

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia a la compresión y permeabilidad de mortero  
con 45% de sustitución del cemento por arcilla y concha de  
abanico, Chimbote 2021**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**Autor:**

Carlos Colonia Luis Roberto  
Código ORCID: 0009-0008-4114-391

**Asesor:**

Castañeda Gamboa Rogelio Fermín  
Código ORCID: 0000-0002-6961-7418

Chimbote - Perú

2021

## INDICE GENERAL

INDICE GENERAL .....	i
INDICE DE TABLAS .....	ii
INDICE DE FIGURA.....	iv
PALABRAS CLAVES:.....	vi
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD .....	vii
TITULO.....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	24
III. RESULTADOS .....	30
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN .....	41
V. CONCLUSIONES .....	48
VI. RECOMENDACIONES.....	50
VII. AGRADECIMIENTOS .....	51
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	52
IX. ANEXOS .....	58

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°</b>	<b>Paginas N°</b>
<b>Tabla 1.</b> composición química del cemento portland tipo I.....	4
<b>Tabla 2.</b> Granulometría de arena Gruesa .....	5
<b>Tabla 3.</b> Parámetros mínimos de agua .....	6
<b>Tabla 4.</b> Índices de plasticidad.....	8
<b>Tabla 5.</b> Superficies específicas de algunas Arcillas. ....	9
<b>Tabla 6.</b> Composición química de la arcilla caolinita.....	13
<b>Tabla7.</b> Composición química de la CCA, según (Julian et al.,2016).....	16
<b>Tabla 8.</b> Operacionalización de variable resistencia la compresión .....	21
<b>Tabla 9.</b> Operacionalización de variable, Permeabilidad.....	22
<b>Tabla 10.</b> .....	22
Operacionalización de variable Independiente .....	22
<b>Tabla 11.</b> Números de unidades de morteros para ensayo a compresión .....	25
<b>Tabla 12.</b> Numero de especímenes para ensayo Permeabilidad .....	25
<b>Tabla 13.</b> Técnicas e Instrumentos.....	26
<b>Tabla 14.</b> Diseño de mezcla para la elaboración de morteros.....	29
<b>Tabla 15.</b> Gradación de Arena Natural (Cantera Rubén).....	29
<b>Tabla 16.</b> Límites de Attemberg de Arcilla de Cochabamba.....	30
<b>Tabla17.</b> Composición Química de AC .....	33

<b>Tabla 18.</b> Diseño de mezcla en peso para el ensayo de fluidez en mortero control .	34
<b>Tabla 19.</b> Diseño de mezcla en peso para el ensayo de fluidez en mortero experimental.....	34
<b>Tabla 20.</b> Fluidez de la mezcla de mortero de control y experimental .....	35
<b>Tabla 21.</b> Pesos promedios después del curado mortero control y experimental .....	35
<b>Tabla 22.</b> Resistencia a compresión del mortero control.....	36
<b>Tabla 23.</b> Resistencia a compresión de Mortero Experimental .....	36
<b>Tabla 24. Permeabilidad del mortero de Control y Experimental.....</b>	38
<b>Tabla 25.</b> Prueba ANOVA de unidades de resistencias a compresión de mortero...	39
<b>Tabla 26.</b> Prueba ANOVA de las resistencias a compresión promedios del mortero .....	39
<b>Tabla 27.</b> Prueba ANOVA de las resistencias de mortero control y experimental a 28 días de curado .....	40
<b>Tabla 28.</b> Prueba ANOVA de Mortero Control y experimental de la Permeabilidad a 28 días .....	40

## INDICE DE FIGURA

<b>Figura N°</b>	<b>Paginas N°</b>
<i>Figura 1.</i> Estructura atómica de capa octaédrica (Murray, 2007).....	9
<i>Figura 2.</i> Estructura tetraédrica (Murray,2007).....	10
<i>Figura 3.</i> Estructura de la caolinita (Grim,1962).....	10
<i>Figura 4.</i> Análisis Térmico Diferencial de Arcilla comunes. ....	11
<i>Figura 5.</i> Variaciones de las proporciones mineralógicas durante el proceso de calcinación. ....	12
<i>Figura 6.</i> Fisiología de la calcificación de la concha en un Nacro-bivalvo prismática .....	15
<i>Figura 7.</i> Cosecha de concha de mar en el Perú. ....	18
<i>Figura 8.</i> Residuos de valvas de abanico .....	19
<i>Figura 9.</i> Mapa de yacimientos de arcillas en el mundo.....	19
<i>Figura 10.</i> Mapa de yacimientos de arcilla en Ancash .....	20
<i>Figura11.</i> Acceso al Yacimiento de arcilla.....	26
<i>Figura 12.</i> Diagrama de Holtz y Kovacs. ....	30
<i>Figura 13.</i> Análisis termo gravimétrico de la arcilla. ....	31
<i>Figura 14.</i> Curva calorimétrica de la Arcilla .....	31
<i>Figura 15.</i> Análisis termo gravimétrico de valva de abanico. ....	32
<i>Figura 16.</i> Curva calorimétrica de la cocha de abanico.....	32
<i>Figura 17.</i> Difractograma de la arcilla calcinada.....	33

<b>Figura 18.</b> comparativo de resistencia promedios .....	37
<b>Figura 19.</b> % de variación del experimental con Respecto al de control.....	37
<b>Figura 20.</b> Comportamiento del Mortero en Función Tiempo de Curado.....	38
<b>Figura 21.</b> Comparación de Profundidad de Penetración Promedio de Mortero de Control y Experimental.....	39

**PALABRAS CLAVE:**

---

Tema	Mortero, Resistencia, Permeabilidad, Arcilla
Especialidad	Tecnología de materiales

---

**KEYWORDS:**

---

Theme	Mortar, Strength, Permeability, Clay
Specialty	Materials technology

---

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

---

Líneas de investigación	Construcción y Gestión de la Construcción
Área	Ingeniería y tecnología
Sub Area	Ingeniería civil
Disciplina	Ingeniería civil

---

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

### HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**Resistencia a la compresión y permeabilidad de mortero con 45% de sustitución del cemento por arcilla y concha de abanico, Chimbote 2021**" del (a) estudiante: **CARLOS COLONIA LUIS ROBERTO**, identificado(a) con Código N° **1114100197**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **27%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 18 de octubre de 2023

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
  
Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN  
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

## **TITULO**

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE MORTERO  
CON 45% DE SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR ARCILLA Y CONCHA DE  
ABANICO, CHIMBOTE 2021.**

## RESUMEN

La intención de este estudio es conocer la resistencia a la compresión y la permeabilidad del mortero sustituyendo un 45% de cemento por arcilla y cenizas de valvas de concha abanico en comparación con el diseño convencional. El remplazo parcial de cemento con arcilla y valvas, es por contener precursores puzolánicos similares al cemento. Las valvas por su elevado contenido en calcio (Ca) y la arcilla por tener componentes de silicio (Si), aluminio (Al) y Hierro (Fe), estos materiales sustituyeron un 45% al cemento, dicha sustitución fue en una proporción 2:1 (arcilla: concha); estos materiales fueron sometidos a activación térmica, mecánica y triturado hasta alcanzar un tamaño de partícula de 76  $\mu\text{m}$ . La calcinación fue a  $800\text{C}^\circ$  durante 1 hora para ambos materiales, teniendo en cuenta el Análisis térmico diferencial (ATD). Los componentes químicos de la arcilla calcinada, mediante el análisis de fluorescencia de rayos x (FRX), la cual resulta ser una arcilla altamente puzolánica. También se determinó la composición estructural a la arcilla calcinada, mediante el análisis de Difracción de Rayos X (DRX), resultando la no existencia de fases cristalinas, respecto al tipo de arcilla, llegando a la deshidroxilación de los grupos hidroxilos a su estado completo y creando un material amorfo. Al sustituir parcialmente el cemento, se logró obtener una resistencia a la compresión promedio de  $326.29 \text{ kg/cm}^2$ , siendo este valor del orden de 80.03% respecto al mortero de control, a los 28 días de curado. Mientras que su permeabilidad, ha reducido en un 18.01 % respecto mortero de control. Por lo cual el mortero experimental pese a su alto porcentaje de sustitución del cemento, tiene una alta resistencia y permeabilidad baja, por esta razón el mortero es de posible utilización en la industria de la construcción.

## **ABSTRACT**

The intention of this study is to know the compressive strength and permeability of the mortar by replacing 45% of cement with clay and ash from fan shell valves in comparison with the conventional design. The partial replacement of cement with clay and shells is because they contain pozzolanic precursors similar to cement. The valves due to their high content of calcium (Ca) and the clay because they have components of silicon (Si), aluminum (Al) and Iron (Fe), these materials replaced 45% of the cement, said substitution was in a proportion of 2: 1 (clay: shell); These materials were subjected to thermal and mechanical activation and grinding until reaching a particle size of 76  $\mu\text{m}$ . Calcination was at  $800\text{C}^\circ$  for 1 hour for both materials, taking into account Differential Thermal Analysis (DTA). The chemical components of the calcined clay, through x-ray florescence (XRF) analysis, which turns out to be a highly pozzolanic clay. The structural composition of the calcined clay was also determined through X-ray Diffraction (XRD) analysis, resulting in the non-existence of crystalline phases, with respect to the type of clay, leading to the dehydroxylation of the hydroxyl groups to their complete state and creating an amorphous material. By partially replacing the cement, it was possible to obtain an average compressive strength of  $326.29 \text{ kg/cm}^2$ , this value being around 80.03% compared to the control mortar, after 28 days of curing. While its permeability has reduced by 18.01% compared to the control mortar. Therefore, the experimental mortar, despite its high percentage of cement substitution, has high resistance and low permeability, for this reason the mortar can be used in the construction industry.

## I.INTRODUCCIÓN

### ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

#### ANTECEDENTES

No se ha encontrado investigaciones a escala internacional, del uso de arcilla calcinada (AC) y cenizas de valvas de concha de abanico (CCA), como remplazo parcial del cemento. Pero existentes investigaciones referenciales a la presente investigación:

La investigación de Avet, Snellings, Alujas, Ben y Scrivener (2016) denominada “*Development of a new rapid, relevant and reliable (R<sup>3</sup>) test method to evaluate the pozzolanic reactivity of calcined kaolinitic clays*”. En dicha investigación se evaluaron las 2 arcillas de diferentes contenidos de caolinita de 38.9% y 95%, las arcillas se calcinaron a una temperatura de 800°C en un tiempo de 1 hora, para evaluar la reactivada puzolánica de las arcillas , estudiaron dos niveles de sustitución del cemento portland, la primera con 30% de sustitución por AC , 65% de Clinker y 5% yeso; y la segunda con 45% de sustitución de 30% de AC y 15% cal de roca, con un contenido de Clinker del 50% y 5% de yeso en mezclas de mortero. Cabe mencionar que la proporción agua cemento es 0.50 en ambas sustituciones, también se usó un superplastificante para asegurar la misma trabajabilidad al mortero de control. Los investigadores concluyeron que la resistencia a la compresión del mortero de estudio es similar al control, a la edad de 28 días de curado, estos fueron reflejados en la AC con menor porcentaje de caolinita en los dos porcentajes de sustitución.

Scrivener, Martirena, Bishnoi y Maity (2018) en la revista investigaciones de cementos y concretos, presentaron la investigación titulada “*Calcined clay limestone cements (LC3)*”, el objetivo principal es elaborar un nuevo cemento a base de Clinker al 50%; 30% AC ;15% cal de roca y 5% yeso, en mezclas de mortero y concreto. Esta investigación reporta que las muestras experimentales cumplen los requisitos estándar de resistencia a la compresión de 25 MPa.

Sin embargo, a nivel local ya se tiene investigando sobre sustitución del cemento por AC y CCA, de la que se cita las siguientes investigaciones sobresalientes.

Julian, Flores, Cribillero y Velásquez (2016) en su investigación titulada “**Resistencia de una pasta concha - arcilla de Yacya Huari**”, el estudio se centró en determinar la resistencia a la compresión de una pasta constituida por CCA y AC de Yacya-Huari-Áncash. Las pastas fueron conformadas en los siguientes porcentajes de AC/CCA: 1/1, 2/1, 3/1, y 1/3. Después de 28 días de curado en agua, terminaron su capacidad a la compresión de las pastas. Los investigadores concluyen que la resistencia a compresión sobresaliente fue de la relación en peso de 2/1(arcilla /concha) con un valor de 19.76 Kg/cm<sup>2</sup>.

En el año siguiente, Gonzales (2017) en su investigación de sus tesis, denominada “**Resistencia del Mortero con Cemento Sustituido por el 13% por una combinación de Arcilla y Concha cuchara**”, reporta la capacidad a la compresión del mortero con 13% de remplazo del cemento, por 10% de AC y 3% de cenizas de concha cuchara. La investigación fue tipo experimental, y el objetivo principal fue investigar la reactividad de la AC y cenizas de concha cuchara en mezclas de mortero. El investigador concluye que la capacidad a la compresión del mortero experimental supero al de control en un 48%.

Por otro lado , Sandoval (2018), en su tesis “**Resistencia a compresión de Mortero con Cemento Sustituido al 9% y 18 % de la Combinación de Polvo de Vidrio y Ceniza de Concha de Abanico**”, el objetivo del investigador fue evaluar la resistencia del mortero en dos niveles de sustitución de 9% y 18%,por polvo de Vidrio (PV) y CCA, de acuerdo a la proporción 2:1(PV:CCA).La capacidad de resistencia a compresión de los morteros fue determinada a 28 días de curado en agua, reportando valores de 410.67 kg/cm<sup>2</sup> y 366.kg/cm<sup>2</sup> para las sustituciones de 9% y 18% respectivamente. El investigador concluye que los materiales de PV y CCA, sustituyen adecuadamente al cemento, debido que la resistencia del mortero tiende a aumentar y en otros casos se mantiene proporcional al de control.

## **FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA**

### **Tecnología del Mortero**

#### **Mortero**

La normativa E.070 Albañilería (2016), menciona que el mortero está constituido por la mezcla de aglomerantes, agregado fino y una máxima cantidad de agua, para garantizar una mezcla trabajable, adhesiva y sin separación de agregado. La elaboración del mortero deberá de regirse a lo estipulado por las normas técnicas peruanas 334.051, 399.607 y 399.610.

Los componentes del mortero son los siguientes:

#### **Cemento**

Es un material molido fino de materiales calaca ríos que han sido sometidos a calcinación a altas temperaturas, este contiene componentes químicos de óxido de calcio, sílice, alúmina y óxido de hierro, y por la adición de una cantidad apropiada de agua, da origen a una pasta con propiedades conglomerantes capaz de endurecer en el agua como en el aire (Rivera, 2010, p. 18).

según Abanto (2009) menciona que el cemento contiene los siguientes compuestos:

Silicato Tricálcico; es el compuesto activo que proporciona la resistencia inicial y incide de forma directa sobre calor de hidratación; Silicato dicálcico, este es el compuesto que da origen a la resistencia posterior; Aluminato Tricálcico, este compuesto se genera producto de la incorporación de yeso al cemento, durante el proceso de pulverización del cemento, con la finalidad de controlar el tiempo de fraguado; también influye en la velocidad de hidratación y calor de hidratación de manera secundaria; y los componentes minoritarios en el cemento son: óxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio. (p 16).

El cemento portland es un material comercial fácilmente disponible, hecho de materias primas, mediante molienda, mezclado y calcinado a temperaturas de (1400-1450 C°). al mezclar con agua, tiene la propiedad de reaccionar químicamente y físicamente,

generando propiedades mecánicas como endurecer la mezcla, ya sea solo o con agregados u otros materiales similares (Abanto, 2009, p. 15).

El cemento utilizado en este estudio fue cemento Portland Tipo I. Rivera (2010) reporta la composición química del cemento Portland Tipo I, la cual se muestran en la siguiente tabla 1. (p. 23).

**Tabla 1.**  
*composición química del cemento portland tipo I*

<b>COMPONENTES</b>	<b>CANTIDAD</b> (%)
Oxido de calcio (CaO)	60 - 67
Oxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	17 - 25
Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3 - 8
Oxido de Fierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.5 - 6
Oxido de Magnesio MgO	0.1 - 4.0
Álcalis	0.2 - 1.3
Óxido de azufre (SO <sub>3</sub> )	1 - 3

### **Agregado fino**

Material originado de la descomposición natural o mediante trituración de rocas. Seleccionado mediante la granulometría que corresponde a las partículas que atraviesan el tamiz 3/8" (9.51mm) y retenido el tamiz N°200 (74um). (Norma Técnica Peruana 400.011,2008, p.4)

En la elaboración de mezclas de mortero, el agregado fino a emplearse debe satisfacer los parámetros mínimos de calidad, según las normas técnicas peruanas:

**Granulometría;** es la cuantificación de la distribución del tamaño de partículas de la muestra de agregado. Este proceso se realiza mediante el análisis granulométrico que es dividir la muestra en porciones de partículas de mismo tamaño, según la abertura de la malla usada, conforme a la tabla 2. (Normativa E.070 Albañilería propuesta ,2019, p.13)

**Tabla 2.**

*Granulometría de arena Gruesa*

<b>MALLA ASTM</b>	<b>% QUE PASA</b>
N°4 (4.75 mm)	100
N°8 (2.36 mm)	95 a 100
N°16 (1.18 mm)	70 a 100
N°30 (0.60 mm)	40 a 75
N°50 (0.30 mm)	10 a 35
N° 100 (0.15 mm)	2 a 15
N° 200 (0.075 mm)	Menos de 2

**Módulo de finura;** Es un parámetro estimado, que no brinda el tamaño promedio de las partículas del agregado fino, se emplea para verificar la homogeneidad de los agregados. El módulo de finura debe estar en el rango de 1.6 y 2.5. (normativa E.070 Albañilería propuesta ,2019, p.13)

### **Agua**

El agua un elemento fundamental para la preparación de concreto y morteros, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades de concreto y mortero endurecido. (Abanto,2009, p. 21).

Delgado (2018) menciona que el agua es indispensable en el proceso de fabricación de morteros en cuanto al mezclado, fraguado y curado. El agua para el mezclado corresponde al 15% y 20% del volumen de mortero en estado fresco y, en combinación con cemento, da lugar a un material adherente, pastoso, versátil y adhiere el agregado. Al mismo tiempo, se genera la reacción química entre el agua y cemento, humedeciéndolo y originando el fraguado en su razón más amplia, empezando desde el estado plástico inicial, pasando por el endurecimiento, hasta crecimiento de la resistencia en el tiempo. (p.19).

Por otro lado, la hidratación del mortero o curado es necesaria para sustituir la humedad perdida por la evaporación después de que el mortero ha sido colocado y compactado en la superficie.

El agua a utilizarse en la preparación de mezclas de mortero y concreto deberá cumplir con los parámetros máximos admisibles, en cuanto a los valores de la tabla 3.

**Tabla 3.**

*Parámetros mínimos de agua*

COMPONENTES	LIMITE PERMISIBLE
Cloruros	300 (ppm)
Sulfatos	300 (ppm)
Sales de magnesio	150 (ppm)
Sales solubles totales	1500 (ppm)
pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 (ppm)
Materia Orgánica	10 (ppm)

Fuente: NTP 339.088 (Ref.4.2)

### **El cemento y su actividad cementante.**

El cemento en sí es una mezcla de varios minerales anhidros, principalmente silicatos de calcio, que se forman por la reacción química del carbonato de calcio con minerales que contienen sílice. El cemento se produce normalmente calentando piedra caliza con arcilla a aproximadamente 1450 ° C en un horno. El Clinker de cemento duro resultante, después mediante la molienda, con una pequeña cantidad de yeso, se convierte en polvo, resultando el cemento Portland ordinario (OPC), siendo el tipo de cemento más común. Los cementos Portland normalmente comprenden cuatro componentes principales: 50-70% de alita, 20-30% de belita, 5-12% de aluminatos, 5-12% de ferrita y pequeñas cantidades (~ 2%) del yeso agregado. (Chen, Tyrer, Hills, Yang y Carey ,2009).

Alita es silicato tricálcico,  $C_3S$  (donde  $C = CaO$  y  $S = SiO_2$ , al reaccionar con el agua estos forman el gel llamado Silicato de calcio hidratado (SCH) y portlandita ( $Ca(OH)_2$ ). Se cree que el SCH es compuesto principal, que da origen a las propiedades mecánicas y la cohesión de la mezcla agua cemento. El gel de SCH tiene una

composición de su estructura muy dificultoso de entender, la cual se encuentra compuesta de elementos y poros de diversos tamaños. (Ochs, Mallasts y Wang, 2016, p.6)

Durante la última década, se ha realizado varias investigaciones experimentales de la nano estructura del gel SCH. Los valores del ensayo mediante difracción de rayos X (XRD) reporta que la estructura del es gel es no cristalina o amorfa. (Taylor, 1997).

Además, la composición química del gel cambia de un punto a otro dentro de la pasta de cemento; por lo tanto, el gel SCH a menudo se define por su relación calcio/sílice (Ca/Si). Las Técnicas experimentales como la microscopía electrónica de barrido, muestran una relación Ca/Si del gel de SCH oscila entre 0,6 y 2,0. (Pellenq, Lequeux y Van Damme, 2008).

También se cree que la estructura atómica del gel SCH es similar a las estructuras cristalinas de SCH tales como tobermorita, jennita, clinotobermorita, foshagita, y así sucesivamente. Dos modelos SCH cristalinos ampliamente utilizados son tobermorite 11 Å y jennite. La tobermorite tiene una estructura de celosía monoclinica, y está disponible en tres espesores (capa): 14, 11 y 9 Å. Según el trabajo de Jennings (2000), a medida que aumenta la densidad de empaquetamiento, aumenta el número de contactos entre las partículas. Por lo tanto, SCH de alta densidad tendrá mayor rigidez y dureza que SCH de baja densidad, por lo tanto, la de alta densidad tiene más puntos de contacto. Sin embargo, para determinar la relación entre la estructura y comportamiento mecánico de la pasta de cemento sigue siendo un gran desafío.

### **Arcilla y su actividad cementante**

El término arcilla es una sustancia natural formada principalmente por minerales de grano fino ( $<5\mu\text{m}$ ), que desarrollan plasticidad cuando se mezclan con cierta cantidad de agua y se endurecen en seco. Con componentes químicos altos en sílice, alúmina, agua y componente minoritarios de magnesio, hierro, calcio, sodio, potasio, titanio, manganeso, vanadio, zinc, etc. Los minerales de arcilla es el componente más importante de los materiales de la tierra y muchas de las propiedades de los materiales, están directamente relacionadas por la identidad, cantidad, tamaño de partícula, y

composición química de las arcillas. Existen ampliamente estudiados tres grandes grupos de minerales de arcillas más reconocidos, llamadas caolinitas, montmorillonita e illita (Mielenz y King , 1952).

Con respecto a la plasticidad de arcillas, esta es una propiedad que se muestra o refleja en presencia de agua, con la partícula de arcilla, la cual forma una envoltura sobre las partículas laminares originando que facilita el deslizamiento entre partículas, cuando es sometido a una fuerza entre ellas. La plasticidad es determinada por los límites de Atterberg (límite líquido, límite plástico y límite de retracción) mediante el uso de la copa de Casagrande. Estos límites definen un corte arbitrario entre los cuatro estados llamados sólido, semisólido, plástico y semilíquido o viscoso. (García y Suarez ,2006).

El límite plástico, corresponde al contenido de humedad mínimo de un suelo, que puede deslizarse en roscas hasta un 1/8 de pulgada de diámetro sin llegar a romperse.

Por lado el límite líquido es la cantidad mínima de humedad de un suelo en que originara la propiedad de fluir cuando es golpeado suavemente (Mielenz y King, 1952). Tabla 4 muestra los índices de plasticidad para definir el tipo de plasticidad.

**Tabla 4.**  
*Índices de plasticidad.*

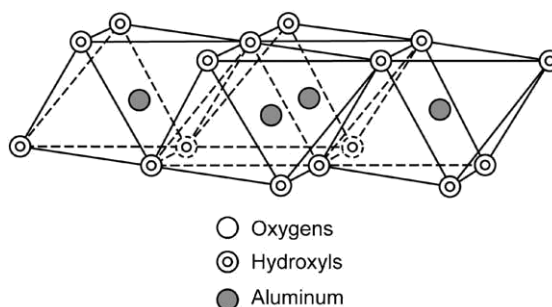
<b>Plasticidad</b>	<b>Índice de plasticidad (%)</b>
No plástico	0
leve	1 a 5
Medio	5 a 10
Bajo	10 a 20
Alta	20 a 40
Muy alta	40 a mas

Y con respecto al área superficial de la arcilla, esta se define como el área como la suma de las áreas de superficie externa e interna constituidos por las partículas, dividido por la unidad masa en m<sup>2</sup>/g (García y Suarez, 2006). En la tabla 5 se presenta las superficies específicas de las arcillas más comunes:

**Tabla 5.**  
*Superficies específicas de algunas Arcillas.*

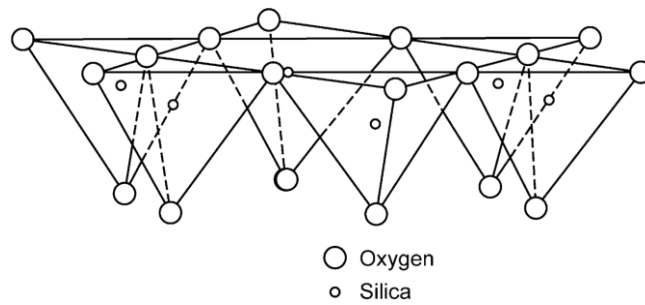
<b>Arcilla</b>	<b>Superficie específica (m<sup>2</sup>/g)</b>
Caolinita de elevada cristalinidad	Hasta 15
Caolinita de baja cristalinidad	Hasta 50
Hallosita	Hasta 60
Illita	Hasta 50
Montmorillonita	80-300
Sepiolita	100-240
paligorskita	100-200

Los minerales de arcilla tienen una estructura atómica que se compone de dos unidades básicas, una capa octaédrica y una lámina tetraédrica. La lámina octaédrica se compone de átomos de oxígeno e hidroxilos estrechamente empaquetados en las que el aluminio, hierro y átomos de magnesio están dispuestos en coordinación octaédrica (Figura 1).



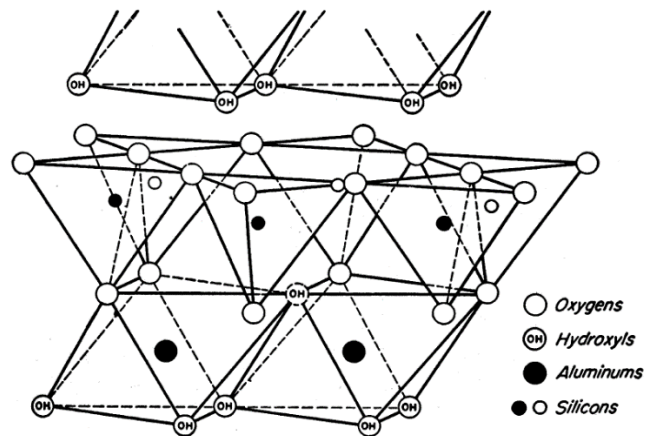
**Figura 1.** Estructura atómica de capa octaédrica (Murray, 2007).

La segunda unidad estructural, es la capa tetraédrica de sílice, donde el átomo de silicio es equidistante de cuatro oxígenos o posiblemente hidroxilos oscila en la forma de un tetraedro con el átomo de silicio en el centro. Estos tetraedros están dispuestos para formar una red hexagonal repite infinitamente en dos direcciones horizontales para formar lo que se llama la capa tetraédrica de sílice (Figura 2).



**Figura 2.** Estructura tetraédrica (Murray, 2007).

La capa tetraédrica de sílice y la lámina octaédrica se unen mediante el intercambio de los oxígenos o hidroxilos para formar los diferentes tipos de arcilla, así como la caolinita mostrada en la figura 3.



**Figura 3.** Estructura de la caolinita (Grim, 1962).

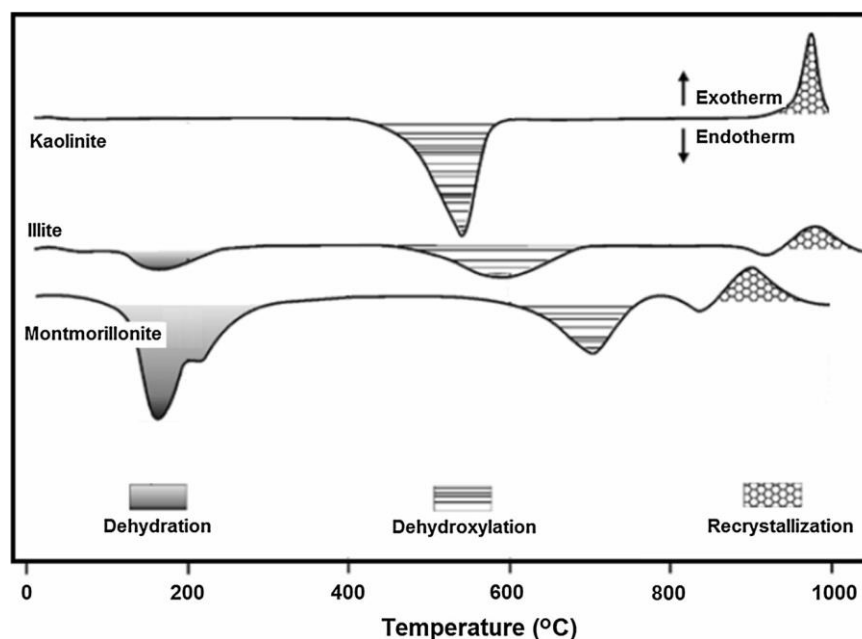
### Activación de las arcillas

La activación de un material arcilloso se refiere al proceso de modificar su estructura cristalina original por medio de una acción mecánica, química o térmica.

En cuanto a la activación térmica, consiste en calentar la arcilla a una temperatura determinada para eliminar su agua estructural. Este proceso se conoce como deshidroxilación. Como los grupos OH forman parte de la capa octaédrica y la unen a la capa tetraédrica, la eliminación de estos grupos conduce a un estado de trastorno más estructural que es un estado metaestable.

Los efectos de la calcinación sobre la estructura de la arcilla caolinita, que conducen a la formación de metacaolin, se pueden resumir de la siguiente manera; Es bien sabido que TGA (análisis termo gravimétrico) de arcillas mostrará tres fenómenos distintivos: (i) a baja temperatura, liberación de agua libre o sorbida; (ii) a una temperatura de rango medio, pérdida de agua unida o disociación de hidroxilos de la retícula, está desarrollado y llevando el estado amorfo de la estructura cristalina ; y (iii) la alta temperatura, la ruptura final del mineral residual en capas y la recristalización hacia la formación de nuevas fases minerales y / o cristalinas .(Rowland, 1955).

Según Snellings, Mertens y Elsenet (2012) las temperaturas específicas a las cuales se producen cada uno de estos fenómenos dependen fuertemente de la naturaleza de la arcilla, como se ilustra en la Fig. 4. La actividad puzolánica generalmente es máxima para materiales calcinados a temperaturas entre los eventos identificados como deshidroxilación y recristalización en la Figura 4.

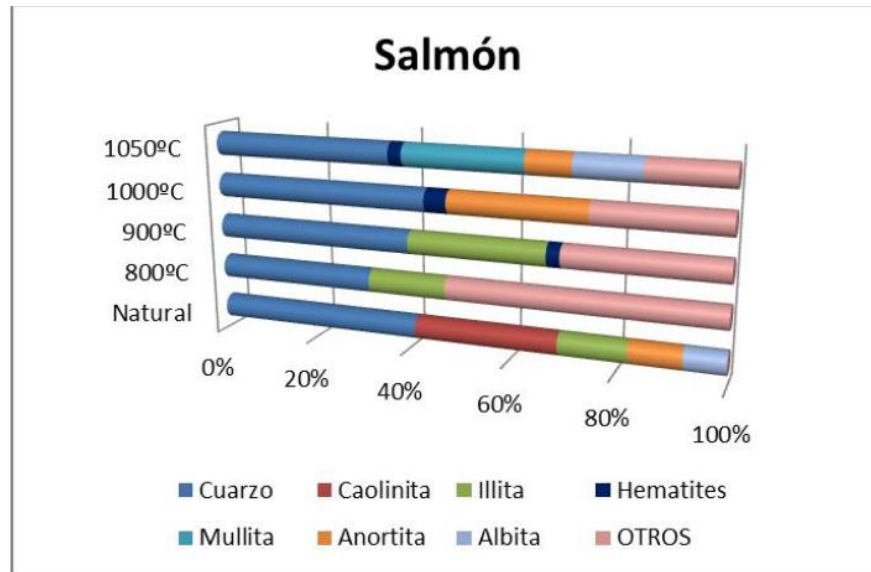


*Figura 4.* Análisis Térmico Diferencial de Arcilla comunes.

El fenómeno del proceso de deshidroxilación va acompañado de la amorfización de caolinita. Por otro lado Shvarzman, Kovler, Grader y Shter (2003) menciona que las variables tales como temperatura, velocidad de calentamiento y el tiempo, así como

los parámetros de enfriamiento, influye significativamente en el proceso de deshidroxilación.

Según Medrano (2017) menciona y reporta las transformaciones ocurridas de una arcilla natural, sometido a diferentes temperaturas de calcinación en un tiempo de 2 horas; como se muestra en la siguiente figura 5.



**Figura 5.** Variaciones de las proporciones mineralógicas durante el proceso de calcinación.

La arcilla estudiada por los investigadores es una muestra natural, donde no hay ninguna proporción en el apartado “Otros” lo que implica que sus componentes son cristalinos. Productos del incremento de la temperatura, A 800°C la caolinita ya no está presente, lo que implica que se ha desestabilizado a una temperatura inferior a 800°C, explicando así el aumento del porcentaje de “Otros”. A 900°C cristaliza hematites, a 1000°C la proporción de hematites incrementa y no se detecta illita, que se habrá desestabilizado con el incremento de la temperatura. A 1050°, se detecta la cristalización de mullita. El cuarzo está presente durante todo el proceso si bien disminuye ligeramente su contenido con el aumento de la temperatura. El apartado “Otros”, que estaría formado fundamentalmente por fase fundida, varía durante el proceso calcinación, alcanzando su máximo cuando la caolinita se desestabiliza (a 800°C) implicando la incorporación de los elementos que forman este mineral a la fase

vítrea, y disminuye notablemente cuando cristaliza la mullita, lo que implica que está cristalizando a partir de esa fase vítrea.

### Composición química de las arcillas

Se sabe que la composición química de una arcilla está afectada por la temperatura de calcinación, tiempo de calcinación, y morfología en cuento al tipo de arcilla. En la tabla 6 se muestra la composición química de una arcilla caolinita, cabe recalcar que estos porcentajes en óxidos dependen de su temperatura y tiempo de calcinación. (Alujas, Fernández, Quintana, Scrivener y Martirena, 2015).

**Tabla 6.**  
*Composición química de la arcilla caolinita.*

Componente Químico	Roca (%)	Fracción Arcillosa (%)
SiO <sub>2</sub>	57.7	43.89
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.7	24.73
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.07	11.13
CaO	1.85	1.38
MgO	1.8	2.63
SO <sub>3</sub>	0.02	0.08
K <sub>2</sub> O	0.65	1.1
MnO	0.12	0.14
Na <sub>2</sub> O	2.68	1.99
Otros	0.76	3.11

### La reacción puzolánica

La recombinación de un silicato o material de aluminato y Ca<sup>+2</sup> o Ca (OH)<sub>2</sub> en presencia de agua estos productos hidratados reaccionan con propiedades de unión, de la cual se pueden formular esquemáticamente en la notación química del cemento (A = Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, C = CaO, H = H<sub>2</sub>O, S = SiO<sub>2</sub>; la separación silábica indica la estequiometría variable) como. AS + CH + H → C-S-H + C-A-H (Snellings, Mertens y Elsen, 2012, p.241).

Donde el C-S-H es el silicato de calcio hidratado, la cual es el encargado de proveer la resistencia de la mezcla agua cemento. (Murray, Subramani, Selvam y Hall, 2010).

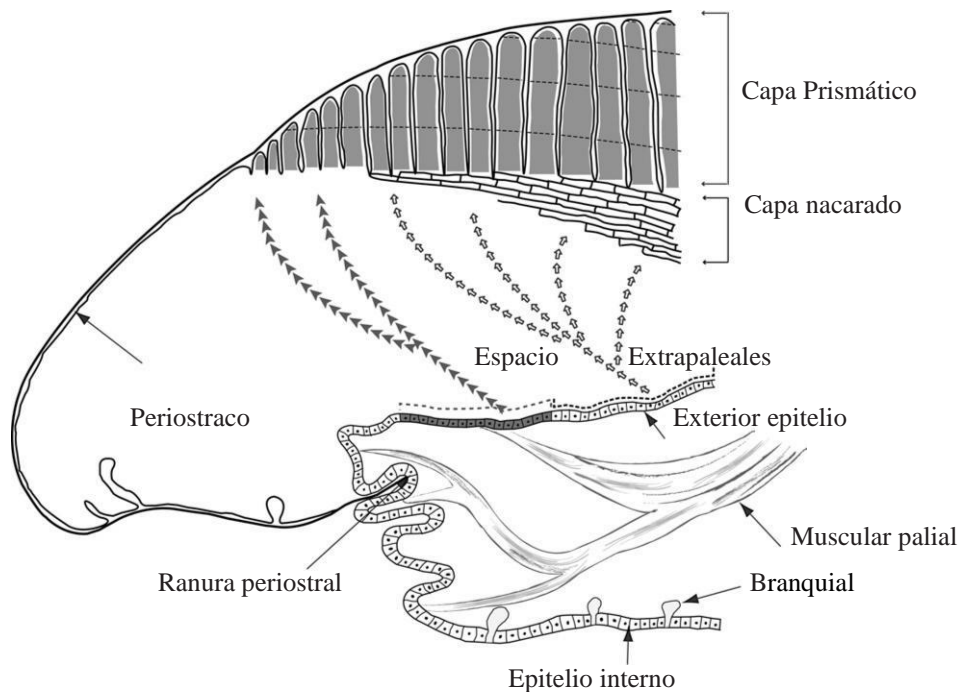
## **Concha de abanico y su propiedad cementico**

Las conchas de moluscos protegen su cuerpo blando de los depredadores mediante valvas, y estas consisten principalmente de carbonato de calcio y pequeñas cantidades de matrices orgánicas. Se cree que las matrices orgánicas en conchas de moluscos, juegan un papel clave en la formación de la valva. Sin embargo, debido a su alta tenacidad y rigidez se han centrado en desarrollar Materiales híbridos orgánicos-inorgánicos. (Suzuki y Nagasawa, 2013).

La estructura compuesta de la concha está formada básicamente por una superposición de dos a cinco hojas calcificadas. La hoja más externa es una capa dura que no se erosiona durante la vida del animal y su función es proteger. Las láminas intermedias pueden tener una estructura prismática, laminar cruzada o mixta y están formados por 6 polimorfos de carbonato de calcio en lo posible. Las características estructuradas que muestran estas hojas intermedias son su capacidad de resistencia moderada a la fractura; pero a la vez, tiene una cierta flexibilidad, la cual se incrementa por su asociación con una hoja periostral de origen orgánico. Sin embargo, la hoja más interna de carácter nacarosa muestra una extremada capacidad a la resistencia a la fractura.

La conformación natural de estas hojas, permite al biomaterial ofrecer en forma conjunta resistencia y flexibilidad, evitando así la posible fractura de la valva. Esta valva más interna es la más fascinante, puesto que su microestructura sólida, brinda resistencia mecánica mayor a la aragonita geológica. (Jackson, Vincent y Turner, 1990; citado en Marín Roy y Marie, 2012).

El nácar interno transita en los tejidos conectivos del manto a través de la hemolinfa- el líquido intersticial que baña las células de moluscos y se dirigen hacia el epitelio del manto exterior. Los iones de calcio y bicarbonato se pueden extruir de forma activa a partir del citosol al segundo compartimento implicado en formación de la cáscara, el espacio Extrapaleales (Figura 6 ).



**Figura 6.** Fisiología de la calcificación de la concha en un Nacro-bivalvo prismática.

Fuente: redibujado Saleuddin y Petit (1983) , citado por Marín et al.,2007.

En este sentido las conchas de mar son materiales de alto potencial para convertirse en reemplazo parcial del cemento. El carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) que proporciona es más del 90% y es similar al contenido de carbonato de calcio de la piedra caliza que se utilizó en la producción de cemento Portland (Mohammad, et al.,2017).

### **Composición química de CCA**

La composición química de la CCA, según Julian et al.(2016) reporta que al calcinarlos la concha de abanico a  $1000^\circ\text{C}$  por un tiempo de residencia de 3 horas y 12 minutos obtuvieron la siguiente composición, tabla 7.

**Tabla7.**

*Composición química de la CCA, según (Julian et al.,2016)*

<b>Componentes Químicas</b>	<b>Contenido (%)</b>
Óxido de Calcio (CaO)	97.74
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	0.82
Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	0.74
Óxido de Estroncio (SrO)	0.36
Óxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.23
Trióxido de Azufre (SO <sub>3</sub> )	0.10
Materia Orgánica	0.01

Pero según Chero (2017) al calcinar a temperatura de 800°C y tiempo de residencia de 50 minutos la CCA presenta una composición química con un 99.563% óxido de calcio (CaO) y 0.437% óxido de Etroncio (SrO). Estoy confirmación referencialmente que la composición química depende de la temperatura y tiempo residencia.

Según Hazurina, Hisham, Mat y Azmi (2013) mencionan que cuando el carbonato de calcio se calienta por encima de 840 ° C para formar óxido de calcio, comúnmente llamado cal viva. Mediante el proceso de descomposición térmica conocido como calcinación, CaCO<sub>3</sub> se puede convertir en óxido de calcio (CaO).  $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ .

Por la tanto, como el proceso es mediante la descomposición térmica, sería necesario someter al ensayo de ATD para obtener la temperatura óptima. Considerando el trabajo de Zapata (2018) muestra el ATD de la valva del abanico, donde la curva de análisis térmico gravimétrico y calorimétrica muestra que alas 850C°, existen una pérdida de masa considerable y un pico endotérmico grande la cual hace evidencia, que la materia está en un proceso de descomposición térmica.

Considerando la composición química de la CCA, se observa un material muy limpio, donde un 97.743% (CaO), este componente, contiene el cemento en 60%. Se debe indicar que es componente químico de calcio es obtenido de un material inorgánico roca, mientras que el calcio obtenido para la presente investigación de un biomaterial

orgánico, entonces no sabemos los fenómenos que presentaría la reacción tanto química como física con el silicio, fiero, aluminio, presentes en la arcilla.

## **JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El cemento es el componente más predominante para la elaboración de concreto y morteros de uso en las construcciones de edificaciones y otra de índole, pero sus costos para adquirirlo son altos y las personas de bajos recursos no pueden usarlo; estos altos costos del cemento son debido a su producción, generados por altas temperaturas que usa y por lo tanto consume bastante energía, este alto consumo de energía genera altos niveles de contaminación medio ambiental. Según la Agencia de energía internacional (2020) menciona que se ha logrado calcular, que la producción de 1.0 tonelada de cemento, emite entre 0.5 a 0.6 tonelada de dióxido de carbono. Los materiales utilizados para la fabricación del cemento son materiales no renovables y esto hace que avance la deforestación de montañas. En base a esta problemática y las anteriores existen materias primas renovables, como residuos agroindustriales y pesqueros. Y estos materiales pueden tener propiedades cementantes al ser activados a menores temperaturas que el cemento. Y así poder remplazar el cemento en porcentajes considerables, y aminorar su costo, para hacer accesible a las personas de bajos recursos económicos, y también aminorar la contaminación medio ambiental.

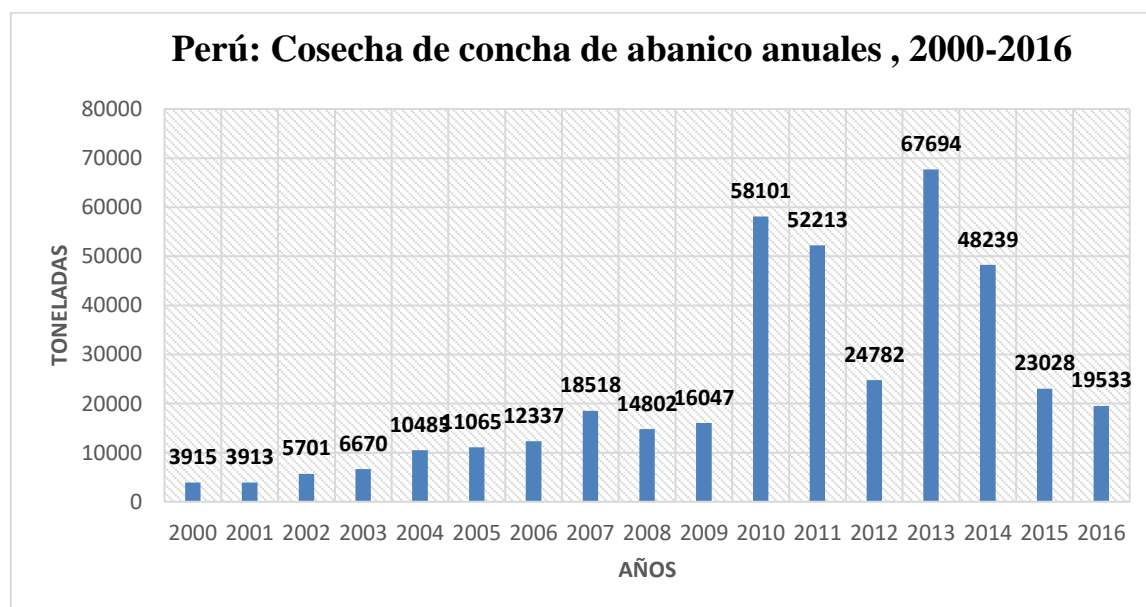
Los residuos de valvas de concha de abanico son arrojados a los campos, así contaminando el suelo y aire de la población. En vista a esta problemática se plantea darle un uso adecuado a este recurso, en el remplazo del cemento por su altísimo contenido de calcio (Ca).

La otra materia prima que existe en nuestra región son las arcillas, no se conoce la cuantificación real de yacimientos, pero existen investigaciones donde muestran que existen muchos tipos de arcillas (Isabel Druk, 1997).

Las arcillas tienen precursores puzolánicos (Si; Al; Fe) que al activarlos generan un material altamente reactivo con el Ca (OH) que nos brinda el cemento y CCA y así generando un material con propiedades cementante. Por ende, aportar al conocimiento sobre los posibles fenómenos que existen, al mezclarse entre un material orgánico e

inorgánico. Así pudiendo tener una posible aplicación del mortero experimental en la industria de la construcción. Resultando un beneficio a la población de distrito de Cochabamba - Áncash, donde las familias no tienen una vivienda confortable, segura y moderna, puesto que solo cuentan con viviendas de material adobe.

En cuanto a la sostenibilidad de nuestra investigación, sobre las materias primas disponibles se menciona los siguiente. La cosecha en el Perú de la concha mar en los últimos 16 años ha crecido paulatinamente cada año desde el 2000 hasta el año 2009 y luego se incrementó más hasta el 2014, pero el año 2015,2016 sufrió un descenso en la producción ya sea por efectos de cambio climático.



**Figura 7.**Cosecha de concha de mar en el Perú.

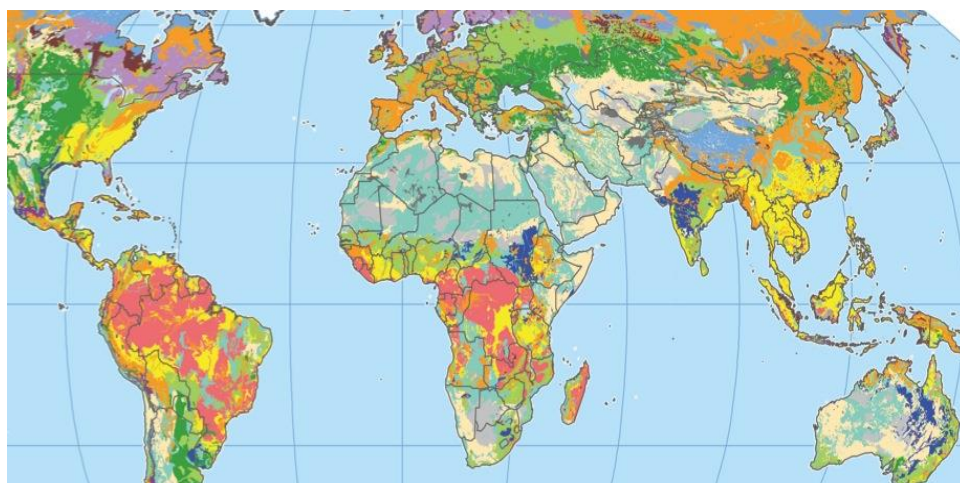
Fuente: DGCHD-PRODUCE, 2016.

El departamento de Ancash en el año 2016 obtuvo el primer lugar en la producción de concha de abanico con un 12,932 TM (Ministerio de la Producción, 2016), La empresa líder en la producción en nuestro departamento es la empresa acuapesca que se encuentra ubicado en la provincia de Casma con una producción de 12,030.81 tn , en el año 2014 según el departamento de acuicultura del Perú. Indicar que el peso de la valva de concha a emplearse en la investigación, representaría aproximadamente el 50% del peso del molusco. por lo cual realizando cálculos se generó aproximadamente una cantidad de cantidad de 6,466TM de residuos de valva.



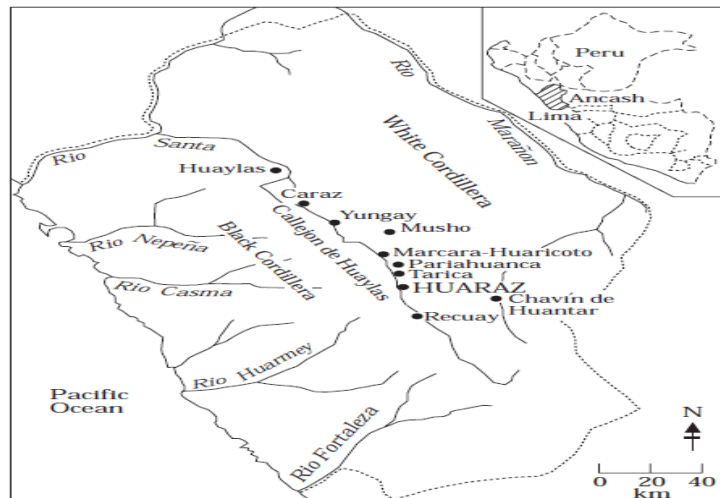
*Figura 8.*Residuos de valvas de abanico.

La cantidad de yacimiento de arcilla disponible, no se encuentra cuantificado, pero a nivel mundial como se muestra en el siguiente mapa de a la figura 9, donde ofrece una visión general de las zonas geológicas del planeta. Las arcillas se encuentran asociados principalmente con Alfisoles (verde claro) y Ultisoles (amarillo), lo que confirma la abundancia de arcilla, especialmente en la India y el sureste asiático y también Perú.



*Figura 9.*Mapa de yacimientos de arcillas en el mundo.

Con respectó a nuestra región de Áncash la cuantificación del yacimiento de Arcila no ha realizado, pero existen estudios hecho por la investigadora (Isabel Druc ,1998) donde a continuación se presenta un mapa (en la figura 10), de donde existen arcillas en este departamento.



**Figura 10.** Mapa de yacimientos de arcilla en Ancash

En nuestra investigación se utilizó la arcilla, que se encuentra en el yacimiento de Anexo chanchos del distrito de Cochabamba, provincia de Huaraz y región Ancash.

## **PROBLEMA**

### **Realidad problemática**

El cemento es el componente más predominante para la elaboración de concreto y morteros de uso en las construcciones de edificaciones, pero sus costos para adquirirlo son altos y las personas de bajos recursos no pueden usarlo; estos altos costos del cemento es debido a su producción, generados por altas temperaturas que usa y por lo tanto consume bastante energía, este alto consumo de energía genera altos niveles de contaminación medio ambiental, Según la Agencia de energía internacional (2020) menciona que se ha logrado calcular, que la producción de 1.0 tonelada de cemento, emite entre 0.5 a 0.6 tonelada de dióxido de carbono. Los materiales usados en la producción del cemento son materiales no renovables y esto hace que avance la deforestación de montañas.

Según el INEI (2020) el departamento de Ancash se encuentra dentro de grupo intermedio de pobreza con un valor de 28.9 %, ubicados en los sectores rurales del departamento. En vista a esta problemática, ya a nivel local ya se viene investigando sobre el remplazo parcial de cemento en mezclas de mortero y concreto, por los

residuos agroindustriales como las cenizas de las siguientes plantas; cascarilla de arroz, caña de bagazo, hojas de caña de Guayaquil (bambú) y también residuos de acuicultura como valvas de concha de mar por sus altos porcentajes de calcio, por otra parte, también las arcillas existen en nuestra región. En esta medida se formula el problema de investigación.

### **Formulación del problema**

¿Al ser sustituido el cemento en un 45% por arcilla (Cochabamba) calcinado y cenizas de conchas de abanico en relación 2:1 en mezclas de mortero, se mejorará la resistencia a compresión y permeabilidad?

### **CONCEPTUALIZACIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES**

En nuestra investigación, existen dos variables dependientes:

#### **Variable dependiente N° 01; Resistencia a la compresión**

La resistencia a compresión se puede definir, al esfuerzo máximo que puede soportar los especímenes de mortero bajo una carga de aplastamiento. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm<sup>2</sup>), mega pascales (MPa) a una edad de 28 días de curado en agua (ACI 318,2014).

**Tabla 8.**

*Operacionalización de variable resistencia la compresión*

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>INDICADOR</b>
Resistencia a compresión de los especímenes de mortero experimentales	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.	Resistencia será medida en forma cuantitativa ya que sus valores son generados por una maquina llamado compresor y allí nos arrojan la resistencia en valores numéricos y su unidad de medida es Kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: elaboración del autor

### Variable dependiente N° 02; Permeabilidad.

De acuerdo a la norma Comité ACI 318 (2014) la permeabilidad, llamada así a la capacidad que tiene el concreto de permitir el paso de diferentes sustancias en estado líquido y gaseoso.

**Tabla 9.**

*Operacionalización de variable, Permeabilidad*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Permeabilidad	Permeabilidad en mortero se define como la profundidad de infiltración de agua bajo presión.	Permeabilidad se define como la medida en mm del paso de agua a través del mortero, donde se mide la infiltración máxima y media del mortero	mm

Fuente: Elaboración propia

**Variable de independiente;** 45% de sustitución de cemento por arcilla y concha de abanico.

La sustitución o substitución es el resultado de cambiar una cosa material o inmaterial por otra, cumpliendo igual o similar función.

**Tabla 10.**

*Operacionalización de variable Independiente*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
45% de sustitución del cemento por arcilla y concha de abanico.	Reemplazo parcial de cemento por un compuesto orgánico e inorgánico con componentes de calcio y silicio, fierro y aluminio respectivamente.	La dosificación o porcentaje de reemplazo será medida de forma cuantitativa ya que sus valores vienen hacer un porcentaje del peso del cemento, este peso es media en valores numéricos y su unidad de medida será gr, kg	% y la proporción

Fuente: Elaboración del autor

## **HIPÓTESIS**

La arcilla (Cochabamba) y concha de abanico estos materiales activados térmicamente y mecánicamente al remplazar al cemento en un 45% en proporción 2:1 en mortero, los materiales por una reacción puzolánica, permitiría generar propiedades cementantes, la cual mejorar su resistencia a compresión y Permeabilidad del mortero.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar la resistencia a compresión y permeabilidad del mortero con 45% sustitución del cemento por 30% arcilla calcinada y 15% de cenizas de valvas concha de abanico.

### **Objetivos específicos**

Determinar el índice de plasticidad de la arcilla natural de Cochabamba.

Determinar la temperatura de calcinación de la arcilla y concha de abanico mediante el ensayo de Análisis Térmico diferencial (ATD).

Determinar la composición química de la arcilla calcinada mediante el análisis Florescencia de rayos X.

Determinar la composición estructural de la arcilla mediante el análisis de difracción de rayos x.

Determinar la proporción la Arcilla/valvas de concha de abanico en el remplazo de 45%.

Determinar la proporción Agua/Cemento para el mortero de control y experimental mediante el ensayo de fluidez para morteros.

Determinar la resistencia a compresión de los morteros de control y experimentales a edades de curado de 3,7 y 28 días y comparar resultados con valides estadística.

Determinar la permeabilidad de los morteros control y experimentales, a la edad de curado de 28 días y comparar resultados con validación estadísticas.

## **II.METODOLOGÍA**

### **TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Por su orientación la investigación es de tipo aplicada explicativa debido que se planteó una solución directa al problema planteado, Se llevaron a cabo experimentos que demostraron científicamente la eficacia de reemplazar el cemento en un 45% por arcilla y conchas de abanico en una proporción de 2:1.

Fue una investigación prospectiva en términos de tiempo de ocurrencia y registro de información, ya que se registraron tiempos secuenciales para el moldeado del mortero, encofrado, desencofrado y el curado en agua en edades de 3,7 y 28 días.

Por los valores de sus resultados, es una investigación cuantitativa; debido que tiene una variable independiente, correspondiente a los porcentajes de reemplazó del cemento en mezclas mortero; y dos variables dependientes que se registra valores medibles que es la resistencia a compresión y permeabilidad de morteros.

Debido a que se utilizaron procedimientos y ensayos experimentales, así como datos de investigaciones previamente conocidos, el diseño de la investigación fue experimental a un nivel casi – experimental.

### **POBLACIÓN Y MUESTRA**



















La población es el grupo de unidades de mortero elaborados con diseño normalizado y con condiciones de cumplir con las resistencias mínimos establecida por la normativa tecnica peruana.

Se conformo la muestra representativa de los cubos de control y experimentales con remplazo de 45% cemento por AC y CCA, escogidos directamente a su resistencia a compresión y permeabilidad. Por esta razón, el valor de la cantidad mínima necesario para ensayos de permeabilidad y resistencia a compresión de mortero es de 2 und y 3 und respectivamente como mínimo. De esta forma se calculó la magnitud de la muestra (N) de 24 unidades de mortero. Ente ellos 03 unidades de mortero por edad de curado de 3,7 y 28 días fue para la resistencia a compresión y 03 unidades mortero a tiempo de curado de 28 días para el ensayo de permeabilidad; la elaboración de los mismos

tendrá un diseño de mezcla en peso de 1: 2.75 (cemento : arena) de acuerdo a la normativa técnica peruana 334.051. y los morteros experimentales tendrán el mismo procedimiento similar a los morteros de control.

**Tabla 11.**







*Números de unidades de morteros para ensayo a compresión*

Edad de curado	Porcentaje de remplazo del cemento portland tipo I	
	0%	45%
3		
		
		
7		
		
		
28		
		
		

Fuente: Elaboración del autor

**Tabla 12.**

*Numero de especímenes para ensayo Permeabilidad*

Edad de curado	Porcentaje de remplazo del cemento portland tipo I	
	0%	45%
28		
		
		

Fuente: Elaboración del autor

## TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

**Tabla 13.**

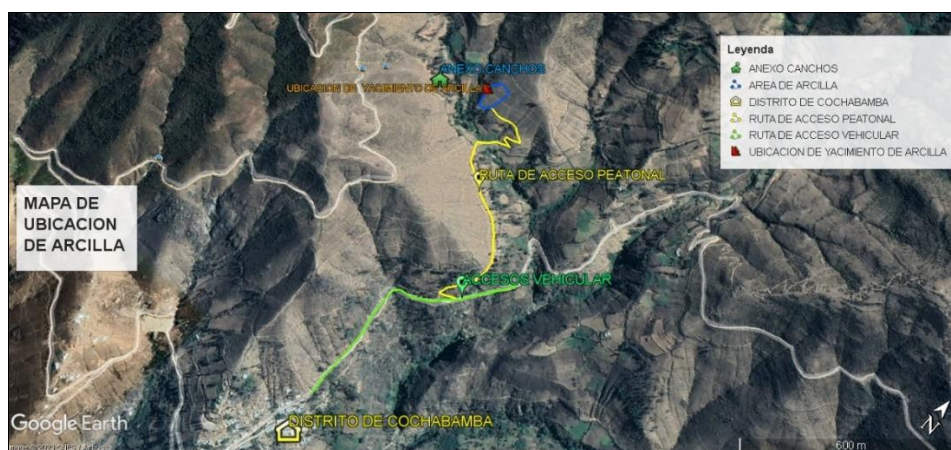
*Técnicas e Instrumentos*

Técnica	Instrumento	Ámbito de aplicación
Observación científica	Manuales y Pautas de observación resumen Registro de datos técnicos de Pruebas de laboratorio	<b>2 grupos</b> Grupo Control y Grupo Experimental

Fuente: Elaboración del autor

Técnica aplicada fue la Observación, puesto que, durante la manipulación de los materiales, los cambios generados y vistos del mismo será anotado de forma precisa y ordenada. Lo observado en cada instante la manipulación se debe ser anotado en el instante ocurrido, cuando no ha anotado las cambios o sucesos en su momento , se utilizara como instrumentos las manuales o pautas de observación resumen y registro de datos técnicos de Pruebas de laboratorio, las cuales nos ayudó a formar , ordenar y clasificar la información, desde la recolección de la materia prima de arcilla y valvas de abanico, activación térmica y mecánica y ensayos complementarios, hasta llegar al ensayo de resistencia a compresión y permeabilidad del mortero estudiado.

### recolección de materia primas



**Figura 11.** Acceso al Yacimiento de arcilla

La arcilla utilizada en este estudio ha sido adquirida del Anexo de Chanchos, Distrito Cochabamba, Provincia Huaraz, Región Ancash; ubicada en el sistema de coordenadas UTM, Este: 185546.00 msnm, Norte: 8950562.0msnm.

La recolección se llevó a cabo de la siguiente manera, se procedió a identificar los estratos de arcilla en la franja de suelo; se observó que la arcilla tenía un color crema claro; se tomó en cuenta los materiales orgánicos presentes en el suelo (raíces de las plantas); se usó como herramienta una barreta, lampa y una bolsa polimérica.

Las valvas de concha de abanicos fueron recolectadas del Mercado Peces ubicada en el Distrito de Chimbote-Santa-Ancash.

## **PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **MÉTODOS EXPERIMENTALES**

#### **Preparación de muestras.**

La arcilla extraída del yacimiento se purificó, de la siguiente manera; para eliminar la arena y las partículas no arcillosas, presentes, se realizó mediante un lavado con agua potable con malla N°150  $\mu\text{m}$ , la que facilitó el paso de la arcilla y limo en conjunto con el agua y por otra, la arena fue retenida en la malla. Al pasar por la malla que se encuentra en líquido se sedimentó por un tiempo de 24 hrs, pasado dicho tiempo referencial, nos brindó la separación de estratos de agua, arcilla y limo en forma descendente respectivamente. Para obtener la arcilla se retiró el agua con la del principio de sifón, luego se inclinó el recipiente a  $70^\circ$  para obtener la arcilla. La arcilla libre de arena y limo fue sometida a secado a una temperatura de  $110^\circ\text{C}$  por 24 hrs en un horno estufa.

Para la valva de concha de abanico, fue sometida a una limpieza con agua para retirar los restos orgánicos, algas y conchuelas unidas a las valvas. Luego secado de las valvas se realizó a una temperatura de  $110^\circ\text{C}$  durante 24 horas en una estufa.

#### **Ensayos para la caracterización**

Con la finalidad de cuantificar de forma referencial del tipo de arcilla, se procedió a calcular los límites de Atterberg, los resultados se posicionaron en el gráfico de Holtz

y kovacs. El procedimiento el ensayo para calcular el límite líquido, plástico e índice de plasticidad, se enmarco de acuerdo a la normativa del MTC E 110.

Las valvas de abanico y arcilla, fueron sometido al análisis térmico diferencial (ATD), para encontrar el rango de la temperatura de activación del material. El ensayo se ejecutó en el laboratorio de polímeros de la casa de estudios de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT).

### **Activación térmica y mecánica**

Ambos materiales fueron sometidos a Temperaturas de calcinación, estas fueron determinado por el ensayo de ATD de cada material. Y luego la AC y CCA a una activación mecánica manual, en un mortero cerámico y luego fue tamizarlo por la malla N°200 (75um), y así quedando listo para el moldeado de los morteros experimentales.

### **Ensayos utilizados para la caracterización de muestras activadas**

Para calcular la composición química de la muestra se realizó mediante el ensayo de Fluorescencia de Rayos X (FRX).

La AC se calculó su composición química, esta AC fue obtenida de calcinar a temperatura de 800C° según el ATD, por 60 min. (Avet y Scrivener,2018).

El cambio de la composición estructural de la arcilla calcinado fue determinado por el ensayo de difracción de rayos x (DRX). El ensayo de DRX y FRX fueron realizados en el laboratorio Labicer de la casa de estudios de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

### **Procedimiento de elaboración de mortero**

Con el propósito de evaluar la actividad puzolánica de la AC y la CCA en la proporción 2:1 se realizaron lo morteros control y experimentales.

Para el mortero de control, se consideró la proporción de agua cemento (a/c) de 0.485, de según lo estipulado en la normativa (NTP 334.054,2013), esta relación de agua

cemento genero una fluidez o trabajabilidad de la mezcla de mortero, por lo cual mediante Ensayo de Fluidez de acuerdo a la norma MTC E 617 – 2000, se encontró la fluidez del mortero de control. Con propósito de controlar la variable de trabajabilidad de la mezcla de mortero experimental, se determinó el ensayo de fluidez, hasta encontrar la relación optima que genere una similar fluidez con relación del mortero de control.

El procedimiento de elaboración de unidades de mortero tanto para el control y experimental, ha sido de acuerdo a la norma del MTC E 611. Los moldes fueron de dimensiones de 50mm de cada arista como lo estipula la norma. Con el respecto al ensayo de resistencia a compresión de morteros de control y experimental, se realizó aplicando la norma MTC E 609 y el ensayo de permeabilidad, siguiendo los requisitos de la normativa NCh 2262.OF97 y UNE 83309 - 1990. Los morteros de control y experimentales fueron ensayados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales de la Universidad San Pedro.

**Tabla 14.**

*Diseño de mezcla para la elaboración de morteros*

% Susti. Cemento	% MSC		CPO+MSC			Arena (gr)	CPO+MS C/Arena	a/c	Agua. (gr)
	AC (%)	CCA (%)	CPO (gr)	AC (gr)	CCA (gr)				
0	-	-	250	-	-	687.5	2.75	0.485	121.00
45	30	15	137.5	75.00	37.5	687.5	2.75	0.535	133.75

*Nota:* MSC: Material suplementario cementante, CPO: cemento portland ordinario tipo I;

Fuente: elaboración propia

**Tabla 15.**

*Gradación de Arena Natural (Cantera Rubén)*

N° mallas	Arena natural			NTP. morteros % pasa		verificación según Norma
	pesos retenidos	% retenido	% pasa	Arena natural		
# 4	0	0	100	100		OK
# 8	27.5	4	96	95	100	OK
# 16	123.75	18	78	70	100	OK
# 30	192.5	28	50	40	75	OK
# 50	151.25	22	28	10	35	OK
# 100	134.06	19.5	8.5	2	15	OK
# 200	51.56	7.5	1	0	2	OK
PLATO	6.88	-	-	-	-	OK
TOTAL	687.5					

Fuente: Elaboración del autor

### III.RESULTADOS

En concordancia al primer objetivo específico, la arcilla lavada y secada, se determinó los Límites líquidos, plástico y índice de plasticidad, de acuerdo al Método de Atterberg según la normativa del MTC E 110; MTC E 111. Esta se fue ejecutado en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro (USP), los resultados se encuentran en la tabla 16.

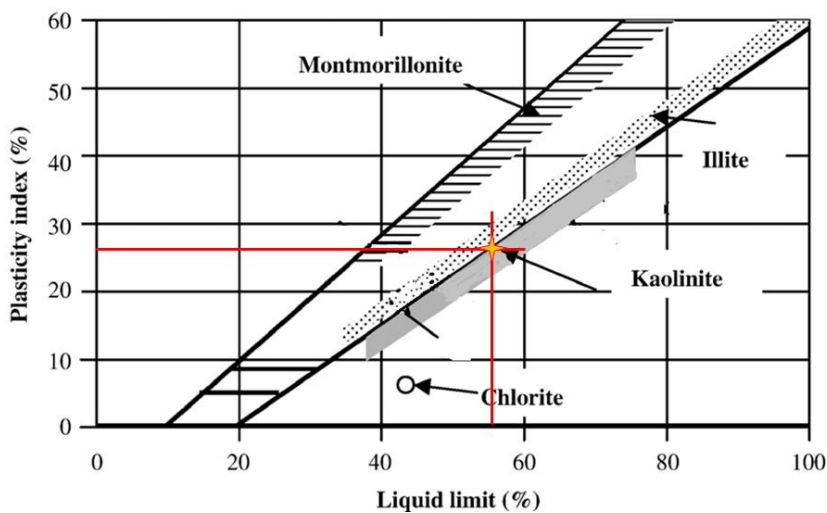
**Tabla 16.**

*Límites de Attemberg de Arcilla de Cochabamba*

Límites de Attemberg	Resultado (%)
Limite líquido	56.53
limite plástico	29.63
Índice de plasticidad	26.90

Fuente: laboratorio de Mecánica de suelos y ensayos de materiales.

Los valores registrados en la tabla 10, fueron posicionado en el Diagrama de Holtz y Kocvas (Holtz y Kocvas, 1981 ), como se visualiza en la Figura 12.



**Figura 12.**Diagrama de Holtz y Kovacs.

De acuerdo al segundo objetivo específico, se determinó el ensayo de ATD, para la arcilla y valva de abanico, en el laboratorio de polímeros de la UNT, mediante el equipo analizador térmico simultáneo TG-DTA-DSC. Cap. Máx.: 1600° C SetSys-

Evolution. La muestra ensayada tuvo un tamaño de partícula de 75µm. Los resultados se visualizan en las Figuras 13,14,15 y 16.

curva de pérdida de masa

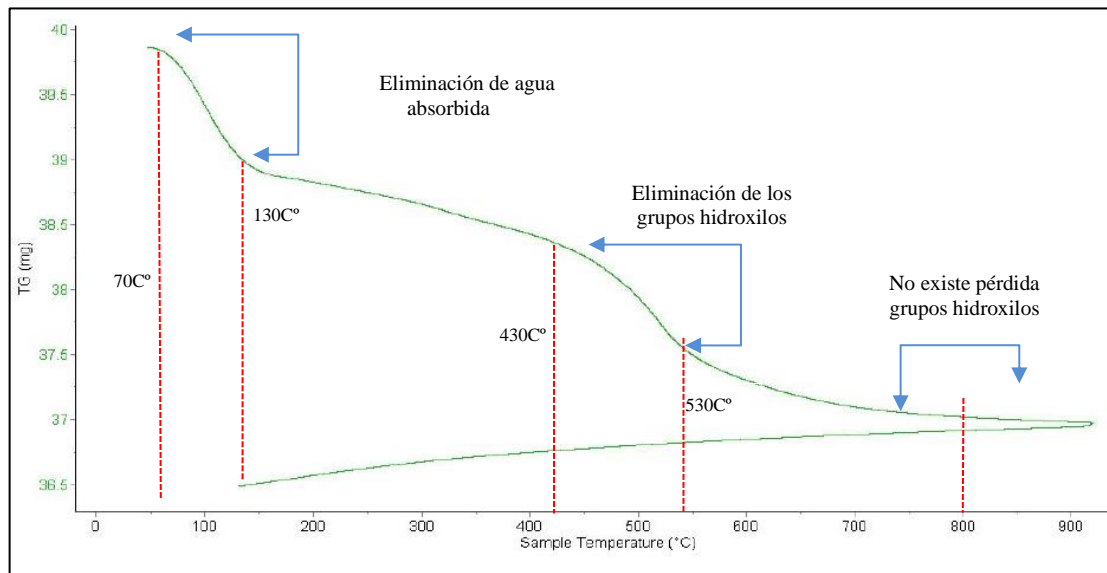


Figura 13. Análisis termo gravimétrico de la arcilla.

Curva calorimétrica DSC

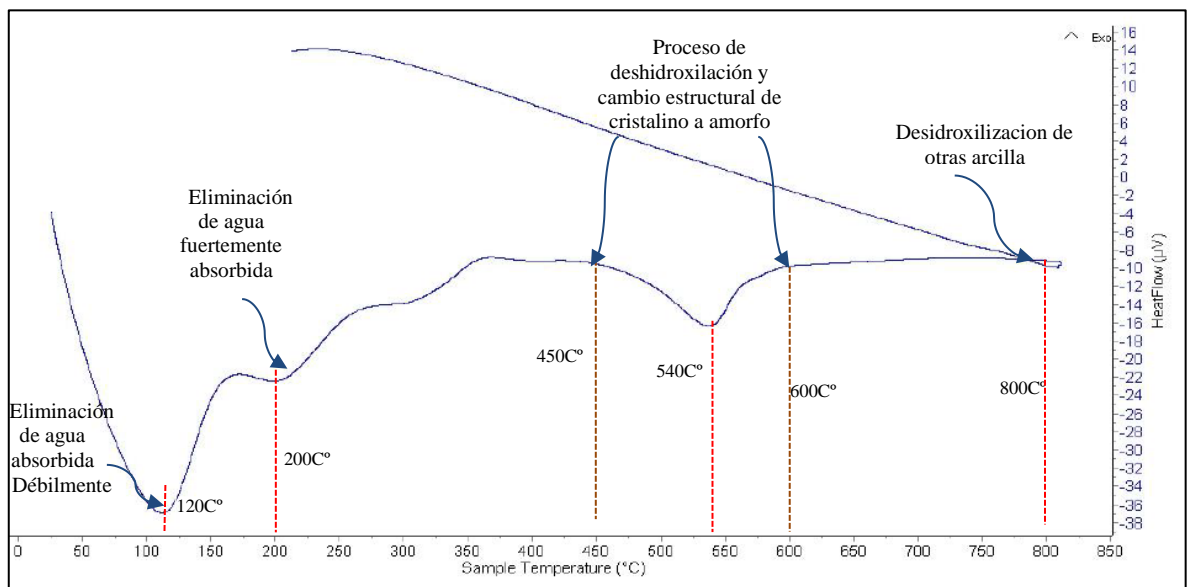
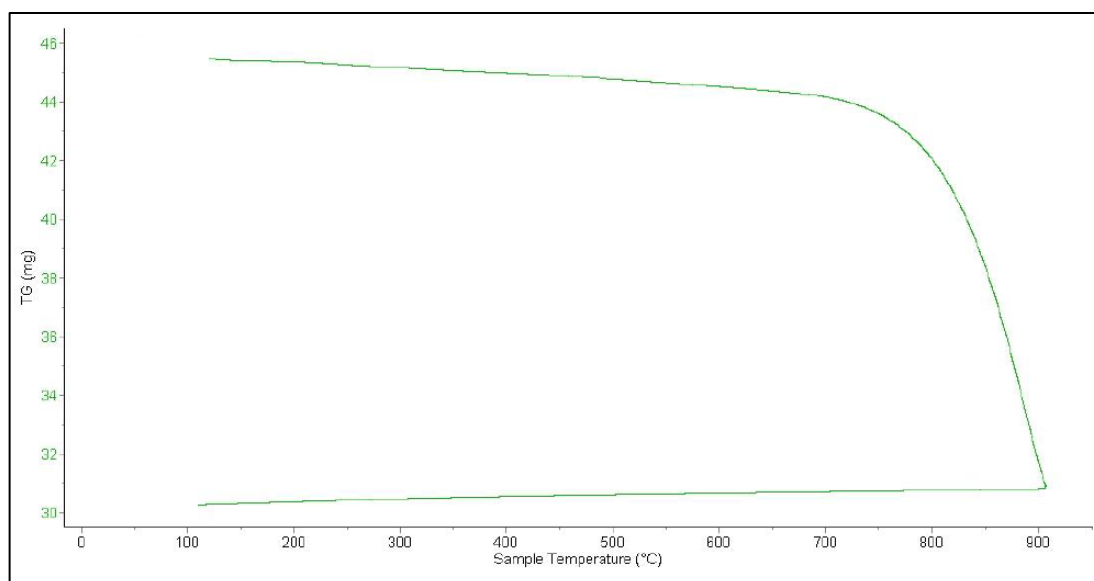


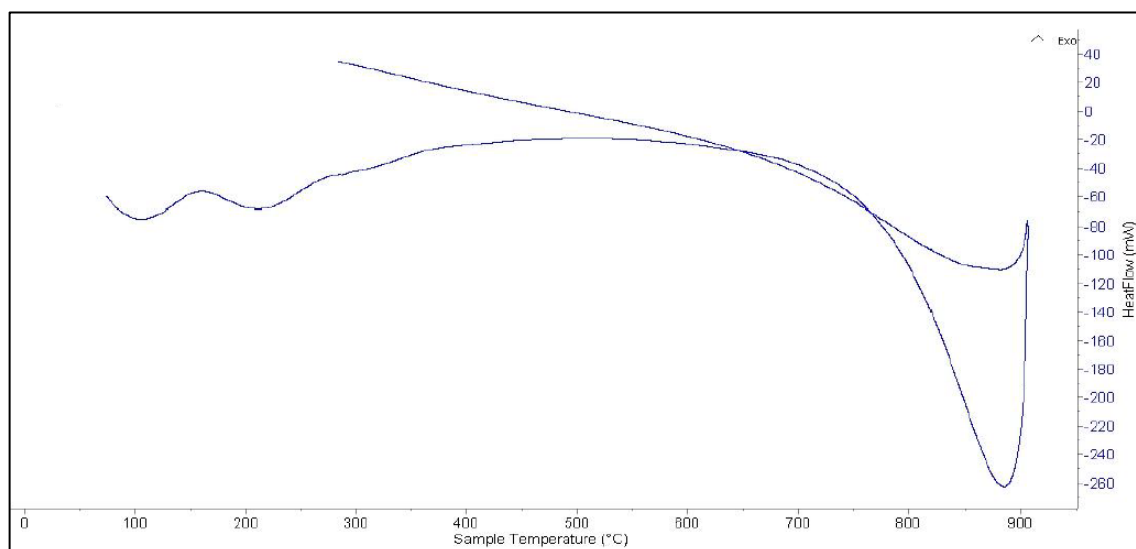
Figura 14. Curva calorimétrica de la Arcilla

curva de pérdida de masa.



**Figura 15.** Análisis termo gravimétrico de valva de abanico.

Curva calorimétrica DSC



**Figura 16.** Curva calorimétrica de la cocha de abanico

Con respecto a la composición química de la AC, se realizó con el método de FRX, en la UNI, en el laboratorio Labicer, los valores del ensayo se visualizan en la tabla 17.

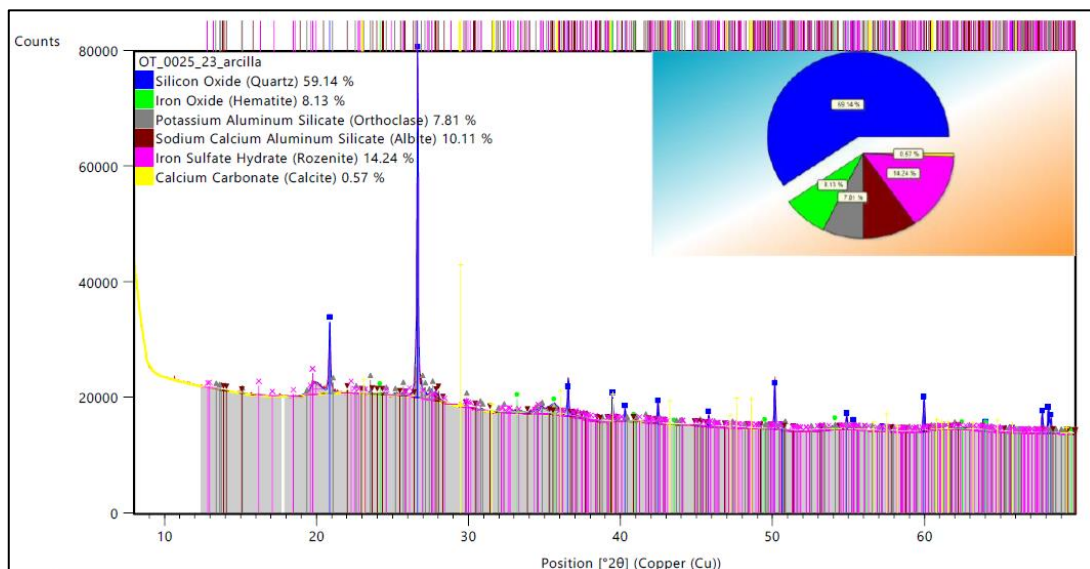
**Tabla17.**

*Composición Química de AC*

ELEMENTOS A NIVEL DE ÓXIDOS	RESULTADO (%)	MÉTODO DE REFERENCIA
SiO <sub>2</sub>	50.31	Espectrometría de FRX de energía dispersiva
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	37.725	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.677	
K <sub>2</sub> O	1.045	
TiO <sub>2</sub>	0.835	
CaO	0.546	
SO <sub>3</sub>	0.473	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.218	
ZnO	0.067	
MnO	0.047	
ZrO <sub>2</sub>	0.029	
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.027	
Rb <sub>2</sub> O	0.003	

Fuente: UNI. Laboratorio Labicer.

Respecto al cuarto objetivo, en cuento a la composición estructural de AC a 800c° por 1h, se realizado por el método DRX, en el laboratorio de Labicer de la UNI, los valores del ensayo se visualizan en la figura 17.



**Figura 17.** Difractograma de la arcilla calcinada.

Con la finalidad de cumplir el objetivo respecto a la determinación de la proporción de AC/CCA, para la sustitución de 45% del cemento se realizó en base a las investigaciones de Scrivener, Martirena, Bishnoi y Maity (2018) investigación titulada “Calcined clay limestone cements (LC3)”, y Julian, Flores, Cribillero y Velásquez (2016) en su investigación titulada “Resistencia de una pasta concha - arcilla de Yacya Huari”, donde los autores remarcan que la proporción 2:1 (AC/CCA), brinda buenos resultados en cuanto a la resistencia a compresión.

Con la finalidad de cumplir con el quinto objetivo específico, se determinó mediante el ensayo flujo, de la mezcla de control y experimental, de acuerdo a la norma MTC E 617 – 2000. El diseño de mezcla en peso, para el ensayo se visualiza en las Tabla 18 y 19 y el resultado determinado se visualiza en la tabla 20.

**Tabla 18.**

*Diseño de mezcla en peso para el ensayo de fluidez en mortero control*

descripción	Relación		CPO	Arena	Agua
	arena/CPO	agua/CPO	(gr)	(gr)	(ml)
Control	2.75	0.485	167.00	458.00	81.00

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos y ensayos de materiales USP

**Tabla 19.**

*Diseño de mezcla en peso para el ensayo de fluidez en mortero experimental*

Descripción	Relación		CPO	AC	CCA	Arena	Agua
	arena/CPO	agua/CPO	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	(ml)
Exp. (45%)	2.75	0.535	91.70	50.00	25.00	458.00	89.20

Nota: CCA: ceniza de valva de concha de abanico, AC: arcilla calcinada, CPO: Cemento portland ordinario Tipo I.

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos y ensayos de materiales USP

**Tabla 20.***Fluidez de la mezcla de mortero de control y experimental*

Descripción	a/c	Do		D (cm)				Dprom	%
		(cm)	d1	d2	d3	d4	(cm)	fluidez	
Control	0.485	10.16	12.85	14.20	12.95	13.80	13.45	32.38	
Exp. (45%)	0.535	10.16	13.50	13.75	12.45	13.20	13.23	30.17	

*Nota:* Do: Diámetro Inicial, Dn: diámetro de ensayo, Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales - USP

Considerando el último objetivo específico, se realizaron el moldeo de morteros experimentales y de control, donde se registraron los pesos después del curado la cual se muestra en la tabla N°21.

**Tabla 21.***Pesos promedios después del curado mortero control y experimental*

Edad (días)	Pesos promedio después de curado de control (gr)	Pesos promedio después de curado experimentales (gr)
28	302.70	396.20
7	294.77	280.80
3	282.67	274.23

Fuente: Elaboración del autor

Dichos morteros con el objetivo de medir indirectamente la reactividad puzolánica tanto de AC y CCA en dicha proporción sustituida, fueron sometidos al ensayo de rotura, en el laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales de la USP. Los valores de la resistencia a compresión se visualizan en la tabla 22 y 23.

**Tabla 22.***Resistencia a compresión del mortero control*

Edad (días)	Frecuencia	Resistencia Kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia Prom. Kg/cm <sup>2</sup>
3	P <sub>1-3</sub>	297.61	295.56
	P <sub>2-3</sub>	303.41	
	P <sub>3-3</sub>	285.66	
7	P <sub>1-7</sub>	342.75	345.12
	P <sub>2-7</sub>	334.93	
	P <sub>3-7</sub>	357.69	
28	P <sub>1-28</sub>	395.08	407.70
	P <sub>2-28</sub>	412.48	
	P <sub>3-28</sub>	415.54	

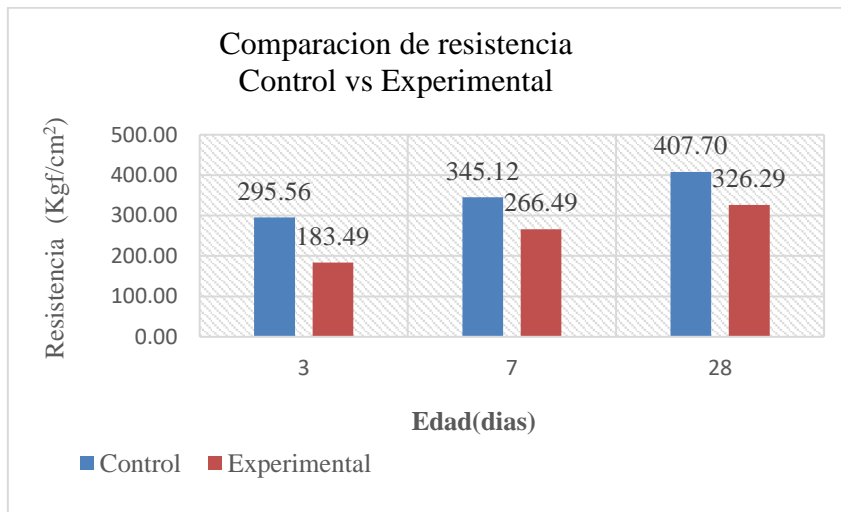
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y  
Ensayo de Materiales - USP

**Tabla 23.***Resistencia a compresión de Mortero Experimental*

Edad (días)	Frecuencia	Resistencia Kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia Prom. Kg/cm <sup>2</sup>
3	E <sub>1-3</sub>	190.57	183.49
	E <sub>2-3</sub>	177.32	
	E <sub>3-3</sub>	182.57	
7	E <sub>1-7</sub>	261.18	266.49
	E <sub>2-7</sub>	263.10	
	E <sub>3-7</sub>	275.20	
28	E <sub>1-28</sub>	338.57	326.29
	E <sub>2-28</sub>	327.79	
	E <sub>1-28</sub>	312.50	

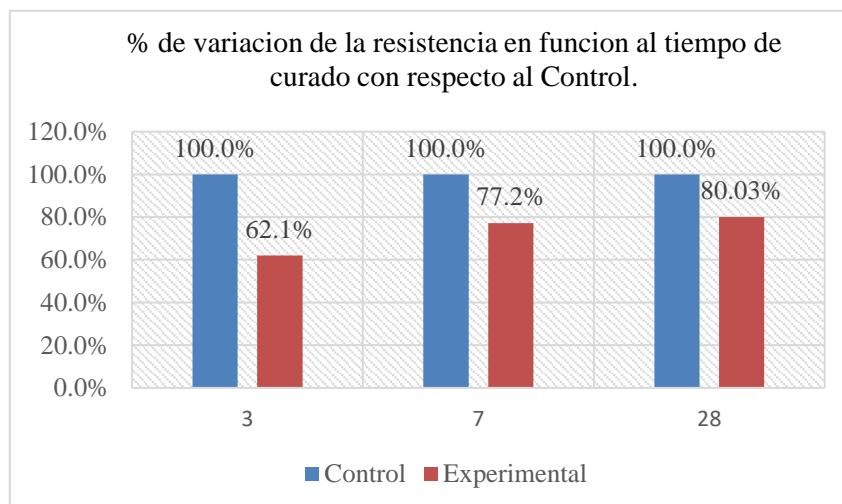
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de  
Materiales - USP

Los resultados se compararon en base a las resistencias promedios de las unidades de los morteros de control y experimentales la cual se muestran en la siguiente figura 18.

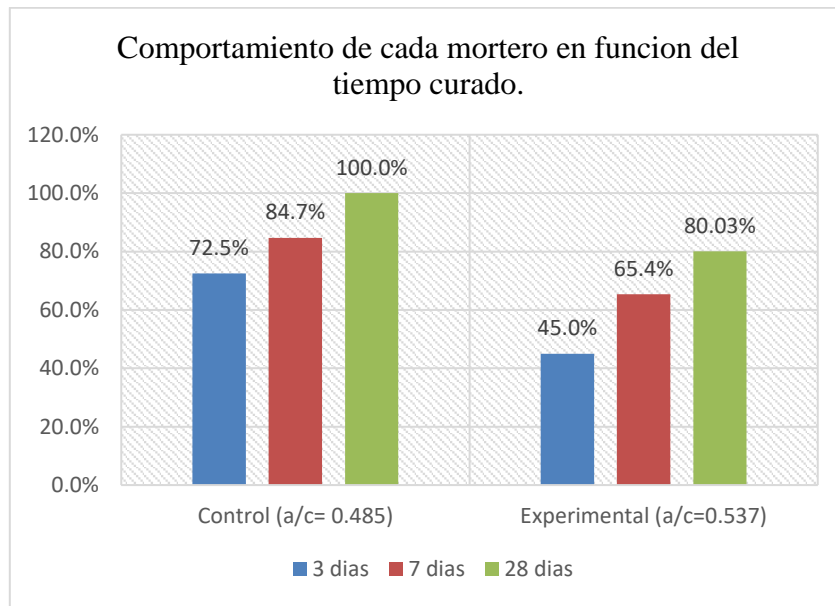


**Figura 18.**comparativo de resistencia promedios

Contraste de resistencia, en porcentajes , en cada edad de curado del mortero experimental con respecto al control.



**Figura 19.**% de variación del experimental con Respecto al de control



**Figura 20.** Comportamiento del Mortero en Función Tiempo de Curado.

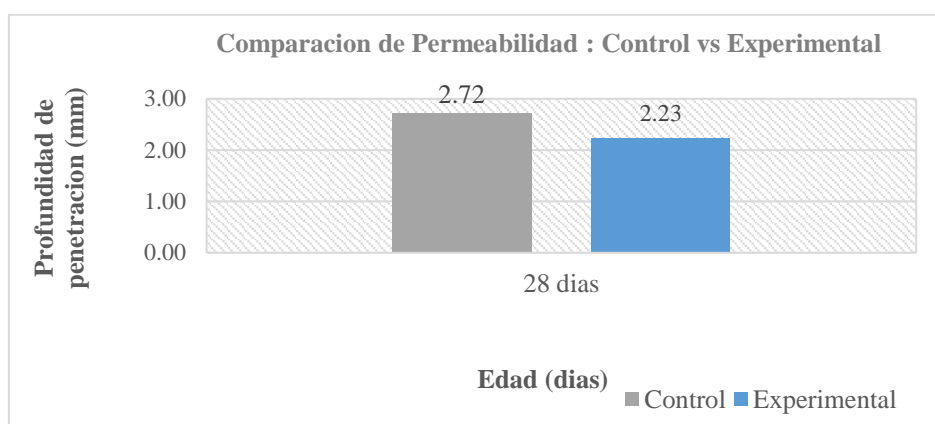
La permeabilidad en el Mortero control y Experimental, se visualiza en la tabla 24.

**Tabla 24.**

*Permeabilidad del mortero de Control y Experimental*

Mortero	Frecuencia	Tiempo Aplicación (horas)	Profundidad Penetración Máxima (mm)	Profundidad Penetración Promedio (mm)
Control	P <sub>1-28</sub>	72	2.60	2.72
	P <sub>2-28</sub>	72	2.80	
	P <sub>3-28</sub>	72	2.75	
Experimental	E <sub>1-28</sub>	72	2.20	2.23
	E <sub>2-28</sub>	72	2.10	
	E <sub>1-28</sub>	72	2.40	

Fuente: laboratorio de mecánica de suelos y ensayos de materiales de la USP.



**Figura 21.** Comparación de Profundidad de Penetración Promedio de Mortero de Control y Experimental.

Se ha realizado un análisis de varianza (ANOVA), de la resistencia a compresión y permeabilidad de mortero de control y experimental. La cual se muestran en la tabla 25 ,26 y 27.

**Tabla 25.**

*Prueba ANOVA de unidades de resistencias a compresión de mortero*

origen	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Sig.
Días de curado	48,771.813	2	24,385.906	239.336	0.00
AC y CCA	37,023.740	1	37,023.740	363.370	0.00
Error	1,033.120	2	516.560		
Dentro del grupo	12,22.67767	12	101.890		
Total	88,051.3501	17			

Nota: AC: Arcilla calcinada, CCA: cenizas de concha de Abanico, fuente: BM spss statistics v.25

**Tabla 26.**

*Prueba ANOVA de las resistencias a compresión promedios del mortero*

origen	Suma de cuadrados	gl	media cuadrática	F	Sig.
AC y CCA	12,341.25	1	12,341.25	71.67	0.000378
Días de curado	16,257.27	2	8,128.64	47.21	0.000567
error	344.37	2	172.19		
Total	28,942.89	5			

Nota: AC: Arcilla calcinada, CCA: cenizas de concha de Abanico, fuente: IBM spss statistics v.25

Se determino la prueba de hipótesis mediante los siguientes supuestos, en base la hipótesis planteada.

H<sub>0</sub>: No presenta diferencia entre la resistencia a compresión de morteros control y experimentales a 28 días de curado.

H<sub>1</sub>: presenta diferencia entre la resistencia a compresión de mortero control y experimentales a 28 días de curado.

**Tabla 27.**

*Prueba ANOVA de las resistencias de mortero control y experimental a 28 días de curado*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	9,942.20	1	9,942.20	67.77	0.0012
Dentro de los grupos	586.79	4	146.70		
Total	10,528.99	5			

fuelle: IBM spss statistics v.25

H<sub>0</sub>: No existe diferencias en la Permeabilidad de los morteros control y experimental a 28 días de curado.

H<sub>1</sub>: presenta diferencia entre la Permeabilidad de los morteros control y experimental a 28 días de curado.

**Tabla 28.**

*Prueba ANOVA de Mortero Control y experimental de la Permeabilidad a 28 días.*

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.3504	1	0.3504	20.512	0.011
Dentro de los grupos	0.0683	4	0.0171		
Total	0.41875	5			

fuelle: IBM spss statistics v.25

#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Con respecto al valor obtenido del índice de plasticidad de la arcilla, el cual se visualiza en la tabla 16. Presenta un valor de índice de plasticidad de 26.9%, configurándose una arcilla de alta plasticidad de acuerdo a la tabla 4. Esto evidencia alto porcentaje de fracción arcillosa y limpia, producto de la adecuada purificación de la arcilla. En la misma forma de ideas, Andrade, Qureshi y Hotza (2011) mencionan que la plasticidad puede ser afectada por la composición mineralógica, distribución del tamaño de partícula y sustancia orgánicas en la muestra de arcilla.

Con respecto al límite líquido y límite plástico de la arcilla, estos valores al compararlo con la tabla 4, se puede mencionar lo siguiente; Si el límite líquido está en el intervalo de 30-110% y el límite plástico entre 25-40%, el mineral arcilloso es de tipo caolinita, por lo tanto, esto confirmaría aproximadamente que la arcilla es caolinita, al encontrarse en el rango mencionado (Mitchell y Soga, 2005).

Y considerando los valores de límite líquido y índice de plasticidad de la arcilla, en el gráfico de Holtz y Kovacs, como se muestra en la figura 12. Se visualiza que las rectas verticales y horizontales se interceptan, en la zona de arcillas de tipo caolinita, Illita o la combinación de estas.

Con respecto al ATD de la arcilla, correspondiente a las figuras 13 y 14. De las cuales, considerando la curva de análisis termogravimétrico, esta manifiesta el comportamiento de la masa del material sobre la acción de la temperatura. La curva presenta los siguientes cambios de la muestra de arcilla; inicialmente presenta una disminución de la masa inicial en el intervalo de temperatura de 70 - 130°C, esto correspondería a la eliminación del agua libre y absorbida en los poros. y la segunda representa la eliminación de masa en el intervalo de temperatura de 430 - 530°C, esta manifiesta la pérdida de masa producto del inicio de la deshidroxilación de los grupos hidroxilos unidos a la arcilla, luego la pérdida de masa cambia relativamente poco (Bernal, et al., 2017).

Así mismo indicar, que a 800°C de temperatura, la curva tiende a ser constante, esto manifiesta, que ya se ha agotado o eliminado los grupos hidroxilos en la arcilla.

Por otro lado, la curva calorimétrica mostrada en la figura 14, esta manifiesta la absorción y liberación de energía al ser sometido gradualmente al incremento de temperatura. a continuación detallaremos los cambios o picos que manifiesta la curva; a una temperatura de 120C°, se presenta el primer cambio endotérmico, este fenómeno es producido por el esfuerzo de liberar el agua débilmente adherida en la arcilla. El segundo pico se manifiesta a la temperatura de 200C°, la explicación a este fenómeno es debido a la acción de eliminar el agua fuertemente adherida. El pico primordial teóricamente está ubicado a temperatura de 540C°, este pico manifiesta el proceso de deshidroxilación, llevando a la amorfización la estructura reticular, este proceso lleva a la transformación a metacaolín, eliminando los grupos hidroxilos (OH) de la estructura de la arcilla, esto lleva a la reestructuración de átomos de silicio (Si) y aluminio (Al), una disminución del Aluminio coordinado octaédricamente y la aparición de aluminio penta y tetra coordinado. Precisar que la forma de la curva es convexa, donde muestra el inicio y final de proceso de deshidroxilación en función al tipo de arcilla, por la cual en nuestra arcilla se encuentra en un rango de 450C°(inicio) y 600° (final), por la cual con la finalidad de asegurar la amorfización de la arcilla completamente, se ha tomado la temperatura de calcinación a 800C°, esta también debido a la apreciación de la presencia de dos tipos de arcilla como la caolinita y Illita según manifiesta ella fig.14, y también la Fig. 4 análisis térmico diferencial de arcillas comunes seleccionadas Adaptado de Snellings et al. (2012).

Analizando el pico endotérmico más importante de la curva que está a una temperatura de 550C°, se aprecia que no es muy pronunciado. Por lo tanto esta forma del pico es generado debido a la cantidad de caolinita presente en la arcilla (Badogiannis, Kakali y Tsvillis, 2005).

El tiempo de residencia y temperatura de calcinación, fue de 800 °C durante 60 min, Estos dos parámetros permite una deshidroxilación completa arcilla y al mismo tiempo que evita la recristalización de otros minerales de alta temperatura (Zunino y Scrivener, 2020).

Con respecto al ATD de la valva de concha de abanico, se visualiza en la figura 15 y 16; se aprecian los siguientes comportamientos; de acuerdo al análisis Termogravimétrico en la figura 15, donde refleja una fuerte estabilidad térmica del material

hasta los 700°C, temperatura donde inicia la descomposición acelerada y eliminación de material hasta descender rápidamente hasta la máxima temperatura de ensayo, esto ha generado la pérdida de masa inicial de 34% aproximadamente. Por otro lado, el análisis calorimétrico mostrada en la figura 16, manifiesta dos bandas endotérmicas ligeras, a 110 °C , 210 ° C y más adelante un intenso pico de absorción térmica a 890°C ,esta temperatura ha generado el cambio estructural del material. Según Chero (2017), reporta que la valvas de concha de abanico, calcinado a 800°C , consigue una composición química, en el componente óxido de calcio (CaO) de 99.563%.

Al posicionar la temperatura de 800°C, en grafico 15 y16, se puede apreciar que se encuentra en el rango del cambio estructural del material, pasando por descomposición térmica del carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) y convertir en óxido de calcio (CaO).  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$  (Hazurina, et al.,2013).

Analizado y considerando la temperatura de calcinación de la arcilla, que es 800°C y un tiempo de residencia de 1 hora. se ha decidido considera las mismas temperatura de calcinación y tiempo de residencia para ambos materiales , con la finalidad que en investigaciones posteriores o pruebas piloto a nivel industrial, el material tanto la valva de concha de abanico y arcilla sean calcinados a la misma temperatura y molienda y por ende generar un material puzolánico más homogéneo y reactivo.

La composición química de AC, se visualiza en la tabla 17. Se aprecia que se encuentra gobernado principalmente por óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>= 50.310%), Óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> =37.725%), Óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 8.677%) y porcentajes minoritarios de Óxido de potasio (K<sub>2</sub>O = 1.045%) y otros componentes menores al 1% . teniendo en cuenta los óxidos de SiO<sub>2</sub> +Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ,al realizar la suma algebraica resulta una magnitud de 96.712%, por la cual se puede decir que se ha generado un material altamente puzolánico, de acuerdo a la normativa ASTM C618 (2003), donde menciona; al sumar los componentes mencionados y resulta mayor del 70%, lo que correspondería a una puzolana de tipo N. Por otro lado si consideramos el componente de K<sub>2</sub>O la cual se encuentra ligeramente mayor a lo permitido por el cemento. Este oxido generaría una pérdida en resistencia del mortero en el tiempo, generado la por la eflorescencia, que se origina de sales alcalinos solubles usualmente de sulfato de

sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) y potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ ), provenientes de la exudación del interior del mortero con una solución una vez seco se recristaliza (Boynton y Gutschick, 1966).

Comparando la composición química de la arcilla caolinita de Alujas et al. (2015), con la arcilla de estudiada, los componentes  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$  Son superiores al de la referencia, sin embargo, el componente  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  es ligeramente mayor de la referencia y comparando el contenido de oxido componente de  $\text{K}_2\text{O}$ , se puede apreciar que se encuentra en porcentajes similares. Indicar que la arcilla estudia es similar a la arcilla de referencia, lo que manifiesta indirectamente el tipo de arcilla caolinita.

Si bien sabido es que la reactivada puzolánica y resistencia a compresión del mortero está influenciada, por la cantidad de tipo de arcilla caolinita, encontrada en la fracción arcillosa, también se sabe que el grado de amorfización y porcentaje de deshidroxilación de los grupos hidroxilos, en la estructura de la arcilla, afecta al grado de reacción puzolánica. Por la cual se ha realizado la verificación con el ensayo de DRX, de la AC a  $800^\circ\text{C}$ , en un tiempo de 60 min., los resultado se muestra en la figura 17. se ha encontrado las siguientes estructuras cristalinas, Óxido de silicio (Quartz) de 59.14%, Óxido de hierro (Hematite) de 8.13%, Silicato de potasio y aluminio (Orthoclase) de 7.81%, Silicato de sodio, calcio y aluminio (Albite) de 10.11%, Sulfato de hierro hidratado (Rozenite) de 14.24% y Carbonato de calcio (calcite) de 0.57%, se observa que no existente la estructura de cristalina de la caolinita u otro tipo de arcilla, esto es debido que ha llegado al grado de deshidroxilación completa de estructura de la arcilla, al ser calcinado a la temperatura de  $800^\circ\text{C}$  por 1 hora. Comparando los resultados, con el ensayo reportado por Julian et al. (2016), donde mencionan que al calcinar la arcilla de Yacya, a  $700^\circ\text{C}$  por 1 hora, encontraron un 25.30% de Quartz, 3.90% Kaolinite, 39.90% Muscovite y 31.00% Pyrophyllite. Como se puede apreciar existentes todavía estructuras cristalinas de la arcilla caolinita, en la muestra esto es debido que no se ha llegado al porcentaje de deshidroxilación completa, mientras nuestra arcilla calcina ya no existente dichas estructuras. También por otro lado la investigación de Medrano (2017) mostrada en la figura 5, el ensayo de DRX de arcilla sin calcinar y calcinado, manifiesta transformaciones o cambios ocurridas en la muestra de acilla. Estas transformaciones son similares a nuestro resultado de composición estructural de la arcilla calcinada, así mismo indicar que el

tiempo de calcinación de los autores fue de 2 horas. Sin embargo, en nuestra investigación se ha controlado dicho tiempo de residencia a 1 hora, con la finalidad no general estructuras cristalinas a otros minerales.

Con la finalidad de evaluar indirectamente la reacción puzolánica de los materiales usados, se ha realizado la elaboración de morteros de control y experimentales. Con respecto a los morteros de control y experimentales se registraron, los pesos de cada cubo de mortero, se visualiza en la tabla 21. Es clara la variación entre los pesos del mortero de control y experimental, esto quiere decir, que la arcilla y concha de abanico al mezclarlos tenía un peso específico menor al cemento, esto se reflejó al momento de la homogenización del AC y RCA con el CPO, donde su volumen era 1.5 a 2 veces el volumen del CPO.

Analizando los resultados del ensayo de rotura del mortero experimental y de control, la cual se muestra en la figura 18 y tablas N°22 y 23. se comenta lo siguiente: que el mortero control muestra una alta resistencia inicial a los 3 días de curado y un crecimiento sostenido hasta alcanzar los 407.70 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días; este comportamiento es una respuesta a los materiales finos adecuadamente graduado (tabla N°18), homogenizados, CPO fresco y baja proporción agua cemento de 0.485. Y el mortero compuesto por 55% de CPO ,30% de AC y 15% de CCA , a los 3 días de curado, muestra una baja resistencia de un 37.90% ,por debajo respecto al control, y con el tiempo de curado crece rápido, con un valor a los 7 días de 22.80% con respecto al control, este incremento a los 7 días de curado , confiere a la actividad puzolánica generado entre la AC e hidróxido de calcio aportado por la CCA y cemento ,lo que ha generado S-C-H, esta idea es mencionado por Tironi, Scian y Irassar (2017), ha edades de 2-3 días de hidratado en motero, la reacción puzolánica no se genera. Sin embargo, la incidencia de la reacción puzolánica es a 7 -14 días, y la contribución no es significativa en edades posteriores. La magnitud de la resistencia a compresión a 28 días de curado, no incremento significativamente el valor resistencia, alcanzando un valor de 326.29 kg/cm<sup>2</sup>, el cual se encuentra a 19.97% por debajo del mortero de control.

La baja resistencia experimental está influenciada por el bajo contenido de caolinita en la arcilla, revelado por el análisis térmico diferencial. Y la otra variable que afecta

la resistencia es alta proporción de agua cemento de 0.535 en la mezcla, Esta alta relación, origina que la partícula cementante se encuentren más separadas unas a la otras. El agua y la partícula de cementante, al entrar en contacto se genera la reacción química y física, sin embargo, esta última no están eficiente, puesto que los cristales de S-C-H originados, son muy pequeños para enredar al agregado, por consecuencia en menos denso el material.

Analizando la figura 20, donde se muestra Comportamiento de cada mortero en función del tiempo curado. Se puede observar que el comportamiento del mortero experimental tiene una pendiente más pronunciada, esta podría revelar que, si se da un tiempo de curado mayor de a los 28 días, el mortero experimental estaría alcanzando al mortero de control, esto debido que el mortero de control presenta una pendiente que tiende hacer constante horizontalmente.

En la tabla 24 y figura 21, se muestran los resultados del ensayo de permeabilidad en los morteros de control y experimentales, resultando una infiltración medio de 2.72 mm en el mortero de control, a 28 días de curado. Y la infiltración medio del mortero experimental, resultado de 2.23 mm es menor al de control, por lo tanto, el mortero experimental brinda baja permeabilidad, con un valor de reducción del 18.01% en comparación al mortero de control, lo que ha originado por la reacción química y física de la AC y CCA ; por otro lado según la investigación de Shah, Parashar y Mishra (2020), mencionan que producto de la reacción puzolánica de la AC y la formación de carboaluminatos ,esta se da por la reacción entre el carbonato calcio y alúmina ,esto desarrolla una estructura porosa refinada que ayuda a reducir las propiedades mortero ,en cuanto a la porosidad, la tasa de absorción de agua y la permeabilidad. Esta baja permeabilidad del mortero es debido es la contribución de AC debido a su tamaño de partícula menor al cemento. El número de poros correspondientes a tamaños más pequeños aumenta por la AC debido a la reacción puzolánica que ayuda al refinamiento de la estructura de los poros. Por lo cual se ha generado un mortero con propiedades bajas de permeabilidad, siendo un extraordinario material para la construcción.

Analizando la tabla 25, del ANOVA, se muestra que para el remplazo parcial del cemento el p-value  $< \alpha$  ( $p=0.000$ ,  $p < 0.05$ ), por lo tanto, estos datos ilustran suficientes

evidencias para descartar la hipótesis nula. De la cual se concluye con un nivel de 5% de significancia, que la resistencia de cada unidad de mortero con remplazo del cemento por AC y CCA en porcentajes de 0% y 45 %, es diferentes. Por lo tanto, las resistencias de los morteros difieren significativamente.

Y con respecto al ANOVA del tiempo de curado  $p\text{-value} < \alpha$  ( $p=0.000$ ,  $p < 0.05$ ), podemos indicar que las resistencias de los morteros difieren según sus tiempos de curado.

Por otro lado, considerando el ANOVA, de la tabla 26, referente al remplazo parcial del cemento el  $p\text{-value} < \alpha$  ( $p=0.000378$ ,  $p < 0.05$ ), entonces podemos afirmar demuestra evidencias suficientes eliminar la hipótesis nula. También podemos decir en un error de 5% de significancia, las resistencias medias de los morteros con remplazo parcial del cemento por AC y CCA en porcentajes de 0% y 45 %, son diferentes. Es decir, existe una variación considerable entre las resistencias medias de los morteros. De igual manera respecto al curado el  $p\text{-value} < \alpha$  ( $p=0.000567$ ,  $p < 0.05$ ), entonces podemos decir que las resistencias medias de los cubos de mortero son diferentes a consecuencia de los días de curado.

Analizando la Tabla 27, valores de ANOVA, en cuanto a la resistencia a compresión del mortero de control y experimental, a la edad de 28 días de curado el  $p\text{-value} < \alpha$  ( $p=0.0012$ ,  $p < 0.05$ ), entonces podemos decir que rechazamos la Hipótesis nula ( $H_0$ : no existe variación entre la resistencia a compresión del mortero de control y experimental). Por lo cual con un nivel de 5% de significancia podemos aceptar la hipótesis alternativa ( $H_1$ : existen variación entre la resistencia a compresión de mortero de control y experimental).

Considerando ANOVA de la tabla 28; respecto a la permeabilidad del mortero control y experimental, el  $p\text{-value} < \alpha$  ( $p=0.011$ ,  $p < 0.05$ ), entonces podemos decir que rechazamos la Hipótesis nula ( $H_0$ : No existe diferencias en la Permeabilidad de los morteros control y experimentales), se concluyen que con un nivel de 5% de significancia se acepta la hipótesis alternativa ( $H_1$ : Existe diferencias en la Permeabilidad de los morteros control y experimentales).

## V.CONCLUSIONES

La arcilla natural de Cochabamba posee un valor de 26.90 % de índice de plasticidad.

La activación termina a la arcilla de Cochabamba ha generado un material puzolánico.

Al calcinar la arcilla a 800°C por un tiempo de residencia de 1.00 hora, se llegó a la deshidroxilación completa o amorfización completa de la estructura de la arcilla, manifestado por el ensayo de difracción de rayos x de la AC, así mismo no se encontró otro tipo de arcilla.

El alto porcentaje de sustitución del cemento por AC y CCA ha generado la relación agua /cemento de 0.535, por otro lado, el mortero de control una relación de 0.485, sin embargo, esta diferencia de relación agua cemento ha manifestado una fluidez de 32.38% para el de control y 30.17% para experimental.

La reacción puzolánica no se manifiesta los 3 días de curado, en el mortero experimental, generando un valor de 45.01% por debajo del mortero de control a los 28 días de curado, mientras el mortero de control a la misma edad generó un 72.5%.

El remplazo de 45% de cemento por AC y CCA en proporción 2:1 generó una rápida reacción puzolánica a los 7 días de curado, reflejado en la resistencia a compresión del mortero experimental.

La resistencia a compresión promedio alcanzado a los 28 días de curado del mortero experimental, se encuentra a 19.97% por debajo del control con un valor de 407.70kg/cm<sup>2</sup>.

Se alcanzó la resistencia de 326.29kg/cm<sup>2</sup>, a 28 días de curado, con el remplazo de 45% de cemento por arcilla y cocha de abanico en proporción 2:1, con una relación a/c de 0.535, que está 80.03% con respecto del control. De mejorar la activación mecánica en cuanto al tamaño de partículas de la arcilla y concha de abanico y prolongar el tiempo de curado superiores a los 28 días es posible igualar o superar al mortero de control, por lo cual, puede ser utilizado este mortero con fines estructurales.

El remplazo en 45% del cemento por arcilla y concha de abanico, ha generado un mortero menos permeable o más impermeable, con respecto al mortero de control, reduciendo un 18.01% de su permeabilidad.

.

## VI.RECOMENDACIONES

Realizar el ensayo DRX de arcilla sin calcinar , para cuantificar el contenido de tipo de arcilla.

Realizar en ensayo de alcalinidad (PH) a las muestras AC y CCA y a la combinación de estas .

Realizar la composición química del cemento , AC y CCA en combinación de acuerdo a la proporción 2:1.

El tamaño de partícula de la AC y CCA debe ser igual o menor al cemento portland Tipo I.

Realizar morteros con relleno inerte como cuarzo o arena , para cuantificar la reactividad puzolánica de la sustitución de AC y CCA.

Investigar morteros de control y experimental con la misma relación de agua cemento y usar aditivos plastificantes para mantener la misma trabajabilidad .

Investigar los mortero a 60 y 90 días de edad de curado, para determinar el cambio en la resistencia a compresión y permeabilidad en el tiempo.

## **VII.AGRADECIMIENTOS**

Mi agradecimiento va dirigido en primer lugar a mi Dios, por darme la vida, y tener misericordia de mí y también por guiar mis pasos, así mismo darme la sabiduría y fortaleza para poder finalizar el presente proyecto tesis, por otro lado, a mi Madre y Hermanas por ser mi motivación de superación e inculcarme buenos valores. También, agradecer a mis amigos, profesores quienes con sus conocimientos y ayudaron terminar el proyecto.

También muy agradecido por el tiempo y paciencia y aporte de sus conocimientos a mi asesor Ing. Castañeda Gamboa Rogelio, Con el mismo afecto, consideración, respecto y agradecido, al Ing. Flores Reyes Gumercindo, Ing. Miguel Solar Jara y al Doctor. César Julian Benites, por transmitirme sus conocimientos, valores, ética profesional en mi formación académica.

## VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto, F. (2009). Tecnología del Concreto. 2° Edición. Perú: San Marcos.
- Alujas, A., Fernández, F., Quintana, R., Scrivener, K., y Martirena, F. (2015). Pozzolanic Reactivity of Low Grade Kaolinitic Clays: Influence of Calcination Temperature and Impact of Calcination Products on OPC Hydration. *Applied Clay Science*, 108, 94-101. DOI:10.1016/j.clay.2015.01.028.
- Andrade, F. A., Al-Qureshi, H. A., y Hotza, D. (2011). Measuring the plasticity of clays: A review. *Applied Clay Science*, 51(1-2), 1-7. DOI:10.1016/j.clay.2010.10.028.
- American Society for Testing and Materials (ASTM) C618, (2008). Standard Specification for coal Fly ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for use in concrete. *ASTM Standard West Conshohocken. PA.*
- Avet, F., y Scrivener, K. (2018). Investigation of the calcined kaolinite content on the hydration of Limestone Calcined Clay Cement (LC 3 ). *Cement and Concrete Research*, 107, 124-135. DOI:10.1016/j.cemconres.2018.02.016.
- Avet, F., Snellings, R., Alujas, A., Ben, S., y Scrivener, K. (2016). Development of a new rapid, relevant and reliable (R<sup>3</sup>) test method to evaluate the pozzolanic reactivity of calcined kaolinitic clays. *Cement and Concrete Research*, 85, 1–11. DOI:10.1016/j.cemconres.2016.02.015.
- Badogiannis, E., Kakali, G., y Tsvivilis, S. (2005). Metakaolin as supplementary cementitious material. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 81(2), 457-462. DOI:10.1007/s10973-005-0806-3.
- Bernal, S.S., Juenger, M.C. G., Ke, K., Matthes, W., Lothenbach, B., De Belie, N., y Provis, J.L. (2017). Characterization of supplementary cementitious materials by thermal analysis. *Materials and Structures*, 50, 26. DOI:10.1617/s11527-016-0909-2.
- Boynton, R., y Gutschick, R. (1966). Efflorescence of Masonry. National Lime Association. Resumen extraído de la nota técnica #4, Recuperado de

[https://www.lime.org/documents/publications/free\\_downloads/efflorescence-masonry1966.pdf](https://www.lime.org/documents/publications/free_downloads/efflorescence-masonry1966.pdf).

Building Code Requirements for Structural Concrete ACI 318-14. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*. ACI Committee 318, recuperado de <http://aghababaie.usc.ac.ir/files/1506505203365.pdf>.

Chen, Q. Y., Tyrer, M., Hills, C. D., Yang, X. M., y Carey, P. (2009). Immobilisation of heavy metal in cement-based solidification/stabilisation: A review. *Waste Management*, 29(1), 390–403. DOI: 10.1016/j.wasman.2008.01.01.

Chero .P. (2017). *Estabilización de pH en el agua del Rio Negro (Olleros-Huaraz) utilizando un compuesto arcilla - concha de abanico (tesis de pregrado)*. Universidad Privada San Pedro, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil: Chimbote, Perú.

Delgado ,J.(2018) . *Resistencia a la Compresión de Mortero con Cemento Sustituido al 7% y 10% por Mucilago de Aloe Vera (Sábila)* (Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil). Universidad San Pedro, Chimbote, Perú, recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/10390>.

Dirección de Estudios y Derechos Económicos Pesquero y Acuícola- DG-RODUCE (2016). Cosecha de recursos Hidrobiológicos de la actividad acuicultura según ámbito departamento y especie.

Druc J. (1996). De la etnografía hacia la arqueología: aportes de entrevistas con ceramistas de Ancash (Perú) para la Caracterización de la cerámica prehispánica. *Bull Inst.fr. enidesandines*,25 (1), 17-41.

García, E., y Suárez, M. (2006). Propiedades y usos. Recuperado 28 de septiembre de 2015, a partir de <http://www.uclm.es/users/higuera/yymm/arcillas.htm>.

Gonzales, H. (2017). *Resistencia del mortero con cemento sustituido por el 13% por una combinación de arcilla y concha cuchara* (Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil). Universidad San Pedro, Chimbote, Perú, recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/4371>.

- Hazurina, O., Hisham, A., Mat, D., y Azmi, M. (2013). Cockle Shell ash replacement for cement and filler in concrete. *Malaysian Journal of Civil Engineering* 25(2),201-211.
- INEI .(2020). *Encuesta nacional de hogares*. Recuperado de <https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/encuesta-nacional-de-hogares-enaho-2020-instituto-nacional-de-estad%C3%ADstica-e-inform%C3%A1tica-inei>.
- International Energy Agency. (2020). *Energy Technology Perspectives 2020*.recuperdo de <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>.
- Jennings, H.M. (2000). A Model for the Microstructure of Calcium Silicate Hydrate in Cement Paste.*Cement and Concrete Research, volume* (30) 101–116.
- Julian, C., Flores, G., Cribillero, Y., y Velázquez, W. (2016). *Resistencia de una pasta concha - arcilla de Yacya-Huari* (proyecto de investigación). Universidad San Pedro, Chimbote, Perú, recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/75>.
- Marin, F. (2012). The formation and mineralization of mollusk shell. *Frontiers in Bioscience, S4*(3), 1099- 125.DOI:10.2741/s321.
- Marin, F., Luquet, G., Marie, B., y Medakovic, D. (2007). Molluscan Shell Proteins: Primary Structure, Origin, and Evolution. *Current Topics in Developmental Biology*, 209–276. DOI:10.1016/s0070-2153(07)80006-8.
- Medrano,S.(2017).transformaciones minerales Durante el proceso de coccion de arcillas caoliniferas y arcillas illiticos -carbonatadas y su relacion con propiedades fisicas de interes (Máster Universitario en Geología: Técnicas y aplicaciones) , *Universidad Zaragoza*, recuperado de <https://zaguan.unizar.es/record/63594?ln=es#>.
- Mielenz, R., King, M. (1995). Physical- Chemical Properties and Engineering Performance of Clays. *Clay and Clay minerals Colorado. pp196-254*.

- Mitchell, J. K., y Soga, K. (2005). *Fundamentals of soil behavior* (Vol. 3, p. USA). New York: John Wiley & Sons. Recuperado de <https://istasazeh-co.com/wp-content/uploads/2022/04/Fundamentals-Of-Soil-Behavior-K-Mitchel.pdf>.
- Murray, H. (2007). *Applied Clay Mineralogy Indiana*. Elsevier U.S.A.
- Murray, S. J., Subramani, V. J., Selvam, R. P., y Hall, K. D. (2010). Molecular Dynamics to Understand the Mechanical Behavior of Cement Paste. *Transportation Research Record*, 2142 (1), 75-82. DOI:org/10.3141/2142-11.
- Norma Técnica peruana 334.051. (2013). *Metodos de ensayos para determinar la resistencia a la compresion de los morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50m de lado*. Comicion de Normalizacion y fiscalización de Barreras comerciales no Arancelarias – INDECOP.
- Norma Técnica Peruana 400.011.(2008). *AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos)*. Lima, Perú: INDECOPI.
- Norma Tecnica Peruana 339.088. (2019). *CONCRETO: Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Pórtland. Requisitos*. Recuperado de <https://toaz.info/doc-view-2>.
- Ochs, M., Mallants, Dirk., Wang, Lian. (2016). Radionuclide and Metal Sorption on Cement and Concrete. *Topics in Safety, Risk, Reliability and Quality*, (29). DOI :10.1007/978-3-319-23651-3\_2.
- Pellenq, J.R, Lequeux, N., y van Damme, H. (2008). Engineering the bonding scheme in C–S–H: The iono-covalent framework. *Cement and Concrete Research*, (38), 159–174.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. (2016). *Norma E.070 Albañilería*. Recuperado de <https://bit.ly/2Skf9xs>.
- Reglamento nacional de edificaciones. (2019). *Propuesta de norma E.070 Albañilería*. Recuperado de <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.070-alba-ileria-sencico.pdf>.

- Rivera, G. (2010). *Concreto Simple*. Cauca, Colombia: Universidad del Cauca, recuperado de [https://www.academia.edu/18236246/Tecnologia\\_Concreto\\_y\\_Mortero\\_Rivera](https://www.academia.edu/18236246/Tecnologia_Concreto_y_Mortero_Rivera).
- Rowland, R.A. (1955). Differential thermal analysis of clays and carbonates. In: Proceedings of the first national conference on clays and clay technology .*Clays and Clay Technology, Bulletin 169*, San Francisco, CA, pp 151–163.
- Sandoval, R. (2018). *Resistencia a compresión de mortero con cemento sustituido al 9% y 18 % de la combinación de Polvo de Vidrio y Ceniza de Concha de Abanico* (Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil). Universidad San Pedro, Chimbote, Perú, Recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/8010>.
- Scrivener, K., Martirena., Bishnoi., Maity, S. (2018). Calcined clay limestone cements (LC<sup>3</sup>). *Cement and Concrete Research*, 144,49-56.
- Snellings, R., Mertens, G., y Elsen, J. (2012). Supplementary Cementitious Materials. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*,74(1), 211- 278. DOI:10.2138/rmg.2012.74.6.
- Shvarzman,A., Kovler, K., Grader,G.S., y Shter, G.E.(2003).The effect of dehydroxylation/amorphization degree on pozzolanic activity of Kaolinite. *Cement and Concrete Research*, (33), 405 – 416.
- Suzuki,M., y Nagasawa,H.(2013). Mollusk shell structures and their formation mechanism. *Canadian Journal of Zoology*, 91(6), 349-366.DOI:10.1139/cjz-2012-0333.
- Shah, V., Parashar, A., Mishra, G., Medepalli, S., Krishnan, S., y Bishnoi, S. (2020). Influence of cement replacement by limestone calcined clay pozzolan on the engineering properties of mortar and concrete. *Advances in Cement Research*, 32(3), 101-111.
- Taylor, H. F. W. (1997). *Cement Chemistry*, 2nd ed. Thomas Telford Ltd, London.

- Tironi, A., Scian, A. N., y Irassar, E. F. (2017). Blended Cements with Limestone Filler and Kaolinitic Calcined Clay: Filler and Pozzolanic Effects. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 29(9), 04017116. DOI:10.1061/(asce)mt.1943-5533.0001965.
- Wan Mohammad, W. A. S. B., Othman, N. H., Wan Ibrahim, M. H., Rahim, M. A., Shahidan, S., y Rahman, R. A. (2017). A review on seashells ash as partial cement replacement. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 271, 012059. DOI:10.1088/1757-899x/271/1/012059.
- Zapata , W.(2019). *Resistencia de un mortero con cemento sustituido en 15% por polvo de concha de abanico y ceniza de cáscara de arroz* (tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil). Universidad San Pedro, Chimbote, Perú, recuperado de <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/12436>.
- Zunino, F., y Scrivener, K. (2020). Increasing the kaolinite content of raw clays using particle classification techniques for use as supplementary cementitious materials. *Construction and Building Materials*, 244, 118335. DOI:10.1016/j.conbuildmat.2020.

## IX. ANEXOS

### Anexo 01. Matriz de consistencia

PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENCION.	IND.	
<p>¿Al ser sustituido el cemento en un 45% por arcilla (Cochabamba) calcinado y cenizas de conchas de abanico en relación 2:1 en mezclas de mortero, se mejorará la resistencia a compresión y permeabilidad?</p>	<p>La arcilla (Cochabamba) y concha de abanico estos materiales activados térmicamente y mecánicamente al remplazar al cemento en un 45% en proporción 2:1 en mortero, los materiales por una reacción puzolánica, permitiría generar propiedades cementantes, la cual mejorar su resistencia a compresión y Permeabilidad del mortero.</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b>                      Evaluar la resistencia a compresión y permeabilidad del mortero con 45% sustitución del cemento por 30% arcilla calcinada y 15% de cenizas de valvas concha de abanico.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>                      Determinar el índice de plasticidad de la arcilla natural de Cochabamba.                      Determinar la temperatura de calcinación de la arcilla y concha de abanico mediante el ensayo de Análisis Térmico diferencial (ATD).                      Determinar la composición química de la arcilla calcinada mediante el análisis Florescencia de rayos X.                      Determinar la composición estructural de la arcilla mediante el análisis de difracción de rayos x.                      Determinar la proporción la Arcilla/valvas de concha de abanico en el remplazo de 45%.                      Determinar la proporción Agua/Cemento para el mortero de control y experimental mediante el ensayo de fluidez para morteros.                      Determinar la resistencia a compresión de los morteros de control y experimentales a edades de curado de 3,7 y 28 días y comparar resultados con valides estadística.                      Determinar la permeabilidad de los morteros control y experimentales, a la edad de curado de 28 días y comparar resultados con validación estadísticas.</p>	Dependiente	Resistencia a la compresión	Propiedades mecánicas del mortero	kg/cm2
			Dependiente	Permeabilidad	Permeabilidad es la de mortero al paso del agua a través de los poros	mm
			Independiente	Arcilla y valvas de concha de abanico	La dosificación o porcentaje de remplazo	% y la proporción
			Independiente	Arcilla y valvas de concha de abanico	La dosificación o porcentaje de remplazo	% y la proporción

### Anexo 02. Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLES DE INVESTIGACION		DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENCION	IND.	METODOLOGIA
Dependiente	Resistencia a la compresión	esfuerzo máximo que puede soportar los especímenes de mortero bajo una carga de aplastamiento. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm <sup>2</sup> ), mega pascales (MPa) a una edad de 28 días de curado en agua (ACI 318,2014).	Resistencia será medida en forma cuantitativa ya que sus valores son generados por una maquina llamado compresor y allí nos arrojan la resistencia en valores numéricos y su unidad de medida es Kg/cm <sup>2</sup> .	Propiedades mecánicas del mortero	kg/cm <sup>2</sup>	Por su orientación la investigación es de tipo aplicada explicativa y También prospectiva en términos de tiempo de ocurrencia, por sus valores de sus variables es cuantitativa. Debido a que se utilizaron procedimientos y ensayos experimentales, con a datos de investigaciones previamente conocidos y las muestra y población fue definido de la forma no aleatoria, el diseño de la investigación fue experimental a un nivel casi – experimental.
	Permeabilidad	De acuerdo a la norma Comité ACI 318 (2014) la permeabilidad, llamada así a la capacidad que tiene el concreto de permitir el paso de diferentes sustancias en estado líquido y gaseoso.	Permeabilidad se define como la medida en mm del paso de agua a través del mortero, donde se mide la infiltración máxima y media del mortero.	Permeabilidad es la de mortero al paso del agua a través de los poros	mm	
Independiente	Arcilla y valvas de concha de abanico	La sustitución o substitución es el resultado de cambiar una cosa material o inmaterial por otra, cumpliendo igual o similar función.	La dosificación o será medida de forma cuantitativa ya que sus valores vienen hacer un porcentaje del peso CPO, este peso es media en valores numéricos y su unidad de medida será gr, kg.	La dosificación o porcentaje de remplazo	% y la proporción	

### Anexo 03.Resportes de TURNITIN

Resistencia a la compresión y permeabilidad de mortero con 45% de sustitución del cemento por arcilla y concha de abanico, Chimbote 2021

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.usanpedro.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>8</b> %
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>3</b>	<b>zagan.unizar.es</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>4</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>5</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>6</b>	<b>www.researchgate.net</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Privada San Pedro</b> Trabajo del estudiante	<b>1</b> %
<b>8</b>	<b>bdigital.unal.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %

9	<a href="http://repositorio.unican.es">repositorio.unican.es</a> Fuente de Internet	1 %
10	<a href="http://riaa.uaem.mx">riaa.uaem.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://repositorio.unach.edu.pe">repositorio.unach.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
15	<a href="http://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://repositorio.une.edu.pe">repositorio.une.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://revistas.ucsm.edu.pe">revistas.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://ninive.ismm.edu.cu">ninive.ismm.edu.cu</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://repositorio.unal.edu.co">repositorio.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a>	

	Fuente de Internet	<1 %
21	<b>dokumen.pub</b> Fuente de Internet	<1 %
22	<b>Submitted to Universidad Andina del Cusco</b> Trabajo del estudiante	<1 %
23	<b>sedici.unlp.edu.ar</b> Fuente de Internet	<1 %
24	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<1 %
25	<b>qdoc.tips</b> Fuente de Internet	<1 %
26	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
27	<b>Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru</b> Trabajo del estudiante	<1 %
28	<b>docplayer.es</b> Fuente de Internet	<1 %
29	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
30	<b>dspace.unitru.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1 %
31	<b>dspace.esoch.edu.ec</b> Fuente de Internet	<1 %

		<1 %
32	<b>fdocumenti.com</b> Fuente de Internet	<1 %
33	<b>idoc.pub</b> Fuente de Internet	<1 %
34	<b>os.zhdk.cloud.switch.ch</b> Fuente de Internet	<1 %
35	<b>oa.upm.es</b> Fuente de Internet	<1 %
36	<b>upc.aws.openrepository.com</b> Fuente de Internet	<1 %
37	<b>Submitted to UTEC Universidad de Ingeniería &amp; Tecnología</b> Trabajo del estudiante	<1 %
38	<b>Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola</b> Trabajo del estudiante	<1 %
39	<b>bvs.sld.cu</b> Fuente de Internet	<1 %
40	<b>(9-29-05)</b> <b>http://136.142.158.105/LASA98/AguilarAndia.pdf</b> Fuente de Internet	<1 %
41	<b>dictionary.sensagent.com</b> Fuente de Internet	<1 %

42	<a href="http://digital.csic.es">digital.csic.es</a> Fuente de Internet	<1 %
43	<a href="http://publicaciones.usanpedro.edu.pe">publicaciones.usanpedro.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
44	<a href="http://repositorio.usmp.edu.pe">repositorio.usmp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
45	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1 %
46	<a href="http://dehesa.unex.es:8080">dehesa.unex.es:8080</a> Fuente de Internet	<1 %
47	<a href="http://eprints.ucm.es">eprints.ucm.es</a> Fuente de Internet	<1 %
48	<a href="http://kupdf.net">kupdf.net</a> Fuente de Internet	<1 %
49	<a href="http://revista.usanpedro.edu.pe">revista.usanpedro.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
50	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	<1 %
51	<a href="http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083">bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083</a> Fuente de Internet	<1 %
52	<a href="http://civilejournal.org">civilejournal.org</a> Fuente de Internet	<1 %
53	<a href="http://doku.pub">doku.pub</a> Fuente de Internet	<1 %

54	<a href="https://dspace.ucacue.edu.ec">dspace.ucacue.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
55	<a href="https://eprints.uanl.mx">eprints.uanl.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
56	<a href="https://kongre.akademikiletisim.com">kongre.akademikiletisim.com</a> Fuente de Internet	<1 %
57	<a href="https://repositorio.uladech.edu.pe">repositorio.uladech.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
58	<a href="https://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
59	<a href="https://revistaccuba.sld.cu">revistaccuba.sld.cu</a> Fuente de Internet	<1 %
60	<a href="http://www.bdigital.unal.edu.co">www.bdigital.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
61	<a href="http://www.investigacion.biblioteca.uvigo.es">www.investigacion.biblioteca.uvigo.es</a> Fuente de Internet	<1 %
62	"Reutilización de residuos de construcción en la fabricación de conglomerantes de activación alcalina.", 'Universitat Politecnica de Valencia' Fuente de Internet	<1 %
63	<a href="https://stutzartists.org">stutzartists.org</a> Fuente de Internet	<1 %

## Anexo N°04: Ensayo de Análisis Térmico diferencial



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 28 de setiembre del 2021

### INFORME N° 30 - SET-2021

**Solicitante:** Luis Roberto Carlos Colonia  
**RUC/DNI:** 47052137  
**Supervisor:** .....

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

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	A-30S	39.8 mg	Distrito Chanchos-Cochabamba (Huaraz-Ancash)

#### 2. ENSAYOS A APLICAR

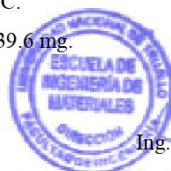
- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

#### 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: 39.6 mg.

**Jefe de Laboratorio:**

**Analista responsable:**



Ing. Danny Chávez Novoa

Ing. Danny Chávez Novoa

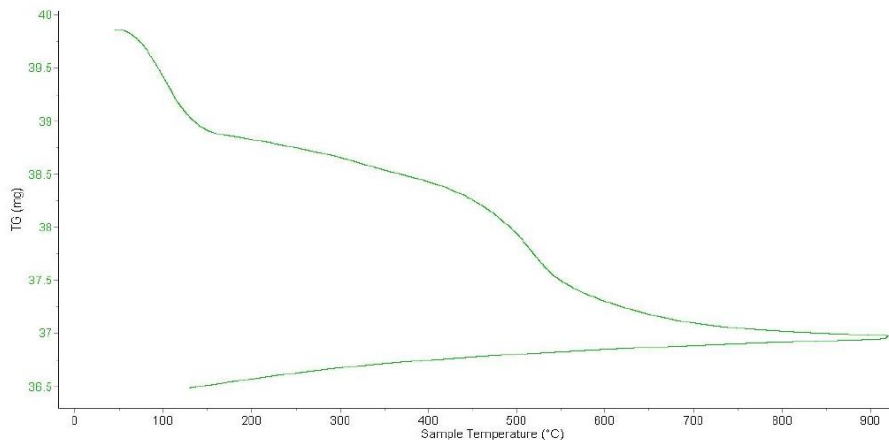


Trujillo, 28 de setiembre del 2021

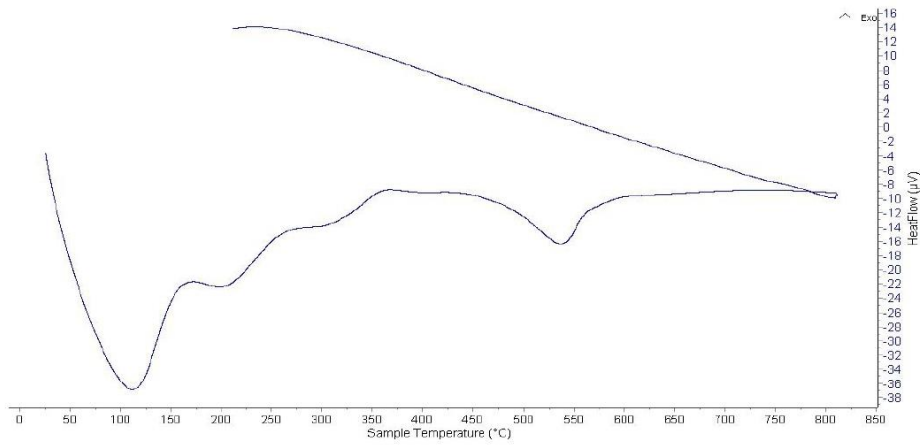
INFORME N° 30 - SET-2021

#### 4. Resultados:

##### I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termogravimétrico.



##### II- Curva Calorimétrica ATD





Trujillo, 28 de setiembre del 2021

**INFORME N° 30 - SET-2021**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra algunas caídas en el peso del material, la primera entre 70°C y 130°C, posteriormente se muestra una caída más intensa entre el rango de 450 y 530° posteriormente la caída es más leve, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 11 % de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar una primera banda endotérmica, aproximadamente a 120, luego a 200°C y más adelante un pico a aproximadamente 540 °C, todas estas temperaturas podrían indicar cambio estructural y cambio en las características en el material.

Trujillo, 28 de setiembre del 2021



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

V°B° MSc. Danny Chávez N.  
CIP: 84953



Trujillo, 12 de octubre del 2021

**INFORME N° 33 - OCT-21**

**Solicitante:** Luis Roberto Carlos Colonia  
**RUC/DNI:** 47052137  
**Supervisor:** .....

  
MSc. Danny Chávez N.  
CIP: 84953

**1. MUESTRA:** Concha de abanico (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CA-33O	45.8 mg	Chimbote

**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: 45.8 mg.

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



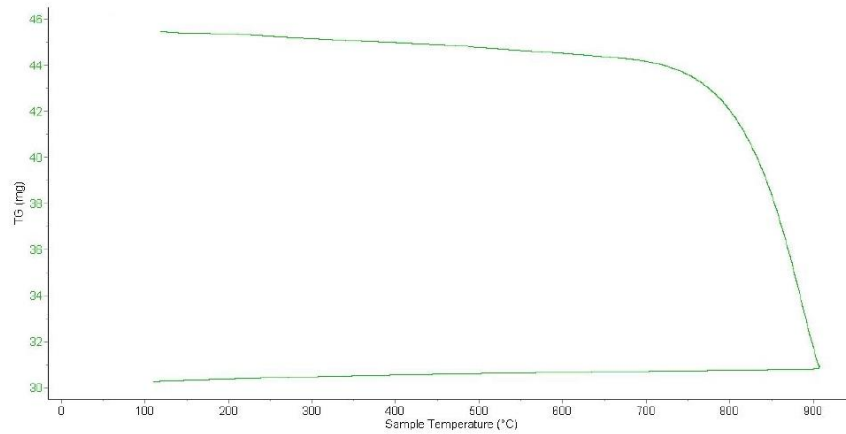
Trujillo, 12 de octubre del 2021

INFORME N° 33 - OCT-21

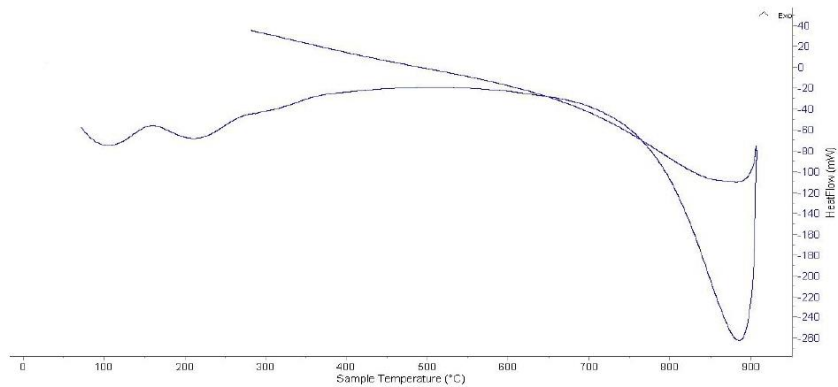


#### 4. Resultados:

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



##### II- Curva Calorimétrica ATD



MSc. Danny Chávez N.  
CIP: 84953 Tel.: 44-203510/949790880 [danchavez@hotmail.com](mailto:danchavez@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú



Trujillo, 12 de octubre del 2021

**INFORME N° 33 - OCT-21**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una buena estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 700°C, temperatura en la cual marca el inicio para la descomposición acelerada y la pérdida de material hasta caer bruscamente hasta la temperatura de ensayo máxima, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 34% de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar dos ligeras bandas endotérmicas, la primera a 110, y la otra a 210 ° C y posteriormente se muestra un intenso pico de absorción térmica a 890°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características en el material.

Trujillo, 12 de octubre del 2021



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

MSc. Danny Chávez N.  
CIP: 84953

## Anexo N° 05: Composición Química mediante Fluorescencia de Rayos X



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
LABORATORIO LABICER  
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



### INFORME DE ENSAYO N° 0076 – 23 – LABICER

- 1. DATOS DEL CLIENTE**
  - 1.1 NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : LUIS ROBERTO CARLOS COLONIA
  - 1.2 D.N.I / R.U.C. : 47052137
  - 1.3 DIRECCIÓN : --
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 18 / 01 / 2023
  - 2.2 FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO : 24 / 01 / 2023
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME : 30 / 01 / 2023
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
- 4. DATOS DE LA MUESTRA**
  - 4.1 TIPO DE MUESTRA : POLVO
  - 4.2 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ARCILLA CALCINADA
  - 4.3 DESCRIPCIÓN : ARCILLA CALCINADA A 800°C POR 1 HORA  
PROCEDENCIA : Sector Chanchos, Distrito de Cochabamba, Provincia de Huaraz, Departamento de Ancash
  - 4.4 OBSERVACIONES (SI APLICA) : --
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN Y ANÁLISIS** : LABORATORIO LABICER-UNI
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.0°C; Humedad relativa: 65%
- 7. RESULTADOS**
  - 7.1. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA <sup>(1)</sup>
Silicio, Si	45.131	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva <sup>(2)</sup>
Aluminio, Al	34.377	%	
Hierro, Fe	15.399	%	
Potasio, K	2.018	%	
Titanio, Ti	1.163	%	
Calcio, Ca	0.927	%	
Azúfre, S	0.426	%	
Fósforo, P	0.226	%	
Zinc, Zn	0.148	%	
Manganeso, Mn	0.090	%	
Circonio, Zr	0.054	%	
Vanadio, V	0.035	%	
Rubidio, Rb	0.006	%	

<sup>(1)</sup> Método de ensayo de referencia o técnica aceptada por el cliente.

<sup>(2)</sup> Balance de resultados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X, Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío.



## 7.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA EN ÓXIDOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA <sup>(1)</sup>
Óxido de silicio, SiO <sub>2</sub>	50.310	%	Espectrometría de fluorescencia de rayos X de energía dispersiva <sup>(2,3)</sup>
Óxido de aluminio, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	37.725	%	
Óxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.677	%	
Óxido de potasio, K <sub>2</sub> O	1.045	%	
Óxido de titanio, TiO <sub>2</sub>	0.835	%	
Óxido de calcio, CaO	0.546	%	
Óxido de azufre, SO <sub>3</sub>	0.473	%	
Óxido de fósforo, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.218	%	
Óxido de zinc, ZnO	0.067	%	
Óxido de manganeso, MnO	0.047	%	
Óxido de circonio, ZrO <sub>2</sub>	0.029	%	
Óxido de vanadio, V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.027	%	
Óxido de rubidio, Rb <sub>2</sub> O	0.003	%	

<sup>(1)</sup> Método de ensayo o de referencia o técnica aceptada por el cliente.

<sup>(2)</sup> Balance de resultados al 100% de óxidos calculados del análisis elemental (del sodio al uranio) por espectrometría de fluorescencia de rayos X. Análisis semicuantitativo en atmósfera de vacío.

<sup>(3)</sup> Resultados expresados en óxidos según pedido del solicitante.

## 8. VALIDEZ DEL INFORME DE ENSAYO

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas, descrita(s) en el ítem 4 del presente documento.



Bäch. Fabio Jurado  
Analista  
LABICER – UNI




M.Sc. Ily Marilú Maza Mejía  
Jefe de Laboratorio  
CQP 1149

### NOTAS:

- LABICER-UNI no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.
- LABICER-UNI no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, incluidos en los ítems 1 y del 4.1 al 4.3 del presente documento.
- Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- Este documento carece de validez sin sello y firmas correspondientes.

## Anexo N° 06: Composición Estructural mediante Difracción de rayos X



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE CIENCIAS  
LABORATORIO LABICER  
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



### INFORME DE ENSAYO N° 0075 – 23 – LABICER

- 1. DATOS DEL CLIENTE**
  - 1.1 NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : LUIS ROBERTO CARLOS COLONIA
  - 1.2 D.N.I / R.U.C. : 47052137
  - 1.3 DIRECCIÓN : --
- 2. CRONOGRAMA DE FECHAS**
  - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 18 / 01 / 2023
  - 2.2 FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO : 24 / 01 / 2023
  - 2.3 FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME : 30 / 01 / 2023
- 3. ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN ESTRUCTURAL POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X
- 4. DATOS DE LA MUESTRA**
  - 4.1 TIPO DE MUESTRA : POLVO
  - 4.2 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ARCILLA CALCINADA
  - 4.3 DESCRIPCIÓN : ARCILLA CALCINADA A 800 °C POR 1 HORA
  - PROCEDENCIA : Sector Chanchos, Distrito de Cochabamba, Provincia de Huaraz, Departamento de Ancash
  - 4.4 OBSERVACIONES (SI APLICA) : --
- 5. LUGAR DE RECEPCIÓN Y ANÁLISIS** : LABORATORIO LABICER-UNI
- 6. CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 22.0 °C; Humedad relativa: 65%
- 7. RESULTADOS**

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	MÉTODO DE REFERENCIA (1)
Óxido de silicio, SiO <sub>2</sub>	59.14	%	Difracción de Rayos X (2)
Óxido de hierro, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.13	%	
Silicato de potasio y aluminio, KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	7.81	%	
Silicato de sodio, calcio y aluminio, (Na,Ca)Al(Si,Al) <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	10.11	%	
Sulfato de hierro hidratado, Fe(SO <sub>4</sub> )(H <sub>2</sub> O) <sub>4</sub>	14.24	%	
Carbonato de calcio, CaCO <sub>3</sub>	0.57	%	

(1) Método de ensayo de referencia o técnica aceptada por el cliente.

(2) Análisis semicuantitativo, considerando un balance de las fases cristalinas al 100%. Ver difractograma en anexo, Figura N°1.

- 8. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**  
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayadas, descrita(s) en el ítem 4 del presente documento.

Bach. Fabio Jurado  
Analista  
LABICER – UNI



M.Sc. Ily Marilú Maza Mejía  
Jefe de Laboratorio  
CQP 1149

**NOTAS:**

1. LABICER-UNI no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.
2. LABICER-UNI no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, incluidos en los ítems 1 y del 4.1 al 4.3 del presente documento.
3. Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
4. Este documento carece de validez sin sello y firmas correspondientes.

## ANEXO

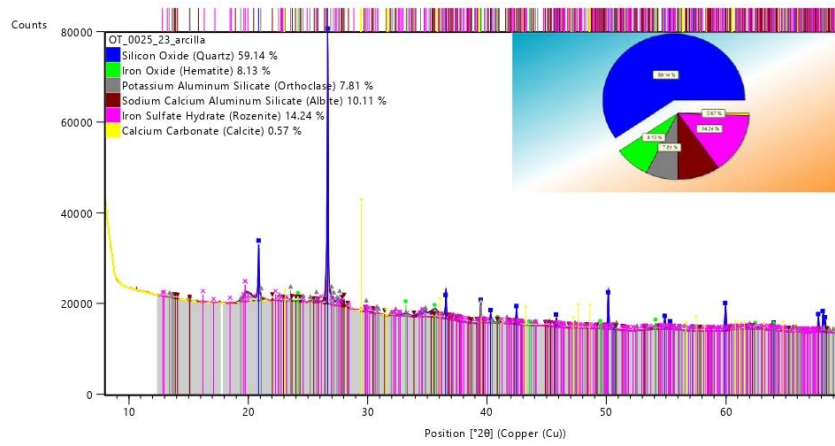


FIGURA N°1. Difractograma de la muestra analizada.



## Anexo N° 07: Ensayos de límites de Attemberg de arcilla



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

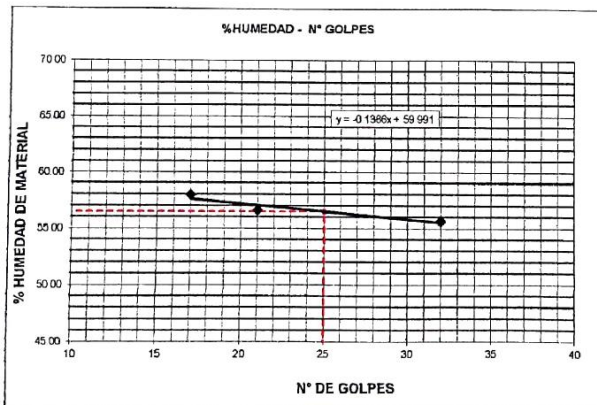
PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO (MTC E-110,E-111,ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : CARLOS COLONIA LUIS ROBERTO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE MORTERO CON 45% DE SUSTITUCIÓN DEL  
 CEMENTO POR ARCILLA Y CONCHA DE ABANICO, CHIMBOTE 2021  
 MUESTRA : ARCILLA  
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH  
 FECHA : 10/01/2023

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	32.10	38.20	37.30	21.80	21.90	26.80
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	27.20	32.20	30.40	21.02	21.07	25.90
PESO DE LA TARA (gr.)	18.40	21.60	18.50	18.40	18.30	22.80
PESO DEL AGUA (gr.)	4.90	6.00	6.90	0.78	0.83	0.90
PESO SUELO SECO (gr.)	8.80	10.60	11.90	2.62	2.77	3.10
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	55.68	56.60	57.98	29.77	30.07	29.03
Nro. DE GOLPES	32	21	17	29.63		



**LIMITE LIQUIDO**  
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)  
LL : % 56.53

**LIMITE PLASTICO**  
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)  
LP : % 29.63

**INDICE DE PLASTICIDAD**  
ASTM D-438  
IP : % 26.90

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
Ing. Miguel Solar Jara  
DIRECTOR  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762  
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

## Anexo N° 08: Ensayos Granulométrico Arena



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

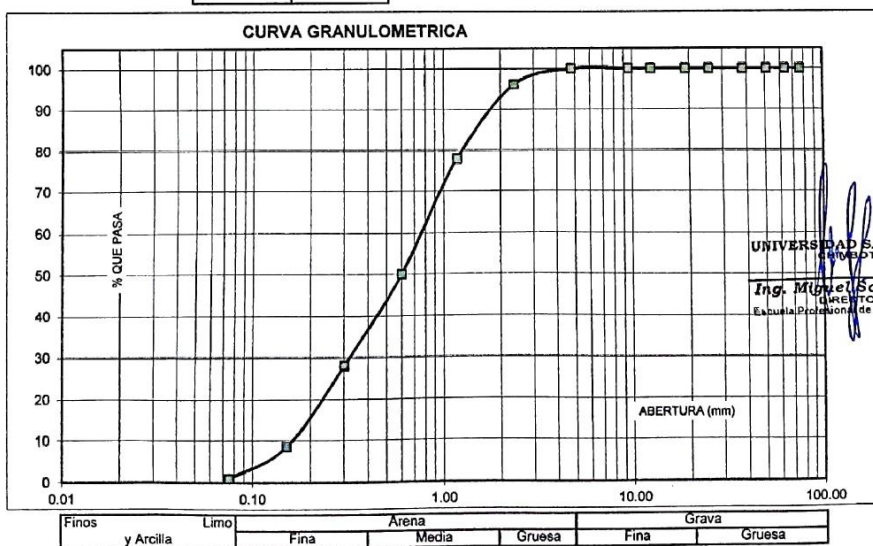
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO (ASTM C 136-06)

SOLICITA : CARLOS COLONIA LUIS ROBERTO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE MORTERO CON 45% DE SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR ARCILLA Y CONCHA DE ABANICO, CHIMBOTE 2021  
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 10/01/2023

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	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
N° 4	4.76	0.0	0.0	100.0
N° 8	2.36	27.50	4.0	96.0
N° 16	1.18	123.75	18.0	78.0
N° 30	0.80	192.50	28.0	50.0
N° 50	0.30	151.25	22.0	72.0
N° 100	0.15	134.06	19.5	8.5
N° 200	0.08	51.56	7.5	99.0
PLATO ASTM C-117-04		6.86	1.0	100.0
TOTAL		687.5	100.0	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.39

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
**Ing. Miguel Solar Jara**  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762  
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

## Anexo N° 09: Ensayos fluidez de Mortero



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE MORTERO-PATRON (MTC E 616-NTP 334.126)

SOLICITA : CARLOS COLONIA LUIS ROBERTO  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE MORTERO CON 45% DE SUSTITUCIÓN DEL  
CEMENTO POR ARCILLA Y CONCHA DE ABANICO, CHIMBOTE 2021  
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA- ANCASH  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 10/01/2023  
RELACION : AGUA / CEMENTO 0.485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.85	13.45	10.16	32.38
14.20			
12.95			
13.60			

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

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762  
Email: [imsyem@usanpedro.edu.pe](mailto:imsyem@usanpedro.edu.pe)

Escaneado con CamScanner



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

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

SOLICITA : CARLOS COLONIA LUIS ROBERTO  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE MORTERO CON 45% DE SUSTITUCIÓN DEL  
CEMENTO POR ARCILLA Y CONCHA DE ABANICO, CHIMBOTE 2021  
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANGASH  
MATERIAL : ARENA GRUESA  
FECHA : 10/01/2023  
RELACION : AGUA / CEMENTO +MSC 0.535

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
13.50	13.23	10.16	30.17
13.75			
12.45			
13.20			

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

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Spjar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762  
Email: [lmsyem@usanpedro.edu.pe](mailto:lmsyem@usanpedro.edu.pe)

Escaneado con CamScanner

## Anexo N° 10: Ensayos de Resistencia a la Compresión de Morteros



**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 CARLOS COLONIA LUIS ROBERTO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE MORTERO CON 45% DE SUSTITUCIÓN DEL  
 CEMENTO POR ARCILLA Y CONCHA DE ABANICO, CHIMBOTE 2021  
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 10/01/2023

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> )	Maxima (kg)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	PATRON 3 DIAS	7/10/2022	285.3	2.176	5.07	5.07	5.10	25.70	7650.00	297.61
02	PATRON 3 DIAS	7/10/2022	280.2	2.133	5.08	5.08	5.09	25.81	7830.00	303.41
03	PATRON 3 DIAS	7/10/2022	282.5	2.138	5.10	5.10	5.08	26.01	7430.00	285.66
04	PATRON 7 DIAS	11/10/2022	295.2	2.247	5.09	5.09	5.07	25.91	8880.00	342.75
05	PATRON 7 DIAS	11/10/2022	292.4	2.200	5.12	5.12	5.07	26.21	8780.00	334.93
06	PATRON 7 DIAS	11/10/2022	296.7	2.215	5.11	5.11	5.13	26.11	9340.00	357.69
07	PATRON 28 DIAS	2/11/2022	302.3	2.218	5.17	5.17	5.10	26.73	10560.00	395.08
08	PATRON 28 DIAS	2/11/2022	301.3	2.219	5.15	5.15	5.12	26.52	10940.00	412.48
09	PATRON 28 DIAS	2/11/2022	304.5	2.204	5.18	5.18	5.15	26.83	11150.00	415.54

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
 Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762  
 Email: [imsyem@usanpedro.edu.pe](mailto:imsyem@usanpedro.edu.pe)

Escaneado con CamScanner



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

SOLICITA : BACH.CARLOS COLONIA LUIS ROBERTO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE MORTERO CON 45% DE SUSTITUCIÓN DEL  
 CEMENTO POR ARCILLA Y CONCHA DE ABANICO, CHIMBOTE 2021  
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 10/01/2023

Nº	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> )	Maxima (kg)	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
01	EXPERIMENTAL 3 DIAS	10/10/2022	276.3	2.137	5.05	5.05	5.07	25.50	4860.00	190.57
02	EXPERIMENTAL 3 DIAS	10/10/2022	274.1	2.103	5.06	5.06	5.09	25.60	4540.00	177.32
03	EXPERIMENTAL 3 DIAS	10/10/2022	272.3	2.081	5.09	5.09	5.05	25.91	4730.00	182.57
04	EXPERIMENTAL 7 DIAS	14/10/2022	279.7	2.146	5.08	5.08	5.05	25.81	6740.00	261.18
05	EXPERIMENTAL 7 DIAS	14/10/2022	282.2	2.123	5.11	5.11	5.09	26.11	6870.00	263.10
06	EXPERIMENTAL 7 DIAS	14/10/2022	280.5	2.119	5.09	5.09	5.11	25.91	7130.00	275.20
07	EXPERIMENTAL 28 DIAS	5/11/2022	395.2	2.927	5.13	5.13	5.13	26.32	8910.00	338.57
08	EXPERIMENTAL 28 DIAS	5/11/2022	396.1	2.906	5.14	5.14	5.16	26.42	8660.00	327.79
09	EXPERIMENTAL 28 DIAS	5/11/2022	397.3	2.859	5.20	5.20	5.14	27.04	8450.00	312.50

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

## Anexo N° 11: Ensayos de Permeabilidad de Morteros



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACION DE AGUA BAJO PRESION

SOLICITA : CARLOS COLONIA LUIS ROBERTO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE MORTERO CON 45% DE SUSTITUCIÓN DEL  
 CEMENTO POR ARCILLA Y CONCHA DE ABANICO, CHIMBOTE 2021  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 10/01/2023

N°	ELEMENTO	ENSAYO PENETRACION DE AGUA			PROF. PENETRAC.	P. P. PROMEDIO
		INICIO	TERMINO	HORAS	MAX.	
01	PROBETA PATRON	2-11-22 18:00	5-11-22 18:00	72	2.60	2.72
	Día - 28					
02	PROBETA PATRON	2-11-22 18:00	5-11-22 18:00	72	2.80	
	Día - 28					
03	PROBETA PATRON	2-11-22 18:00	5-11-22 18:00	72	2.75	
	Día - 28					

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responden a la norma de UNE-EN-12390-3.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados por los Alumnos del Curso.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Ángel Jara*  
Escritura Profesional de Ingeniería Civil

[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
 Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762  
 Email: [lmsyem@usanpedro.edu.pe](mailto:lmsyem@usanpedro.edu.pe)

Escaneado con CamScanner



**ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACION DE AGUA BAJO PRESION-EXPERIMENTAL**

SOLICITA : CARLOS COLONIA LUIS ROBERTO  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD DE MORTERO CON 45% DE SUSTITUCIÓN DEL  
CEMENTO POR ARCILLA Y CONCHA DE ABANICO, CHIMBOTE 2021  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 10/01/2023

Nº	TESTIGO ELEMENTO	ENSAYO PENETRACION DE AGUA			PROF. PENETRAC. MAX.	P. F. PROMEDIO
		INICIO	TERMINO	HORAS	mm	
01	EXPERIMENTAL Dia - 28	5-11-22 18:00	8-11-22 18:00	72	2.20	2.23
	EXPERIMENTAL Dia - 28	5-11-22 18:00	8-11-22 18:00	72	2.10	
03	EXPERIMENTAL Dia - 28	5-11-22 18:00	8-11-22 18:00	72	2.40	

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de UNE-EN-12390-3.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados por los Alumnos del Curso.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
CHIMBOTE  
*Ing. Miguel Solar Jara*  
DIRECTOR  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**Anexo N° 12: Panel fotográfico**



**Fotografía N° 01. Recolección de arcilla**



**Fotografía N° 02. Purificación de arcilla**



**Fotografía N° 03.** Secado de arcilla limpia.



**Fotografía N° 04.** Limpieza de valvas de concha de abanico.



**Fotografía N° 05.** Calcinación de arcilla



**Fotografía N° 06.** Arcilla calcinada



**Fotografía N° 07.** Calcinación de valva de concha de abanico.



**Fotografía N° 08.** Utilización de la copa de Casagrande.



**Fotografía N° 08.** Utilización de la copa de Casagrande.



**Fotografía N° 09.** Homogenización del mortero de control.



**Fotografía N° 10.** Homogenización del mortero de experimental.



**Fotografía N° 11.** Preparación de mortero.



**Fotografía N° 12.** Ensayo de fluidez.



**Fotografía N° 13.** Elaboración de espécimen de mortero.



**Fotografía N° 14.** Desencofrado de espécimen de morteros



**Fotografía N° 15.** Rotura a la resistencia a la compresión de morteros



**Fotografía N° 16.** Rotura a la resistencia a la compresión de morteros



**REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL**  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor			
CARLOS COLONIA LUIS ROBERTO		47052137	carlos_colonia_91@hotmail.com
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico
2. Tipo de Documento de Investigación			
<input checked="" type="checkbox"/> Tesis	<input type="checkbox"/> Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/> Trabajo Académico	<input type="checkbox"/> Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional <sup>1</sup>			
<input type="checkbox"/> Bachiller	<input checked="" type="checkbox"/> Título Profesional	<input type="checkbox"/> Título Segunda Especialidad	<input type="checkbox"/> Maestría <input type="checkbox"/> Doctorado
4. Título del Documento de Investigación			
RESISTENCIA A LA COMPRESION Y PERMEABILIDAD DE MORTERO CON 45% DE SUSTITUCION DEL CEMENTO POR ARCILLA Y CONCHA DE ABANICO, Chimbote 2021			
5. Programa Académico			
PRO GRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL			
6. Tipo de Acceso al Documento			
<input checked="" type="checkbox"/> Abierto o Público <sup>2</sup> ( <a href="#">info:eu-repo/semantics/openAccess</a> )		<input type="checkbox"/> Acceso restringido <sup>4</sup> ( <a href="#">info:eu-repo/semantics/restrictedAccess</a> ) (*)	
(*) En caso de restringido sustentar motivo			

**A. Originalidad del Archivo Digital**

Por el presente deajo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

**B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS <sup>5</sup>**

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento. <sup>6</sup>

Huella Digital



Firma

Lugar	Día	Mes	Año
Chimbote	29	11	23

**Importante**

- Según Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU-CD, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 8, inciso 6.2
- Ley N° 30035, Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 006-2015-PCM
- Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.
- En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2016-CONCYTEC-DEGC (Números 5.2 y 6.7) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital.
- Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.
- Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales-RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio AUCIA".

Nota. - En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a ley (Ley 27444, art. 32, núm. 32.3)