



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Caracterización del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.

#### TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE

**Ingeniero Civil**

#### **AUTORES:**

Chavarria Sevilla, Pamela Lysette ([orcid.org/0000-0003-2669-9959](https://orcid.org/0000-0003-2669-9959))

Churano Maguiña, Miguel Angel ([orcid.org/0000-0002-4163-5067](https://orcid.org/0000-0002-4163-5067))

#### **ASESOR:**

Dr. Cancho Zúñiga Gerardo Enrique ([orcid.org/0000-0002-0684-5114](https://orcid.org/0000-0002-0684-5114))

#### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

#### **LINEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHIMBOTE – PERÚ

2023

## **Dedicatoria**

En primer lugar, a Dios por haber bendecido estos años, por iluminar nuestra trayectoria profesional y por el gran privilegio de haber llegado a esta etapa tan maravillosa de nuestras vidas.

En honor a nuestros padres queridos, queridos hermanos y hermanas, quienes han sido el motor que nos ayudó a superar nuestra vida profesional, nos han apoyado, aconsejado y animado siempre para continuar nuestra carrera profesional y nunca rendirnos. Todo gracias a ustedes.

A nuestros mentores, quienes han estado involucrados en nuestra educación y formación, por su enseñanza y guía durante estos años.

Churano Maguiña, Miguel Ángel

Chavarría Sevilla, Pamela Lysette

## **Agradecimiento**

Principalmente, agradezco a Dios y a la Universidad Cesar Vallejo por haberme abierto las puertas de su centro educativo para poder estudiar mi carrera, así como a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y apoyo para seguir adelante día a día.

También agradezco a nuestro asesor por permitirme beneficiarme de sus conocimientos y habilidades científicas, y por guiarme pacientemente a lo largo de la preparación de mi tesis.

A mis abuelos, que siempre me han cuidado y guiado.

También agradezco a mi madre, quien me enseñó buenos sentimientos, hábitos y valores que me mantuvieron optimista en los momentos más difíciles. A mi padre que siempre lo he sentido presente en mi vida, y que está orgulloso de la persona que me he convertido.

En definitiva, a todas aquellos que de una forma u otra han contribuido para el logro de este reto para mí.

*Churano Maguiña, Miguel Ángel*

*Chavarría Sevilla, Pamela Lysette*

**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL, CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis Completa titulada: "Caracterización del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis Completa:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
MIGUEL ANGEL CHURANO MAGUIÑA <b>DNI:</b> 48645907 <b>ORCID:</b> 0000-0002-4163-5067	Firmado electrónicamente por: MICHURANOMA el 20- 12-2023 22:52:05
PAMELA LYSETTE CHAVARRIA SEVILLA <b>DNI:</b> 76465685 <b>ORCID:</b> 0000-0003-2669-9959	Firmado electrónicamente por: PACHAVARRIASE el 20-12-2023 22:58:30

Código documento Trilce: TRI - 0702370

**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Tesis Completa titulada: "Caracterización del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.", cuyos autores son CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL, CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis Completa cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHIMBOTE, 20 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE DNI: 07239759 ORCID: 0000-0002-0684-5114	Firmado electrónicamente por: CANCHOZUNIGA el 20-12-2023 11:25:20

Código documento Trilce: TRI - 0702368

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DE LOS AUTORES.....	VI
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	VIVI
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS .....	X
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT .....	XII
I.- INTRODUCCIÓN .....	1
II.- MARCO TEÓRICO .....	4
III.- METODOLOGÍA .....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación :.....	13
3.2. Variables y Operacionalización: .....	116
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis: .....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: .....	21
3.5. Procedimientos: .....	22
3.6. Método de análisis de datos: .....	26
3.7. Aspectos éticos: .....	27
IV.- RESULTADOS .....	29
V.- DISCUSIÓN .....	53
VI.- CONCLUSIONES .....	53
VII.- RECOMENDACIONES .....	56

REFERENCIAS .....	58
ANEXOS.....	65

## Índice de tabla

<b>Tabla 1</b> Clasificación de la arcilla.....	12
<b>Tabla 2</b> Requisitos químicos - ceniza tipo F.....	13
<b>Tabla 3</b> Ensayo de resistencia a la compresión del mortero.....	20
<b>Tabla 4</b> Cantidades en porcentajes de la cáscara de huevo y arcilla. ....	20
<b>Tabla 5</b> Composición elemental de la ceniza de cáscara de huevo y arcilla en términos de óxidos en % de la masa total. ....	34
<b>Tabla 6</b> Dosificación de materiales. ....	37
<b>Tabla 7</b> Resultados obtenidos del ensayo. ....	38
<b>Tabla 8</b> Proporción de materiales por 6 probetas para la muestra patrón. ....	42
<b>Tabla 9</b> Proporción de materiales por 6 morteros, añadiendo 3% (0.75% de cáscara de huevo calcinada y 2.25% de arcilla calcinada).....	43
<b>Tabla 10</b> Proporción de materiales por 6 morteros, añadiendo 5% (1.25% de cáscara de huevo calcinada y 3.75% de arcilla calcinada).....	44
<b>Tabla 11</b> Proporción de materiales de 6 morteros, añadiendo 7% (1.75% de cáscara de huevo calcinada y 5.25% de arcilla calcinada).....	44
<b>Tabla 12</b> Proporción de materiales de 6 morteros, añadiendo 9% (2.25% de cáscara de huevo calcinada y 6.75% de arcilla calcinada).....	45
<b>Tabla 13</b> Proporción de materiales de 6 morteros, añadiendo 11% (2.75% cáscara de huevo y 8.25% de arcilla calcinada). ....	46
<b>Tabla 14</b> Resultados del ensayo de compresión obtenidas según morteros patrón, 3%, 5%, 7%, 9% y 11% a los 3 días de curado. ....	47
<b>Tabla 15</b> Resultados del ensayo de compresión obtenidas según morteros patrón, 3%, 5%, 7%, 9% y 11% a los 7 días.....	49
<b>Tabla 16</b> Resultados del ensayo de compresión obtenidas según morteros patrón a los 28 días. ....	51

<b>Tabla 17</b> Resultados de la determinación de la densidad, absorción de agua y vacíos en concreto endurecido. ....	53
<b>Tabla 18</b> Comparación de resultados de la densidad, absorción de agua y vacíos en concreto endurecido. ....	54

## Índice de gráficos y figuras

<b>Figura 1</b> Procedimiento.....	27
<b>Figura 2</b> Curva de pérdida de masa - Análisis termo gravimétrico.....	30
<b>Figura 3</b> Calorimétrica ATD.....	31
<b>Figura 4</b> Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.....	32
<b>Figura 5</b> Curva Calorimétrica.....	33
<b>Gráfico 1</b> Comparación entre la cáscara de huevo y arcilla expresados en óxidos .....	36
<b>Gráfico 2</b> Comparación de peso.....	38
<b>Gráfico 3</b> Comparación del tiempo de fraguado inicial de los porcentajes.....	40
<b>Gráfico 4</b> Comparación del tiempo de fraguado final de los porcentajes.....	40
<b>Gráfico 5</b> Curva granulométrica.....	42
<b>Gráfico 6</b> Ensayo de la resistencia a la compresión patrón, 3%, 5%, 7%, 9% y 11% a los 3 días de curado.....	48
<b>Gráfico 7</b> Ensayo de la resistencia a la compresión patrón, 3%, 5%, 7%, 9% y 11% a los 7 días de curado.....	50
<b>Gráfico 8</b> Ensayo de la resistencia a la compresión patrón, 3%, 5%, 7%, 9% y 11% a los 28 días.....	52
<b>Gráfico 9</b> Comparación de resultados de la densidad, absorción de agua y vacíos en concreto endurecido.....	54
<b>Figura 6</b> Muestra M-1 .....	55
<b>Figura 7</b> Muestra M-2 .....	56
<b>Figura 8</b> Muestra M-3 .....	56
<b>Figura 9</b> Muestra M-4 .....	57

## RESUMEN

- Se realizó los ensayos pertinentes para nuestra investigación, realizando el ensayo de análisis térmico diferencial y térmico gravitatorio a 31,8 gr de nuestra muestra, calcinándolo a 910 °C y la segunda entre 480 °C y 540 °C. Se obtuvo la fluorescencia de rayos x de la muestra obteniendo la composición química, entre 910 °C y 540 °C respectivamente, obteniendo Óxido de silicio SiO<sub>2</sub>, para la cáscara de huevo en 72.408% y la arcilla en un 16.859%. El tiempo de fraguado del cemento hidráulico según NTP 334.006 (ASTM C-191), se realizó el ensayo con Agujas de Vicat en el Laboratorio de ensayo de materiales. La variación de la resistencia a la compresión del mortero se observa a los 3 días de curado, donde al 5% obtuvo la mayor resistencia de F'c= 326.45 kg/cm<sup>2</sup>, a los 7 días de curado al 9% se obtuvo un F'c= 254.65 kg/cm<sup>2</sup> máximo y a los 28 días de curado al 5% obtuvo la mayor resistencia de F'c= 342.10 kg/cm<sup>2</sup>, el resultado del estudio petrográfico macroscópico de concreto según norma ASTM C856, nos da muestras de morteros cuyos agregados finos constan principalmente de feldespatos (45%), cuarzo (25%), granitoides (20%), biotita y homblenda (10%).

Palabras clave: Cenizas, mortero, resistencia a la compresión, fluidez, agujas de Vicat, petrografía.

## ABSTRACT

The relevant tests for our research were carried out, carrying out the differential thermal and gravitational thermal analysis test on 31.8 g of our sample, calcining it at 910 0C and the second between 480 0C and 540 0C. The x-ray fluorescence of the sample was obtained, obtaining the chemical composition, between 910 0C and 540 0C respectively, obtaining calcium oxide CaO, for the eggshell at 16.859% and the clay at 72.408%. The setting time of the hydraulic cement was determined according to NTP 334.006 (ASTM C-191), the test was carried out with Vicat Needles in the Materials Testing Laboratory. The variation in the compressive strength of the mortar is observed after 3 days of curing, where at 5% the highest resistance of  $F'_c = 326.45 \text{ kg/cm}^2$  was obtained, after 7 days of curing at 9% a  $F'_c = 254.65 \text{ kg/cm}^2$  maximum and after 28 days of curing at 5% it obtained the highest resistance of  $F'_c = 342.10 \text{ kg/cm}^2$ , the result of the macroscopic petrographic study of concrete according to ASTM C856 standard, gives us samples of mortars whose fine aggregates consist mainly of feldspars (45%), quartz (25%), granitoids (20%), biotite and homblende (10%).

**Keywords:** Ashes mortar, compressive strength, fluidity, vicat needles, petrography

## I.- INTRODUCCIÓN

El mortero se utiliza en partes importantes de la ingeniería en muchos países. EL factor de resistencia afecta a distintos tipos de construcción, y simplemente añadiendo revestimiento y componentes auxiliares (naturales o industriales), se pueden obtener morteros con propiedades controladas, excelentes resistencias y propiedades mecánicas. Se caracterizan por una compactación que evita la separación, perfección a largo plazo, propiedades mecánicas mejoradas en el tiempo, garantía de volumen y vida útil extendida respetuosa con el medio ambiente. (Hoyos, 2021), en el planeta, se vive una realidad crítica por consecuencia al cambio del clima afectando directamente al sector de la construcción, esto es una problemática que se ha discutido durante años en el mundo buscando utilizar productos innovadores que generen mayor resistencia y ayuden a la sostenibilidad del medio ambiente, uno de los problemas es que los morteros se han utilizado sin un control adecuado en base a su resistencia a la compresión sin tener en cuenta como se comportaban ante los sismos generando daños de gran magnitud en las estructuras ( Acosta y Saldaña, 2022), el proyecto se basa en innovación utilizando nuevos materiales de bajo impacto ambiental y económico. Ayude a reemplazar el cemento obteniendo materiales económicos y fácilmente disponibles para reducir los costos de producción de mortero y reducir el impacto ambiental. En cambio, no cambian su resistencia, si no que ayudan a mantener la resistencia que el cemento puede proporcionar. Se debe demostrar que la resistencia del cemento se puede mantener o superar sustituyendo el cemento del mortero la arcilla y las cáscaras de huevo. Esta es una posible solución medioambiental ya que reduce el impacto contaminante del proceso de fabricación del mortero. La arcilla es un material que se encuentra disponible en grandes cantidades a muy bajo costo y en altos volúmenes en la sierra peruana, mientras que la cáscara de huevo es un material muchas veces subestimado en nuestros hogares y que tiene un alto índice de contaminación (Alarcón, 2018), esta investigación busca dar alternativas para sustituir al cemento por diferente combinación de materiales como son la arcilla y el polvo de cáscara de huevo, se plantea contribuir con el conocimiento ya existente para utilizar nuevas alternativas que sean accesibles y beneficiosas para el sector de la construcción. Esta investigación puede ayudar a mejorar la construcción de obras civiles aportando

mayor resistencia a la compresión y seguridad. Así mismo contribuye al progreso tecnológico con el fin de aprovechar estos recursos naturales y puedan ser utilizados como sustitución del cemento para sus múltiples usos. (Pereda, 2017), teniendo de conocimiento dicha problemática nos formulamos la siguiente pregunta ¿Cuál es el comportamiento de las cenizas de la cáscara de huevo y arcilla, en la resistencia a la compresión del mortero?, como justificación teórica un estudio recopilado y procesado servirá de estudio para esta y otras investigaciones futuras, puesto que enriquece el marco teórico y/o cuerpo del conocimiento que hay en relación al tema, esta investigación surge que dada las características químicas de la ceniza es correcto sustituirlo por cemento lo que nos dará un mortero de alta calidad que cumpla la norma técnica (Zegarra, 2022), así mismo como justificación social toda investigación debe tener cierta relevancia colectiva, alcanzando ser importante para nuestra sociedad y anunciando alcances o proyecciones. En la actualidad se busca recursos naturales alternativos a la actividad puzolánica por que contienen constituyentes con propiedades conglomerantes, se busca mejorar las futuras obras de ingeniería dotándolas de mucho menor peso, recursos más livianos, pero con mucha mayor resistencia ante los eventos sísmicos (Ramos, 2020), tenemos también justificación práctica en este análisis se muestra el uso de la cáscara de huevo y la arcilla para crear una mezcla de elementos esenciales del cemento y así reemplazarlos en porcentajes en el desarrollo de fabricación del mortero para lograr una óptima y/o mejor resistencia (Ruesta, 2021), finalmente, justificación ambiental el uso de estos recursos ecológicos en este proyecto en el país reducirá el porcentaje de producción de cemento en un esfuerzo por mantener el equilibrio de la conservación de la naturaleza. Ayudando a reemplazar el cemento al tener materiales de fácil disponibilidad, para reducir el costo de producción del mortero y reducir el impacto ambiental, pero no provocan un cambio en su resistencia ayudando a mantener la resistencia del cemento sino al contrario, su objetivo es mostrar que la resistencia del cemento se puede mantener o superar reemplazando el polvo de cáscara de huevo y arcilla en el mortero. Una posible solución ambiental ya que reduce la contaminación durante la producción de cemento (Ferrer y Llontop, 2020), como objetivo principal se tiene: Determinar cuál es el comportamiento de la caracterización del mortero con sustitución del cemento

por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023. Los objetivos específicos son: Determinar los cambios de variación del fraguado con agujas de Vicat del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023. Determinar cuál es el cambio en la resistencia a la compresión del mortero cuando se sustituye cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023. Determinar la variación de la cantidad de vacíos (porosidad) del mortero al sustituir cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023. Determinar el cambio petrográfico del mortero luego de la sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023, cuya hipótesis es la siguiente: El comportamiento de la caracterización del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023. Con las hipótesis específicas: La variación del fraguado con agujas de Vicat del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023. La variación de la resistencia a la compresión del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023. La variación de la cantidad de vacíos (porosidad) del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023. La variación de la petrografía del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.

## II.- MARCO TEORICO

Ferrer y Llontop (2020) en su trabajo de título de ingeniero civil titulado: *Resistencia a la compresión de mortero con combinación de polvo de concha mejillón y arcilla en lugar de cemento – Chimbote*. El objetivo fue determinar la resistencia a la compresión de mortero con una sustitución de cemento de 16% (12% arcilla y 4% concha de mejillón) y 16% (4% arcilla y 12% concha mejillón). Los resultados muestran que los resultados de la prueba de compresión del mortero experimental reemplazado por (12%PA – 4%PCM) excedieron el mortero estándar en el periodo de curado de 3, 7 y 28 días, y la primera prueba alcanzo el siguiente estado: mayor resistencia fue de 201.84 kg/cm<sup>2</sup> y 185.92 kg/cm<sup>2</sup>, por lo que se concluye que el material utilizado mantiene y aumentan la resistencia. Barreda (2023) en su estudio para grado de ingeniero civil titulada: *Efectos del espesor de juntas de mortero sobre la resistencia a la compresión axial de prismas de mampostería de arcilla cocida en Arequipa*. El objetivo fue determinar las consecuencias de los cambios graduales en el espesor de las juntas horizontales de mortero, es decir, la resistencia a la compresión axial de prisma o también llamados pilotes de mampostería compuestos por dos dosis diferentes de solidos artesanales e industriales con diferentes dosis de arena y cemento (1:3) tiene un peso específico de 140 kg/cm<sup>2</sup>, que supera al del mortero (1:5) en 95 kg/cm<sup>2</sup> y la resistencia afecta desproporcionadamente a la resistencia conseguida por los prismas de ladrillo. Chávez y Gamarra (2021) en su tesis para grado de ingeniero civil titulada: *El uso de cáscara de huevo carbonizadas como material de soporte en el desarrollo de productos de mampostería en Nuevo Chimbote*. Su objetivo era utilizar cáscara de huevo cocidas para complementar la mampostería de Nuevo Chimbote. Finalmente, los estudios de desarrollo han demostrado que agregar cáscara de huevo carbonizada al bloque de cemento durante la formación del ladrillo mejora sus propiedades mecánicas, lo que demuestra que agregar cáscara de huevo carbonizada durante el proceso de fabricación de los ladrillos mejorara las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos. Generalmente se acepta que la adición de cáscara de huevo al bloque de cemento durante la formación del ladrillo mejorara las propiedades mecánicas, de modo que se espera que la adición de

cáscara de huevo carbonizada durante la producción de la mampostería mejore las propiedades mecánicas de los ladrillos. Elfer (2020) en la tesis para grado de ingeniero civil titulado: *Resistencia a la compresión y absorción del mortero al sustituir el agregado fino por ladrillos, cerámicas y tejas de arcilla recicladas – Cajamarca*. Su finalidad es determinar la resistencia a la compresión y absorción del mortero utilizando 10% y 20%. La conclusión al comparar los resultados de resistencia a la compresión del agregado secundario con la muestra de control, este valor es menor que el de la muestra estándar, pero según la norma E0.70, tiene resistencia a la compresión más baja  $F'c = 13.72\text{MPa}$  ( $140\text{ kg/cm}^2$ ). Saldaña (2018) en la tesis para grado de ingeniero civil sobre: *Resistencia a la compresión y permeabilidad del mortero para sustitución del cemento con adición de 10% y 20% de polvo de cáscara de huevo y ceniza de cáscara de arroz - Chimbote*. El objetivo del trabajo es determinar la resistencia a la compresión y permeabilidad de un mortero donde se reemplaza el 10% y el 20% de cemento por polvo de cáscara de huevo y ceniza de cáscara de arroz. La resistencia a la compresión de la solución estándar después de 29 días fue de  $385\text{ kg/cm}^2$ , la solución de prueba de reemplazo CPTI al 10% y 20% fue de  $388\text{ kg/cm}^2$  y  $403\text{ kg/cm}^2$  respectivamente es el 0.77% y 4.47%, noto que la conexión aumenta un poco la resistencia. Salazar (2019) en la tesis para grado de ingeniero civil sobre: *Determinación de agregados reactivos mediante método petrográficos en las canteras San Marcos Cajamarca*. El objetivo del trabajo es evaluar estas propiedades utilizando agregados provenientes de la cantera de la ciudad de San Marcos-Cajamarca, para asegurar la producción de concreto de buena calidad y proponer el uso de estos materiales en obra de infraestructura civil en beneficio de la región, se concluyó que las pruebas petrográficas según ASTM C 295, mostraron que los agregados de ambas canteras consistían principalmente en 74% de arenisca de cuarzo, 24,3% de Caliza y cantidades muy pequeñas de Calizas dolomíticas 1.7% aproximadamente en cada tamiz. El resto de rocas encontradas en las canteras tiene una participación mínima, casi nula. Torres (2019) en la tesis para grado de ingeniero civil sobre: *Deterioro del concreto armado por ataque del cloruro férrico*. La presente investigación tiene como objetivo conocer el deterioro del concreto simple y armado con cemento Portland Tipo I por ataque del cloruro férrico en solución al

42% ya que muchas estructuras de concreto como tanques se encuentran expuesto a este químico. Se concluye según el ensayo de agujas de Vicat 4 muestras, el tiempo de fraguado según la NTP 339-082, para determinar el tiempo en que la mezcla de concreto pasa de estado líquido a sólido es importante conocer este tiempo para colocar y dar acabado a las mezclas de concreto sin inconvenientes dando como resultado un tiempo de fraguado final según relación a/c de 0.45, 0.50, 0.60, 0.70 en tiempos respectivos de 05.23, 05.51, 06.22 y 06.58 siendo este último el de mayor valor. Álvarez (2005), en su artículo científico titulado: *Caracterización de mortero para revestimiento con polvo de piedra – Chile*. Su objetivo fue realizar una investigación sobre el uso del polvo de piedra de la cantera de Bauta para el enlucido de paredes y techos. El polvo de piedra es un producto que se obtiene de la trituración de rocas con diferentes propiedades química y cuyo límite granulométrico se mide entre los tamices 0,074 mm y 4.76 mm. Se evaluaron diferentes dosificaciones de mortero elaborado a partir de polvo de piedra tamizada de 1.19 mm, se realizaron análisis químicos del polvo de piedra y se determinó la fluidez, capacidad de retención de agua, resistencia mecánica, absorción capilar, permeabilidad y durabilidad del mortero, los ensayos arrojaron un alto contenido de carbonato cálcico (96.74%), un bajo porcentajes de sílice y hierro y ausencia de aluminio ni arcilla. Bedoya, Mendoza y Rojas (2022) en la tesis de ingeniero civil titulado: *Análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas del mortero 1:2 y concreto 1:2:3 con agregado de ceniza de cáscara de huevo – Colombia*. Su finalidad es caracterización de morteros hidráulicos y hormigones con adición de polvo de cáscara de huevo. Se encontró que, teniendo en cuenta los resultados obtenidos durante la prueba de compresión, una tasa de adición de concreto de 3% representaba la reducción máxima en la resistencia a la compresión especificada en comparación con los otros prototipos. Por otro lado, el aditivo al 7% fue es la única proporción que aumenta la resistencia a la compresión en comparación con el hormigón convencional. Chimbolema (2017) en su tesis de ingeniero civil sobre el tema: *Diseño de mortero de cemento y arcilla portland tipo I para su desarrollo en impresoras 3D - Ecuador*. Su objetivo es desarrollar mortero de cemento y arcilla Portland Tipo I, con propiedades aptas para su uso en impresoras 3D. Se encontró que el mortero de la mina Cochacay (Cemento Chimborazo M1) tiene ductilidad,

límite elástico, durabilidad, trabajabilidad y tiempo de fraguado uniformes al probar y analizar las tres soluciones con las tres arcillas, se encontró que estas soluciones tienen propiedades favorables como materiales de impresión. Un obstáculo común que se da en los morteros es el límite de contracción superior al 3% debido al uso de materiales secos, lo que provoca un cambio en las propiedades que debe tener el material con un contenido de humedad óptimo, que puede agrietarse y encogerse significativamente durante la producción, lo que hace que pierda su forma impresa original. Moncaleano (2021) en su tesis para titulado: *Mejora del suelo granular mediante activación alcalina de residuos de vidrio y cal de cáscara de huevo – Brasil*. Su propósito es evaluar las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión simple, dureza y estabilidad inicial de un suelo arenoso que contiene fragmentos de cáscara de huevo y vidrios esmerilado mediante el método de activación alcalina. Se encontró que las propiedades físicas, químicas y minerales del EQL y EHL se obtienen según un procedimiento de normalización recomendado por el autor, y que cumplen con los límites o características de calidad especificada en ASTM C977-10 (ASTM, 2018), Se puede utilizar en ingeniería de estabilidad de suelos. Viera (2022), en su artículo científico titulado: Diseño de un mortero a partir de la caracterización de cal producida y comercializada por 5 proveedores en Ecuador-España. Este estudio se centró en 6 muestras de cal hidratada comercializadas localmente. Su desempeño se mide según norma nacional NTE INEN 488 para morteros adhesivos de albañilería. Estos ensayos preliminares nos permitieron determinar la cal utilizados para obtener el mortero de mayor resistencia a la compresión. A partir de entonces el mortero fue elaborado con esta cal y alcanzo la resistencia especifica en la norma NTE INEN 2518. Luego de 28 días se obtuvo un mortero de 3.5Mpa, el cual está clasificado en las normas como un mortero tipo O, para mampostería no portantes y revocos, Se espera que estos contribuyan al conocimiento de las propiedades de la cal ecuatoriana para facilitar su integración en las edificaciones locales. Frías, Revuelta y Pacheco (2022), *Análisis del ciclo de vida (ACV); de un cemento Producido con reemplazo de cascara de huevo y cascara de arroz-Colombia*. La industria del cemento es una de las causas del cambio climático; por lo tanto, actualmente la investigación se centra en el uso de materiales de desecho que pueden reducir la cantidad de materias

primas extraídas para la producción. También es necesario evaluar el daño ambiental asociado con estos nuevos productos para garantizar que los impactos negativos sean limitados. Este estudio confirma que reemplazar un 14 % de CH y 5 % de CA en el cemento Portland e incorporarlo al proceso existente reduce todos los impactos ambientales asociados. Porque, si bien existen nuevos impactos relacionados con la producción del arroz, siempre estarán presentes ya que este es un alimento básico que genera grandes cantidades de desechos por el manejo inadecuado de la cascarilla de arroz, se suma junto con otros desechos como las cáscaras de huevo implica innovación orientada a una economía circular. Reibán (2017) en la tesis en el campo del ingeniero civil con título: *Evaluación experimental de las propiedades mecánicas de matriz cementicias suplementadas con cáscara de huevo pulverizado deshidratado y su aplicación en la arquitectura – Ecuador*. El objetivo del trabajo fue determinar experimentalmente las propiedades químicas, física y mecánica de la matriz del cemento cuando se le agrega cáscara de huevo en polvo deshidratada para ver su potencial uso en estructuras de construcción y su porcentaje como ligante. Se concluye que la relación de masa de 2,5 partes de arena por 10 partes de CH da los resultados de coagulación obtenidos. Calixto (2022) en la tesis de ingeniero civil sobre: *Uso de cáscara de huevo para sustituir parcialmente el material cementante en la producción de concreto arquitectónico para mobiliario - Colombia*. Su objetivo es implementar la cáscara de huevo como sucesor parcial del cemento en distintos porcentajes para una mezcla de concreto dirigido a mobiliario arquitectónico, con la finalidad de mejorar su composición a largo plazo y contribuir así a la construcción sostenible. La conclusión al examinar los resultados se puede observar los cilindros defectuosos con ningún tipo de material de reemplazo, es decir, los cilindros de concreto convencionales no alcanzan a la resistencia de 3000 PSI que era la propuesta según las dosificaciones seguridad como referencia de la figura 34. Por consiguiente, es valioso aceptar que se hicieron todos los pasos correspondientes y se evaluaron los materiales para obtener resultados más cercanos a la realidad, lo que implica que seguramente otros factores externos como el agua pudieron llegar a incidir en el resultado final. Agnes y González (2018) en su tesis sobre: *Ensayos de agregados gruesos tradicionales y no tradicionales según norma IDU sección 500-11, de la cantera de*

*Villavicencio, comparando los datos obtenidos, concluye sobre la consistencia de los mismos y/o la presencia de una alternativa de mejora utilizada cuando se elabora las mezclas asfálticas – Bogotá.* Su objetivo es analizar, describir y clasificar los componentes de la muestra, determinar sus cantidades relativas, determinar el tipo y tipos de rocas, el contenido de mineral inestables o químicamente reactivos y el volumen, el grado de meteorización, grado de porosidad y posible presencia de impurezas en los agregados. En el resultado petrográficos de los agregados, la muestra incluye agregados de tipo metamórficos, se distinguen agregados con rastros de cataclasis como las cataclasitas y metareniscas la mayoría con procesos de formación de nuevos minerales tipo arcilla, y sedimentarios encontrándose areniscas y limoniscas, las areniscas presentan textura variable reconociéndose areniscas de tamaño muy fino a fino, algunas conglomeráticas compuestas principalmente por cuarzos y la mayoría con cemento a ferruginoso. El mortero es un material de construcción cada vez más usado y especializado en materiales de construcción, sus características y ventajas varían según el objeto del diseño; es necesario, para que su uso y características respondan al fin previsto como llevar el control de calidad en la obra (Del Olmo, 1994). En las propiedades del mortero tenemos. La trabajabilidad es muy importante ya que debe ayudar a facilitar el mezclado en el trabajo sin segregación. Un indicador importante de la trabajabilidad es la consistencia, según este parámetro se puede dividir en tres tipos: seca, plástica y fluida. Además de la trabajabilidad inicial, es importante que conserve su estado plástico durante la colocación de unidades de albañilería. El espacio de aire en la mezcla permite aumentar la trabajabilidad, ya que los vacíos se llenan de burbujas de aire, lo que promueve la fricción entre las partículas; sin embargo, existe un límite en el hecho de que demasiado aire en la mezcla puede afectar otras propiedades, como la durabilidad y la resistencia (Navas y Arias, 2015). La retención de agua es la resistencia a la disminución de agua de mezcla debido a la absorción y evaporación por parte de las unidades de mampostería. La suficiente retención de agua permite que el mortero se adhiera a los bloques, y el mortero de pega es muy variable porque se fabrica en obra. Además de eso, existen diferentes fuentes de agregados y las proporciones en las que se mezclan (Delgado y Nava, 2011). La resistencia

mecánica está depende por la relación A/C, el tipo de adición y particularmente la granulometría de la arena, que está determinada por el módulo de finura. La arcilla reduce esas resistencias, por consiguiente, es crucial gestionar su inserción por medio de arenas contaminadas (Salamanca, 2001). La liquidez de la solución como criterio para la relación A/C que es índice de trabajabilidad. De acuerdo con la norma NTP 334.057, el mortero en pasta de albañilería se debe utilizar una fluidez del 100% al 120%, como se muestra en la tabla, para que la mezcla se extienda uniformemente encima de la superficie del elemento de albañilería. De lo contrario, al ser esta una consistencia media (plástica), el mortero en pasta tendrá una consistencia seca y el mortero no se esparcirá uniformemente sobre la mampostería, se formarán oquedades y grumos y se reducirá la resistencia a la carga. - muros de carga, si la mezcla es muy fluida, afectará la trabajabilidad del mortero, también habrá pérdida de mezcla por desbordamiento, que formará poros en el mortero y reducirá la resistencia de los muros (NTP 334.057). El agregado grueso es un componente dinámico de la mezcla, pero pueden ocurrir cambios en sus propiedades durante la extracción, manejo, transporte y se considera el componente principal, ya que constituye la mayor parte del volumen del material. Los agregados gruesos son sustancias con mayores de 5 mm y hasta 125 mm. Algunas otras propiedades físicas de los agregados: forma y textura del grano, porosidad, absorbencia, densidad, adherencia, etc. El tamaño de partícula y el tamaño máximo de agregado son muy importante, así como el comportamiento plástico y endurecido del mortero (Chan, 2003). El agua es primordial para la preparación de hormigón y del mortero, permite que el cemento ejerza su capacidad de unión, humedece el cemento y asegura la trabajabilidad del hormigón. El agua debe estar claro y limpia, libre de aceites, ácidos, sales, materia orgánica y sustancias que pueden dañar la solución o los accesorios. No se debe usar agua si tiene sustancias que causen un olor, color o sabor inusual o que causen sospechas, a menos que exista un registro del concreto hecho con ella o la información nos diga que no deteriorara la calidad del concreto, el agua debe contener pequeñas cantidades de cloruros, sulfatos, álcalis y material sólido (NTC 34599). La granulometría es una propiedad física del agregado, afecta a la resistencia del concreto terminado y la calidad del cemento utilizado.

Conceptualmente, el tamaño de partículas es la distribución porcentual de agregados de diferentes tamaños en una muestra, asumiendo que la mayoría de las instalaciones de producción de arena en el país no cumple con los parámetros de tamaño de partículas dado y otros aspectos como tamaño máximo y módulo de finura (José, 2012). El efecto de variación A/C, de acuerdo con la teoría y la práctica del procedimiento del concreto, es importante tener en cuenta cuatro factores: la relación agua/cemento, la relación cemento/agregado, el tamaño de las partículas, la consistencia de la mezcla y la resistencia del concreto. De los resultados de cada grupo, se puede observar que la relación A/C afecta directamente la consistencia de la mezcla, a mayor contenido de agua mayor fluidez, plasticidad y trabajabilidad de la mezcla. Por supuesto se puede concluir que al cambiar la relación A/C, nos da el factor más importante para determinar el rendimiento del cemento, porque la reacción de hidratación del cemento lo hace duradero en la producción de cemento, la consistencia depende de que es necesaria para mejorar las necesidades de agua y curado para mejorar las propiedades del concreto (Guevara, Hidalgo, Pizarro y Rodríguez, 2012). La cáscara de huevo es un aspecto muy negativo en términos de impacto ambiental, porque es un riesgo para la sostenibilidad y el impacto ambiental. La descripción general presenta investigaciones sobre el uso de cáscara como residuos de alimentos en diversos campos, como las industrias farmacéutica, química, cosmética y alimentaria. Es una materia prima única y multifuncional porque contiene una gran cantidad de ingredientes traza como carbonato de calcio, hidróxido de calcio, carbonato de magnesio, fosfato de calcio, materia orgánica, proteínas como el colágeno y ácido hialurónico (Bedoya y Valencia, 2020). La arcilla es el material más importante para hacer cerámica arquitectónica. Se puede observar en una gran variedad de formaciones rocosas, desde las más antiguas hasta las más jóvenes, en diversas capas ígneas y sedimentarias. En consecuencia, sus propiedades físicas, químicas y mineralógicas varían considerablemente incluso entre formaciones en un mismo depósito de arcilla. Por lo tanto, el control de calidad del producto en cualquier industria cerámica comienza con la caracterización y el control de calidad de la arcilla. Una de las propiedades de la arcilla que se debe evaluar es su composición química y mineralógica, ya que esta afecta las propiedades de la cerámica resultante. Por ejemplo, la arcilla con

alto contenido de caolinita puede hacer cerámica refractaria, de color brillante y con buena resistencia mecánica, mientras que el alto contenido de illita y montmorillonita puede hacer pasta cerámica con alta plasticidad, lo cual es beneficioso para el moldeo de arcilla. No solo eso, sino que se encoge mucho durante el secado y la sinterización, lo que puede provocar grietas. En tales casos, se puede agregar un agente desengrasante (arena) para ajustar la plasticidad de la pasta (Santos, Malagón y Córdoba, 2009). La clasificación de la arcilla los silicatos laminares se clasifican según sean de dos o tres capas, dioctaédricos o trioctaédricos (tabla siguiente). Se ven, importantes grupos minerales como la mica y la arcilla pertenecen a los filosilicatos (García y Suárez, 2004).

**Tabla 1**

*Clasificación de la arcilla*

		DIOCTAEDRICOS		TRIOCTAEDRICOS		CARGA	
BILAMINARES T: O 1: 1	CANDITAS	Caolinita		Antigorita			
		Nacrita	SERPENTINA	Crisotilo			
		Dickita		Lizardita			
	PIRIFILITA	Halloisita		Bertierina	X = 0		
			Montmorillonit a	Talco	Saponita	X = 0	
		ESMECTITAS	Beidellita	ESMECTITAS	Hectorita	X = 0,2 – 0,6	
TRILAMINARES T: O: T 2: 1	VERMICULIT	Nontronita					
				Vermiculitas		X = 0,6 – 0,9	
	AS				X = 0,9		
	ILLITAS	Moscovita		Biotita			
T: O. T: O 2: 1: 1	MICAS	Paragonita	MICAS	Flogopita Lepidolita	X = 1		
			CLORITAS				
	FIBROSOS	Paligorskita		Sepiolita			

*Nota.* Fuente: García y Suárez, 2004.

La ceniza es un producto obtenido al quemar una sustancia y está compuesto por sustancias inorgánicas no combustibles. Una parte permanece como residuo en

forma de polvo en el lugar de la quema, mientras que otras se liberan al aire como parte del humo. Esta sustancia contamina el medio ambiente y se utiliza como aditivo del cemento para producir hormigón para diversas obras de construcción. La norma ASTM C618 se da para la cenizas tipo F, por consiguiente, que cumplen con los requerimientos químicos de contenido sílice, aluminio y óxido férrico (ASTM C618, 2019).

**Tabla 2**

*Requisitos químicos - ceniza tipo F*

	CLASE F
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	>70%
CaO	<10%
SO <sub>3</sub>	<5%

*Nota.* Fuente: Norma ASTM C618-19

### **III.- METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación:**

##### **Tipo:**

Por finalidad, se aplica, se pretende utilizar los conocimientos adquiridos y otros conocimientos adquiridos después de realizar y organizar la práctica investigativa. El uso del conocimiento y los resultados que conduzcas a una percepción precisa, estructurada y sistematizada de la realidad (Vargas, 2009).

El propósito de la investigación aplicada es contribuir al desarrollo del conocimiento mediante el estudio directo de las dificultades en la sociedad o en las industrias manufactureras. Investigar la relación entre la teoría del desarrollo y los productos basándose en los resultados de la investigación tecnológica (Lozada, 2014).

La aplicada, enfoca su estudio en reconocer necesidades, problemas u oportunidades contextuales, para después aplicar el conocimiento y abordar solución a estas exigencias desde la aplicación del método científico (Castro, Gómez y Camargo, 2022).

##### **Diseño:**

##### **Experimental puro:**

En el análisis de nuestra tesis utilizará diseños experimentales comúnmente utilizados en la investigación de campo, brindará ejemplos de cada diseño experimental y revelará los procedimientos a seguir en el análisis de datos (Badii, Castillo, Wong y Villalpando, 2017).

Un experimento se basa en un estudio en el que el investigador manipula y controla una o más variables independientes y prueba una variable dependiente para medir los cambios asociados con ella (Agudelo, Aigner y Ruiz, 2008).

La elección del diseño experimental es un aspecto importante del diseño experimental. El término de diseño suele tener dos significados: a) como el diseño del estudio experimental y b) como la parte del plan que explica cómo se obtendrá la información. Usaremos este término en este último. La idea general del diseño es controlar variables independientes del montaje experimental y darlas por válido tanto internamente y externamente los resultados (Rodríguez, 2011).

## **Enfoque**

En los métodos cuantitativos, es resultado de un conjunto de indicadores y los reactivos utilizados para crear un instrumento de investigación a menudo están organizados. Esto da como resultado datos que serán procesados con potentes recursos estadísticos para confirmar o desmentir la hipótesis inicial (Torres, 2016).

Hay diferentes formas de estudiar la realidad social. La investigación en las ciencias sociales, las redes sociales en general y el periodismo, pueden verse desde dos perspectivas metodológicas: cuantitativa y cualitativa. De acuerdo con la naturaleza del objetivo de estudios, el estatus social y las preguntas que se hacen los investigadores para explicar, comprender o transformar la realidad social, todos tienen su propia base epistemológica, diseño metodológico, técnicas y herramientas y más importante, la elección de cada uno, el método se basa en los hallazgos de la comunidad científica varias suposiciones con sus reglas subyacentes y modos de operación (Monje, 2011).

Define métodos de investigación cuantitativos y cualitativos. Además, en general refleja las etapas del proceso de investigación y las aplica a ambas posiciones. Proporciona una visión relevante para la investigación que permite la combinación de ambos modos de generación de conocimiento en un solo estudios, conocido como enfoque de investigación multimodal (Hernández, Fernández y Baptista, 2003).

### **3.2. Variables y Operacionalización:**

La operacionalización de las variables corresponde a la división de los elementos de la estructura hipotética de cierta manera, e indica que la operacionalización se logra dividiendo las variables en dimensiones, las cuales se convierten en indicadores que permiten la observación y medición directa. Es importante asegurar la operacionalización de las variables, pues a partir de aquí existen ciertos aspectos y elementos que se buscan cuantificar, conocer y documentar para poder sacar conclusiones (Conrado, 2019).

Se basa en un conjunto de acciones que se llevaran a cabo tras el análisis teórico y práctico de las variables. Esto se hace para determinar cómo se mide la variable y otros conceptos, la definición operativa indica que instrumentos o herramientas se utilizara para obtener un resultado específico para la variable. Se pueden utilizar varios criterios y formas para manipular las variables de definición. Por ejemplo, si queremos determinar qué tan ansiosa esta una población, la forma de obtener los resultados es utilizar una prueba de ansiedad que consta de una variedad de preguntas. Si queremos saber el peso de una persona, el instrumento que utilizemos debe ser una balanza (Arias, 2021).

Este es el desarrollo metodológico que el investigador traslada del nivel teórico al nivel práctico, cuando el investigador hace una pregunta o tiene claro el tema de investigación, explica detalladamente las definiciones y como miden las variables seleccionadas, es decir ya cuenta con un título para su trabajo de investigación, brinda los conceptos más importantes sobre un tema en el que se enfocará cuando realice una investigación sobre ese tema. Estas son las variables de estudio (Quintana, 2020).

### **Variable cuantitativa 1:**

#### **Definición conceptual:**

**La resistencia a la compresión** es fundamental conocer el peso máximo de carga de la muestra, se calcula desde el inicio del daño, se mide en Kg/cm<sup>2</sup> y se mide en frecuencia por lb/pulg<sup>2</sup>, pero las unidades S.I es Mpa (Fernández, Morales y Soto, 2016).

#### **Definición operacional:**

Las variables de resistencia a la compresión se determinaron ensayando aplicados cubos de (2" x 2") con tiempo de curado de 3, 7 y 28 días con diferentes porcentajes de diferentes materiales agregados al mortero.

Indicadores:

- Tipo de cemento
- Característica del agregado grueso

Escala de medición:

Nominal

### **Variable Cuantitativa 2:**

Dentro de la variable 2 se desglosa lo siguiente:

#### **Definición conceptual:**

**La cáscara de huevo** es suplemento natural para el concreto, en su calcinación a 8500C se encuentra solo la etapa del óxido de calcio asegurando así la presencia

del ión calcio conteniendo así 0.4 g de calcio por cada gramo de ceniza calcinada (Vásquez, Henkel, Legorreta, Barrientos y Urbano, 2021).

**La arcilla** natural como material de construcción depende de su bajo impacto ambiental, disponibilidad y rendimiento. El lado negativo es la baja resistencia, que muchas veces se consigue respecto a los materiales tratados (ladrillos de arcilla, hormigón de cemento Portland, cerámica, etc.), que es una de las razones por las que no cumple con los requisitos requeridos, en cuanto a requisitos de desempeño y calidad, no supera una serie de pruebas de durabilidad y requisitos técnicos que superan a los materiales industriales (Calderón, Rosel y Avellaneda, 2018).

### **Definición operacional:**

La fabricación del mortero con las nuevas propuestas está constituida por polvo de cáscara de huevo, arcilla, agregados y agua, asimismo serán añadidas en porcentajes controlados dentro de la mezcla experimental.

### **Indicadores:**

- Temperatura de calcinación en 910°C y 540°C.
- Composición química del polvo de cáscara de huevo y arcilla método con porcentaje de masa.

### **Escala de medición:**

Nominal

La escala es un conjunto de valores que puede tomar una variable. Es una constante de un valor ordenado por correlación con un principio y un final, la medida de la variable determina la mensurabilidad de la variable, el tipo de operación que se puede aplicar en consecuencia, nivel, formulas y métodos estadísticos utilizados para analizar datos y probar hipótesis (Coronado, 2007).

La medición se define como asignar números a cosas y eventos de acuerdo con reglas concretas; Esta representación de números nos da una especie de escala. Esto nos lleva al hecho de que existan muchos tipos diferentes de escalas, por lo que el problema radica en las reglas de asignación de números, las propiedades matemáticas de la escala resultante y las operaciones estadísticas que se aplican a la escala. Las medidas se toman utilizando cualquier tipo de escala o calibre. La escala se divide en cuatro grupos: nominal, ordinal, de intervalo y proporcional. Desde la perspectiva de las propiedades matemáticas y estadísticas, la más común es la escala nominal, que es la escala de indicadores más completa (Orlandini, 2010).

Se dice que la medición en términos de diferentes conceptos, se hace en términos de unidades de análisis o en términos de variables, pero son estas últimas las que se pueden dividir en clases ya que las primeras se mantienen constantes tanto para las escalas cuantitativas como cualitativas. La escala tiene operaciones categorías, es decir, la disposición de unidades analíticas en clases. Por ejemplo, para una población determinada, puede indicar que personas son solteras, casadas, divorciadas o cualquier otra categoría de variable de estado civil. Para una misma persona también se pueden estimar valores, agrupados por el rango de altura, peso, nivel de ingreso o cualquier otra variable cuantitativa (Bar, 2000).

### **Población, muestra, muestreo, unidad de análisis:**

#### **Población:**

Según Carrillo (2015), En otras palabras, una población es un conjunto de personas, cosas, elementos o fenómenos que pueden tener características específicas que pueden ser estudiadas.

La población serán 36 cubos de (2" x 2"), con adición de polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote 2023.

### **Muestra:**

Según Palella y Martins (2012), Establece que además de la varianza de la población (heterogeneidad de la población), se deben considerar otros dos factores para determinar si un estudio tiene un tamaño de muestra aceptable: el nivel de confianza y el error de máximo grado.

La muestra está representada por 36 cubos de (2" x 2"), con las adiciones de los materiales de polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote 2023.

**Tabla 3**

*Ensayo de resistencia a la compresión del mortero.*

Tasa de sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla.	Cubos de mortero			Cantidad total de cubos de (2"x2")
	3 días	7 días	28 días	
0.0 %	2	2	2	6
3.0%	2	2	2	6
5.0%	2	2	2	6
7.0%	2	2	2	6
9.0%	2	2	2	6
11.0%	2	2	2	6
Total	12	12	12	36

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 4**

*Cantidades en porcentajes de la cáscara de huevo y arcilla.*

Porcentajes	Cáscara de huevo	Arcilla
0.0 %	0.0%	0.0%
3.0%	0.75%	2.25%

5.0%	1.75%	3.75%
7.0%	1.75%	5.25%
9.0%	2.25%	6.75%
11.0%	2.75%	8.25%

*Nota.* En la tabla 4 podemos observar las dosificaciones de cada material en su respectivo porcentaje. Fuente: Elaboración propia

### **Muestreo:**

Muestreo por conveniencia debido a que el investigador seleccionará las muestras según su necesidad.

### **Unidad de análisis:**

Según Hernández (2012), Para señalar esto a aquellos que utilizarán herramientas de medición para analizar datos, se deben recordar dos cosas: primero. Los modelos estadísticos reflejan la realidad y, en segundo lugar, los datos numéricos siempre se interpretan en contexto.

Unidad de análisis cubo de mortero de (2" x 2").

## **3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

### **Observación participante:**

Según Barbara (2005), La observación participante se utiliza en todos los campos como una herramienta de investigación cualitativa para recopilar datos sobre personas, procesos y culturas para demostrar que las observaciones participantes son un aprendizaje que se lleva a cabo a través de la exposición y participación en las actividades o rutinas de los participantes en el contexto de investigación. También se discute información sobre como tomar y escribir

notas de campo, con ejercicios que enseñan habilidades de observación, las observaciones permiten a los observadores describir situaciones existentes utilizando los cinco sentidos, proporcionando fotografías escritas de estudios de investigación.

Según Cuauro (2014), Esto nos dice que, al usar este método, radica en que el investigador es el sujeto activo del estudio y permite que los protagonistas interactúen socialmente. Esto permite que la recopilación de información sea auténtica. La observación participante es un procedimiento de observación más usado en la investigación cualitativa.

Según Rekalde, Vizcarra, Macazaga (2014), Demostrar que la observación participante es un método interactivo de recolección de información, el observador debe participar en los eventos observados, ya que estos nos permiten obtener una perspectiva de la realidad de la investigación, que difícilmente podemos lograr sin una implicación emocional. La observación participante ha comenzado a desarrollar herramientas que ayudan a explicar y comprender la situación bajo análisis.

### **Guía de observación:**

Según Ortiz (2004), Un instrumento indica que es un método observacional; su estructura corresponde a los aspectos sistemáticos que rodean al objeto registrado. Esta herramienta permite registrar datos en orden cronológico, actual y específico, a partir de los cuales se pueden brindar análisis sobre la situación o problema particular.

Según Campos y Lule (2012), La guía de observación es una herramienta que permite al observador posicionarse sistemáticamente dentro del objeto de estudio real; es una forma de recoger datos, información y obtener hechos o fenómenos.

Según Peñalosa y Osorio (2005), Esto nos dice que la guía de observacional consiste en enumerar una serie de hechos, procesos, eventos o situaciones, quien es el observador, su ocurrencia y características (esto puede ser de ejercicios previos de visualización para identificar observado), generalmente relacionados con preguntas u objetivos específicos de investigación.

### **3.4. Procedimientos:**

Se prepararon cubos de (2" x 2") en el laboratorio para tomar muestras de los morteros estándar y experimentales para usar método ACI para diseño de mezcla. Este estudio tiene diferentes fases:

#### **Primero:**

La arena gruesa fue extraída de la cantera Rubén ubicada a las alturas del túnel de Coishco – Chimbote, para su ensayo granulométrico según norma ASTM C-33, para poder establecer los límites sobre sustancias perjudiciales o nocivas del agregado y NTP 400.037, esta norma técnica establece los requisitos de gradación granulométrica, Esta norma técnica especifica los requisitos para la clasificación del tamaño de las partículas. Esta norma también cubre las especificaciones técnicas para definir la masa de los agregados finos y gruesos para el concreto ordinario. Deben cumplir con la calidad determinada por la prueba NTP 400.012 para tener la distribución de tamaño de partículas del agregado, así como la arcilla obtenida de Yuracoto – Caraz.

#### **Segundo:**

La obtención de la cáscara de huevo fue suministrada por las distintas pastelerías de Chimbote y en los hogares para poder almacenar una cantidad considerable de esta materia prima para nuestra investigación todo esto se llevó a cabo por un periodo de tiempo de 1 mes.

**Tercero:**

Una vez recolectadas la cáscara de huevo, lavar con agua potable sin detergente para quitar la película, que es una tela delgada, quedando solo la cáscara de huevo. Luego colóquelos sobre una manta para que se sequen, voltéelos para que se sequen uniformemente y después de 2 días de secado recoja la cáscara de huevo en bolsas limpias y secas.

**Cuarto:**

Se realizarán los ensayos a los que serán sometidos las muestras en estado natural y con ceniza de cáscara de huevo y arcilla se describen del siguiente modo:

Primero se realizó el análisis granulométrico para el agregado grueso, para obtener la clasificación del tipo de material y la humedad para saber qué porcentaje de agua posee la muestra según la (Norma ASTM D422).

Segundo se determinará la variación en el análisis Térmico Diferencial, de la resistencia a la compresión del mortero, para medir los cambios endotérmicos y exotérmicos en relación a la temperatura, la muestra y material de referencia térmicamente y físicamente inertes y la química es afectado por el cambio de temperatura. El análisis Térmico Diferencial, nos da la diferencia de temperatura entre la muestra y el material de referencia en función del tiempo o de la temperatura alcanzada. Esta medición se realiza en condiciones ambientales o en un ambiente controlada. Es esencial un método cualitativo para determina si se están produciendo cambios endotérmicos o exotérmicos en la muestra e indicar la temperatura a la que se produce este cambio de energía. Con la calibración adecuada del instrumento, el ATD se puede convertir en un método semicuantitativo para proporcionar información del proceso sobre las calorías consumidas.

Tercero se determinará cual es la Fluorescencia de Rayos X a la resistencia a la compresión del mortero, para poder medir la capacidad de una muestra para absorber luz de una longitud de onda específica, la fluorescencia es una técnica que utiliza la emisión secundaria de rayos X, o fluorescencia producida al excitar la muestra con rayos X, rayos X incidentes o rayos X primarios. La radiación emite electrones desde el interior de la capa atómica. Los electrones de la capa más externa ocupan vacantes y exceso de energía producida por esta transición se emite en forma de fotones, fluorescencia de rayos X secundarios con longitud de onda características según el gradiente de energía entre los orbitales electrónicos involucrados y la intensidad directa con la muestra con la concentración de elementos en el interior

Cuarto se determinará cual es la variación del fraguado con agujas de Vicat del mortero patrón y experimental, los instrumentos de Vicat se utilizaron en los laboratorios de ensayos para la determinación de indicadores de calidad del cemento, como el tiempo de fraguado y la consistencia normal, determinar correctamente esta característica del cemento constituye una preocupación para la investigación por la relación que tiene con la ejecución de estructuras. En este caso se utilizó una balanza electrónica, un micrómetro mecánico externo, un pie de rey universal y un microscopio de lectura, calibrado y con trazabilidad

Quinto, se determinará la resistencia a la compresión de las muestras de referencia y de prueba para determinar la idoneidad de la muestra de mortero para la resistencia específica del edificio, los resultados de resistencia se utilizarán principalmente para determinar el cumplimiento de la mezcla de mortero que se entregara como especificado. Los resultados de las pruebas se utilizan con fines de control de calidad o evaluación a la resistencia del hormigón a la estructura al planificar la construcción.

Sexto se determinará cual es la variación de la cantidad de vacíos (porosidad) del mortero para la caracterizar el sistema poroso del material, a partir del cual

se obtiene la distribución de la porosidad básicamente en función del tamaño aparente de los poros entrantes, solo se tienen en cuenta los poros abiertos accesibles al mercurio y el tamaño de los poros ideales cilíndricos aparentemente equivalentes, asumiendo un modelo de poro cilíndrico. Determina el tamaño de la tubería donde los poros penetran desde la superficie del material en lugar de los poros dentro de él. El trabajo de alta presión puede cambiar la geometría de los medios porosos, aunque no se muestra puede verse afectado por materiales rocosos y mercurio del suelo. En esta prueba se debe usar- material peligroso, por lo que las reglas de seguridad deben ser extremas y es una prueba irreversible porque pequeñas cantidades de mercurio quedan atrapadas en el sistema poroso.

Séptimo se determinará cual es la variación de la petrografía del mortero con mayor resistencia, este análisis puede describir y clasificar la composición de la muestra, determinar sus cantidades relativas, determinar el tipo y especie de roca, el contenido de minerales inestables o químicos, así como el volumen, grado de persistencia atmosférica, nivel de porosidad y potencial contaminante del agregado. El análisis petrográfico se realizó de acuerdo con los procedimientos ASTM C-295 para el examen petrográfico de muestra agregadas. El análisis macroscópico se realizó con un microscopio estereoscopio Optikis XTL, para la obtención de imágenes se utilizó una cámara Nikon Coolpix modelo 995 de alta resolución adaptada a un microscopio estereoscopio Nikon SMZ 800 C.DS. Para el análisis microscópico se preparan secciones delgadas de una muestra representativa del material y se realizan bajo un microscopio de luz transmitida. Para la captura de imágenes se utilizó una cámara DP-12 de la marca Olympus adaptada a un microscopio. El tamiz  $\frac{3}{4}$ " al N0 4 se analiza a nivel macro y el tamiz N0 10 se analiza a nivel micro.

**Figura 1**

*Gráfico de procedimientos*



Nota. Fuente: Elaboración propia.

### 3.5. Método de análisis de datos:

El método es consistente con las hipótesis propuestas; entre otras cosas, los resultados de los ensayos de compresión del laboratorio se obtuvieron con instrumentos totalmente confiables. Los análisis descriptivos se determinaron mediante representaciones gráficas como gráficos de barras procesadas en Microsoft Excel, mientras que los ANOVA para análisis inferenciales se realizaron en Excel y de acuerdo a la norma técnicas peruanas para el registro de resultados.

Según Hidalgo (2019), El análisis se entiende desde dos perspectivas, una es el proceso de encontrar elementos, aspectos o configuraciones que caractericen y contextualicen el proceso o eventos que se estudió y la otra es

simplemente leer algunos de los resultados obtenidos. Lo anterior es que como se mencionó anteriormente, el análisis de datos depende de muchos factores, los más relevantes son: el propósito del estudio, las hipótesis del estudio y el tipo o nivel del estudio.

### **3.6. Aspectos éticos:**

Según la resolución del Consejo Universitario N0 0126-2017/UCV teniendo como fecha el 23 de mayo de 2017, asegure los principios éticos, el bienestar y la autonomía de los investigadores, se tomó consigo los derechos de los autores indicando de manera propia este trabajo, contiene las citas correctas según la norma ISO 690, sin embargo según los estándares establecidos por la referencia del método del método ACI referido al diseño de mezcla según el estándar de calidad de testigos de laboratorio, teniendo en cuenta la autoría, la honestidad y el respeto moral.

De ello podemos concluir que uno de los principios éticos a tener en cuenta en la beneficencia dentro del informe de investigación sugiere mejorar la calidad del diseño de la mezcla para reemplazar el porcentaje de cemento utilizado en los edificios manteniendo la protección ambiental. El principio de no mal eficiencia, por otro lado, se implementa mediante la obtención de resultados de prueba de compresión los cuales no fueron manipulados con mala intención y sin ningún beneficio propio.

También, se aplica el principio de autonomía, ya que los responsables del trabajo de investigación buscan soluciones futuras a los problemas planteados.

Finalmente, el principio de la justicia se aplica a los autores del estudio, refiriéndose a la igualdad de trato en la relación del estudio sin excepción.

## IV.- RESULTADOS

La caracterización del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.

### **Análisis térmico diferencial**

El estudio se hizo en el laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo, obteniendo como resultado:

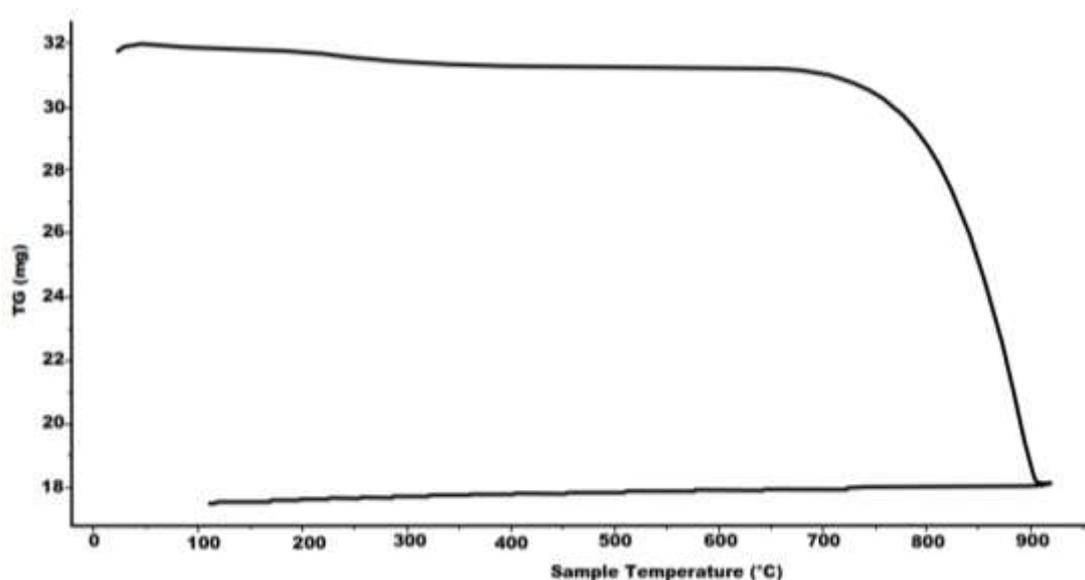
### **Cáscara de huevo**

Se analizó una muestra de 31.8 gr de cáscara de huevo. El análisis termogravimétrico muestra buena estabilidad térmica del material hasta 700 °C. A esta temperatura, comienza la rápida descomposición del carbonato de calcio presente en la cáscara del huevo y lo convierte en óxido de calcio. Esta descomposición provocará una pérdida posterior de materia debido a la eliminación de dióxido de carbono. Esta pérdida de peso se producirá hasta que la temperatura máxima de ensayo sea de aproximadamente 910 °C. Es visible una pérdida total alrededor del 44% del peso original. EL conocimiento de la temperatura de descomposición es importante para determinar cuándo comenzar a convertir el carbonato de calcio en óxido de calcio, que es principal componente del cemento.

Se determinó que la temperatura de calcinación es de 910°C y se realizó durante 4h.

## Figura 2

### Curva de pérdida de masa - Análisis termo gravimétrico

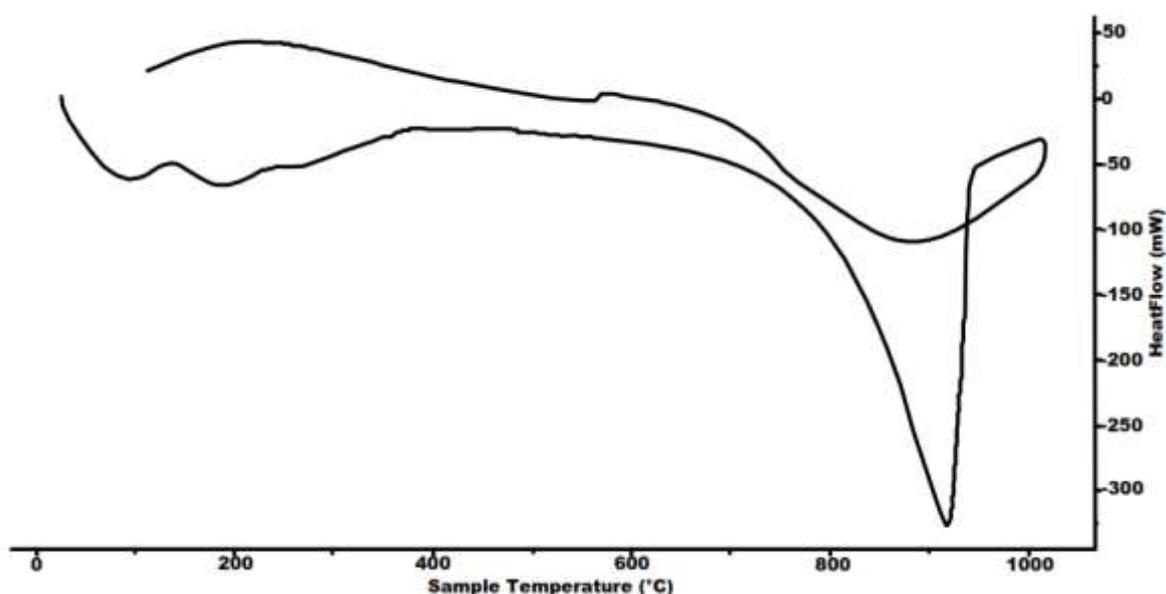


*Nota.* Mediante la curva de Análisis termo gravimétrico en el registro de pérdida de masa se puede dar base a interpretaciones sobre las variables en masa y temperatura que tiene la cáscara de huevo en un cierto rango del material.

En el uso de 31.8 gr de cáscara de huevo al contacto con el ambiente elevado en grado °C se puede observar cómo al cabo de un intervalo total de 4 horas, este va perdiendo masa paulatinamente (sin cambios característicos) hasta llegar a la temperatura ideal de calcinación de 910° en el que el carbonato de calcio de la cáscara de huevo se puede transformar en óxido de calcio CaO. Fuente: Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo

### Figura 3

#### Calorimétrica ATD



*Nota.* Se observa los cambios térmicos en material. La información obtenida a través de esta técnica es fundamental para comprender las propiedades térmicas y el comportamiento de la cáscara de huevo. Fuente: Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo.

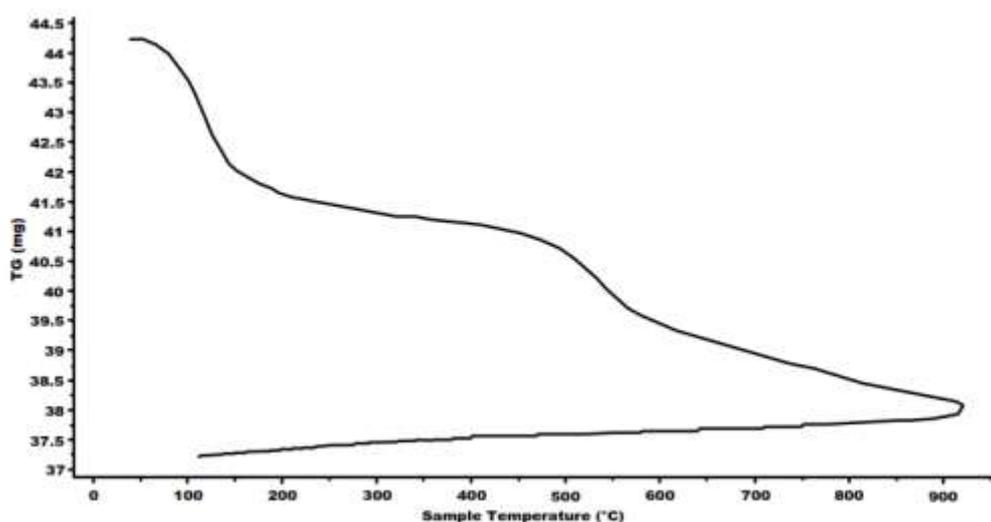
#### Arcilla

Se analizó una muestra de 44.3 gr de arcilla. Según el análisis gravimétrico, se mostraron dos reducciones de peso significativas, la primera de 80°C a 120°C, la segunda de 480°C a 540°C. A esta temperatura, comienza la rápida descomposición del carbonato de silicio presente en la arcilla y la convierte en óxido de silicio. Esta descomposición provocará una pérdida posterior de material debido a la eliminación de dióxido de carbono. Esta pérdida de peso se producirá hasta que la temperatura máxima de ensayo sea de aproximadamente 910°C. Es visible una pérdida total alrededor del 44% del peso original. El conocimiento de la temperatura de descomposición es importante para determinar cuándo comenzará a convertir el carbonato de silicio en óxido de silicio, que es principalmente componente del cemento.

Según el análisis térmico TGA, hubo dos reducciones significativas en la masa del material con el aumento de la temperatura, la primera de 80 a 120°C, la segunda de 480 a 540°C, en otros intervalos de temperatura, la pérdida de masa ocurre lentamente totalizando alrededor del 14% de la masa original según el análisis calorimétrico, se aprecian picos de absorción de calor, el primero de 110°C, el segundo a 200°C, el tercero a 540°C, finalmente la banda endotérmica entre 800 a 900°C, lo que puede sugerir cambios estructurales que conducen a cambios en las propiedades del material a cada una de estas temperaturas. Se encontró que la temperatura de calcinación es de 540°C y se realizó durante 1 hora y 30 min.

#### Figura 4

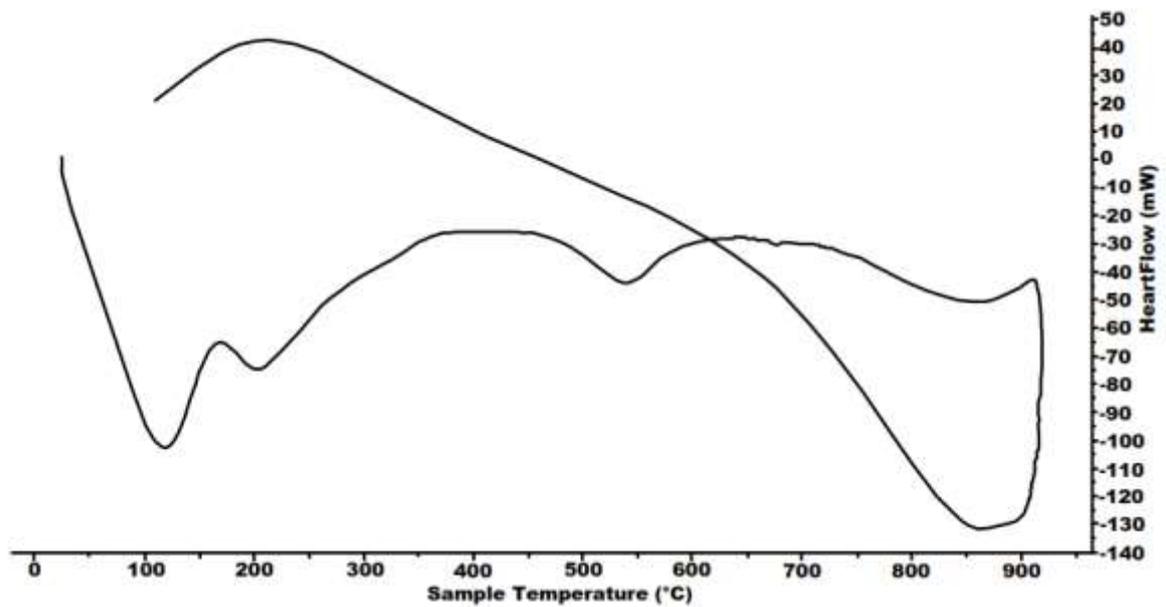
*Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico*



*Nota.* En el gráfico muestra los cambios de la arcilla en la reducción de la masa en un rango térmico elevado en °C, en el que se usó de muestra 44.3 gr de arcilla. El material al contacto con el intenso calor en un rango de 1 hora y 30 minutos, va perdiendo masa paulatinamente hasta que en ciertos intervalos este pierde gran cantidad de masa de forma característica, el primer cambio fue en el intervalo de 80°C a 120°C, la segunda de 480°C a 540°C. Fuente: Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo.

**Figura 5**

*Curva Calorimétrica*



*Nota.* En este gráfico se aprecia la curva calorimétrica que nos proporciona información sobre las propiedades térmicas y la estabilidad de la arcilla. Demostrando la transformación de carbonato de silicio en óxido de silicio hasta llegar a la temperatura ideal de calcinación que es de 540°. Fuente: Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo

## Fluorescencia de rayos X – Composición química

Conocer la composición química del polvo cáscara de huevo y la arcilla; Los análisis de fluorescencia de rayos X realizados en el Laboratorio de Arqueometría de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, calcinada a 910°C y 540°C respectivamente, arrojaron como resultado:

**Tabla 5**

*Composición elemental de la ceniza de cáscara de huevo y arcilla en términos de óxidos en % de la masa total.*

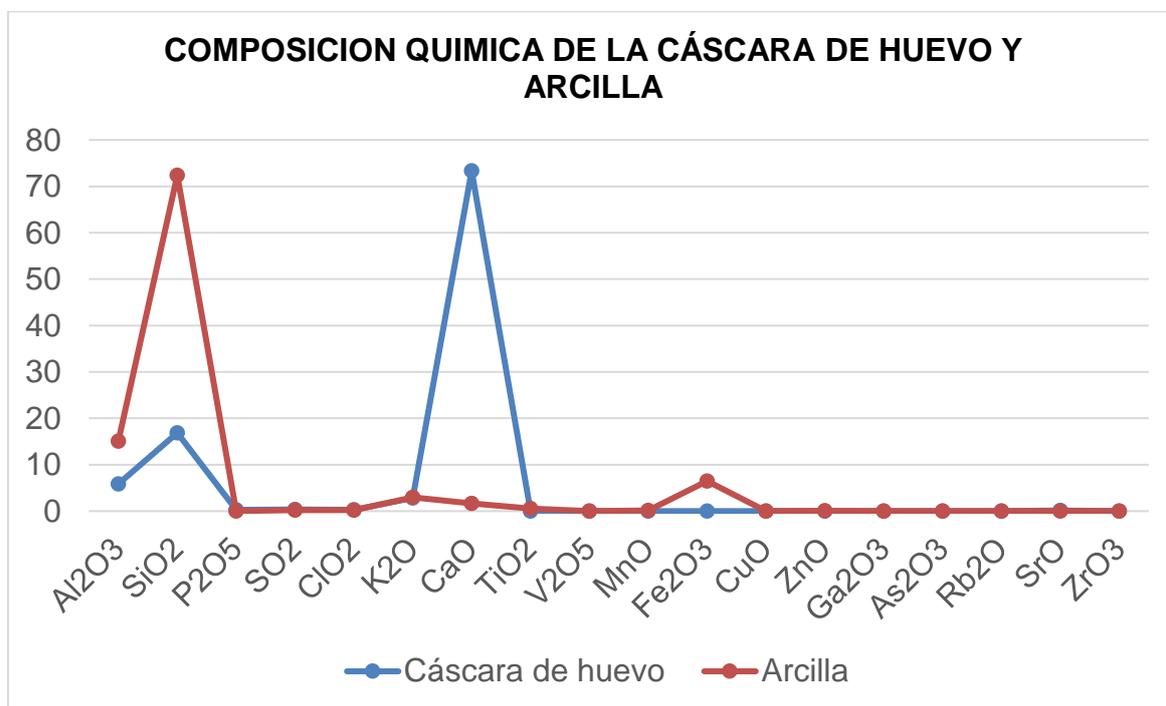
COMPOSICION QUIMICA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE HUEVO		COMPOSICION QUIMICA DE LA ARCILLA		METODO UTILIZADO
COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS %	COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS %	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Óxido de aluminio	<b>5.883</b>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Óxido de aluminio	<b>15.058</b>	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva
SiO <sub>2</sub> , Dióxido de silicio	<b>16.859</b>	SiO <sub>2</sub> , Dióxido de silicio	<b>72.408</b>	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Óxido de fósforo	0.268	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Óxido de fósforo	0.000	
SO <sub>2</sub> , Dióxido de azufre	0.322	SO <sub>2</sub> , Dióxido de azufre	0.226	
ClO <sub>2</sub> , Dióxido de cloro	0.308	ClO <sub>2</sub> , Dióxido de cloro	0.215	
K <sub>2</sub> O, Óxido de potasio	2.837	K <sub>2</sub> O, Óxido de potasio	2.971	
CaO, Óxido de calcio	<b>73.353</b>	CaO, Óxido de calcio	<b>1.691</b>	
TiO <sub>2</sub> , Dióxido de titanio	0.026	TiO <sub>2</sub> , Dióxido de titanio	0.589	
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Óxido de vanadio	0.000	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Óxido de vanadio	0.017	
MnO, Óxido de manganeso	0.000	MnO, Óxido de manganeso	0.162	

Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Óxido de hierro	0.000	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Óxido de hierro	6.495
CuO, Óxido cúprico	0.000	CuO, Óxido cúprico	0.019
ZnO, Óxido de zinc	0.010	ZnO, Óxido de zinc	0.054
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Óxido de galio	0.000	Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Óxido de galio	0.022
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Óxido de arsénico	0.000	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Óxido de arsénico	0.009
Rb <sub>2</sub> O, Óxido de rubidio	0.000	Rb <sub>2</sub> O, Óxido de rubidio	0.019
SrO, Óxido de estroncio	0.128	SrO, Óxido de estroncio	0.023
ZrO <sub>3</sub> , Óxido de circonio	0.006	ZrO <sub>3</sub> , Óxido de circonio	0.022

*Nota.* La tabla registrada muestra una amplia gama de datos sobre el registro del compuesto químico, referente a la arcilla y la cáscara de huevo, mediante estos datos se pueden sacar diferencias que tienen como poseyente de uno y el otro. Donde se puede apreciar la cáscara de huevo que este posee mayor cantidad el compuesto del Óxido de calcio CaO con un resultado en porcentaje de 73.353% mientras que la arcilla en menor cantidad con tan solo 1.691% de este compuesto. Por otro lado, en la arcilla a diferencia de la cáscara de huevo este posee en mayor cantidad el compuesto del Óxido de silicio SiO<sub>2</sub> con un resultado en porcentaje de 72.408% mientras que la cáscara de huevo en menor cantidad con 16.859% de este compuesto. Fuente: Resultados obtenidos en el Laboratorio de Arqueometría – UNMSM

## Gráfico 1

Comparación entre la cáscara de huevo y arcilla expresados en óxidos



*Nota.* El gráfico representa a las cantidades de óxidos que tiene cada material, donde apreciamos que ambas muestras contienen óxido de calcio CaO, en la cáscara de huevo encontramos un 73.353% y en la arcilla 1.691%, dando una diferencia de 71.662%, por lo tanto, en el óxido de silicio SiO<sub>2</sub> podemos apreciar que la cáscara de huevo contiene un 16.859% y la arcilla contiene un 72.408%, dando así una diferencia de 55.549%.

La variación del fraguado con agujas de Vicat del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.

### **Agujas de Vicat**

Para poder determinar el tiempo de fraguado del cemento hidráulico, se realizó el ensayo de Agujas de Vicat en el Laboratorio N°1 de ensayo de materiales “ING. Manuel Gonzales de la Cotera” – Universidad Nacional de Ingeniería.

**Tabla 6**

*Dosificación de materiales.*

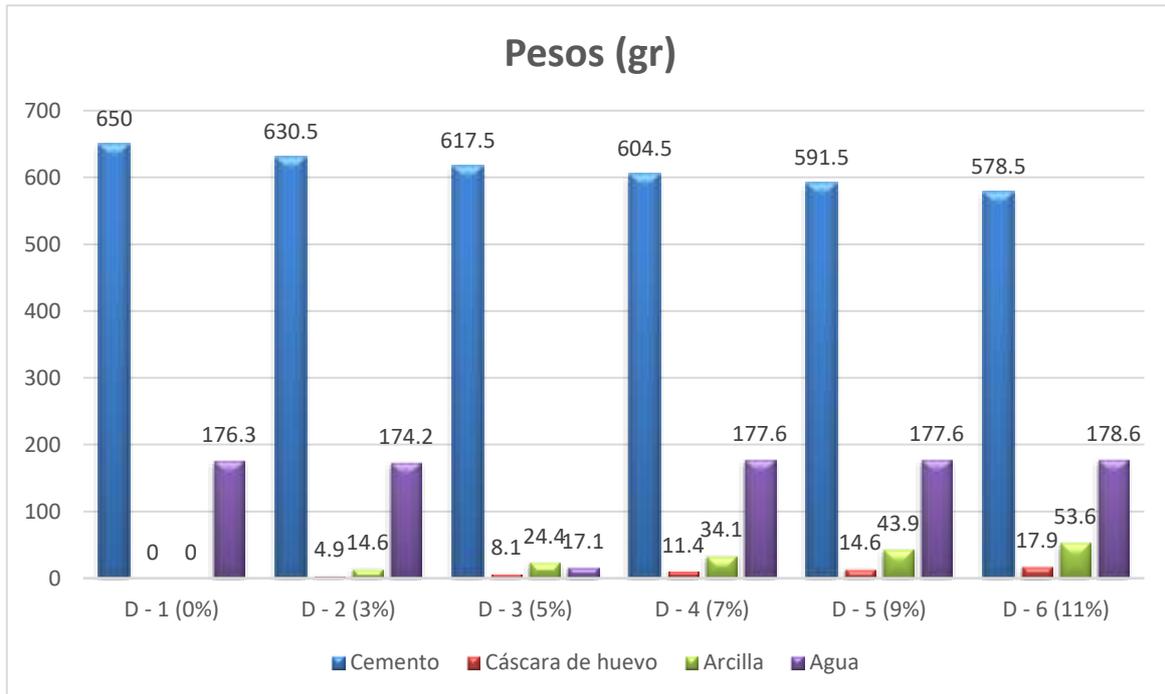
	Peso (g)					
	D – 1 (Patrón)	D – 2 (3%)	D – 3 (5%)	D – 4 (7%)	D – 5 (9%)	D – 6 (11%)
Cemento	650.0	630.5	617.5	604.5	591.5	578.5
Cáscara de huevo en polvo	0.0	4.9	8.1	11.4	14.6	17.9
Arcilla en polvo	0.0	14.6	24.4	34.1	43.9	53.6
Agua	176.3	174.2	176.1	177.6	177.6	178.6

*Nota.* En la tabla 6 Conociendo la mezcla de referencia o estándar que se utiliza como punto de comparación para evaluar otras mezclas D–1 (patrón). Se pueden sacar varias interpretaciones concisas en el que se puede conocer el efecto del aumento o disminución de cierto material orgánico e inorgánico dentro de la mezcla.

Fuente: Resultados obtenidos en el Laboratorio N°1 de ensayo de materiales “ING. Manuel Gonzales de la Cotera” – UNI.

## Gráfico 2

### Comparación de pesos



Nota. El gráfico 7 representa las cantidades del cemento varían de acuerdo a los porcentajes de los materiales a agregar, e igualmente cáscara de huevo en polvo y arcilla sus cantidades son diferentes de acuerdo a cada porcentaje establecido, a comparación del agua es mínima la diferencia en cada mezcla, lo cual Un contenido de agua adecuado es crucial para la hidratación en el proceso de fraguado del cemento.

## Tabla 7

Resultados obtenidos del ensayo.

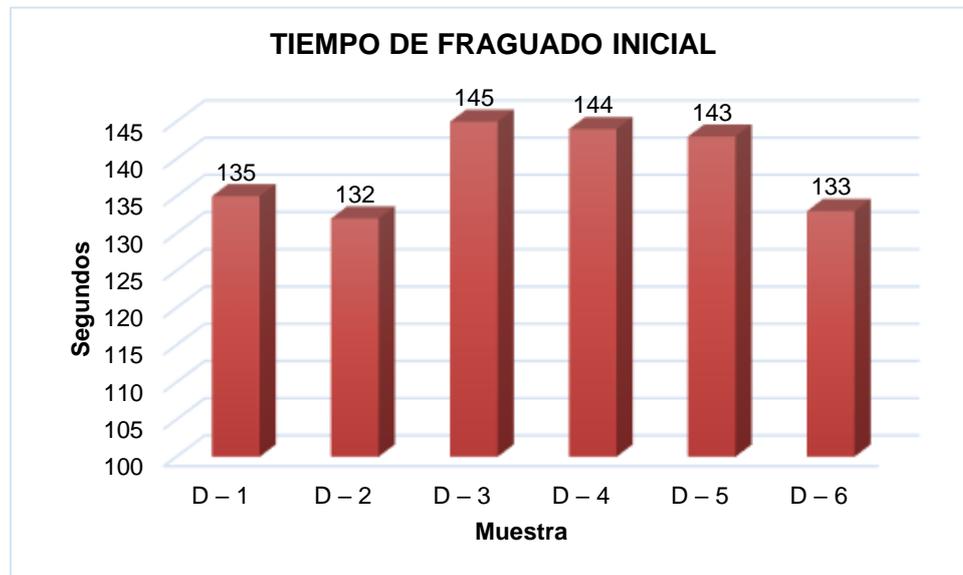
Muestra	Tiempo fraguado inicial (s)	Tiempo fraguado final (s)
D - 1	135	168
D - 2	132	173
D - 3	145	185
D - 4	144	203

D – 5	143	202
D – 6	133	173

*Nota.* En la tabla 7 se aprecia que, al aumentar el porcentaje de cáscara de huevo y arcilla, se parecía que el tiempo de fraguado del cemento se ven afectados. Tomando en cuenta que demasiado material fino (cáscara de huevo y arcilla) podría afectar negativamente la resistencia del concreto, a medida que aumenta el porcentaje de cáscara de huevo en polvo, es probable que se mejore la capacidad de aislamiento térmico del concreto debido a las propiedades aislantes de la cáscara de huevo. Sin embargo, un aumento significativo en el porcentaje podría afectar la resistencia del concreto, ya que la cáscara de huevo no tiene las mismas propiedades de unión que el cemento. A si mismo el aumento en el porcentaje de arcilla podría mejorar ciertas propiedades del concreto, pero un exceso podría afectar negativamente la resistencia. Donde la arcilla puede influir en la plasticidad del concreto y en su capacidad para retener agua. Contenido de agua adecuado es crucial para la hidratación del cemento y la formación de una matriz sólida. Fuente: Resultados obtenidos en el Laboratorio N°1 de ensayo de materiales “ING. Manuel Gonzales de la Cotera” – UNI.

### Gráfico 3

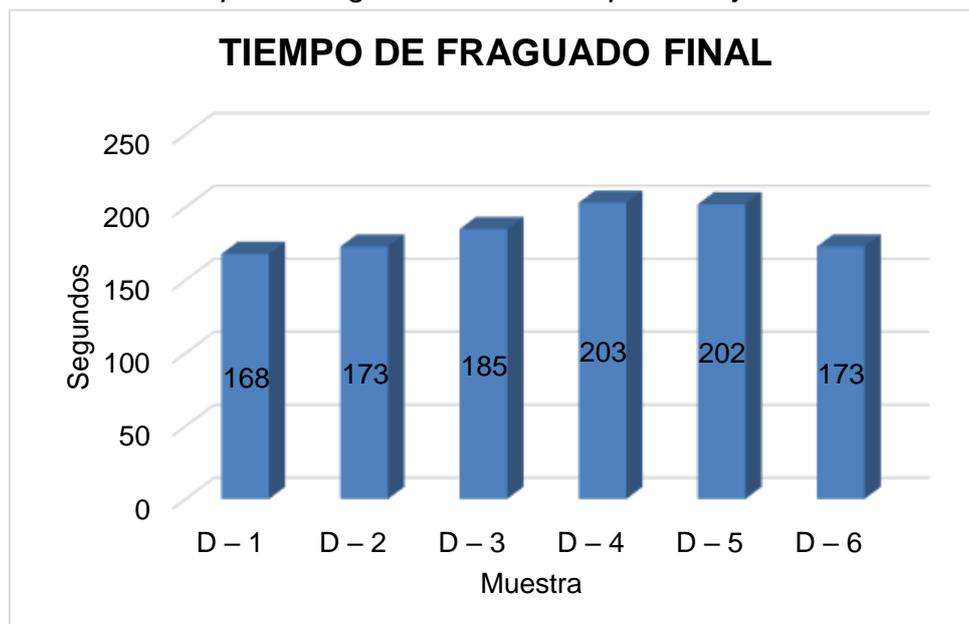
Comparación del tiempo de fraguado inicial de los porcentajes



*Nota.* En el gráfico representa el tiempo inicial de cada muestra, donde observamos que en el D – 3 el tiempo es mayor a diferencia de las 5 muestras restante, donde difiere con la muestra D – 1 (patrón) teniendo esta un tiempo de 135seg.

### Gráfico 4

Comparación del tiempo de fraguado final de los porcentajes



*Nota.* En el gráfico representa el tiempo final de cada porcentaje, donde observamos que en el D – 4 el valor es de 203seg, a comparación de la muestra D – 1, esto quiere decir que los concretos con menor cantidad de cemento y mayor cantidad de agua tienen mayor tiempo de fraguado.

La variación de la resistencia a la compresión del mortero al reemplazar cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.

**Tabla 8**

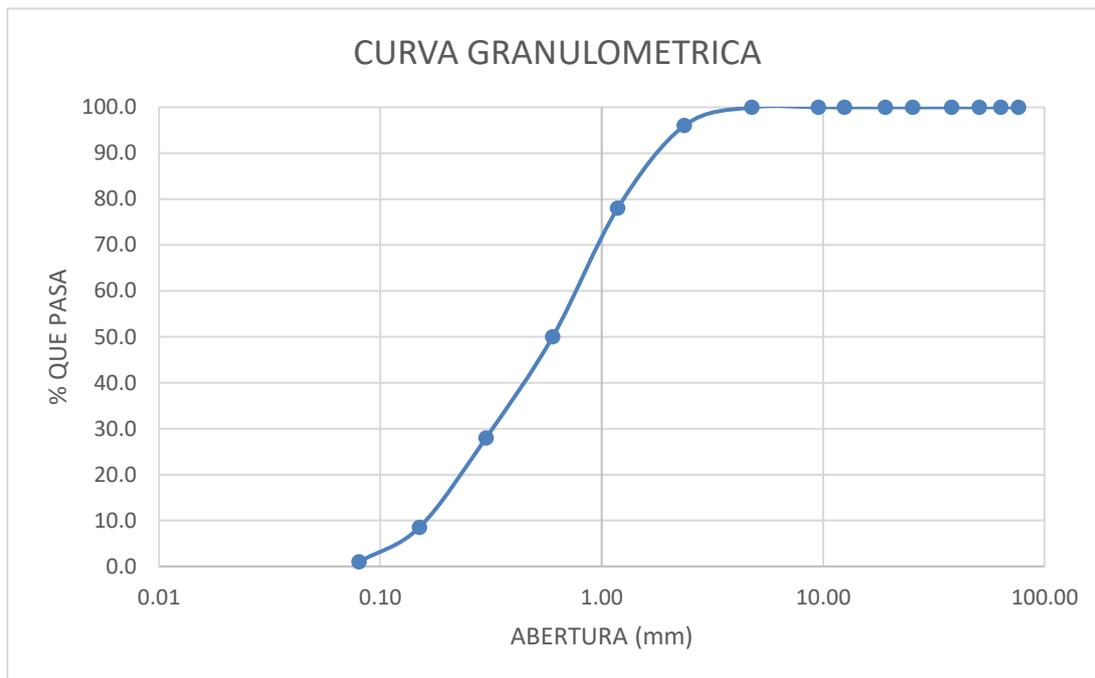
*Análisis granulométrico agregado fino*

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert. (mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 8	2.36	27.50	4.0	4.0	96.0
N° 16	1.18	123.75	18.0	22.0	78.0
N° 30	0.60	192.50	28.0	50.0	50.0
N° 50	0.30	151.25	22.0	72.0	28.0
N° 100	0.15	134.06	19.5	91.5	8.5
N° 200	0.08	51.56	7.5	99.0	1.0
PLATO	ASTM C-117-04	6.88	1.0	100.0	0.0
		687.5	100.0		

*Nota.* Podemos evaluar la distribución de tamaños de partículas para garantizar que cumpla con las especificaciones requeridas y para comprender cómo afectará las propiedades del material final, especialmente en la fabricación del mortero. Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales – USP.

## Gráfico 5

### Curva granulométrica



*Nota.* Podemos determinar la idoneidad del suelo para propósitos específicos, la cual implica analizar la distribución de tamaños de partículas para obtener información valiosa sobre las propiedades de la arena gruesa. Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales – USP

## Tabla 9

*Proporción de materiales por 6 probetas para la muestra patrón.*

PARA 6 MORTEROS DE 5 cm X 5 cm		
Cemento	500gr	
	55.1gr	
	247.7gr	
Arena gradada	385.0gr	1376.1gr
	302.6gr	
	268.8gr	
	103.1gr	

	13.8gr
Agua	242ml

*Nota.* Para la combinación de 6 morteros patrón se empleó: cemento 500gr, agregado fino 1376.1 y agua 242ml. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10**

*Proporción de materiales por 6 morteros, añadiendo 3% (0.75% de cáscara de huevo calcinada y 2.25% de arcilla calcinada).*

<b>PARA 6 MORTEROS DE 5 cm X 5 cm – 3%</b>		
Cemento	485gr	
Polvo cáscara de huevo calcinada (0.75%)	4gr	15gr
Arcilla calcinada (2.25%)	11gr	
	55.0gr	
	247.6gr	
	385.0gr	
Arena gradada	302.5gr	1375.8gr
	268.8gr	
	103.1gr	
	13.8gr	
Agua	242ml	

*Nota.* Al poder realizar la combinación de 6 morteros para el porcentaje 3% (0.75% de cáscara de huevo calcinada + 2.25% arcilla calcinada) se empleó: cemento 485gr, agregado fino 1375.8gr, agua 242ml, se añadirá al cemento 4gr de cáscara de huevo calcinada y 11gr de arcilla calcinada. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 11**

Proporción de materiales por 6 morteros, añadiendo 5% (1.25% de cáscara de huevo calcinada y 3.75% de arcilla calcinada).

<b>PARA 6 MORTEROS DE 5 cm X 5 cm – 5%</b>		
Cemento	475gr	
Polvo cáscara de huevo calcinada (1.25%)	7gr	25gr
Arcilla calcinada (3.75%)	18gr	
	55.0gr	
	247.6gr	
	385.0gr	
Arena gradada	302.5gr	1375.8gr
	268.8gr	
	103.1gr	
	13.8gr	
Agua	242ml	

*Nota.* Al poder realizar la combinación de 6 morteros para el porcentaje 5% (1.25% de cáscara de huevo calcinada + 3.75% arcilla calcinada) se necesitará: cemento 475gr, agregado fino 1375.8gr, agua 242ml, se añadirá al cemento 7gr de cáscara de huevo calcinada y 18gr de arcilla calcinada. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 12**

Proporción de materiales de 6 morteros, añadiendo 7% (1.75% de cáscara de huevo calcinada y 5.25% de arcilla calcinada).

<b>PARA 6 MORTEROS DE 5 cm X 5 cm – 7%</b>		
Cemento	465gr	
Polvo cáscara de huevo calcinada (1.75%)	10gr	35gr
Arcilla calcinada (5.25%)	25gr	

	55.0gr	
	247.6gr	
	385.0gr	
Arena gradada	302.5gr	1375.8gr
	268.8gr	
	103.1gr	
	13.8gr	
Agua	242ml	

*Nota.* Al poder realizar la combinación de 6 morteros para el porcentaje 7% (1.75% de cáscara de huevo calcinada + 5.25% arcilla calcinada) se necesitará: cemento 465gr, agregado fino 1375.8gr, agua 242ml, se añadirá al cemento 10gr de cáscara de huevo calcinada y 25gr de arcilla calcinada. Fuente: Elaboración propia.

### Tabla 13

*Proporción de materiales de 6 morteros, añadiendo 9% (2.25% de cáscara de huevo calcinada y 6.75% de arcilla calcinada).*

<b>PARA 6 MORTEROS DE 5 cm X 5 cm – 9%</b>		
Cemento	455gr	
Polvo cáscara de huevo calcinada (2.25%)	11gr	45gr
Arcilla calcinada (6.75%)	34gr	
	55.0gr	
	247.6gr	
	385.0gr	
Arena gradada	302.5gr	1375.9gr
	268.8gr	
	103.1gr	
	13.8gr	
Agua	242ml	

*Nota.* Al poder realizar la combinación de 6 morteros para el porcentaje 9% (2.25% de cáscara de huevo calcinada + 6.75% arcilla calcinada) se necesitará: cemento 445gr, agregado fino 1375.8gr, agua 242ml, se añadirá al cemento 11gr de cáscara de huevo calcinada y 34gr de arcilla calcinada. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 14**

*Proporción de materiales de 6 morteros, añadiendo 11% (2.75% cáscara de huevo y 8.25% de arcilla calcinada).*

<b>PARA 6 MORTEROS DE 5 cm X 5 cm – 11%</b>		
Cemento	445gr	
Polvo cáscara de huevo calcinada (2.75%)	14gr	55gr
Arcilla calcinada (8.25%)	41gr	
	55.0gr	
	247.6gr	
	385.0gr	
Arena gradada	302.5gr	1375.8gr
	268.8gr	
	103.1gr	
	13.8gr	
Agua	242ml	

*Nota.* Al poder realizar la combinación de 6 morteros para el porcentaje 9% (2.75% de cáscara de huevo calcinada + 8.25% arcilla calcinada) se necesitará: cemento 445gr, agregado fino 1375.8gr, agua 242ml, se añadirá al cemento 14gr de cáscara de huevo calcinada y 41gr de arcilla calcinada. Fuente: Elaboración propia.

### Mortero patrón, 3%, 5%, 7%, 9% y 11% a los 3 días de curado.

**Tabla 15**

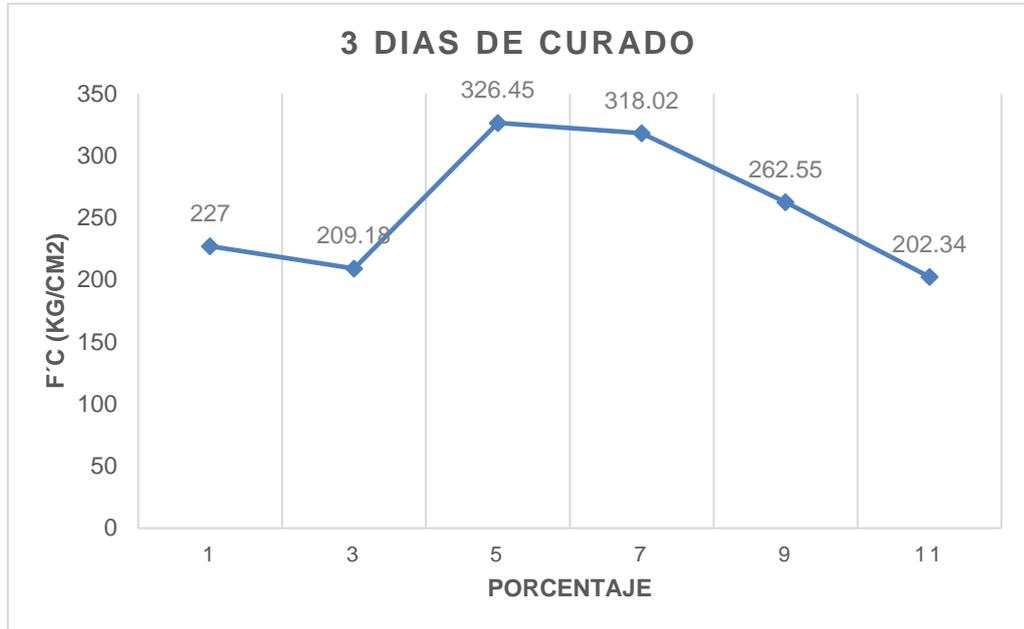
*Resultados del ensayo de compresión obtenidas según morteros patrón, 3%, 5%, 7%, 9% y 11% a los 3 días de curado.*

(%)	Dosificación (%)	Mortero Patrón	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
P	0 c.c.h. + 0 p.a.	M1	25.81	6261.00	242.61	227.00
		M2	25.81	5455.00	211.08	
3	0.75 c.c.h. + 2.25 p.a.	M3	25.81	4970.00	192.59	209.18
		M4	25.81	5826.00	225.76	
5	1.25 c.c.h. + 3.75 p.a.)	M5	25.81	9322.00	361.23	326.45
		M6	25.81	7527.00	291.67	
7	1.75 c.c.h. + 5.25 p.a.	M7	25.81	8549.00	331.27	318.02
		M8	25.81	7865.00	304.77	
9	2.25 c.c.h. + 6.75 p.a.	M9	25.81	5640.00	218.55	262.55
		M10	25.81	7911.00	306.55	
11	2.75 c.c.h. + 8.25 p.a.	M11	25.81	6211.00	240.68	202.34
		M12	25.81	4232.00	163.99	

*Nota.* La resistencia a la compresión se obtiene dividiendo la carga máxima que obtuvimos en la máquina de ensayo entre el área. La resistencia a la compresión se obtuvo del ensayo a compresiones a 12 unidades patrón y porcentajes a los 3 días de curado, se aprecia la mayor resistencia de  $F'c = 326.45 \text{ kg/cm}^2$  al 5%. Teniendo en cuenta que es crucial para garantizar la seguridad y la durabilidad de las estructuras. Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales – USP.

### Gráfico 6

Ensayo de la resistencia a la compresión patrón, 3%, 5%, 7%, 9% y 11% a los 3 días de curado.



*Nota.* El gráfico representa, que a los 3 días del curado el 5% obtiene una resistencia promedio de  $F'c=326.45$  kg/cm<sup>2</sup> mayor a diferencia de los porcentajes.

## Mortero patrón, 3%, 5%, 7%, 9% y 11% a los 7 días de curado

**Tabla 16**

*Resultados del ensayo de compresión obtenidas según morteros patrón, 3%, 5%, 7%, 9% y 11% a los 7 días.*

(%)	Dosificación (%)	Mortero Patrón	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
P	0 c.c.h. + 0 p.a.	M1	25.81	6273.00	243.08	234.21
		M2	25.81	5815.00	225.33	
3	0.75 c.c.h. + 2.25 p.a.	M3	25.81	5221.00	202.31	243.56
		M4	25.81	7350.00	284.81	
5	1.25 c.c.h. + 3.75 p.a.)	M5	25.81	9214.00	357.04	242.55
		M6	25.81	8466.00	328.06	
7	1.75 c.c.h. + 5.25 p.a.	M7	25.81	7808.00	302.56	246.38
		M8	25.81	4908.00	190.19	
9	2.25 c.c.h. + 6.75 p.a.	M9	25.81	7922.00	306.98	254.65
		M10	25.81	5221.00	202.31	
11	2.75 c.c.h. + 8.25 p.a.	M11	25.81	6273.00	243.08	216.64
		M12	25.81	4908.00	190.19	

Nota. La resistencia a la compresión se obtuvo a partir de ensayos de compresión a 12 unidades convencionales y con porcentaje a los 7 días de curado, se pudo observar la mayor resistencia de  $F'c = 254.65 \text{ kg/cm}^2$  al 9%. Es importante realizar esta interpretación teniendo el contexto específico del material y su aplicación prevista. Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales – USP.

### Gráfico 7

Ensayo de la resistencia a la compresión patrón, 3%, 5%, 7%, 9% y 11% a los 7 días de curado.



Nota. En la ilustración 5 se observa, que a los 7 días del curado el 9% obtiene una resistencia promedio de  $F'c=254.65$  kg/cm<sup>2</sup> mayor a diferencia de los porcentajes.

### Mortero patrón, 3%, 5%, 7%, 9% y 11% a los 28 días de curado.

**Tabla 17**

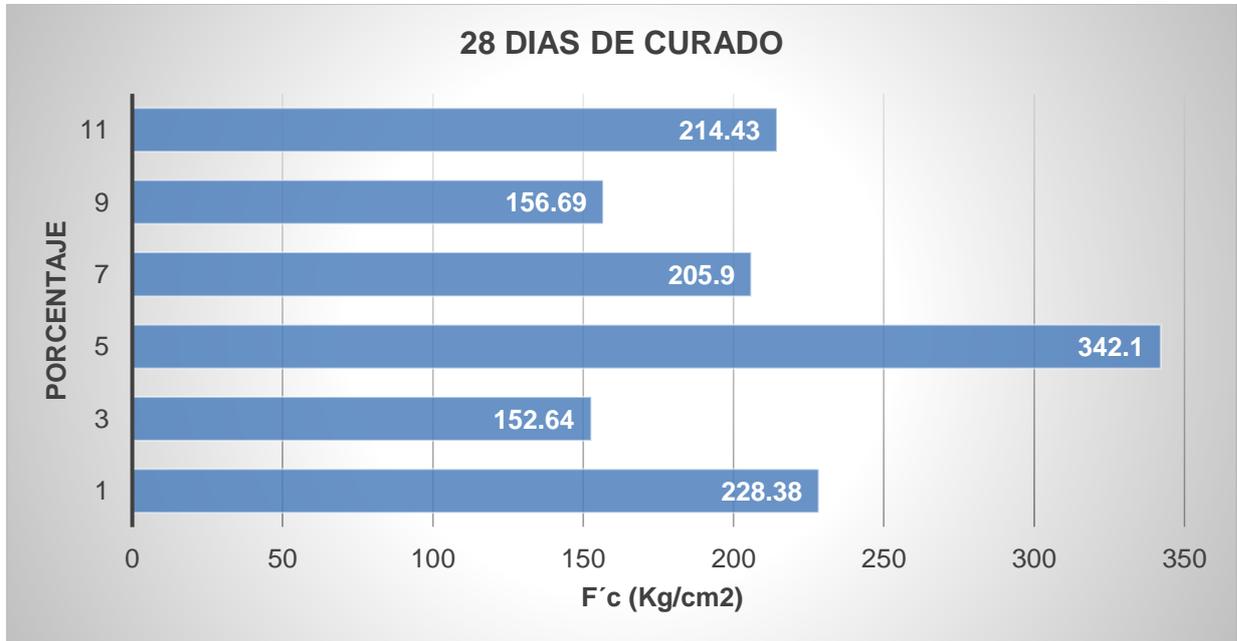
*Resultados del ensayo de compresión obtenidas según morteros patrón a los 28 días.*

(%)	Dosificación (%)	Mortero Patrón	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg)	F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
P	0 c.c.h. + 0 p.a.	M1	25.81	5215.00	202.08	228.38
		M2	25.81	6572.00	254.67	
3	0.75 c.c.h + 2.25 p.a.	M3	25.81	3271.00	126.75	152.64
		M4	25.81	4607.00	178.52	
5	1.25 c.c.h. + 3.75 p.a.)	M5	25.81	8462.00	327.90	342.10
		M6	25.81	9193.00	356.23	
7	1.75 c.c.h. + 5.25 p.a.	M7	25.81	5731.00	222.08	205.9
		M8	25.81	4896.00	189.72	
9	2.25 c.c.h. + 6.75 p.a.	M9	25.81	4262.00	165.15	156.69
		M10	25.81	3825.00	148.22	
11	2.75 c.c.h. + 8.25 p.a.	M11	25.81	5194.00	201.27	214.43
		M12	25.81	5873.00	227.58	

*Nota.* La resistencia a la compresión se obtuvo del ensayo de compresión en 12 unidades estándar y con porcentaje después de 28 días de curado, se obtuvo la mayor resistencia registrada F'c= 342.10 kg/cm<sup>2</sup> al 5%. Esta cifra indica la carga máxima que puede soportar el material antes de fallar por compresión. Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales – USP.

### Gráfico 8

Ensayo de la resistencia a la compresión patrón, 3%, 5%, 7%, 9% y 11% a los 28 días.



Nota. En el gráfico se observa, que a los 28 días del curado el 5% obtiene una resistencia promedio de  $F'c=342.10 \text{ kg/cm}^2$  mayor a diferencia de los porcentajes.

La variación de la cantidad de vacíos (porosidad) del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.

Muestras cilíndricas de mortero endurecido, elaboradas: Patrón sin reemplazo de cemento (0% polvo de arcilla, 0% polvo de cáscara de huevo) y con reemplazo de 5% de cemento (3.75% polvo de arcilla, 1.25% polvo de cáscara de huevo). Proporción C/A 1/3.

**Tabla 18**

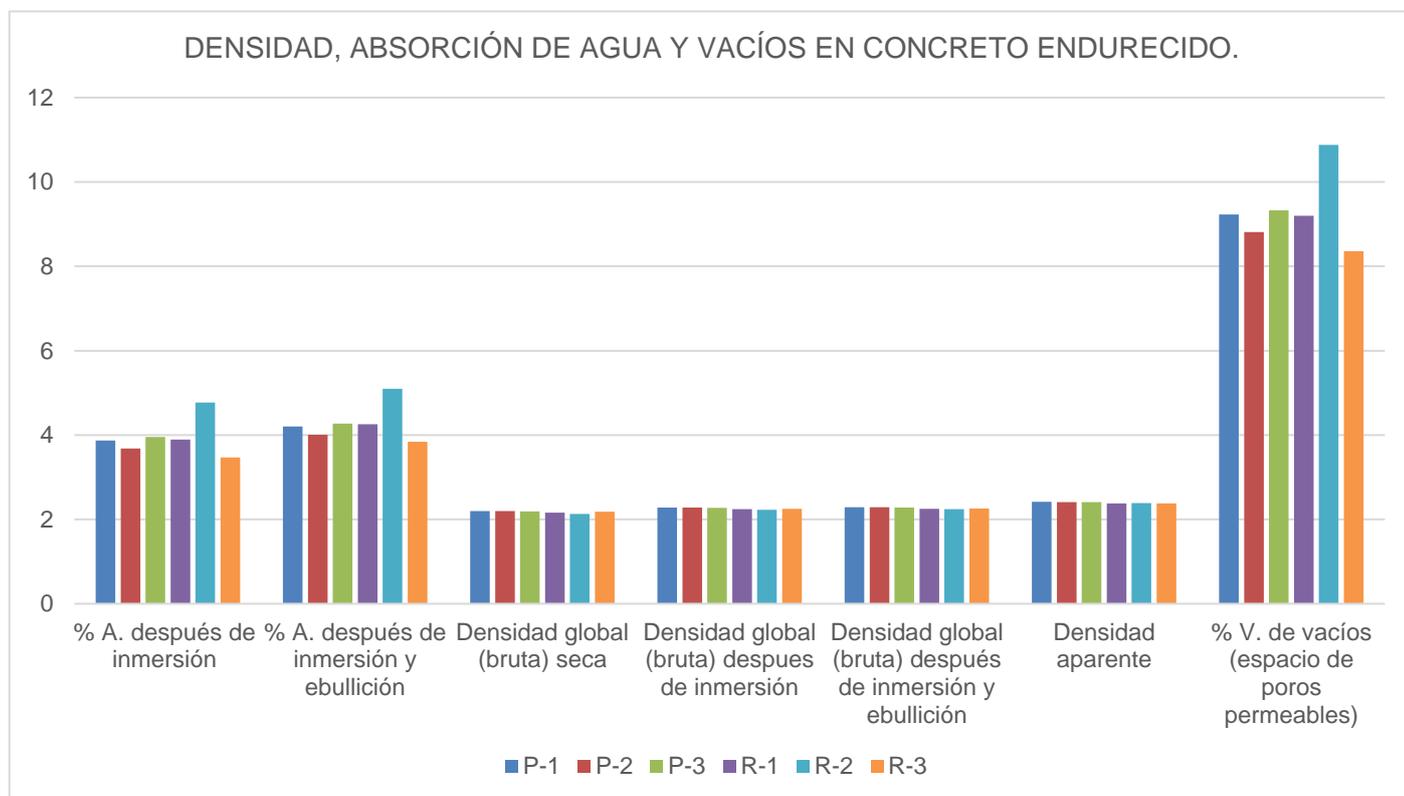
*Resultados de la determinación de la densidad, absorción de agua y vacíos en concreto endurecido.*

	PATRÓN			REEMPLAZO		
	P-1	P-2	P-3	R-1	R-2	R-3
% Absorción después de inmersión	3.87	3.68	3.95	3.89	4.77	3.47
% Absorción después de inmersión y ebullición	4.20	4.01	4.27	4.26	5.10	3.84
Densidad global (bruta) seca	2.20	2.20	2.19	2.16	2.13	2.18
Densidad global (bruta) después de inmersión	2.28	2.28	2.27	2.24	2.23	2.25
Densidad global (bruta) después de inmersión y ebullición	2.29	2.29	2.28	2.25	2.24	2.26
Densidad aparente	2.42	2.41	2.41	2.38	2.39	2.38
% Volumen de vacíos (espacio de poros permeables)	9.23	8.81	9.33	9.20	10.88	8.36

*Nota.* Esta prueba es útil para obtener los datos necesarios para convertir la masa y el volumen en concreto. Se utiliza para ver si el concreto cumple con las especificaciones y para indicar la diferencia de los puntos de masa del concreto. Fuente: Laboratorio N°1 de ensayo de materiales “ING. Manuel Gonzales de la Cotera” – UNI.

### Gráfico 9

Comparación de resultados de la densidad, absorción de agua y vacíos en concreto endurecido.



*Nota.* En la gráfica al comparar los resultados de densidad, absorción de agua y porcentaje de vacíos en concreto endurecido proporciona información crucial para evaluar la calidad y la idoneidad del material en su aplicación específica. Podemos decir que considerar estos aspectos ayudará a tomar decisiones informadas sobre la calidad del concreto y su rendimiento a largo plazo.

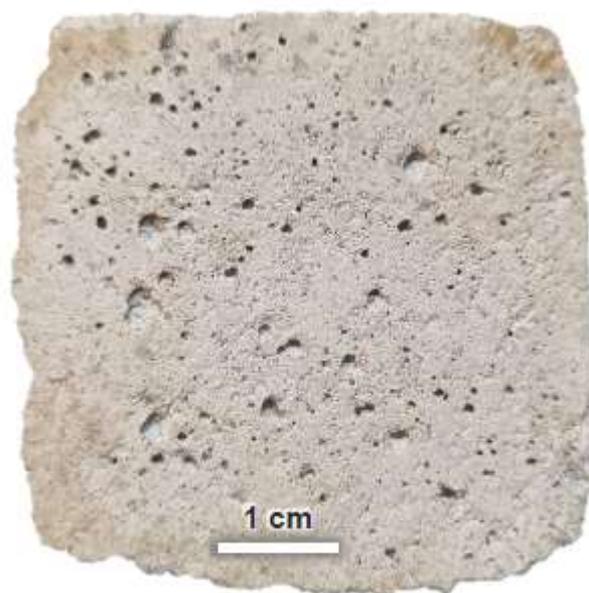
La variación de la petrografía del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023. La variación de la resistencia a la compresión del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.

### **Estudio petrográfico macroscópico de concreto**

Nos da muestras de morteros cuyos agregados finos constan principalmente de feldespatos (45%), cuarzo (25%), granitoides (20%), biotita y homblenda (10%). Sus morfologías son subangulos con dimensiones promedios menores a 1 mm, llegando en algunos casos a los 2 mm. Los agregados poseen una distribución regular y mala clasificación. El color de la matriz es blanquecino, y en parte, los agregados desprendidos dejan una capa fina y nacarada al contacto con ella. Se observa vacíos de aire semiesféricos < 1mm (< 2% en volumen).

### **Figura 6**

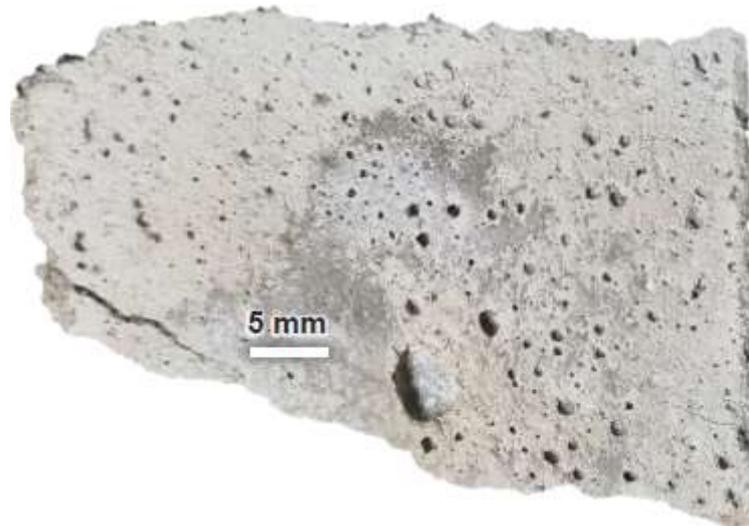
*Muestra M-1*



*Nota.* Imagen del concreto analizado, se observa el color natural y vacíos de aire a lo largo de la superficie expuesta. Fuente: Laboratorio N°8 Geología aplicada” – UNI.

## Figura 7

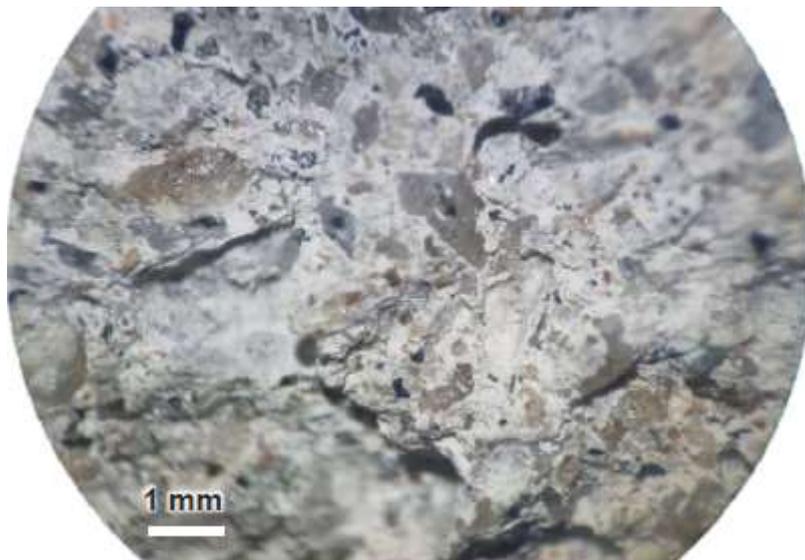
*Muestra M-2*



*Nota.* Imagen de la distribución de los vacíos de aire y agregado desprendido en el sector inferior medio. Fuente: Laboratorio N°8 Geología aplicada” – UNI.

## Figura 8

*Muestra M-3*

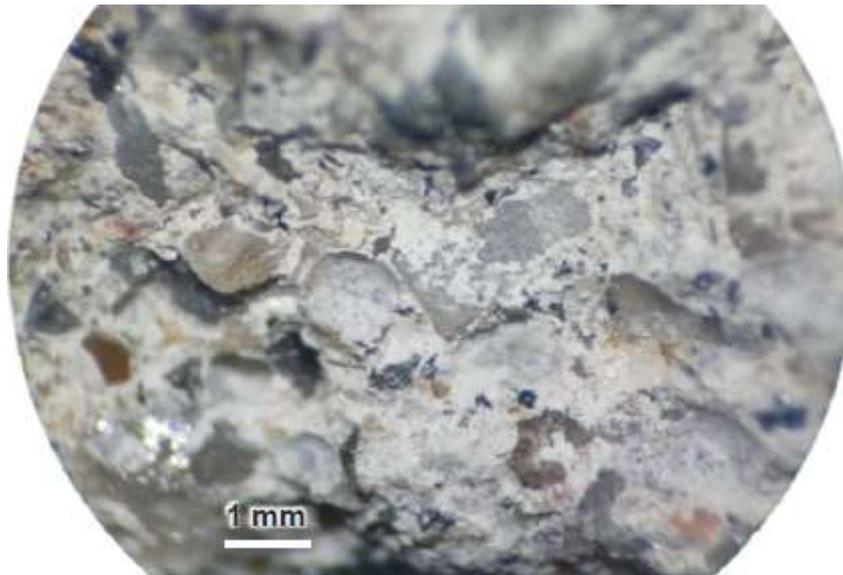


*Nota.* Otra vista de la muestra en altos aumentos. Se aprecian los componentes del agregado, los que en mayoría poseen dimensiones menores al milímetro y en parte,

desprendidos de la matriz fina, dejando una superficie nacarada y suave, nótese que la matriz aparece levemente desmenuzada. Fuente: Laboratorio N°8 Geología aplicada” – UNI.

**Figura 9**

*Muestra M-4*



Nota. Imagen similar a la anterior, con vacíos de aire subsfericos. Fuente: Laboratorio N°8 Geología aplicada” – UNI.

## V.- DISCUSIÓN

La resistencia a la compresión obtenida a las 12 unidades patrón y porcentajes de 3%, 5%, 7%, 9%, 11%, se puede observar a los 28 días de curado al 5% se obtuvo la mayor resistencia de  $F'c = 342.10 \text{ kg/cm}^2$ , estos resultados difieren según Chávez, D. y Gamarra, J. (2021), donde realizó el mismo ensayo de resistencia a la compresión con el porcentaje del 15% obtuvo  $F'c = 115.32 \text{ kg/cm}^2$ , obteniendo mejores resultados, la resistencia aumenta conforme aumenta la adición de cáscara de huevo calcinada, en su investigación Ferrer, L. y Llontop, determinó la resistencia del mortero al sustituir al cemento con combinación de 16% (12% concha de mejillón y 4% arcilla) y 16% (12% de arcilla y 4% concha de mejillón), a los 3, 7 y 28 días de curado, dando como resultado una mayor resistencia experimental de  $F'c = 342.10 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días de curado.

El estudio petrográfico macroscópico en la selección de agregados, no se identifican elementos reactivos ni la cantidad que puedan poner en peligro la durabilidad y estabilidad del material, según norma ASTM C856, nos da muestras de morteros cuyos agregados finos constan principalmente de feldespatos 45%, cuarzo 25%, granitoides 20%, biotita y homblenda 10%, estos resultados difieren con las del autor Salazar (2019), donde al realizar el mismo estudio determinó que los agregados de ambas canteras se componen básicamente del 74% de arenisca cuarzosa, 24,3% de Caliza y muy poca cantidad de Calizas dolomíticas 1.7% aproximadamente en cada tamiz.

Para poder determinar el tiempo de fraguado según NTP 339.082 del cemento hidráulico, se realizó el ensayo de Agujas de Vicat para conocer el tiempo en que la mezcla de concreto pasa de estado líquido a estado sólido es importante conocer este tiempo para colocar y dar acabado, se realizó en el Laboratorio N°1 de ensayo de materiales "ING. Manuel Gonzales de la Cotera" – Universidad Nacional de Ingeniería, dando como resultado que a la muestra D- 4 le toma mayor tiempo de solidificación de fraguado final siendo de 203seg en comparación a la muestra D-1 que le toma menor tiempo siendo de 168seg de fraguado final esto difiere con el autor Torres (2019), que realiza el mismo ensayo dando como resultado un tiempo

de fraguado final para ver el tiempo de solidificación de la muestra de 418seg siendo este último el de mayor valor y 323seg siendo este el de menor valor para la muestra.

## VI.- CONCLUSIONES

1. Se obtuvo la resistencia a la compresión del mortero a los 3, 7 y 28 días de curado donde el mortero patrón a los 28 días de curado con un 5% (1.25% c.c.h. y 3.75% p.a.), fue de  $F'c = 342.10 \text{ kg/cm}^2$ , dando como máxima resistencia a los 28 días de curado, concluyendo así que los materiales utilizados mejoran la resistencia y son superiores a la del mortero convencional.
2. En lo concerniente a los ensayos de ATD, se activaron térmicamente los materiales ya que usa los efectos del calor para determinar la temperatura de cambio físico de las muestras, empezando por la cascara de huevo que estuvo por 4 horas a  $910 \text{ }^\circ\text{C}$ , se puede decir que dado el cambio de fase la temperatura es óptima y se produce el óxido requerido, lo mismo ocurre con la arcilla que su tiempo de calcinación fue de 1 hora y 30 min a una temperatura de  $510^\circ\text{C}$ , concluyendo así la transformación de los cambios físicos de los materiales encontrando las temperaturas asociadas a la fusión de los materiales y a otras transformaciones.
3. Con respecto a la composición química del polvo de cascara de huevo y la arcilla, pudimos observar en los ensayos realizados de rayos x las propiedades y componentes que tiene cada material, evidenciando así que ambos materiales son puzolánicos.
4. Con respecto al ensayo de agujas de Vicat se concluye un fraguado inicial y un fraguado final según NTP 334.006 (ASTM C 191), ensayando 6 muestras dando como resultado que D- 4 le toma mayor tiempo de solidificación de fraguado final siendo de 203seg en comparación a la muestra D-1 que le toma menor tiempo siendo de 168seg de fraguado final.
5. Según el estudio petrográfico según norma ASTM C856 se determinó que los agregados de la cantera se componen principalmente de feldespatos 45% , cuarzo 25%, granitoides 20%, biotita y homblenda 10%. El resto de rocas encontradas en la cantera tienen una participación casi nula.

6. En la selección de los agregados a través del ensayo petrográfico a nivel macroscópico, no se identifican elementos reactivos ni la cantidad que puedan poner en peligro la durabilidad y estabilidad del material, según norma para determinar la variación de la petrografía del mortero.

## VII.- RECOMENDACIONES

- I. Al realizar las pruebas, se debe trabajar en un ambiente controlado para que los factores ambientales no afecten nuestras pruebas, como la humedad, la temperatura, la luz solar y otros, no alteren en gran medida los resultados de distintas pruebas.
- II. A la hora de elegir la cáscara de huevo, se trata de buscar las más frescas posibles, ya que la cáscara de huevo pierde sus propiedades deseables cuando se secan.
- III. Dada la gran cantidad de bloques de 2"x2" que se ensayan, es fundamental tener una codificación clara y sencilla que nos ayude a identificar rápidamente las muestras a estudiar, descartando errores de duplicación o reemplazo de datos, es común en situación de descuido.
- IV. Se deben realizar ensayos de resistencia a la compresión con un gran número de variables para así complementar el trabajo de investigación y comprender mejor el comportamiento que se presenta cuando estos factores cambian.
- V. En este estudio se utilizaron dos temperaturas diferentes para cada material respectivamente, pero según ATD se puede utilizar otras temperaturas, por lo que es recomendable seguir experimentando con nuevas temperaturas y tiempos de calcinación para optimizar resultados del polvo de cáscara de huevo y arcilla.
- VI. Para comprobar si el mortero sigue adquiriendo resistencia, se recomienda prolongar el tiempo de curado y comprobar si siguen ganando fuerza.

## REFERENCIAS

- Acosta, N. y Saldaña, R. (2022). Influencia del porcentaje de ceniza de cascarilla de arroz como sustitución parcial del cemento sobre la resistencia a la compresión y densidad de morteros. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI.
- Agnes, C. y González, F. (2018). Ensayos convencionales y no convencionales para agregados gruesos según norma idu sección 500-11, de una cantera de Villavicencio, comparando los datos obtenidos, concluyendo si cumple y/o existen alternativas de mejoramiento para que puedan ser utilizados en la elaboración de mezclas asfálticas. Tesis de título de ingeniero de especialista en ingeniería de pavimentos, Universidad Católica de Colombia.
- Agudelo, G., Aignerren, J. y Ruiz, J. (2008). Diseños de investigación experimental y no-experimental. *La Sociología en sus Escenarios*, (18), 1–46.
- Alarcon, J. (2018). Resistencia a la compresión de mortero sustituyendo al cemento con 12% de ceniza de cáscara de arroz y 8% de ceniza de concha de *donax obesulus*. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad San Pedro.
- Álvarez, J. (2005). Caracterización de mortero para revestimiento con polvo de piedra. *Revista de la Construcción*. 4(2), 30-37.
- Arias, J. (2021). Guía para la elaborar la operacionalización de variables. Artículo 15(69).

ASTM C618-19, Estándar histórico: Especificación normalizada para Ceniza Volante de Carbón y Puzolana Natural en Crudo o Calcinada para Uso en Concreto.

Badii, M., Castillo, M., Wong, A. y Villalpando, P. (2007). Diseños experimentales e investigación científica. *Innovaciones De Negocios*, 4(8), 283-330.

Bar, A. (2000). Aporte a la discusión sobre el status metodológico de las variables y escalas de medición, *Aporte metodológico*, 121-126.

Barbara, B. (2005). La observación participante como método de recolección de datos. *Investigación*, 23.

Barreda, D. (2023). Influencia del espesor de junta de mortero en la resistencia a la compresión axial de prismas de albañilería de arcilla cocida en la ciudad de Arequipa. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad Católica de Santa María.

Bedoya, A. y Valencia, M. (2020). Usos potenciales de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*): una revisión sistemática. *Revista colombiana de ciencia animal recia*, 12(2), 1-11.

Bedoya, A., Mendoza, J. y Rojas, J. (2022). Análisis comparativo de las propiedades físicas-mecánicas del mortero 1:2 y concreto 1:2:3 con adición de ceniza de cáscara de huevo. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad Cooperativa de Colombia sede Ibagué Espinal.

- Calderón, P., Rosell, J. y Avellaneda, J. (2018). Materiales de arcilla geopolimerizada. Artículo, 49(56).
- Calixto, R. (2022). Implementación cáscara de huevo como sustituto parcial para el material cementante en elaboración de concreto arquitectónico para mobiliario. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad Santo Tomás Seccional Tunja – Colombia.
- Campos, G y Lule, N. (2012). La observación, un método para el estudio de la realidad. Artículo, 7(13), 45-60.
- Carrillo, A. (2015). Población y muestra. Investigación, 35.
- Castro, J., Gómez, L y Camargo, E. (2022). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. Tecnura, 27(75).
- Chan J, (2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto, Ingeniería 7-2, 39-46.
- Chávez, D. y Gamarra, J. (2021). Utilización de cáscaras de huevo calcinado como adición en la elaboración de unidades de albañilería en Nuevo Chimbote. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad Nacional del Santa.
- Chimbolema, S. (2017). Diseño de un mortero con arcillas y cemento portland tipo I para su uso en impresoras 3d. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad Nacional de Chimborazo – Ecuador.

- Conrado, C. (2019). Las variaciones y su operacionalización en la investigación educativa. Artículo 15(69).
- Coronado, P. (2007). Escala de medición. Investigación, 104-125.
- Cuauro, R. (2014). Técnicas e instrumentos para la recolección de información en la investigación acción participante. Guía metodológica, (2), 1-6.
- Del Olmo, C. (1994). Los morteros - Control de calidad. Informes de la Construcción, 46(433), 57-73.
- Delgado, M. y Navas, A. (2011). Verificación de las Propiedades de Morteros de pega Indicadas en el Código Sísmico de Costa Rica 2020. Ingeniería, 21(2), 13-29.
- Elfer, H. (2020). Resistencia a compresión y capacidad de absorción del mortero al reemplazar agregado fino por ladrillo, cerámica y teja de arcilla reciclados - Cajamarca, 2020. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad Privada el Norte.
- Fernández, A., Morales, J. y Soto, F (2016). Evaluación del comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto con la aplicación del aditivo superplastificante PSP NLS. Revista ingeniería, 23(2), 197-203.
- Ferrer, L. y Llontop, K. (2020). Resistencia a la compresión del mortero con cemento sustituido por una combinación de polvo de concha mejillón y arcilla. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad Cesar Vallejo – Chimbote.

- Frías, S, Revuelta, M y Pacheco, C (2022), Análisis del ciclo de vida (ACV); de un cemento Producido con reemplazo de cascara de huevo y cascara de arroz- Colombia, artículo científico, Vol. 17.
- García, E. y Suárez, M. (2004). Las arcillas: Propiedades y usos, 1-25.
- Guevara, G, Hidalgo, C, Pizarro, M, Rodríguez, L (2012). Efectos de la variación agua/cemento en el concreto, Tecnología (25), 80-86.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2003). Proceso de investigación y los enfoques cuantitativos y cualitativos, hacia un modelo integral. Investigación, 1(18).
- Hernández, S. (2014). Metodología de la investigación 6o edición, México. Interamericana editores, 303.
- Hidalgo, A (2019). Técnicas estadísticas en el análisis cuantitativo de datos. Investigación, 15(1), 28-44.
- Hoyos, R. (2021). resistencia del mortero sustituyendo al cemento por cenizas de caña de azúcar (*saccharum officinarum*) y polvo de almeja (*semele sp*) - Chimbote - Ancash - 2021. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad Cesar Vallejo.
- José T, (2012). Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la republica dominicana, su impacto en la calidad y costos del hormigón, Ciencia y Sociedad (37), 293-334.

- Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, propiedad Intelectual e Industria. *CienciAmérica*, 3(1), 47-50.
- Moncaleano, C. (2021). Mejoramiento de un suelo granular por activación alcalina de residuos de vidrio y cal cáscara de huevo. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad de Federal do Rio Grande do Sul.
- Monje, C. (2011). Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativas. *Investigación*, 10(217).
- Navas, A. y Arias, E. (2015). Propiedades del Mortero Empacado en seco para pega de Bloques de Mampostería. *Ingeniería*, 25(2), 45-58.
- Norma Técnica, C. (2001). Agua para la Elaboración del concreto (NTC 3459).
- Norma Técnica, P. (2016). Cementos. Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de cemento Portland (NTP 334.057).
- Orlandini, G. (2010). Escala de medición en estadística. *Investigación*, 12(2) 243-247
- Ortiz, S. (2004). Guía de observación como método de estudio integral. *Investigación*, 75.
- Palella, S, y Martins, P. (2012). Metodología de la investigación cuantitativa. Editorial pedagógica experimental, 115.

- Peñalosa, A y Osorio, M. (2005). Elaboración de instrumentos de investigación. Investigación, 1-36.
- Pereda, B. (2017). Efecto de la clara de huevo en la resistencia a la compresión y capilaridad del mortero de cemento, arena y cal – Trujillo 2017. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad Cesar Vallejo.
- Quintana, P. (2020). la operacionalización de variables. Artículo 1(5).
- Ramos, F. (2020). Influencia de las cenizas del bagazo de caña de azúcar y cáscara de arroz en la resistencia a la compresión del mortero modificado. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad Cesar Vallejo.
- Reibán, D. (2017). Evaluación experimental de las características mecánicas de matrices cementicias con adición de cáscara de huevo pulverizado deshidratado y sus aplicaciones en la arquitectura. Tesis de título de arquitectura. Universidad Técnica Particular de Loja - Brasil.
- Rekalde, I, Vizcarra, M y Macazaga, A. (2014). La observación como estrategia de investigación para construir contextos de aprendizaje y fomentar procesos participativos. Artículo, 17(1), 199-220.
- Rodríguez, N. (2011). Diseños experimentales en educación. Revista de pedagogía 32(91), 147-158.

- Ruestas, J. (2021). Resistencia a la compresión del mortero, sustituyendo al cemento en un 20% y 25% por arcilla, Chimbote-2021. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad Cesar Vallejo.
- Salamanca, R. (2001). La tecnología de los morteros. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, (11), 41-48.
- Salazar, V. (2019). Identificación de agregados reactivos por medio petrográfico en las canteras de san marcos Cajamarca y su influencia en el concreto. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad Nacional de Ingeniería – Lima.
- Saldaña, J. (2018). 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. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad San Pedro – Chimbote.
- Santos, J., Malagón, P. y Córdoba, E. (2009). Caracterización de Arcillas y Preparación de Pastas Cerámicas para la Fabricación de Tejas y Ladrillos en la Región de Barichara, Santander. DYNA, 78(167), 53-61.
- Torres, P. (2016). Acerca de los enfoques cuantitativo y cualitativo en la investigación educativa cubana actual. Atenas, 2(34), 0-10.
- Torres, P. (2019). Deterioro del concreto armado por ataque del cloruro férrico. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad Nacional de Ingeniería – Lima.

- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación* 33(1), 155-165.
- Vásquez, M., Henkel, G., Legorrea, G., Barrientos, H. y Urbano, R (2021). Extracción de calcio en solución a partir de cáscara de huevo. *Tópico de investigación en ciencias de la tierra y materiales*, 8(8), 42-46.
- Viera, P y Acero, M. (2022), Diseño de un mortero a partir de la caracterización de cal producida y comercialización por 5 proveedores en Ecuador. *Artículo*, 5(2), 158-173.
- Zegarra, J. (2022). Resistencia a la compresión en mortero con cemento sustituido al 8 por ciento de ceniza de cáscara de arroz y 8 por ciento de concha de caracol calcinada en Chimbote. Tesis de título de ingeniero civil. Universidad Cesar Vallejo.

**ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables**

	<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO Y ARCILLA</b>	Polvo obtenido de la quema de la cáscara de huevo.	Se reemplazará el porcentaje del peso del cemento por polvo y arcilla.	Análisis químico.  Dosificación del polvo y arcilla.	Porcentaje de insumos químicos.  Porcentaje de polvo y arcilla.	mg.  g.
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION</b>	Caracterización del mortero patrón y de los morteros con adición de polvo de cáscara de huevo y arcilla.	Ensayo de laboratorio que se realizara al mortero en su estado endurecido aplicando fuerza axial a un área de contacto.	Ensayo de fluidez  Ensayo de compresión axial.	Diámetro de expansión inicial y final.  Aplicación de fuerza axial a un área de contacto.	cm.  kg/cm <sup>2</sup> .

**ANEXO 2: Matriz de consistencia**

<b>Caracterización del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023</b>					
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>METODOLOGIA</b>
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿Cuál es el comportamiento de la caracterización del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Determinar cuál es el comportamiento de la caracterización del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>El comportamiento de la caracterización del mortero con sustitución del cemento por cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.</p>	<p><b>Variable 1</b></p> <p>Ceniza de cáscara de huevo y arcilla</p>	<p>Agujas de Vicat</p> <p>Cantidad de vacíos (porosidad)</p> <p>Petrografía</p>	<p><b>Enfoque</b></p> <p>Cuantitativo</p> <p><b>Tipo</b></p> <p>Aplicado</p> <p><b>Diseño</b></p> <p>Experimental puro</p>
<p><b>Problemas Específicos</b></p> <p>¿Cuál es el comportamiento del fraguado con agujas de Vicat del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de</p>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>Determinar cuál es la variación del fraguado con agujas de Vicat del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de</p>	<p><b>Hipótesis Específicos</b></p> <p>La variación del fraguado con agujas de Vicat del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.</p>	<p><b>Variable 2</b></p> <p>Resistencia a la compresión</p>	<p>Ensayo de compresión axial</p>	

<p>huevo y arcilla, Chimbote, 2023?</p> <p>¿Cuál es el comportamiento de la resistencia a la compresión del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023?</p> <p>¿Cuál es el comportamiento de la cantidad de vacíos (porosidad) del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023?</p> <p>¿Cuál es el comportamiento de la petrografía del mortero con sustitución del</p>	<p>huevo y arcilla, Chimbote, 2023.</p> <p>Determinar cuál es la variación de la resistencia a la compresión del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.</p> <p>Determinar cuál es la variación de la cantidad de vacíos (porosidad) del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.</p> <p>Determinar cuál es la variación de la petrografía del mortero con sustitución del</p>	<p>La variación de la resistencia a la compresión del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.</p> <p>La variación de la cantidad de vacíos (porosidad) del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.</p> <p>La variación de la petrografía del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.</p>			
--	---	---	--	--	--

cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023?	cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.				
--	--	--	--	--	--

> Turnitin sem 4 

Título del trabajo	Cargado	Nota	Similitud
Caracterización del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla, Chimbote, 2023.	24 Nov 2023 19:53 -05	-	 19%   

## ANEXO 3: Estudios.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 15 de marzo del 2023  
**INFORME N° 84 - MAR-23**

**Solicitante:** Churano Maguiña Miguel Angel - Universidad César Vallejo  
Chavarría Sevilla Pamela Lysette – Universidad César Vallejo

**RUC/DNI:** -----

**Supervisor:** .....

Danny M. Chávez Novoa  
ING. MATERIALES  
R. CIP. 84953

### 1. MUESTRA: Arcilla (1. gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	A-84M	44.3 mg	-----

### 2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

### 3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 44.3 mg.

LABORATORIO DE POLÍMEROS UNTR  
JEFATURA  
UNT

**Jefe de Laboratorio:**

Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:**

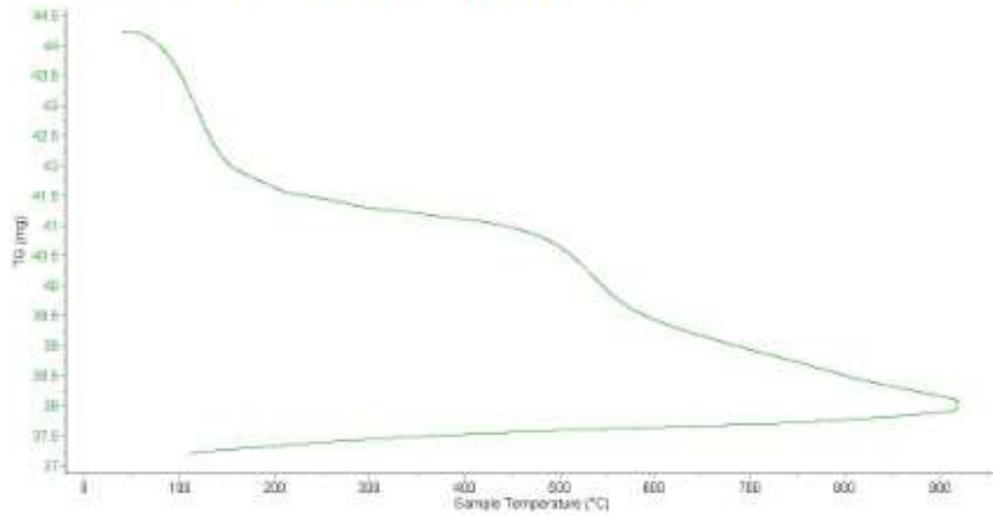
Ing. Danny Chávez Novoa



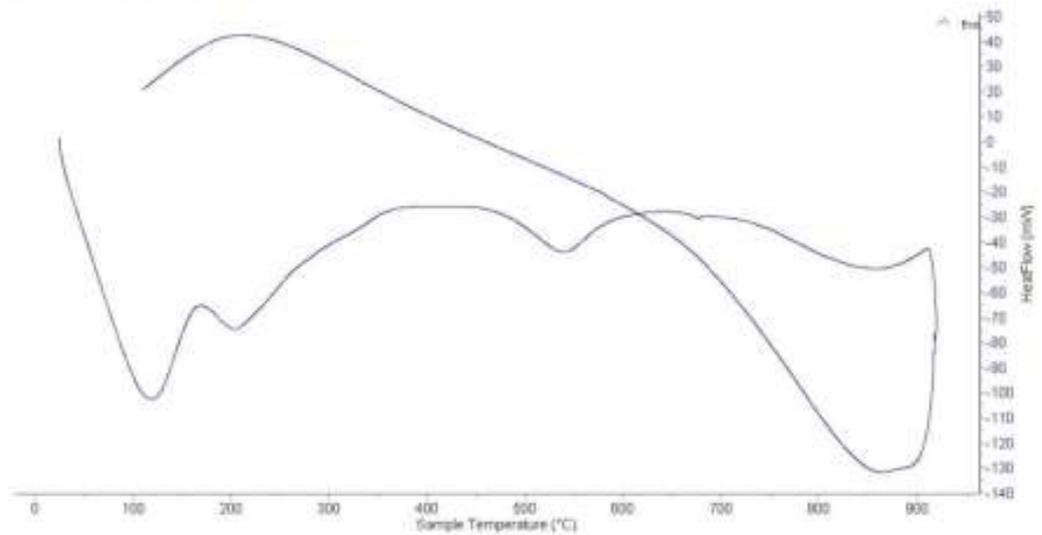
Trujillo, 15 de marzo del 2023  
INFORME N° 84 - MAR-23

4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica ATD





Trujillo, 15 de marzo del 2023  
**INFORME N° 84 - MAR-23**

#### 5. CONCLUSION:

1. Según el análisis térmico TGA se muestra dos importantes caídas de la masa del material al aumentar de la temperatura, la primera se manifiesta entre 80 y 120°C, y la segunda se da entre 480 y 540; en otros rangos de temperatura la caída de la masa es lenta, el material llega a perder en total aproximadamente 14 % de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra algunos picos de absorción térmica, la primera a 110°C, la segunda a 200°C, la tercera, a 540°C, y finalmente una banda endotérmica entre 800 y 900 °C lo cual podría suponer cambios estructurales que conducen a modificaciones en las propiedades del material en cada uno de estas temperaturas.



Danny M. Chávez Novoa  
ING. MATERIALES  
R. CIP. 84953

Trujillo, 15 de marzo del 2023



Ing. Danny Mesias Chávez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros  
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT



Trujillo, 15 de marzo del 2023  
**INFORME N° 83 - MAR 23**

**Solicitante:** Churano Maguiña Miguel Angel - Universidad César Vallejo  
Chavarria Sevilla Pamela Lysette - Universidad César Vallejo

**RUC/DNI:** .....

**Supervisor:** .....



Danny M. Chávez Novoa  
ING. MATERIALES  
R. CIR. 84953

**1. MUESTRA:** Cáscara de huevo (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CH 23M	31.8 mg	.....

**2. ENSAYOS A APLICAR**

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

**3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES**

- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 1000 °C.
- Masa de muestra analizada: 31.8 mg.



**Jefe de Laboratorio:** Ing. Danny Chávez Novoa

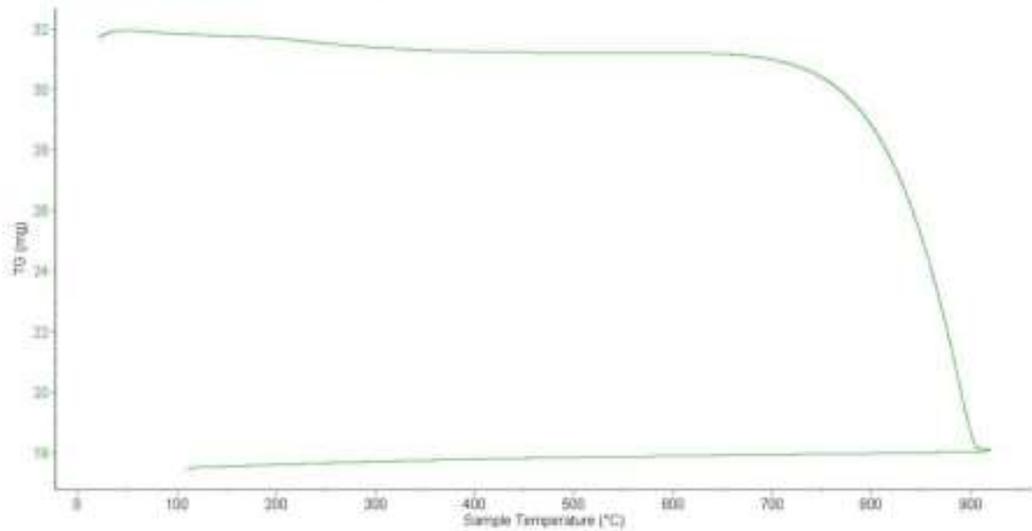
**Analista responsable:** Ing. Danny Chávez Novoa



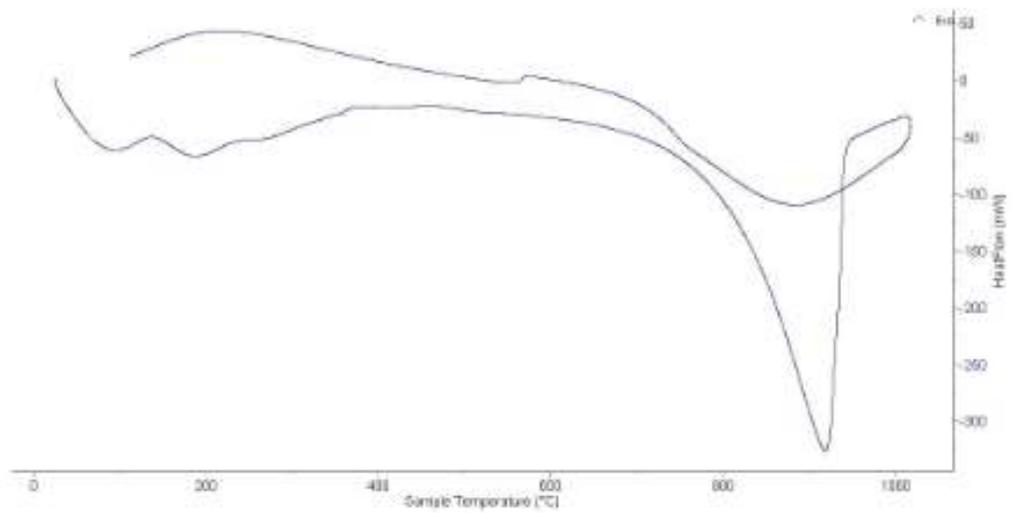
Trujillo, 15 de marzo del 2023  
INFORME N° 83 - MAR 23

Denny M. Chávez Novoa  
ING. MATERIALES  
R. CIP 84953

4. Resultados:  
I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica ATD

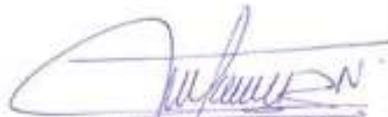




Trujillo, 15 de marzo del 2023  
**INFORME N° 83 - MAR 23**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una importante estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 700°C después del cual el material comienza a descomponerse y como consecuencia de ello llega a perder un total de 44% de su masa inicial cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un importante pico de absorción térmico intenso a aproximadamente 910°C indicando un posible cambio de fase y cambio en las características del material.



Danny M. Chávez Novoa  
ING. MATERIALES  
R. CIP. 84953

Trujillo, 15 de marzo del 2023



Ing. Danny Mejías Chayez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros  
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

**Informe N°01-LAQ/2023**

**Análisis de arcilla calcinada por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de arcilla calcinada a pedido de la Srta. Bach. **Chavarría Sevilla, Pamela Lysette** y del Sr. Bach. **Churano Maguifia, Miguel Ángel**, egresados de la Universidad César Vallejo, sede Chimbote, como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Caracterización del Mortero con Sustitución del Cemento por Polvo de Cáscara de Huevo y Arcilla, Chimbote, 2023.”**

La muestra fue previamente calcinada a 540°C durante 90 min y se encuentra en forma de polvo fino de color ladrillo.

**Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15  $\mu$ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 406 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 5 cm y distancia de muestra a detector de 1.8 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 2430 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico  $Z$  igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos excitados. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor del número atómico  $Z$  y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los rayos-X de Na ( $Z=11$ ) y Mg ( $Z=12$ ) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X primarios en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del





## UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

### FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Laboratorio de Arqueometría

tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE registran radiación secundaria y poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por los átomos de la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio, selenio, bromo y rubidio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X primarios que emite la fuente y su interacción con la muestra, y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

#### Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de la muestra de arcilla calcinada. La línea roja representa el espectro experimental y la curva de color azul representa el espectro calculado. El rango de energías es de 1 a 16 keV que es el rango de interés en este estudio. En los espectros se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, que es el de menor energía, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento presente y la energía del rayo-X.







**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

Tabla 1. Composición elemental de la arcilla calcinada en términos de óxidos en % de la masa total.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.925	15.058
SiO <sub>2</sub>	62.146	72.408
SO <sub>2</sub>	0.194	0.226
ClO <sub>2</sub>	0.185	0.215
K <sub>2</sub> O	2.550	2.971
CaO	1,451	1.691
TiO <sub>2</sub>	0.506	0.589
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.014	0.017
MnO	0.139	0.162
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.574	6.495
CuO	0.016	0.019
ZnO	0.046	0.054
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.019	0.022
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.008	0.009
Rb <sub>2</sub> O	0.016	0.019
SrO	0.020	0.023
ZrO <sub>3</sub>	0.018	0.022
<b>Total</b>	<b>85.827</b>	<b>100.00</b>

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 17 de abril del 2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**

**Laboratorio de Arqueometría**

**Informe N°02-LAQ/2023**

**Análisis de ceniza de cáscara de huevo por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de cáscara de huevo a pedido de la Srta. Bach. **Chavarría Sevilla, Pamela Lysette** y del Sr. Bach. **Churano Maguiña, Miguel Ángel**, egresados de la Universidad César Vallejo, sede Chimbote, como parte de su proyecto de tesis titulada:

**"Caracterización del Mortero con Sustitución del Cemento por Polvo de Cáscara de Huevo y Arcilla, Chimbote, 2023."**

La muestra fue previamente calcinada a 910°C durante 4 horas y se encuentra en forma de granos gruesos de color negro y blanco.

**Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10  $\mu$ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 422 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 5 cm y distancia de muestra a detector de 1.8 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 2420 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos excitados. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor del número atómico Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los rayos-X de Na (Z=11) y Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X primarios en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del





**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE registran radiación secundaria y poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por los átomos de la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio, selenio, bromo y rubidio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X primarios que emite la fuente y su interacción con la muestra, y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

**Resultados.**

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de la muestra de ceniza de cáscara de huevo. La línea roja representa el espectro experimental y la curva de color azul representa el espectro calculado. El rango de energías es de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En los espectros se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, que es el de menor energía, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento presente y la energía del rayo-X.





La Tabla 1 muestra los resultados del análisis cuantitativo de esta ceniza de cáscara de huevo. Las concentraciones de los elementos identificados se dan en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación al aire libre a alta temperatura, en porcentajes de la masa total de una muestra que contiene óxidos. La suma en términos de contenido de óxidos es menor que 100%. Se puede deber a que el equipo usado no identifica los elementos Na ni Mg. También es posible que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes de óxidos y/o hay una ligera deficiencia en la calibración del instrumento. Luego, estos porcentajes son normalizados al 100%. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

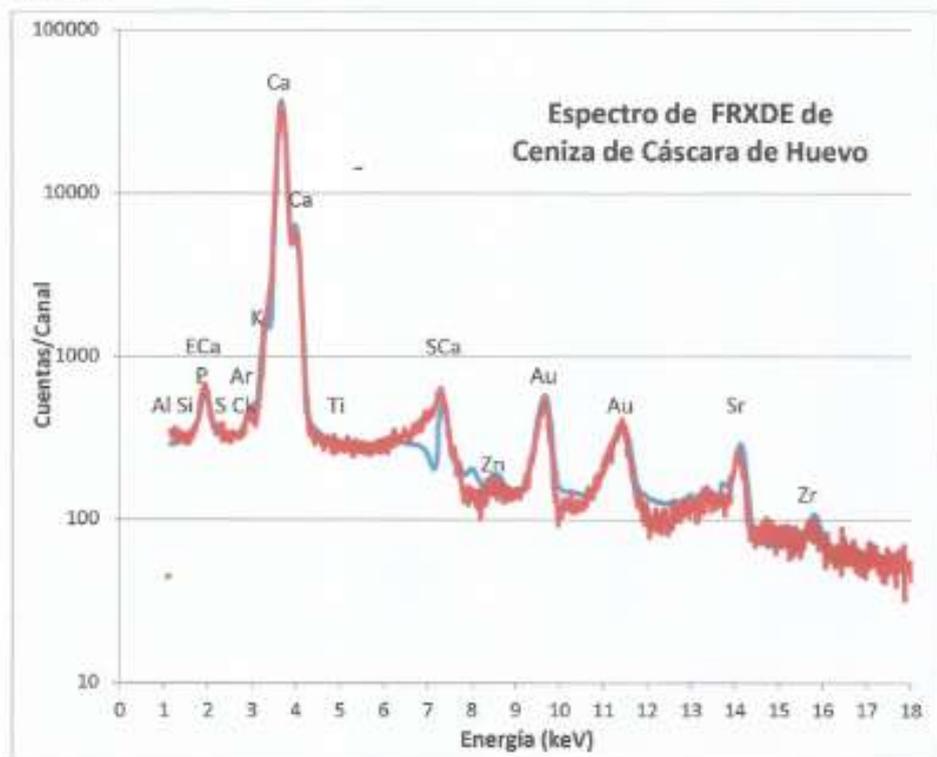


Figura 1. Espectro de FRXDE de la muestra de ceniza de cáscara de huevo en escala semi-logarítmica. El espectro experimental se muestra en curva de color rojo y el calculado en curva de color azul. Se observan los rayos-X de argón del aire y de oro que provienen de la fuente de rayos-X. Así como el pico de escape de Ca y los picos suma de Ca.





**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

Tabla 1. Composición elemental de la ceniza de cáscara de huevo en términos de óxidos en % de la masa total.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.935	5.883
SiO <sub>2</sub>	14.144	16.859
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.225	0.268
SO <sub>2</sub>	0.270	0.322
ClO <sub>2</sub>	0.259	0.308
K <sub>2</sub> O	2.380	2.837
CaO	61.541	73.353
TiO <sub>2</sub>	0.022	0.026
ZnO	0.009	0.010
SrO	0.108	0.128
ZrO <sub>2</sub>	0.005	0.006
<b>Total</b>	<b>83.898</b>	<b>100.00</b>

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 17 de abril del 2023



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



### INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : CHURANO MAGUIÑA MIGUEL - CHAVARRIA SEVILLA PAMELA  
 Obra : CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO Y ARCILLA, CHIMBOTE  
 Ubicación : CHIMBOTE  
 Asunto : Ensayo para determinar el tiempo de fraguado del cemento hidráulico, usando la aguja de Vicat.  
 Expediente N° : 23-0827  
 Recibo N° : 80453  
 Fecha de emisión : 8/05/2023

1. DE LA MUESTRA : Muestras de pasta elaboradas con cemento SOL TIPO I, CÁSCARA DE HUEVO (POLVO) y ARCILLA (POLVO), con la siguiente dosificación proporcionada por el solicitante:

	Pesos (g)					
	D-1 (Patrón)	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6
Cemento	650.0	630.5	617.5	604.5	591.5	578.5
Cáscara de Huevo en polvo	0.0	4.9	8.1	11.4	14.6	17.9
Arcilla en Polvo	0.0	14.6	24.4	34.1	43.9	53.6
Agua	176.3	174.2	176.1	177.6	177.6	178.6

2. DEL EQUIPO : Aparato de Vicat (Manual)  
 Certificado de calibración: TC-16475-2021

3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de Referencia NTP 334.006 (ASTM C 191) Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico con aguja de Vicat

4. RESULTADOS :

MUESTRA	FRAGUADO INICIAL Método A (min)	FRAGUADO FINAL Método A (min)
D-1	135	166
D-2	132	173
D-3	145	185
D-4	144	203
D-5	143	202
D-6	133	173

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mg. Ing. M. A. Tejada S.  
 Técnico : Tec. M.M.Q.



NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381 - 3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO**  
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH. CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
BACH. CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL  
TESIS : CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR POLVO DE CASCARA  
DE HUEVO Y ARCILLA, CHIMBOTE, 2023.  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : VESIQUE  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 23/06/2023

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu	% Que pase
Nº	Abert. (mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0
Nº 4	4.75	0.0	0.0	100.0
Nº 8	2.36	27.50	4.0	96.0
Nº 16	1.18	123.75	18.0	78.0
Nº 30	0.60	192.50	28.0	50.0
Nº 60	0.30	151.25	22.0	28.0
Nº 100	0.15	134.00	19.5	8.5
Nº 200	0.08	51.50	7.5	1.0
PLATO	ASTM C-117-04	6.88	1.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>687.5</b>	<b>100.0</b>	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.39

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante





**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE  
MORTERO-EXPERIMENTAL-3%  
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : BACH. CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
BACH. CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL  
TESIS : CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR POLVO DE CASCARA  
DE HUEVO Y ARCILLA, CHIMBOTE, 2023.  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 23/06/2023  
RELACION A/C : 0.485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
20.40	20.99	10.16	106.55
21.40			
21.54			
20.60			

**OBSERVACIÓN** La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE  
MORTERO-EXPERIMENTAL-5%  
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : BACH. CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
BACH. CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL  
TESIS : CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR POLVO DE CASCARA  
DE HUEVO Y ARCILLA, CHIMBOTE, 2023.  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 23/05/2023  
RELACION A/C : 0.485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
21.30	21.01	10.16	106.79
21.40			
20.84			
20.50			

**OBSERVACIÓN** La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE  
MORTERO-EXPERIMENTAL-7%  
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : BACH. CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
BACH. CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL  
TESIS : CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR POLVO DE CASCARA  
DE HUEVO Y ARCILLA, CHIMBOTE, 2023.  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 23/06/2023  
RELACION A/C : 0.485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
18.30	18.29	10.16	79.97
17.90			
18.24			
18.70			

**OBSERVACIÓN** La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE  
MORTERO-EXPERIMENTAL-9%  
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : BACH. CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
BACH. CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL  
TESIS : CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR POLVO DE CÁSCARA  
DE HUEVO Y ARCILLA, CHIMBOTE, 2023.  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 23/09/2023  
RELACION A/C : 0.485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
16.40	16.05	10.16	58.07
15.70			
15.24			
15.90			

**OBSERVACIÓN** La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
Ing. Miguel Solar Jara  
DIRECTOR  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE  
MORTERO-EXPERIMENTAL-11%  
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : BACH. CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
BACH. CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL  
TESIS : CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR POLVO DE CASCARA  
DE HUEVO Y ARCILLA, CHIMBOTE, 2023.  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 23/08/2023  
RELACION AC : 0.485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.38	13.26	10.16	30.46
13.50			
13.54			
13.60			

**OBSERVACIÓN** La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
Chimbote  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO  
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : BACH. CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
BACH. CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL  
TESIS : CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR PCLVO DE CASCARA  
DE HUEVO Y ARCILLA, CHIMBOTE, 2023.  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : VESIQUE  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 23/06/2023

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua gr.	669.20	669.20
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B) cm <sup>3</sup>	969.20	969.20
D	Peso de picnometro + agua + material gr.	859.10	859.10
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D) cm <sup>3</sup>	110.10	110.10
F	Peso de material seco en estufa gr.	297.80	297.80
G	Volumen de masa (E-(A-F))	107.90	107.90
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.705	2.705
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.725	2.725
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.760	2.760
K	Absorción (%) ((D-A)/A)x100	0.74	0.74

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.705  
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.725  
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.760  
Absorción (%) : 0.74

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
Ing. Miguel Solar Jara  
DIRECTOR  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO  
(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH. CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
BACH. CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL  
TESIS : CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR POLVO DE CASCARA  
DE HUEVO Y ARCILLA, CHIMBOTE, 2023.  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : VESIQUE  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 23/08/2023

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	725.5	546.6
TARA + SUELO SECO (gr)	721.3	544.3
PESO DEL AGUA (gr)	4.2	2.3
PESO DE LA TARA (gr)	167.7	209.7
PESO DEL SUELO SECO (gr)	553.6	334.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.76	0.69
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.72	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**  
(ASTM C29 / C29M - 09)

SOLICITA : BACH. CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
BACH. CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL  
TESIS : CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR POLVO DE CASCARA  
DE HUEVO Y ARCILLA, CHIMBOTE, 2023.  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
CANTERA : VESIQUE  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 23/06/2023

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7700	7750	7700
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4374	4424	4374
Volumen de molde	2780	2780	2780
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1573	1591	1573
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1579		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1588		

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	8300	8350	8300
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4974	5024	4974
Volumen de molde	2780	2780	2780
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1789	1807	1789
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )	1795		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1782		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm**  
(ASTM C 109)

SOLICITA : BACH. CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
BACH. CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL  
TESIS : CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR POLVO DE CASCARA  
DE HUEVO Y ARCILLA, CHIMBOTE, 2023.  
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
FECHA : 23/06/2023

TESTIGO	FECHA DE ROTURA	Peso Mostrita (gr)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Longitud (a) (cm)	Longitud (b) (cm)	Longitud (c) (cm)	Area (a*b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia F <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	
N°	ELEMENTO									
01	PATRON 3 DIAS	1/06/2023	289.4	2.208	5.08	5.08	5.08	25.81	6261.00	242.61
02	PATRON 3 DIAS	1/06/2023	261.8	1.995	5.08	5.08	5.08	25.81	5455.00	211.38
03	PATRON 7 DIAS	1/06/2023	299.2	2.282	5.08	5.08	5.08	25.81	6273.00	243.08
04	PATRON 7 DIAS	1/06/2023	261.5	1.995	5.08	5.08	5.08	25.81	5815.00	225.33
05	PATRON 28 DIAS	7/06/2023	310.3	2.367	5.08	5.08	5.08	25.81	5715.00	207.08
06	PATRON 28 DIAS	7/06/2023	315.8	2.409	5.08	5.08	5.08	25.81	6372.00	254.67

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
ESCALA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm-EXPERIMENTAL-3%  
(ASTM C 109)

SOLICITA : BACH. CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
BACH. CHURANO MAGUEÑA MIGUEL ANGEL  
TESIS : CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR POLVO DE CASCARA  
DE HUEVO Y ARCILLA, CHIMBOTE, 2023.  
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
FECHA : 23/08/2023

N°	TESTIGO ELEMENTO	FECHA DE ROTURA	Peso	Densidad	Longitud	Longitud	Longitud	Area	Carga	Resistencia
			Muestra (gr)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(a) (cm)	(b) (cm)	(c) (cm)	(a*b) (cm <sup>2</sup> )	Máxima (kg)	(kg/cm <sup>2</sup> )
01	EXPERIMENTAL 3 DIAS	1/06/2023	297.7	2.271	5.08	5.08	5.08	25.81	4970.00	192.59
02	EXPERIMENTAL 3 DIAS	1/06/2023	299.9	2.288	5.08	5.08	5.08	25.81	5826.00	225.76
03	EXPERIMENTAL 7 DIAS	1/06/2023	297.8	2.272	5.08	5.08	5.08	25.81	5221.00	202.31
04	EXPERIMENTAL 7 DIAS	1/06/2023	295.6	2.255	5.08	5.08	5.08	25.81	7350.00	284.81
05	EXPERIMENTAL 28 DIAS	7/06/2023	307.4	2.345	5.08	5.08	5.08	25.81	3271.00	126.75
06	EXPERIMENTAL 28 DIAS	7/06/2023	302.5	2.307	5.08	5.08	5.08	25.81	4607.00	178.52

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm-EXPERIMENTAL-5%  
(ASTM C 109)

SOLICITA : BACH. CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
BACH. CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL  
TESIS : CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR POLVO DE CASCARA  
DE HUEVO Y ARCILLA, CHIMBOTE, 2023.  
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
FECHA : 23/08/2023

N°	TESTIGO ELEMENTO	FECHA DE ROTURA	Peso	Densidad	Longitud	Longitud	Longitud	Area	Carga	Resistencia
			Muestra (gr)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(a) (cm)	(b) (cm)	(c) (cm)	(a*b) (cm <sup>2</sup> )	Máxima (kg)	Cc. (kg/cm <sup>2</sup> )
01	EXPERIMENTAL 3 DIAS	1/06/2023	292.5	2.231	5.08	5.08	5.08	25.81	9322.00	361.23
02	EXPERIMENTAL 3 DIAS	1/06/2023	302.0	2.304	5.08	5.08	5.08	25.81	7527.00	291.67
03	EXPERIMENTAL 7 DIAS	1/06/2023	296.4	2.261	5.08	5.08	5.08	25.81	9214.00	357.04
04	EXPERIMENTAL 7 DIAS	1/06/2023	300.3	2.291	5.08	5.08	5.08	25.81	8466.00	328.06
05	EXPERIMENTAL 28 DIAS	7/06/2023	305.3	2.329	5.08	5.08	5.08	25.81	8462.00	327.90
06	EXPERIMENTAL 28 DIAS	7/06/2023	311.0	2.372	5.08	5.08	5.08	25.81	9193.00	356.23

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm-EXPERIMENTAL-7%**  
(ASTM C 109)

SOLICITA : BACIL CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
BACH. CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL

TESIS : CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR POLVO DE CASCARA  
DE HUEVO Y ARCILLA, CHIMBOTE, 2023.

LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
FECHA : 23/06/2023

TESTIGO	FECHA DE ROTURA	Peso Muestra (gr)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Longitud (a) (cm)	Longitud (b) (cm)	Longitud (c) (cm)	Area (a*b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia fc (kg/cm <sup>2</sup> )
01 EXPERIMENTAL 3 DIAS	1/06/2023	310.5	2.368	5.08	5.08	5.08	25.81	8549.00	331.27
02 EXPERIMENTAL 3 DIAS	1/06/2023	280.4	2.139	5.08	5.08	5.08	25.81	7865.00	304.77
03 EXPERIMENTAL 7 DIAS	1/06/2023	283.9	2.166	5.08	5.08	5.08	25.81	7808.00	302.56
04 EXPERIMENTAL 7 DIAS	1/06/2023	280.6	2.140	5.08	5.08	5.08	25.81	4908.00	190.19
05 EXPERIMENTAL 28 DIAS	7/06/2023	294.0	2.243	5.08	5.08	5.08	25.81	5731.00	222.68
06 EXPERIMENTAL 28 DIAS	7/06/2023	295.7	2.256	5.08	5.08	5.08	25.81	4896.00	189.72

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm-EXPERIMENTAL-9%**  
(ASTM C 109)

SOLICITA : BACH. CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
BACH. CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL  
TESIS : CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR POLVO DE CASCARA  
DE HUEVO Y ARCILLA, CHIMBOTE, 2023.  
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
FECHA : 23/06/2023

TESTIGO	FECHA DE ROTURA	Peso Muestra (gr)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Longitud (a) (cm)	Longitud (b) (cm)	Longitud (c) (cm)	Area (a*b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	
Nº ELEMENTO										
01	EXPERIMENTAL 3 DIAS	1/06/2023	278.4	2.124	5.08	5.08	5.08	25.81	5640.00	218.55
02	EXPERIMENTAL 3 DIAS	1/06/2023	278.6	2.125	5.08	5.08	5.08	25.81	7911.00	306.55
03	EXPERIMENTAL 7 DIAS	1/06/2023	284.9	2.173	5.08	5.08	5.08	25.81	7922.00	306.98
04	EXPERIMENTAL 7 DIAS	1/06/2023	284.9	2.173	5.08	5.08	5.08	25.81	5221.00	202.31
05	EXPERIMENTAL 28 DIAS	7/06/2023	316.2	2.412	5.08	5.08	5.08	25.81	4762.00	165.15
06	EXPERIMENTAL 28 DIAS	7/08/2023	315.9	2.410	5.08	5.08	5.08	25.81	3825.00	148.22

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm-EXPERIMENTAL-11%**  
(ASTM C 109)

SOLICITA : BACH. CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
BACH. CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL  
TESIS : CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR POLVO DE CASCARA  
DE HUEVO Y ARCILLA, CHIMBOTE, 2023.  
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
FECHA : 23/06/2023

TESTIGO	FECHA DE ROTURA	Peso Muestra (g)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Longitud (a) (cm)	Longitud (b) (cm)	Longitud (c) (cm)	Area (a*b) (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Fc (kg/cm <sup>2</sup> )	
Nº ELEMENTO										
01	EXPERIMENTAL 3 DIAS	1/06/2023	286.3	2.184	5.08	5.08	5.08	25.81	6211.00	240.68
02	EXPERIMENTAL 3 DIAS	1/06/2023	288.9	2.051	5.08	5.08	5.08	25.81	4232.00	163.99
03	EXPERIMENTAL 7 DIAS	1/06/2023	293.5	2.238	5.08	5.08	5.08	25.81	6273.00	243.08
04	EXPERIMENTAL 7 DIAS	1/06/2023	296.4	2.261	5.08	5.08	5.08	25.81	4908.00	190.19
05	EXPERIMENTAL 28 DIAS	7/06/2023	306.6	2.336	5.08	5.08	5.08	25.81	5194.00	201.27
06	EXPERIMENTAL 28 DIAS	7/06/2023	308.3	2.352	5.08	5.08	5.08	25.81	5873.00	227.58

  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
**Ing. Miguel Solar Jara**  
DIRECTOR  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

## Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



### INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales  
 A : CHURRANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL, CHAVARRIA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
 Obra : CARACTERIZACIÓN DEL MORTERO CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO Y ARCILLA, CHIMBOTE, 2023  
 Ubicación : CHIMBOTE  
 Asunto : Ensayo para determinar la densidad, absorción y vacíos en mortero endurecido.  
 Expediente N° : 23-1143  
 Recibo N° : 80767  
 Fecha de emisión : 04/07/23

1. DE LA MUESTRA : Muestras cilíndricas de mortero endurecido, elaboradas: Patrón sin reemplazo de cemento (0% polvo de arcilla, 0% polvo de cáscara de huevo), y con reemplazo de 5% de cemento (3.75% polvo de arcilla, 1.25% polvo de cáscara de huevo). Proporción cemento/arena 1/3.

2. MÉTODO DEL ENSAYO : Normas de referencia: NTP 339.187 "Método de ensayo para determinar la densidad, absorción y porcentaje de vacíos en concreto endurecido".

### 3. RESULTADOS

Ensayo de la determinación de la densidad, absorción de agua y vacíos en concreto endurecido

	PATRÓN			REEMPLAZO		
	P-1	P-2	P-3	R-1	R-2	R-3
% ABSORCIÓN DESPUES DE INMERSIÓN	3.87	3.68	3.95	3.89	4.77	3.47
% ABSORCIÓN DESPUES DE INMERSIÓN Y EBULLICIÓN	4.29	4.01	4.27	4.26	5.10	3.84
DENSIDAD GLOBAL (BRUTA) SECA	2.20	2.20	2.19	2.16	2.13	2.16
DENSIDAD GLOBAL (BRUTA) DESPUES DE INMERSIÓN	2.28	2.28	2.27	2.24	2.23	2.25
DENSIDAD GLOBAL (BRUTA) DESPUES DE INMERSIÓN Y EBULLICIÓN	2.28	2.29	2.28	2.25	2.24	2.26
DENSIDAD APARENTE	2.42	2.41	2.41	2.38	2.39	2.38
% VOLUMEN DE VACIOS (ESPACIO DE POROS PERMEABLES)	8.23	8.61	8.33	8.20	10.88	8.36

### 4. OBSERVACIONES:

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Mag. Ing. M.A. Tejada S.  
 Técnico : Sr. J.J.O.



Ing. Oscar Miranda Hospital  
 Jefe (e) del laboratorio

### NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



**UNI-LEM**  
 La Calidad es nuestro compromiso  
 Laboratorio Certificado ISO 9001

Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25  
 apartado 1301 - Perú  
 (511) 381 - 3343  
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe  
 lem@uni.edu.pe  
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica  
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica  
Laboratorio N° 8 - Geología Aplicada

## ESTUDIO PETROGRÁFICO MACROSCÓPICO DE 01 MUESTRA DE CONCRETO

Según Norma ASTM C856  
(Práctica Estándar para el examen petrográfico de  
hormigón endurecido)

SOLICITADO POR:

CHAVARRÍA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL

LABORATORIO N° 8  
GEOLOGÍA APLICADA

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Lima, julio del 2023

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú  
Central telefónica 4511070 Anexo 4209  
Email: laboratorio\_geologia@uni.edu.pe crojas@uni.edu.pe  
<http://www.figmm.uni.edu.pe>





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica  
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica  
Laboratorio N° 8 - Geología Aplicada

## INFORME GA23 07

### ESTUDIO PETROGRÁFICO MACROSCÓPICO DE CONCRETO Según Norma ASTM C856

**SOLICITADO:** CHAVARRÍA SEVILLA PAMELA LYSETTE  
CHURANO MAGUIÑA MIGUEL ANGEL

**PROYECTO:** "Caracterización del mortero con sustitución del cemento por polvo de cáscara de huevo y arcilla."

**UBICACIÓN:** Chimbote, Ancash.

**FECHA:** Lima, 11 de julio del 2023.

#### MUESTRA: M-1

#### DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Muestra de mortero cuyos agregados finos constan principalmente de feldespatos (45%), cuarzo (25%), granitoides (20%), biotita y homblenda (10%). Sus morfologías son subangulosas con dimensiones promedio menores a 1 mm, llegando en algunos casos a los 2 mm. Los agregados poseen una distribución regular y mala clasificación. El color de la matriz es blanquecino, y en parte, los agregados desprendidos dejan una capa fina y nacarada al contacto con ella. Se observan vacíos de aire semiesféricos < 1 mm (< 2% en volumen).



#### MUESTRA: M-1

##### Foto 1

Imagen del concreto analizado, se observa el color natural y vacíos de aire a lo largo de la superficie expuesta.

Carlos Rojas León  
Ing. Geólogo - CIP 243891

Jefe (e) Laboratorio N° 8 de Geología Aplicada



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú  
Central telefónica 4811070 Anexo 4209  
Email: laboratorio\_geologia@uni.edu.pe crjpsl@uni.edu.pe  
http://www.fgmm.uni.edu.pe





# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica  
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica  
Laboratorio N° 8 - Geología Aplicada



## MUESTRA: M-1

### Foto 2

Imagen de la distribución de los vacíos de aire y agregado desprendido en el sector inferior medio.

### Foto 3

Otra vista de la muestra en altos aumentos. Se aprecian los componentes del agregado, los que en mayoría poseen dimensiones menores al milímetro y en parte, desprendidos de la matriz fina, dejando una superficie nacarada y suave. Nótese que la matriz aparece levemente desmenuzada.

### Foto 4

Imagen similar a la anterior, con vacíos de aire subsféricos.



Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Perú  
Central telefónica 4611070 Anexo 4209  
Email: laboratorio\_geologia@uni.edu.pe crojas@uni.edu.pe  
<http://www.fgmm.uni.edu.pe>



Engineering  
Accreditation  
Commission

**ANEXO 4: Panel fotográfico.**

**Extracción de arcilla – Caraz Yuracoto**



## Proceso de la arcilla







## Ensayo de agujas de Vicat



Tamizado del cemento



Pesado de insumos



Etapa de mezclado



Proceso de elaboración del espécimen para el ensayo de tiempo de fraguado



Medición de la penetración de la aguja de Vicat



Fin del ensayo de tiempo de fragua

### Ensayo de vacíos (Porosidad)



Elaboración de las probetas



Corte de las probetas



Puesta al horno por 24 horas



Pesado después de sacar del horno



**Proceso de ebullición**

### **Resistencia a la compresión del mortero**





