



Universidad  
Señor de Sipán

# **FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO**

## **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **TESIS**

## **Evaluación de las propiedades físico mecánicas del concreto usando ceniza de cascarilla de arroz (CCA)**

### **PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO CIVIL**

#### **Autor**

Bach. Vargas Villafuerte Julio Cesar  
<https://orcid.org/0000-0002-7595-6862>

#### **Asesor**

Mg. Salinas Vásquez Néstor Raúl  
<https://orcid.org/0000-0001-5431-2737>

#### **Línea de Investigación**

Infraestructura, tecnología y medio ambiente

**Pimentel – Perú**

**2023**

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA  
DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)**

**Aprobación del jurado**

---

Mg. REYNOSO TORRES, JORGE JEREMY JUNIOR  
**Presidente del Jurado de Tesis**

---

Mg. VARIAS RUIS JOAQUÍN GABRIEL  
**Secretario del Jurado de Tesis**

---

Mg. SALINAS VASQUEZ, NESTOR RAÚL  
**Vocal del Jurado de Tesis**



## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy VARGAS VILLAFUERTE JULIO CESAR egresado (s) del Programa de Estudios de **Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

### **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firmo:

Vargas Villafuerte, Julio César	DNI: 43566808	
---------------------------------	---------------	--

Pimentel, 13 de mayo de 2023.

## **Dedicatoria**

Dedico mi tesis a mi querido padre Alfredo Aldo Vargas Caro, que hace poco tiempo se fue al cielo, dejando un vacío enorme en mi corazón y en mi vida. Tu bendición guía mis pasos y mi camino a diario; estoy seguro de que donde estés estas muy orgulloso de mí. Por tal motivo te presento y ofrendo mi trabajo físico, fruto de mucho estudio, esfuerzo, tiempo y paciencia; ¡te amo viejito!

**Julio César**

## **Agradecimientos**

- A mis queridos padres Alfredo y Acela

Quiero agradecer en primer lugar a mis padres que siempre me dieron su apoyo incondicional para cumplir los objetivos personales, académicos y de vida. Ya que ellos con su amor y cariño me impulsan siempre a perseguir mis metas sin abandonarlas frente a las adversidades.

- A mi querida hija Ashlye Ximena

Porque ella es el motor que impulsa mi vida y todo lo que me proponga lograr como objetivo, además de siempre ponerme el anhelo de ser un ejemplo a seguir para ella.

- A mis hermanos Judit, Lino y Sarita

Que con su motivación constante hacían que jamás flaquee en el camino, además de recibir su admiración, lo cual no podía defraudar.

- A cada uno de mis docentes

Que, con su amplio conocimiento y experiencia en esta hermosa carrera profesional, sembraron en mí saber; sin ustedes los conceptos son solo palabras, y como todos saben: "las palabras se las lleva el viento". De cada uno de ellos me llevo un recuerdo inolvidable

que guardaré en mi mente y aplicaré a lo largo de mi vida profesional, ya que algunos no solo fueron mis docentes, sino también fueron amigos.

- A mis compañeros Stalin, Geyner, Magaly y José Miguel

Gracias por innumerables horas compartidas, trabajos que hicimos en equipo y sin olvidar cuantas historias vividas dentro y fuera de aula de clases; no solo fueron mis compañeros, fueron mi amigos, cómplices y hermanos; siempre los recuerdo con cariño y deseando que todo les vaya bien a lo largo de su vida personal y profesional.

- A mi casa de estudios

A la Universidad Señor de Sipán, que me abrió las puertas y me acogió todo este tiempo académico, hasta la obtención de mi título profesional. Asimismo, a cada uno de los colaboradores por permitirme gozar de las mejores condiciones para adquirir saber.

**El Autor**

## Índice

Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Índice de Tablas, gráficos .....	viii
Resumen .....	xii
Abstract .....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad Problemática .....	1
1.2. Formulación del problema .....	15
1.3. Hipótesis.....	15
1.4. Objetivos .....	15
1.5. Teorías relacionadas al tema .....	16
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	31
2.2. Variables, Operacionalización .....	31
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	35
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	36
2.5. Procedimiento de análisis de datos .....	37
2.6. Criterios éticos.....	39
III. RESULTADOS .....	40
3.1. Resultados .....	40
3.2. Discusión de los resultados .....	81
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	85
4.1. Conclusiones.....	85
4.2. Recomendaciones .....	86
REFERENCIAS.....	88
ANEXOS.....	95

## Indice de Tablas y figuras

<b>Tabla 1</b>	Composición Química de la Ceniza de Cáscara de arroz por autores.....	26
<b>Tabla 2</b>	Contenido de Sílice de la escoria de cáscara de arroz según Países .....	27
<b>Tabla 3</b>	Datos de Tiempo y Temperatura de incineración por autores .....	28
<b>Tabla 4</b>	Porcentajes de sustitución en mezclas de concreto por autores .....	29
<b>Tabla 5</b>	Variable Independiente y Operacionalización.....	32
<b>Tabla 6</b>	Variable Dependiente-Operacionalización.....	33
<b>Tabla 7</b>	Distribución de la cantidad de especímenes cilíndricos por dosificación. ....	35
<b>Tabla 8</b>	Distribución de la cantidad de especímenes prismáticos por dosificación .....	36
<b>Tabla 9</b>	Resultado del estudio granulométrico para el agregado fino. ....	41
<b>Tabla 10</b>	Resultado del estudio granulométrico para el agregado grueso.....	42
<b>Tabla 11</b>	Caracterización física del agregado fino cantera La Victoria .....	44
<b>Tabla 12</b>	Caracterización física del agregado grueso cantera Tres Tomas .....	44
<b>Tabla 13</b>	índice puzolánico (%) por grado de incineración de las muestras. ....	45
<b>Tabla 14</b>	Resultado del ensayo de densidad de la CCA. ....	45
<b>Tabla 15</b>	Resultado del ensayo de finura a la CCA .....	46
<b>Tabla 16</b>	Contenido de humedad del material CCA .....	47
<b>Tabla 17</b>	Pérdida por calcinación a diferentes temperaturas.....	47
<b>Tabla 18</b>	Composición Química de la CCA por autores-Perú.....	49
<b>Tabla 19</b>	Dosificación de materiales para la mezcla patrón f'c 280kg/cm2. ....	51
<b>Tabla 20</b>	Dosificación de materiales en tanda/m3 para 9 probetas cilíndricas. ....	52
<b>Tabla 21</b>	Dosificación de materiales en tanda/m3 para 9 probetas prismáticas. ....	52
<b>Tabla 22</b>	Dosificación de materiales para tanda/m3 con adición al 2.5 % (cilindros).....	53
<b>Tabla 23</b>	Dosificación de materiales para tanda/m3 con adición al 2.5 % (prismas). ....	53
<b>Tabla 24</b>	Dosificación de materiales por tanda/m3 con adición al 7.5% (cilindros).....	54
<b>Tabla 25</b>	Dosificación de material por tanda/m3 con adición al 7.5% (prismas) .....	54
<b>Tabla 26</b>	Dosificación de materiales por tanda/m3 con adición al 10% (cilindros).....	55
<b>Tabla 27</b>	Dosificación de material por tanda/m3 con adición al 10% (prismas) .....	55
<b>Tabla 28</b>	Dosificación de materiales por tanda/m3 con adición al 12.5% (cilindros).....	55
<b>Tabla 29</b>	Dosificación de material por tanda/m3 con adición al 12.5% (prismas) .....	56
<b>Tabla 30</b>	Medida del asentamiento en muestras cilíndricas y prismáticos por adición (%). ....	57
<b>Tabla 31</b>	Lectura de temperatura según dosificación. ....	58
<b>Tabla 32</b>	Medida referente al peso unitario, rendimiento y Contenido de aire .....	59
<b>Tabla 33</b>	Resistencia a la compresión y alcance por días de curado. ....	60
<b>Tabla 34</b>	Funcionalidad de la resistencia compresiva en función de características plásticas. ....	62
<b>Tabla 35</b>	Resumen de los porcentajes obtenidos según resistencia obtenida por dosis ....	64
<b>Tabla 36</b>	Resumen del Módulo Elástico promedio según dosis por días de ensayo .....	66
<b>Tabla 37</b>	Módulo Elástico Promedio para la mezcla patrón por días de edad .....	68
<b>Tabla 38</b>	Módulo Elástico promedio para la mezcla al 2.5% de sustitución por días de curado .....	69
<b>Tabla 39</b>	Módulo Elástico Promedio para la mezcla al 5% de sustitución por días de curado .....	70
<b>Tabla 40</b>	<i>Módulo Elástico promedio para la mezcla al 7.5% de sustitución por días de curado .....</i>	71
<b>Tabla 41</b>	Módulo Elástico promedio para la mezcla al 10% de sustitución por días de curado. Nota. La Tabla 41 muestra el módulo de elasticidad promedio para la mezcla con 10% de adición de CCA.....	72
<b>Tabla 42</b>	Módulo Elástico promedio para la mezcla al 12.5% de sustitución por días de curado. ....	73

<b>Tabla 43</b>	Variación Porcentual del Módulo Elástico por dosis y edad.....	74
<b>Tabla 44</b>	Módulo de rotura según dosificación y tiempo de curado .....	75
<b>Tabla 45</b>	Variación porcentual de la resistencia a flexión según sustitución.....	77
<b>Tabla 46</b>	Desviación estándar de las muestras según dosificación a 7 días de edad .....	78
<b>Tabla 47</b>	Desviación Estándar de las muestras según dosificación a 14 días de edad .....	79
<b>Tabla 48</b>	Desviación estándar de las muestras según dosificación a 28 días de edad .....	80
<b>Tabla 49</b>	<i>Dosificaciones óptimas según investigadores.</i> .....	84

<b>Figura 1</b>	Clasificación de los materiales Puzolánicos.....	28
<b>Figura 2</b>	Diagrama de Flujo de Procesos .....	38
<b>Figura 3</b>	Esquema granulométrico para el agregado fino.....	41
<b>Figura 4</b>	Esquema Granulométrico para el agregado grueso.....	43
<b>Figura 5</b>	Comportamiento Puzolánico de la CCA por grado de incineración.....	45
<b>Figura 6</b>	Composición Química de la CCA estudiada Consultor RKCC. ....	50
<b>Figura 7</b>	Medida del Asentamiento por dosificación de la mezcla.....	57
<b>Figura 8</b>	Temperatura del concreto según dosificación.....	58
<b>Figura 9</b>	Peso Unitario, Rendimiento y contenido de aire. ....	59
<b>Figura 10</b>	Comportamiento resistente de los especímenes según dosis .....	61
<b>Figura 11</b>	Gráfico de barras de la resistencia compresiva según dosificación .....	61
<b>Figura 12</b>	Propiedad compresiva vs propiedades físicas del concreto (7 días).....	63
<b>Figura 13</b>	Propiedad compresiva vs propiedades físicas del concreto (14 días).....	63
<b>Figura 14</b>	Propiedad compresiva vs propiedades físicas del concreto (28 días).....	64
<b>Figura 15</b>	Porcentajes alcanzados a compresión de las muestras.....	65
<b>Figura 16</b>	Comparativo del Módulo de Elasticidad según proporción.....	67
<b>Figura 17</b>	Distribución del Esfuerzo vs el Módulo Elástico al 0% de sustitución .....	68
<b>Figura 18</b>	Distribución del esfuerzo vs Módulo Elástico dosis al 2.5% .....	69
<b>Figura 19</b>	<i>Distribución del esfuerzo vs el módulo Elástico con dosis al 5%.....</i>	70
<b>Figura 20</b>	<i>Distribución del esfuerzo vs el módulo Elástico con dosis al 7.5%.....</i>	71
<b>Figura 21</b>	Distribución del esfuerzo vs el módulo Elástico con dosis al 10%.....	72
<b>Figura 22</b>	Distribución del esfuerzo vs el módulo elástico con dosis al 12.5% .....	73
<b>Figura 23</b>	Porcentaje de alcance de Módulo Elástico por dosis y edad .....	74
<b>Figura 24</b>	Detalle del Ensayo a Flexión a los tercios del tramo.....	75
<b>Figura 25</b>	Módulo de rotura según dosis y edades .....	77
<b>Figura 26</b>	Desviación estándar y coeficiente de variación según dosis (7 días).....	79
<b>Figura 27</b>	<i>Desviación estándar y coeficiente de variación según dosis (14 días).....</i>	80
<b>Figura 28</b>	Desviación estándar y coeficiente variacional según dosis (28 días).....	81

## Indice de Anexos

Anexo 1 Resultado Granulométrico árido Fino Cantera El Cinco.....	96
Anexo 2 Análisis granulométrico del agregado fino cantera La Victoria.....	97
Anexo 3 Granulometría agregado fino cantera Tres Tomas .....	98
Anexo 4 Granulometría agregado Fino cantera La Margarita .....	99
Anexo 5 Granulometría del árido grueso cantera La Cría.....	100
Anexo 6 Granulometría árido grueso cantera Kamipao .....	101
Anexo 7 Granulometría árido grueso cantera La Victoria .....	102
Anexo 8 Granulometría árido grueso cantera La Margarita .....	103
Anexo 9 Peso específico y absorción del agregado grueso Tres Tomas.....	104
Anexo 10 Peso específico y absorción del árido grueso La Victoria .....	105
Anexo 11 peso específico y absorción árido grueso cantera Kamipao .....	106
Anexo 12 Peso específico y absorción árido grueso cantera Pacherras .....	107
Anexo 13 Peso específico y absorción del árido grueso cantera La Cría .....	108
Anexo 14 Peso específico y absorción árido fino cantera La Margarita.....	109
Anexo 15 Peso específico y absorción del árido fino cantera Tres Tomas .....	110
Anexo 16 Peso específico y absorción árido fino cantera La Victoria .....	111
Anexo 17 Peso específico y absorción del árido fino cantera El Cinco .....	112
Anexo 18 peso unitario Contenido de humedad árido grueso cantera La Victoria.....	113
Anexo 19 Peso unitario Contenido de humedad árido grueso cantera Tres Tomas .....	114
Anexo 20 Peso unitario Contenido de humedad árido grueso cantera Pacherras .....	115
Anexo 21 Peso unitario Contenido de humedad árido grueso cantera Kamipao .....	116
Anexo 22 peso unitario Contenido de humedad árido grueso cantera La Cría .....	117
Anexo 23 Peso unitario Contenido de humedad árido fino cantera El Cinco .....	118
Anexo 24 peso unitario Contenido de humedad árido fino cantera La Victoria .....	119
Anexo 25 peso unitario Contenido de humedad árido fino cantera Pacherras.....	120
Anexo 26 Peso Unitario y Humedad árido fino Cantera Tres Tomas.....	121
Anexo 27 Peso Específico del Cemento Portland Tipo I.....	122
Anexo 28 Diseño de mezcla Final $f'c$ 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	123
Anexo 29 Diseño de mezcla final patrón $f'c$ 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	124
Anexo 30 Valores del ensayo de la resistencia a compresión al 0% de dosis .....	125
Anexo 31 Valores del ensayo de la resistencia a compresión al 2.5% de dosis .....	126
Anexo 32 Valores del ensayo de la resistencia a compresión al 5% de dosis .....	127
Anexo 33 Valores del ensayo de la resistencia a compresión al 7.5% de dosis .....	128
Anexo 34 Valores del ensayo de la resistencia a compresión al 10% de dosis .....	129
Anexo 35 Valores del ensayo de la resistencia a compresión al 12% de dosis .....	130
Anexo 36 Valores para el Módulo elástico al 0% de sustitución .....	131
Anexo 37 Valores para el Módulo elástico al 2.5% de sustitución .....	132
Anexo 38 Valores para el Módulo elástico al 5% de sustitución .....	133
Anexo 39 Valores para el Módulo elástico al 7.5% de sustitución .....	134
Anexo 40 Valores para el Módulo elástico al 10% de sustitución .....	135
Anexo 41 Valores para el Módulo elástico al 12.5% de sustitución .....	136
Anexo 42 Valores del ensayo a flexión al 0% de sustitución .....	137
Anexo 43 Valores del ensayo a flexión al 2.5% de sustitución .....	138
Anexo 44 Valores del ensayo a flexión al 5% de sustitución .....	139
Anexo 45 Valores del ensayo a flexión al 7.5% de sustitución .....	140
Anexo 46 Valores del ensayo a flexión al 10% de sustitución .....	141
Anexo 47 Valores del ensayo a flexión al 12.5% de sustitución .....	142
Anexo 48 Resultados de la medida del asentamiento .....	143
Anexo 49 Resultados de la medida de la temperatura .....	144

Anexo 50 Peso Unitario y contenido de aire .....	145
Anexo 51 Resultado del ensayo índice puzolánico con muestra incinerada a 650°C .....	146
Anexo 52 Resultado del ensayo índice puzolánico con muestra incinerada a 750°C .....	147
Anexo 53 Resultado del ensayo índice puzolánico con muestra incinerada a 850°C .....	148
Anexo 54 Contenido de humedad de la CCA .....	149
Anexo 55 Ensayo de finura de la CCA.....	150
Anexo 56 Ensayo de densidad de la CCA .....	151
Anexo 57 Certificado del ensayo químico a la CCA.....	152
Anexo 58 Panel Fotográfico.....	153

## Resumen

Este estudio emerge a partir de una metodología experimental cuyo objetivo principal fue inquirir sobre las características mecánicas (endurecido) y físicas(plásticas) así como analizar el comportamiento del concreto adicionando a la mezcla escorias de la cáscara de arroz las cuales no son tratadas adecuadamente en su depósito final.

Este objetivo se alcanzó a partir del diseño de mezcla para  $f'c$  280 kg/cm<sup>2</sup> y se realizó la caracterización de sus agregados , el aglutinante (Cemento Portland Tipo I) y la ceniza referenciados bajo las normas peruanas (NTP) e internacionales (ASTM-ACI) para ello se fabricaron 186 especímenes (126 cilíndricos, 60 prismáticos) en distintas dosificaciones al 0% (control), 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5 % de adición, pasaron por un proceso de curado al agua y ensayados a edades de 7, 14 y 28 días tanto en su estado plástico como endurecido para luego establecer una dosificación óptima.

En consecuencia, se establece que al adicionar ceniza de la cascara de arroz incinerada a 750 °C y con un contenido de sílice de 88.4% al concreto mejora su comportamiento físico y mecánico ya que mejora la trabajabilidad, mantiene la temperatura e incrementa la capacidad compresiva y a flexión siendo la dosis optima al 7.5% de sustitución a los 28 días de edad en comparación con la dosis de control patrón.

*Palabras claves: Ceniza cáscara de arroz (CCA), diseño de mezcla, Resistencia, Dosis óptima.*

## Abstract

This study emerges from an experimental methodology whose main objective was to inquire about the mechanical (hardened) and physical (plastic) characteristics as well as to analyze the behavior of concrete by adding rice husk slag to the mixture, which are not adequately treated in your final deposit.

This objective was achieved from the mix design for f'c 280 kg/cm<sup>2</sup> and the characterization of its aggregates, the binder (Type I Portland Cement) and the ash referenced under the Peruvian (NTP) and international (ASTM) standards were carried out. -ACI) for this, 186 specimens (126 cylindrical, 60 prismatic) were manufactured in different dosages at 0% (control), 2.5%, 5%, 7.5%, 10% and 12.5% addition, they went through a curing process at water and tested at ages of 7, 14 and 28 days both in their plastic and hardened state to later establish an optimal dosage.

Consequently, it is established that adding rice husk ash incinerated at 750 °C and with a silica content of 88.4% to the concrete improves its physical and mechanical behavior since it improves workability, maintains temperature and increases compressive capacity. and flexion, the optimal dose being 7.5% substitution at 28 days of age compared to the standard control dose.

**Keywords:** *Rice husk ash (CCA), mix design, Resistance, Optimum dose*

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad Problemática

La presente investigación “Evaluación de las propiedades físico mecánicas del concreto usando ceniza de cascarilla de arroz (CCA)”, analiza la problemática mundial y el impacto ambiental que ocasiona la gran producción de cascarilla de arroz, como resultado de los procesos agroindustriales de molienda de arroz seco en cáscara; asimismo busca aplicar criterios según una investigación adecuada en el departamento de Lambayeque, por pertenecer al grupo de regiones de mayor producción de este producto en el país. Por otro lado, debe evidenciar la existencia de vacíos en el conocimiento, diferencias en el desempeño, resultados contradictorios o que demandaron explicaciones para alcanzar un fin u objetivo útil para el desarrollo científico, económico y/o social.

En Cuba la cascara de arroz es un desecho de la agroindustria que su degradación de forma natural es complicada y provoca que se acumulen cerca a los molinos de arroz, esto trae consecuencia ya que la proliferación de materias transmite un sinnúmero de enfermedades, además por contener alto sílice pone en riesgo la salud de la población con la quema indiscriminada [1].

Después de los combustibles fósiles y de la deforestación, la fabricación de cemento es la tercera mayor fuente generadora de emisiones de  $CO_2$  globalmente, además la necesidad de disposición de energía para la producción de cemento también es muy alta: 100–150 Kwt /tonelada de cemento producido [2].

La producción de cemento fomenta serias preocupaciones ambientales, la más preocupante es la eliminación de  $CO_2$  afectando la atmósfera que interrumpe el efecto invernadero natural y conduce al calentamiento global [3].

La CCA es el resultado de la combustión relativamente controlada o no de la cáscara de arroz (CA), asimismo es un componente puzolánico, además de ser uno de los materiales

más utilizados para reemplazar parcialmente el cemento portland ordinario en el concreto y mejorar las propiedades de calidad, durabilidad y resistencia [4].

La alta producción de la industria cementicia ha condicionado a elevar el consumo de energía y a la emisión de gases con efecto de tipo invernadero como el CO<sub>2</sub> el cual se produce en función de 0.65 y 0.85 Tn por Tn de aglutinante(cemento), ante ello es necesario encontrar materiales alternativos para la construcción no solo que resuelva problemas ambientales sino también reduzcan emisiones de CO<sub>2</sub>, de bajo costo y que pueda tener buenas características físico-mecánicas [5].

En Malasia se produce aproximadamente 0.48 millones de toneladas de cascarilla de arroz, el cual ocupa grandes áreas de depósitos donde son incinerados provocando que las cenizas se esparzan en el aire provocando inmensos daños al ambiente [6].

India ocupa el segundo lugar como principal productor de arroz a nivel mundial y sólo ocupa un 1% de la producción neta de sus residuos, por ende, la cantidad en desuso es arrojada en millones de toneladas al año a vertederos siendo su eliminación la que afecta nocivamente el medio ambiente contaminando cuerpos de agua ante ello es indispensable buscar alternativas tecnológicas sostenibles que puedan aumentar la producción en la construcción [7].

El porcentaje en aumento de la fabricación de concreto se encuentra superando a la mayoría de materiales de infraestructura, con grandes impactos al medio ambiente: el hormigón es responsable de 8–9% de las contaminaciones antropogénicas con gases que producen el efecto invernadero (GEI), 2–3% de la demanda anual de energía del mundo, y 9-10% de la extracción de agua industrial; además el cemento forma parte del menos del 10% del hormigón, pero es responsable de la mayoría de gases de efecto invernadero (GEI) en todo su proceso de producción [8].

El hormigón de ultra alto rendimiento (CUAR) con una resistencia a la compresión que sobrepase a 150 MPa y va hasta casi los 800 MPa. necesita de cemento desde  $900\text{kg}/\text{m}^3$  a

1000kg/m<sup>3</sup>, además de un alto humo de sílice (SF) de 150kg/m<sup>3</sup> hasta 250kg/m<sup>3</sup>, trayendo consigo una disminución en los gastos de fabricación de CUAR reemplazando parcialmente al cemento; además contribuye a la reducción de contaminación por CO<sub>2</sub> en el trayecto de fabricación de cemento que ocasionan el calentamiento global [9].

El sistema nacional de carreteras de Estados Unidos posee 45,000 millas de red vial interestatal, donde gran parte es pavimento de hormigón, demandando entre 10% y 15% de cemento por volumen en la construcción de pavimentos rígidos [10].

El cemento por excelencia es el mejor material para la construcción en general, y ésta depende del cemento; sabiendo que la fabricación de cemento es de 280 000 000 (Tn) en India y 4,100 000 000 (Tn) en el mundo, además que se espera considerable aumento, trayendo consigo la preocupación de ambientalistas, que ven la producción de cemento como una situación amenazante para nuestro el medio ambiente y específicamente la contaminación por CO<sub>2</sub> [11].

La producción de arroz en el mundo en 2017 se estimó en 760 millones de toneladas; al 2050 esta cifra seguirá en aumento; por lo tanto, la cáscara de arroz es un subproducto que comprende entre el 20–23% del peso del arroz, además que alrededor del 83% de esta se elimina con desecho, ocasionando contaminación del agua y suelo [12].

La paja de arroz es un desecho muy difícil de gestionar, ya que mundialmente crea inconvenientes por el volumen que ocupa; asimismo su valor monetario es casi nulo, por lo que se quema para aliviar en parte disposición, pero ocasionando contaminación [13].

La producción de cemento es considerada uno de los problemas negativos y perjudiciales para el medio ambiente y su consumo se estima entre los más altos a nivel mundial, ante ello se busca reducir su consumo por medio de materiales de matriz cementante como las escorias de bagazo de caña de azúcar, de cáscara de arroz y otros los cuales no tienen una adecuada disposición final [14].

La fabricación de cemento consume enormemente los recursos naturales, gran energía y elimina elevadas cantidades de gases que producen efecto invernadero, ya que representa el 7% de emisiones totales en el mundo de dióxido de carbono; para ser más claro, una tonelada de cemento Portland común afecta aproximadamente con una tonelada de  $CO_2$  y por lo cual están bajo la observación y gran control por parte de los gobiernos y ambientalistas [15].

El cemento es el material de construcción que la fabricación es catalogado como un procedimiento muy contaminante en el mundo, específicamente para los ecosistemas que conviven en áreas próximas a las fábricas de cemento, surge a partir de este punto la importancia de conseguir nuevas propuestas en materias primas que sustituyan parcial o totalmente al cemento y en las mezclas de concreto hidráulico sin alterar o perder sus propiedades mecánicas [16].

De cada tonelada de cáscara de arroz puede producir en promedio 0,19 ton. de ceniza, además la cascara de arroz (CA) es un remanente agrícola disponible en grandes volúmenes, que causa un fuerte efecto perjudicial ambiental debido a su quema [17].

Con el objeto de contrarrestar el calentamiento global producido por el liberamiento de gases que promueven el efecto invernadero, principalmente  $CO_2$  para la atmósfera, se promueve el uso de materiales que sustituyan al cemento o en un porcentaje. Uno de esos es la CCA, que los investigadores han encontrado adecuada para reemplazar en parte al cemento tipo 1 Portland en la producción de concreto [18].

Es inevitable el interés de usar materiales puzolánicos en sustitución parcial en la elaboración de cemento, primordialmente para contrarrestar la contaminación del aire como fruto de los procesos de producción de cemento [19].

En general los edificios comprenden un tercio de consumo de energía en el mundo, asimismo de liberaciones globales de dióxido de carbono, siendo así que la industria de la

construcción sería uno de los más importantes problemas si se busca reducir gases que promueven el efecto invernadero [20].

La producción de arroz y paralelamente la cascarilla de arroz en Colombia se ha incrementado importantemente, y principalmente en la región de la Orinoquia, finalmente a cascara de arroz no tiene un definido y solo se lo arrojan en campos abiertos para quemarlos, ocasionando daños irreparables al medio ambiente [21].

Los desechos como cenizas volantes son considerados altamente tóxicos para fuentes de agua y suelos, ante ello la reutilización de éstos puede minimizar el impacto que produce el CO<sub>2</sub> al ambiente ya que pueden ser usados como materiales cementantes en la producción de concretos [22].

A nivel nacional [23] en su informe técnico de mayo del 2022 manifiesta que la producción de cascara de arroz ha alcanzado un crecimiento de 54.7% (i.e. 517,956 tn) en comparación al mes de abril (i.e. 334,719 tn), lo que provocaría una mayor demanda de residuos los cuales no tendrían una disposición final adecuada.

El lamentable problema de contaminación con arsénico (As) está afectando a todo el Mundo, e impactando fuertemente a la salud humana, así como en el Perú, que se encontró aguas del río Tumbes contaminadas con arsénico proveniente del arrojado de CCA [24].

El diario informa en sus líneas la queja de parte de pobladores del AA.HH. Pueblo Nuevo (C.P Villa San Isidro) en Tumbes referente a que se ven afectados por la quema desproporcionada de cascara de arroz por el molino La Cruz el cual viene generando enfermedades a la salud a más de 100 familias y genera humos que provocan problemas de contaminación [25].

En su tesis *“Influencia de la cascarilla y ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural, Trujillo 2018”*; mencionan que, la necesidad de concreto premezclado a nivel de todo tipo de obras se ha incrementado mucho en estos últimos años en el Perú, por sus incomparables beneficios. Sin embargo, si

comparamos nuestro consumo con otras regiones o países de Latinoamérica aún es muy poco, por temas de déficit en infraestructura [26].

En su tesis *“Adición de cenizas de cascarilla de arroz para el diseño de concreto f’c 210kg/cm<sup>2</sup>, Atalaya, Ucayali – 2018”*, dicen que; por la enorme necesidad de inmueble o viviendas y los costos elevados de las construcciones, sin olvidar su influencia e impactos medio ambientales ocurridos a raíz de éstas, se inicia la búsqueda de nuevas formas para suplir y contribuir con la importante demanda de viviendas en zonas con bajos recursos económicos, pero considerando la seguridad y comodidad [27].

En su tesis *“Resistencia a la compresión y permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo de cáscara de huevo y ceniza de cáscara de arroz”* dice que la producción de cáscara de arroz y cáscara de huevo va aumento en el Perú y en el mundo; y al mismo tiempo no son aprovechados de la manera más correcta, ocasionando un grave impacto ambiental [28].

En su tesis titulada *“Análisis comparativo de concretos adicionados con puzolanas artificiales de ceniza de cascarilla de arroz (cca), fly ash y puzolana natural”*, manifiesta que; las obras civiles es un sector económico muy alentador pero que influye directamente preocupantemente al medio ambiente, ya que consume abundantes recursos naturales y al mismo tiempo residuos [29].

El diario, en su portal virtual publicó un artículo donde el coordinador de proyecto de la UCSM-Arequipa, el Sr. Hugo Jiménez en su proyecto *“Sistema para mitigar la contaminación de los residuos de la industria”*; indica que la cáscara de arroz en la actualidad conforma un problema ambiental en Arequipa y además en zonas como Camaná, donde al no utilizarse, se termina quemando y ocasionando enorme contaminación a medio ambiente [30].

El portal virtual publica un informe del representante del INEI el Dr. Aníbal Sánchez Aguilar donde presenta un “Informe del avance coyuntural de su región en actividades

económicas” y dice que la demanda de cemento en el país aumentó, y esto ocasiona una evolución del sector construcción, su creciente fue de 3,45% respecto al mismo periodo en el año anterior dejando atrás diez meses de efectos negativos consecutivos [31].

Localmente en su tesis *“Estudio de pre factibilidad para la instalación de una planta productora de biocemento a partir de ceniza de cascarilla de arroz”*, indica; que el proceso de incineración, es la practica más habitual para la gestión de la cáscara de arroz como desecho de la molienda, asimismo elimina su materia orgánica y se transforma en ceniza adoptando nuevas propiedades que podrían utilizarse en reemplazo parcial del cemento Portland en los morteros, pudiendo variar de 0 a 30% del peso de cemento [32].

En el departamento de Lambayeque, como en distintos departamentos del Perú existe gran producción de arroz, ya que es uno de los productos agrícolas que se consumen a diario en todas partes del departamento y en todo el país, como en el mundo. Por tal motivo, también existe muchísima producción de cascarilla de arroz (CA), ya que ésta forma parte del 20% aproximadamente del peso de cada grano de arroz con cascara, antes de ser trillado o pelado en los molinos dedicados a prestar ese servicio.

Después de este proceso industrial, queda la cascarilla del arroz, como residuo inutilizable y poco útil para las empresas molineras, ya que proceden a eliminarlo vertiéndolo a los campos, canales de riego, ríos, etc; y en otros casos a quemarlo sin ningún control, e ignorando los impactos que ocasionan al suelo, agua y aire; trayendo consigo un fuerte impacto ambiental, más aún si se sabemos de la cantidad de empresas molineras que existen en la región y en todo el país dedicados a ese rubro.

En estos tiempos que se desea evitar en lo posible el mayor daño al medio ambiente, se plantean un sinnúmero de propuestas o posibilidades para reutilizar los residuos industriales de todo tipo, para mejorar productos o reducir costo económico en procesos manufactureros. Es así como se busca reutilizar la CCA, después de una quema controlada, para emplearla y sustituirla de manera porcentual en el concreto; de esta manera se

contribuye a utilizar menos concreto sin disminuir su calidad, ni sus propiedades. Ya que se sabe por investigaciones anteriores que se mejora sus propiedades, si se sustituye por el cemento en porcentajes adecuados.

Por otro lado, el crecimiento inmobiliario y construcción de grandes proyectos a desarrollar en el departamento como en el país, ocasiona una gran demanda de insumos de construcción, donde el cemento es el ingrediente primordial, obligando a las plantas productoras a cubrir esta demanda, sin tener en cuenta el enorme impacto que ocasiona este proceso industrial.

Dentro de los antecedentes de la presente investigación tenemos el estudio experimental *“Rice Husk Ash Concrete: Study with Experimental and Theoretical result of Compressive Strength and Other Characteristics”* propone evaluar el comportamiento de las propiedades del concreto usando ceniza de cáscara de arroz como reemplazo del aglutinante en 5%, 10% y 20% llegando a la conclusión que la dosis que mejora las propiedades es al 5% de sustitución la cual muestra aumentos en la resistencia compresiva y el módulo elástico hasta en 5% [33].

En su investigación *“A comprehensive investigation on application of microsilica and rice straw ash in rigid pavement”*, donde el objetivo es de evaluar la factibilidad de utilizar ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y microsilice/microsilica (MS) como material cementoso suplementario en la construcción de pavimentos rígidos; usando metodología experimental concluye que, por su naturaleza hidrofílica de CCA y la elevada superficie específica de las partículas de MS son autoras del mejoramiento de la consistencia de la pasta, además la mezcla de MS no altera el tiempo de fragua del cemento [3].

En su investigación titulada *“The effect of rice straw fiber addition as sound silencer and its effect to concrete mechanical properties”* proponen como objetivo el uso de cenizas de cáscara de arroz en el concreto y evaluar sus propiedades en variaciones de 0%, 5%, 10%, 15% y 20% de adición y compararlas con mezcla control (0%) para  $f'c$  20Mpa,

basándose de una metodología experimental donde concluyen que el asentamiento muestra disminución a mayor dosis de sustitución, la resistencia compresiva se reducen respectivamente como 70.76%, 68.61%, 54.35%, 53.49% y a tracción dividida también se ve afectada presentando disminuciones de 52.39 kg / cm<sup>2</sup>, 38.31 kg / cm<sup>2</sup>, 35.36 kg / cm<sup>2</sup>, 25.49 kg / cm<sup>2</sup>, 25.42 kg / cm<sup>2</sup> para todas las dosis a los 28 días [34].

En su investigación experimental *“Durable Concrete Mix Design Approach using Combined Aggregate Gradation Bands and Rice Husk Ash Based Blended Cement”* tienen como objetivo principal proponer un nuevo diseño de mezcla, tratando de enfocarse a la durabilidad como parámetro de diseño y usando la CCA como un material cementoso suplementario con proporciones al 0,5, 10, 15 y 20%. Las mezclas fueron preparadas con dos bandas combinadas de gradaciones de agregado (5-10-14-18 y 5-10-18-22) ya que se observa que el concreto con dichas bandas responde mejor que las gradaciones agregadas especificadas por el código; asimismo concluyen que la dosis al 20% mejora la trabajabilidad del concreto, aumenta su resistencia compresiva hasta en 14% a la edad de 28 días [2].

En su investigación titulada *“A study on use of rice husk ash in concrete”* cuyo objetivo es inquirir el efecto que produce la ceniza de cascara de arroz con dosificaciones en 0%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5% de sustitución en relación de la mezcla (**C** :1: **A**:1.261: **P**:3.64) y a/c de 0.40 utilizando método experimental concluye que, la dosis al 7.5% alcanza valores máximos aumentando la resistencia a compresión en 1.80% (42.45 Mpa) y 3.23% (3.2 Mpa) en referencia a la muestra control a 28 días de edad [35].

En su estudio experimental titulado *“Optimum rice husk ash content and bacterial concentration in self-compacting concrete”* propone como objetivo optimizar escorias de cáscara de arroz con porcentaje de sílice de 89.73 en la mezcla de concreto con dosis al 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% en función del peso del aglutinante sus resultados muestran que el asentamiento se ve afectado a mayor dosificación, la densidad se reduce de 2517 gr/m<sup>3</sup> a 2246 kg/m<sup>3</sup> para todas las dosis sin embargo, la resistencia compresiva aumenta en

12.23%, la tracción dividida en 14.61% y la flexión en 21.02% con la dosis al 15% de adición a los 28 días de edad [36].

En su investigación *“Mechanical and Durability Properties of High Strength High Performance Concrete Incorporating Rice Husk Ash”* tiene como objetivo potenciar la microestructura de un hormigón regular utilizando CCA con incorporación de 0%, 10%, 15% y 20% (**C**: 1; **A**: 1.28; **P**: 1.91) con a/c de 0.25, sabiendo que hay materiales como humo de sílice, la escoria y ceniza volante; que también aportan propiedades y hacen un concreto más denso al reaccionar con  $CaOH$  del cemento hidratado, concluyen que la ceniza de cáscara de arroz potencia su resistencia aumentando la compresión con la dosis al 10% (116 Mpa) y su módulo elástico aumento en 10.6% (43.80 Mpa) a 28 días de edad [37].

En su investigación *“The use of rice husk ash as reactive filler in ultra-high performance concrete”* tiene como objetivo, el uso de la CCA para la elaboración de un concreto de ultra alto rendimiento (CUAR) para repotenciar las propiedades mecánicas del concreto. Usando metodología experimental, los resultados proponen una resistencia promedio de 200 MPa después de 91 días, en condiciones térmicas ambientales de 20 ° C y 60% de humedad relativa, además concluye que se da debido a la reacción puzolánica por agua adicional y sílice amorfa proporcionada por el relleno poroso (es decir, efecto de curado interno) y reactivo, respectivamente; por lo tanto, se redujo el volumen de poros capilares [12].

En su artículo de investigación *“Supplemental use of rice husk ash (RHA) as a cementitious material in concrete industry”* plantea como objetivo evaluar las características físicas y mecánicas del concreto adicionando cenizas de cascara de arroz y cenizas volantes de Tipo C, usando metodología experimental y llegando a la conclusión que dicho residuo mejora sus características físicas como la consistencia y trabajabilidad reduciéndolo de 9 a 4 cm , el contenido de aire va de 1.3% a 1.4% y su peso unitario disminuye 2.63 % y es de 2371, además la resistencia compresiva aumenta en 87.05% y a flexión en 35.91 % con la dosis óptima al 10% en comparación con la muestra patrón a los 28 días de edad [10].

En su artículo *“Estructura y propiedades del mortero y hormigón con ceniza de cascarilla de arroz, como reemplazo parcial del cemento Portland ordinario”* manifiesta como problema el calentamiento global provocado por gases que producen efecto invernadero, liberando  $CO_2$  a la atmósfera, por eso tiene como objetivo promover materiales que sustituyan al responsable de los gases invernantes en el mundo, como la ceniza cascarilla de arroz, que es adecuada según los investigadores para sustituir al cemento Portland tipo I en la preparación de concreto usando una metodología experimental concluye que: (i) es necesario una incineración controlada para obtener CCA con una estructura adecuada para un concreto estructural, (ii) el uso de CCA necesita de mayor volumen de agua, (iii) es adecuado hasta un 10% de sustitución de cemento con CCA para que la resistencia mejore respecto a las muestras patrón, y (iv) el uso de CCA en el concreto produce una microestructura de concreto RHA impermeable al agente de degradación como ataques de sulfato, ingreso de cloruro, etc., también buenas propiedades de contracción, y al final produce un concreto duradero [38].

En su investigación experimental *“Concreto hidráulico modificado con sílice obtenida de la cascarilla del arroz”* tiene como objetivo reemplazar el cemento por CCA en porcentajes del 5%, 15% y 30% en referencia al diseño de la muestra patrón de un concreto para pavimento, concluyendo que se usó ceniza obtenida de una quema controlada a unos 800°C, ya que garantiza su pureza al eliminar a esa temperatura todos los residuos orgánicos que podría poseer y llegando a obtener 91.4% de óxido de silicio; asimismo explica que la mezcla patrón obtuvo 4.27MPa y la muestra con 5% de sustitución obtuvo 4.69 MPa, demostrando una mejora que su capacidad de resistencia, así como mejores resultados en la tracción indirecta y flexión; todo lo contrario con las muestras de 15 y 30% de reemplazo de CCA [21].

En su investigación titulada *“Measurement of Pozzolanic Activity Index of Scoria, Pumice, and Rice Husk Ash as Potential Supplementary Cementitious Materials for Portland Cement”* en su objetivo plantean evaluar las propiedades del concreto adicionando materiales suplementarios de tipo cementicio como la ceniza de cáscara de arroz, su metodología

experimental se basó en adicionar cenizas de cáscara de arroz en dosis al 10%, 20%, 30% y 40% de sustitución del cemento obteniendo como resultado un aumento del índice puzolánico hasta 87.8% a los 7 días y hasta 88.9% a 28 días, la resistencia compresiva alcanzó un valor máximo de 43 Mpa a los 28 días concluyendo que la adición de cenizas poseen características que mejoran la propiedad compresiva del concreto [39].

En su estudio experimental "*Experimental Study on Rice Husk Ash in Concrete by Partial Replacement*" plantean como propósito evaluar las propiedades del concreto en referencia a su resistencia reemplazando el cemento con adición al 0%, 10%, 12.5% y 15% de ceniza de cáscara de arroz ( $\text{SiO}_2=88.32\%$ ) donde obtienen como resultado que la adición de ceniza mejora la resistencia a compresión en 5.93% (42.65 N/mm<sup>2</sup>), tracción por división en 59.56% (3.255 N/mm<sup>2</sup>) y a flexión en 18.18% (25.42 N/mm<sup>2</sup>) con la adición al 12.5% siendo ésta la óptima a los 28 días de curado [40].

En el Perú, la tesis de grado profesional "*Contrastación entre el bloque de concreto tradicional y bloque de concreto con ceniza de cáscara de arroz, Pucará - Jaén, 2021*" propone como objetivo comparar bloques tradicionales de concreto sin y con dosificación de cenizas de cáscara de arroz en proporciones de 5%, 7%, 12% y 15% con escorias resultantes de la quema a temperatura de 650°C y un contenido de sílice de 84.10% concluyendo que la resistencia compresiva disminuye con las dosis propuestas hasta en 32.04% a mayor porcentaje a los 28 días [42].

En su investigación de título "*Aplicación de la ceniza de cascara de arroz en las propiedades del concreto de  $F'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ , Lima 2021*" propone como objetivo examinar las propiedades del concreto adicionando cenizas de cáscara de arroz con dosis al 0%, 10%, 15% y 20%; aplicando una metodología experimental; concluye que el asentamiento disminuyó entre 80.77% y 100%, la resistencia compresiva aumentó en 16.17% con dosis al 10% y a tracción aumentó en 15.38% con 15% de adición a los 28 días de edad [42].

En su investigación para obtener grado de Ingeniero civil “*Adición de ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín*” proponen como objetivo adicionar cenizas provenientes de la cáscara de arroz en el concreto ( $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  y  $210 \text{ kg/cm}^2$ ) para mejorar sus propiedades de resistencia. Usando metodología experimental llegan a la conclusión que la adición de ceniza de cáscara de arroz mejora sustancialmente las propiedades mecánicas de concreto con la dosis al 2% de sustitución y alcanza aumentos de 0.64% ( $f'c 177.66 \text{ kg/cm}^2$ ) y 1.65% ( $f'c 210.35 \text{ kg/cm}^2$ ) y a flexión de 5.67% ( $41.57 \text{ kg/cm}^2$ ) y 3.84% ( $46.06 \text{ kg/cm}^2$ ) en comparación a la muestra patrón a 28 días de edad [43].

En su indagación titulada “*Influencia de la cascarilla y ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural, Trujillo 2018*” plantean como objetivo estudiar el comportamiento que produce la cáscara y ceniza de arroz (Sílice 63%) en las propiedades físicas y mecánicas del concreto con adiciones de 0%, 8% y 12 % de sustitución por peso del cemento concluyendo que la ceniza mejora las propiedades físicas como el asentamiento el cual está dentro del rango establecido en el diseño, mecánicamente el concreto se comporta eficientemente ya que aumenta la resistencia compresiva en 25.54% con la dosis al 8% a los 28 días de edad [44].

La investigación “*Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  al sustituir el cemento con ceniza de concha de abanico y cascara de arroz en 12% en la relación 3:1*” plantean como objetivo usar cenizas de concha de abanico y cascara de arroz ( $T^\circ$  de quemado  $450^\circ\text{C}$  y 85.2% de sílice) y adicionarlas al concreto para mejorar sus propiedades mecánicas, en base a una metodología experimental concluye que el porcentaje propuesto disminuye considerablemente la resistencia compresiva del concreto de 13.87% a los 28 días de edad [45].

En su indagación “*Adición de cenizas de cascarilla de arroz para el diseño de concreto  $f'c 210\text{kg/cm}^2$ , Atalaya, Ucayali – 2018*”, indica como objetivo, la determinación del porcentaje más apropiado e ideal de CCA en el diseño de un concreto  $210\text{kg/cm}^2$ ; usando

metodología experimental concluye que la incorporación de CCA en reemplazo parcial de cemento es favorable en los porcentajes de 10%-15%, todo lo contrario con la muestra que tiene el 20% de reemplazo, en la cual demuestra que la resistencia disminuye [27].

En su investigación *“Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento”*; cuyo objetivo fue encontrar la dosis óptima para que el concreto no disminuya su resistencia al adicionar cenizas, emplearon una metodología experimental que consistió en añadir cenizas al 2.5%, 5.0%, 10.0% y 15.0% de sustitución por el cemento; sus resultados arrojan promedios a los 28 días de  $221\text{kg}/\text{cm}^2$  para la muestra de diseño patrón ,  $223\text{kg}/\text{cm}^2$  para la muestra con 2.5% de incorporación de ceniza volante ,  $231\text{kg}/\text{cm}^2$  para 5%,  $200\text{kg}/\text{cm}^2$  para 10% y  $192\text{kg}/\text{cm}^2$  para el 15% de ceniza volante respectivamente. Concluyendo que adherir cenizas como sustituto del cemento debe estar en un rango menor e igual al 10% [46].

En su trabajo para optar título de ingeniero civil *“Uso de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto  $f'c=280\text{ kg}/\text{cm}^2$ ”* proponen como objetivo adicionar ceniza de cascara de arroz al concreto para mejorar sus características a flexo compresión con adiciones de 0.5%, 1%, 3% y 5% la ceniza fue incinerada a  $800\text{ }^\circ\text{C}$ , basándose en una metodología experimental obtiene como resultado que: el porcentaje al 1% de adición aumenta la resistencia compresiva en 35% y con la dosis al 5% se incrementa en 24% en tiempo de 28 días [47].

En su tesis de investigación cuyo título es *“Evaluación de las propiedades del concreto empleando ceniza de cáscara de arroz como sustituto del cemento en porcentajes para las edificaciones en la ciudad de Chiclayo”* cuyo objetivo es evaluar las características físico-mecánicas del concreto sustituyendo de manera parcial el cemento con ceniza de la cáscara de arroz en dosis al 5%, 10% y 20%, utilizando metodología experimental concluye que la adición de la ceniza mejora sustancialmente las propiedades del concreto en estado plástico y endurecido como la medida a compresión siendo la dosis al 10% la que mejor comportamiento físico mecánico registro a 28 días de edad [48].

Tuvo como objetivo en su investigación “*Diseño de morteros empleando cenizas de cascara de arroz*” inquirir las características mecánicas de los morteros adicionando cenizas, concluyendo que dicho material mejora las propiedades del concreto aumentando su resistencia compresiva y a flexión siendo la dosis óptima al 10% de sustitución incrementando hasta en 18% su resistencia en morteros [49].

Los antecedentes deben describirse mediante una síntesis de los resultados de investigaciones. Deben ser tomados al menos en un 70% de las citas bibliográficas de revistas científicas especializadas e indexadas a bases de datos Scopus y/o WoS preferentemente de los últimos 5 años.

El último párrafo debe incluir la justificación e importancia del estudio. Explicando el por qué y para qué de la investigación. Exponer en qué medida la investigación aportó a la solución del problema; cómo contribuyó a responder a las expectativas y demandas de la comunidad; por qué es necesaria e importante su ejecución; razones (para qué) de la investigación. No se citan autores.

## **1.2. Formulación del problema**

¿De qué modo influyen las cenizas de cascarilla de arroz (CCA) en las propiedades físico-mecánicas del concreto?

## **1.3. Hipótesis**

La incorporación de un porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) en reemplazo del cemento logra mejorar las propiedades físico-mecánicas de un concreto  $f'c$   $280 \text{ kg/cm}^2$ .

## **1.4. Objetivos**

### **Objetivo general**

Evaluar las propiedades físico-mecánicas del concreto usando ceniza de cascarilla de arroz (CCA).

### **Objetivos específicos**

- Realizar la granulometría de los agregados pétreos.
- Analizar las características físicas y químicas de la CCA.
- Elaborar un diseño de mezclas de  $F'c$  280  $kg/cm^2$  para muestra de control y muestras modificadas con incorporación gradual de 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5% respecto al peso del cemento.
- Comparar los resultados de las propiedades de la muestra patrón y las muestras con incorporación de CCA.
- Estimar la dosificación óptima de la incorporación de CCA en el diseño de mezcla de concreto  $f'c$  280  $kg/cm^2$ .

## **1.5. Teorías relacionadas al tema**

### **1.5.1. Concreto**

Según [50] y para la [51] indica que es una mezcla de cemento portland o algún cemento hidráulico, agregados, agregados (fino y grueso) y agua; además que puede contener o no aditivos.

En el libro "*Diseño de estructuras de concreto armado*", indica que el concreto se asemeja a la piedra, y es producto de la combinación idónea de arena, piedra, cemento, agua y aire, destacando una ventaja, la de adoptar la forma y dimensiones de acuerdo con su encofrado [52].

Según menciona que el concreto es una combinación de cemento, arena gruesa, piedra y agua, que va endureciendo según evoluciona la reacción química del cemento con el agua [53].

### 1.5.1.1. Componentes del concreto

Son áridos, inertes que mezclados con aglomerantes con son el cemento y la cal; dan lugar al concreto y mortero; constituyendo alrededor del 75% del volumen de una mezcla. Asimismo, es de suma importancia que posean características de durabilidad y resistencia; además que su superficie de estar libre de impurezas (materia orgánica, barro, etc.) que pueden atentar contra la adherencia de la pasta de concreto y los materiales pétreos.

Es un material granular; artificial o natural, como arena grava, piedra triturada y escoria de alto horno de hierro; y es usado con un ambiente cementante en la elaboración concreto y mortero [54].

Para la esta investigación se utilizó agregados provenientes de las canteras “La Victoria”, “La Cría”, “Tres Tomas”, Kamipao, El Cinco y Pacherras; todas en el departamento de Lambayeque.

#### a. Clasificación de los materiales

- Agregados naturales

##### - *Agregado fino:*

Es la piedra o arena natural triturada finamente, con dimensiones que traspasen el tamiz (3/8") o 9.51 mm y retenerse en el tamiz (N°200) 0.074 mm [55].

Dentro de ellos encontramos la arena fina y gruesa

##### - *Agregado grueso*

Se retiene en el tamiz (N° 4) o 75 mm. y puede ser piedra chancada o grava; adicionalmente cumplir con la NTP 400.011; además debe gradarse según los límites de la NTP 400.037 [55].

Dentro de ellos encontramos a las gravas, hormigón y afirmado.

- Agregados artificiales

Son los resultantes de la transformación industrial de un material natural como la piedra triturada y escorias siderúrgicas.

b. Ensayos de agregados

- Peso específico de la masa  $kg/m^3$

Indica al peso específico como la relación entre el peso del material y su volumen, esto es de suma importancia ya que a partir de esta relación se puede definir la calidad, la resistividad además de la edad duradera del concreto. En el mejor de los escenarios poder contar con materiales de alto valor define un buen comportamiento, todo lo contrario, con los de valor bajo [56].

- Porcentaje de absorción

Los agregados incrementan el peso por sus características físicas, como la permeabilidad, porosidad y otros. La absorción es la saturación máxima de agua que puede contener el agregado en sus poros, esto es de suma importancia en la prueba de mezcla, ya que se reducirá el agua de la mezcla e influirá en la trabajabilidad, por lo tanto, se tienen que realizar varias correcciones.

$$\% \text{ Absorción} = ((B - A) / A) * 100$$

B= Peso saturado seco

A=Peso seco

- Contenido de humedad

Señala al volumen de agua presente en el agregado en su forma natural, este dato es de suma importancia porque influirá en la determinación de proporciones de agua y cemento [56].

Se obtiene esta muestra representativa de agregado aplicando el método de cuarteo buscando que sea al azar y de apariencia homogénea.

- Porcentaje de vacios

Porcentaje de espacios dentro de las partículas de agregado.

- Tamaño maximo nominal

Define al tamaño menor de la malla o tamiz por donde pasa gran parte del agregado. El tamiz que define el tamaño máximo nominal podría retener entre el 5% y 15% del agregado y esto depende del número de tamaño.

- Módulo de fineza (MF)

Menciona que consiste en la suma del material retenido en las mallas estandarizadas expresado en porcentajes y dividen entre 100, la norma establece que el MF nunca debe estar por debajo de 2.3 ni mayor de 3.1, los módulos con rangos entre 2.2 y 2.8 ofrecen concretos de óptima trabajabilidad y de mínima segregación; también menciona a módulos entre 2.8 a 3.1 que son muy buenos para mezclas de concretos con resistencia alta [56].

- Peso volumétrico o unitario

Lo define como peso de la unidad de volumen, así mismo se encuentra en relación con el nivel de compactación, tamaño, forma, granulometría y contenido de humedad de los agregados [56].

- Peso unitario suelto (PUS)

Material seco donde en un recipiente es vertido suavemente hasta el punto de su derrame y finalmente es nivelado al ras usando una varilla. Es de importancia en el transporte, manejo y almacenamiento de los agregados, por lo que siempre se realizan en estado suelto. Se determina como cantidad de árido suelto por unidad de volumen.

- Peso unitario compactado (PUC)

Para el material que se ha expuesto a compactación para elevar el nivel de acomodo del material (partículas de agregado) y así disminuye el valor de su masa

unitaria. Para calcular el volumen absoluto de los agregados, es de suma importancia saber el Peso unitario compactado de los agregados; así como para el cálculo de los porcentajes de vacío de los materiales.

#### **1.5.1.1.2. Cemento**

Producto aglomerante en adición y cohesión, donde principalmente agrupa fragmentos minerales y así formar un conglomerado resistente y con durabilidad adecuada [27].

- Cemento portland

Producto extraído del proceso de molienda y pulverización del Clinker con adiciones eventuales de sulfato de calcio. Puede permitirse la incorporación adicional de insumos sin que estos sobrepasen del 1% con relación al peso del global, pero considerando la normativa donde indique que su incorporación no puede alterar las propiedades del producto resultante. Estos productos junto con el Clinker tienen que pulverizarse homogéneamente en conjunto. En esta investigación se utilizó el cemento portland tipo I ordinario de la empresa Pacasmayo S.A. [50]

#### **1.5.1.1.3. Agua**

Al agua como componente del mortero, y genera en el cemento reacciones químicas y finalmente lo llevan a fraguar y endurecer hasta constituir una estructura única sólida en conjunto con los agregados. Es muy importante el agua en la elaboración de concretos, mezclas, en los procesos de lavado de los agregados, curado y riego del concreto; por lo cual debe estar limpia y libre de partículas o sustancias de todo tipo. [57]

### **1.5.1.2. Propiedades del concreto**

#### **1.5.1.2.1. En estado fresco (Plástico)**

- Trabajabilidad

Esta característica denota la manejabilidad del concreto en estado fresco para su fácil o sencillo proceso de mezclado, de transporte, su colocado y finalmente compactado.

Es la facilidad que tiene el concreto para ser colocado y se pueda compactar sin producir segregación, por ende, si se exige un producto de calidad la trabajabilidad juega un papel de mucha importancia [58].

- Exhudación

Según la ACI es un gel líquido viscoso que surge de poros, de fisuras o de aberturas sobre la superficie del concreto o hormigón. [59].

Tiene origen por defectuosas manipulaciones durante el transporte, vaciado y vibrado de la mezcla.

- Consistencia

Es la facilidad para fluir de una mezcla, así como de acomodarse interiormente en los encofrados para llenarlos absolutamente. La consistencia va ligada a la proporción de agua y cemento que posee la mezcla, así también a la estructura y dimensiones de los áridos que se usen en la preparación de la mezcla. De acuerdo con su nivel de fluidez pueden ser mezclas plásticas, secas y fluidas. Para elegir el grado de fluidez se toma en cuenta la estructura a construir, así como del método empleado para compactar, ya sea mecánico (con máquina), o manual [60].

El ensayo del Cono de Abrams o Slump se aplica para controlar y evaluar apropiadamente la consistencia y la humedad que posee una mezcla de concreto en estado fresco [61].

Slump: explica que este ensayo es realizado a través del cono de Abrams con forma troncocónica aberturas a ambos lados y se asienta sobre

una base metálica plana y lisa; las aberturas o bocas miden 20 cm en su base inferior y 10cm. en su base superior por donde se pone el material en estado plástico. Para ejecutar el ensayo se llena de concreto el cono en 3 niveles o capas, donde en cada capa se aplicará 25 golpes con una barra lisa de acero, buscando acomodar la mezcla adecuadamente en todo el interior del cono, se deja reposar por unos minutos para posteriormente retirar el molde cuidadosamente, finalmente se observará y se medirá el asentamiento que consiste en la diferencia de alturas entre la parte superior del cono y el límite superior del concreto asentado, ésta diferencia debe estar entre 8 y 12 cm que indica que es una mezcla con manejabilidad adecuada [61].

- Contracción

Son las variaciones de volumen en una mezcla de concreto por la pérdida de agua por evaporación, donde también influye la humedad y temperatura respecto al medio ambiente donde se prepara la mezcla. Controlando la contracción se evita problemas de figuración en el proceso de endurecimiento del concreto. Para disminuir este problema se debe curar adecuadamente, considerando la normativa vigente que especifica el procedimiento de curado del concreto [53].

En resumen, se puede concluir que es la transformación del volumen del concreto desde el inicio de la catálisis y durante el fraguado, endurecido y secado del concreto final.

- Segregación

“Es la separación del agregado fino, grueso y la pasta de cemento en la mezcla fresca y provocan una disformidad y discontinuidad homogénea en su mezcla y contrae perjuicio al concreto ya que disminuye si resistencia final; este efecto puede suceder durante el manejo de la mezcla fresca (vertido, transporte o compactado del concreto)” [27].

- Tiempo de fragua

Es el tiempo que transcurre desde la incorporación del agua a una mezcla con cemento, hasta su rigidez.

- Peso unitario

Resulta de dividir el peso del material entre su volumen total incluyendo los vacíos.

- Contenido de aire

Según la [45] es la cantidad de espacios o volumen de vacíos de aire en la mezcla o pasta de concreto, sin considerar los espacios de los poros de los agregados; se indica como una fracción en porcentaje respecto al volumen total de la mezcla de concreto.

- Calor de hidratación

Es temperatura que se libera en el transcurso de la catálisis cuando hacen contacto el agua y el cemento.

#### **1.5.1.2.2. En estado endurecido**

- Resistencia a la compresión

Es la propiedad y característica más resaltante que tiene el concreto, indicando la capacidad de tolerar o soportar cargas sobre una unidad de área específica. Este ensayo es ejecutado en muestras, testigos, especímenes (probetas cilíndricas encofradas en moldes especiales con diámetros y altura de 15 cm y 30 cm. respectivamente) [26].

- Resistencia la flexión

Se denota como la tolerancia o resistencia a la falla ocasionada por momentos. Este ensayo se aplica a vigas y losas de concreto sin reforzar, y se mide a través de aplicación de cargas.

- Módulo de elasticidad

“Relación que existe entre el esfuerzo al que se somete el material y su deformación unitaria. Representa la rigidez que tiene el material cuando es sometido a carga” [62].

#### **1.5.1.3. Especimenez de control**

Se refieren a las probetas y viguetas ya con el diseño final de mezcla, según la normativa de la [49] que refiere al diseño de especímenes y curado.

#### **1.5.1.4. Curado**

El concreto debe mantenerse húmedo durante el curado, aportándole humedad o previniendo su pérdida [64].

En su texto titulado “Tecnología del concreto” señala que: Cuando el cemento está sumergido con agua hidratándose, genera endurecimiento progresivo del concreto [65].

#### **1.5.1.5. Edad del concreto**

El concreto eleva su resistencia de carga conforme incrementa su edad, y así su resistencia a la compresión y esto sucede importantemente a los primeros 14 días y alcanzando un 90%, después los resultados serán graduales hasta llegar a los 28 días donde alcanzará una resistencia del 99 % [65].

### **1.5.2. Ceniza de cascarilla de arroz**

Después de la quema de cascarilla de arroz (CA) se obtiene un 18% de CCA que contiene 92% de sílice. Asimismo, indica que, por cada 5 toneladas de cascarilla de arroz, resulta 1 tonelada de ceniza [27].

La CCA producida de la combustión se compone fundamentalmente de sílice 87%-97% y además de mínimas proporciones de sales inorgánicas y su calidad está ligada a situaciones como la temperatura de calcinación, los pretratamientos químicos, tiempo que tarda su combustión, el tiempo de incineración, y el tipo de horno [13].

### **1.5.2.1. Características físicas y propiedades de la CCA**

Polvo suave y fino al tacto de aparente color grisáceo por la proporción de hierro y carbón sin quemar. Las propiedades y características físicas dependen de sus componentes químicos, el nivel de pulverización de la misma ceniza, y la temperatura de combustión y el tipo de horno o caldera.

**Tabla 1***Composición Química de la Ceniza de Cáscara de arroz por autores.*

Autores	Composición Química (%)											
	SiO <sub>2</sub>	AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	LOI
[52]Bolivia	90.74	0.09	0.32	1.01	0.43					0.33	0.87	
[53] Bélgica	91.20	1.6	0.6	0.8	0.2		0.2	0.1			1.8	2.9
[54]India	85.76	0.25	1.15	0.74	0.81	0.31						4.05
[55] Bangladés	86.29	0.57	0.57	1.13	0.62	0.27	0.22			0.12	2.3	7.35
[56]India	89.47	0.83	0.53	0.68	0.37	0.12				0.22	0.17	7.61
[57]Tailandia	92.33	0.31	0.2	1.29	0.36	0.01				0.16	1.54	1.89
(Kang, Hong, & Moon, 2018) Korea	92.00	0.31	0.38	0.97	0.47		0.28		0.75	0.2	3.87	0.76
[58]Irán	91.15	0.41	0.21	0.41	0.45	0.62				0.05	6.25	0.45
(Safari et al , 2018) Irán	91.94	0.29	0.25	1.05	0.44	0.37		0.07		0.11	1.69	2.65
[59]Irán	88.07	1.35	0.22	1.04	0.74	0.49	0.11		2.08	1.15	2.02	2.61
(Jung et al, 2018) Korea del sur	91.79	2.12	0.8	1.27	0.67					0.14	0.76	1.56

*Nota.* La presente Tabla muestra la composición química de la ceniza de cascara de arroz por investigadores según país. Adaptada para la presente

### 1.5.2.2. Sílice de la CCA.

La cascara de arroz está formado de sílice en más del 80%, con dimensiones entre 2-4 mm de ancho, 4-14 mm de largo y 50 µm de espesor aproximadamente por la gran variedad de arroz que existe [27].

**Tabla 2**

*Contenido de Sílice de la escoria de cáscara de arroz según Países*

<b>Compuesto</b>	<b>País</b>	<b>Contenido (%)</b>
Óxido de silicio (SiO <sub>2</sub> )	Brasil	92.9
	Canadá	87-97
	Guyana	88-95
	India	86-94
	Iraq	86.8
	Japón	91.6
	Malasia	93.1
	Nordland	86-96
	Nigeria	67-76
	Tailandia	89-95
	USA	87-97
	Vietnam	86.9
	Colombia	96.51
	Venezuela	80.33
Perú	92.19	

*Nota.* Adaptado de [18], [73], [74], [75].

### 1.5.2.3. Temperatura de quemado.

A decir de que para lograr un buen comportamiento puzolánico es de extrema importancia el grado de la temperatura de combustión a la que será expuesta la cáscara de arroz, es recomendable la quema por debajo de 1440°C (punto fusión) [2].

La temperatura óptima de incineración es 600°C ya que a mayor grado provocaría la formación de K<sub>2</sub>O el cual al descomponerse generar alto contenido de carbono [15].

**Tabla 3***Datos de Tiempo y Temperatura de incineración por autores*

Autores	Temperatura °C	Tiempo (Horas)
(Pérez Quiñones, Llanes Pérez, & Morales Rodríguez, 2021)	550-700	0.5-2
[63]	600-750	-
[2]	600	24
[25]	700	1
[24]	500-800	24
[11]	700	2
[64]	600	5
[27]	600-900	1
[65]	300-900	10
[66]	700	3

*Nota.* La Tabla 3 nos muestra la temperatura y tiempo de incineración expuesta la ceniza.

#### **1.5.2.4. Puzolanas.**

Materiales artificiales o naturales que en su composición posee aluminio y/o sílice reactiva, con ningún aglomerante, pero si se las mezcla con agua y cal, reaccionan fraguando y endureciendo al igual que el cemento. Hoy en día, son ingredientes muy usados en la fabricación de insumos alternativos al cemento Portland [29].

##### **1.5.2.4.1. Clasificación de las puzolanas.**

#### **Figura 1**

*Clasificación de los materiales Puzolánicos*



Nota. Clasificación de los materiales puzolánicos adaptado de [29]

#### 1.5.2.4.2. Porcentajes de sustitución

Existen normas Internacionales, referentes a los estándares mínimos de aprobación como cenizas puzolánicas a usar en el concreto sin embargo no proponen una dosificación de la cantidad optima a ser adheridas que puedan satisfacer o mejorar las propiedades en la mezcla del concreto [79] [80].

Muchas de las proporciones que se sugieren parten a raíz de investigaciones a nivel mundial, las cuales han sugerido porcentajes acordes a la calidad de las cenizas i.e. su cantidad de sílice, la temperatura y tiempo de calcinación, donde puedan satisfacer las características físicas y mecánicas del concreto.

**Tabla 4**

*Porcentajes de sustitución en mezclas de concreto por autores*

<b>Autores</b>	<b>Porcentaje de sustitución (%)</b>
[2]	0, 5, 10, 15, 20
[11]	10, 13, 16
[64]	0, 5, 10, 15, 20 y 25
[25]	0, 5, 10, 15, 20, 25 y 30
[24]	0.5, 7.5, 10, 12.5, 15

---

[27]	10, 20, 30, 40
[55]	0-25
[56]	0, 5, 10, 15, 20
[28]	0, 10, 12.5, 15

---

*Nota.* La Tabla 4 muestra el porcentaje de adición de ceniza en el concreto por autores.

### **1.5.3. Diseño de mezcla.**

Proceso de elegir materiales en cantidades y proporciones necesarias que compondrán un metro cubico de concreto, regidas por las normas ASTM [81].

#### **1.5.3.1. Información requerida para el diseño.**

Para la realización del diseño establecido en esta investigación se asumió los siguientes criterios:

- Análisis granulométrico
- Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso).
- Peso específico de los agregados (fino y grueso)
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso).
- Tipo y marca de cemento.
- Peso específico del cemento
- Relaciones entre la resistencia y la relación agua/cemento para combinaciones posibles de cemento y agregado.

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Tipo y Diseño de Investigación**

Esta investigación es de tipo de investigación descriptiva, ya que desarrolla un procedimiento experimental y al mismo tiempo es un trabajo original del autor.

### **2.2. Variables, Operacionalización**

En la operacionalización de las variables, presentar el proceso de transformación de la variable (conceptual) a una Operativa, a través de indicadores que permitirán cuantificar la variable:

**Tabla 5**

*Variable Independiente y Operacionalización.*

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítem	Técnica e instrumento de Recolección de datos	Valores Finales	Tipo de Variable	Escala de Medición		
<b>CCA Ceniza de cáscara de arroz</b>	Según (Aliaga y Badajos, 2018) señalan que después de la quema de cascarilla de arroz (CA) se obtiene un 18% de CCA que contiene 92% de sílice. Asimismo, indica que, por cada 5 toneladas de cascarilla de arroz, resulta 1 tonelada de	Según (Aliaga y Badajos, 2018) señalan que la cascara de arroz está formado de sílice en más del 80%, con dimensiones entre 2-4 mm de ancho, 4-14 mm de largo y 50 µm de espesor aproximadamente por la gran variedad de arroz que existe (p.30).	Características Físicas	Color			-	Catagórica	Intervalo		
				Temperatura		Revisión	°C	Numérica	Intervalo		
				Finura		documentaria	%	Numérica	Intervalo		
				humedad		Observación	ml	Numérica	Intervalo		
				Índice puzolánico		Ficha técnica	%	Numérica	Intervalo		
			Dosificación	Pérdida por Calcinación	Evaluación Económica	Densidad		Equipos de laboratorio de ensayos de materiales	%	Numérica	Intervalo
						Peso			g/cm3	Numérica	Intervalo
						Costo CA			%	Numérica	Intervalo
									s/	Numérica	Intervalo

ceniza  
(p.28).

Nota. La Tabla 5 muestra la operacionalización de la variable Independiente

**Tabla 6**

*Variable Dependiente-Operacionalización.*

Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Item	Técnica e instrumento de recolección de datos	Valores Finales	Tipo de Variable	Escala de Medición
<b>Propiedades físico-mecánicas</b>	<p>Para (Jaime y Portocarrero, 2018) la resistencia a compresión es la propiedad y característica más resaltante que tiene el concreto, indicando la capacidad de tolerar o soportar cargas sobre una unidad de área específica. La Resistencia a la flexión. Se denota como la tolerancia o resistencia a la falla ocasionada por momentos. Este ensayo se aplica a vigas y losas de concreto sin reforzar, y se mide a través de aplicación de cargas.</p>	<p>Procesos mediante los cuales permiten evaluar la naturaleza y calidad del concreto para verificar sus capacidades de carga o su deformación ante un esfuerzo.</p>	<p>Propiedad de Agregado: Fino y Grueso</p>	Peso Unitario			g/cm <sup>3</sup>	Numérica	
				Peso Especifico		Equipos de laboratorio de ensayos de materiales	g/cm <sup>3</sup>	Numérica	Intervalo
				contenido de Humedad			ml	Numérica	
				Absorción			%	Numérica	
				Módulo de Fineza			-		

<p>El Módulo de elasticidad. Según (Osorio, 2020) “Relación que existe entre el esfuerzo al que se somete el material y su deformación unitaria. Representa la rigidez que tiene el material cuando es sometido a carga”.</p>		Tamaño Máximo Nominal		cm	Numérica	
	Cemento	Tipo I	Ficha técnica	kg	Numérica	
	Agua	Acidez	Ficha técnica	ph		
	Propiedades Físicas	Consistencia			cm	Numérica
		Slump			cm	Numérica
		Peso Unitario			g/cm <sup>3</sup>	Numérica
		Temperatura			°C	Numérica
	Propiedades Mecánicas	Resistencia a la Compresión		Equipos de laboratorio de ensayos de materiales	Kg/cm <sup>2</sup>	Numérica
		Resistencia a la Flexión			Mpa	
		Módulo de Elasticidad			Kg/cm <sup>2</sup>	Numérica

*Nota.* La Tabla 6 muestra la operacionalización de la variable Independiente

## 2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

### 2.3.1. Población

Está representada por un total de 186 especímenes que consta de 126 probetas cilíndricas de 15cm x 30cm; y 60 viguetas de 15cm x 15cm x 50cm preparados considerando la normativa peruana vigente y desarrollado en el departamento de Lambayeque para alcanzar diseño de  $f'c$  280 kg/cm<sup>2</sup> en porcentajes de 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5% de adición.

### 2.3.2. Muestra

Está dado por el material que sirvió como puzolana a decir la cascara de arroz, la cual fue recolectada de los molinos cercanos a la zona de estudio para luego ser incinerada a 750.0 °C y evaluadas posteriormente químicamente y el aglutinante se considera el cemento portland Tipo I.

**Tabla 7**

Distribución de la cantidad de especímenes cilíndricos por dosificación.

Resistencia requerida ( $f'c$ )	Adición de ceniza (%)	EDAD DE CURADO(Días)		
		7	14	28
280 kg/cm <sup>2</sup>	0%	7	7	7
	2.5%	7	7	7
	5%	7	7	7
	7.5%	7	7	7
	10.0%	7	7	7
	12.5%	7	7	7
				<b>126</b>

*Nota.* Para la realización de la presente investigación se usarán especímenes cilíndricos para los ensayos a compresión, la Tabla 7 muestra la distribución de los especímenes según adición de CCA.

**Tabla 8**

*Distribución de la cantidad de especímenes prismáticos por dosificación*

Resistencia requerida (f'c)	Adición de ceniza (%)	EDAD DE CURADO(Días)	
		7	28
280 kg/cm <sup>2</sup>	0%	4	6
	2.50%	4	6
	5%	4	6
	7.50%	4	6
	10.00%	4	6
	12.50%	4	6

*Nota.* Se usarán también vigas prismáticas para los ensayos a flexión, para ello la Tabla 8 nos muestra la cantidad de especímenes a elaborar.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas de recolección de datos**

#### **2.4.1.1. Observación**

Se consideró las consecuencias, efectos e impacto que ocasiona incorporar CCA en concretos de 280  $kg/cm^2$ .

#### **2.4.1.2. Análisis de documentos**

En la presente investigación se revisó documentación y bibliografía física y virtual como artículos científicos, tesis, normas técnicas, etc.; todas relacionadas a esta investigación.

### **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Para la recopilación y recolección de datos se toma guía documentaria la Norma Técnica Peruana (NTP) y la Norma American Society for Testing and Materials (ASTM), quienes establecen parámetros y especificaciones para los diferentes tipos

de ensayos a practicarse para su adecuada ejecución y así adquirir datos válidos y fiables.

Asimismo, se solicitará guías y formatos del laboratorio de LEMS para materiales y ensayos; con la finalidad de ordenadamente anotar resultados.

#### **2.4.3. Validez**

Para esta tesis se llevaron a cabo ensayos y procedimientos en laboratorio de calidad, asimismo de una interpretación correcta de los resultados por parte del investigador y de la asistencia del técnico de laboratorio; todo esto para asegurar la seguridad y veracidad de los datos y/o resultados en cada uno de los ensayos ejecutados. Finalmente, la calidad de presente investigación puede servir de base científica e investigativa para investigaciones futuras.

#### **2.4.4. Confiabilidad**

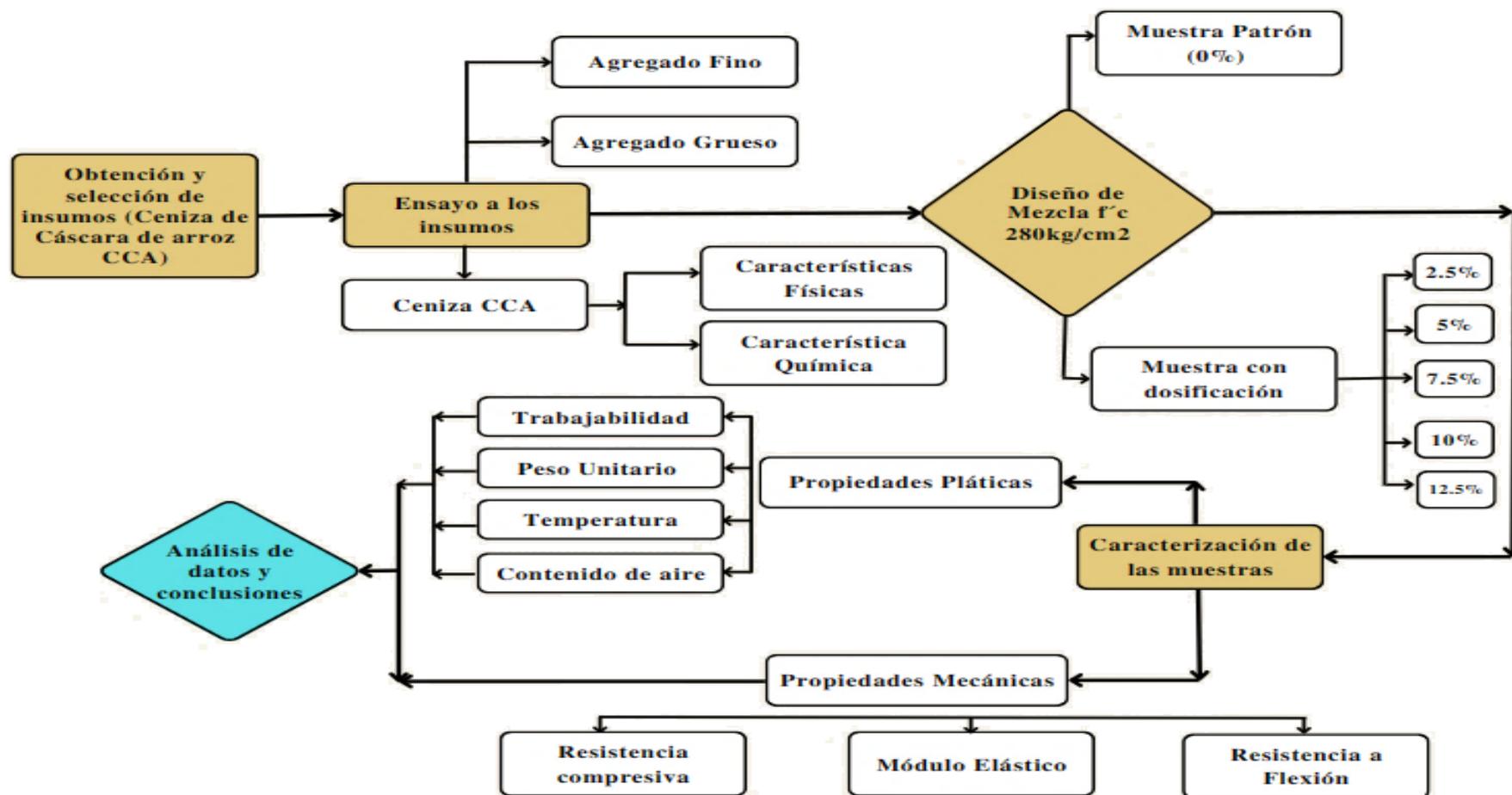
La presente investigación es confiable a medida que se consideró una población real, adicionalmente se realizó una adecuada recolección de cada uno de los datos y resultados de las evaluaciones y ensayos realizados a los materiales y especímenes, tratando de ser consistente y lo más claro posible.

### **2.5. Procedimiento de análisis de datos**

#### **2.5.1. Diagrama de flujo de procesos**

Figura 2

Diagrama de Flujo de Procesos



## **2.6. Criterios éticos**

### **2.6.1. Ética científica.**

Se resalta la integridad y la honestidad en el proceso de la investigación, sobre todo en la recopilación de datos y resultados, considerando que esto promueve la veracidad y fiabilidad de estos estudios y resultados garantizando su consideración en la revisión de cualquier investigador, además de punto de inicio para nuevas investigaciones relacionadas al tema. Por lo tanto, la colaboración que se da entre investigadores ayuda a que progrese la ciencia y desarrolle constantemente a través de la validación de cada uno de los resultados.

### **2.6.2. Ética profesional.**

Se resaltó la ética que todo profesional de ejercer y aplicar en todas las labores personales y profesionales; en nuestro caso consideró también el código ético del Ingeniero Civil, desarrollado por el Colegio de Ingenieros del Perú (CIP) donde establece sanciones aplicables por faltas al comportamiento ético del profesional de la ingeniería civil definidas el código. Por lo tanto, la presente investigación está sujeta a dicho código.

### **2.6.3. Criterios de rigor científico**

Atribuido al tesista considerando sus habilidades para seguir el camino donde otro investigador consiguió afirmar un resultado, basándose en documentación revisada y registros con patrones claros y ordenados.

## **III. RESULTADOS**

### **3.1. Resultados**

Los resultados que son expuestos a continuación se realizaron manteniendo el control de calidad en laboratorio y referenciados bajo la normatividad nacional e Internacional.

#### **3.1.1. Análisis de materiales de cantera**

En la presente tesis dada la relevancia que implica la caracterización de los agregados pétreos para un diseño de mezcla y que pueda cumplir con los estándares de calidad y la post fabricación de concretos que cumplan las propiedades requeridas, se ha realizado un análisis exhaustivo del agregado fino y grueso que se extrajeron de canteras cercanas al departamento de Lambayeque.

##### **3.1.1.1. Granulometría y análisis**

- Para el agregado fino

Del comparativo de canteras se pudo determinar que la de mejor comportamiento granulométrico para el fino fue La Victoria en la Provincia de Chiclayo, cumpliendo con los parámetros establecidos y obteniendo un MF de 3.06 [82].

**Tabla 9**

*Resultado del estudio granulométrico para el agregado fino.*

Tamiz	%	% Ret.	% Que Pasa	GRADACIÓN	
Pulgadas	(mm.)	Ret.	Acumulad o	Acumulado	"C"
.					
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	3.0	3.0	97	95 - 100
Nº 8	2.360	14.6	17.6	82.4	80 - 100
Nº 16	1.180	23.0	40.6	59.4	50 - 85
Nº 30	0.600	26.4	67.0	33.0	25 - 60
Nº 50	0.300	16.6	83.6	16.4	10 - 30
Nº 100	0.150	10.8	94.4	5.6	2 - 10

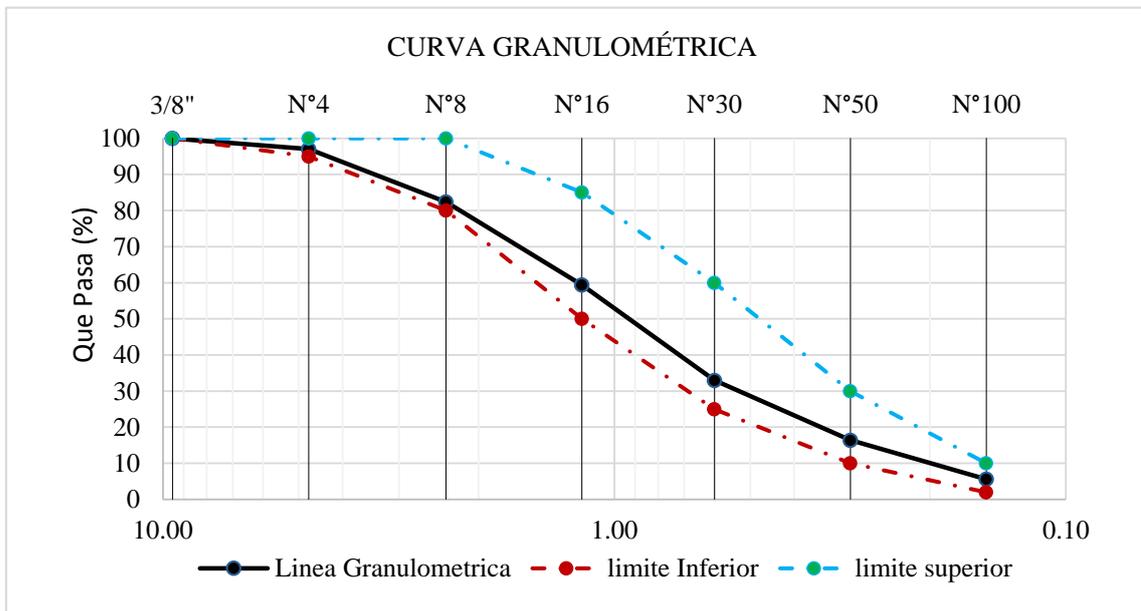
**MÓDULO DE FINEZA**

**3.06**

*Nota.* La presente Tabla nos muestra la granulometría para el árido fino proveniente de la cantera La Victoria, adaptado de los ensayos en laboratorio [83].

**Figura 3**

*Esquema granulométrico para el agregado fino.*



*Nota.* Adaptado de resultados de ensayos en laboratorio [83].

- Para el agregado grueso

Se determinó que la cantera Tres Tomas en Ferreñafe granulométricamente es la de mejor comportamiento para el agregado grueso con un tamaño Máximo nominal de  $\frac{3}{4}$ ".

**Tabla 10**

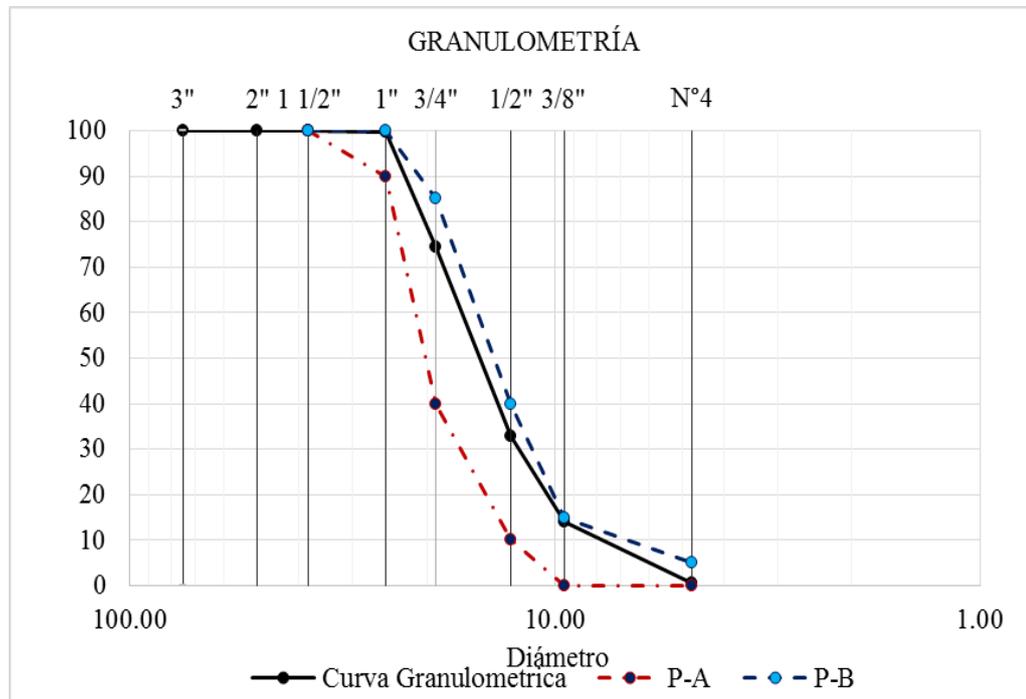
*Resultado del estudio granulométrico para el agregado grueso.*

N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenid.	% Acumulados Retenid.	% Que pasa Acumulados	HUSO
					<b>56</b>
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	0.4	0.4	99.6	90-100
3/4"	19.00	25.2	25.6	74.4	40-85
1/2"	12.70	41.6	67.2	32.8	10-40
3/8"	9.52	18.8	86.0	14.0	0-15
Nº4	4.75	13.5	99.5	0.5	0-5
<b>TMN</b>				<b>3/4"</b>	

*Nota.* Resultado granulométrico para el árido grueso extraído de la Cantera Tres Tomas obteniendo un TMN de  $\frac{3}{4}$ ". Adaptado del laboratorio [83].

**Figura 4**

*Esquema Granulométrico para el agregado grueso.*



*Nota.* En la Figura 4 se muestra la distribución granulométrica para el árido grueso, adaptado de [83].

### 3.1.1.2. Peso Unitario, específico, contenido de humedad y absorción

Los resultados que se obtuvieron han sido referenciados bajo las normas peruanas como la NTP. 400.017 para el peso unitario, NTP. 400.022 peso específico, NTP. 400.012 contenidos de humedad y la NTP. 400.021 absorciones, los cuales reflejaron los valores siguientes:

**Tabla 11**

*Caracterización física del agregado fino cantera La Victoria*

<b>Característica Física</b>	<b>Valor</b>
Peso Unitario Suelto	1600.0 gr/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1761.0 gr/cm <sup>3</sup>
Peso Específico	2.52 gr/cm <sup>3</sup>
Absorción	0.62%
Contenido de Humedad	0.58%

*Nota.* La presente Tabla muestra la caracterización física del árido fino. Adaptado de ensayos de laboratorio [83]

**Tabla 12**

*Caracterización física del agregado grueso cantera Tres Tomas*

<b>Característica Física</b>	<b>Valor</b>
Peso Unitario Suelto	1278.0 gr/cm <sup>3</sup>
Peso Unitario Compactado	1394.0 gr/cm <sup>3</sup>
Peso Específico	2.66 gr/cm <sup>3</sup>
Absorción	1.00%
Contenido de Humedad	0.28%

*Nota.* Se presenta en la Tabla 12 la caracterización física del árido grueso. Adaptado de ensayos de laboratorio [83].

### **3.1.2. Análisis físico y químico de la CCA**

Se analizó cascara de arroz proveniente de cultivos del departamento de Lambayeque, se realizaron ensayos físicos como densidad [84], el índice puzolánico bajo la [85] y [86], la finura con [87], el porcentaje de humedad [79] y la pérdida de calcinación, ensayo químico [88].

#### **3.1.2.1. Características físicas de la CCA**

- Índice de puzolanidad de la CCA

**Tabla 13**

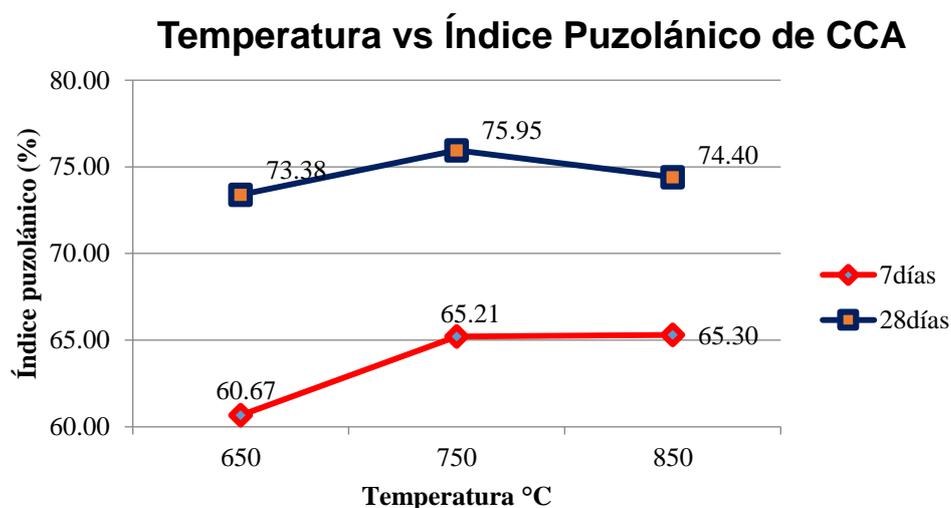
*Índice puzolánico (%) por grado de incineración de las muestras.*

Muestra	Temperatura	IP (%)	
		7días	28días
A	650	60.67	73.38
B	750	65.21	75.95
C	850	65.30	74.40

La Tabla 13 muestra los resultados obtenidos a partir del ensayo de índice puzolánico donde se analizaron muestras que fueron incineradas de forma controlada y gradual en rango de diferencia de  $\pm 100^{\circ}\text{C}$ , siendo la de mejor comportamiento puzolánico, la Muestra B.

**Figura 5**

*Comportamiento Puzolánico de la CCA por grado de incineración.*



- Densidad de la CCA

**Tabla 14**

*Resultado del ensayo de densidad de la CCA.*

Característica	valor
Peso de CCA (gr)	50

Vol. Inicial kerosene (ml)	0
Vol. Final desplazado kerosene (cm3)	21.7
densidad (CCA)(g/cm3)	<b>2.30</b>

---

La Tabla 14 muestra el resultado del ensayo de densidad de la CCA que mejor comportamiento puzolánico tuvo obteniendo 2.30 g/cm3.

- Finura de la escoria de CCA

A continuación, se presenta en la Tabla 16 el resultado del ensayo de finura el cual fue referenciado según la (N.T.P.334-045, 2010) pasando por el tamiz N°325 (45 µm) lavado, secado y trabajado en laboratorio obteniendo 33.11% el cual cumple con lo estipulado en la (ASTM C 618, 2003) de tener como máximo el 34%.

### **Tabla 15**

#### *Resultado del ensayo de finura a la CCA*

<b>Descripción</b>	<b>Valores</b>
Cantidad de la Muestra CCA	1000 gr
Residuo sobre el Tamiz # 325	475.7 gr
Residuo medido el Tamiz # 325 (%)	47.57 %
Residuo Corregido para Cenizas	33.11 %

*Nota.* La Tabla 15 presenta los resultados del ensayo de fineza de la CCA.

- Contenido de humedad de la CCA

Se muestra el resultado obtenido del ensayo de contenido de humedad y es de 2.30 %.

**Tabla 16***Contenido de humedad del material CCA*

<b>Descripción</b>	<b>CCA(Recibida)</b>
Peso del material recibida (A)	<b>100 gr</b>
Peso del Recipiente(tara)	49.3 gr
Peso neto de la masa seca+Recipiente	<b>147 gr</b>
Peso de la masa seca	<b>97.70 gr</b>
Pérdida de masa (B)	2.30 gr
Contenido de Humedad	<b>2.30 %</b>

*Nota.* La Tabla muestra un contenido de humedad de 2.30 %

- Pérdida por calcinación de las muestras

Se muestran los resultados del porcentaje obtenido del proceso de calcinación que sufre la cáscara de arroz por grado de temperatura e incinerados por tiempo de 3.5 horas para luego pasar por un proceso de enfriado y pesado.

**Tabla 17***Pérdida por calcinación a diferentes temperaturas.*

<b>MATERIAL</b>	<b>Temperatura de calcinación</b>		
	<b>650 °C</b>	<b>750 °C</b>	<b>850 °C</b>
	Cantidad		
Cascara de arroz	25.0 kg	25.0 kg	25.0 kg
Resultado de la calcinación CCA	1.9 kg	2.1 kg	1.6 kg
Pérdida de Masa en la calcinación	23.1 kg	22.9 kg	23.4 kg
Pérdida de Masa por calcinación (%)	<b>92.40 %</b>	<b>91.60 %</b>	<b>93.60 %</b>

*Nota.* Se procedió a obtener el porcentaje de pérdida por calcinación a diferentes temperaturas.

### 3.1.2.2. Características químicas

Para el ensayo químico se extrajo cantidad en peso de la ceniza la cual fue resultado de incinerar 3 muestras a temperaturas de 650°C, 750°C y 850°C, luego molido y tamizado bajo la malla N°325 y ensayadas bajo la norma la que cumplió con los parámetros físicos ensayados y estipulados en la (ASTM C 618, 2003) fue analizada químicamente [88].

Del resultado (ver Tabla 18) se observa que el contenido de sílice es de 88.4%, trióxido de azufre 4.09%, óxido de sodio 2.21% como los valores representativos y es definida como ceniza puzolana de Tipo F.

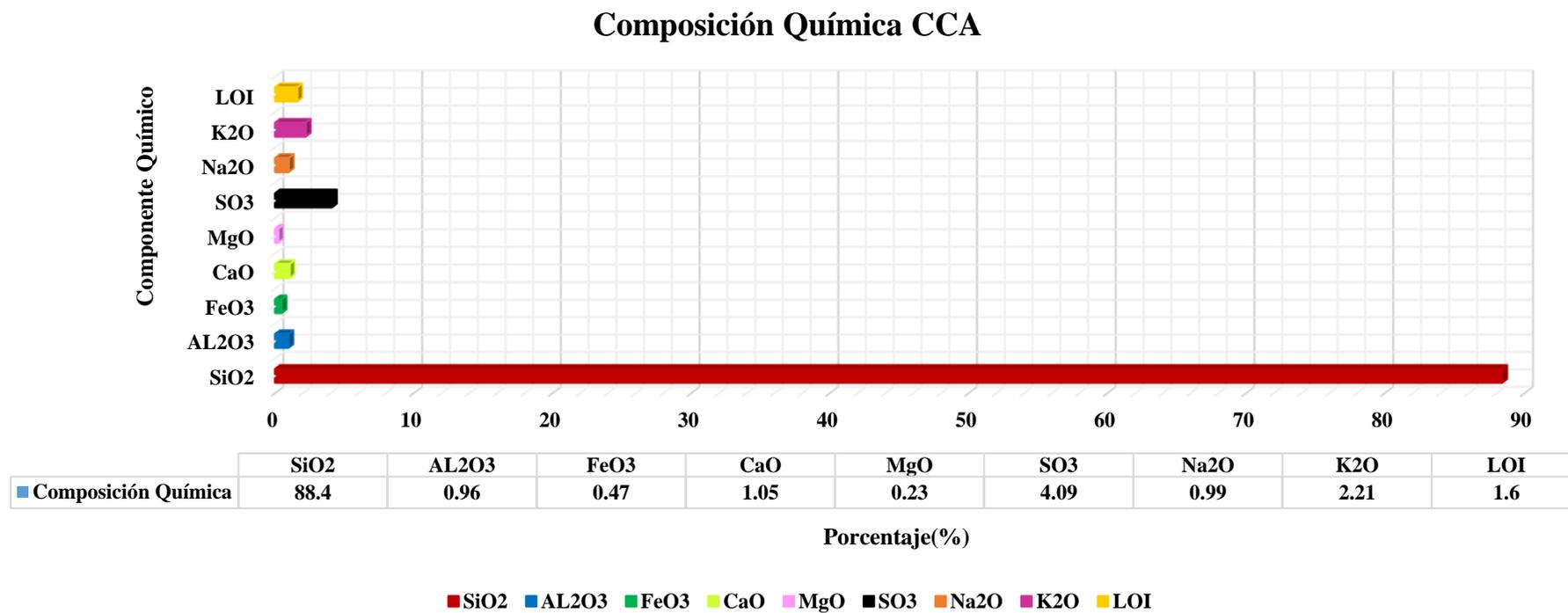
**Tabla 18***Composición Química de la CCA por autores-Perú.*

<b>Autores</b>	<b>Composición Química (%)</b>									
	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>FeO<sub>3</sub></b>	<b>CaO</b>	<b>MgO</b>	<b>SO<sub>3</sub></b>	<b>TiO<sub>2</sub></b>	<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>LOI</b>
<b>Usado en esta Tesis (Chiclayo)</b>	88.4	0.96	0.47	1.05	0.23	4.09		0.99	2.21	1.6
[78] Jaén	84.1		0.03							1.34
[79] Piura	92.2	0.03	0.03	0.72	0.66				4.2	1.42
[80] Chiclayo	95.2	0.48	0.08	0.64	0.44			0.12	1.13	1.93
[81] Arequipa	69.69								1.26	29.05
(Jaime y Portocarrero, 2018) Trujillo	63.00	1.60	0.26	20.10	1.70					14
[33] Chimbote	85.2	0.67	0.52	1.28	0.36		0.02	0.23	2.34	
[34] Arequipa	54.32	25.36	0.18	1.18	0.03	0.05		1.27	1.93	

*Nota.* Composición química de la CCA según autores y ciudades del Perú (adaptada de autores incluidos).

**Figura 6**

*Composición Química de la CCA estudiada Consultor RKCC.*



*Nota.* Adaptado de estudio químico CCA.

### 3.1.3. Resumen de dosificaciones según diseño de mezcla.

Se ha considerado un diseño de mezcla para muestra patrón y alcance una resistencia de  $f'c$  280 kg/cm<sup>2</sup> la cual no tendrá sustituciones y serán evaluadas a 7,14 y 28 días para especímenes cilíndricos y prismáticos.

Para las dosificaciones de 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5% se han considerado 5 diseños cada proporción está en función al peso del cemento.

Todos los diseños se han referenciado bajo la metodología del Comité ACI-211 donde se determinó que la relación justa de agua/cemento (a/c) y con adición de puzolana (a/C+P) es de 0.509 para un asentamiento de 4" y un factor cemento/m<sup>3</sup> de 10.8 bls/m<sup>3</sup>.

#### 3.1.3.1. Diseño de mezcla patrón

Se consideró esta mezcla patrón ya que el diseño no cuenta con adición de la puzolana (0% de sustitución del cemento) y para alcanzar una resistencia de  $f'c$  280 kg/cm<sup>2</sup> y nos sirvió como punto de control para interpretar los resultados, lo cual se obtuvo una proporción en peso de **C: A: P** de 1: 1.65: 1.91 y 21.6 lt de agua proporcionada de la red pública además dicha proporción se transformó al volumen en tanda por m<sup>3</sup> adicionando 5% de desperdicio.

**Tabla 19**

*Dosificación de materiales para la mezcla patrón  $f'c$  280kg/cm<sup>2</sup>.*

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Proporción peso</b>	<b>Proporción volumen</b>
<b>Aglutinante (CEMENTO)</b>	453.32 Kg/m <sup>3</sup>	1	1
<b>AGREGADO FINO</b>	748.25 Kg/m <sup>3</sup>	1.65	1.55
<b>AGREGADO GRUESO</b>	865.35 Kg/m <sup>3</sup>	1.91	2.25
<b>AGUA</b>	230.79 lt/m <sup>3</sup>	21.64 Lt/pie <sup>3</sup>	21.64 Lt/pie <sup>3</sup>

*Nota.* Proporción de los materiales en la mezcla de concreto, adaptado de [83].

**Tabla 20**

*Dosificación de materiales en tanda/m3 para 9 probetas cilíndricas.*

<b>Componente</b>	<b>1m<sup>3</sup></b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5% desp.</b>
<b>CEMENTO</b>	453.32 Kg	0.005475	22.34 Kg	23.45 Kg
<b>AGREGADO FINO</b>	748.25 Kg		36.87 Kg	38.71 Kg
<b>AGREGADO GRUESO</b>	865.35 Kg		42.64 Kg	44.77 Kg
<b>AGUA</b>	230.79 Lt		11.37 Lt	11.94 Lt

*Nota.* La Tabla 20 muestra la proporción de los materiales por m3 en especímenes cilíndricos.

**Tabla 21**

*Dosificación de materiales en tanda/m3 para 9 probetas prismáticas.*

<b>Componente</b>	<b>1m3</b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5% desp.</b>
CEMENTO	453.32 Kg	0.00675	27.54 Kg	28.92
AGREGADO FINO	748.25 Kg		45.46 Kg	47.73
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg		52.57 Kg	55.20
AGUA	230.79 Lt		14.02 Kg	14.72

*Nota.* La Tabla 21 muestra la proporción de los materiales por m3 en especímenes prismáticos.

### **3.1.3.2. Diseño mezcla al 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5% de sustitución.**

El material cementante fue sustituido en proporción de su peso por escorias que cumplieron con los requerimientos estipulados en la ASTM C 618, para materiales puzolánicos usados en la elaboración de concretos.

A continuación, se mostrarán los resultados del diseño para las 5 proporciones estipuladas en esta investigación: cilíndricas y prismáticas.

#### **3.1.3.2.1. Sustitución al 2.5% en peso de aglutinante**

**Tabla 22**

*Dosificación de materiales para tanda/m3 con adición al 2.5 % (cilindros).*

<b>Componente</b>	<b>1m3</b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5%</b>
CEMENTO	441.99 Kg		21.78 Kg	22.87 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		36.87 Kg	38.71 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.005475	42.64 Kg	44.77 Kg
CCA	11.33 Kg		0.56 Kg	0.59 Kg
AGUA	230.79 Lt		11.37 Kg	11.94 Kg

*Nota.* La Tabla 22 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 2.5% de CCA en especímenes cilíndricos.

**Tabla 23**

*Dosificación de materiales para tanda/m3 con adición al 2.5 % (prismas).*

<b>Componente</b>	<b>1m3</b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5%</b>
CEMENTO	441.99 Kg		26.85 Kg	28.19 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		45.46 Kg	47.73 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.00675	52.57 Kg	55.20 Kg
CCA	11.33 Kg		0.69 Kg	0.72 Kg
AGUA	230.79 Kg		14.02 Kg	14.72 g

*Nota.* La Tabla 23 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 2.5% de CCA en especímenes prismáticos.

### **3.1.3.2.2. Sustitución al 5% en peso de aglutinante**

**Tabla 25**

*Dosificación de materiales por tanda/m3 con adición al 5% (cilindros).*

<b>Componente</b>	<b>1m<sup>3</sup></b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5%</b>
CEMENTO	430.66 Kg		21.22 Kg	22.28 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		36.87 Kg	38.71 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.005475	42.64 Kg	44.77 Kg
CCA	22.67 Kg		1.12 Kg	1.17 Kg
AGUA	230.79 Lt		11.37 Kg	11.94 Kg

*Nota.* La Tabla 25 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 5% de CCA en especímenes cilíndricos.

**Tabla 26***Dosificación de materiales por tanda/m3 con adición al 5% (prismas)*

<b>Componente</b>	<b>1m3</b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5%</b>
CEMENTO	430.66 Kg		26.16 Kg	27.47 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		45.46 Kg	47.73 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.00675	52.57 Kg	55.20 Kg
CCCA	22.67 Kg		1.38 Kg	1.45 Kg
AGUA	230.79 Kg		14.02 Kg	14.72 Kg

*Nota.* La Tabla 26 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 5% de CCA en especímenes prismáticos.

**3.1.3.2.3. Sustitución al 7.5% en peso del aglutinante****Tabla 24***Dosificación de materiales por tanda/m3 con adición al 7.5% (cilindros)*

<b>Componente</b>	<b>1m3</b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5%</b>
CEMENTO	419.33 Kg		20.66 Kg	21.70 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		36.87 Kg	38.71 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.005475	42.64 Kg	44.77 Kg
CCCA	34.00 Kg		1.68 Kg	1.76 Kg
AGUA	230.79 Lt		11.37 Kg	11.94 Lt

*Nota.* La Tabla 24 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 7.5% de CCA en especímenes cilíndricos.

**Tabla 25***Dosificación de material por tanda/m3 con adición al 7.5% (prismas)*

<b>Componente</b>	<b>1m3</b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5%</b>
CEMENTO	419.33 Kg		25.47 Kg	26.75 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		45.46 Kg	47.73 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.00675	52.57 Kg	55.20 Kg
CCCA	34.00 Kg		2.07 Kg	2.17 Kg
AGUA	230.79 Kg		14.02 Kg	14.72 Lt

*Nota.* La Tabla 25 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 7.5% de CCA en especímenes prismáticos.

### 3.1.3.2.4. Sustitución al 10% en peso del aglutinante

**Tabla 26**

*Dosificación de materiales por tanda/m3 con adición al 10% (cilindros)*

<b>Componente</b>	<b>1m3</b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5%</b>
CEMENTO	407.99 Kg		20.10 Kg	21.11 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		36.87 Kg	38.71 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.005475	42.64 Kg	44.77 Kg
CCCA	45.33 Kg		2.23 Kg	2.35 Kg
AGUA	230.79 Lt		11.37 Kg	11.94 Kg

Nota. La Tabla 26 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 10% de CCA en especímenes cilíndricos.

**Tabla 27**

*Dosificación de material por tanda/m3 con adición al 10% (prismas)*

<b>Componente</b>	<b>1m3</b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5%</b>
CEMENTO	407.99 Kg		24.79 Kg	26.02 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		45.46 Kg	47.73 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.00675	52.57 Kg	55.20 Kg
CCA	45.33 Kg		2.75 Kg	2.89 Kg
AGUA	230.79 Kg		14.02 Kg	14.72 Lt

Nota. La Tabla 27 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 10 % de CCA en especímenes prismáticos.

### 3.1.3.2.5. Sustitución al 12.5% en peso del aglutinante

**Tabla 28**

*Dosificación de materiales por tanda/m3 con adición al 12.5% (cilindros)*

<b>Componente</b>	<b>1m3</b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5%</b>
CEMENTO	396.66 Kg		19.55 Kg	20.52 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		36.87 Kg	38.71 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.005475	42.64 Kg	44.77 Kg
CCA	56.67 Kg		2.79 Kg	2.93 Kg
AGUA	230.79 Lt		11.37 Kg	11.94 Lt

Nota. La Tabla 28 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 12.5% de CCA en especímenes cilíndricos.

**Tabla 29***Dosificación de material por tanda/m3 con adición al 12.5% (prismas)*

<b>Componente</b>	<b>1m3</b>	<b>Vol. tanda(m3)</b>	<b>9 especímenes</b>	<b>9 esp.+5%</b>
CEMENTO	396.66 Kg		24.10 Kg	25.30 Kg
AGREGADO FINO	748.25 Kg		45.46 Kg	47.73 Kg
AGREGADO GRUESO	865.35 Kg	0.00675	52.57 Kg	55.20 Kg
CCA	56.67 Kg		3.44 Kg	3.61 Kg
AGUA	230.79 Kg		14.02 Kg	14.72 Lt

*Nota.* La Tabla 29 nos muestra la proporción de los materiales por tanda de m3 al adicionarle el 12.5% de CCA en especímenes prismáticos.

### **3.1.4. Resultados para el concreto en estado plástico**

Debido a que el comportamiento del concreto en su estado plástico es efímero y su ciclo útil pende del tiempo que demora en fraguar es necesario conocer sus características para ser interpretadas en la manera de que tan manejable puede ser al momento de su fabricado.

A continuación, se mostrarán los resultados obtenidos durante el proceso de ensayos a la mezcla en su estado fresco como la Trabajabilidad, Temperatura, Peso Unitario y rendimiento y la cantidad de vacíos para las diferentes mezclas.

#### **3.1.4.1. Asentamiento.**

El asentamiento es una característica física que proporciona consistencia y fluidez al concreto, ya que mide la facilidad con que el concreto pueda moldearse. Dicha característica fue medida a través del ensayo del SLUMP y referenciado bajo la norma N.T.P.339.035 para los 6 diseños propuestos.

**Tabla 30**

*Medida del asentamiento en muestras cilíndricas y prismáticos por adición (%)*

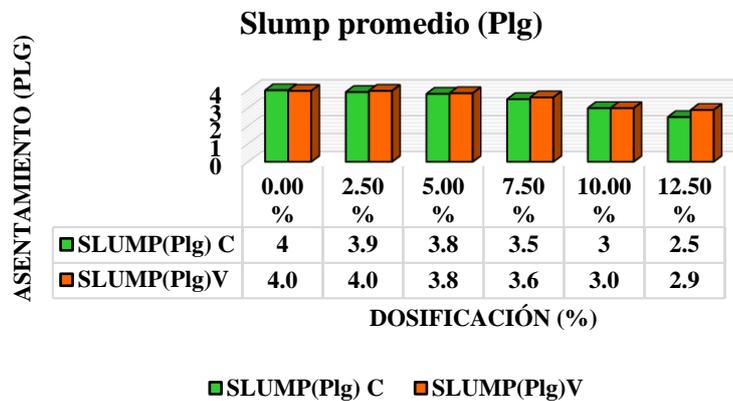
Sustitución (%)	ASENTAMIENTO			
	Cilindros		Vigas	
	N° de especímenes	SLUMP(Plg)	N° de especímenes	SLUMP(Plg)
0	21	4	10	4.0
2.5	21	3.9	10	4.0
5	21	3.8	10	3.8
7.5	21	3.5	10	3.6
10	21	3	10	3.0
12.5	21	2.5	10	2.9

*Nota.* La Tabla 30 muestra la medida del ensayo del asentamiento para los especímenes cilíndricos y prismáticos por porcentaje de adición de CCA.

En la Tabla 30 se presentan los resultados medidos del asentamiento para diferentes dosificaciones se sustitución y una  $f'c$  280 kg/cm<sup>2</sup> los cuales oscilan entre 4" y 2.52 para especímenes cilíndricos y entre 4" y 2.9" para las vigas.

**Figura 7**

*Medida del Asentamiento por dosificación de la mezcla.*



### 3.1.4.2. Temperatura.

El grado de calor de la mezcla fue medido en laboratorio al momento de la fabricación del concreto a una temperatura ambiente de 28.5° C, por 3 minutos y con un dispositivo de precisión 0.5°C, ensayo referenciado bajo la norma peruana [83]. A continuación, se presenta la Tabla 34 donde muestra la lectura de temperatura que oscila entre 30 y 32.7 °C par los cilindros y entre 30 y 33.3°C para las vigas.

**Tabla 31**

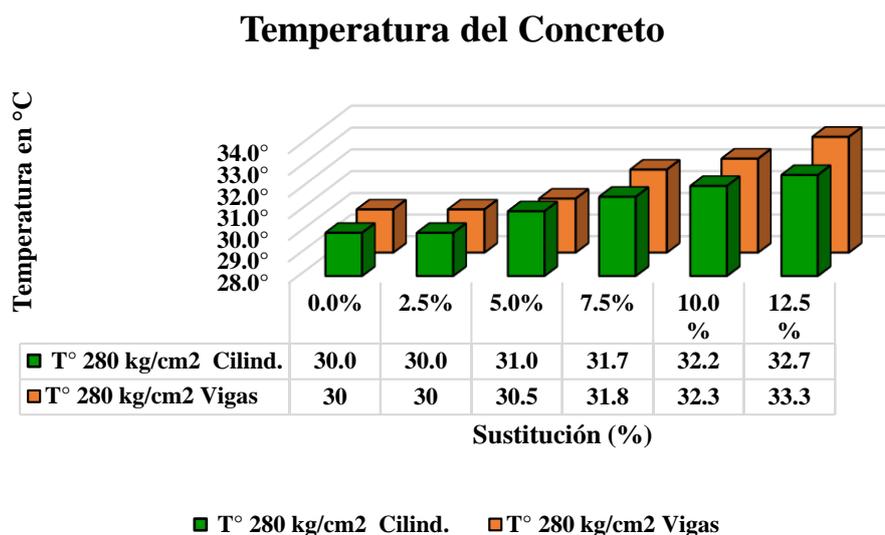
*Lectura de temperatura según dosificación.*

Adición	Temp.Ambiente°C	Temperatura Promedio(°C)	
		T° 280 kg/cm <sup>2</sup> Cilind.	T° 280 kg/cm <sup>2</sup> Vigas
0.0%	28.5	30.0	30
2.5%	28.5	30.0	30
5.0%	28.5	31.0	30.5
7.5%	28.5	31.7	31.8
10.0%	28.5	32.2	32.3
12.5%	28.5	32.7	33.3

*Nota.* La Tabla 31 muestra la lectura de temperatura para los especímenes cilíndricos y prismáticos por porcentaje de adición de CCA a temperatura ambiente.

**Figura 8**

*Temperatura del concreto según dosificación*



### 3.1.4.3. Cantidad de aire, Peso unitario y rendimiento.

Se mostrarán los resultados obtenidos para la mezcla de concreto referenciados bajo la norma del Perú N.T.P.339.046 para el peso unitario y rendimiento, para el contenido de aire se tuvo como referencia la norma NTP. 339.080.

**Tabla 32**

*Medida referente al peso unitario, rendimiento y Contenido de aire*

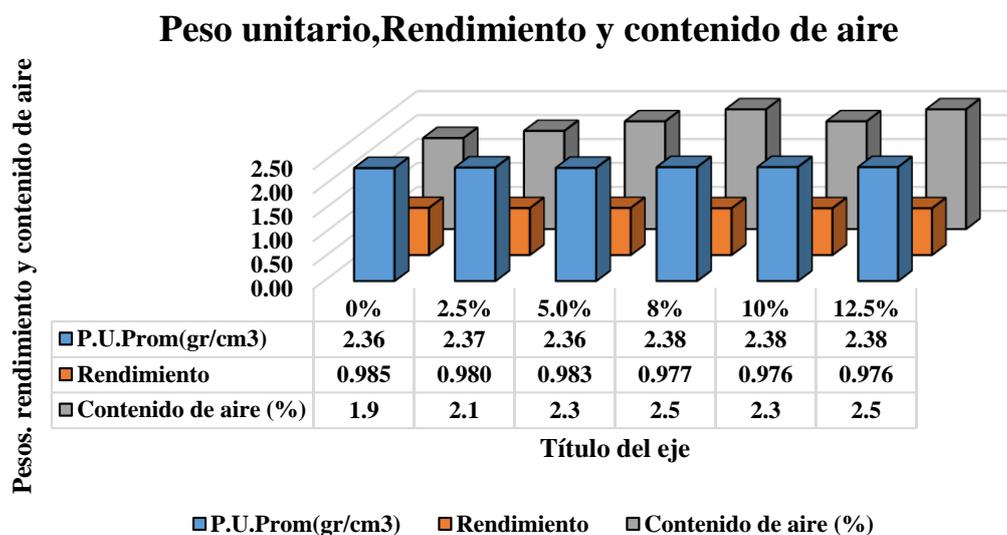
Adición (%)	P.U. Prom(gr/cm3)	Peso Tanda(gr/cm3) para 1m3	Rendimiento	Contenido de aire (%)
0%	2.36	2.323	0.985	1.9
2.5%	2.37	2.323	0.980	2.1
5.0%	2.36	2.323	0.983	2.3
7.5%	2.38	2.323	0.977	2.5
10%	2.38	2.323	0.976	2.3
12.5%	2.38	2.323	0.976	2.5

*Nota.* En la Tabla 32 se muestra los resultados del peso unitario, rendimiento y contenido de aire en el concreto con adición y con la muestra control.

La Tabla 32 muestra los resultados del peso unitario del concreto en laboratorio el cual oscila entre 2.36 y 2.38 g/cm<sup>3</sup>, el rendimiento se mantiene constante en comparación a la mezcla control y el contenido de aire presenta aumento a mayor porcentaje de adición de ceniza y oscila entre 1.9 y 2.5%.

**Figura 9**

*Peso Unitario, Rendimiento y contenido de aire.*



### 3.1.5. Resultados del concreto en estado endurecido

Los valores encontrados son producto de los ensayos realizados post curado [86] de especímenes a 7, 14 y 28 días de edad referenciado bajo las normas peruanas o extranjeras.

#### 3.1.5.1. Análisis de la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas.

Se muestran los resultados del ensayo a compresión de las muestras cilíndricas referenciados bajo la norma N.T.P.339.034 a edades de 7, 14 y 28 días para las diversas dosificaciones.

**Tabla 33**

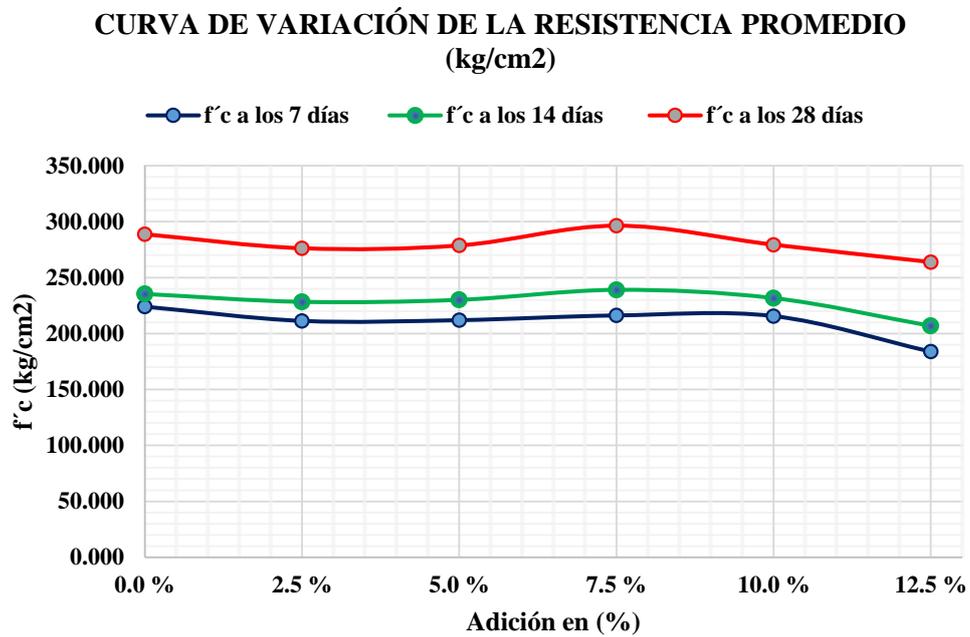
*Resistencia a la compresión y alcance por días de curado.*

DIAS	Descripción	Adición en (%)					
		0%	2.5%	5%	7.5%	10%	12.5%
7	f'c kg/cm <sup>2</sup>	224.01	211.29	211.94	216.14	215.57	183.84
	% de alcance	80.00	75.46	75.69	77.19	76.99	65.66
14	f'c kg/cm <sup>2</sup>	235.36	228.29	230.09	239.03	231.67	206.83
	% de alcance	84.06	81.53	82.17	85.37	82.74	73.87
28	f'c kg/cm <sup>2</sup>	288.72	276.21	278.69	296.38	279.37	263.90
	% de alcance	103.11	98.65	99.53	105.85	99.77	94.25

Nota. Se muestra la resistencia adquirida según dosis de CCA a los 7, 14 y 28 días de edad.

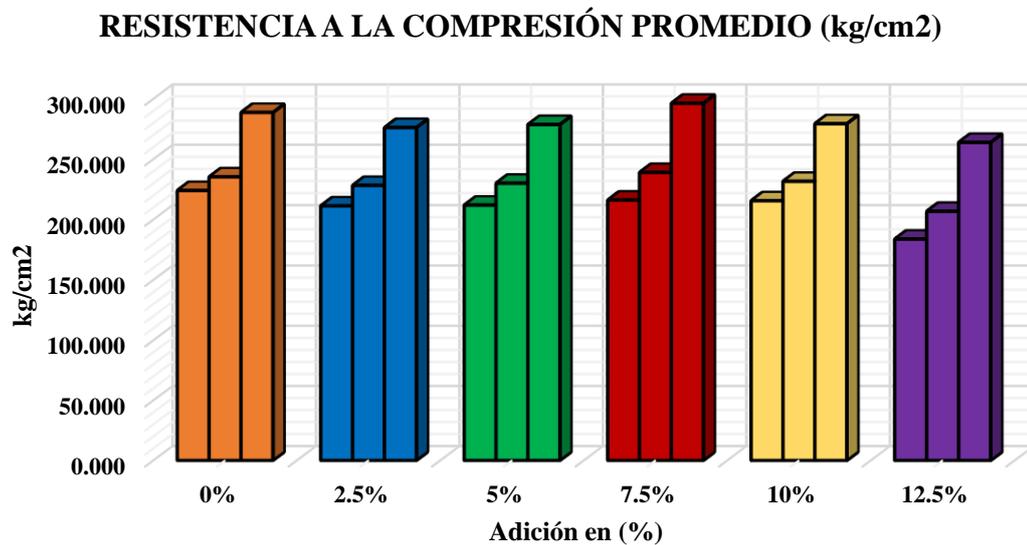
**Figura 10**

*Comportamiento resistente de los especímenes según dosis*



**Figura 11**

*Gráfico de barras de la resistencia compresiva según dosificación*



**Tabla 34**

*Funcionalidad de la resistencia compresiva en función de características plásticas.*

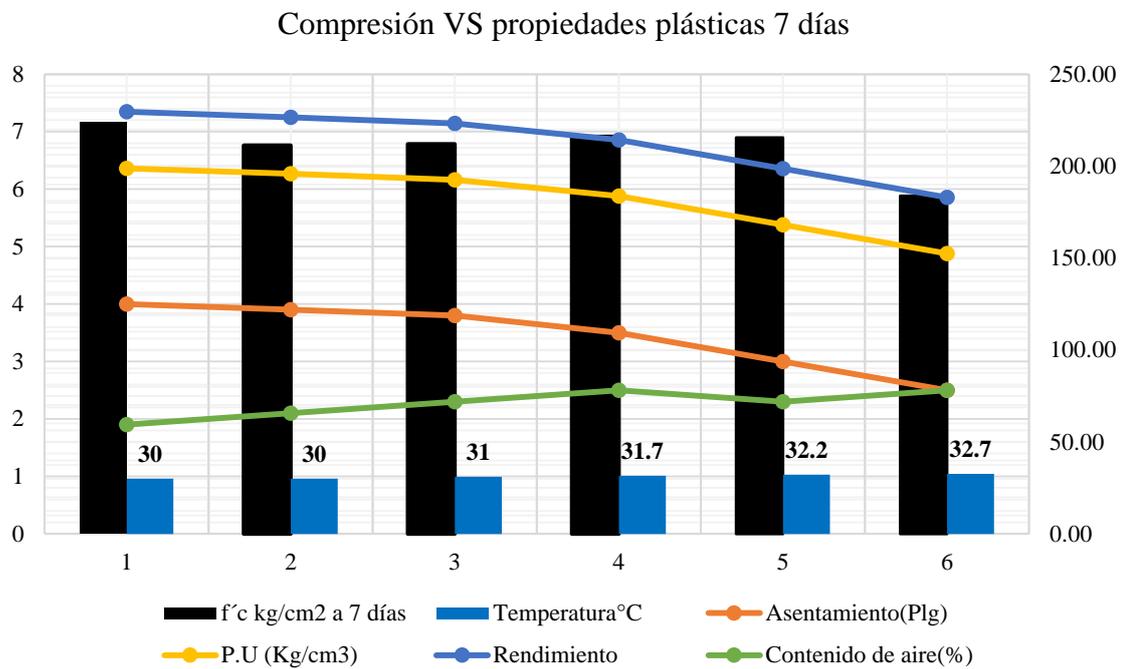
Resistencia Promedio	ADICIÓN EN (%)					
	0%	2.5%	5%	7.5%	10%	12.5%
<b>f'c kg/cm2 a 7 días</b>	224.01	211.29	211.94	216.14	215.57	183.84
<b>f'c kg/cm2 a 14 días</b>	235.36	228.28	230.09	239.03	231.67	206.83
<b>f'c kg/cm2 a 28 días</b>	288.72	276.21	278.69	296.38	279.37	263.90
<b>Asentamiento (Plg)</b>	4	3.9	3.8	3.5	3	2.5
<b>Temperatura °C</b>	30	30	31	31.7	32.2	32.7
<b>P.U (Kg/cm3)</b>	2.36	2.37	2.36	2.38	2.38	2.38
<b>Rendimiento</b>	0.985	0.98	0.983	0.977	0.976	0.976
<b>Contenido de aire (%)</b>	1.9	2.1	2.3	2.5	2.3	2.5

*Nota.* La Tabla 34 muestra un comparativo de las características físicas y cuál es su incidencia en las características mecánicas.

La Tabla 34 muestra el comportamiento compresivo del concreto en función de sus propiedades plásticas como el asentamiento, la temperatura, el peso unitario el rendimiento y contenido de aire, las dosis que mejor comportamiento muestra es la dosis al 7.5% de sustitución la cual presenta valores plásticos dentro de los parámetros establecidos y resulta una creciente resistencia.

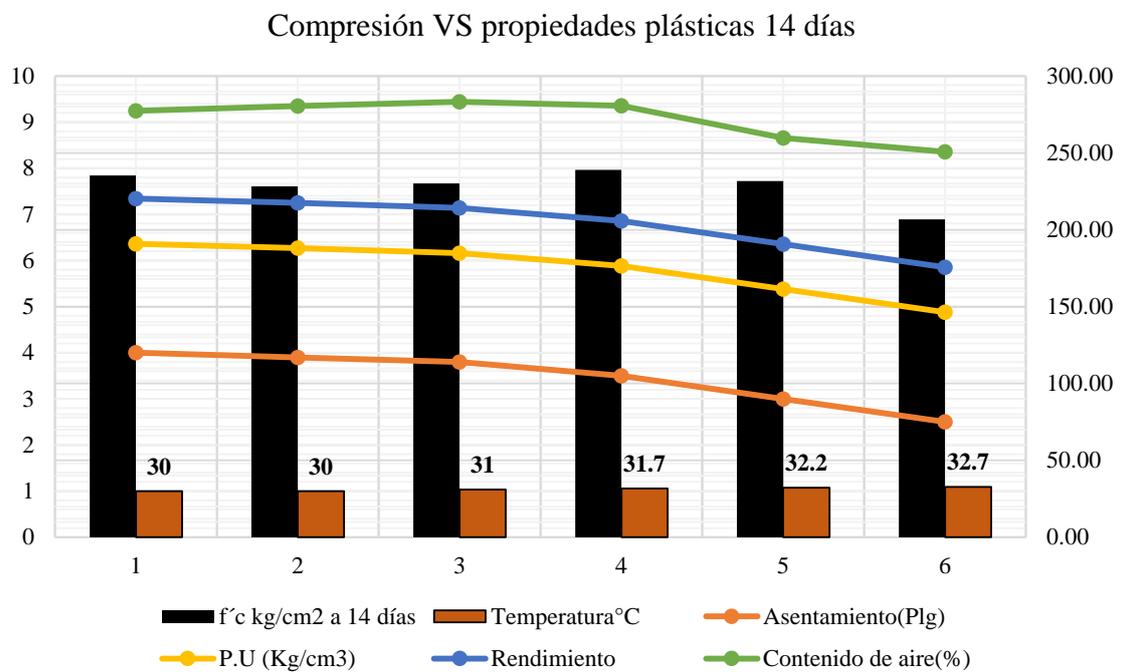
**Figura 12**

*Propiedad compresiva vs propiedades físicas del concreto (7 días)*



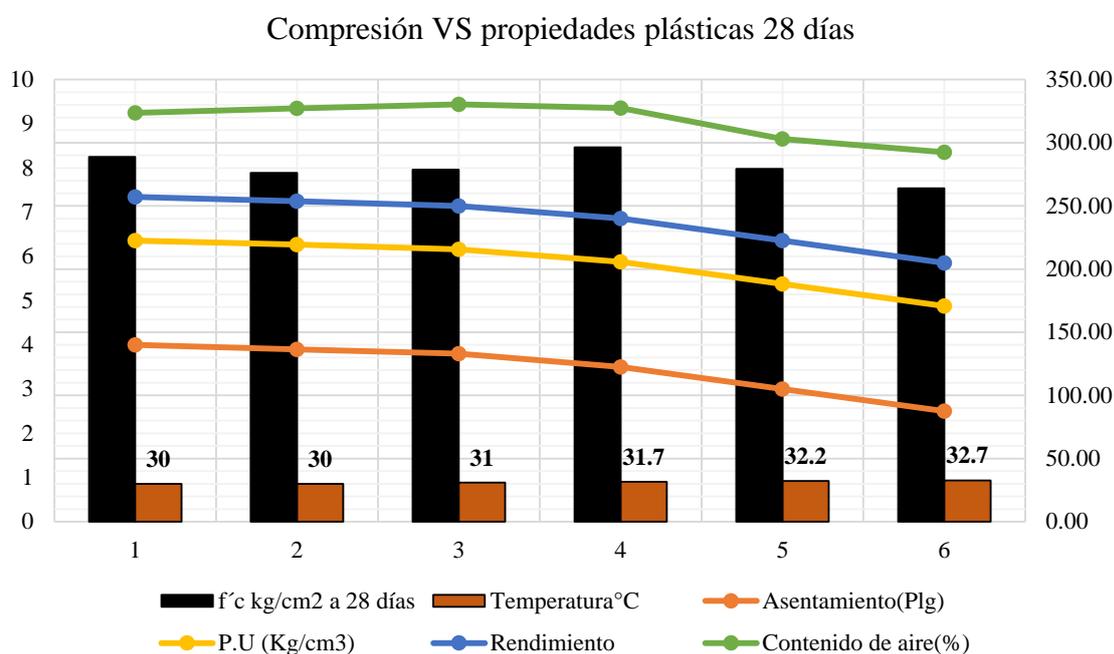
**Figura 13**

*Propiedad compresiva vs propiedades físicas del concreto (14 días)*



**Figura 14**

*Propiedad compresiva vs propiedades físicas del concreto (28 días)*



**Tabla 35**

*Resumen de los porcentajes obtenidos según resistencia obtenida por dosis*

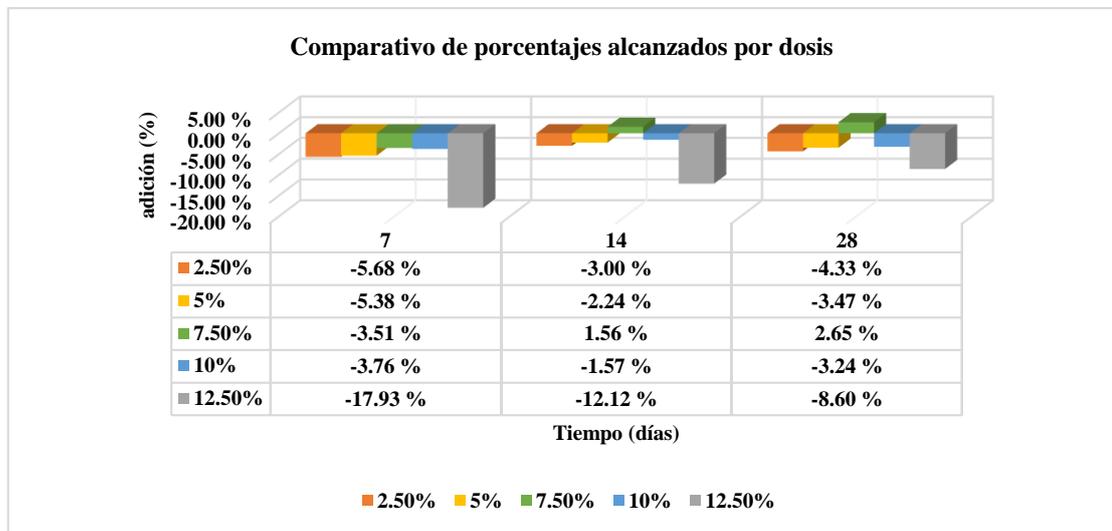
DIAS	f'c patrón (kg/cm <sup>2</sup> )	Adición en (%)					
		0%	2.50%	5%	7.50%	10%	12.50%
7	224.006	100 %	211.29	211.94	216.14	215.57	183.84
			<b>-5.68 %</b>	<b>-5.38 %</b>	<b>-3.51 %</b>	<b>-3.76 %</b>	<b>-17.93 %</b>
14	235.357	100 %	228.29	230.09	239.03	231.67	206.83
			<b>-3.00 %</b>	<b>-2.24 %</b>	<b>1.56 %</b>	<b>-1.57 %</b>	<b>-12.12 %</b>
28	288.72	100 %	276.21	278.69	296.38	279.37	263.90
			<b>-4.33 %</b>	<b>-3.47 %</b>	<b>2.65 %</b>	<b>-3.24 %</b>	<b>-8.60 %</b>

*Nota.* Se presenta los porcentajes promedios obtenidos en el ensayo a compresión en comparación con la muestra control.

La Tabla 35 muestra valores compresivos porcentuales decrecientes para las dosificaciones estudiadas a los 7 días, a los 14 y 28 días también presenta valores decrecientes salvo la dosis al 7.5%.

**Figura 15**

*Porcentajes alcanzados a compresión de las muestras*



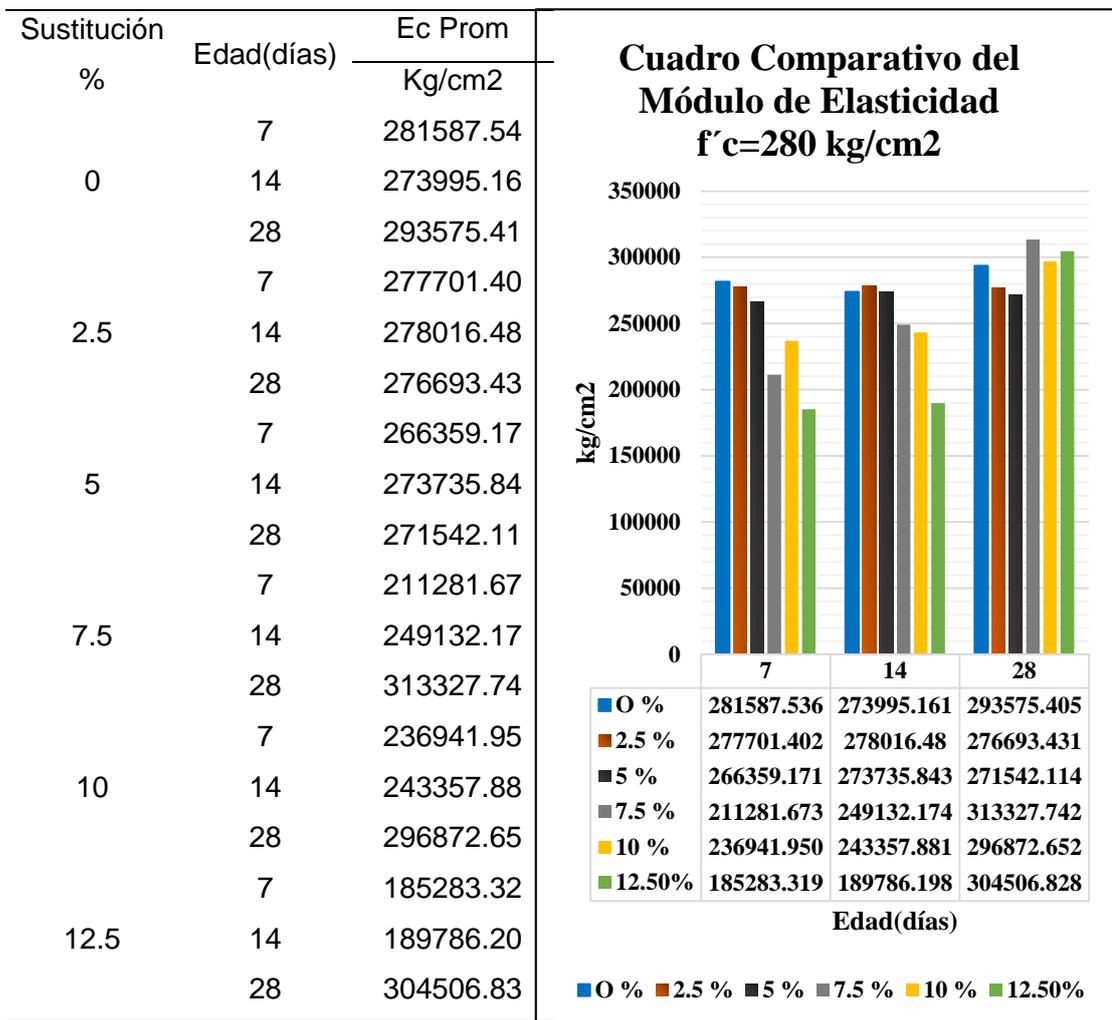
*Nota.* Resumen comparativo en barras porcentajes alcanzados por muestras.

### **3.5.2. Análisis del módulo de elasticidad.**

Se muestran resultados para el módulo de Young los cuales fueron obtenidos a partir de ensayos realizadas a muestras cilíndricas siguiendo la metodología estipulada en la norma [88].

**Tabla 36**

*Resumen del Módulo Elástico promedio según dosis por días de ensayo*

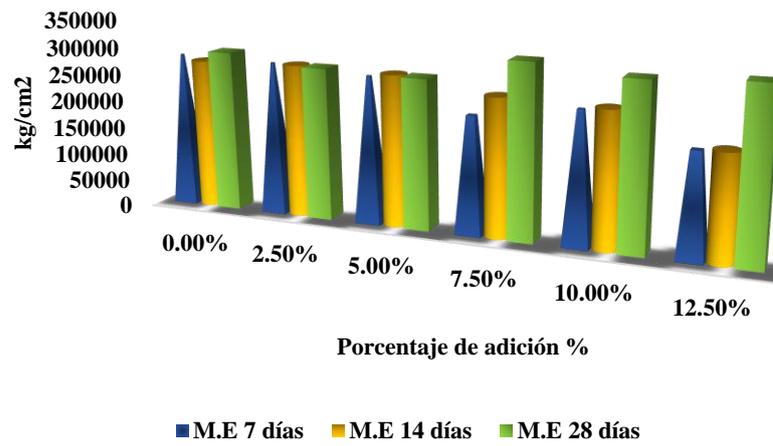


Nota. Se presenta en la Tabla el módulo de elasticidad promedio por dosificación en función del tiempo de curado.

**Figura 16**

*Comparativo del Módulo de Elasticidad según proporción*

**Cuadro Comparativo del Módulo de Elasticidad  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>**



**Tabla 37**

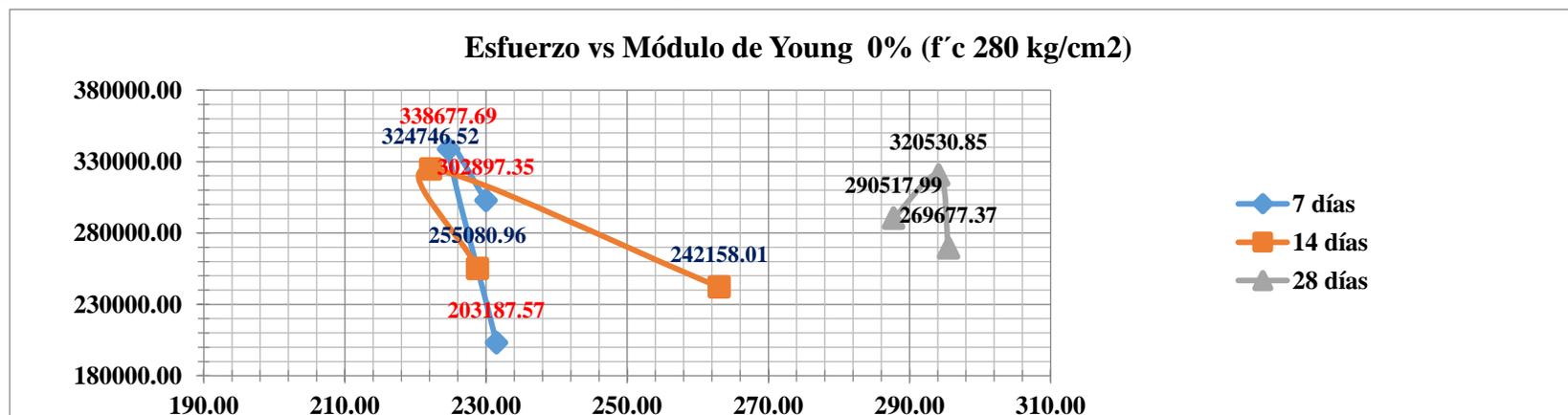
*Módulo Elástico Promedio para la mezcla patrón por días de edad*

Fecha Elaborac.	Fecha de ensayo	Resistenc. de diseño(kg/cm <sup>2</sup> )	Susti. (%)	edad días	Espec.	D(cm)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S2)	Área cm <sup>2</sup>	$E_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	$E_{c Prom}$ Kg/cm <sup>3</sup>
26/02/2021	05/03/2021	280	0	7	M-1	15	231.49	92.60	13.86	0.00043749	176.71	203187.57	
26/02/2021	05/03/2021	280	0	7	M-2	15	224.69	89.87	13.03	0.00027691	176.71	338677.69	281587.54
26/02/2021	05/03/2021	280	0	7	M-3	14.95	229.99	91.99	14.02	0.00030743	175.54	302897.35	
27/02/2021	13/03/2021	280	0	14	M-16	15	263.07	105.23	16.09	0.00041808	176.71	242158.01	
27/02/2021	13/03/2021	280	0	14	M-17	15	222.15	88.86	15.12	0.00027708	176.71	324746.52	273995.16
27/02/2021	13/03/2021	280	0	14	M-18	15	228.80	91.52	15.30	0.00034879	176.71	255080.96	
01/03/2021	29/03/2021	280	0	28	M-31	15	295.51	118.21	20.11	0.00041376	176.71	269677.37	
01/03/2021	29/03/2021	280	0	28	M-32	15	294.12	117.65	20.01	0.00035460	176.71	320530.85	293575.41
01/03/2021	29/03/2021	280	0	28	M-33	15.1	287.74	115.10	19.58	0.00037878	179.08	290517.99	

Nota. La Tabla 37 muestra el módulo de elasticidad promedio para la mezcla control

**Figura 17**

*Distribución del Esfuerzo vs el Módulo Elástico al 0% de sustitución*



**Tabla 38**

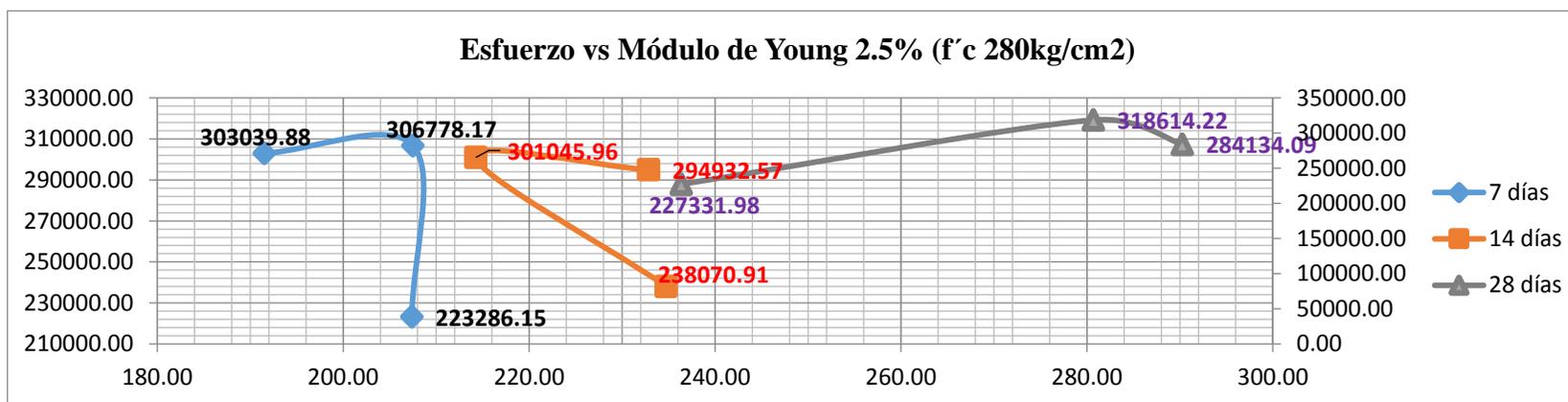
*Módulo Elástico promedio para la mezcla al 2.5% de sustitución por días de curado*

Fecha Elaborac.	Fecha de ensayo	f'c de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Sust. (%)	edad días	Probeta	D(cm)	L(cm)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S <sub>2</sub> )	Area cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Prom Kg/cm <sup>3</sup>
26/02/2021	05/03/2021	280	2.5	7	M-4	15	29.9	191.51	76.60	15.40	0.00025196	176.71	303039.88	
26/02/2021	05/03/2021	280	2.5	7	M-5	15	30	207.50	83.00	17.04	0.00026501	176.71	306778.17	277701.402
26/02/2021	05/03/2021	280	2.5	7	M-6	15	30	207.39	82.95	17.50	0.00034316	176.71	223286.15	
27/02/2021	13/03/2021	280	2.5	14	M-19	15	30	234.76	93.90	15.54	0.00037918	176.71	238070.91	
27/02/2021	13/03/2021	280	2.5	14	M-20	15	30	214.25	85.70	15.17	0.00028430	176.71	301045.96	278016.48
27/02/2021	13/03/2021	280	2.5	14	M-21	14.95	30.1	232.84	93.14	14.70	0.00031595	175.54	294932.57	
01/03/2021	29/03/2021	280	2.5	28	M-34	15	30.1	290.25	116.10	19.26	0.00039084	176.71	284134.09	
01/03/2021	29/03/2021	280	2.5	28	M-35	15.2	30	280.70	112.28	19.07	0.00034255	181.46	318614.22	276693.431
01/03/2021	29/03/2021	280	2.5	28	M-36	15.1	30	236.35	94.54	19.80	0.00037878	179.08	227331.98	

Nota. La Tabla 38 muestra el módulo de elasticidad promedio para la mezcla con 2.5% de adición de CCA

**Figura 18**

*Distribución del esfuerzo vs Módulo Elástico dosis al 2.5%*



**Tabla 39**

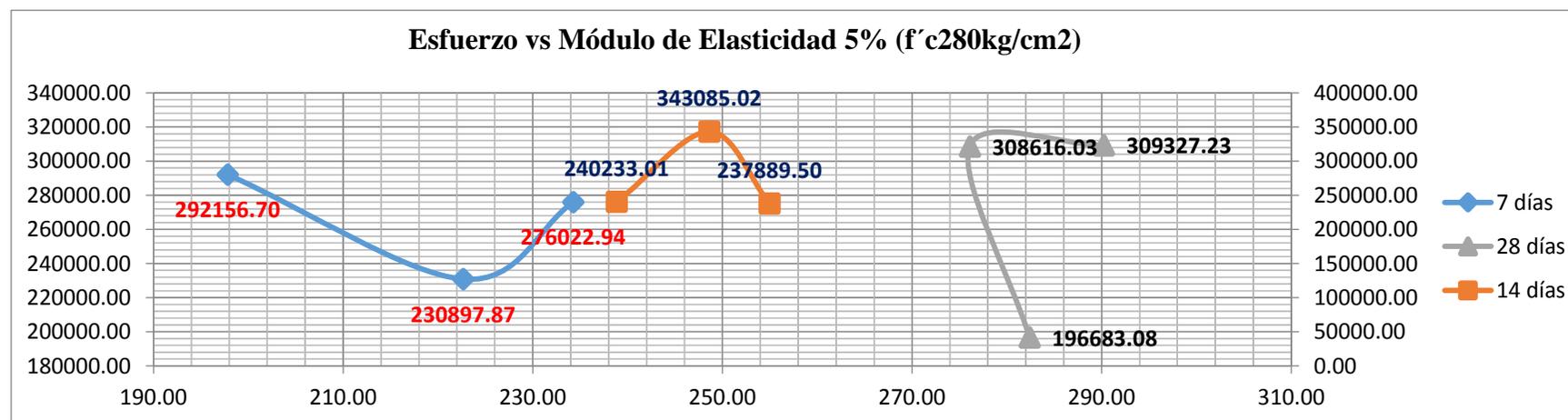
*Módulo Elástico Promedio para la mezcla al 5% de sustitución por días de curado*

Fecha Elaborac.	Fecha de ensayo	f'c de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Sust. (%)	edad días	Probeta	D(cm)	L(cm)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S <sub>2</sub> )	Area cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Prom Kg/cm <sup>3</sup>
26/02/2021	05/03/2021	280	5	7	M-7	15.1	30	197.82	79.13	13.44	0.00027484	179.08	292156.70	
26/02/2021	05/03/2021	280	5	7	M-8	15.1	30	222.67	89.07	21.59	0.00034225	179.08	230897.87	266359.17
26/02/2021	05/03/2021	280	5	7	M-9	15	30.1	234.26	93.71	15.70	0.00033262	176.71	276022.94	
27/02/2021	13/03/2021	280	5	14	M-22	15.1	30	254.98	101.99	13.61	0.00042154	179.08	237889.50	
27/02/2021	13/03/2021	280	5	14	M-23	15	30	248.62	99.45	12.97	0.00030205	176.71	343085.02	273735.84
27/02/2021	13/03/2021	280	5	14	M-24	15	30	238.85	95.54	12.31	0.00039646	176.71	240233.01	
01/03/2021	29/03/2021	280	5	28	M-37	15	30	290.23	116.09	12.56	0.00038471	176.71	309327.23	
01/03/2021	29/03/2021	280	5	28	M-38	15.2	30	276.09	110.44	13.46	0.00036425	181.46	308616.03	271542.11
01/03/2021	29/03/2021	280	5	28	M-39	15	30	282.41	112.96	13.06	0.00055796	176.71	196683.08	

Nota. La Tabla 39 muestra el módulo de elasticidad promedio para la mezcla con 5% de adición de CCA.

**Figura 19**

*Distribución del esfuerzo vs el módulo Elástico con dosis al 5%*



**Tabla 40**

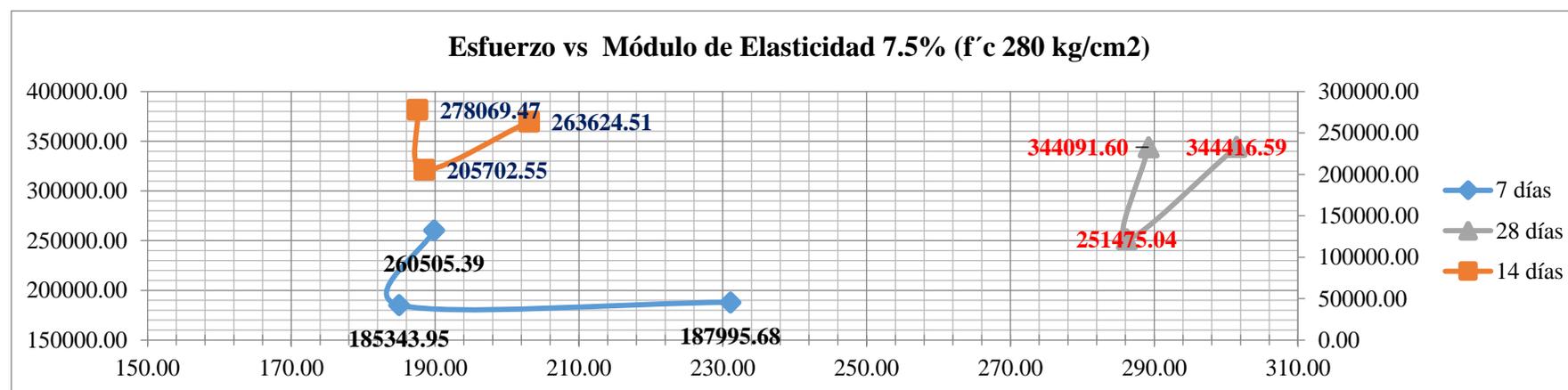
*Módulo Elástico promedio para la mezcla al 7.5% de sustitución por días de curado*

Fecha Elaborac.	Fecha de ensayo	f'c de diseño(kg/cm <sup>2</sup> )	Sust. (%)	edad dias	Especim.	D(cm)	L(cm)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon_z$ unitaria ( $\epsilon_z$ (S <sub>2</sub> ))	Area cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Prom Kg/cm <sup>3</sup>
26/02/2021	05/03/2021	280	7.5	7	M-10	14.98	30	231.07	92.43	20.77	0.00043119	176.24	187995.68	
26/02/2021	05/03/2021	280	7.5	7	M-11	15	30	185.00	74.00	11.62	0.00038655	176.71	185343.95	211281.67
26/02/2021	05/03/2021	280	7.5	7	M-12	15	30	189.86	75.94	12.92	0.00029193	176.71	260505.39	
27/02/2021	13/03/2021	280	7.5	14	M-25	15	30	203.07	81.23	12.35	0.00031129	176.71	263624.51	
27/02/2021	13/03/2021	280	7.5	14	M-26	15	29.95	188.51	75.40	12.83	0.00035421	176.71	205702.55	249132.17
27/02/2021	13/03/2021	280	7.5	14	M-27	15	29.95	187.55	75.02	12.76	0.00027389	176.71	278069.47	
01/03/2021	29/03/2021	280	7.5	28	M-40	15	30.1	301.45	120.58	12.26	0.00036449	176.71	344416.59	
01/03/2021	29/03/2021	280	7.5	28	M-41	15.2	30	286.18	114.47	12.12	0.00045701	181.46	251475.04	313327.74
01/03/2021	29/03/2021	280	7.5	28	M-42	15.1	30	289.21	115.68	12.76	0.00034910	179.08	344091.60	

Nota. La Tabla 40 muestra el módulo de elasticidad promedio para la mezcla con 7.5% de adición de CCA.

**Figura 20**

*Distribución del esfuerzo vs el módulo Elástico con dosis al 7.5%*



**Tabla 41**

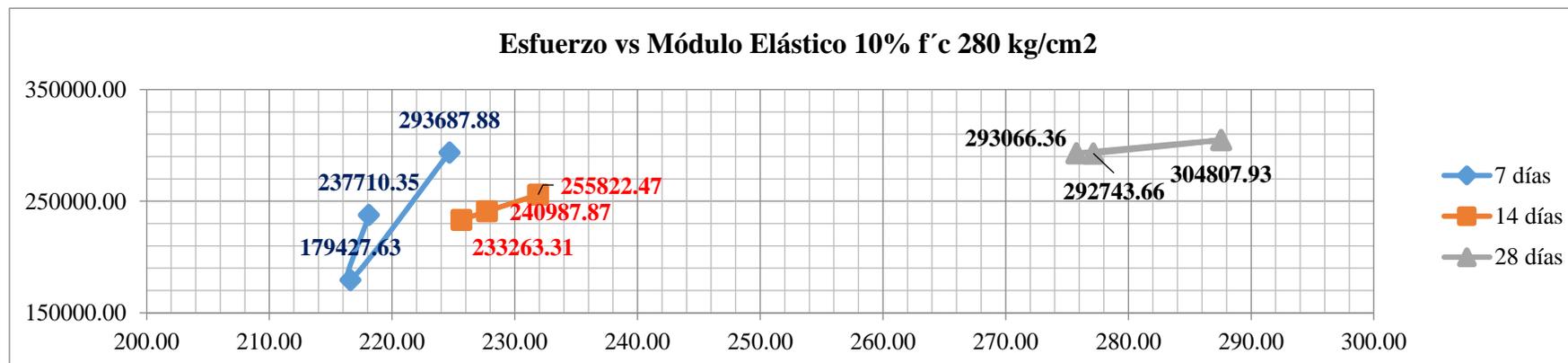
*Módulo Elástico promedio para la mezcla al 10% de sustitución por días de curado.*

Fecha Elaborac.	Fecha de ensayo	f'c de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Sustit. (%)	edad dias	Probeta	D(cm)	L(cm)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S <sub>2</sub> )	Area cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Prom Kg/cm <sup>3</sup>
26/02/2021	05/03/2021	280	10	7	M-13	15	30	224.68	89.87	49.60	0.00	176.71	293687.88	
26/02/2021	05/03/2021	280	10	7	M-14	15	30	216.61	86.64	25.89	0.00	176.71	179427.63	236941.951
26/02/2021	05/03/2021	280	10	7	M-15	15	30	218.11	87.24	20.48	0.00	176.71	237710.35	
01/03/2021	15/03/2021	280	10	14	M-28	15	30	231.91	92.76	16.69	0.00	176.71	255822.47	
01/03/2021	15/03/2021	280	10	14	M-29	15.1	30.1	227.73	91.09	17.09	0.00	179.08	240987.87	243357.881
01/03/2021	15/03/2021	280	10	14	M-30	15.1	30	225.66	90.27	15.71	0.00	179.08	233263.31	
01/03/2021	29/03/2021	280	10	28	M-43	15	29.98	275.76	110.30	53.78	0.00	176.71	293066.36	
01/03/2021	29/03/2021	280	10	28	M-44	15	30	287.56	115.02	48.88	0.00	176.71	304807.93	296872.652
01/03/2021	29/03/2021	280	10	28	M-45	14.9	30	277.14	110.86	54.57	0.00	174.37	292743.66	

*Nota. La Tabla 41 muestra el módulo de elasticidad promedio para la mezcla con 10% de adición de CCA.*

**Figura 21**

*Distribución del esfuerzo vs el módulo Elástico con dosis al 10%*



**Tabla 42**

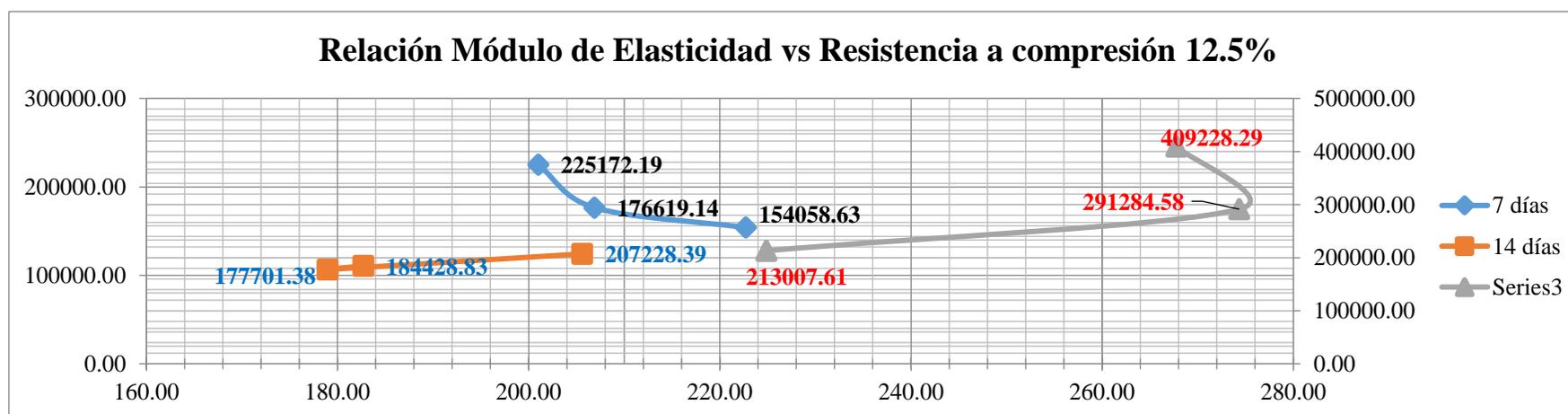
*Módulo Elástico promedio para la mezcla al 12.5% de sustitución por días de curado.*

Fecha Elaborac.	Fecha de ensayo	f'c de diseño(kg/cm <sup>2</sup> )	Sustituc. (%)	edad días	Probeta	D(cm)	L(cm)	$\sigma_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40% $\sigma_u$ ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	$\epsilon$ unitaria $\epsilon_2$ (S <sub>2</sub> )	Area cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Prom Kg/cm <sup>3</sup>
26/02/2021	05/03/2021	280	12.5	7	M-13	15	30	201.00	80.40	9.28	0.00	176.71	225172.19	185283.32
26/02/2021	05/03/2021	280	12.5	7	M-14	15	30	206.89	82.76	9.60	0.00	176.71	176619.14	
26/02/2021	05/03/2021	280	12.5	7	M-15	15	30	222.73	89.09	8.86	0.00	176.71	154058.63	
01/03/2021	15/03/2021	280	12.5	14	M-28	15	30	205.62	82.25	18.07	0.00	176.71	207228.39	189786.20
01/03/2021	15/03/2021	280	12.5	14	M-29	15.1	30.1	178.99	71.59	17.09	0.00	176.71	177701.38	
01/03/2021	15/03/2021	280	12.5	14	M-30	15.1	30	182.72	73.09	15.71	0.00	176.71	184428.83	
01/03/2021	29/03/2021	280	12.5	28	M-43	15	29.98	224.86	89.95	76.42	0.00	176.71	213007.61	304506.83
01/03/2021	29/03/2021	280	12.5	28	M-44	15	30	274.33	109.73	91.31	0.00	176.71	291284.58	
01/03/2021	29/03/2021	280	12.5	28	M-45	14.9	30	267.78	107.11	71.07	0.00	176.71	409228.29	

Nota. La Tabla 42 muestra el módulo de elasticidad promedio para la mezcla con 12.5% de adición de CCA.

**Figura 22**

*Distribución del esfuerzo vs el módulo elástico con dosis al 12.5%*



**Tabla 43**

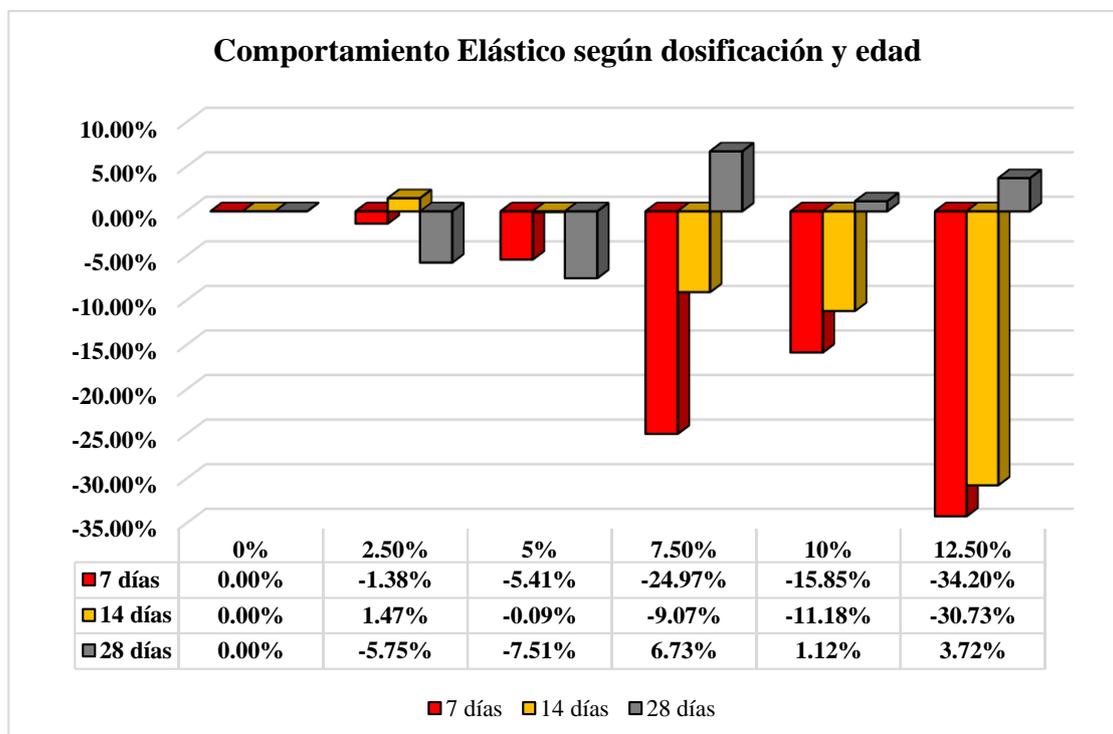
*Variación Porcentual del Módulo Elástico por dosis y edad*

<b>Sustitución (%)</b>	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>
<b>0%</b>	0.00 %	0.00 %	0.00 %
<b>2.50%</b>	-1.38 %	1.47 %	-5.75 %
<b>5%</b>	-5.41 %	-0.09 %	-7.51 %
<b>7.50%</b>	-24.97 %	-9.07 %	6.73 %
<b>10%</b>	-15.85 %	-11.18 %	1.12 %
<b>12.50%</b>	-34.20 %	-30.73 %	3.72 %

*Nota.* La Tabla 43 muestra la variación porcentual obtenida a partir del módulo elástico por dosis y tiempo de curado

**Figura 23**

*Porcentaje de alcance de Módulo Elástico por dosis y edad*

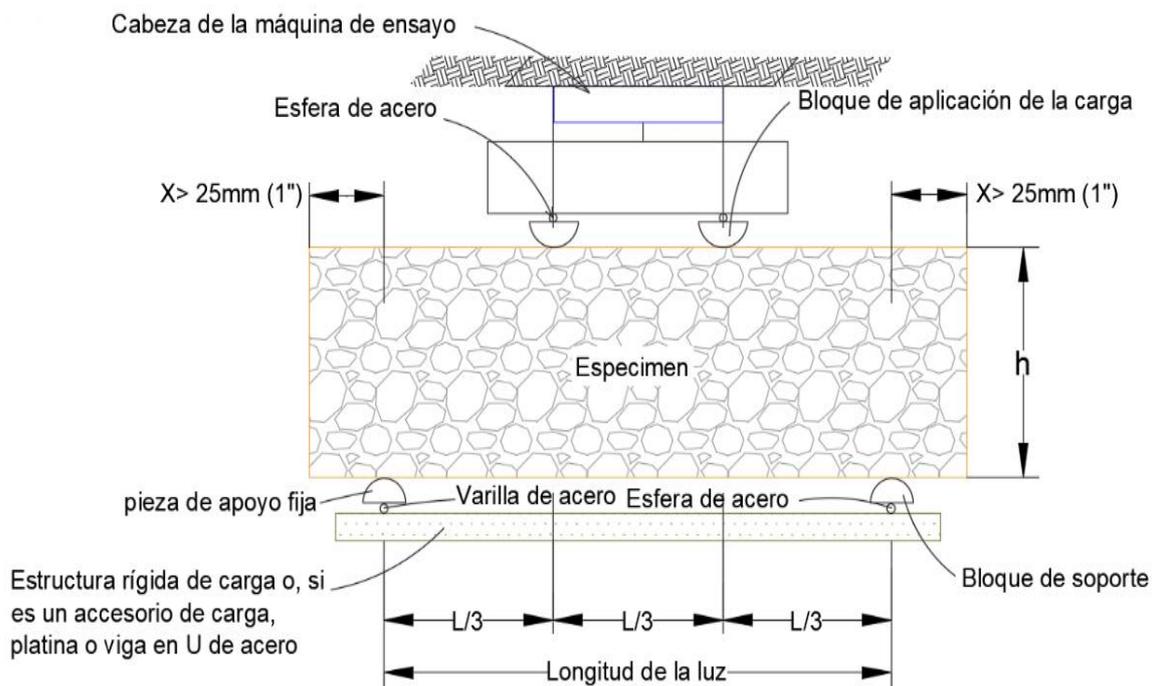


### 3.5.3. Análisis de la flexión en vigas de concreto.

Los especímenes prismáticos fueron ensayados bajo el procedimiento de apoyo de carga a los tercios del tramo referenciado en la norma N.T.P. 339.078 con dosis al 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5% para alcanzar una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 24**

*Detalle del Ensayo a Flexión a los tercios del tramo*



*Nota.* Muestra de forma figurativa el detalle para el ensayo de flexión.

**Tabla 44**

*Módulo de rotura según dosificación y tiempo de curado*

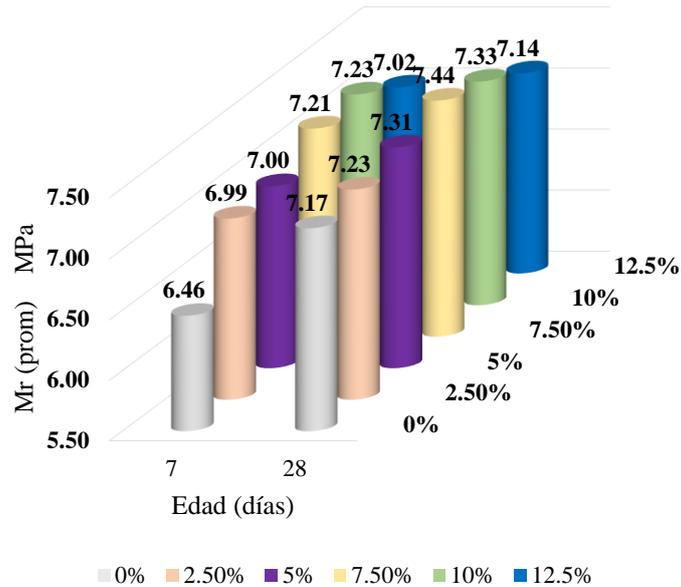
Sustitución (%)	Tiempo (días)	P(N)	Mr(Mpa)	Mr. Prom(Mpa)
0	7	44250	6.56	6.46
		45860	6.79	
		41220	6.11	
		42960	6.36	
	28	48990	7.26	7.17
		49100	7.27	
		47950	7.10	
		48780	7.23	
		48670	7.21	

		47020	6.97	
2.5	7	46770	6.93	6.99
		46840	6.94	
		47220	7.00	
		47950	7.10	
	28	49790	7.38	7.23
		49100	7.27	
		49220	7.29	
		48890	7.24	
		47560	7.05	
		48220	7.14	
5	7	46570	6.90	7.00
		47050	6.97	
		47010	6.96	
		48260	7.15	
	28	48170	7.14	7.31
		50260	7.45	
		49140	7.28	
		50680	7.51	
		49360	7.31	
		48560	7.19	
7.5	7	47560	7.05	7.21
		47680	7.06	
		49770	7.37	
		49580	7.35	
	28	50180	7.43	7.44
		51260	7.59	
		49560	7.34	
		51230	7.59	
		48740	7.22	
		50180	7.43	
10	7	49560	7.34	7.23
		49220	7.29	
		47750	7.07	
		48550	7.19	
	28	51260	7.59	7.33
		52630	7.80	
		47410	7.02	
		47420	7.03	
		48870	7.24	
		49310	7.31	
12.5	7	47270	7.00	7.02
		47330	7.01	
		47630	7.06	
		47350	7.01	
	28	51230	7.59	7.14
		48240	7.15	
		48270	7.15	
		47580	7.05	
		47510	7.04	

Nota. La Tabla 44 nos muestra el resultado del módulo de rotura promedio en función de la adición de CCA y el tiempo.

**Figura 25**

*Módulo de rotura según dosis y edades*



**Tabla 45**

*Variación porcentual de la resistencia a flexión según sustitución.*

Sustitución (%)	Tiempo (días)	Mr. Prom(Mpa)	alcance (%)	Variación (%)
0	7	6.46	100.00	0.00 %
	28	7.17	100.00	0.00 %
2.5	7	6.99	108.20	8.20 %
	28	7.23	100.84	0.84 %
5	7	7.00	108.36	8.36 %
	28	7.31	101.95	1.95 %
7.5	7	7.21	111.61	11.61 %
	28	7.44	103.77	3.77 %
10	7	7.23	111.92	11.92 %
	28	7.33	102.23	2.23 %

12.5	7	7.02	108.67	8.67 %
	28	7.14	99.58	-0.42 %

Nota. La Tabla 45 nos muestra el resultado de la variación porcentual de la resistencia a flexión según dosis de sustitución.

### 3.5.4. Interpretación Estadística especímenes cilíndricos

Dada las condiciones de curado se espera que los especímenes cilíndricos tengan la misma resistencia para definir las propiedades de concreto durables, ante ello el proceso estadístico nos brinda una base sólida para obtener la calidad y que tan resistente pueda ser el concreto e identificar su variabilidad.

Los valores fueron analizados estadísticamente con funciones como la varianza, desviación estándar y coeficiente variacional donde además según ACI 214-11, define estándares de control de la calidad del concreto elaborado en laboratorio dando como resultado que las muestras que se fabricaron se definen entre buenas y excelentes para los 7, 14 y 28 días.

**Tabla 46**

*Desviación estándar de las muestras según dosificación a 7 días de edad*

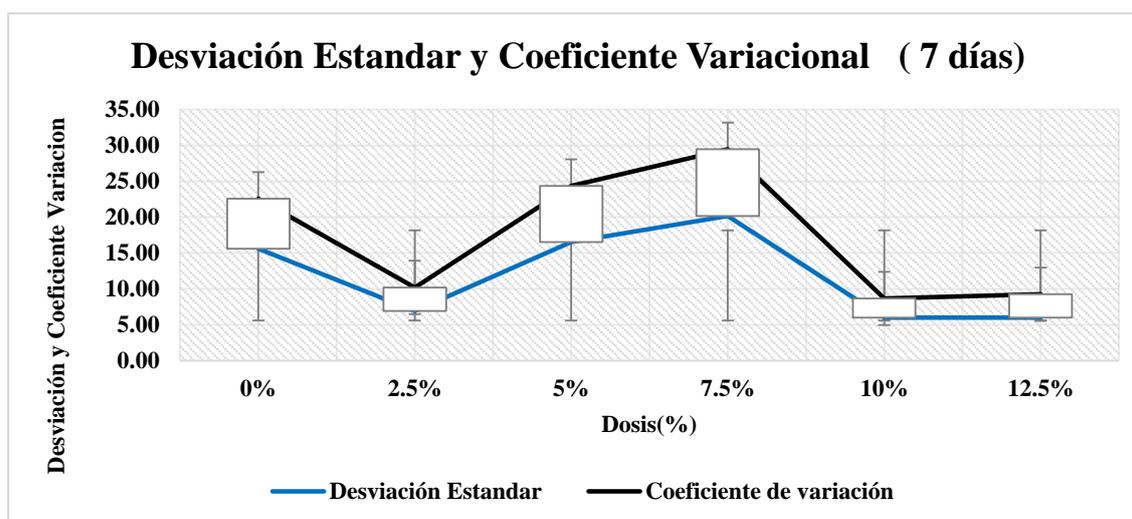
<b>Función Estadística</b>	<b>0%</b>	<b>2.5%</b>	<b>5%</b>	<b>7.5%</b>	<b>10%</b>	<b>12.5%</b>
Varianza	243.62	47.93	273.40	406.02	35.99	35.99
Desviación Estándar (DS)	15.61	6.92	16.53	20.15	6.00	6.00
Coeficiente de Variación (CV)	6.97	3.28	7.80	9.32	2.66	3.26
Distribución Normal	0.00	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01
	0.03	0.05	0.02	0.01	0.03	0.02
	0.02	0.05	0.02	0.02	0.03	0.06
	0.02	0.05	0.02	0.02	0.06	0.06
	0.02	0.06	0.02	0.02	0.07	0.07
	0.02	0.04	0.02	0.01	0.02	0.06
	0.02	0.04	0.02	0.01	0.02	0.06

		0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
<b>Resultado ACI-214</b>	DS	Muy Bueno	Excelente	Muy Bueno	Bueno	Excelente	Excelente
	CV	Deficiente	Muy Bueno	Deficiente	Deficiente	Muy Bueno	Bueno

Nota. La Tabla 48 muestra el resultado de la desviación estándar analizadas para los especímenes propuestos a los 7 días de edad.

**Figura 26**

*Desviación estándar y coeficiente de variación según dosis (7 días)*



**Tabla 47**

*Desviación Estándar de las muestras según dosificación a 14 días de edad*

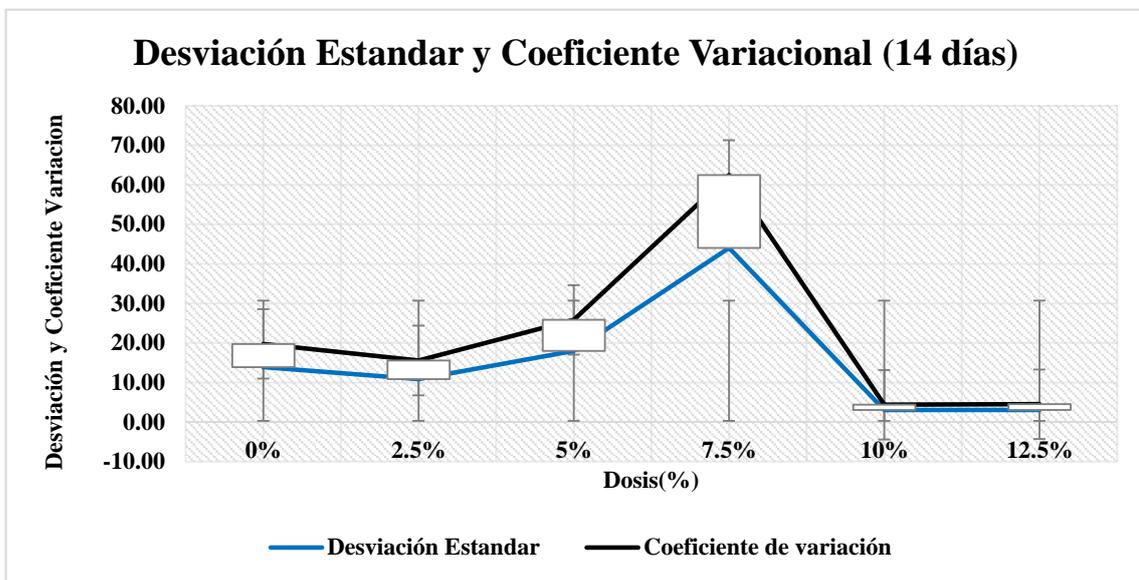
Función Estadística	0%	2.5%	5%	7.5%	10%	12.5%
Varianza	192.08	117.20	324.78	1941.20	9.28	9.28
Desviación Estándar (DS)	13.86	10.83	18.02	44.06	3.05	3.05
Coeficiente de Variación (CV)	5.89	4.74	7.83	18.43	1.32	1.47
Distribución Normal	0.02	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00
	0.02	0.02	0.02	0.00	0.06	0.00
	0.02	0.04	0.02	0.01	0.09	0.02
	0.03	0.04	0.02	0.01	0.10	0.13
	0.03	0.04	0.02	0.01	0.13	0.02
	0.03	0.03	0.01	0.01	0.07	0.00

		0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
<b>Resultado ACI-214</b>	DS	Muy Bueno	Excelente	Bueno	Deficiente	Excelente	Excelente
	CV	Deficiente	Suficiente	Deficiente	Deficiente	Excelente	Excelente

Nota. La Tabla 47 muestra el resultado de la desviación estándar analizadas para los especímenes propuestos a los 14 días de edad.

**Figura 27**

*Desviación estándar y coeficiente de variación según dosis (14 días)*



**Tabla 48**

*Desviación estándar de las muestras según dosificación a 28 días de edad*

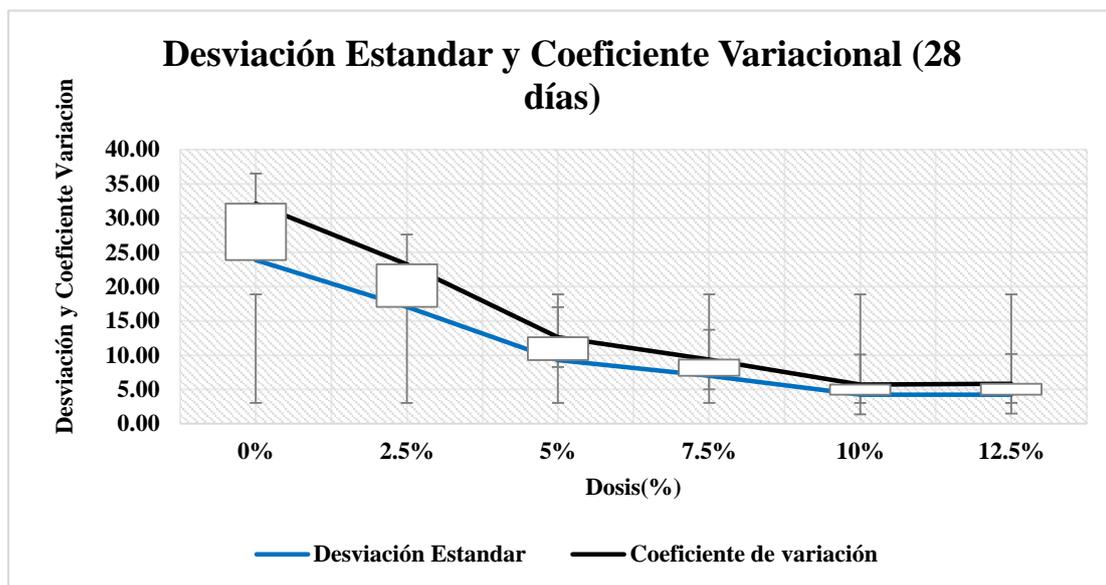
<b>Función Estadística</b>	<b>0%</b>	<b>2.5%</b>	<b>5%</b>	<b>7.5%</b>	<b>10%</b>	<b>12.5%</b>
Varianza	569.65	291.32	86.55	49.10	17.82	17.82
Desviación Estándar (DS)	23.87	17.07	9.30	7.01	4.22	4.22
Coeficiente de Variación (CV)	8.27	6.18	3.34	2.36	1.51	1.60
Distribución Normal	0.02	0.00	0.04	0.05	0.07	0.07
	0.02	0.02	0.01	0.05	0.01	0.00
	0.02	0.02	0.04	0.03	0.05	0.02
	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.00
	0.01	0.02	0.02	0.05	0.06	0.00

		0.01	0.02	0.04	0.06	0.07	0.09
		0.01	0.02	0.04	0.01	0.05	0.00
<b>Resultado ACI-214</b>	DS	Suficiente	Bueno	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
	CV	Deficiente	Deficiente	Bueno	Muy Bueno	Excelente	Excelente

Nota. La Tabla 48 muestra el resultado de la desviación estándar analizadas para los especímenes propuestos a los 28 días de edad.

**Figura 28**

*Desviación estándar y coeficiente variacional según dosis (28 días)*



### 3.2. Discusión de los resultados

- Para los agregados de cantera

La exploración de materiales pétreos en Lambayeque es muy amplia y diversa y muchos de éstos son explorados de manera informal y ofrecidos sin cumplir los requisitos mínimos establecidos es por eso la necesidad de evaluarlos, para [48] en su análisis de agregados pétreos considera que la Cantera La Victoria es la de mejor comportamiento para el agregado fino con un MF de 2.757 con un contenido de humedad de 0.2% y la Cantera Tres tomas con un TMN de  $\frac{3}{4}$ " y contenido de humedad de 0.4% resultado muy cercano a lo especificado en la presente (MF de 3.06, CH=0.58% y TMN  $\frac{3}{4}$ " y CH=0.28%) de igual manera [89] manifiesta que la Cantera mencionada posee un MF de 2.353

resultados que se encuentran dentro de los límites permisibles para el agregado fino según [41] ( $3.1 < MF < 2.3$ ) y no debe exceder el 45% pasante en alguna malla.

- Para la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA)

Manifiestan que la temperatura a la que se expone al incinerar las cáscara de arroz influye de manera directa en la actividad puzolánica y sugiere ser incineradas debajo de los 1400°C ya que a mayores temperaturas la sílice podría perder su proceso reactivo [2], efectivamente muchos investigadores (ver **Tabla 03**) han desarrollado estudios con cenizas que han sido quemadas entre 500 y 900 °C con tiempos entre 0.5 a 24 horas y han obtenido buena clasificación puzolánica [21], manifiestan que entre 500 y 800°C el óxido de sílice se manifiesta en estado amorfo es decir puede usarse como puzolana en la elaboración de concretos sin perjudicar las características del aglutinante(cemento) [35], esta interpretación la asumimos para incinerar nuestra muestra de cáscara entre 650 y 850 ° en 3.5 horas, en el plano local estipula que la temperatura ideal de calcinación fue de 650°C en 2 horas [41].

Concluyo que el IAP alcanza hasta un 88% en sólo 7 días y 88.9% a los 28 días [39] y obtiene 83.1% a 28 días [42] sobrepasando ampliamente los requisitos físicos estipulados en la ASTM C 618 datos no concordantes con los valores que obtuve 65.21% a los 7 días y 75.95% a los 28 días, pero cumplen con los requisitos de aceptación como puzolana [80].

Según las cenizas de cáscara de arroz contienen entre 85 y 95% de sílice amorfa [12], las investigaciones mostradas en **Tabla 1** corroboran esta conclusión ya que se encuentran dentro del rango y además cumplen con los requisitos de puzolanas establecidos en la ASTM C 618 debido a que  $SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 \geq 70\%$  y  $50\%$ , pero [26] y [90] en sus investigaciones muestran resultados químicos bajos en sílice 63% y 69.69% respectivamente los cuales difieren a mis resultados ( $SiO_2 = 88.4\%$ ). **La Tabla 18** muestra los diferentes porcentajes de compuestos químicos representativos en algunas

ciudades del Perú de las cuales las tesis realizadas en Arequipa muestran un contenido de sílice inferior a la de las otras ciudades, de donde las tesis elaboradas en la zona norte presentan un contenido alto de sílice.

- Para el diseño de la mezcla

Los diseños se generan a partir de ensayos los cuales se basan en la densidad de los materiales pétreos [16], la relación entre agua y cemento, así como en el asentamiento requerido, el método de ACI 211.1-91 y ACI 211.4R-08 muestran los procedimientos para el buen proporcionamiento de los materiales incluido las cenizas en el concreto. Las dosificaciones de mezcla de 0%, 5%, 7.5%, 10% y 12.5% obteniendo relaciones en peso de C: A: P ( 1:1.26:3.64 ) y a/c de 0.40 lt/kg para la mezcla patrón de resistencia 40 Mpa [35].

- Para Propiedades físicas y mecánicas

Para el concreto en su estado plástico argumentan que las cenizas que no contienen carbono disminuyen el asentamiento de 9 cm que presenta la muestra control a 4 cm que presenta la dosis al 10% [10], el contenido de aire fue mayor ya que aumento hasta el 76% en comparación a la muestra patrón y disminuyo el peso unitario en 4.82%, resultado parecido obtuvo [36] y [42] los cuales manifiestan haber tenido disminución en la trabajabilidad y el peso unitario además [34] manifiestan que el asentamiento aumenta a mayor proporción de cenizas hasta en 37.5% y según [44] aumenta hasta en 32.35% conclusiones muy cercanas en mi investigación ya que el asentamiento no muestra valores muy elevados pero si se acrecienta con mayor proporción, sin embargo para [2] el sustituir al 20% el aglutinante por ceniza mejora el asentamiento hasta en un 20%. Según [36] afirma que a mayor adición de ceniza el asentamiento disminuye en 50% y la temperatura disminuye hasta en 14.23% con el 20% de dosis lo cual contradice a los resultados que obtuve ya que a mayor proporción la temperatura se ve afectada.

En lo que respecta al concreto en su estado mecánico [47] afirman que al 1% de sustitución la resistencia compresiva aumenta en un 11.60% y al 5% la resistencia a flexión presenta una mejora de 23.26% a los 28 días de edad empero [43] manifiesta si

bien al 1% de proporción hay un ligero aumento de la resistencia (0.04%) la tendencia es decreciente a mayor incremento de ceniza, [48] afirma que la ceniza en proporción al 15% mejora la propiedad compresiva empero para el módulo elástico es al 10%. [44] en sus resultados muestra un aumento de resistencia de hasta 25.54% en referencia a la muestra control pero con un limitante de hasta el 8% de sustitución, para [42] la resistencia compresiva aumenta hasta en un 19.29% con la dosis limitante al 10% a edades de 28 días, [37] y [10] también manifiestan haber obtenido mejoras en la resistencia a compresión, módulo elástico y a flexión hasta en 35.91% con dosis al 10% de sustitución resultado que discrepa con lo obtenido por [35] quienes estipulan que las propiedades mecánicas mejoran al 7.5% de sustitución resultado que concuerda con lo obtenido en mi investigación a 28 días de edad.

- Para diseño óptimo

Algunos de los investigadores han establecido dosificaciones idóneas de sustitución que mejoren las propiedades físico-mecánicas del concreto (ver **Tabla 49**), de donde el resultado que adopto en mi investigación es al 7.5% de sustitución el cual se contrasta con lo obtenido por [35].

#### **Tabla 49**

*Dosificaciones óptimas según investigadores.*

Investigadores	Dosis óptima
[22]	5%
[15]	5%
[24]	7.5%
[54]	10%
[9]	10%
[28]	12.5%
[25]	15%
[2]	20%

Nota. Dosis óptima según investigadores

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- Se analizaron un total de 6 canteras cercanas a la zona del estudio, siendo las de mejor comportamiento geotécnico La Victoria para el agregado fino con un Módulo de fineza de 3.06, Peso específico 2.52 gr/cm<sup>3</sup>, absorción 0.62%, humedad 0.58%, y Tres Tomas para el agregado grueso con TMN 3/4", P.E. 2.66 gr/cm<sup>3</sup>, absorción 1.00% y humedad 0.28%.
- La ceniza de cáscara de arroz incinerada a una temperatura de 750° C posee características físicas y químicas y es considerada como puzolana en el concreto de tipo F, alcanzando un índice puzolánico de 75.95% a los 28 días de edad, químicamente posee SiO<sub>2</sub>+AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+FeO<sub>3</sub>= 89.83%, azufre 4.09%.
- El diseño de mezcla fue diseñado en función del comportamiento de los agregados pétreos, el aglutinante cemento Portland Tipo I con peso específico de 3.11 kg/m<sup>3</sup> y la ceniza para alcanzar una resistencia de f'c 280 kg/cm<sup>2</sup>, donde se determinó una relación de a/c y de a/ c+p de 0.509, un factor cemento de 10.7 bls/m<sup>3</sup>, para un contenido de aire de 2% y una proporción en peso de **C:1 A:1.65 P:1.91** y 21.6 lt para la muestra control , **C:0.975 A:1.65 P: 1.91 CCA=0.025** y 21.6 lt mezcla con 2.5%, **C:0.95 A:1.65 P: 1.91 CCA=0.05** y 21.6 lt mezcla con 5%; **C:0.925 A:1.65 P: 1.91 CCA=0.075** y 21.6 lt mezcla con 7.5%; **C:0.90 A:1.65 P: 1.91 CCA=0.1** y 21.6 lt mezcla con 10%; **C:0.875 A:1.65 P: 1.91 CCA=0.125** y 21.6 lt mezcla con 12.5%.
- De la comparación de resultados se concluye que

Para su estado Plástico

El asentamiento se ve afectado sólo en la muestra al 12.5%, para la temperatura se muestra constante debajo de los 32 °C en cambio las dosis de 10% y 12.5% sobrepasan el valor máximo establecido en la [95], el peso unitario se mantiene constante hasta la dosis al 5%, el contenido de aire muestra un

desarrollo creciente está en rango de 1.9% y 2.5%, por ende adicionar cenizas mejora las características del concreto en su estado plástico empero se limita a dosis hasta el 7.5%.

Para su estado Mecánico

El estado endurecido del concreto adicionado con cenizas se ve mejorado en su resistencia compresiva, a flexión aumentándolas en +2.65% y 3.77% respectivamente, el módulo elástico muestra aumento en +6.73% pero limitada al 7.5% de adición ya que a mayor adición de cenizas el comportamiento resistente decrece a los 28 días.

- La dosis de sustitución óptima de ceniza de cáscara de arroz que mejora las características plásticas y mecánicas en referencia al concreto control es al 7.5% alcanzando aumentos en las resistencias a los 28 días de edad.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Se recomienda obtener mejores muestras de las canteras que no se analizaron debido a la precariedad de la zona de acopio pudieron estar infestadas o contaminadas y poder emplearlas en futuras investigaciones.
- Se recomienda reducir la escala de temperatura de incineración de la cascara ( $\pm 50^{\circ}\text{C}$ ) y analizarla químicamente para comparar si existe variación con los resultados químicos obtenidos en la presente tesis.
- Se recomienda seguir explícitamente la metodología expuesta por el American Concrete Institute (ACI-211) para lograr una buena composición de la mezcla.
- Se recomienda realizar ensayos a mayores tiempos de curados ( $> 28$  días) en mezclas que no lograron optimizar las propiedades del concreto, así como usar aditivos plastificantes que pueden ayudar en alcanzar los requisitos establecidos.

- Recomiendo la utilización de mezcla con valores de sustitución que se encuentren dentro del rango de +5% y -7.5% e inquirir los efectos físicos y mecánicos de la mezcla de concreto además las dosis que no cumplieron el objetivo podrían ser usadas en estructuras de baja resistencia.

## REFERENCIAS

- [1] L. Pérez Quiñones, M. Llanes Pérez y Y. Morales Rodríguez, «Disponibilidad de  $\text{SiO}_2$  a partir de la quema controlada de cáscara de arroz de Mayabeque,» *Revista Ciencia y Construcción*, pp. 3-13, 2021.
- [2] R. Rumman, M. Bari, T. Manzur, M. Kamal y M. Noor, «A Durable Concrete Mix Design Approach using Combined Aggregate Gradation Bands and Rice Husk Ash Based Blended Cement,» *Journal of Building Engineering*, p. 1, 2020.
- [3] A. Pandey y B. Kumar, «A comprehensive investigation on application of microsilica and rice straw ash in rigid pavement,» *Construction and Building Materials*, p. 2, 2020.
- [4] P. Rattanachu, P. Toolkasikorn, W. Tangchirapat, P. Chindaprasirt y C. Jaturapitakkul, «Performance of Recycled Aggregate Concrete with Rice Husk Ash as Cement Binder,» *Cement and Concrete Composites*, p. 3, 2020.
- [5] Saloni, Parveen y T. M. Pham, «Enhanced properties of high-silica rice husk ash-based geopolymer paste by incorporating basalt fibers,» *Construction and Building Materials*, vol. 245, p. 118422, 2020.
- [6] A. Damanhuri, A. Lubis, A. Hariri, S. Herawan, M. Roslan y M. Hussin, «Mechanical properties of rice husk ash (RHA) brick as partial replacement of clay,» *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1529, pp. 1-8, 2020.
- [7] . V. Jittin, A. Bahurudeen y S. Ajinkya, «Utilisation of rice husk ash for cleaner production of different construction products,» *Journal of Cleaner Production*, pp. 1-42, 2020.
- [8] S. Miller, P. Cunningham y J. Harvey, «Rice-based ash in concrete: A review of past work and potential environmental sustainability,» *Resources, Conservation & Recycling*, pp. 416-430, 2019.
- [9] M. Mosaberpanah y S. Umar, «Utilizing Rice Husk Ash as Supplement to Cementitious Materials on Performance of Ultra High Performance Concrete – A review,» *Materials Today Sustainability*, p. 2, 2019.
- [10] M. Badrul y Z. Hossain, «Supplemental use of rice husk ash (RHA) as a cementitious material in concrete industry,» *Construction and Building Materials*, nº 178, p. 1, 2018.
- [11] V. Srivastava, Atul, A. Imam, P. Mehta, Satyendranath y M. Tripathi, «Supplementary Cementitious Materials in Construction - An Attempt to reduce CO<sub>2</sub> emission,» *Journal of Environmental Nanotechnology*, p. 31, 2018.
- [12] S.-H. Kang, S.-G. Hong y J. Moon, «The use of rice husk ash as reactive filler in ultra-high performance concrete,» *Cement and Concrete Research*, p. 1, 2018.
- [13] S. E. Hidalgo, «EVALUACIÓN DE LA REACTIVIDAD PUZOLÁNICA DE LA CENIZA DE PAJA DE ARROZ,» Valencia, 2018.

- [14] D. G. Cavalcante, M. G. d. S. Marques, J. d. A. Melo Filho y R. P. d. Vasconcelos, «Influence of the levels of replacement of portland cement by metakaolin and silica extracted from rice husk ash in the physical and mechanical characteristics of cement pastes,» *Cement and Concrete Composites*, vol. 94, pp. 296-306, 2018.
- [15] T. Blessen, «Green concrete partially comprised of rice husk ash as a supplementary cementitious material – A comprehensive review,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, p. 1, 2018.
- [16] N. Carmargo, «LA CENIZA DE CASCARILLA DEL ARROZ COMO APORTE A LA RESISTENCIA DEL CONCRETO HIDRÁULICO,» *Orinoquía*, pp. 33-38, 2017.
- [17] R. Sandhu y R. Siddique, «Influence of rice husk ash (RHA) on the properties of self-compacting concrete: A review,» *Construction and Building Materials*, p. 3, 2017.
- [18] C. Fapohunda , B. Akinbile y A. Shittu , «Structure and properties of mortar and concrete with rice husk ash as partial replacement of ordinary Portland cement – A review,» *International Journal of Sustainable Built Environment*, vol. 6, pp. 675-692, 2019.
- [19] Z. Seyed, A. Farshad, D. Farzan y A. Mojtaba, «Rice husk ash as a partial replacement of cement in high strength concrete containing micro silica: Evaluating durability and mechanical properties,» *Case Studies in Construction Materials*, p. 2, 2017.
- [20] M. Chabannes, F. Becquart, E. Garcia, N.-E. Abriak y L. Clerc, «Experimental investigation of the shear behaviour of hemp and rice husk-based concretes using triaxial compression,» *Construction and Building Materials*, pp. 621-632, 2017.
- [21] N. Camargo y C. Higuera, «CONCRETO HIDRÁULICO MODIFICADO CON SÍLICE OBTENIDA DE LA CASCARILLA DE ARROZ,» *CIENCIA E INGENIERÍA NEOGRANADINA*, p. 93, 2017.
- [22] J. De Brito y J. D. Silvestre, «Influence of recycled aggregates and high contents of fly ash on concrete fresh properties,» *Cement & Concrete Composites*, vol. 84, pp. 198-213, 31 octubre 2017.
- [23] I. N. d. E. e. I. INEI, «Perú: Panorama Económico Departamental mayo 2022,» INEI, Lima, 2022.
- [24] B. Mondal, R. Periche, B. Tineo, L. Bermejo, M. Mahmudur, A. Bakkar, M. Rahman, J. Solis y G. Cruz, «Arsenic in Peruvian rice cultivated in the major rice growing region of Tumbes river basin,» *Chemosphere*, p. 4, 2020.
- [25] Diario Hechicera, «Vecinos afectados por la quema de la cascarilla de arroz en San Isidro,» 1 setiembre 2020. [En línea]. Available: <https://diariohechicera.com/region/vecinos-afectados-por-la-quema-de-la-cascarilla-de-arroz-en-san-isidro/>.
- [26] M. Jaime y L. Portocarrero, *INFLUENCIA DE LA CASCARILLA Y CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL*, Trujillo, 2018.

- [27] J. Aliaga y D. Badajos, *Adición de cenizas de cascarilla de arroz para el diseño de concreto f'c 210 kg/cm2, Atalaya, Ucayali 2018, Ucayali, 2018.*
- [28] J. Saldaña, «Resistencia a la compresión y permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo de cáscara de huevo y ceniza de cáscara de arroz.,» Chimbote, 2018.
- [29] K. Beltrán y F. Ccama, *ANÁLISIS COMPARATIVO DE CONCRETOS ADICIONADOS CON PUZOLANAS ARTIFICIALES DECENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ(CCA), FLY ASH Y PUZOLANA ARTIFICIAL, Arequipa, 2017.*
- [30] La República, *Utilizan cascarilla de arroz contra desechos industriales en Arequipa, 29 AGOSTO 2019.*
- [31] Inei, «INEI,» Agosto 2017. [En línea]. Available: <http://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/consumo-interno-de-cemento-crecio-345-en-junio-de-2017-9883/>.
- [32] C. S., Estudio de prefactibilidad para la instalación de una Planta Productora de biocemento a partir de la ceniza de cascarilla de arroz, 2015.
- [33] S. Ul Iffat Uday y I. Rahman, Artists, *Rice Husk Ash Concrete: Study with Experimental and Theoretical result of Compressive Strength and Other Characteristics.* [Art]. ISLAMIC UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, 2021.
- [34] Rahmi Karolina, Raisa Muharrisa y M. Handana, «The effect of rice straw fiber addition as sound silencer and its effect to concrete mechanical properties,» *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 725, 2020.
- [35] A. Gautam, R. Batra y N. Singh, «A study on use of rice husk ash in concrete,» *Engineering Heritage Journal (GWK)*, vol. 3, nº 1, pp. 01-04, 2019.
- [36] F. Ameri, P. Shoaiei, N. Bahrami, M. Vaezi y T. Ozbakkaloglu, «Optimum rice husk ash content and bacterial concentration in self-compacting concrete,» *Construction and Building Materials*, vol. 222, pp. 796-813, 2019.
- [37] S. Bahri, H. Mahmud, P. Shafigh y E. Majuar, «Mechanical and Durability Properties of High Strength High Performance Concrete Incorporating Rice Husk Ash,» *Materials Science and Engineering*, 2019.
- [38] C. Fapohunda, B. Akinbile y S. Ahmed, «Structure and properties of mortar and concrete with rice husk ash as partial replacement of ordinary Portland cement – A review,» *International Journal of Sustainable Built Environment*, vol. 6, nº 2, p. 676, 2017.
- [39] H. A. Mboya, C. K. King'onde, K. N. Njau y A. L. Mrema, «Measurement of Pozzolanic Activity Index of Scoria, Pumice, and Rice Husk Ash as Potential Supplementary Cementitious Materials for Portland Cement,» *Hindawi Advances in Civil Engineering*, vol. 2017, p. 13, 2017.
- [40] M. P. Karthik , A. Arul Gnanapragasam , V. Sree Vidya , B. Manikandan y M. Manasha Gayathiri , «Experimental Study on Rice Husk Ash in Concrete by Partial Replacement,» *International Journal of ChemTech Research*, vol. 10, nº 8, pp. 812-819, 2017.

- [41] M. D. Ruiz Odar, Artist, *Contrastación entre el bloque de concreto tradicional y bloque de concreto con ceniza de cáscara de arroz, Pucará - Jaén, 2021*. [Art]. Universidad Cesar Vallejo, 2022.
- [42] J. A. Torres Saldaña, Artist, *Aplicación de la ceniza de cascara de arroz en las propiedades del concreto de  $f'c = 245 \text{ kg/cm}^2$ , Lima 2021*. [Art]. Universidad Cesar Vallejo, 2021.
- [43] A. F. Arévalo Torres y L. López del Aguila, Artists, *Adición de ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín*. [Art]. Universidad Nacional de San Martín, 2020.
- [44] M. Á. Jaime Huertas y L. A. Portocarrero Regalado, Artists, *Influencia de la cascarilla y ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión de un concreto no estructural, Trujillo 2018*. [Art]. Universidad Privada del Norte, 2018.
- [45] W. A. Ortiz Velasquez, Artist, *Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  al sustituir el cemento con ceniza de concha de abanico y cáscara de arroz en 12% en la relación 3:1*. [Art]. Universidad Cesar Vallejo, 2018.
- [46] S. Huaquisto y G. Belizario, «Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento,» *Revista de Investigaciones Altoandinas*, pp. 225-234, 2018.
- [47] M. B. Campos Vásquez y E. J. Hoyos Mundaca, Artists, *Uso de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la resistencia a la compresión y flexotracción del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$* . [Art]. Universidad Cesar Vallejo, 2022.
- [48] S. Y. Montero Flores, Artist, *Evaluación de las propiedades del concreto empleando cenizas de cascara de arroz como sustituto del cemento en porcentajes para las edificaciones en la ciudad de Chiclayo*. [Art]. Universidad Señor de Sipán, 2019.
- [49] C. S. Ramos Fernández, Artist, *Diseño de morteros empleando cenizas de cáscara de arroz*. [Art]. Universidad Señor de Sipán, 2019.
- [50] N. T. P. N.T.P. E060, *Reglamento Nacional de Edificaciones*, Lima: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO, 2020.
- [51] ACI, American Concrete Institute, 2019, pp. 318-19.
- [52] Ortega, *Diseño de estructuras de concreto armado*, 2015, p. 13.
- [53] Aceros Arequipa, *Características del cemento*, 2017.
- [54] N. T. P. NTP. E 060, *Norma Técnica Peruana (NTP)*, 2017, p. 14.
- [55] NTP400.037, «AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos,» Lima, 2018.
- [56] N. Santa Cruz, «Influencia de la cantidad de agregado más fino que pasa la malla nº 100 en la resistencia mecánica del concreto de baja y mediana resistencia fabricado con cemento tipo I Andino,» Lima, 2001.

- [57] A. Agustín, "EVALUACIÓN CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ Y TIPOS DE AGREGADOS FINOS SOBRE LA COMPRESIÓN, SORPTIVIDAD Y DENSIDAD DE MORTEROS DE CEMENTO PORTLAND TIPO I, TRUJILLO 2017", Trujillo, 2017, p. 31.
- [58] V. Jain, B. Jain y G. Sancheti, «Influence of Rice Husk Ash (RHA) on the Workability of Concrete,» *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, pp. 1-4, 2021.
- [59] ACI-116, 2016.
- [60] R. Medina, «Aceros Arequipa,» 2016. [En línea]. Available: [http://www.acerosarequipa.com/construccion-de-viviendas/boletin-construyendo/edicion\\_30/conociendo-las-propiedades-del-concreto.html](http://www.acerosarequipa.com/construccion-de-viviendas/boletin-construyendo/edicion_30/conociendo-las-propiedades-del-concreto.html).
- [61] ASTM-C143-78, *American Society of Testing Materials- Standard Test Method for Slump Of Portland Cement Concrete*.
- [62] J. Osorio, «360 en concreto - ARGOS,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/elasticidad-del-concreto>.
- [63] ASTM-C192, «Elaboración y Curado en el Laboratorio de especímenes de concreto,» de *American Society of Testing Materials*.
- [64] Love, *El concreto en la construcción*, 2016, p. 131.
- [65] F. Abanto, *Tecnología del concreto*, 2017.
- [66] J. H. Aquino ROCHA, M. HERRERA ROSAS, N. G. CAYO CHILENO, G. S. Cachaca Tapia, J. L. Bautista Arratia y A. Patiño, «Evaluación de la resistencia a la compresión de bloques de suelo-cemento con la incorporación de Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA),» *Cinpar 2021*, pp. 795-801, 2021.
- [67] P. Nshimiyimana, A. Messan y Z. Zhao, «Chemico-microstructural changes in earthen building material containing calcium carbide residue and rice husk ash,» *Construction and Building Materials*, pp. 622-631, 2019.
- [68] M. A. Noaman, M. R. Karim y N. Islam, «Comparative study of pozzolanic and filler effect of rice husk ash on the mechanical properties and microstructure of brick aggregate concrete,» *Heliyon*, vol. 5, pp. 1-15, 2019.
- [69] A. Mehta y . R. Siddique, «Sustainable Geopolymer Concrete using Ground Granulated Blast Furnace Slag and Rice Husk Ash: Strength and Permeability Properties,» *Journal of Cleaner Production*, pp. 1-24, 2018.
- [70] N. Makul y G. Sua-iam, «Effect of granular urea on the properties of self-consolidating concrete incorporating untreated rice husk ash: Flowability, compressive strength and temperature rise,» *Construction and Building Materials*, vol. 162, pp. 489-502, 2018.
- [71] S. M. Zabihi, H. Tavakoli y E. Mohseni, «Engineering and Microstructural Properties of Fiber-Reinforced Rice Husk–Ash Based Geopolymer Concrete,» *Journal of Materials in Civil Engineering*, pp. 1-10, 2018.

- [72] E. M. Raisi, J. V. Amiri y M. R. Davoodi, «Influence of rice husk ash on the fracture characteristics and brittleness of self-compacting concrete,» *Engineering Fracture Mechanics*, pp. 1-29, 2018.
- [73] A. Valverde, B. Sarria y J. P. Monteagudo, «Comparative analysis of the Physicochemicals Characteristics of the rice husk.,» *Scientia et Technica*, vol. 37, pp. 255-260, 2007.
- [74] I. Águila y M. Sosa, «Evaluación físico químico de cenizas de cascarilla de arroz, bagazo de caña y hoja de maíz y su influencia en mezclas de mortero, como materiales puzolánicos.,» *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, vol. 23, nº 4, pp. 55-66, 2008.
- [75] W. A. Mory Espinoza, Artist, *Efecto de la incorporación de las cenizas de cáscara de arroz en subrasantes arenosas*. [Art]. Universidad Nacional de Piura, 2020.
- [76] A. Singh y B. Singh, «Characterization of rice husk ash obtained from an industrial source,» *Journal of Sustainable Cement-Based Materials*, pp. 193-212, 2021.
- [77] Y. Zou y T. Yang, «Rice Husk, Rice Husk Ash and Their Applications,» *Rice Bran and Rice Bran Oil*, pp. 207-246, 2019.
- [78] S.-H. Jung, V. Saraswathy, S. Karthick, P. Kathirvel y S.-J. Kwon, «Microstructure Characteristics of Fly Ash Concrete with Rice Husk Ash and Lime Stone Powder,» *International Journal of Concrete Structures and Materials*, pp. 1-19, 2018.
- [79] ASTM C-311, *American Standard Test Methods*, Estados Unidos: ASTM Intl'l, 2018.
- [80] A. S. f. t. a. m. ASTM C 618, «Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete,» ASTM, E.E.U.U, 2003.
- [81] Torre, Tecnología del concreto, 2013.
- [82] N.T.P. 400.012, *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*, Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, 2013.
- [83] LEMS W&C, «Laboratorio de ensayos,» Pimentel-Chiclayo, 2021.
- [84] ASTM C-188-95 , *Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement*, Estados Unidos: ASTM International, 2007.
- [85] ASTM C109, *Método de prueba estándar para la resistencia a la compresión de morteros de cementos hidráulicos*, Estados Unidos: ASTM INTERNACIONAL, 2002.
- [86] NTP.334.006., *CEMENTOS. Ceniza volante y puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto. Especificaciones*, Lima: INDECOPI, 2011.
- [87] N.T.P.334-045, *Norma Técnica Peruana*, Lima: INDECOPI, 2010.
- [88] A. S. f. T. a. M. o. A. ASTM C114-18, «Standard Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement,» ASTM INTERNATIONAL, E.E.U.U, 2018.

- [89] C. S. Ramos Fernández , Artist, *Diseño de mortero empleando cenizas de cáscara de arroz*. [Art]. Universidad Señor de Sipán, 2019.
- [90] W. E. Lazo Zuñiga, Artist, *Propuesta para la industrialización de proceso de obtención de Sílice a partir de cáscara de arroz en la Provincia de Camaná*. [Art]. Universidad Tecnológica del Perú, 2019.

## **ANEXOS**

## Anexo 1 Resultado Granulométrico árido Fino Cantera El Cinco



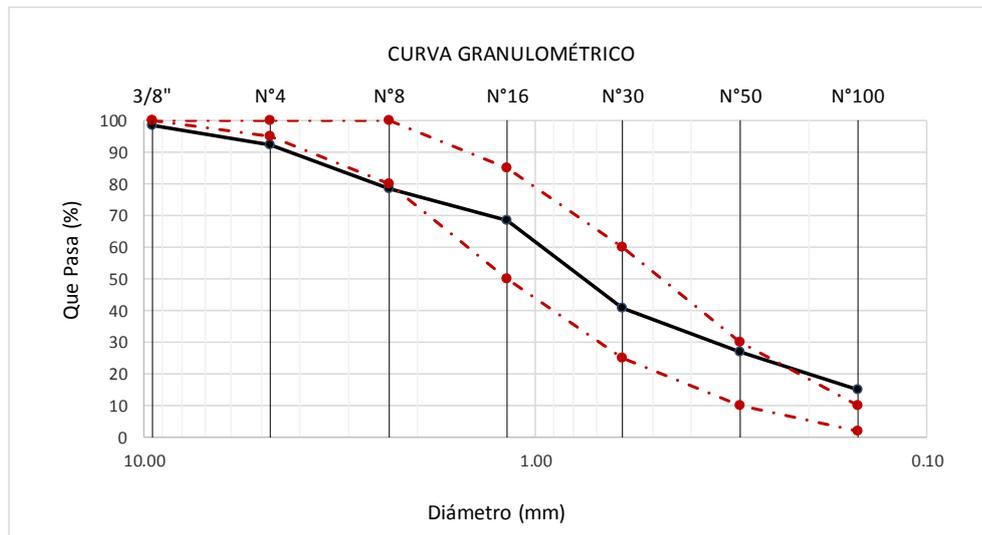
Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de apertura : 11 DE FEBRERO DEL 2021  
ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : **EL CINCO-FERREÑAFE**

Malla		%	% Retenido	% Que Pasa	GRADACIÓN
Pulg.	(mm.)	Retenido	Acumulado	Acumulado	"C"
3/8"	9.520	1.4	1.4	98.6	100
Nº 4	4.750	6.0	7.4	92.6	95 - 100
Nº 8	2.360	14.0	21.4	78.6	80 - 100
Nº 16	1.180	10.0	31.4	68.6	50 - 85
Nº 30	0.600	27.6	59.0	41.0	25 - 60
Nº 50	0.300	14.0	73.0	27.0	10 - 30
Nº 100	0.150	12.0	85.0	15.0	2 - 10
<b>MÓDULO DE FINEZA</b>					<b>2.79</b>



Observaciones:

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.



## Anexo 2 Análisis granulométrico del agregado fino cantera La Victoria



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
 Proyecto : **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".**

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : 11 DE FEBRERO DEL 2021

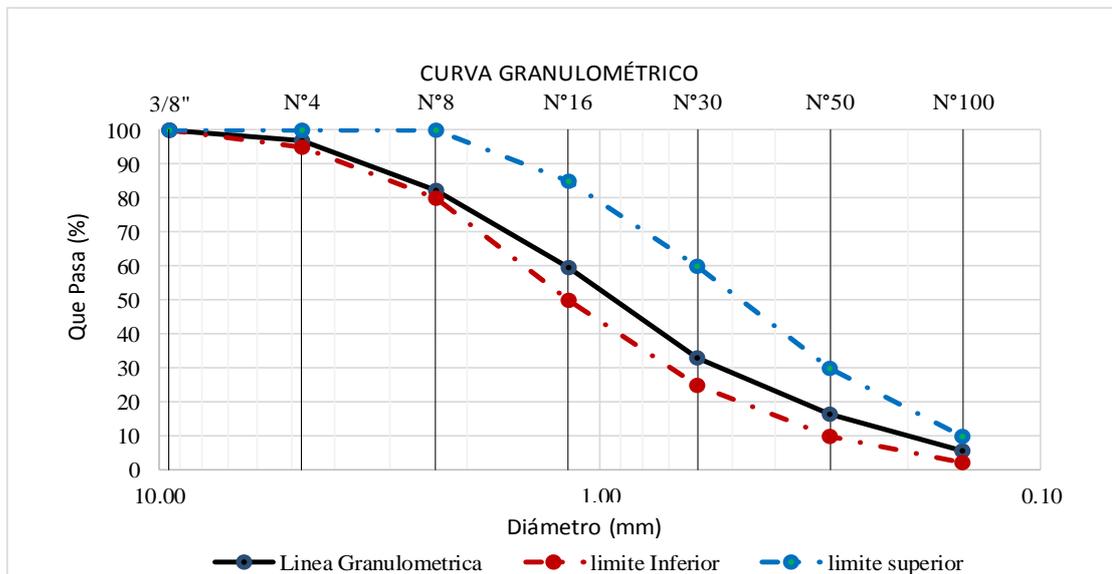
ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : **LA VICTORIA-PÁTAPO**

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN "C"
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	3.0	3.0	97	95 - 100
Nº 8	2.360	14.6	17.6	82.4	80 - 100
Nº 16	1.180	23.0	40.6	59.4	50 - 85
Nº 30	0.600	26.4	67.0	33.0	25 - 60
Nº 50	0.300	16.6	83.6	16.4	10 - 30
Nº 100	0.150	10.8	94.4	5.6	2 - 10
<b>MÓDULO DE FINEZA</b>					<b>3.06</b>



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Ángel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

### Anexo 3 Granulometría agregado fino cantera Tres Tomas



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
 Proyecto : **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".**

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : 11 DE FEBRERO DEL 2021

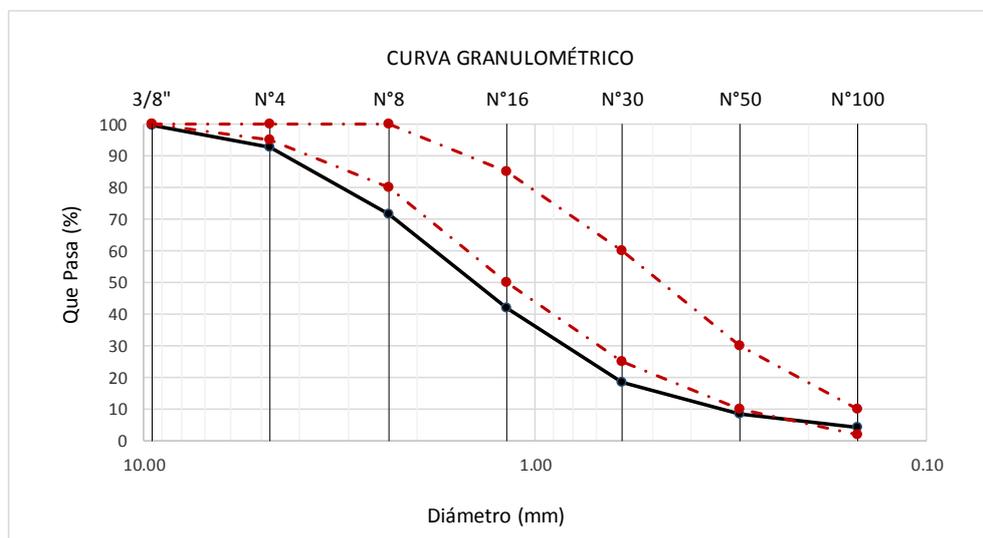
ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : **TRES TOMAS FERREÑAFE**

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN "C"
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.4	0.4	99.6	100
Nº 4	4.750	6.6	7.0	93.0	95 - 100
Nº 8	2.360	21.4	28.4	71.6	80 - 100
Nº 16	1.180	29.8	58.2	41.8	50 - 85
Nº 30	0.600	23.4	81.6	18.4	25 - 60
Nº 50	0.300	9.8	91.4	8.6	10 - 30
Nº 100	0.150	4.2	95.6	4.4	2 - 10
<b>MÓDULO DE FINEZA</b>					<b>3.63</b>



**Observaciones:**

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## Anexo 4 Granulometría agregado Fino cantera La Margarita



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

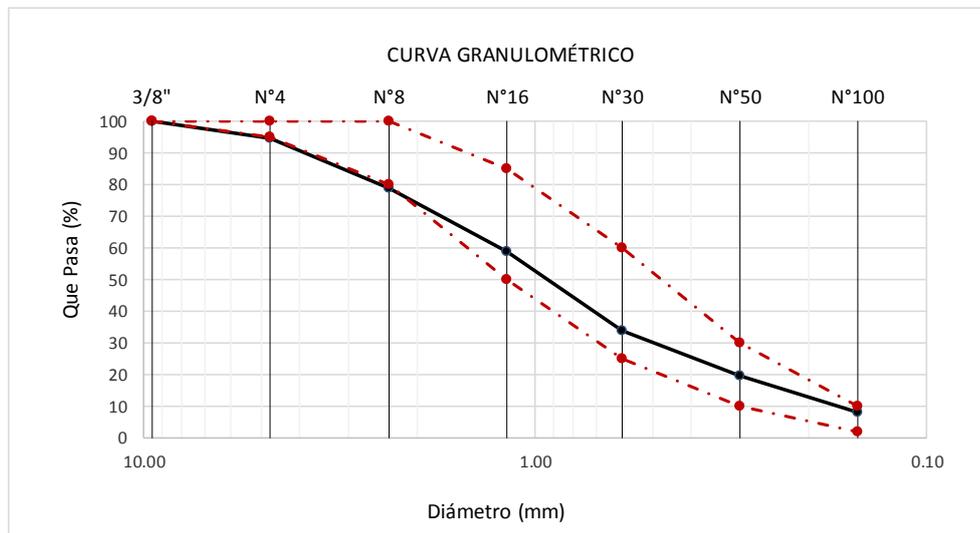
Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de apertura : 11 DE FEBRERO DEL 2021

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
NORMA : N.T.P. 400.012

Muestra : Arena Gruesa Cantera : **LA MARGARITA-PACHERRES**

Malla		% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN "C"
Pulg.	(mm.)				
3/8"	9.520	0.0	0.0	100.0	100
Nº 4	4.750	5.4	5.4	94.6	95 - 100
Nº 8	2.360	15.6	21.0	79.0	80 - 100
Nº 16	1.180	20.2	41.2	58.8	50 - 85
Nº 30	0.600	24.8	66.0	34.0	25 - 60
Nº 50	0.300	14.4	80.4	19.6	10 - 30
Nº 100	0.150	11.4	91.8	8.2	2 - 10
<b>MÓDULO DE FINEZA</b>					<b>3.06</b>



Observaciones:

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.



## Anexo 5 Granulometría del árido grueso cantera La Cría



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

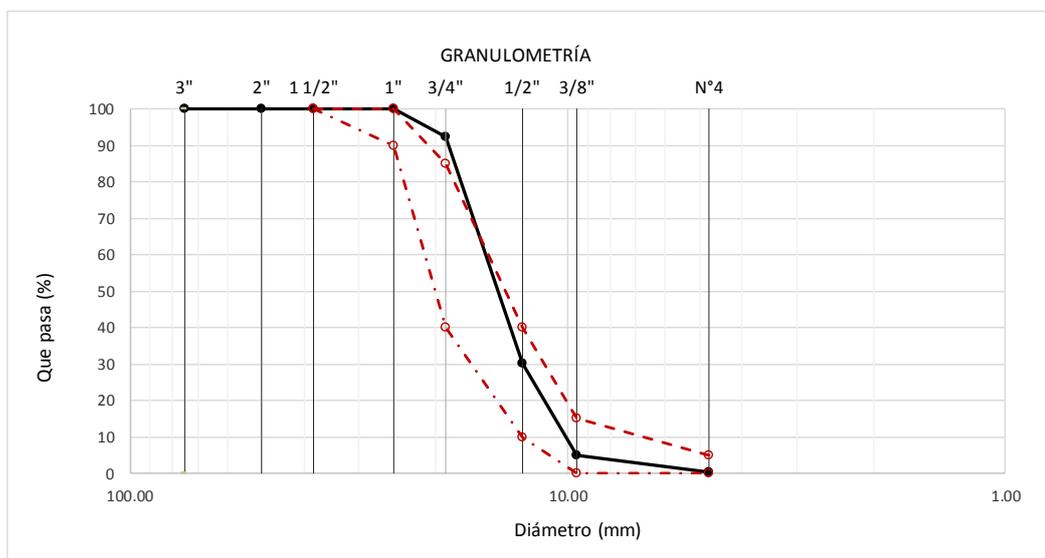
Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
 Proyecto : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 11 DE FEBRERO DEL 2021  
 ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

Muestra : Piedra Chancada Cantera : LA CRIA-LA CRÍA

<b>Análisis Granulométrico por tamizado</b>					
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	<b>HUSO</b> <b>56</b>
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	0.0	0.0	100.0	90 - 100
3/4"	19.00	7.5	7.5	92.5	40 - 85
1/2"	12.70	62.3	69.8	30.2	10 - 40
3/8"	9.52	25.1	94.9	5.1	0 - 15
N°4	4.75	4.7	99.6	0.4	0 - 5

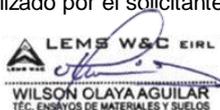
  

<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL</b>	<b>3/4"</b>
------------------------------	-------------



**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



## Anexo 6 Granulometría árido grueso cantera Kamipao



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : 11 DE FEBRERO DEL 2021  
ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

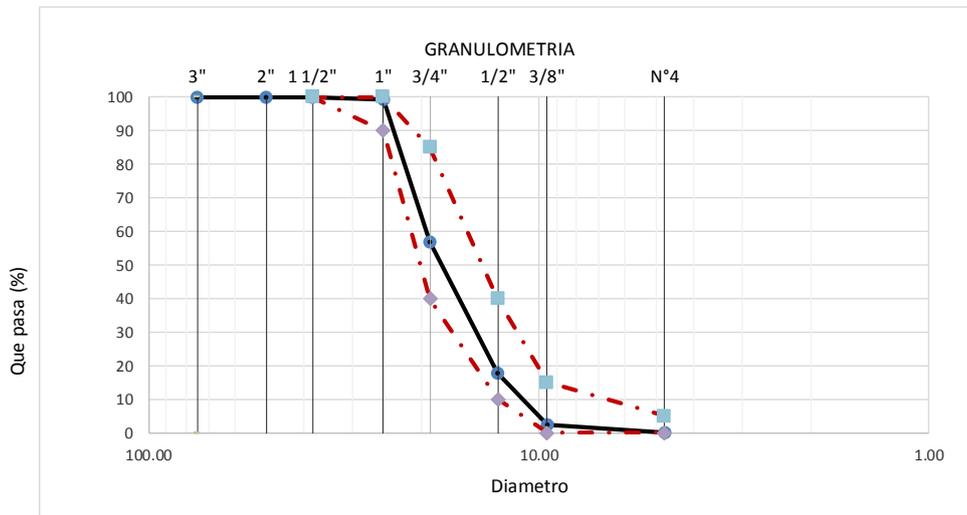
Muestra : Piedra Chancada

Cantera : **KAMIPAO**

<b>Análisis Granulométrico por tamizado</b>					
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	<b>HUSO</b> <b>56</b>
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	0.7	0.7	99.3	90 - 100
3/4"	19.00	42.3	43.0	57.0	40 - 85
1/2"	12.70	39.1	82.1	17.9	10 - 40
3/8"	9.52	15.6	97.7	2.3	0 - 15
Nº4	4.75	2.2	99.9	0.1	0 - 5

<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL</b>	<b>3/4"</b>
------------------------------	-------------



### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



## Anexo 7 Granulometría árido grueso cantera La Victoria



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR

Proyecto : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.

Fecha de recepción : 11 DE FEBRERO DEL 2021

ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

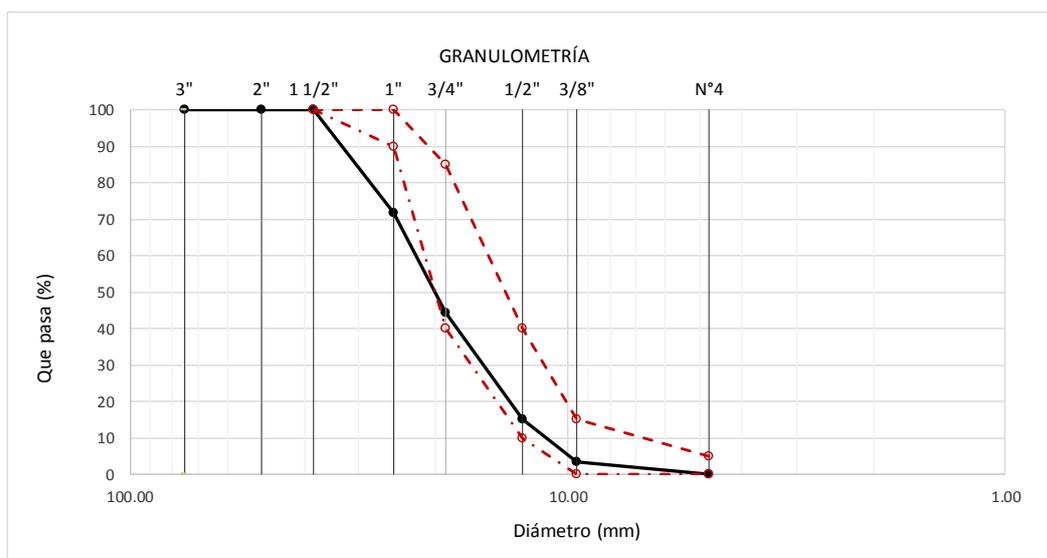
Muestra : Piedra Chancada

Cantera : LA VICTORIA-PÁTAPO

Análisis Granulométrico por tamizado					
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	HUSO
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	56
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	28.1	28.1	71.9	90 - 100
3/4"	19.00	27.5	55.6	44.4	40 - 85
1/2"	12.70	29.2	84.8	15.2	10 - 40
3/8"	9.52	11.8	96.6	3.4	0 - 15
Nº4	4.75	3.3	99.9	0.1	0 - 5

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	3/4"
-----------------------	------



### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



## Anexo 8 Granulometría árido grueso cantera La Margarita



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR

Proyecto : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.

Fecha de recepción : 11 DE FEBRERO DEL 2021

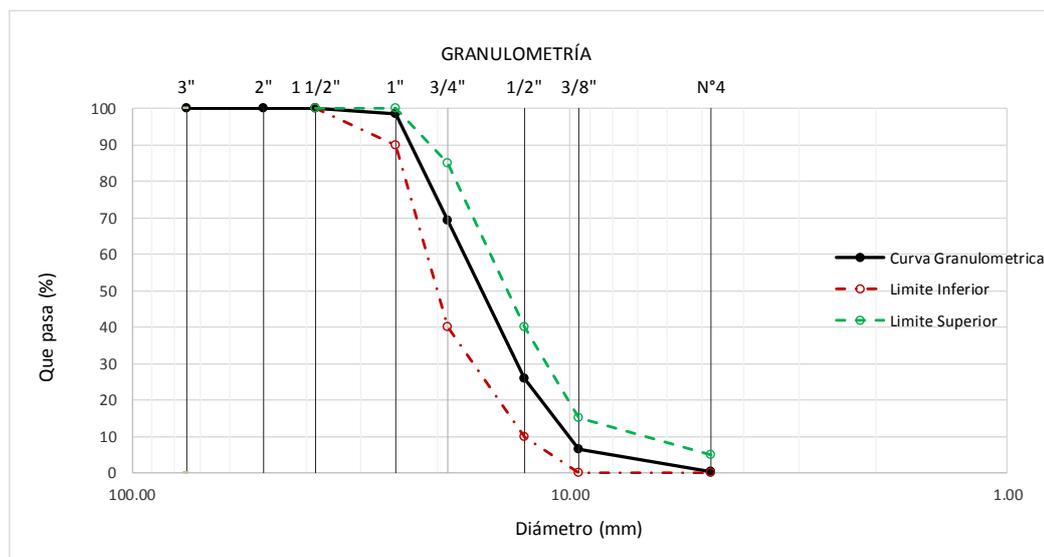
ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136

Muestra : Piedra Chancada

Cantera : LA MARGARITA-PACHERRES

Análisis Granulométrico por tamizado					
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	HUSO
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	56
1 1/2"	38.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	1.3	1.3	98.7	90 - 100
3/4"	19.00	29.5	30.8	69.2	40 - 85
1/2"	12.70	43.2	74.0	26.0	10 - 40
3/8"	9.52	19.6	93.6	6.4	0 - 15
Nº4	4.75	6.1	99.7	0.3	0 - 5
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL					3/4"



### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

## Anexo 9 Peso específico y absorción del agregado grueso Tres Tomas



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

### INFORME

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".**  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: Piedra Chancada

Cantera: TRES TOMAS -ASTRAMA

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.651
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.1

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



## Anexo 10 Peso específico y absorción del árido grueso La Victoria



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

### INFORME

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".**  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: Piedra Chancada                      Cantera:                      LA VICTORIA

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.506
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.6

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 11 peso específico y absorción árido grueso cantera Kamipao



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

### INFORME

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".**  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: Piedra Chancada

Cantera:

KAMIPAO

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.633
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.9

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



## Anexo 12 Peso específico y absorción árido grueso cantera Pacherras



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

### INFORME

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".**

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: Piedra Chancada                      Cantera:                      PACHERRES

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.654
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.3

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 13 Peso específico y absorción del árido grueso cantera La Cría



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycerl.com

### INFORME

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".**  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: Piedra Chancada                      Cantera:            LA CRÍA -ROCA FUERTE

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.538
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.6

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Anexo 14 Peso específico y absorción árido fino cantera La Margarita



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswceirl.com

INFORME

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".**

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : **PACHERRES-LA MARGARITA**

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.658
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.5

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 15 Peso específico y absorción del árido fino cantera Tres Tomas



Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com

### INFORME

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".**

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.

Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : **TRES TOMAS ASTRAMA**

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.58
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.3

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Anexo 16 Peso específico y absorción árido fino cantera La Victoria



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com

INFORME

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)**

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

Muestra : Arena Gruesa

Cantera : **LA VICTORIA**

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.52
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.62

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 17 Peso específico y absorción del árido fino cantera El Cinco



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

### INFORME

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".**

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

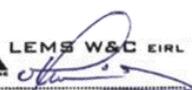
Muestra : Arena Gruesa

Cantera : **EL CINCO**

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.614
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.6

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 18 peso unitario Contenido de humedad árido grueso cantera La

Victoria



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".**  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021  
Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
NTP 339.185:2013

Muestra : Piedra Chancada                      Cantera: **LA VICTORIA**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1432
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1422
Contenido de Humedad	(%)	0.73

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1620
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1608
Contenido de Humedad	(%)	0.73

### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



## Anexo 19 Peso unitario Contenido de humedad árido grueso cantera Tres

Tomas



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".**  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021  
Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
NTP 339.185:2013

Muestra : Piedra Chancada Cantera: **TRES TOMAS**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1282
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1278
Contenido de Humedad	(%)	0.28

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1398
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1394
Contenido de Humedad	(%)	0.28

### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



## Anexo 20 Peso unitario Contenido de humedad árido grueso cantera

### Pacherres



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021  
Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
NTP 339.185:2013

Muestra : Piedra Chancada                      Cantera: **PACHERRES**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1433
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1426
Contenido de Humedad	(%)	0.49
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1556
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1548
Contenido de Humedad	(%)	0.49

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante



## Anexo 21 Peso unitario Contenido de humedad árido grueso cantera

Kamipao



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021  
Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
NTP 339.185:2013

Muestra : Piedra Chancada                      Cantera: **KAMIPAO**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1360
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1353
Contenido de Humedad	(%)	0.55
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1497
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1489
Contenido de Humedad	(%)	0.55

### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



Anexo 22 peso unitario Contenido de humedad árido grueso cantera La Cría



LEMS W&C EIRL

RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021  
Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
NTP 339.185:2013

Muestra : Piedra Chancada

Cantera:

LA CRÍA-ROCA FUERTE

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1296
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1293
Contenido de Humedad	(%)	0.28

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1550
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1545
Contenido de Humedad	(%)	0.28

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 23 Peso unitario Contenido de humedad árido fino cantera El Cinco



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".**

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021

Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
NTP 339.185:2013

Muestra : Arena Gruesa                      Canteras: **EL CINCO-COORPORACIÓN GUEVARA**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	846
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	837
Contenido de Humedad	(%)	1.09

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	914
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	904
Contenido de Humedad	(%)	1.09

### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Anexo 24 peso unitario Contenido de humedad árido fino cantera La Victoria



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
 Proyecto : **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".**  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021  
 Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
 Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.185:2013

Muestra : Arena Gruesa Cantera: **LA VICTORIA**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1609
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1600
Contenido de Humedad	(%)	0.58

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1771
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1761
Contenido de Humedad	(%)	0.58

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Anexo 25 peso unitario Contenido de humedad árido fino cantera Pacherras



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".**  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021  
Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
NTP 339.185:2013

Muestra : Arena Guesa                      Cantera: **PACHERRES -LA MARGARITA**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	923
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	917
Contenido de Humedad	(%)	0.66

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	955
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	948
Contenido de Humedad	(%)	0.66

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 26 Peso Unitario y Humedad árido fino Cantera Tres Tomas



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".**  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de recepción : FEBRERO DEL 2021  
Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado  
Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
NTP 339.185:2013

Muestra : Arena Guesa                      Cantera: **TRES TOMAS-ASTRAMA**

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	798
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	778
Contenido de Humedad	(%)	2.66

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	884
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	861
Contenido de Humedad	(%)	2.66

### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizados por el solicitante.



## Anexo 27 Peso Específico del Cemento Portland Tipo I



**LEMS W&C** EIRL

Prolongación Bolognesi Km. 3.5

Pimentel – Lambayeque

R.U.C. 20480781334

Email: servicios@lemswceirl.com

RNP Servicios S0608589

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
 Proyecto : Tesis: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)"

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.

Fecha de emisión : 20 DE MARZO 2021

ENSAYO : CEMENTOS. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad del cemento Portland

NORMA : NTP 334.005

Muestra **Cemento Portland Tipo I**

EMPRESA **PACASMAYO S.A**

<b>Masa de Cemento Portland Tipo I</b>	(gr)	64
<b>Vol.inicial kerosene</b>	(ml)	0
<b>Vol.final desplazado kerosene</b>	(ml)	20.6
<b>densidad (CTI)</b>	(g/ml)	<b>3.11</b>

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TEG. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## Anexo 28 Diseño de mezcla Final $f'c$ 280 kg/cm<sup>2</sup>

### INFORME

Pag. 01 de 02

Peticionario : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
 Proyecto : **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA) "**

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción : 05 de febrero del 2021.

### DISEÑO DE MEZCLA FINAL

$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

#### CEMENTO

- 1.- Tipo de cemento : Tipo I - PACASMAYO.  
 2.- Peso específico : 3107 Kg/m<sup>3</sup>

#### AGREGADOS :

Agregado fino :

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

- |                                    |       |                    |  |
|------------------------------------|-------|--------------------|--|
| 1.- Peso específico de masa        | 2.520 | gr/cm <sup>3</sup> |  |
| 2.- Peso específico de masa S.S.S. | 2.535 | gr/cm <sup>3</sup> |  |
| 3.- Peso unitario suelto           | 1600  | Kg/m <sup>3</sup>  |  |
| 4.- Peso unitario compactado       | 1761  | Kg/m <sup>3</sup>  |  |
| 5.- % de absorción                 | 0.6   | %                  |  |
| 6.- Contenido de humedad           | 0.6   | %                  |  |
| 7.- Módulo de finiza               | 3.06  |                    |  |

Agregado grueso :

: Piedra Chancada - Cantera Tres Tomas-Ferreñafe

- |                                    |       |                    |  |
|------------------------------------|-------|--------------------|--|
| 1.- Peso específico de masa        | 2.641 | gr/cm <sup>3</sup> |  |
| 2.- Peso específico de masa S.S.S. | 2.672 | gr/cm <sup>3</sup> |  |
| 3.- Peso unitario suelto           | 1278  | Kg/m <sup>3</sup>  |  |
| 4.- Peso unitario compactado       | 1394  | Kg/m <sup>3</sup>  |  |
| 5.- % de absorción                 | 1.2   | %                  |  |
| 6.- Contenido de humedad           | 0.3   | %                  |  |
| 7.- Tamaño máximo                  | 1"    | Pulg.              |  |
| 8.- Tamaño máximo nominal          | 3/4"  | Pulg.              |  |

#### Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.0	100.0
Nº 04	3.0	97.0
Nº 08	14.6	82.4
Nº 16	23.0	59.4
Nº 30	26.4	33.0
Nº 50	16.6	16.4
Nº 100	10.8	5.6
Fondo	5.6	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	1.3	98.7
3/4"	29.5	69.2
1/2"	43.2	25.9
3/8"	19.6	6.3
Nº 04	6.1	0.2
Fondo	0.2	0.0

## Anexo 29 Diseño de mezcla final patrón $f'c$ 280 kg/cm<sup>2</sup>

### INFORME

Pag. 02 de 02

Peticionario : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA) "

Fecha de recepción : 05 de febrero del 2021.

Referencia de pago : Pimentel, 24 de Junio del 2016 (Fact. N° 001-0011180).

DISEÑO DE MEZCLA FINAL  $F'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>

#### Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 4 Pulgadas  
Peso unitario del concreto fresco : 2298 Kg/m<sup>3</sup>  
Resistencia promedio a los 7 días : 200 Kg/cm<sup>2</sup>  
Porcentaje promedio a los 7 días : 71 %  
Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 10.7 bolsas/m<sup>3</sup>  
Relación agua cemento de diseño : 0.509

#### Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento 453 Kg/m<sup>3</sup> : Tipo I - PACASMAYO.  
Agua 231 L : Potable de la zona.  
Agregado fino 748 Kg/m<sup>3</sup> : Arena Gruesa - La Victoria - Patapo  
Agregado grueso 865 Kg/m<sup>3</sup> : Piedra Chancada - Cantera Tres Tomas-Ferreñafe

Proporción en peso :  
Cemento Arena Piedra Agua  
1.0 1.65 1.91 21.6 Lts/pie<sup>3</sup>

Proporción en volumen :  
1.0 1.55 2.25 21.6 Lts/pie<sup>3</sup>

#### OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Anexo 30 Valores del ensayo de la resistencia a compresión al 0% de dosis



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de apertura : MARZO DEL 2021  
Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	ADICIÓN %	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diametro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )	f'c (%)
01	Testigo 1	0	280	26/01/2021	02/02/2021	7	40936	15.00	176.71	231.65	82.7
02	Testigo 2	0	280	26/01/2021	02/02/2021	7	41347	15.00	176.71	233.98	83.6
03	Testigo 3	0	280	26/01/2021	02/02/2021	7	33211	14.95	175.54	189.19	67.6
04	Testigo 4	0	280	26/01/2021	02/02/2021	7	39733	15.00	176.71	224.84	80.3
05	Testigo 5	0	280	26/01/2021	02/02/2021	7	40630	15.00	176.71	229.92	82.1
06	Testigo 6	0	280	26/01/2021	02/02/2021	7	40670	15.00	176.71	230.14	82.2
07	Testigo 7	0	280	26/01/2021	02/02/2021	7	40347	15.00	176.71	228.32	81.5
08	Testigo 4	0	280	27/01/2021	10/02/2021	14	41820	15.00	176.71	236.65	84.5
09	Testigo 5	0	280	27/01/2021	10/02/2021	14	39284	15.00	176.71	222.30	79.4
10	Testigo 6	0	280	27/01/2021	10/02/2021	14	39770	15.00	176.71	225.05	80.4
11	Testigo 7	0	280	27/01/2021	10/02/2021	14	42341	15.10	179.08	236.44	84.4
12	Testigo 8	0	280	27/01/2021	10/02/2021	14	40460	15.10	179.08	225.93	80.7
13	Testigo 9	0	280	27/01/2021	10/02/2021	14	42035	15.00	176.71	237.87	85.0
14	Testigo 10	0	280	27/01/2021	10/02/2021	14	46520	15.00	176.71	263.25	94.0
15	Testigo 11	0	280	01/03/2021	29/03/2021	28	52258	15.00	176.71	295.72	105.6
16	Testigo 12	0	280	01/03/2021	29/03/2021	28	52011	15.00	176.71	294.32	105.1
17	Testigo 13	0	280	01/03/2021	29/03/2021	28	51564	15.10	179.08	287.94	102.8
18	Testigo 14	0	280	01/03/2021	29/03/2021	28	59163	15.00	176.71	334.79	119.6
19	Testigo 15	0	280	01/03/2021	29/03/2021	28	46192	15.00	176.71	261.40	93.4
20	Testigo 16	0	280	01/03/2021	29/03/2021	28	48388	15.00	176.71	273.82	97.8
21	Testigo 17	0	280	01/03/2021	29/03/2021	28	48252	15.00	176.71	273.05	97.5

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo , identificación y Ensayos realizados por el solicitante.



## Anexo 31 Valores del ensayo de la resistencia a compresión al 2.5% de dosis



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : MARZO DEL 2021  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	ADICIÓN %	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diametro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )	f'c (%)
22	Testigo 22	2.5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	37482	15.00	176.71	212.11	75.8
23	Testigo 23	2.5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	36674	15.00	176.71	207.53	74.1
24	Testigo 24	2.5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	36939	15.00	176.71	209.03	74.7
25	Testigo 25	2.5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	38435	15.00	176.71	217.49	77.7
26	Testigo 26	2.5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	35871	15.00	176.71	202.99	72.5
27	Testigo 27	2.5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	36296	14.95	175.54	206.77	73.8
28	Testigo 28	2.5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	39428	15.00	176.71	223.12	79.7
29	Testigo 29	2.5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	40912	15.20	181.46	225.46	80.5
30	Testigo 30	2.5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	42069	15.10	179.08	234.92	83.9
31	Testigo 31	2.5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	37949	15.00	176.71	214.75	76.7
32	Testigo 32	2.5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	37888	14.95	175.54	215.84	77.1
33	Testigo 33	2.5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	40637	15.00	176.71	229.96	82.1
34	Testigo 34	2.5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	40901	15.00	176.71	231.45	82.7
35	Testigo 35	2.5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	43404	15.00	176.71	245.61	87.7
36	Testigo 36	2.5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	42354	14.95	175.54	241.28	86.2
37	Testigo 37	2.5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	50971	15.00	176.71	288.44	103.0
38	Testigo 38	2.5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	51327	15.00	176.71	290.45	103.7
39	Testigo 39	2.5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	48436	15.00	176.71	274.09	97.9
40	Testigo 40	2.5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	50738	15.00	176.71	287.12	102.5
41	Testigo 41	2.5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	49686	15.00	176.71	281.16	100.4
42	Testigo 42	2.5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	47881	15.00	176.71	270.95	96.8

### OBSERVACIONES:

- Muestreo , identificación y Ensayos realizados por el solicitante



Anexo 32 Valores del ensayo de la resistencia a compresión al 5% de dosis



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de apertura : MARZO DEL 2021  
Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	ADICIÓN %	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diametro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )	f'c (%)
43	Testigo 43	5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	41426	14.98	176.24	235.05	83.9
44	Testigo 44	5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	39376	15.00	176.71	222.82	79.6
45	Testigo 45	5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	34889	15.00	176.71	197.43	70.5
46	Testigo 46	5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	37246	15.00	176.71	210.77	75.3
47	Testigo 47	5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	33869	15.00	176.71	191.66	68.5
48	Testigo 48	5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	35249	15.00	176.71	199.47	71.2
49	Testigo 49	5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	39743	14.95	175.54	226.41	80.9
50	Testigo 50	5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	45089	15.00	176.71	255.15	91.1
51	Testigo 51	5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	43964	15.00	176.71	248.79	88.9
52	Testigo 52	5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	42238	15.00	176.71	239.02	85.4
53	Testigo 53	5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	36356	15.00	176.71	205.74	73.5
54	Testigo 54	5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	39488	15.00	176.71	223.46	79.8
55	Testigo 55	5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	38203	15.00	176.71	216.19	77.2
56	Testigo 56	5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	39283	15.00	176.71	222.30	79.4
57	Testigo 57	5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	48795	15.00	176.71	276.12	98.6
58	Testigo 58	5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	47269	15.20	181.46	260.50	93.0
59	Testigo 59	5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	49677	15.10	179.08	277.40	99.1
60	Testigo 60	5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	49494	15.00	176.71	280.08	100.0
61	Testigo 61	5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	51323	15.00	176.71	290.43	103.7
62	Testigo 62	5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	50134	15.00	176.71	283.70	101.3
63	Testigo 63	5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	49940	15.00	176.71	282.60	100.9

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo , identificación y Ensayos realizados por el solicitante.



Anexo 33 Valores del ensayo de la resistencia a compresión al 7.5% de dosis



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : MARZO DEL 2021  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	ADICIÓN %	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diametro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )	f'c (%)
64	Testigo 64	7.5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	41408	15.10	179.08	231.23	82.6
65	Testigo 65	7.5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	33152	15.10	179.08	185.13	66.1
66	Testigo 66	7.5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	33574	15.00	176.71	189.99	67.9
67	Testigo 67	7.5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	40570	15.00	176.71	229.58	82.0
68	Testigo 68	7.5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	39326	15.10	179.08	219.60	78.4
69	Testigo 69	7.5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	40029	15.10	179.08	223.53	79.8
70	Testigo 70	7.5	280	26/01/2021	02/02/2021	7	41335	15.00	176.71	233.91	83.5
71	Testigo 71	7.5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	36391	15.10	179.08	203.21	72.6
72	Testigo 72	7.5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	33335	15.00	176.71	188.64	67.4
73	Testigo 73	7.5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	33166	15.00	176.71	187.68	67.0
74	Testigo 74	7.5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	50233	15.00	176.71	284.26	101.5
75	Testigo 75	7.5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	49583	15.00	176.71	280.58	100.2
76	Testigo 76	7.5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	48769	15.10	179.08	272.33	97.3
77	Testigo 77	7.5	280	27/01/2021	10/02/2021	14	45333	15.00	176.71	256.53	91.6
78	Testigo 78	7.5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	51965	15.00	176.71	294.06	105.0
79	Testigo 79	7.5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	53307	15.20	181.46	293.77	104.9
80	Testigo 80	7.5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	51142	15.00	176.71	289.40	103.4
81	Testigo 81	7.5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	52273	15.00	176.71	295.80	105.6
82	Testigo 82	7.5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	51768	15.00	176.71	292.95	104.6
83	Testigo 83	7.5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	53263	15.10	179.08	297.43	106.2
84	Testigo 84	7.5	280	01/03/2021	29/03/2021	28	55735	15.10	179.08	311.23	111.2

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo , identificación y Ensayos realizados por el solicitante.



Anexo 34 Valores del ensayo de la resistencia a compresión al 10% de dosis



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de apertura : MARZO DEL 2021  
Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	ADICIÓN %	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diametro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )	f'c (%)
85	Testigo 85	10	280	26/01/2021	02/02/2021	7	34532	15.00	176.71	195.41	69.8
86	Testigo 86	10	280	26/01/2021	02/02/2021	7	38027	15.00	176.71	215.19	76.9
87	Testigo 87	10	280	26/01/2021	02/02/2021	7	39732	15.00	176.71	224.83	80.3
88	Testigo 88	10	280	26/01/2021	02/02/2021	7	38304	14.98	176.24	217.34	77.6
89	Testigo 89	10	280	26/01/2021	02/02/2021	7	38569	15.00	176.71	218.26	77.9
90	Testigo 90	10	280	26/01/2021	02/02/2021	7	37982	15.00	176.71	214.93	76.8
91	Testigo 91	10	280	26/01/2021	02/02/2021	7	39418	15.00	176.71	223.06	79.7
92	Testigo 92	10	280	01/03/2021	15/03/2021	14	42962	15.00	176.71	243.12	86.8
93	Testigo 93	10	280	01/03/2021	15/03/2021	14	42071	15.10	179.08	234.93	83.9
94	Testigo 94	10	280	01/03/2021	15/03/2021	14	41009	15.10	179.08	229.00	81.8
95	Testigo 95	10	280	01/03/2021	15/03/2021	14	40810	15.10	179.08	227.89	81.4
96	Testigo 96	10	280	01/03/2021	15/03/2021	14	40439	15.10	179.08	225.82	80.6
97	Testigo 97	10	280	01/03/2021	15/03/2021	14	40541	15.00	176.71	229.42	81.9
98	Testigo 98	10	280	01/03/2021	15/03/2021	14	40915	15.00	176.71	231.53	82.7
99	Testigo 99	10	280	01/03/2021	29/03/2021	28	48764	15.00	176.71	275.95	98.6
100	Testigo 100	10	280	01/03/2021	29/03/2021	28	50850	15.00	176.71	287.75	102.8
101	Testigo 101	10	280	01/03/2021	29/03/2021	28	48357	14.98	176.24	274.38	98.0
102	Testigo 102	10	280	01/03/2021	29/03/2021	28	49719	14.98	176.24	282.10	100.8
103	Testigo 103	10	280	01/03/2021	29/03/2021	28	48635	15.00	176.71	275.22	98.3
104	Testigo 104	10	280	01/03/2021	29/03/2021	28	48767	15.00	176.71	275.97	98.6
105	Testigo 105	10	280	01/03/2021	29/03/2021	28	50226	15.00	176.71	284.22	101.5

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo , identificación y Ensayos realizados por el solicitante.



Anexo 35 Valores del ensayo de la resistencia a compresión al 12% de dosis



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de apertura : MARZO DEL 2021  
Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
Referencia : N.T.P. 339.034:2015

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	ADICIÓN %	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diametro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )	f'c (%)
106	Testigo 106	12.5%	280	26/01/2021	02/02/2021	7	33207	15.05	177.89	186.66	66.7
107	Testigo 107	12.5%	280	26/01/2021	02/02/2021	7	32169	14.98	176.24	182.53	65.2
108	Testigo 108	12.5%	280	26/01/2021	02/02/2021	7	36360	15.00	176.71	205.76	73.5
109	Testigo 109	12.5%	280	26/01/2021	02/02/2021	7	32075	15.00	176.71	181.51	64.8
110	Testigo 110	12.5%	280	26/01/2021	02/02/2021	7	32744	15.05	177.89	184.06	65.7
111	Testigo 111	12.5%	280	26/01/2021	02/02/2021	7	30453	15.00	176.71	172.33	61.5
112	Testigo 112	12.5%	280	26/01/2021	02/02/2021	7	30752	15.00	176.71	174.02	62.2
113	Testigo 113	12.5%	280	01/03/2021	15/03/2021	14	34319	15.00	176.71	194.21	69.4
114	Testigo 114	12.5%	280	01/03/2021	15/03/2021	14	33869	15.00	176.71	191.66	68.5
115	Testigo 115	12.5%	280	01/03/2021	15/03/2021	14	35544	15.00	176.71	201.14	71.8
116	Testigo 116	12.5%	280	01/03/2021	15/03/2021	14	39386	15.00	176.71	222.88	79.6
117	Testigo 117	12.5%	280	01/03/2021	15/03/2021	14	36586	15.00	176.71	207.03	73.9
118	Testigo 118	12.5%	280	01/03/2021	15/03/2021	14	37539	15.00	176.71	212.43	75.9
119	Testigo 119	12.5%	280	01/03/2021	15/03/2021	14	38604	15.00	176.71	218.45	78.0
120	Testigo 120	12.5%	280	01/03/2021	29/03/2021	28	47169	15.00	176.71	266.92	95.3
121	Testigo 121	12.5%	280	01/03/2021	29/03/2021	28	50228	15.00	176.71	284.23	101.5
122	Testigo 122	12.5%	280	01/03/2021	29/03/2021	28	45332	15.00	176.71	256.53	91.6
123	Testigo 123	12.5%	280	01/03/2021	29/03/2021	28	48718	15.00	176.71	275.69	98.5
124	Testigo 124	12.5%	280	01/03/2021	29/03/2021	28	39764	15.00	176.71	225.02	80.4
125	Testigo 125	12.5%	280	01/03/2021	29/03/2021	28	46724	15.00	176.71	264.40	94.4
126	Testigo 126	12.5%	280	01/03/2021	29/03/2021	28	48512	15.00	176.71	274.52	98.0

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo , identificación y Ensayos realizados por el solicitante



Anexo 36 Valores para el Módulo elástico al 0% de sustitución



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR

Proyecto **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO GENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)**

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertu: MARZO 2021

Ensayo : Estándar Test Method For Static Modulus of Elasticity and Poissons Ratio of Concrete in Compression. (Módulo de elasticidad del concreto)

Referencia : **ASTM C-469**

Fecha Vaciado	Fecha de ensayo	f' c de diseño(kg/cm <sup>2</sup> )	Adición (%)	edad		φ(cm)	σ <sub>u</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40%σ <sub>u</sub> ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	ε unitaria ε <sub>2</sub> (S <sub>2</sub> )	Area cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Prom Kg/cm <sup>3</sup>
				días	Probeta								
26/02/2021	05/03/2021	280	0	7	M-1	15	231.49	92.60	13.86	0.00043749	176.71	203187.57	281587.536
26/02/2021	05/03/2021	280	0	7	M-2	15	224.69	89.87	13.03	0.00027691	176.71	338677.69	
26/02/2021	05/03/2021	280	0	7	M-3	14.95	229.99	91.99	14.02	0.00030743	175.54	302897.35	
27/02/2021	13/03/2021	280	0	14	M-16	15	263.07	105.23	16.09	0.00041808	176.71	242158.01	273995.161
27/02/2021	13/03/2021	280	0	14	M-17	15	222.15	88.86	15.12	0.00027708	176.71	324746.52	
27/02/2021	13/03/2021	280	0	14	M-18	15	228.80	91.52	15.30	0.00034879	176.71	255080.96	
01/03/2021	29/03/2021	280	0	28	M-31	15	295.51	118.21	20.11	0.00041376	176.71	269677.37	293575.405
01/03/2021	29/03/2021	280	0	28	M-32	15	294.12	117.65	20.01	0.00035460	176.71	320530.85	
01/03/2021	29/03/2021	280	0	28	M-33	15.1	287.74	115.10	19.58	0.00037878	179.08	290517.99	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Anexo 37 Valores para el Módulo elástico al 2.5% de sustitución



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR

Proyecto **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)**

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertu: MARZO 2021

Ensayo : Estándar Test Method For Static Modulus of Elasticity and Poissons Ratio of Concrete in Compression. (Módulo de elasticidad del concreto)

Referencia : **ASTM C-469**

Fecha Vaciado	Fecha de ensayo	f <sub>c</sub> de diseño(kg/cm <sup>2</sup> )	Adición (%)	edad	Probeta	φ(cm)	L(cm)	σ <sub>u</sub>	Esfuerzo S2	Esfuerzo S1	ε unitaria	Area	E <sub>c</sub>	E <sub>c Prom</sub>
				dias				(Kg/cm <sup>2</sup> )	(40%σ <sub>u</sub> ) Kg/cm <sup>2</sup>	(0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	ε <sub>2</sub> (S <sub>2</sub> )			
26/02/2021	05/03/2021	280	2.5	7	M-4	15	29.9	191.51	76.60	15.40	0.00025196	176.71	303039.88	277701.402
26/02/2021	05/03/2021	280	2.5	7	M-5	15	30	207.50	83.00	17.04	0.00026501	176.71	306778.17	
26/02/2021	05/03/2021	280	2.5	7	M-6	15	30	207.39	82.95	17.50	0.00034316	176.71	223286.15	
27/02/2021	13/03/2021	280	2.5	14	M-19	15	30	234.76	93.90	15.54	0.00037918	176.71	238070.91	278016.48
27/02/2021	13/03/2021	280	2.5	14	M-20	15	30	214.25	85.70	15.17	0.00028430	176.71	301045.96	
27/02/2021	13/03/2021	280	2.5	14	M-21	14.95	30.1	232.84	93.14	14.70	0.00031595	175.54	294932.57	
01/03/2021	29/03/2021	280	2.5	28	M-34	15	30.1	290.25	116.10	19.26	0.00039084	176.71	284134.09	276693.431
01/03/2021	29/03/2021	280	2.5	28	M-35	15.2	30	280.70	112.28	19.07	0.00034255	181.46	318614.22	
01/03/2021	29/03/2021	280	2.5	28	M-36	15.1	30	236.35	94.54	19.80	0.00037878	179.08	227331.98	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
*Wilson Olaya Aguilár*  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

*Miguel Angel Ruiz Perales*  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Anexo 38 Valores para el Módulo elástico al 5% de sustitución



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR

Proyecto **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO GENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)**

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertu : MARZO 2021

Ensayo : Estándar Test Method For Static Modulus of Elasticity and Poissons Ratio of Concrete in Compression. (Módulo de elasticidad del concreto)

Referencia : **ASTM C-469**

Fecha Vaciado	Fecha de ensayo	f <sub>c</sub> de diseño(kg/cm <sup>2</sup> )	Adición (%)	edad	Probeta	φ(cm)	L(cm)	σ <sub>u</sub>	Esfuerzo S2	Esfuerzo S1	ε unitaria	Area	E <sub>c</sub>	E <sub>c</sub> Prom
				días				(Kg/cm <sup>2</sup> )	(40%σ <sub>u</sub> ) Kg/cm <sup>2</sup>	(0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	ε <sub>2</sub> (S <sub>2</sub> )			
26/02/2021	05/03/2021	280	5	7	M-7	15.1	30	197.82	79.13	13.44	0.00027484	179.08	292156.70	266359.172
26/02/2021	05/03/2021	280	5	7	M-8	15.1	30	222.67	89.07	21.59	0.00034225	179.08	230897.87	
26/02/2021	05/03/2021	280	5	7	M-9	15	30.1	234.26	93.71	15.70	0.00033262	176.71	276022.94	
27/02/2021	13/03/2021	280	5	14	M-22	15.1	30	254.98	101.99	13.61	0.00042154	179.08	237889.50	273735.843
27/02/2021	13/03/2021	280	5	14	M-23	15	30	248.62	99.45	12.97	0.00030205	176.71	343085.02	
27/02/2021	13/03/2021	280	5	14	M-24	15	30	238.85	95.54	12.31	0.00039646	176.71	240233.01	
01/03/2021	29/03/2021	280	5	28	M-37	15	30	290.23	116.09	12.56	0.00038471	176.71	309327.23	271542.114
01/03/2021	29/03/2021	280	5	28	M-38	15.2	30	276.09	110.44	13.46	0.00036425	181.46	308616.03	
01/03/2021	29/03/2021	280	5	28	M-39	15	30	282.41	112.96	13.06	0.00055796	176.71	196683.08	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Anexo 39 Valores para el Módulo elástico al 7.5% de sustitución



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR

Proyecto : **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO GENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)**

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : MARZO 2021

Ensayo : Estándar Test Method For Static Modulus of Elasticity and Poissons Ratio of Concrete in Compression. (Módulo de elasticidad del concreto)

Referencia : **ASTM C-469**

Fecha Vaciado	Fecha de ensayo	f'c de diseño(kg/cm <sup>2</sup> )	Adición (%)	edad	Probeta	φ(cm)	L(cm)	σ <sub>u</sub>	Esfuerzo S2	Esfuerzo S1	ε unitaria	Area	E <sub>c</sub>	E <sub>c Prom</sub>
				días				(Kg/cm <sup>2</sup> )	(40%σ <sub>u</sub> ) Kg/cm <sup>2</sup>	(0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	ε <sub>2</sub> (S <sub>2</sub> )			
26/02/2021	05/03/2021	280	7.5	7	M-10	14.98	30	231.07	92.43	20.77	0.00043119	176.24	187995.68	211281.673
26/02/2021	05/03/2021	280	7.5	7	M-11	15	30	185.00	74.00	11.62	0.00038655	176.71	185343.95	
26/02/2021	05/03/2021	280	7.5	7	M-12	15	30	189.86	75.94	12.92	0.00029193	176.71	260505.39	
27/02/2021	13/03/2021	280	7.5	14	M-25	15	30	203.07	81.23	12.35	0.00031129	176.71	263624.51	249132.174
27/02/2021	13/03/2021	280	7.5	14	M-26	15	29.95	188.51	75.40	12.83	0.00035421	176.71	205702.55	
27/02/2021	13/03/2021	280	7.5	14	M-27	15	29.95	187.55	75.02	12.76	0.00027389	176.71	278069.47	
01/03/2021	29/03/2021	280	7.5	28	M-40	15	30.1	301.45	120.58	12.26	0.00036449	176.71	344416.59	313327.742
01/03/2021	29/03/2021	280	7.5	28	M-41	15.2	30	286.18	114.47	12.12	0.00045701	181.46	251475.04	
01/03/2021	29/03/2021	280	7.5	28	M-42	15.1	30	289.21	115.68	12.76	0.00034910	179.08	344091.60	

Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



Anexo 40 Valores para el Módulo elástico al 10% de sustitución



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR

Proyecto **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)**

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : MARZO 2021

Ensayo : Estándar Test Method For Static Modulus of Elasticity and Poissons Ratio of Concrete in Compression. (Módulo de elasticidad del concreto)

Referencia : **ASTM C-469**

Fecha Vaciado	Fecha de ensayo	f <sub>c</sub> de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Adición (%)	edad	Probeta	φ (cm)	L (cm)	σ <sub>u</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo S2 (40%σ <sub>u</sub> ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	ε unitaria ε <sub>2</sub> (S <sub>2</sub> )	Area cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Prom Kg/cm <sup>3</sup>
				días										
26/02/2021	05/03/2021	280	10	7	M-13	15	30	224.68	89.87	49.60	0.00	176.71	293687.88	236941.951
26/02/2021	05/03/2021	280	10	7	M-14	15	30	216.61	86.64	25.89	0.00	176.71	179427.63	
26/02/2021	05/03/2021	280	10	7	M-15	15	30	218.11	87.24	20.48	0.00	176.71	237710.35	
01/03/2021	15/03/2021	280	10	14	M-28	15	30	231.91	92.76	16.69	0.00	176.71	255822.47	243357.881
01/03/2021	15/03/2021	280	10	14	M-29	15.1	30.1	227.73	91.09	17.09	0.00	179.08	240987.87	
01/03/2021	15/03/2021	280	10	14	M-30	15.1	30	225.66	90.27	15.71	0.00	179.08	233263.31	
01/03/2021	29/03/2021	280	10	28	M-43	15	29.98	275.76	110.30	53.78	0.00	176.71	293066.36	296872.652
01/03/2021	29/03/2021	280	10	28	M-44	15	30	287.56	115.02	48.88	0.00	176.71	304807.93	
01/03/2021	29/03/2021	280	10	28	M-45	14.9	30	277.14	110.86	54.57	0.00	174.37	292743.66	



- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

Anexo 41 Valores para el Módulo elástico al 12.5% de sustitución



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR

Proyecto **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)**

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.

Fecha de apertura : MARZO 2021

Ensayo : Estándar Test Method For Static Modulus of Elasticity and Poissons Ratio of Concrete in Compression. (Módulo de elasticidad del concreto)

Referencia : **ASTM C-469**

Fecha Vaciado	Fecha de ensayo	f'c de diseño(kg/cm <sup>2</sup> )	Adición (%)	edad	Probeta	φ(cm)	L(cm)	σ <sub>u</sub>	Esfuerzo S2 (40%σ <sub>u</sub> ) Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo S1 (0.000050) Kg/cm <sup>2</sup>	ε unitaria ε <sub>2</sub> (S <sub>2</sub> )	Area cm <sup>2</sup>	E <sub>c</sub> Kg/cm <sup>2</sup>	E <sub>c Prom</sub> Kg/cm <sup>3</sup>
				días				(Kg/cm <sup>2</sup> )						
26/02/2021	05/03/2021	280	12.5	7	M-13	15	30	201.00	80.40	9.28	0.00	176.71	225172.19	185283.319
26/02/2021	05/03/2021	280	12.5	7	M-14	15	30	206.89	82.76	9.60	0.00	176.71	176619.14	
26/02/2021	05/03/2021	280	12.5	7	M-15	15	30	222.73	89.09	8.86	0.00	176.71	154058.63	
01/03/2021	15/03/2021	280	12.5	14	M-28	15	30	205.62	82.25	18.07	0.00	176.71	207228.39	189786.198
01/03/2021	15/03/2021	280	12.5	14	M-29	15.1	30.1	178.99	71.59	17.09	0.00	176.71	177701.38	
01/03/2021	15/03/2021	280	12.5	14	M-30	15.1	30	182.72	73.09	15.71	0.00	176.71	184428.83	
01/03/2021	29/03/2021	280	12.5	28	M-43	15	29.98	224.86	89.95	76.42	0.00	176.71	213007.61	304506.828
01/03/2021	29/03/2021	280	12.5	28	M-44	15	30	274.33	109.73	91.31	0.00	176.71	291284.58	
01/03/2021	29/03/2021	280	12.5	28	M-45	14.9	30	267.78	107.11	71.07	0.00	176.71	409228.29	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Anexo 42 Valores del ensayo a flexión al 0% de sustitución



INP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : ABRIL 2021  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	% de Adición	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (Kgf)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>r</sub> (Mpa)
01	Testigo 1	0	27/01/2021	03/02/2021	7	4512	500.00	150	150	0	6.56
02	Testigo 2	0	27/01/2021	03/02/2021	7	4676	500.00	150	150	0	6.79
03	Testigo 3	0	27/01/2021	03/02/2021	7	4203	500.00	150	150	0	6.11
04	Testigo 4	0	27/01/2021	03/02/2021	7	4381	500.00	150	150	0	6.36
05	Testigo 1	0	27/01/2021	24/02/2021	28	4996	500.00	150	150	0	7.26
06	Testigo 2	0	27/01/2021	24/02/2021	28	5007	500.00	150	150	0	7.27
07	Testigo 3	0	27/01/2021	24/02/2021	28	4890	500.00	150	150	0	7.10
08	Testigo 4	0	27/01/2021	24/02/2021	28	4974	500.00	150	150	0	7.23
09	Testigo 5	0	27/01/2021	24/02/2021	28	4963	500.00	150	150	0	7.21
10	Testigo 6	0	27/01/2021	24/02/2021	28	4795	500.00	150	150	0	6.97

**OBSERVACIONES:**

Muestreo , identificación y Ensayo realizados por el solicitante.



Anexo 43 Valores del ensayo a flexión al 2.5% de sustitución



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : ABRIL 2021  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	% de Adición	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (Kgf)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>r</sub> (Mpa)
11	Testigo 1	2.5	27/01/2021	03/02/2021	7	4769	500.00	150	150	0	6.93
12	Testigo 2	2.5	27/01/2021	03/02/2021	7	4776	500.00	150	150	0	6.94
13	Testigo 3	2.5	27/01/2021	03/02/2021	7	4815	500.00	150	150	0	7.00
14	Testigo 4	2.5	27/01/2021	03/02/2021	7	4890	500.00	150	150	0	7.10
15	Testigo 1	2.5	27/01/2021	24/02/2021	28	5077	500.00	150	150	0	7.38
16	Testigo 2	2.5	27/01/2021	24/02/2021	28	5007	500.00	150	150	0	7.27
17	Testigo 3	2.5	27/01/2021	24/02/2021	28	5019	500.00	150	150	0	7.29
18	Testigo 4	2.5	27/01/2021	24/02/2021	28	4985	500.00	150	150	0	7.24
19	Testigo 5	2.5	27/01/2021	24/02/2021	28	4850	500.00	150	150	0	7.05
20	Testigo 6	2.5	27/01/2021	24/02/2021	28	4917	500.00	150	150	0	7.14

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo , identificación y Ensayo realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

Anexo 44 Valores del ensayo a flexión al 5% de sustitución



**LEMS W&C EIRL**

RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : ABRIL 2021  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	% de Adición	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (Kgf)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>r</sub> (Mpa)
21	Testigo 1	5	27/01/2021	03/02/2021	7	4749	500.00	150	150	0	6.90
22	Testigo 2	5	27/01/2021	03/02/2021	7	4798	500.00	150	150	0	6.97
23	Testigo 3	5	27/01/2021	03/02/2021	7	4794	500.00	150	150	0	6.96
24	Testigo 4	5	27/01/2021	03/02/2021	7	4921	500.00	150	150	0	7.15
25	Testigo 1	5	28/01/2021	25/02/2021	28	4912	500.00	150	150	0	7.14
26	Testigo 2	5	28/01/2021	25/02/2021	28	5125	500.00	150	150	0	7.45
27	Testigo 3	5	28/01/2021	25/02/2021	28	5011	500.00	150	150	0	7.28
28	Testigo 4	5	28/01/2021	25/02/2021	28	5168	500.00	150	150	0	7.51
29	Testigo 5	5	28/01/2021	25/02/2021	28	5033	500.00	150	150	0	7.31
30	Testigo 6	5	28/01/2021	25/02/2021	28	4952	500.00	150	150	0	7.19

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo , identificación y Ensayo realizados por el solicitante.



Anexo 45 Valores del ensayo a flexión al 7.5% de sustitución

 <b>LEMS W&amp;C EIRL</b>		Prolongación Bolognesi Km. 3.5 Chiclayo – Lambayeque R.U.C. 20480781334 Email: servicios@lemswyceirl.com									
RNP Servicios S0608589											
Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)". Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque. Fecha de apertura : ABRIL 2021											
Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. Referencia : N.T.P. 339.078:2012											
Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	% de Adición	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (Kgf)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>r</sub> (Mpa)
31	Testigo 1	7.5	28/01/2021	04/02/2021	7	4850	500.00	150	150	0	7.05
32	Testigo 2	7.5	28/01/2021	04/02/2021	7	4862	500.00	150	150	0	7.06
33	Testigo 3	7.5	28/01/2021	04/02/2021	7	5075	500.00	150	150	0	7.37
34	Testigo 4	7.5	28/01/2021	04/02/2021	7	5056	500.00	150	150	0	7.35
35	Testigo 1	7.5	28/01/2021	25/02/2021	28	5117	500.00	150	150	0	7.43
36	Testigo 2	7.5	28/01/2021	25/02/2021	28	5227	500.00	150	150	0	7.59
37	Testigo 3	7.5	28/01/2021	25/02/2021	28	5054	500.00	150	150	0	7.34
38	Testigo 4	7.5	28/01/2021	25/02/2021	28	5224	500.00	150	150	0	7.59
39	Testigo 5	7.5	28/01/2021	25/02/2021	28	4970	500.00	150	150	0	7.22
40	Testigo 6	7.5	28/01/2021	25/02/2021	28	5117	500.00	150	150	0	7.43
<b>OBSERVACIONES:</b> - Muestreo , identificación y Ensayo realizados por el solicitante.											
						 WILSON OLAYA AGUILAR TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS			 Miguel Angel Ruiz Perales INGENIERO CIVIL CIP. 246904		

Anexo 46 Valores del ensayo a flexión al 10% de sustitución



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : ABRIL 2021  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	% de Adición	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (Kgf)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>r</sub> (Mpa)
41	Testigo 1	10	28/01/2021	04/02/2021	7	5054	500.00	150	150	0	7.34
42	Testigo 2	10	28/01/2021	04/02/2021	7	5019	500.00	150	150	0	7.29
43	Testigo 3	10	28/01/2021	04/02/2021	7	4869	500.00	150	150	0	7.07
44	Testigo 4	10	28/01/2021	04/02/2021	7	4951	500.00	150	150	0	7.19
45	Testigo 1	10	29/01/2021	26/02/2021	28	5227	500.00	150	150	0	7.59
46	Testigo 2	10	29/01/2021	26/02/2021	28	5367	500.00	150	150	0	7.80
47	Testigo 3	10	29/01/2021	26/02/2021	28	4834	500.00	150	150	0	7.02
48	Testigo 4	10	29/01/2021	26/02/2021	28	4836	500.00	150	150	0	7.03
49	Testigo 5	10	29/01/2021	26/02/2021	28	4983	500.00	150	150	0	7.24
50	Testigo 6	10	29/01/2021	26/02/2021	28	5028	500.00	150	150	0	7.31

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo , identificación y Ensayo realizados por el solicitante.



Anexo 47 Valores del ensayo a flexión al 12.5% de sustitución



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
 Proyecto / Obra : Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : ABRIL 2021  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	% de Adición	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (Kgf)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>r</sub> (Mpa)
41	Testigo 1	12.5	29/01/2021	05/02/2021	7	47270	500.00	150	150	0	7.34
42	Testigo 2	12.5	29/01/2021	05/02/2021	7	47330	500.00	150	150	0	7.29
43	Testigo 3	12.5	29/01/2021	05/02/2021	7	47630	500.00	150	150	0	7.07
44	Testigo 4	12.5	29/01/2021	05/02/2021	7	47350	500.00	150	150	0	7.19
45	Testigo 1	12.5	29/01/2021	05/02/2021	28	47350	500.00	150	150	0	7.59
46	Testigo 2	12.5	29/01/2021	26/02/2021	28	51230	500.00	150	150	0	7.80
47	Testigo 3	12.5	29/01/2021	26/02/2021	28	48240	500.00	150	150	0	7.02
48	Testigo 4	12.5	29/01/2021	26/02/2021	28	48270	500.00	150	150	0	7.03
49	Testigo 5	12.5	29/01/2021	26/02/2021	28	47580	500.00	150	150	0	7.24
50	Testigo 6	12.5	29/01/2021	26/02/2021	28	47510	500.00	150	150	0	7.31

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo , identificación y Ensayo realizados por el solicitante.



## Anexo 48 Resultados de la medida del asentamiento



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CESAR  
Proyecto : **Tesis: "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)"**

Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de apertura : 20 DE MARZO 2021

ENSAYO : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland

NORMA : NTP 339.035

Diseño : cilindros -Vigas Prismáticas

Adición	slump (plg)	
	280 kg/cm <sup>2</sup> Cilindros	280 kg/cm <sup>2</sup> vigas
0.0%	4	4.0
2.5%	3.9	4.0
5.0%	3.8	3.8
7.5%	3.5	3.6
10.0%	3	3.0
12.5%	2.5	2.9

Muestreo e identificación realizado por el solicitante.



## Anexo 49 Resultados de la medida de la temperatura



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CESAR  
Proyecto : **Tesis:"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)"**  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de apertura : 20 DE MARZO 2021  
ENSAYO : HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto).  
NORMA : NTP 339.184:2013.

Adición	Temperatura °C	
	280 kg/cm <sup>2</sup> (Cilindros)	280 kg/cm <sup>2</sup> Vigas
0%	30.0	30.0
2.5%	30.0	30.0
5.0%	31.0	30.5
7.5%	31.7	31.8
10.0%	32.2	32.3
12.5%	32.7	33.3

- Muestreo ,identificación y Ensayo realizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 50 Peso Unitario y contenido de aire



INP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CESAR  
Proyecto : **Tesis:"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)"**

Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de apertura : 20 DE MARZO 2021

ENSAYO : HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la Densidad(peso unitario), Rendimiento y contenido de aire del hormigón (concreto).

NORMA : NTP 339.046:2008.

DISEÑO : f'c 280 kg/cm2

Adición (%)	P.U.Prom (gr/cm3)	Peso Tarda(gr/cm3) para 1m3	Rendimiento	Contenido de aire
0%	2.36	2.32	0.985	1.9
2.5%	2.37	2.32	0.980	2.1
5.0%	2.36	2.32	0.983	2.3
7.5%	2.38	2.32	0.977	2.5
10.0%	2.38	2.32	0.976	2.3
12.5%	2.38	2.32	0.976	2.5

Muestreo, identificación y Ensayo realizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Anexo 51 Resultado del ensayo índice puzolánico con muestra incinerada a 650°C



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswyceirl.com

Solicitante: VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
 Proyecto / Obra: Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
 Ubicación: Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Recepción: Pimentel, 04 de Abril del 2021  
 Ensayo: CEMENTOS. Metodo de ensayo para determinar el indice de actividad puzolanica utilizando cemento Portland  
 Referencia: N.T.P. 334.066:2008

INFORME

MUESTRAS	% CCA	IP(%) 7D	IP(%) 28D
Muestras del grupo Experimental <b>MUESTRAS A</b>	20	60.67	73.38
Muestras del grupo Control <b>MUESTRAS B</b>	0		

OBSERVACIONES:

- Muestreo , identificación y Ensayo realizados por el solicitante.



Anexo 52 Resultado del ensayo índice puzolánico con muestra incinerada a 750°C



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante :VARGAS VILLAFUERTE JULIO CESAR  
Proyecto / Obra :Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
Ubicación :Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de Recepción Pimentel, 04 de Abril del 2021  
Ensayo :CEMENTOS. Metodo de ensayo para determinar el indice de actividad puzolanica utilizando cemento Portland  
Referencia N.T.P. 334.066:2008

INFORME

MUESTRAS	% CCA	IP(%) 7D	IP(%) 28D
Muestras del grupo Experimental <b>MUESTRAS A</b>	20	65.21	75.95
Muestras del grupo Control <b>MUESTRAS B</b>	0		

OBSERVACIONES:

- Muestreo , identificación y Ensayo realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Anexo 53 Resultado del ensayo índice puzolánico con muestra incinerada a 850°C



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
 Chiclayo – Lambayeque  
 R.U.C. 20480781334  
 Email: servicios@lemswceirl.com

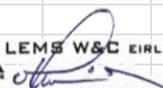
Solicitante :VARGAS VILLAFUERTE JULIO CÉSAR  
 Proyecto / Obra :Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)".  
 Ubicación :Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de Recepción Pimentel, 04 de Abril del 2021  
 Ensayo :CEMENTOS. Metodo de ensayo para determinar el indice de actividad puzolanica utilizando cemento Portland.  
 Referencia N.T.P. 334.066:2008

INFORME

MUESTRAS	% CCA	IP(%) 7D	IP(%) 28D
Muestras del grupo Experimental <b>MUESTRAS A</b>	20	65.30	74.40
Muestras del grupo Control <b>MUESTRAS B</b>	0		

OBSERVACIONES:

- Muestreo , identificación y Ensayo realizados por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
  
 WILSON OLAYA AGUILAR  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

## Anexo 54 Contenido de humedad de la CCA

### INFORME

Peticionario	:Vargas Villafuerte Julio Cesar
Proyecto:	<b>Tesis:"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)"</b>
Ubicación	:Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.
Fecha de recepción	ABRIL DEL 2021
Ensayo	:Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete
Referencia	ASTM C311

Muestra	CCA(Recibida)
Peso del material recibida (A)	<b>100 gr</b>
Peso del Recipiente(tara)	49.3 gr
Peso neto de la masa seca+Recipiente	<b>147 gr</b>
Peso de la masa seca	<b>97.70 gr</b>
Perdida de masa (B)	2.30 gr
Contenido de Humedad	<b>2.30 %</b>

#### OBSERVACIONES:

- Muestreo , identificación y Ensayo realizados por el solicitante.

**INFORME**

Peticionario :VARGAS VILLAFUERTE JULIO CESAR  
 Proyecto: **Tesis "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)"**  
 Ubicación :Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de recepción ABRIL DEL 2021  
 Ensayo :CEMENTOS. Metodo de ensayo para determinar la finura del cemento Portland por el tamiz de 45µm (N°325)  
 Referencia N.T.P. 334.045:2010

Descripción	CCA
Cantidad de la Muestra	1000 gr
Residuo sobre el Tamiz # 325	475.7 gr
Residuo medido el Tamiz # 325 (%)	47.57 %
Residuo Corregido para Cenizas	33.11 %

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo , identificación y ensayo realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 56 Ensayo de densidad de la CCA



Ingeniería Geotécnica S.A.  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswceirl.com

Solicitante : VARGAS VILLAFUERTE JULIO CESAR  
Proyecto : **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA)**  
Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
Fecha de apertura : 20 DE MARZO 2021  
ENSAYO : DENSIDAD DE LA CENIZA DE CASCARA DE ARROZ (CCA)  
NORMA : ASTM C 188-95(Reaprovaba 2003)  
Muestra **Ceniza de cascara de arroz(CCA)**

Peso de CCA (gr)	50
Vol.inicial kerosene (ml)	0
Vol.final desplazado kerosene (cm3)	21.7
densidad (CBCA)(g/cm3)	<b>2.30</b>

- Muestreo e identificación realizado por el solicitante.

  
LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

## Anexo 57 Certificado del ensayo químico a la CCA

Ing. R. Kobi Coronel Camino  
C.I.P. 135617  
Reg. Nac. Proveedores N° C53026

### INFORME DE ANÁLISIS CCA -2021

#### 1. DATOS DEL SOLICITANTE

- 1.1. Solicitante : Julio César Vargas Villafuerte  
1.2. DNI : 43566808.  
1.3. Tesis : "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL CONCRETO USANDO CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ (CCA), LAMBAYEQUE 2020".

#### 2. CRONOGRAMA DE FECHAS

- 2.1. Fecha recibida : 24 / 05 / 2021  
2.2. Fecha de ensayo : 26 / 05 / 2021  
2.3. Fecha de Emisión : 28 / 05 / 2021

#### 3. ANÁLISIS SOLICITADO: Fluorescencia Rayos X-Análisis de Cenizas de cáscara de arroz (Incineración a 750°C).

#### 4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA

- 4.1. Código : CCAJCVV  
4.2. Procedencia : Chiclayo-Lambayeque

#### 5. RESULTADOS

Componente Químico	Óxido de Silicio	Óxido de Aluminio	Óxido de hierro	Óxido de calcio	Óxido de magnesio	Trióxido de azufre	Óxido de Potasio	Óxido de Sodio	LOI	Elementos Livianos
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>2</sub>	KO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O		s <sup>(1)</sup>
%	88.4	0.96	0.47	1.05	0.23	4.09	0.99	2.21	1.56	0.04

<sup>(1)</sup> Elementos Livianos (del hidrógeno al sodio).

Clasificación: Norma ASTM C618: TIPO F

#### 6. VALIDEZ DEL INFORME

Los resultados de este informe Técnico son válidos sólo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe.

#### OBSERVACIONES:

- El presente informe no puede ser utilizado como certificado.
- Los resultados corresponden a la muestra proporcionada por el Solicitante.
- Está prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización Del solicitante.
- %: Porcentaje masa-masa (g/g)

#### CONDICIONES DE OPERACIÓN y ANÁLISIS FRX:

Equipo: ANALIZADOR DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X  
Temperatura de ambiente: 24 °C  
Humedad: 7%

El suscrito no se responsabiliza del muestreo ni la procedencia de la muestra.

  
Ing. Kobi Coronel Camino  
INGENIERO QUIMICO  
CIP. 135617

Trujillo 08 de enero del 2021

E – Mail: [kobipc15@hotmail.com](mailto:kobipc15@hotmail.com)  
Fono : 952558102

Anexo 58 Panel Fotográfico



Foto 1 Cantera La Cría toma de muestras



Foto 2 Distribución de agregados para ensayos





*Foto 3 Pesaje del agregado Grueso*



*Foto 4 Pesaje del agregado fino*



Foto 5 Tamizaje del agregado grueso



Foto 6 Ensayo de contenido de humedad para los áridos



*Foto 7 Muestras para ser ingresadas a horno*



*Foto 8 Muestras ingresadas al horno para conocer la humedad*



*Foto 9 Peso volumétrico del agregado grueso*



*Foto 10 Secado del agregado grueso*



Foto 11 Ensayo de compactación del agregado grueso

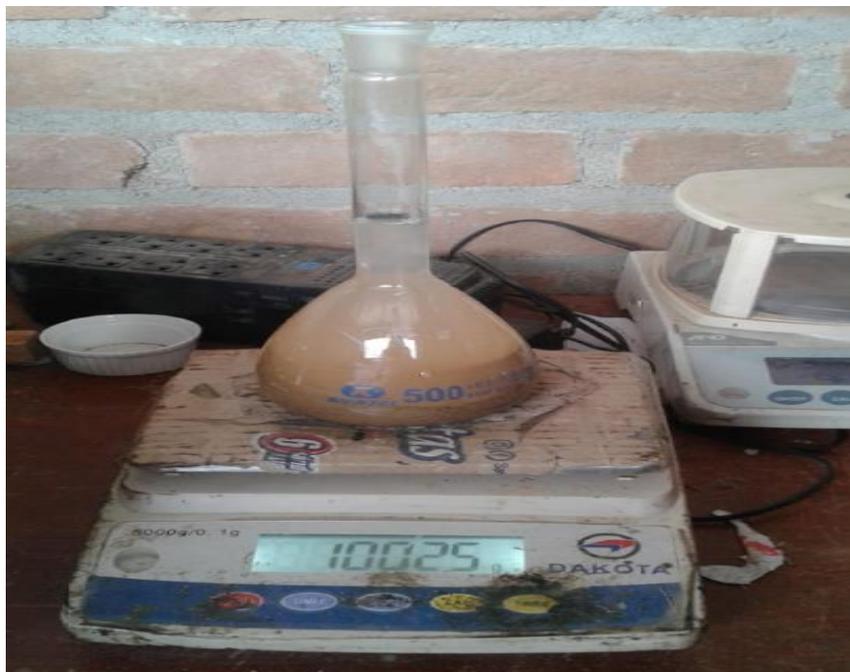


Foto 12 Ensayo volumétrico del agregado fino





*Foto 13 Quemado de la cascarilla de arroz*



*Foto 14 Ceniza resultante de la incineración de la cáscara de arroz*



*Foto 15 Primera molienda de la ceniza resultante*



*Foto 16 Segunda molienda de la ceniza*



*Foto 17 Ensayo de flujo para índice puzolánico*



*Foto 18 Cubos de concreto con y sin adición de ceniza*



*Foto 19 Curado de cubos de concreto en agua con cal*



*Foto 20 Ensayo de compresión de los cubitos de concreto.*



*Foto 21 Pesaje del concreto en su estado fresco*



*Foto 22 Lectura de la temperatura del concreto en estado fresco*



*Foto 23 Ensayo de asentamiento de la mezcla*



*Foto 24 Elaboración de las probetas cilíndricas y vigas*



*Foto 25 Vaciado de concreto en vigas*



*Foto 26 Vaciado de probetas Cilíndricas y prismáticas*



*Foto 27 Curado de especímenes en agua*



*Foto 28 Medida del diámetro del espécimen cilíndrico endurecido*



*Foto 29 ensayo a compresión de muestras cilíndricas*



*Foto 30 Ensayo para el Módulo Elástico en muestras cilíndricas*



*Foto 31 Ensayo a flexión de las muestras prismáticas*