de utilizar productos generados por la agricultura que en este caso es la ceniza de cascarilla de café, el concreto tiene una $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ y se le añadirá Ceniza de Cascarilla de Café en 5%, 10% y 15% del peso de cemento.

Tabla 98

Materiales de diseño corregidos por humedad para 1 m³ de concreto adicionando diferentes porcentajes de Ceniza de Cascarilla de Café

Adición De Ceniza	0%	5%	10%	15%
Cemento (Kg)	365.76	365.76	365.76	365.76
Agua De Diseño (L)	209.76	209.7	209.9	209.9
A. Fino Húmedo (Kg)	810.3	799.7	789.1	778.6
A. Grueso Húmedo (Kg)	938.3	926	913.8	901.6
Ceniza De Cascarilla De Café (Kg)	0,00	18.29	36.58	54.86

Fuente: (Rodríguez, 2017)

Tabla 99

Resistencia a la tracción (Mpa) a los 7 días

Adición de Ceniza	Resistencia a la tracción (Mpa) a los 7 días	Variación de la Resistencia a la Tracción del concreto con respecto al concreto patrón (%)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)
0%	1.91	-	19.52
5%	1.89	-1.5%	19.23
10%	1.88	-1.6%	19.2
15%	1.88	-1.9%	19.15

Fuente: (Rodríguez, 2017)

En la Tabla 99 se puede observar los resultados del ensayo a tracción.

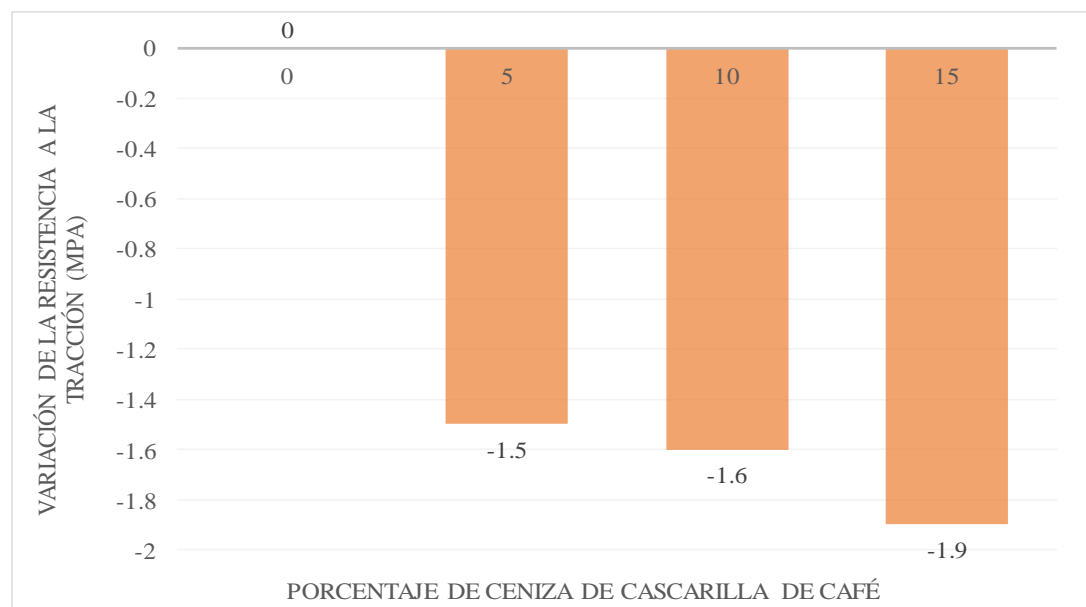


Figura 64 Variación de la Resistencia a la Tracción del concreto fresco con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.

Fuente: (Rodríguez, 2017)

Tabla 100

Resistencia a la tracción (Mpa) a los 14 días

Adición de ceniza de cascarilla de café	Resistencia a la tracción (Mpa) a los 14 días	Variación de la Resistencia a la Tracción del concreto con respecto al concreto patrón (%)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)
0%	2.13	-	21.72
5%	2.09	-1.9%	21.31
10%	1.36	-36.2%	13.86
15%	1.07	-49.6%	10.94

Fuente: (Rodríguez, 2017)

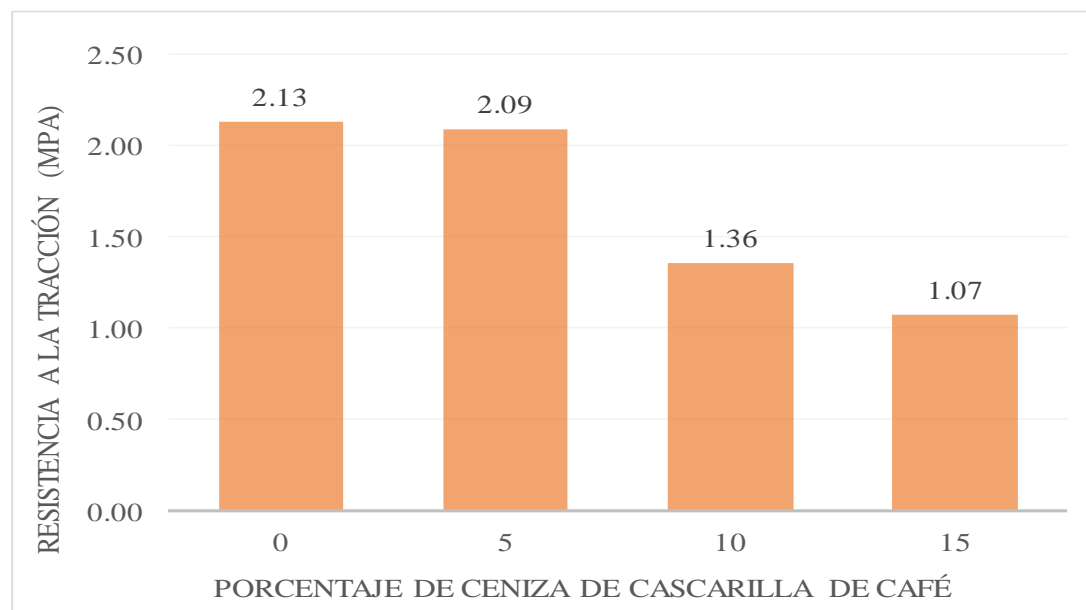


Figura 65 Resistencia a la tracción (Mpa) a los 14 días VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.

Fuente: (Rodríguez, 2017)

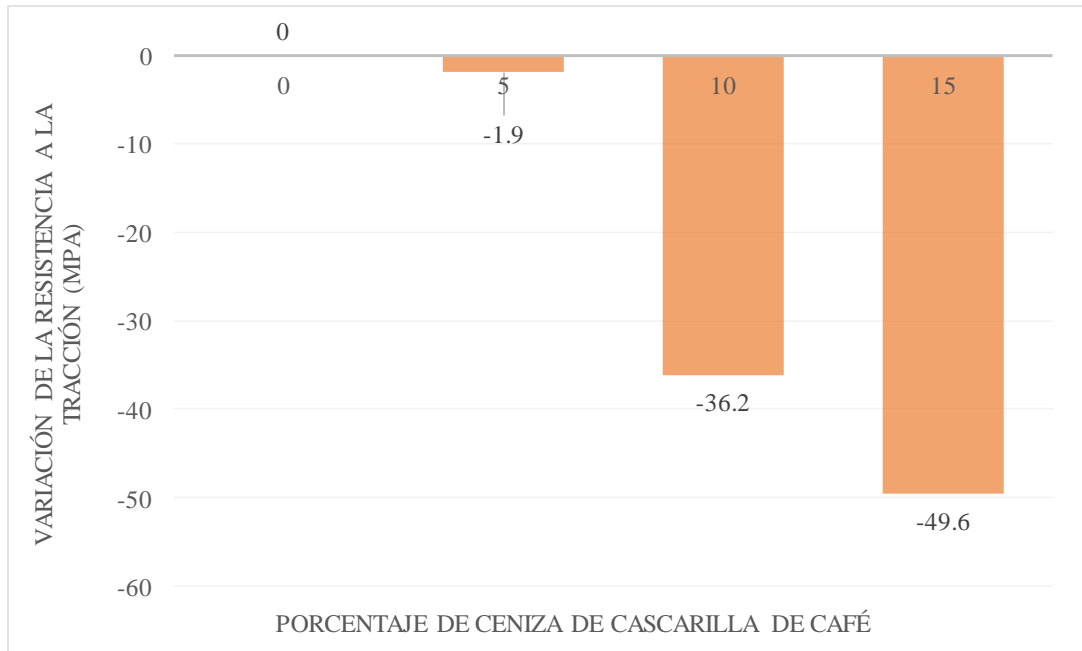


Figura 66 Variación de la Resistencia a la Tracción del concreto fresco con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.

Fuente: (Rodríguez, 2017)

Tabla 101

Resistencia a la tracción (Mpa) a los 28 días

Adición de ceniza de cascarilla de café	Resistencia a la tracción (Mpa) a los 28 días	Variación de la Resistencia a la Tracción del concreto con respecto al concreto patrón (%)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)
0%	2.41	-	24.54
5%	2.36	-2.1%	24.03
10%	2.32	-3.5%	23.68
15%	2.30	-4.6%	23.41

Fuente: (Patiño, 2019)

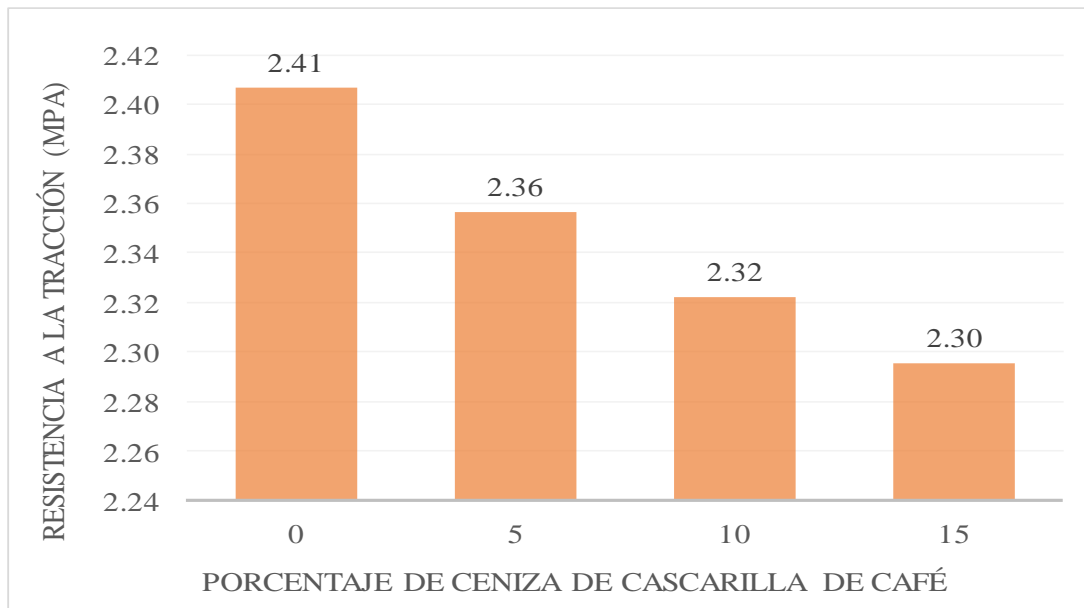


Figura 67 Resistencia a la tracción (Mpa) a los 28 días VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.

Fuente: (Rodríguez, 2017)

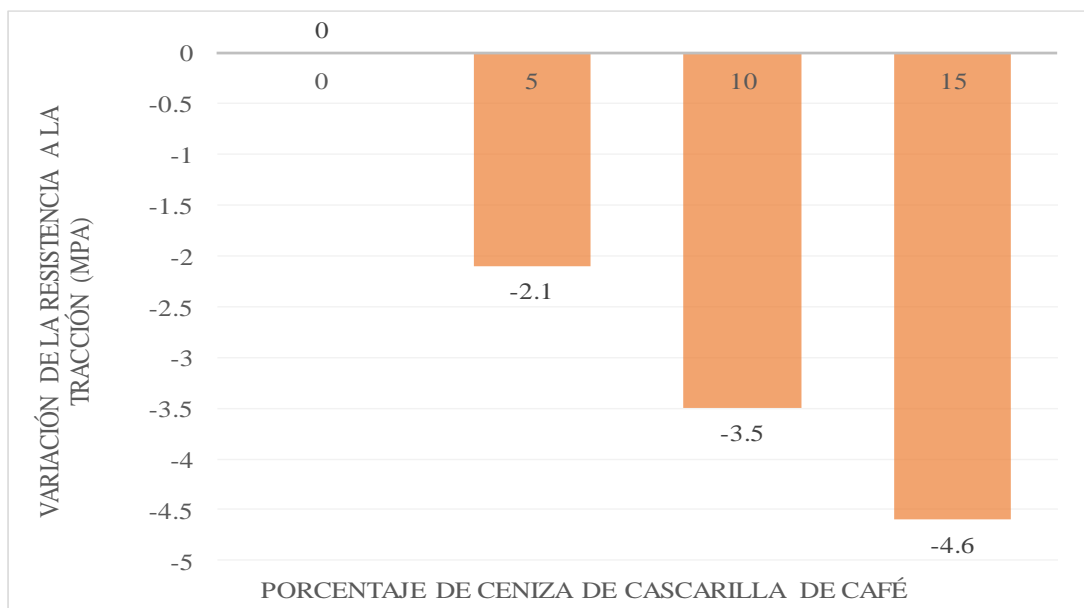


Figura 68 Variación de la Resistencia a la Tracción del concreto con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.

Fuente: (Rodríguez, 2017)

5.2 Discusión

Realizando la comparación de tres autores de nuestro objetivo 1 de los diseños con adición del 5%, 10% y 15%, donde observamos como el Asentamiento según (Rodríguez Soberón, 2017) y (Gedefaw, Yifru, Endale, Habtegebreal, & Yehualaw, 2022) a medida que se adiciona ceniza de cascarilla de café, disminuye de manera gradual, esto debido a que la relación a/c que utilizan ambos autores es de 0.5 y la mezcla tiene un Slump de 3”

a 4". Sin embargo, el asentamiento del artículo según (Gedefaw, Yifru, Endale, Habtegebreal, & Yehualaw, 2022) es menor debido a que la absorción de su agregado grueso es mayor a la del agregado que utilizó el investigador (Rodríguez Soberón, 2017).

El asentamiento del diseño patrón según (Weninger Padilla, 2020) es mucho mayor a comparación de los demás autores porque este investigador trabajó con una relación de a/c igual a 0.6, lo que quiere decir que la mezcla es más fluida, al adicionar 5% de la ceniza de cascarilla de café, el valor del asentamiento desciende hasta 1.5, y con el 10% y 15% llega a 0 como observamos en la Tabla 24.

(Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019) utilizó 0%, 1%, 2%, 4% y 8%, y mediante la interpolación se encontraron los resultados del investigador (Huamán Vela, 2021) con los mismos porcentajes y con 3 diseños distintos, siendo gradual la disminución del asentamiento.

Para el objetivo 2, realizamos la comparación entre los investigadores (Weninger Padilla, 2020) y (Rodríguez Soberón, 2017) que utilizan adición del 5%, 10% y 15% de ceniza de cascarilla de café teniendo como resultado una reducción del peso unitario de manera gradual, según la Tabla 69 el peso específico del cemento es 3.12 mientras que el peso específico de la ceniza es 2.15, siendo menor que el cemento, es por eso que al añadirle la ceniza a la mezcla este disminuye su peso unitario.

Cuando comparamos los resultados de resistencia a la compresión a los 28 días de (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019) y (Huamán Vela, 2021) observamos que la resistencia a la compresión del investigador (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019) tiene 1% de porcentaje óptimo de ceniza de cascarilla de café, mientras que los resultados del investigador (Huamán Vela, 2021) va ascendiendo a medida que se le adiciona la ceniza de cascarilla de café. (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019) trabajan con 0.60 de relación a/c y (Huamán Vela, 2021) tiene una relación a/c de 0.62, ambos autores tienen el mismo valor del slump, también se debe considerar las características de los agregados, ya que a pesar de que los resultados de resistencia, según (Weninger Padilla, 2020), aumentan; luego, al añadir 2%, 4% y 8% pierde resistencia, es porque la mezcla no necesita más ceniza, mientras que para (Huamán Vela, 2021), si bien es cierto los resultados de resistencia aumentan 2 kg/cm² por cada porcentaje, quien estaría trabajando es el cemento debido a que este diseño tiene más cantidad de cemento.

De igual manera para un concreto 210, si bien es cierto el investigador (Huamán Vela, 2021) utiliza más cemento en su diseño, el aumento no es notorio, para (Weninger Padilla, 2020) el óptimo lo alcanzó con un 5%, después de ese porcentaje el concreto no necesita más ceniza.

En la comparación entre (Huamán Vela, 2021) quien utiliza una relación de a/c igual a 0.62 con una resistencia de 245 kg/cm², (Rodríguez Soberón, 2017) y (Gedefaw, Yifru, Endale, Habtegebreal, & Yehualaw, 2022), ambos investigadores utilizan una relación de a/c igual a 0.5 y sus resistencias son de 250 kg/cm² y 255 kg/cm² respectivamente. Se observa que el diseño patrón de (Huamán Vela, 2021) a los 28 días tiene menor resistencia a comparación de los otros dos investigadores esto debido a que su relación a/c es mayor, y a medida que se le va adicionando la ceniza de cascarilla de café, la resistencia va aumentando, alcanzando su máxima resistencia con el 15% de adición, caso contrario sucede con (Gedefaw, Yifru, Endale, Habtegebreal, & Yehualaw, 2022) y al no tener mayor información asumimos que la pérdida de resistencia es debido a la mala calidad de sus agregados.

Para la resistencia a la tracción, en la Tabla 97 observamos los resultados del investigador (Patiño Coral, 2019) de las roturas a los 28 días de un diseño con 1%, 2% y 4% de adición de ceniza de cascarilla de café, la resistencia del diseño patrón fue 22.5 MPa, resistencia que disminuyó hasta 10.94 MPa con el diseño con adición del 4%. En la Tabla 101, el investigador (Rodríguez Soberón, 2017) utilizó 5%, 10% y 15%, muestra los resultados de las roturas a los 28 días, observando también que pierde resistencia a la tracción conforme se le va adicionando la ceniza de cascarilla de café, siendo dicha ceniza no favorable para la mejora de la resistencia a la tracción.

5.3 Contrastación de hipótesis

HIPÓTESIS 1: Los porcentajes de ceniza de cascarilla de café mejoran la trabajabilidad del concreto estructural.

Para poder determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café que mejoran la trabajabilidad del concreto estructural, se tomaron una serie de datos de distintos investigadores.

H1: Al determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café no mejora la trabajabilidad del concreto estructural

H0: Al determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café si mejora la trabajabilidad del concreto estructural

Observación: En la primera investigación, (Rodríguez, 2017) nos indica las características del diseño del concreto, Slump de 250 Kg/cm² con un rango de 3" a 4", para el diseño patrón. Luego evaluó la trabajabilidad para otros 3 diseños con adición de 5%, 10% y 15% de ceniza de cascarilla de café cuyos resultados se muestran en la Figura 76 donde vemos que el diseño patrón tiene un asentamiento de 3.3", el diseño con 5% de ceniza de cascarilla de café tiene 2.4", el diseño con 10% de ceniza de cascarilla de café tiene 2.1" y el diseño con 15% de ceniza de cascarilla de café tiene 1.5", observamos que los resultados de asentamiento van disminuyendo, lo que quiere decir que la mezcla va perdiendo trabajabilidad.

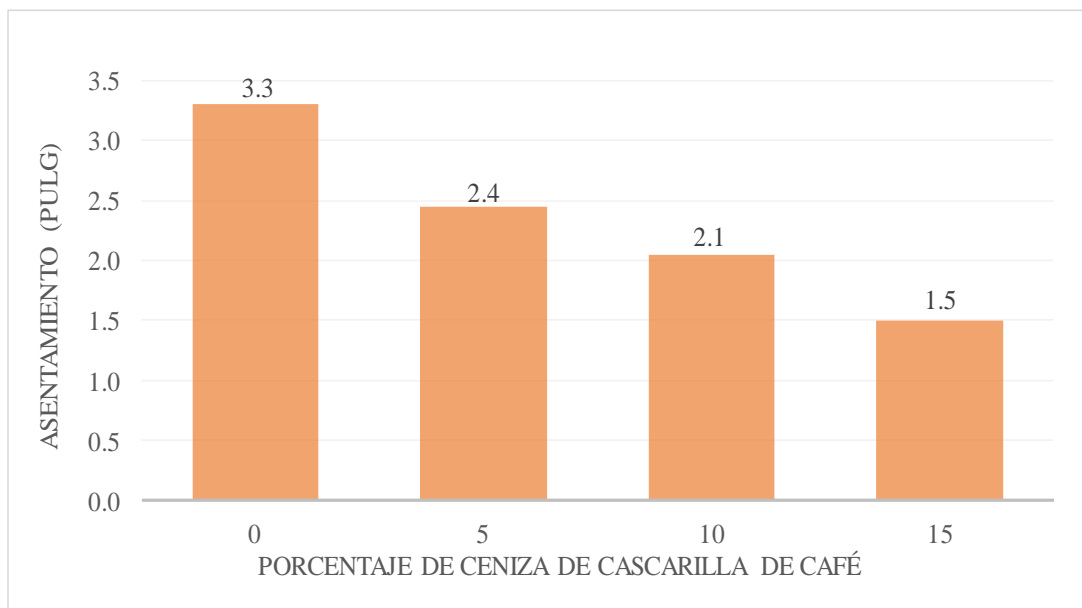


Figura 69 Trabajabilidad del concreto fresco con ceniza - Slump

Fuente: (Rodríguez, 2017)

(Weninger, 2020) utilizó los porcentajes de 5%, 10% y 15% de adición de ceniza de cascarilla de café, en este caso para un concreto 210 Kg/cm² con un Slump de diseño de 4" a 5". En esta investigación se observa como varía el asentamiento al adicionarle la ceniza de cascarilla de café a la mezcla y la diferencia con respecto al diseño patrón; los resultados de asentamiento fueron 1.5", 0" y 0" respectivamente para cada porcentaje de adición, como se muestra en la Figura 77 donde se encuentra el resultado de asentamiento para el diseño patrón que fue de 8 pulgadas.

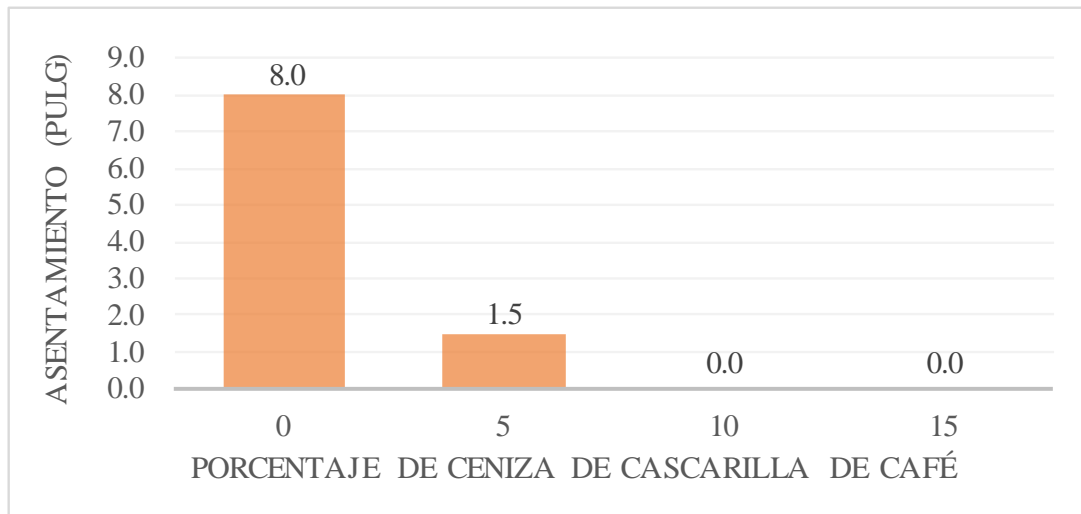


Figura 70 Trabajabilidad del concreto fresco con ceniza - Slump

Fuente: (Weninger, 2020)

En este caso el asentamiento bajo notoriamente con respecto al diseño patrón en la adición de 5%, mientras que en los diseños con 10% y 15% su asentamiento fue 0 pulgadas perdiendo por completo su trabajabilidad.

El investigador (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019) evalúa un concreto 280 Kg/cm² con adición de ceniza de cascarilla de café en 1%, 2%, 4% y 8% dando como resultados del ensayo de asentamiento 4.3", 3.3", 3.0", 2.8" y 1.3" respectivamente, estos resultados se pueden observar en la Figura 78 que a medida que se le agrega la ceniza de cascarilla de café, la trabajabilidad va disminuyendo.

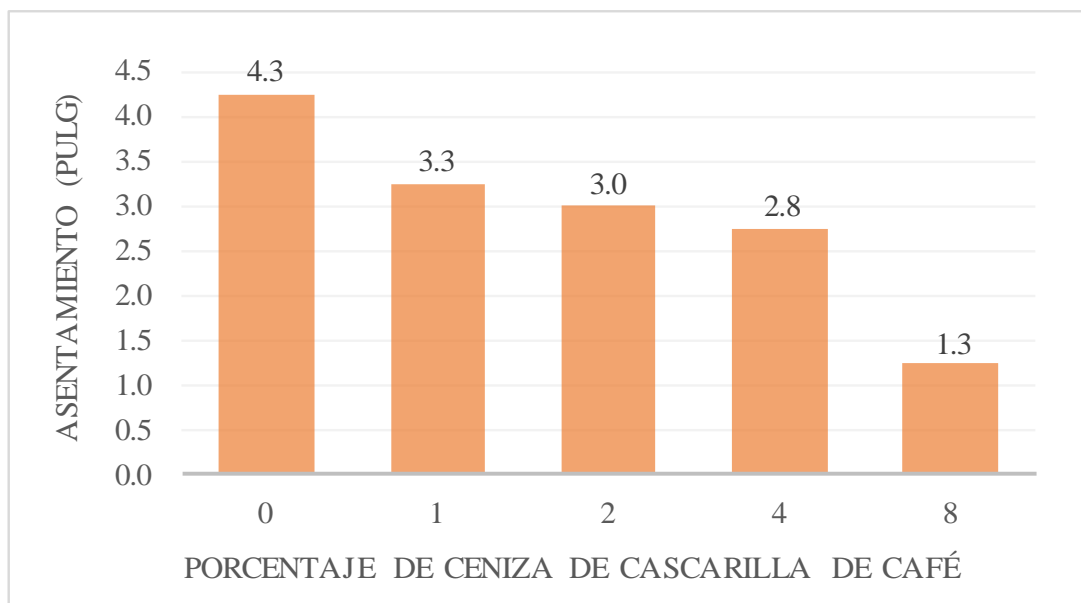


Figura 71 Trabajabilidad del concreto fresco con ceniza - Slump

Fuente: (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019)

El investigador (Gedefaw, A. et al, 2022) en la Figura 79 nos muestra los resultados de ensayo de asentamiento a un concreto 250 Kg/cm² y con adiciones del 5%, 10%, 15% y 20% teniendo como resultado del diseño patrón 1.4 pulgadas y de los diseños con adición 1.2, 1, 0.8 y 0.6 pulgadas. Indicando que a medida que se le adiciona a la mezcla la ceniza de cascarilla de café, la trabajabilidad disminuye.

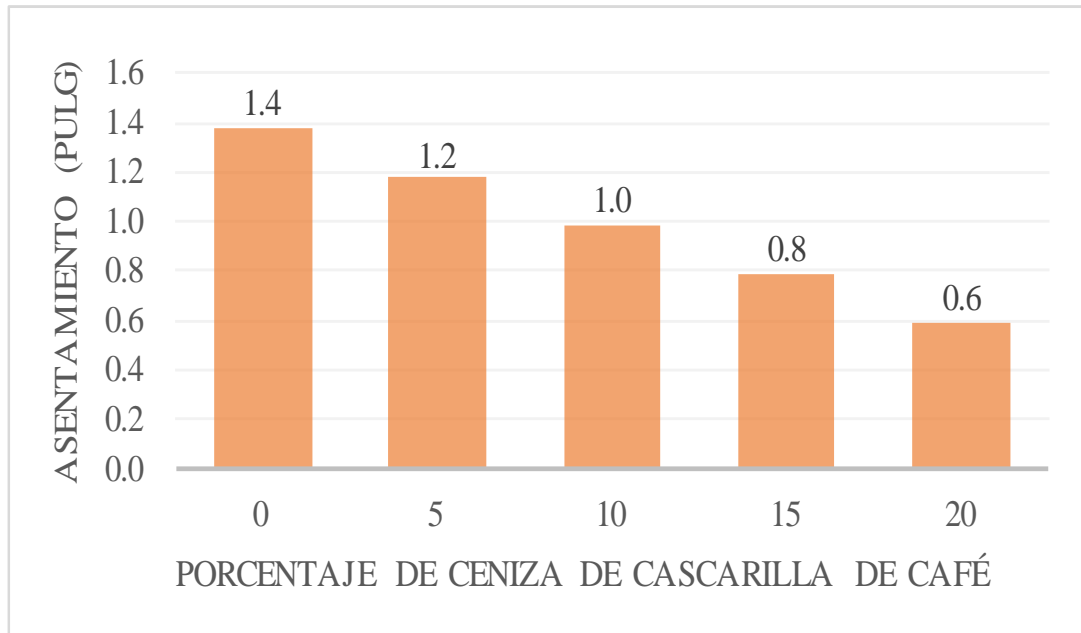


Figura 72 Trabajabilidad del concreto fresco con ceniza - Slump

Fuente: (Gedefaw, A. et al, 2022)

En la investigación realizada por (Huamán, 2021) evalúa el asentamiento para un concreto 210 Kg/cm², 245 Kg/cm² y 280 Kg/cm². En la Tabla 102 se observa los resultados del asentamiento para un diseño patrón y con adición de ceniza de cascarilla de café en un 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5% para las diferentes resistencias, demostrando que, para las 3 resistencias, el concreto patrón tiene un mejor asentamiento y que a medida que se le adiciona la ceniza de cascarilla de café el asentamiento disminuye.

Tabla 102

Trabajabilidad del concreto fresco con los distintos porcentajes de adición de ceniza

Resistencia (kg/cm ²)	Asentamiento (pulg)					
	0	2.5	5	7.5	10	12.5
210	3.9	2.5	2.3	2.1	1.9	1.7
245	4	2.5	2.4	2.2	2	1.8
280	4	2.5	2.4	2.3	2.1	2

Fuente: (Huamán, 2021)

Por lo tanto, se acepta la hipótesis H1 ya que los valores de los investigadores lo demuestran.

Se rechaza la hipótesis nula H0.

HIPÓTESIS 2: Los porcentajes de ceniza de cascarilla de café disminuyen el peso unitario del concreto estructural en estado fresco.

Para poder determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café que disminuyen el peso unitario del concreto estructural en estado fresco, se tomaron una serie de datos de distintos investigadores.

H1: Al determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café disminuye el peso unitario del concreto estructural.

H0: Al determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café no disminuye el peso unitario del concreto estructural.

Observación: El investigador (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019) nos muestra la dosificación del concreto patrón y con adición del 1%, 2%, 4% y 8%.

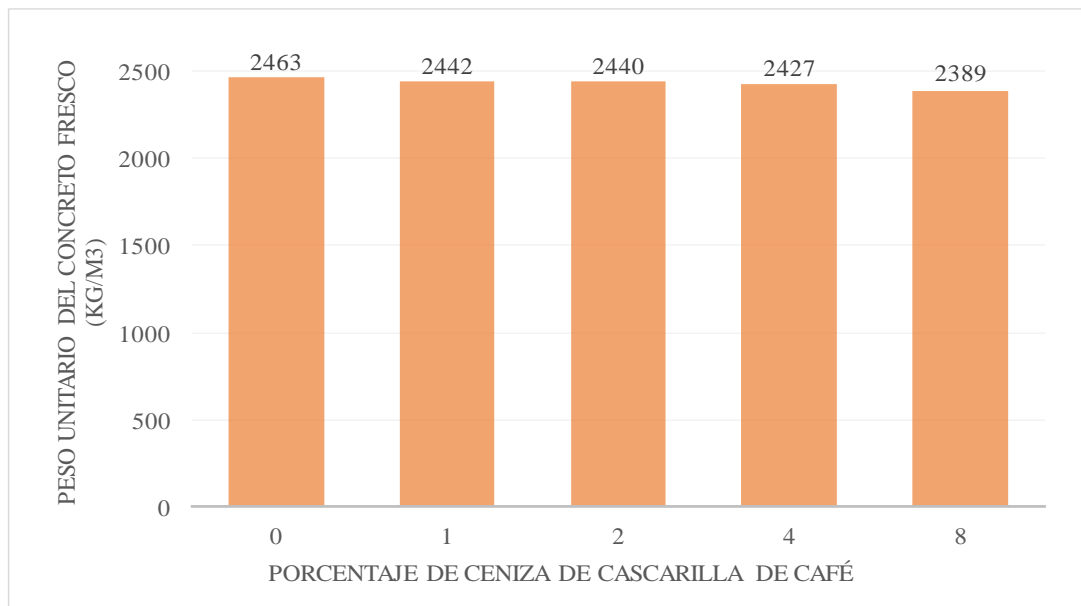


Figura 73 Peso Unitario (Kg/m³) VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café

Fuente: (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019)

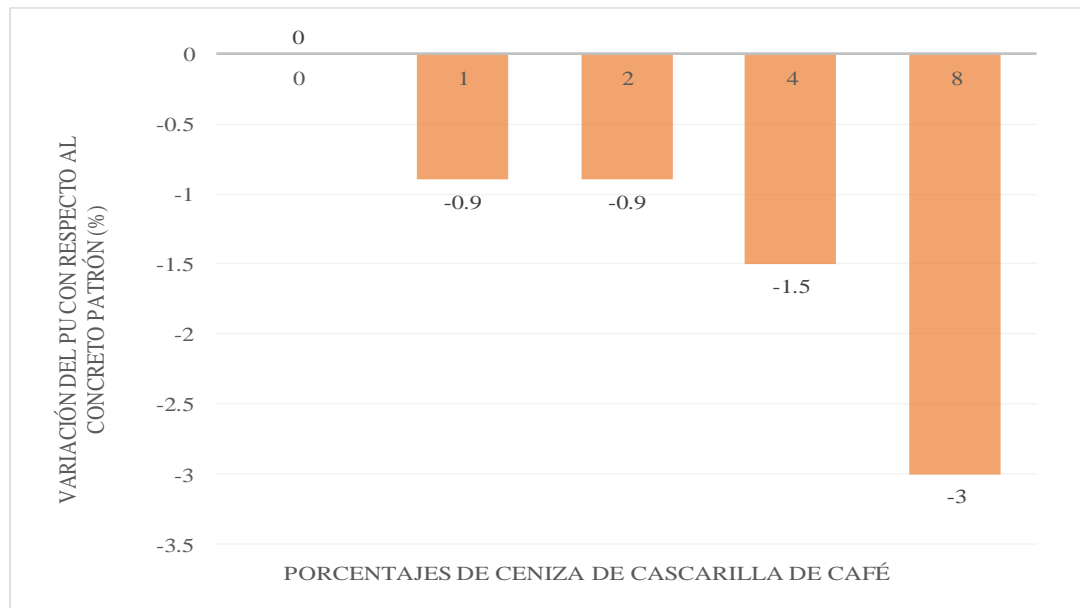


Figura 74 Variación del Peso Unitario fresco con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.

Fuente: (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019)

Y en la Figura 80 nos muestra los valores del peso unitario del concreto fresco y en la Figura 81 se observa la variación del peso unitario del concreto fresco con respecto al diseño patrón cuyo peso unitario es 2463 kg/m^3 , también nos muestra la variación del peso unitario del concreto fresco con adición del 1% de ceniza de cascarilla de café con respecto al diseño patrón es de -0.9%, del diseño con 2% de cascarilla de café con respecto al diseño patrón es -0.9%, la variación del diseño con 4% de ceniza de cascarilla de café con respecto al diseño patrón es -1.5% y del diseño con 8% es -3%. A medida que se le adiciona la ceniza de cascarilla de café, el peso unitario del concreto en estado fresco disminuye.

El investigador (Rodríguez, 2017) en la Figura 82 nos muestra los resultados del peso unitario del concreto en estado fresco para el diseño patrón y los diseños con 5%, 10% y 15% de adición de ceniza de cascarilla de café obteniendo como resultado 2366.52 kg/m^3 , 2358.64 kg/m^3 , 2354.62 kg/m^3 y 2345.65 kg/m^3 respectivamente, (Weninger, 2020) en su investigación también evalúa un diseño patrón y con las mismas adiciones de ceniza de cascarilla de café, obteniendo como resultado 2350.03 kg/m^3 , 2336.82 kg/m^3 , 2326.36 kg/m^3 , 2316.68 kg/m^3 , de igual manera se observa que mientras más ceniza de cascarilla de café exista en la mezcla, el peso unitario del concreto va a disminuir.

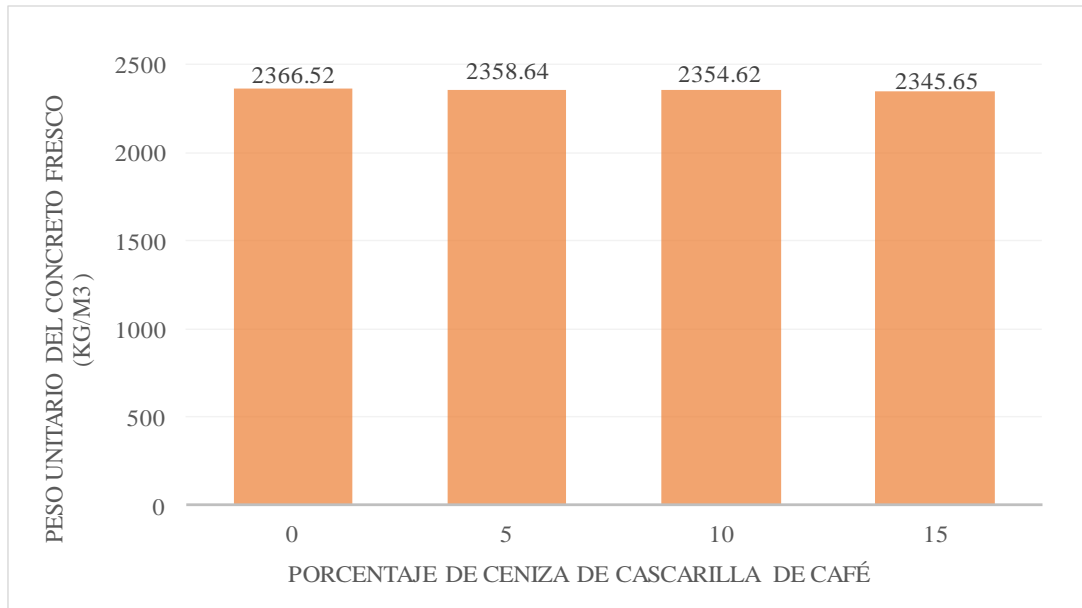


Figura 75 Peso Unitario (Kg/m³) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Rodríguez, 2017)

(Huamán, 2021) en la Figura 83 se muestra los resultados del peso unitario del concreto en estado fresco para el diseño patrón y con adición del 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5% de ceniza de cascarilla de café, siendo sus resultados 2521.13 kg/m³, 2485.78 kg/m³, 2456.17 kg/m³, 2399.91 kg/m³, 2388.06 kg/m³ y 2371.78 kg/m³ respectivamente.

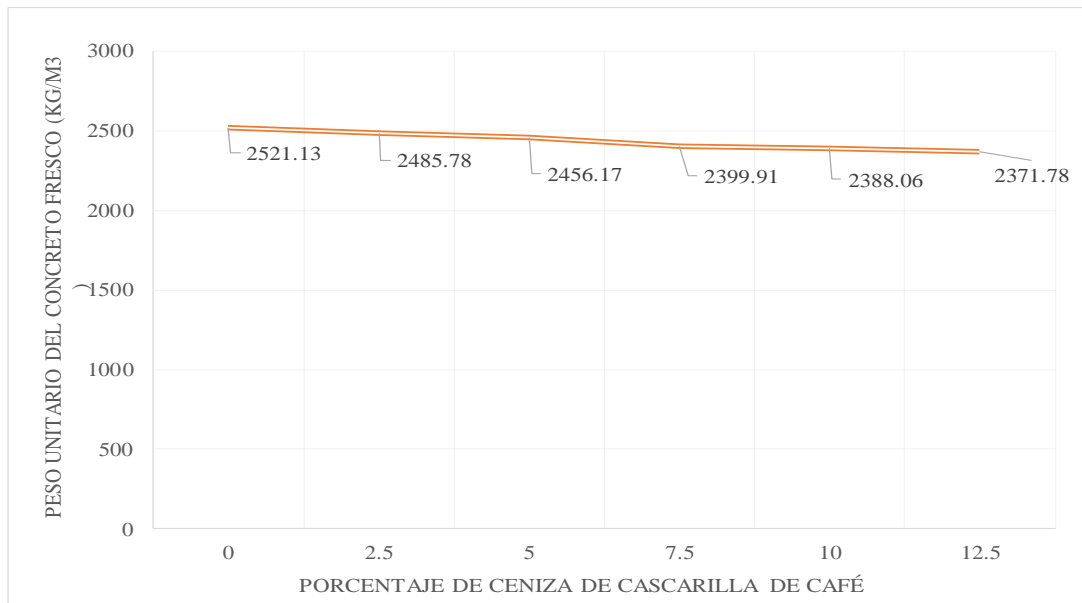


Figura 76 Peso Unitario (Kg/m³) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café para el concreto f_c= 210 kg/cm².

Fuente: (Huamán, 2021)

En la Figura 84 se observan las variaciones de los diseños de concreto con adición de ceniza de cascarilla de café con respecto al diseño patrón del concreto 210 kg/cm², el diseño con 2.5% varía -1.4%, el diseño con 5% varía -2.58%, el diseño con 7.5% varía -4.81%, el diseño con 10% varía -5.28% y el diseño con 12.5% varía -5.92%; para el concreto 245 kg/cm² los resultados de variación fueron -1.64%, -2.86%, -4.83%, -5.88% y -6.75% como se observa en la Figura 85 y para el concreto 280 kg/cm² los resultados de variación fueron -2.51%, -3.89%, -6.01%, -7.10% y -7.84% como se observa en la Figura 86, concluyendo que mientras más ceniza tiene la mezcla, menor es su peso unitario.

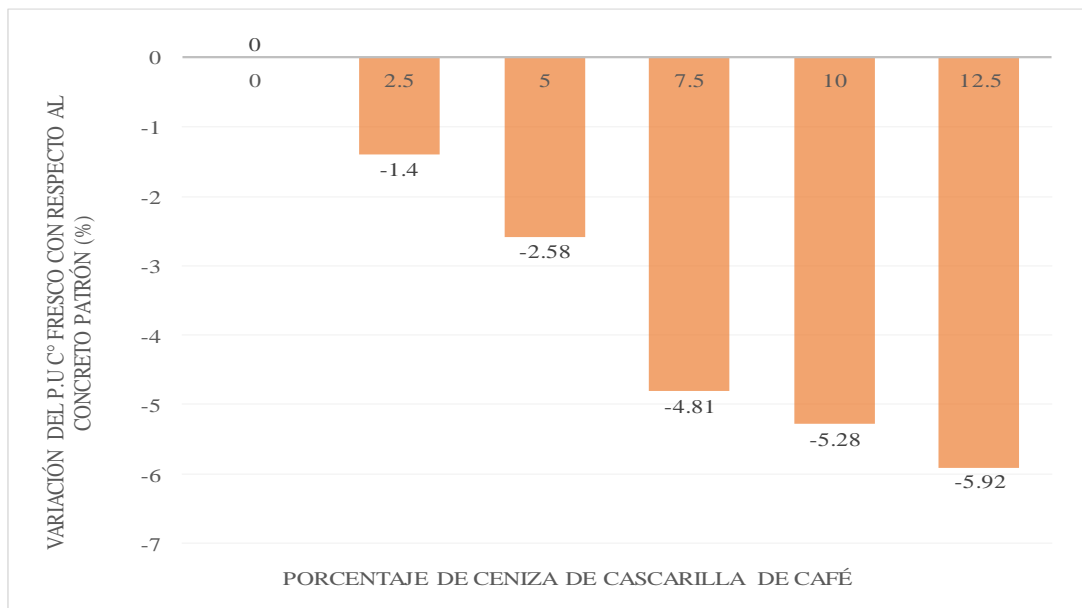


Figura 77 Variación del Peso Unitario fresco con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café para el concreto f'c= 210 kg/cm²

Fuente: (Huamán, 2021)

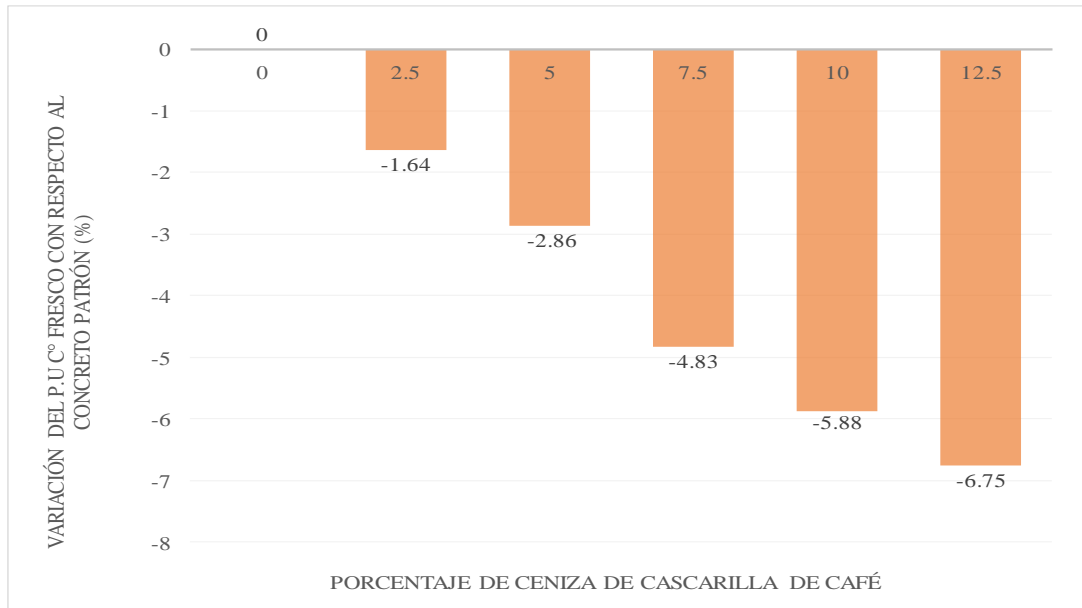


Figura 78 Variación del Peso Unitario fresco con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café para el concreto $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: (Huamán, 2021)

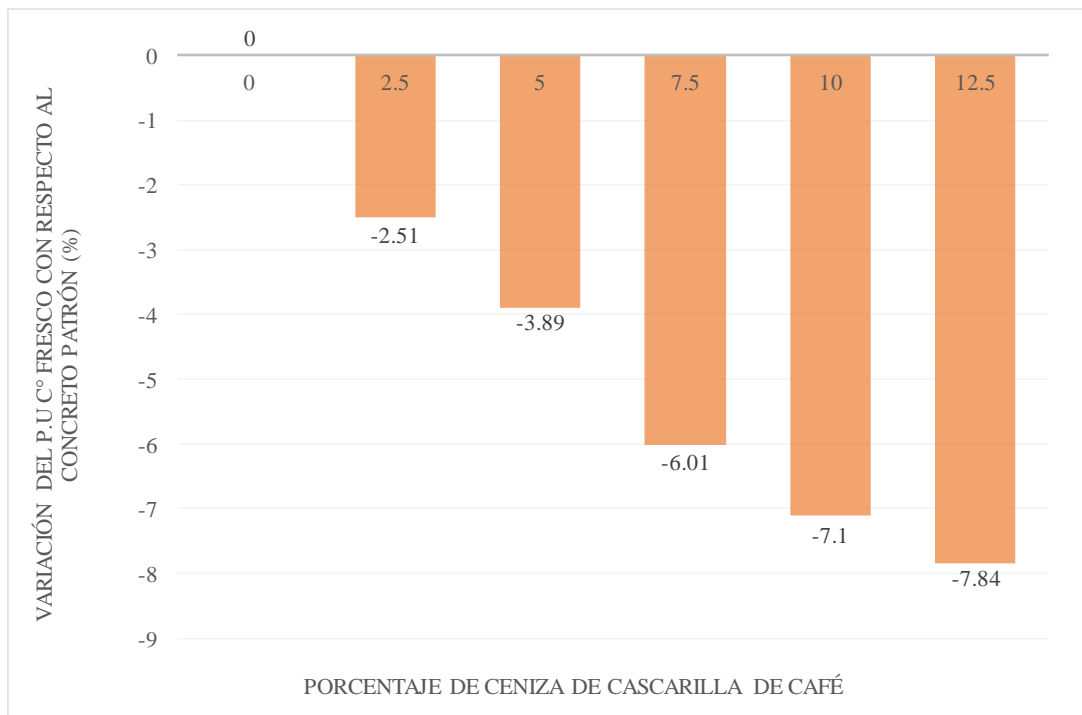


Figura 79 Variación del Peso Unitario fresco con respecto al concreto patrón (%) VS Porcentaje de ceniza de cascarilla de café para el concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

Fuente: (Huamán, 2021)

(Iparraguirre, 2021) considera el diseño patrón con adiciones del 1%, 3% y 5%, indicando que los resultados fueron 2347 kg/m^3 , 2344 kg/m^3 , 2342 kg/m^3 y 2338 kg/m^3 .

Por lo tanto, se acepta la hipótesis H1 ya que los valores de los investigadores lo demuestran.

Se rechaza la hipótesis nula H0.

HIPÓTESIS 3: Los porcentajes de ceniza de cascarilla de café incrementan la resistencia a la compresión del concreto estructural.

Para poder determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café que incrementan la resistencia a la compresión del concreto estructural, se tomaron una serie de datos de distintos investigadores.

H1: Al determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café, incrementa la resistencia a la compresión del concreto estructural.

H0: Al determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café, no incrementa la resistencia a la compresión del concreto estructural.

Observación: El investigador (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019) evalúa un concreto 280 kg/cm² como diseño patrón y con adición de 1%, 2%, 4% y 8% en diferentes edades (07, 14 y 28 días), los resultados de la rotura a los 7 días lo observamos en la Figura 87 que fueron 242 kg/cm², 262 kg/cm², 242 kg/cm², 218 kg/cm² y 165 kg/cm² respectivamente y los porcentajes alcanzados fueron 86%, 94%, 86%, 78% y 59% de la resistencia requerida, siendo el diseño con 1% de ceniza de cascarilla de café con mejor comportamiento.

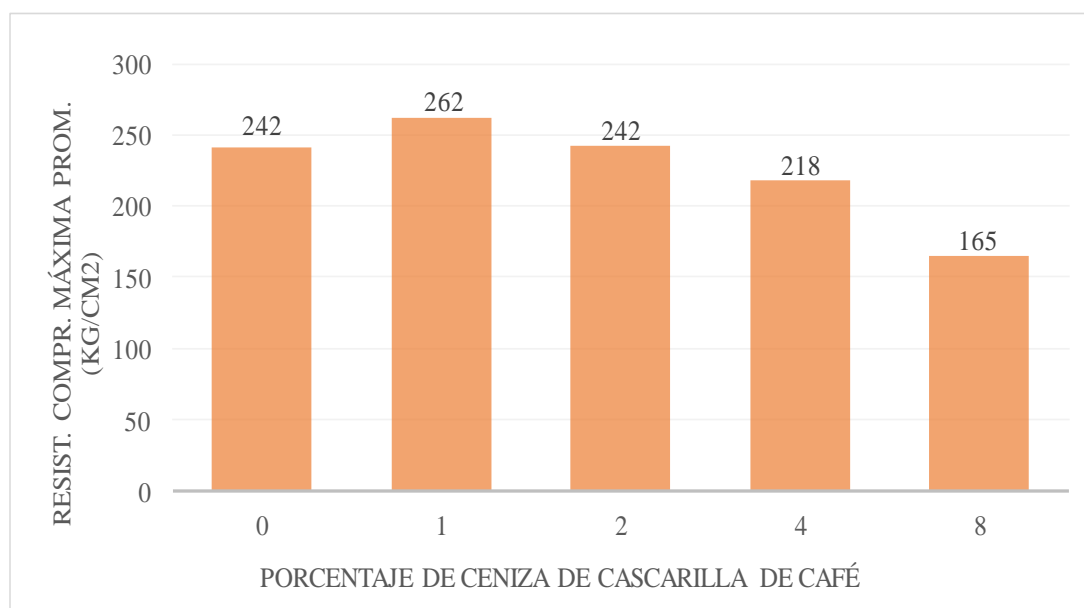


Figura 80 Resistencia a la compresión máxima promedio en 7 días – Ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019)

A los 14 días el comportamiento de la resistencia es igual como muestra la Figura 88, se observa que el diseño con 1% y 2% sobrepasaron la resistencia del diseño patrón y el 100% de la resistencia requerida.

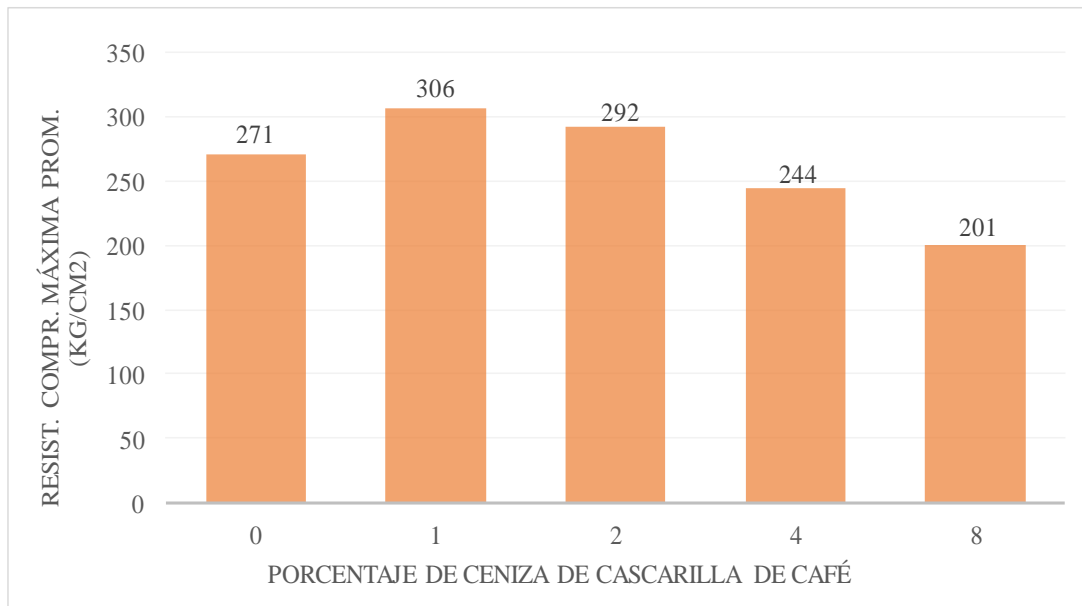


Figura 81 Resistencia a la compresión máxima promedio en 14 días – Ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019)

A los 28 días el diseño patrón obtuvo una resistencia de 305 kg/cm² como nos muestra la Figura 89, también nos muestra que los diseños con mejores resultados de resistencia a la compresión fueron los diseños con 1% y 2% habiendo pasado la resistencia del concreto patrón.

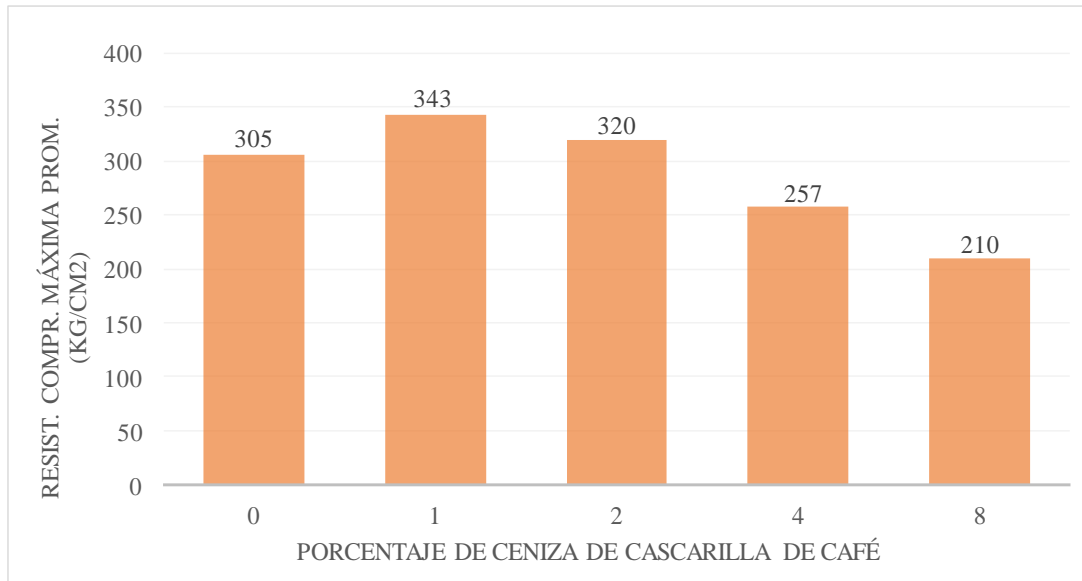


Figura 82 Resistencia a la compresión máxima promedio en 28 días – ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019)

(Rodríguez, 2017) en su investigación utiliza adición del 5%, 10% y 15% de ceniza de cascarilla de café y las roturas las realiza a los 7 y 28 días para un concreto estructural 250 kg/cm².

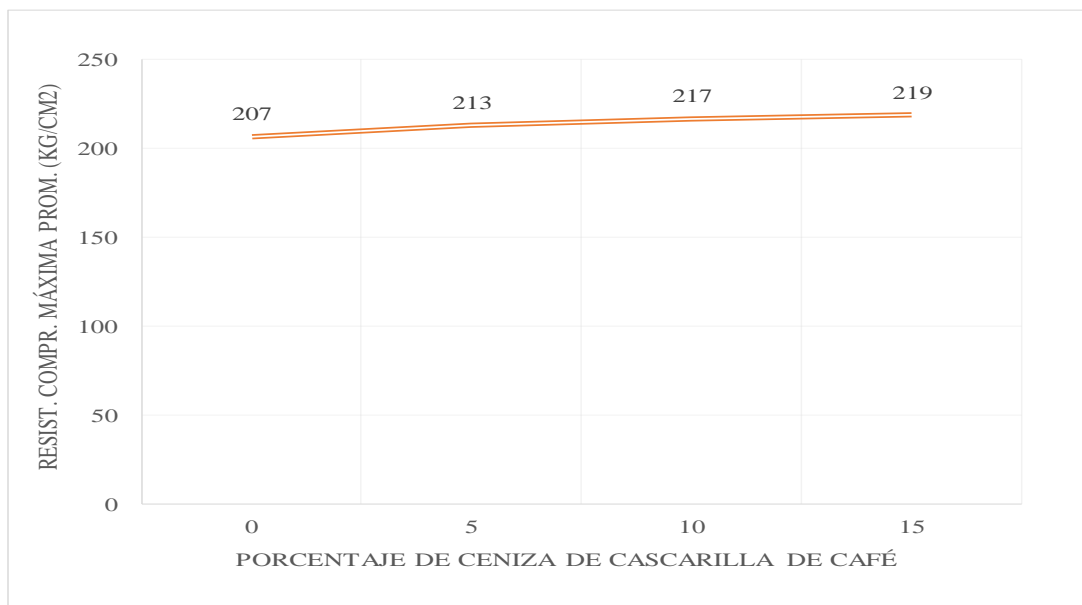


Figura 83 Resistencia a la Compresión máxima promedio a los 7 días – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

Fuente: Rodríguez, N. (2017)

La Figura 90 nos muestra los resultados de la resistencia a la compresión a los 7 días donde se observa que el diseño que mejor resistencia tuvo fue el que tiene 15% de adición de ceniza de cascarilla de café. El autor señala en la Figura 91 los resultados

a los 7, 14 y 28 días, donde podemos observar que la resistencia aumenta a medida que se le añade la ceniza de cascarilla de café.

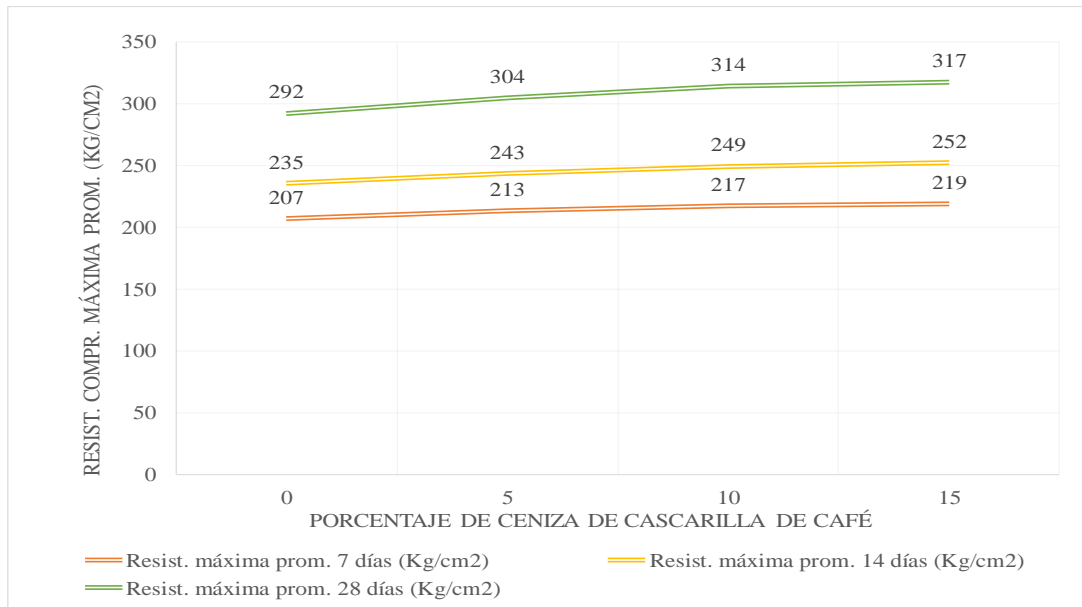


Figura 84 Resistencia a la compresión máxima promedio – ceniza de cascarilla de café.

Fuente: Rodríguez, N. (2017)

(Weninger, 2020) utiliza los mismos porcentajes de adición de ceniza de cascarilla de café, pero en esta investigación el porcentaje donde la resistencia es mayor fue con el 5% de adición como se observa en la Figura 92.

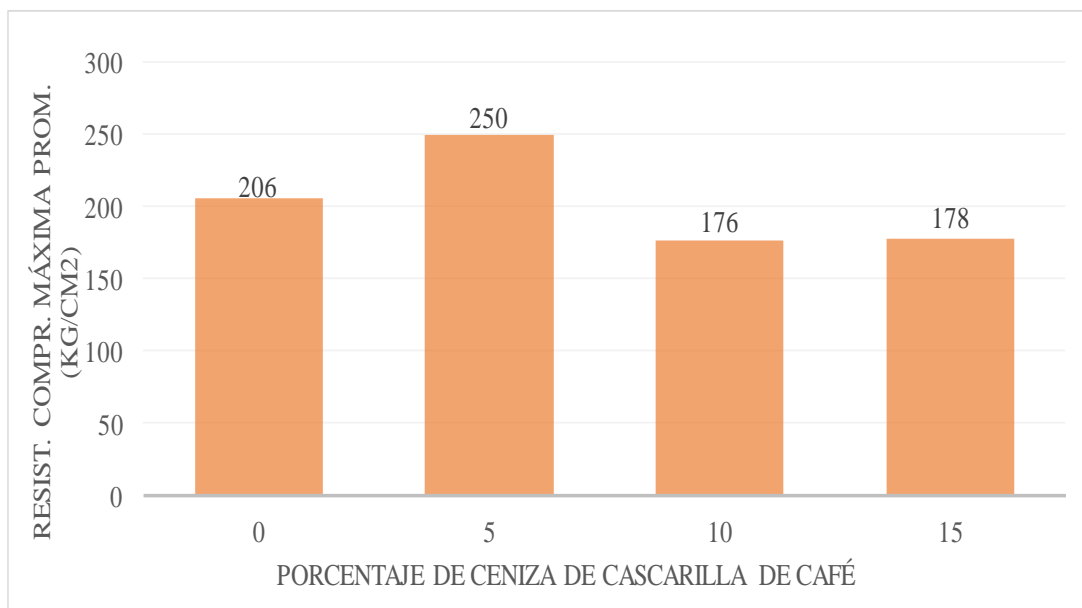


Figura 85 Resistencia a la compresión máxima promedio – Porcentaje de ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Weninger, 2020)

(Huamán, 2021) Nos muestra los resultados para 3 diseños de concreto estructural

con 210 kg/cm², 245 kg/cm² y 280 kg/cm² con adición de ceniza de cascarilla de café de 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5%.

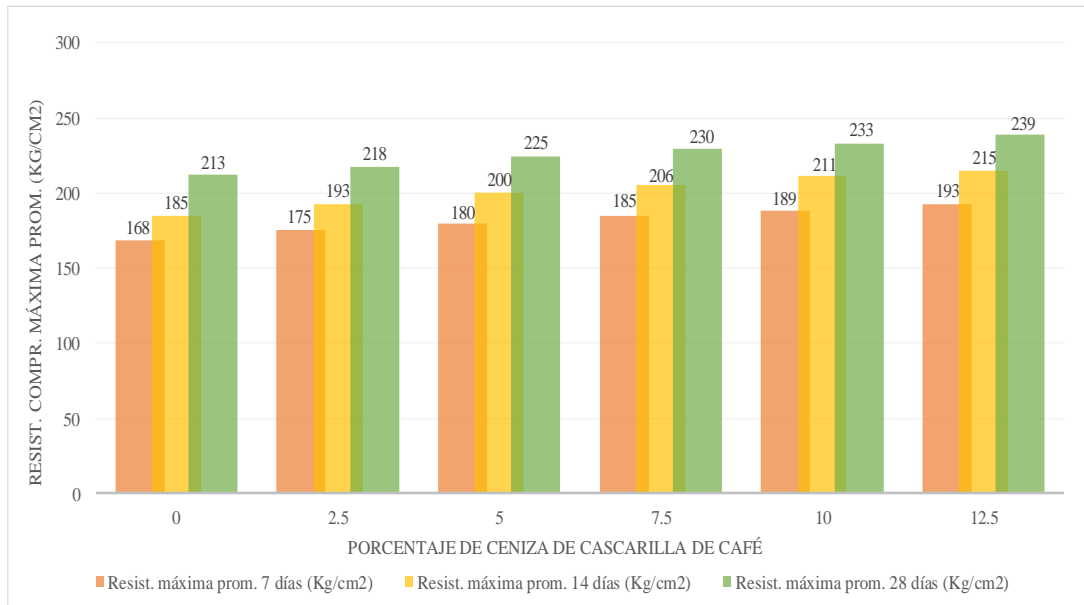


Figura 86 Resistencia a la compresión máxima promedio VS % ceniza de cascarilla de café.

Fuente: (Huamán, 2021)

La Figura 93 nos muestra los resultados de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días del concreto 210 kg/cm² con sus adicciones y se observa que a medida que se le aumenta la ceniza de cascarilla de café la resistencia aumenta siendo el diseño 12.5% el que mayor resistencia alcanzó.

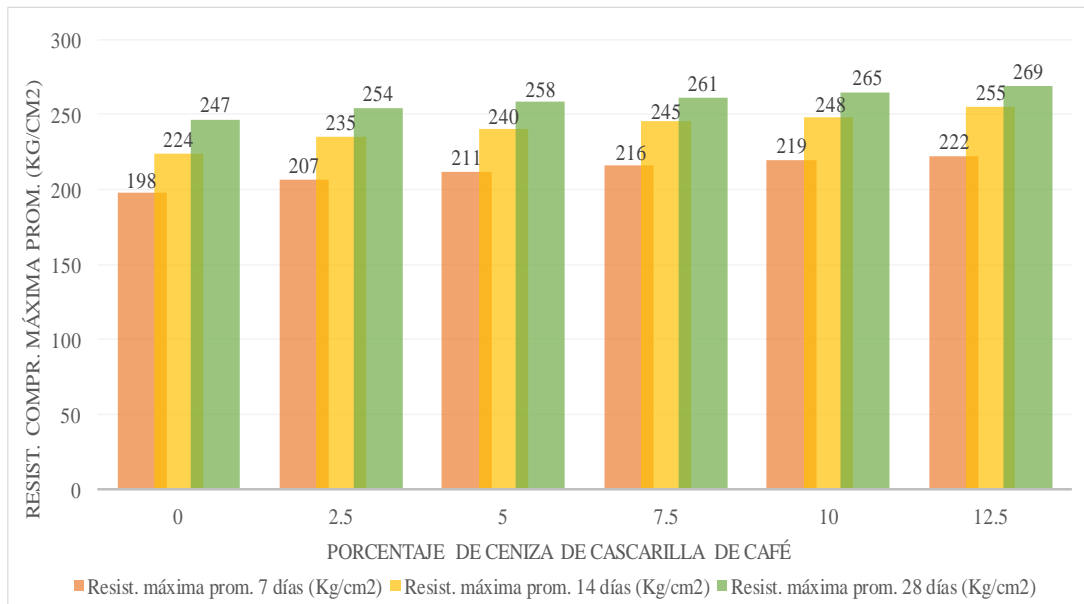


Figura 87 Resistencia a la Compresión máxima promedio. VS % Ceniza de Cascarilla de Café.

Fuente: (Huamán, 2021)

De igual manera para el concreto 245 kg/cm² como podemos observar en la Figura 94 donde los resultados de resistencia de compresión aumentan a medida que se le aumenta la ceniza.

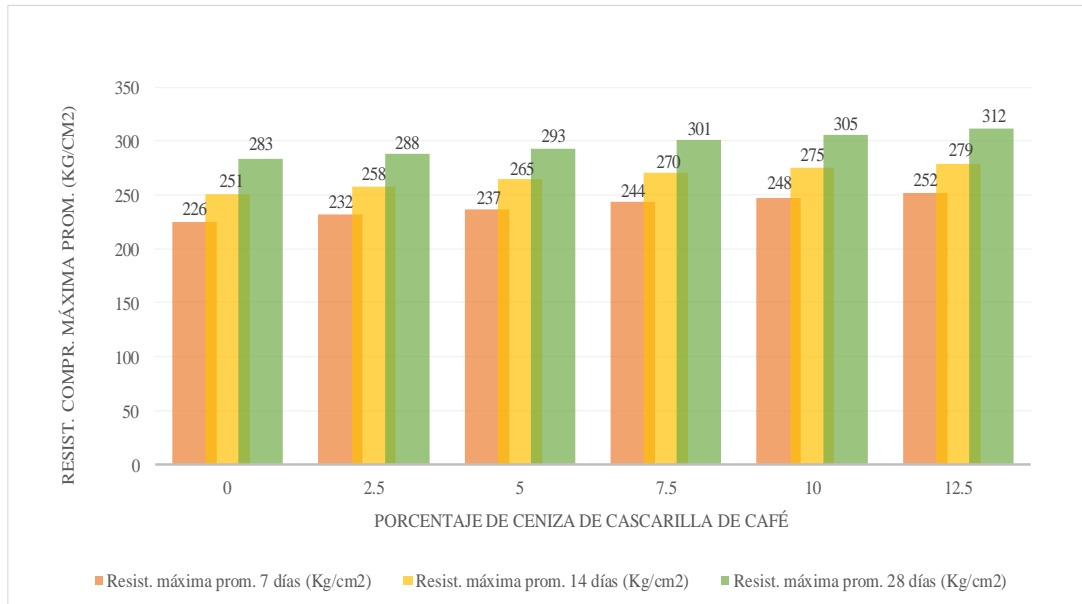


Figura 88 Resistencia a la compresión máxima promedio VS % ceniza de cascarilla de café para un diseño de $f_c' = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Fuente: (Huamán, 2021)

La Figura 95 nos muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión de un concreto estructural 280 kg/cm² con adición de ceniza de cascarilla de café observando que es el diseño con 12.5% de adición el que mayor resistencia tiene.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis H1 ya que los valores de los investigadores lo demuestran.

Se rechaza la hipótesis nula H0.

HIPÓTESIS 4: Los porcentajes de ceniza de cascarilla de café aumentan la resistencia a la tracción del concreto estructural

Para poder determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café que aumentan la resistencia a la tracción del concreto estructural, se tomaron una serie de datos de distintos investigadores.

H1: Al determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café, aumenta la resistencia a la tracción del concreto estructural

H0: Al determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café, no aumenta la

resistencia a la tracción del concreto estructural

Observación:

(Patiño, 2019) utiliza 1%, 2% y 4% de adición de ceniza de cascarilla de café, en la Figura 96 nos muestra el resultado de resistencia a la tracción a los 28 días siendo el resultado del diseño patrón 22.5 MPa y los diseños con adición 12.95 MPa, 13.86 MPa y 10.94 MPa respectivamente y se observa que, al adicionar la ceniza de cascarilla de café, el concreto pierde resistencia a la tracción.

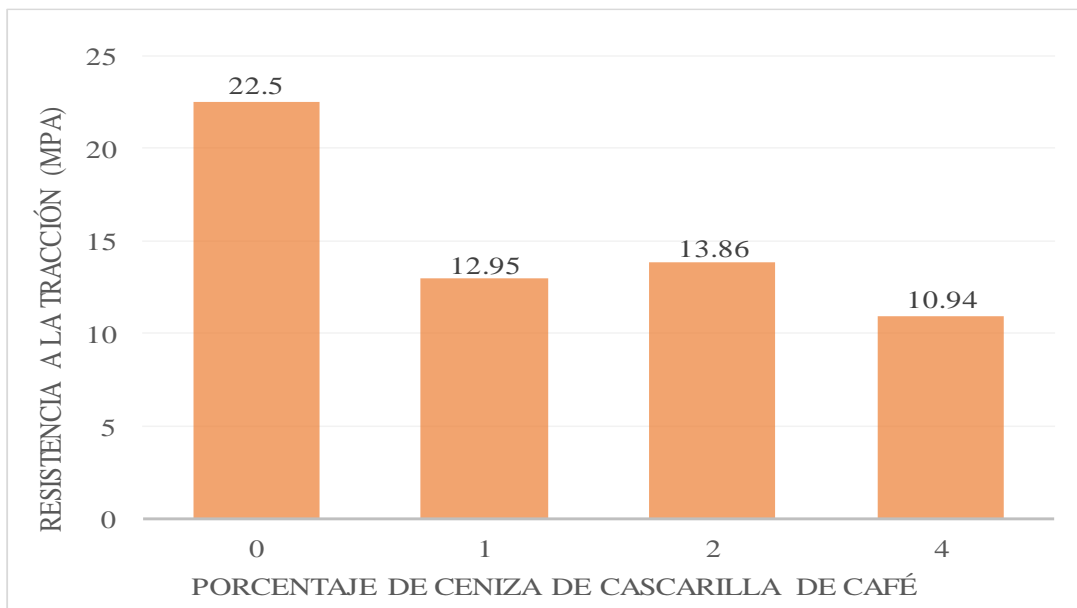


Figura 89 Resistencia a la tracción (Mpa) a los 28 días VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.
Fuente: (Patiño, 2019)

En la Figura 97, (Rodríguez, 2017) nos muestra los resultados de la resistencia a la tracción para un diseño patrón utilizando los mismos porcentajes de adición de ceniza de cascarilla de café obteniendo 1.91 MPa, 1.89 MPa, 1.88 MPa y 1.88 MPa; observando de igual manera que mientras más adición de ceniza de cascarilla de café tiene, va perdiendo resistencia a la tracción.

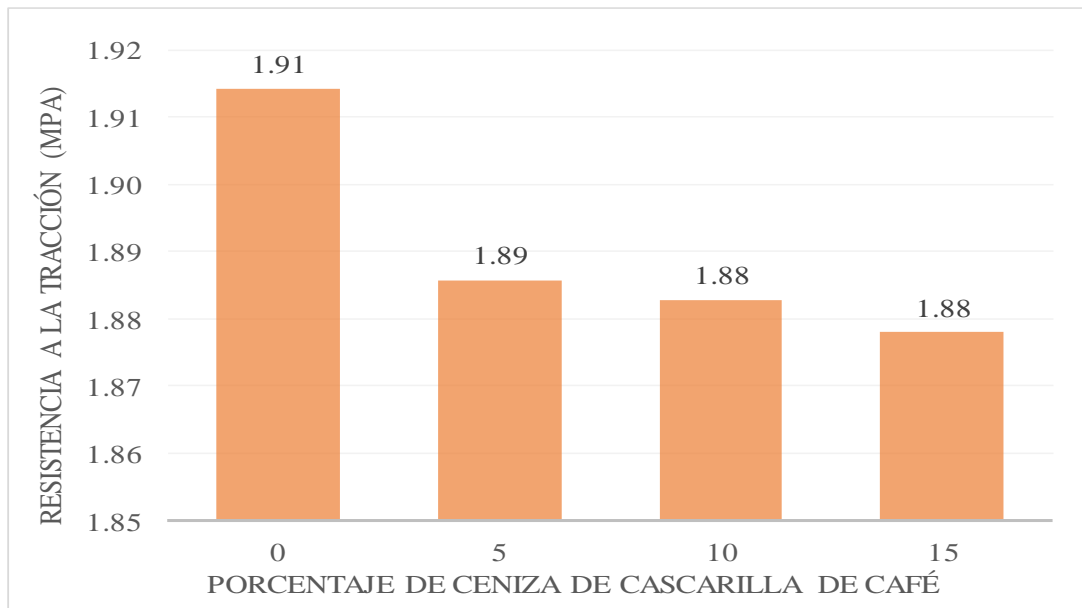


Figura 90 Resistencia a la tracción (Mpa) a los 7 días VS Porcentaje de Ceniza de Cascarilla de Café.

Fuente: (Rodríguez, 2017)

Por lo tanto, se acepta la hipótesis H_0 ya que los valores de los investigadores lo demuestran.

Se rechaza la hipótesis H_1 .

CONCLUSIONES

1. La adición de ceniza de cascarilla de café no mejora la trabajabilidad del concreto como se observa en los resultados obtenidos por los distintos investigadores. La reducción de la trabajabilidad también depende de la calidad de los agregados y la dosificación de los diseños de mezcla como se muestra en la Tabla 12, donde se tiene un diseño patrón con 3.3" de Slump al que adicionándole un 5%, 10% y 15% se obtiene los resultados de 2.4, 2.1 y 1.5 pulgadas de Slump respectivamente considerando que se mantuvo la cantidad de agua efectiva en la dosificación. Por otro lado, en la Tabla 24, el diseño patrón tiene 8" de Slump, y con la adición de 1%, 3% y 5% se obtuvieron resultados de 1.5, 0 y 0 pulgadas respectivamente, esta considerable reducción de trabajabilidad es a consecuencia de la reducción de agua en la dosificación.
2. Del análisis a las investigaciones se observó que con la adición del 5%, 10% y 15% de ceniza de cascarilla de café a la dosificación del concreto que se muestran en la Tabla 44 elaborada por el investigador (Weninger, 2020) y cuyos resultados se observan en la Tabla 45, se concluye que a mayor porcentaje de ceniza de cascarilla de café añadida a la dosificación del concreto, el peso unitario disminuye, haciendo al concreto más liviano.
3. El porcentaje de ceniza depende de las características del diseño de mezcla a utilizar y de la calidad de los agregados, para (Díaz Vargas & Pérez Josmar, 2019) el porcentaje óptimo es 1% alcanzando 343 kg/cm² partiendo de un diseño patrón de 305 kg/cm²; (Rodríguez, 2017) obtuvo 317 kg/cm² de resistencia con un 15% de ceniza de cascarilla de café, siendo este su óptimo, partiendo de un diseño patrón de 292 kg/cm²; (Gedefaw, A. et al, 2022) obtuvo 357 kg/cm² en su diseño patrón y usar la ceniza de cascarilla de café no ayudó a mejorar su resistencia, de igual manera para (Weninger, 2020) con 289 kg/cm² de diseño patrón logró aumentar su resistencia a 291 kg/cm² con un 5% de adición de ceniza de cascarilla de café. (Huamán, 2021) realizó 3 diseños para 280 kg/cm², 210 kg/cm² y 245 kg/cm² y en todos obtuvo como porcentaje óptimo el 12.5% alcanzando hasta un 312 kg/cm² de resistencia a los 28 días. Se concluye que, en los casos que no funcionó la adición de ceniza de cascarilla de café se debe a factores de calidad de los agregados.
4. De la evaluación realizada a las investigaciones de los autores mencionados en el párrafo anterior, se concluye que las cenizas no generan ningún aporte ni mejora como propiedad a la resistencia a la tracción del concreto como observamos en la Tabla 96,

reduciendo la resistencia de 22.5 MPa a 10.94 Mpa obtenida a los 28 días y en la Tabla 97 reduciendo la resistencia de 1.91 MPa a 1.88 Mpa obtenida a los 7 días.

RECOMENDACIONES

1. Para poder mejorar la trabajabilidad se recomienda utilizar un aditivo plastificante o superplastificante al adicionar la ceniza de cascarilla de café al diseño de mezcla, ya que un concreto estructural necesita ser de consistencia fluida con el fin de reducir el porcentaje de vacíos.
2. Realizar ensayos en laboratorio para garantizar y encontrar el óptimo porcentaje de ceniza de cascarilla de café ya que de acuerdo con la calidad de los agregados puede sufrir variaciones tal y como se ha demostrado al analizar los resultados obtenidos en las investigaciones.
3. Se sugiere que, a futuras investigaciones, se realicen dosificaciones que involucren los aditivos plastificantes y/o superplastificantes con el fin de observar de qué forma afecta en la resistencia del concreto al añadirsele materiales orgánicos.
4. Se recomienda que, a futuras investigaciones, se realicen ensayos con diferentes productos orgánicos a diversos porcentajes de adición combinándolos con otros aditivos con el propósito de observar el comportamiento del concreto en el ensayo a la tracción para elementos sometidos a comportamientos estructurales.

BIBLIOGRAFÍA

- Aaron, C. (2020). AARON CENTER - Venta de artículos de ferretería y para el hogar. Obtenido de: <https://aaroncenter.com.pe/producto/materiales-de-construccion/arena-piedra-y-aridos/arena-fina-economica-1mt/>.
- Abanto, F. (2009). Tecnología Del Concreto. Obtenido de: <http://hebmerma.com/wp-content/uploads/2020/11/TECNOLOGIA-DEL-CONCRETO-Ing.-Flavio-Abanto-Castillo-1.pdf>.
- Alfaro, E. (2019). Mejoramiento de la resistencia a la compresión de un concreto simple con adiciones de ceniza de chala de maíz en la localidad de Chilcayoc, provincia Sucre Ayacucho. Obtenido de: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3901>.
- Andrade, A., & Palacios, K. (2019). Elaboración de un prototipo de bloque prefabricado con cáscaras de cacao, virutas de madera y mortero mixto para vivienda de interés social. Obtenido de: <https://pdfslide.net/documents/universidad-laica-vicente-rocafuerte-de-ii-repositorio-nacional-en-ciencia-y-tecnologia.html?page=1>.
- Avensa. (2017). Avensa producción, comercialización y líder en minería a cielo abierto, que explota, transforma, distribuye y vende material de arrastre en estado natural y/o procesado, para el sector de la construcción principalmente. Obtenido de: <http://www.avensa.co/services/agregado-grueso-pulgada/>.
- Camargo, N., & Higuera, C. (2017). CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON SÍLICE OBTENIDA DE LA CASCARILLA DEL ARROZ. DOI: <https://doi.org/10.18359/rcin.1907>.
- Castaño, I., & Trigos, D. (2017). Diseño estructural participativo con desechos orgánicos, una alternativa panameña para Colombia. Obtenido de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14492/4/tesis%20Rv1.pdf>.
- Ccana, E. (2021). Influencia de la ceniza de madera del capulí sobre las propiedades físico mecánicas para un diseño de concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, Cusco. Obtenido de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/77397>.
- Diario Oficial El Peruano. (2021). Perú puede tener un boom en la construcción. Noticias | Diario Oficial El Peruano. Obtenido de: <https://elperuano.pe/noticia/119555-peru-puede-tener-un-boom-en-la-construccion>.
- Díaz, M., & Fernández, J. (2019). Influencia de la adición de ceniza de cascarilla de café en la trabajabilidad y resistencia a compresión del concreto. Obtenido de:

- <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/237>.
- Gedefaw, A. et al. (2022). Experimental Investigation on the Effects of Coffee Husk Ash as Partial Replacement of Cement on Concrete Properties. Obtenido de: <https://www.hindawi.com/journals/amse/2022/4175460/>.
- Gomez, A. (2022). Efectos de la incorporación de fibras de mazorca de cacao en el concreto $f'c=280kg/cm^2$, para pavimentos rígidos, Ayacucho. Obtenido de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/90113>.
- Gomez, W., & Villavicencio, K. (2020). Temperaturas extremas y su relación con la consistencia del concreto a lo largo del tiempo. Obtenido de: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/3726>.
- Huamán, O. (2021). Evaluación de resistencia a compresión del concreto $f'c$ 210 Kg/Cm², con adición de ceniza de cascara de café, San Ignacio, Cajamarca. Obtenido de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88813>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. (2021). Producción de café se incrementó 17,0% en julio de 2021. Obtenido de: <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-cafe-se-incremento-170-en-julio-de-2021-13123/>.
- Iparraquirre, R. (2021). Influencia de la adición de la ceniza de la cascarilla de café en las propiedades del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Oxapampa – 2021. Obtenido de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84321>.
- Kosmatka, S. et al. (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Obtenido de: https://elingeniero.pe/wp-content/uploads/2020/06/Diseno_Y_Control_De_Mezclas_De_Concreto-1.pdf.
- Marlon, F., & Pastor, H. (2018). Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto. Obtenido de: <https://www.redalyc.org/journal/5217/521758012002/html/>.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Obtenido de: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf.
- Molano, J. (2021). Uso de la cáscara de cacao como fuente primaria para la obtención de materiales aplicado a la ingeniería mediante el estudio de las propiedades mecánicas. Obtenido de: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80980/1024530115.2021.p>

df?sequence=3&isAllowed=y.

- Moya, J. et al. (2019). Comportamiento de la ceniza de la cascarilla de arroz en las propiedades físico-mecánicas en mezclas de hormigón estándar. Obtenido de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6350>.
- Muciño, V., & Perla, S. (2018). Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de: http://leias.fa.unam.mx/wp-content/uploads/2018/05/180515_Practica9_W_LMSE.pdf.
- Orchesi, L. (2019). Evaluación de propiedades físico-mecánicas del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ sustituyendo cemento con una mezcla de esquistos y cenizas de cáscara de arroz. Obtenido de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/49447>.
- Patiño, J. (2019). Comportamiento del concreto con cascarilla de café y posibilidades ante textura y color. Obtenido de: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77004/JennyCoralPatino.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Riceli, E. (2021). Laboratorio de suelos concreto asfalto. RICELI. Obtenido de: <https://riceliequipos.pe/producto.php?id=21>.
- Rodríguez, N. (2017). Diseño de concreto $F'c= 250 \text{ kg/cm}^2$ reforzado con cascarilla de café en la ciudad de Jaén. Obtenido de: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2567>.
- Rojas, J. (2019). Aprovechamiento de la cáscara de cacao para la elaboración de un biocomposito con aplicación en la construcción. Obtenido de: https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2817/Rojas_Gonz%C3%A1lez_Lina_Manuela_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Sanchez de Guzman, D. (2001). *Tecnología de Concreto*. Obtenido de: BHANDAR EDITORES LTDA.
- Soto, I. et al. (2018). Propiedades físicas y mecánicas del hormigón usando polvo residual de desechos orgánicos como reemplazo parcial del cemento. Obtenido de: <https://www.scielo.cl/pdf/ric/v33n3/0718-5073-ric-33-03-229.pdf>.
- Supermix, C. (2021). Obtenido de: <https://www.supermix.com.pe/agregados-para-la-elaboracion-de-concreto/>.
- Teneda, W. et al. (2019). Exploración de la intención de consumo de la Cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) como infusión: caso Tungurahua-Ecuador. Obtenido de: <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cuacont/article/view/28102>.

Weninger, L. (2020). Influencia de la adición de ceniza de cascarilla de café en las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Obtenido de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74492#:~:text=Donde%20los%20resultados%20obtenidos%20fueron,bajo%20un%20asentamiento%20por%20plg.>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Ceniza de cascarilla de café como adición para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Indicadores	Metodología
¿De qué manera la adición de ceniza de cascarilla de café mejora las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural?	Determinar el porcentaje de adición de ceniza de cascarilla de café para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural	Al Determinar el porcentaje de adición de ceniza de cascarilla de café mejora las propiedades físico-mecánicas del concreto estructural	Ceniza de cascarilla de café	Porcentaje de cenia de cascarilla de café	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	Variable Dependiente		
a. ¿De qué manera los porcentajes de ceniza de cascarilla de café mejora la trabajabilidad del concreto estructural?	a. Determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café para mejorar la trabajabilidad del concreto estructural	a. Los porcentajes de ceniza de cascarilla de café mejoran la trabajabilidad del concreto estructural		Trabajabilidad	
b. ¿ De qué manera los porcentajes de ceniza de cascarilla de café disminuyen el peso unitario del concreto estructural en estado fresco?	b. Determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café para disminuir el peso unitario del concreto estructural en estado fresco.	b. Los porcentajes de ceniza de cascarilla de café disminuyen el peso unitario del concreto estructural en estado fresco.	Propiedades físico-mecánicas del concreto	Peso Unitario	Deductivo ya que se cuenta con resultados que serán utilizados para dar conclusiones con respecto a la mejora de las propiedades físicas y mecánicas de un concreto estructural. Se

c. ¿De qué manera los porcentajes de ceniza de cascarilla de café incrementan la resistencia a la compresión del concreto estructural?	c. Determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café para incrementar la resistencia a la compresión del concreto estructural	c. Los porcentajes de ceniza de cascarilla de café incrementan la resistencia a la compresión del concreto estructural	Resistencia a la Compresión	analizarán datos ya estudiados con la finalidad de realizar un análisis general, por ende la investigación será también cuantitativa.
d. ¿De qué forma los porcentajes de ceniza de cascarilla de café aumentan la resistencia a la tracción indirecta del concreto estructural?	d. Determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café para aumentar la resistencia a la tracción indirecta del concreto estructural	d. Los porcentajes de ceniza de cascarilla de café aumentan la resistencia a la tracción indirecta del concreto estructural	Resistencia a la tracción indirecta	

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Matriz de Referencias Bibliográficas

#	TÍTULO	IDEAS PRINCIPALES	SUBTEMA (Indicadores)	MÉTODO	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES	AÑO
1	Diseño de concreto reforzado con cascarilla de café en la ciudad de Jaén	Uso de la cascarilla en la elaboración del concreto tanto con y sin incineración, con el fin de aumentar la resistencia del concreto; y poder favorecer la economía y disminuir la contaminación ambiental.	Resistencia a la compresión, trabajabilidad, peso unitario.	Experimental aplicado	La resistencia a la compresión con la adición de ceniza hace que la resistencia aumente conforme aumenta la adición	Realizar futuras investigaciones donde se analice otros residuos agrícolas en el medio que puedan servir en el rubro de la construcción	2017
2	Evaluación de resistencia a compresión del concreto f'c 210 Kg/Cm2 con adición de ceniza de cascara de café, San Ignacio, Cajamarca	Analizar la cascara de café en estado ceniza en 3 diferentes resistencias del concreto.	Trabajabilidad Resistencia a la compresión Peso unitario	Experimental aplicado	Al añadir la ceniza aumenta la resistencia a la compresión del concreto.	Recomienda, realizar estudio relacionados a la ceniza de cascara de café para obtener un concreto de calidad dependiendo de los elementos que se van a construir para ampliar la información de este material en la construcción.	2021
3	Influencia de la adición de la ceniza de la cascarilla de café en las propiedades del concreto f'c = 210 kg/cm2, Oxapampa – 2021	Estudio la adición de la ceniza de la cascarilla de café en las propiedades del concreto f'c=210 kg/cm2	Trabajabilidad Contenido de aire Resistencia a la compresión y tracción	Experimental aplicado	Se observó que la consistencia del concreto tiende a disminuir a medida que se aumenta la dosificación de ceniza, la resistencia a la compresión tiende a aumentar hasta encontrar el porcentaje óptimo de dosificación de ceniza, y el contenido de aire en el concreto tiende a aumentar a medida que se incrementa los porcentajes de ceniza de cascarilla de café.	Recomiendan para la trabajabilidad tomar valores de ceniza que no superen el 1%, ya que en este porcentaje llega al límite la consistencia plástica; para la resistencia a la compresión se recomienda usar una dosificación menor a 3%, hasta hallar la máxima resistencia posible.	2021

4	<p>Adición de la cascarilla de café y sus cenizas para Mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm² en las viviendas económicas de Moyobamba – 2020</p>	<p>La aplicación de la cascarilla y ceniza de café para la mejora de la resistencia a compresión en las viviendas económicas de Moyobamba</p>	<p>Resistencia a la compresión</p>	<p>Experimental aplicado</p>	<p>Se determinó con respecto a los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión que la combinación de cascarilla de café y ceniza obtuvieron los resultados que alcanzaron la mayor resistencia, superando a la muestra patrón.</p>	<p>Recomiendan el uso de un 5%, 10% de ceniza y 5% de combinación de cascarilla de café y sus cenizas, ya que fueron los resultados que pasaron a la muestra patrón.</p>	2020
5	<p>Influencia de la adición de ceniza de cascarilla de café en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, Piura</p>	<p>Determinar cómo influye la adición de la ceniza de la cascarilla de café en las propiedades físicas y mecánicas del concreto</p>	<p>Trabajabilidad Resistencia a la compresión Peso unitario Aire incorporado del concreto</p>	<p>Experimental aplicado</p>	<p>Al aumentar la ceniza al concreto en estado fresco, la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del concreto, disminuyen mientras que el peso unitario y el contenido de aire atrapado del concreto fresco, disminuyen.</p>	<p>Comprueban la idea de adicionar cenizas de cascarilla de café en futuras investigaciones experimentales y en diferentes condiciones.</p>	2020
6	<p>Experimental Investigation of Concrete Characteristics Strength with Partial Replacement of Cement by Hybrid Coffee Husk and Sugarcane Bagasse Ash</p>	<p>Estudia las propiedades del concreto elaborado a partir de la sustitución parcial de cemento por híbridos de ceniza de cascarilla de café y ceniza de bagazo de caña de azúcar en diferentes porcentajes</p>	<p>Trabajabilidad Compresión, Tracción Flexión</p>	<p>Experimental aplicado</p>	<p>A medida que las cenizas híbridas aumentan, la trabajabilidad y la densidad del concreto disminuyen. La resistencia a la compresión del hormigón disminuye, mientras el porcentaje de ceniza aumenta</p>	<p>Se recomienda el uso del 10% de reemplazo como límite máximo.</p>	2022

7	Comportamiento del mortero y el concreto hidráulicos con adición de ceniza de cascarilla de café	Caracterizar el comportamiento del mortero y el concreto hidráulicos al usar ceniza de cascarilla de café calcinada	Resistencia a la compresión	Experimental aplicado	Concluyen que la implementación de ceniza puede ser usada en morteros y concretos hidráulicos sin afectar de gran manera su resistencia a la compresión, pudiendo decir que lo orgánico puede tenerse en cuenta en la construcción, y reducir el impacto ambiental.	Recomiendan aplicar diferentes métodos para la combustión de ceniza, ya que la temperatura manejada en el proyecto es relativamente baja para el objetivo buscado, el cual era eliminar totalmente el contenido de material orgánico de la cascarilla de café	2020
8	Influencia de la adición de ceniza de cascarilla de café en la trabajabilidad y resistencia a compresión del concreto	En esta investigación evalúan la influencia de la adición de ceniza de cascarilla de café en el concreto $f'c = 280$ Kg/cm ² .	Slump Contenido de aire Temperatura Peso unitario Resistencia a la compresión	Experimental aplicado	El slump nos muestra que la trabajabilidad se ve afectada ya que el asentamiento disminuye a medida que aumenta el porcentaje de adición de ceniza. El contenido de aire y la temperatura aumentan y el peso unitario disminuye a medida que aumenta el porcentaje de adición de ceniza.	Para mejorar la resistencia a compresión del concreto y mantener la trabajabilidad dentro de los límites de diseño se puede utilizar la adición de ceniza de cascarilla de café hasta el 2% del peso del cemento	2019
9	Comportamiento del concreto con cascarilla de café y posibilidades ante textura y color.	Evaluar las propiedades y comportamientos físicos del concreto con agregados orgánicos como la cascarilla de café, uno de los residuos orgánicos que deja la gran industria cafetera en Colombia, y establecer las posibilidades ante el uso de textura y color.	Caracterizar el material orgánico (Cascarilla de café) que va a ser sustituido por porcentajes determinados, del agregado grueso del concreto.	Experimental aplicado	La fibra vegetal, cascarilla de café, proveniente de la trilla del grano de café, como reemplazo del agregado grueso cumple con los parámetros de resistencia para elementos no estructurales como se planteó al inicio de investigación, cumple con las condiciones de trabajabilidad de la mezcla y acabado óptimo y particular para el desarrollo como concreto arquitectónico.	Recomiendan estudiar el efecto de las variables de tratamiento a la cascarilla de café a edades de 7, 14 y 56 días para observar si existe una relación entre el tiempo de curado y el proceso de mineralización de la fibra, así como estudiar el curado con bolsa plástica.	2019

10	Experimental Investigation on the Effects of Coffee Husk Ash as Partial Replacement of Cement on Concrete Properties	Uso de la cascarilla de café como ceniza con el fin de evitar el agotamiento de los recursos naturales, el consumo de energía y la emisión de CO ₂ .	Trabajabilidad, resistencia a la compresión, absorción de agua	Experimental aplicado	Reduce la resistencia a la compresión y la trabajabilidad del hormigón a medida que aumenta la ceniza. La absorción de agua aumenta a medida que la ceniza aumenta.	Recomiendan una mayor investigación sobre los posibles efectos de la ceniza a largo plazo con el fin de averiguar otras propiedades que puedan ser relevantes en el concreto	2022
11	Strength and Microstructure of Coffee Silverskin Blended Mortar	Estudia la cascarilla de café en reemplazo parcial del cemento Portland ordinario en un mortero, investigando sus propiedades en estado fresco (fraguado y trabajabilidad), resistencia a la compresión (3, 7, 14 y 28 días), absorción.	Trabajabilidad, Tiempo de fraguado, resistencia a la compresión	Experimental aplicado	La ceniza disminuye la trabajabilidad y el tiempo de fraguado en el mortero. Las concentraciones máximas de 3 días y 28 días de café mezclado mortero fueron inferiores a la resistencia máxima obtenida en el mortero		2022
12	Influencia de la ceniza de cascarilla de café para aumentar la resistencia a la compresión en una losa aligerada, Jaén 2021	Determinar cómo es que las incorporación de cenizas de cisco de café influyen en las propiedades del concreto tanto en estado fresco como endurecido, reemplazado del agregado fino con respecto al cemento.	Resistencia a la compresión	Experimental aplicado	Infieren que a mayor volumen reemplazado del agregado fino la resistencia se vea afectada de forma negativa, estableciendo el diseño óptimo entre el 0.10 y 0.15 de sustitución del volumen.	Sugieren utilizar otros productos desechos de alguna actividad industrial en la ciudad de Jaén que sería de suma importancia en el sector de la construcción	2021

13	Trabajabilidad y Resistencia a Compresión del concreto con adición de plástico PET	Utilizan tiras de plástico reciclado como agregado para la mezcla del concreto	Asentamiento Resistencia a la compresión	Experimental aplicado	Observan que a mayor incremento del porcentaje plástico PET disminuye la resistencia mientras que la trabajabilidad obtiene resultados favorables.	Recomiendan investigar la Trabajabilidad y Resistencia a compresión del concreto ya que observan que la resistencia es adecuada para el llenado de concreto de elementos estructurales y señalan que pueden mejorar con aditivos en la mezcla.	2018
14	Incorporación de ceniza de cascarilla de arroz para aumentar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² , Moyobamba 2021”	Proponer la incorporación de ceniza de cascarilla de arroz para aumentar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm ² .	Resistencia a la compresión	Experimental aplicado	Concluyen que las propiedades físicas de la ceniza de cascarilla de arroz son convenientes en la producción de concreto	Recomiendan la utilización de la CCA a modo de reemplazo del material fino (arena) en una mezcla de concreto $f'c=210$ kg/ cm ² a fin de disminuir costos y mejorar la resistencia, así como potenciar la cosecha de arroz en la región.	2021
15	Mejoramiento de la resistencia a la compresión de un concreto simple con adiciones de ceniza de chala de maíz en la localidad de chilcayoc, provincia sucreayacucho	La investigación estudia los valores de resistencia a la compresión y asentamiento de concreto adicionado con ceniza de chala de maíz; para obtener mayores valores de las propiedades de resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión	Experimental aplicado	Concluyen que la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con diferentes porcentajes de ceniza de chala de maíz elaborado con agregados grueso y fino de la cantera La Moderna, mejora comparativamente con respecto a la resistencia a la compresión de un concreto patrón de calidad $f'c =210$ kgf/cm ²	Recomendaron evaluar los diferentes porcentajes de sustitución de ceniza de chala de maíz no se recomienda el reemplazo superior al 20% al repercutir de manera negativa en las propiedades de resistencia a la compresión y trabajabilidad	2019

16	Elaboración de bloque prefabricado con cáscara de cacao, viruta de madera y mortero mixto para viviendas de interés social.	Determinan el eficiente usufructo de los recursos residuales existentes en nuestro entorno, mediante la incorporación de fibras naturales al hormigón generando un incremento de las características mecánicas de la mezcla y creando un insumo constructivo degradable.	Resistencia	Experimental aplicado	Indican que la resistencia sobrepasa los estándares de calidad dispuestos por la norma ecuatoriana de construcción, por lo tanto podrá ser empleado en edificaciones de viviendas con un bloque tipo C, D, y E para paredes internas y externas.	El bloque elaborado de cascara de cacao, viruta de madera y mortero mixto es altamente calificado para el uso en mampostería no estructural además es un elemento de construcción altamente resistente y con buen porcentaje de absorción siendo de gran interés social a nivel global.	2019
17	Aprovechamiento de la cáscara de cacao para la elaboración de un biocomposito con aplicación en la construcción sostenible	La cáscara residual de plantaciones de Cacao para la elaboración de un biocomposito que junto con una matriz polimérica residual, sea un material apto para su aplicación en la construcción sostenible según certificaciones BREEAM y LEED en materiales de construcción.	propiedades físicas y químicas de la cáscara de cacao y físico-mecánicas del biocomposito	analítico	Indican que al igual que la cáscara, la caracterización del biocomposito se hace necesaria puesto que permite conocer sus propiedades y así su aplicación en la construcción sostenible.	Recomiendan extender la caracterización física y mecánica del biocomposito, entre esta se encuentran análisis de degradación como lo son la corrosión y decoloración, y pruebas mecánicas como la torsión, resistencia, dureza y tensión.	2019
18	Comparative effects of using recycled CFRP and GFRP fibers on fresh- and hardened-state properties of self-compacting concretes: a review.	Uso de diferentes porcentajes de CFRP y GFRP para determinar la influencia en las propiedades en estado fresco y endurecido del hormigón	Resistencia a la compresión, resistencia a la flexión	Experimental aplicado	La dosis de fibra tiene un impacto mucho mayor en las propiedades del estado fresco y endurecido que la longitud de la fibra. Mientras que, la tasa máxima de mejora de las propiedades mecánicas y de impacto se logró en las muestras reforzadas con una longitud de fibra de 30 mm.	El uso de materiales con polímero reforzado con fibra, como vidrio o carbono, ya que tienen peso ligero, alta rigidez, alta resistencia a la tracción, buena durabilidad y resistencia a altas temperaturas.	2020

19	Influencia de la ceniza del tronco del eucalipto en las propiedades físico mecánicas del concreto de diseño $f'c=210$ kg/cm ² Anta, Cusco – 2021”	Investigan si la ceniza de tronco de eucalipto mejora las propiedades del concreto mediante sustitución parcial del cemento para ayudar a la conservación del medio ambiente y reducir el costo de producción de concreto.	Resistencia a la compresión, trabajabilidad	Experimental aplicado	Concluyen que es favorable la sustitución porcentual del cemento por las cenizas del tronco de eucalipto, mejoran las propiedades mecánicas del concreto, pero que disminuye la trabajabilidad	Recomiendan el reemplazo del cemento hasta un 9% ya que es el límite para obtener la máxima resistencia a la compresión, la trabajabilidad se recomienda el uso de la sustitución de ceniza en porcentajes menores al 9 %.	2021
20	Evaluación de la Resistencia del Ladrillo de Concreto, por Sustitución Parcial del Cemento por Cáscara de Huevo y Zeolita, Chimbote - 2021	el efecto de la sustitución parcial del cemento por cáscara de huevo y zeolita en la resistencia de compresión del ladrillo de concreto	Resistencia a la compresión, trabajabilidad	Experimental aplicado	Los resultados obtenidos se compararon con las normas, las cuales, según las pruebas realizadas podemos decir que la sustitución del cemento por cáscara de huevo y zeolita aumentan la resistencia de compresión de los ladrillos de concreto, cumpliendo con los requisitos de la norma E. 070 y la NTP 399.601.	Recomiendan investigar la cáscara de huevo y la zeolita, y otros tipos de residuos orgánicos que presenten sostenibilidad en la producción masiva del material, para reemplazar al cemento o agregados y así poder obtener ladrillos ecológicos, económicos y sostenible para las futuras construcciones.	2021
21	The Effect of the Carbon Fiber on Concrete Compressive Strength.	Estudia la resistencia del hormigón bajo factores individuales y se analizó exhaustivamente la ley del cambio de resistencia. Se estudiaron los efectos de diferentes proporciones de arena y tiempo de curado en la resistencia a la compresión del concreto y se llevó a cabo el análisis de ajuste.	Resistencia a la compresión	Experimental aplicado	La proporción adecuada de fibra de carbono y arena puede promover la resistencia a la compresión del concreto y tiene una buena resistencia al agrietamiento que puede mejorar los modos de falla y las características de la superficie.	Recomiendan para una mezcla utilizando fibra de carbono recicladas un porcentaje menores a 0.4% ya que después de este porcentaje, la resistencia a la compresión disminuye.	2018

22	<p>Evaluación de propiedades físico-mecánicas del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ sustituyendo cemento con una mezcla de esquisto y cenizas de cáscaras de arroz</p>	<p>Está orientada a la implementación de alternativas naturales no convencionales como lo es la combinación de piedra esquisto (roca metamórfica) y las cenizas de cáscara de arroz(orgánica), las cuales por su composición</p>	Resistencia a la compresión	Experimental aplicado	<p>Comprueban que al sustituir el cemento por la mezcla Roca esquisto y ceniza de cascará de arroz, esta reacciona a largas edades de curados desarrollando una resistencia más lenta, pero obteniendo mejorías mientras que la muestra este hidratada.</p>	<p>Proponen la investigación de sustitución de la mezcla roca esquisto y ceniza de cáscara de arroz, usando mayores porcentajes por componente, buscando obtener una dosificación que ayude al concreto y una alternativa sostenible.</p>	2019
23	<p>Propiedades físicas y mecánicas del hormigón usando polvo residual de desechos orgánicos como reemplazo parcial del cemento</p>	<p>Prepararon hormigones sustituyendo el cemento por el polvo de residuo orgánico, en peso, en porcentajes de 5, 10, 15 y 20%. Se evaluaron sus propiedades físicas y mecánicas.</p>	Resistencia a la compresión, trabajabilidad	Experimental aplicado	<p>Los resultados muestran que el hormigón de referencia presenta mayor resistencia a la compresión que el hormigón con bajo contenido de cemento. Sin embargo, las mezclas con 5% de polvo y razón a/c de 10:1 presentan valores de 2,1% superiores al hormigón de referencia.</p>	<p>Indican que se puede usar el polvo orgánico como material de relleno (filler) en el hormigón para sustituir parte del cemento puesto que se obtienen hormigones más resistentes y densos y con menor absorción específica e índice de vacíos.</p>	2018
24	<p>Comparison of the Mechanical Behavior of Concrete Containing Recycled CFRP Fibers and Polypropylene Fibers.</p>	<p>Uso de fibra de carbono reciclada como una alternativa de reciclaje viable</p>	Resistencia a la compresión	Experimental aplicado	<p>A pesar de presentar un peor comportamiento a compresión que los hormigones sin fibras añadidas, los que contienen fibras de carbono recicladas no se diferencian mucho de los hormigones con fibras de polipropileno, alcanzando resistencias superiores a 25 N/mm² haciéndolos así viables para su uso en la construcción de edificios.</p>	<p>Asegurar una mayor cantidad de fibras en las zonas de mayor deformación reduciendo su tamaño o añadiendo una mayor cantidad de fibras por m³ permite aumentar el potencial que estas fibras pueden ofrecer.</p>	2021

25	Effect of chemically modified recycled carbon fiber composite on the mechanical properties of cementitious mortar.	Uso de fibra de carbono reciclada sin y con tratamiento para evaluar su resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión	Experimental aplicado	En comparación con el RCFCRM que incorpora el RCFC sin tratar, el mortero que incorpora el RCFC tratado con SPS mostró una ligera disminución de las resistencias a la compresión, pero un aumento de las resistencias a la tracción por división.	Recomiendan que para utilizar la fibra de carbono reciclada es mucho mejor usarla a un curado de 7 días ya que mejora la resistencia a la compresión en comparación en un curado a 28 días.	2020
26	Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto	se evalúa el efecto de la ceniza de caña de azúcar (CBCA) en la resistencia del concreto de 210 kg/cm ² , reemplazando parcialmente CBCA por el cemento, en proporciones de 20 y 40%.	Resistencia a la compresión, trabajabilidad	Experimental aplicado	Mostraron que la resistencia a la compresión del concreto disminuyó con el incremento de la proporción de ceniza, por debajo de la mezcla de diseño.	Sugieren no recomendar la CBCA para el uso estructural por su disminuida resistencia a la compresión	2018
27	Diseño de concreto de alta resistencia con aplicaciones de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz, para mejorar su resistencia a la compresión, san martin – 2020	Evalúan la sustitución parcial del cemento por aplicaciones de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz en el comportamiento de la resistencia a compresión de un concreto de alta resistencia.	Resistencia a la compresión	Experimental aplicado	El porcentaje óptimo al sustituir el cemento con adición de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz que se ha podido determinar es el porcentaje del 1%.	Tener en cuenta que al utilizar una mayor proporción del 1% de ceniza de coco y ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento disminuye la resistencia esperada de un concreto de alta resistencia f'c=350 kg/cm ²	2020

28	Experience-based training of students on concretes reinforced by recycled carbon fibers.	Estudio de especímenes reforzados con fibra de carbono reciclada en porcentajes	Resistencia a la compresión	Experimental aplicado	Al incrementar los porcentajes de fibras de carbono recicladas en barras de concreto, la capacidad de compresión disminuye, mientras que la capacidad de tracción aumenta.	Recomiendan para una mezcla utilizando fibra de carbono recicladas un porcentaje menores a 0.5% ya que después de este porcentaje, la resistencia a la compresión disminuye.	2017
29	Evaluación de la ceniza de cascarilla de arroz como suplemento al cemento en mezclas de concreto hidráulico	Evaluaron la ceniza de cascarilla de arroz como suplemento al cemento en mezclas de concreto hidráulico, a fin de correlacionar los datos de la mezcla normalizada y adicionada, determinando el patrón de mezcla más efectivo y su posibilidad de ser empleado en la industria de la construcción.	Resistencia a la compresión	Experimental aplicado	La ceniza de cascarilla de arroz utilizada carece de un previo secado y tamizado. Debido a ello se verifica la importancia del control en el proceso de alistamiento de la ceniza, siendo resultando necesario realizar el proceso de molienda, tamizado y secado, para que sus partículas tengan el tamaño del cemento y reaccionen químicamente.	Los resultados obtenidos no garantizan el uso estructural, por lo que se requiere realizar más estudios que profundicen en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, analizando en más detalle los porcentajes donde aumenta la resistencia y afecta la elasticidad del concreto,	2019
30	Adición de ceniza de hoja de musa paradisiaca y su efecto en las propiedades del concreto	Analizar los efectos que produce la adición de la ceniza de hoja de musa paradisiaca en las propiedades del concreto en Huancayo	exudación, peso unitario y resistencia a la compresión	Cuasiexperimental.	La adición de ceniza de hoja de musa paradisiaca si influye significativamente en las propiedades del concreto fresco en Huancayo, debido a que en el ensayo de exudación al adicionar mayor cantidad de porcentaje de ceniza de hoja de musa paradisiaca, se reduce la exudación obteniendo un mejor resultado con la adición	Analizar la adición de ceniza de hoja de musa paradisiaca en otras proporciones a fin de verificar si mejora las propiedades del concreto significativamente, para continuar con una investigación futura	2022

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Matriz de relación entre subtema y objetivos

SUBTEMAS (indicadores)	DEFINICIÓN/JUSTIFICACIÓN/DEL SUBTEMA/DELIMITACIÓN TEMPORAL (si aplica)	OBJETIVO
Trabajabilidad del concreto con adición de ceniza de cascarilla de café en diferentes porcentajes.	La trabajabilidad es una característica física del concreto que se define como la facilidad con la que se puede colocar y compactar el concreto en estado fresco sin que se genere segregación ni exudación al momento de realizar dichas operaciones.	Determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café para mejorar la trabajabilidad del concreto estructural
Peso Unitario del concreto con adición de ceniza de cascarilla de café en diferentes porcentajes.	La densidad del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento. El tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta la densidad.	Determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café para disminuir el peso unitario del concreto estructural en estado fresco.
Resistencia a la compresión del concreto con adición de ceniza de cascarilla de café en diferentes porcentajes.	La principal característica mecánica del concreto es la resistencia a la compresión. Se le define como la capacidad de soportar una carga axial por unidad de área, con los diferentes porcentajes de ceniza de cascarilla de café incrementa la resistencia del concreto y contribuye a soportar las cargas, generando un hormigón con mayor resistencia.	Determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café para incrementar la resistencia a la compresión del concreto estructural
Resistencia a la tracción del concreto con adición de ceniza de cascarilla de café en diferentes porcentajes.	Máximo esfuerzo de tracción que un cuerpo puede soportar antes de romperse. Es sinónimo de carga de rotura por tracción. No debe confundirse con la carga admisible; ésta resulta inferior a la carga de fluencia en una cantidad que se denomina coeficiente de seguridad.	Determinar los porcentajes de ceniza de cascarilla de café para aumentar la resistencia a la tracción indirecta del concreto estructural

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4: Matriz de relación entre los subtemas y las referencias bibliográficas.

AUTOR	TÍTULO	SUBTEMA INDICADOR 1 TRABAJABILIDAD	SUBTEMA INDICADOR 2 RESISTENCIA (kg/cm ²)	SUBTEMA INDICADOR 3 A/C	SUBTEMA INDICADOR % DE CENIZA DE PRODUCTOS ORGÁNICOS
Br. Bravo Sánchez, Juan Carlos Br. Saldaña Becerra, Luis Miguel	Influencia de la ceniza de cascarilla de café para aumentar la resistencia a la compresión en una losa aligerada, Jaén 2021	Plástica (3" - 4")	210	0.6839	10% - 15% - 20%
Huamán Vela, Orlando	Evaluación de resistencia a compresión del concreto f ^c 210 Kg/Cm ² , con adición de ceniza de cascara de café, San Ignacio, Cajamarca	4"	210	0.6310	5% - 7.5% - 10% - 12.5%
Iparraguirre Sanchez, Ronald Alberto	Influencia de la adición de la ceniza de la cascarilla de café en las propiedades del concreto f ^c = 210 kg/cm ² , Oxapampa – 2021	3" - 4"	210	0.5700	1% - 3% - 5%
Molocho Tiquillahuanca, Jhenfer Rodríguez Chumbe, Delia Margarita	Adición de la cascarilla de café y sus cenizas para Mejorar la resistencia a la compresión del concreto f ^c =210 kg/cm ² , en las viviendas económicas de Moyobamba – 2020	3" - 4"	210	0.5580	5% - 10% - 15%

Nixon Carlos Rodríguez Soberón	Diseño de concreto $f'c=250\text{kg/cm}^2$ reforzado con cascarilla de café en la ciudad de Jaén	3" - 4"	250	0.5000	5% - 10% - 15%
Weninger Padilla, Luis Alberto	Influencia de la adición de ceniza de cascarilla de café en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, Piura	4" - 5"	210	0.6000	5% - 10% - 15%
Rocio Del Pilar Moreno Torrado Heylen Daniela Sánchez Torrado Naid Alejandra Santana Santana Jaime Yesid Manzano Angarita	Estudio de la mezcla de concreto con los residuos de la cascarilla del café Study of the mixture of concrete with the residues of the coffee husk	-	-	-	-
Javier Daniel Ortiz Cofles Andrés Camilo Rojas Montoya Juan José Triana Suárez	Comportamiento del mortero y el concreto hidráulicos con adición de ceniza de cascarilla de café	-	-	-	5% - 10% - 15%
Hyman Roque / Jared Medrano	Aprovechamiento de la cascarilla de café en la elaboración de materiales de construcción	-	-	-	-

Marisol Díaz Vargas Josmar Harold Fernández Pérez	Influencia de la adición de ceniza de cascarilla de café en la trabajabilidad y resistencia a compresión del concreto	3" - 4"	280	0.5870	1% - 2% - 4% - 8%
Jenny Angélica Coral Patiño	Comportamiento del concreto con cascarilla de café y posibilidades ante textura y color.	-	-	0.5000	1% - 2% - 4%
Asmamaw Gedefaw Begashaw Worku Yifru Solomon Asrat Endale Betelhem Tilahun Habtegebreal Mitiku Dantie Yehualaw	Experimental Investigation on the Effects of Coffee Husk Ash as Partial Replacement of Cement on Concrete Properties	-	250	0.5000	5% - 10% - 15% - 20%

Fuente: Elaboración propia