

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia a la compresión de ladrillos de concreto  
sustituyendo al cemento en 10% y 20% por la combinación  
de polvo de choro (*Aulacomya Atra*) y arcilla.**

**Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil**

**Autor**

Tolentino Ramírez, Serghy Enrique

**Asesor**

Urrutia Vargas, Segundo Milquisider  
0000-0003-4415-0484

Chimbote – Perú

2020

## **PALABRAS CLAVE**

Tema	Ladrillos de concreto
Especialidad	Tecnología del concreto

## **KEY WORDS**

Topic	Concrete bricks
Specialty	Concrete technology

## **LINEA DE INVESTIGACIÓN - OCDE**

Línea	Construcción y Gestión de la construcción
Área	Ingeniería y tecnología
Sub área	Ingeniería civil
Disciplina	Ingeniería civil Ingeniería de la construcción

## **TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN**

Resistencia a la compresión de ladrillos de concreto sustituyendo al cemento en 10% y 20% por la combinación de polvo de choro (*Aulacomya Atra*) y arcilla.

## RESUMEN

El objetivo del presente proyecto de investigación fue aumentar la resistencia a la compresión de ladrillos de concreto utilizando el polvo de choro y arcilla natural de Cajabamba en una combinación 3:1, previamente activada, térmicamente y mecánicamente.

Se sustituyó al cemento en 10% (7.5% de choro y 2.5% de arcilla) y 20% (15% de choro y 5% de arcilla) con la finalidad de aumentar y superar la resistencia patrón.

La metodología del presente proyecto de investigación, es de tipo aplicada, correspondiéndole un diseño experimental de nivel cuasi – experimental, porque se comparó la resistencia a la compresión de ladrillos de concreto de 02 grupos de trabajo: grupo control (patrón) y grupo experimental, donde los ladrillos de concreto del grupo experimental se le sustituyó al cemento en 10% (7.5% de choro y 2.5% de arcilla) y 20% (15% de choro y 5% de arcilla) en comparación a los ladrillos del grupo control (patrón).

La sustitución al cemento por una combinación de polvo de choro y arcilla en 10% (7.5% de choro y 2.5% de arcilla) y en 20% (15% de choro y 5% de arcilla) incrementó la resistencia a la compresión a los 28 días, superando en un 22.82% y 20.35% respectivamente a un ladrillo de concreto tipo IV  $f'c=130Kg/cm^2$ .

## ABSTRACT

The objective of this research project was to increase the compressive strength of concrete bricks using Cajabamba's natural clay and black clay powder in a 3: 1 combination, previously activated, thermally and mechanically.

Cement was replaced in 10% (7.5% bleach and 2.5% clay) and 20% (15% bleach and 5% clay) in order to increase and overcome the standard resistance.

The methodology of this research project is of an applied type, corresponding to an experimental design of quasi-experimental level, because the compressive strength of concrete bricks from 02 work groups was compared: control group (pattern) and experimental group, where the concrete bricks of the experimental group were substituted to the cement in 10% (7.5% of mud and 2.5% of clay) and 20% (15% of mud and 5% of clay) compared to the bricks of the control group ( Pattern).

The substitution of 10% (7.5% bleach and 2.5% clay) and 20% (15% bleach and 5% clay) to cement by a combination of bleach powder and clay increased the compressive strength at 28 days, exceeding by 22.82% and 20.35% respectively a type IV concrete brick  $f_c = 130\text{Kg} / \text{cm}^2$ .

## ÍNDICE

Tema	Página N°
Palabras clave .....	i
Título de la investigación.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice .....	v
I. Introducción.....	1
II. Metodología .....	20
III. Resultados.....	32
IV. Análisis y discusión .....	47
V. Conclusiones.....	51
VI. Recomendaciones .....	52
VII. Referencias bibliograficas .....	53
Agradecimiento.....	57
Anexos .....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA</b>	<b>Página N°</b>
<b>Tabla 1.</b> Clase de unidad de albañilería para fines estructurales. ....	3
<b>Tabla 2.</b> Composición química del cemento portland. ....	5
<b>Tabla 3.</b> Características químicas de algunos tipos de arcillas. ....	11
<b>Tabla 4.</b> Composición elemental de cenizas de concha de choro en % de masa de Aznaran. ....	12
<b>Tabla 5.</b> Variable Dependiente. ....	18
<b>Tabla 6.</b> Variable Independiente. ....	18
<b>Tabla 7.</b> Distribución de los ladrillos de concreto. ....	23
<b>Tabla 8.</b> Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	23
<b>Tabla 9.</b> Ensayos de caracterización de agregados según la NTP. ....	28
<b>Tabla 10.</b> Diseño de mezcla (15% desperdicio).....	29
<b>Tabla 11.</b> Diseño de mezcla (20% desperdicio) y cantidad de material. ....	30
<b>Tabla 12.</b> Sustitución al cemento en 10% (7.5% polvo de choro y 2.5% arcilla)....	31
<b>Tabla 13.</b> Sustitución al cemento en 20% (15% polvo de choro y 5% arcilla).....	31
<b>Tabla 14.</b> Resumen de Límites de Atterberg en la arcilla.....	32
<b>Tabla 15.</b> Resumen de resultados del ensayo ATD. ....	33
<b>Tabla 16.</b> Composición elemental de cenizas de concha de choro en % de masa....	35
<b>Tabla 17.</b> Composición elemental de cenizas de arcilla de Cajabamba en % de masa. ....	36
<b>Tabla 18.</b> Resumen de resultados del ensayo pH.....	36
<b>Tabla 19.</b> Diseño de mezcla patrón y experimental por kg y para un ladrillo. ....	37
<b>Tabla 20.</b> Cantidad de material sustituido al cemento por unidad de ladrillo.....	37

<b>Tabla 21.</b> Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del grupo patrón a los 07 días. ....	38
<b>Tabla 22.</b> Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del grupo patrón a los 14 días. ....	38
<b>Tabla 23.</b> Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del grupo experimental N°1 a los 07 días. ....	40
<b>Tabla 24.</b> Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del grupo experimental N°1 a los 14 días. ....	40
<b>Tabla 25.</b> Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del grupo experimental N°2 a los 07 días. ....	42
<b>Tabla 26.</b> Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del grupo experimental N°2 a los 14 días. ....	43



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>Página N°</b>
<b>Figura 1.</b> Diagrama de Holtz y Kovaes. ....	32
<b>Figura 2.</b> Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico del Choro.....	33
<b>Figura 3.</b> Curva Calorimétrica ATD del Choro. ....	33
<b>Figura 4.</b> Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico de la Arcilla...	34
<b>Figura 5.</b> Curva Calorimétrica ATD de la Arcilla. ....	34
<b>Figura 6.</b> Resistencia a la compresión – patrón. ....	39
<b>Figura 7.</b> Curva del grupo patrón.....	39
<b>Figura 8.</b> Resistencia a la compresión - Exp 1.....	41
<b>Figura 9.</b> Curva del grupo experimental 1. ....	41
<b>Figura 10.</b> Resistencia a la compresión - Exp 2.....	43
<b>Figura 11.</b> Curva del grupo experimental 2. ....	44
<b>Figura 12.</b> Comparación de resistencias patrón y experimentales.....	45
<b>Figura 13.</b> Curvas de resistencias patrón y experimentales. ....	45

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	Página N°
ANEXO 1. Análisis Térmico Diferencial concha de choro .....	58
ANEXO 2. Análisis Térmico Diferencial arcilla .....	61
ANEXO 3. Fluorescencia de Rayos-X dispersiva en energía cenizas de concha de choro .....	64
ANEXO 4. Fluorescencia de Rayos-X dispersiva en energía arcilla.....	68
ANEXO 5. Potencial de Hidrogeno (pH).....	72
ANEXO 6. Panel Fotográfico .....	73
ANEXO 7. Proyección resistencia a la compresión a los 28 días grupo patrón .....	83
ANEXO 8. Proyección resistencia a la compresión a los 28 días grupo experimental 1 .....	84
ANEXO 9. Proyección resistencia a la compresión a los 28 días grupo experimental 2 .....	85
ANEXO 10. Análisis granulométrico agregado fino y agregado grueso. ....	86
ANEXO 11. Gravedad específica y absorción agregado fino y agregado grueso. ...	88
ANEXO 12. Peso unitario agregado fino y agregado grueso.....	90
ANEXO 13. Contenido de humedad agregado fino y agregado grueso. ....	92
ANEXO 14. Diseño de mezcla.....	94
ANEXO 15. Compresión de ladrillo de concreto patrón. ....	98
ANEXO 16. Compresión de ladrillo de concreto experimental 10% .....	99
ANEXO 17. Compresión de ladrillo de concreto experimental 20% .....	100
ANEXO 18. Límite líquido y limite plástico. ....	101

## I. INTRODUCCIÓN

### **Antecedentes.**

**Aznaran (2018)**, desarrolló la investigación titulada: Resistencia a la compresión de mortero con cemento sustituido el 9% por ceniza de cáscara de arroz y 6% por Ceniza de concha de choro (*Aulacomya Atra*).

La cual tuvo como objetivo determinar la resistencia a la compresión de un mortero, sustituyendo al cemento el 9% por ceniza de cáscara de arroz y 6% por concha de choro, siendo dicha investigación de tipo aplicada de diseño experimental con nivel cuasi-experimental.

La conclusión a la que llegó fue que la resistencia sustituida fue menor a la resistencia patrón, sin embargo, ambas resistencias superan la resistencia mínima y cumplen con los requisitos dadas en las normas ASTM C-270, concluyendo que este mortero con cemento sustituido es apto para trabajos en la construcción.

**Urrutia (2017)**, desarrolló la investigación titulada: Evaluación del concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> sustituido el cemento en 2% y 4% de arcilla de Cajabamba – Cajamarca.

La cual tuvo como objetivo evaluar el efecto de la sustitución del cemento en un 2% y 4% por arcilla calcinada de Cajabamba-Cajamarca, en un concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, siendo dicha investigación de tipo aplicada de diseño experimental con nivel cuasi-experimental.

La conclusión a la que llegó fue que se pudo obtener como resultados para la sustitución del 2% y 4% una mejora en la resistencia del 6.33% y 0.48 % respectivamente.

**Ramírez (2015)**, desarrolló la investigación titulada: Evaluación de arcillas del yacimiento la delta como fuente de materia prima para la producción de materiales cementicios suplementarios.

La cual tuvo como objetivo evaluar el material arcilloso del yacimiento la Delta como fuente de materia prima para la producción de materiales cementicios suplementarios.

La conclusión a la que llegó fue que los resultados de la composición química de la muestra de arcilla se encontraron en el rango de la composición química de materiales trabajados y reconocidos como puzolánico en la norma ASTM C618.

**Obregón (2018)**, desarrolló la investigación titulada: Resistencia a la compresión de ladrillo de concreto, sustituyendo un 15% al Cemento, por Arcilla en un 10% y Cenizas de Hoja de Schinus (MOLLE) en un 5%.

La cual tuvo como objetivo determinar la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto, sustituyendo un 15% al cemento, por arcilla en un 10% y cenizas de hoja de schinus (molle) en un 5%, en comparación al ladrillo patrón, siendo dicha investigación de tipo aplicada de diseño experimental con nivel cuasi-experimental.

La conclusión a la que llegó fue que los ladrillos de concreto experimentales que se elaboraron con la combinación de arcilla en un 10% y las cenizas de hoja de schinus 5%, al cemento, alcanzó una resistencia promedio 125.50 kg/cm<sup>2</sup>, con un porcentaje 96.54%, con respecto a la resistencia convencional de 130 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual no superaron al ladrillo patrón.

### **Fundamentación científica.**

Norma E 070 Albañilería

La Norma E 0.70 (2006) mencionó: “Esta norma establece los requisitos y las exigencias mínimas para el análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad e inspección de las edificaciones de albañilería estructuradas principalmente por muros confinados y por muros armados”.

Para San Bartolomé (2005), citado por Pérez (2016, p.5) mencionó: “El comportamiento sísmico de las edificaciones depende de la calidad de los materiales empleados y de la técnica constructiva empleada, es por ello que en la norma se hace especial énfasis a dichos aspectos”.

Unidades de albañilería.

La Norma E 0.70 (2006) define a la unidad de albañilería como: “Ladrillos y bloques de arcilla cocida, de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar o tubular”.

#### Clasificación

En la tabla 01 se muestra las clases de unidad de albañilería para fines estructurales.

**Tabla 1.** Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentajes)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN $f'_b$ mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17,6 (180)
Bloque P(1)	±4	±3	±2	4	4,9 (50)
Bloque NP(2)	±7	±6	±4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes.

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

**Fuente:** Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E-070.

#### Unidades de albañilería de concreto

La Norma Técnica Peruana 399.601 (2006, p.3) define a los ladrillos de concreto como: “Unidad de albañilería de dimensiones modulares fabricado con cemento portland, agua y agregados, que puede ser manipulada con una sola mano”.

Así mismo, esta norma clasifica a los ladrillos de concreto en cuatro tipos:

Tipo 24: Para su uso como unidades de enchape arquitectónico y muros exteriores sin revestimiento y para su uso donde se requiere alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.

Tipo 17: Para su uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia a la acción del frío y a la penetración de la humedad.

Tipo 14: Para su uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

Tipo 10: Para su uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

En igual forma, la norma menciona los materiales que se utilizan en la fabricación de los ladrillos de concreto, son los siguientes:

Cemento

Cales

Agua de mezcla

Agregados

El cemento

Para Sánchez de Guzmán (2001), citado por Cortes y Perilla (2014, p.15) mencionó: “El cemento Portland es un conglomerante hidráulico que tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, experimentando una reacción química debido a la hidratación, por lo cual son llamados cementos hidráulicos”.

La Norma Técnica Peruana 399.047 (2006, p.5) define al cemento portland como: “Un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker de Portland compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas de sulfato de calcio como una adición durante la molienda”.

Cementos Mexicanos [CEMEX], (2019, parr. 2) mencionó: El cemento es un polvo fino que se obtiene de la calcinación a 1,450°C de una mezcla de piedra caliza, arcilla y mineral de hierro. El producto del proceso de calcinación es el clinker – principal ingrediente del cemento –, que se muele finamente con yeso y otros aditivos químicos para producir cemento.

En la tabla 02 se muestra la composición química del cemento.

**Tabla 2.** *Composición química del cemento portland.*

<b>COMPONENTE</b>	<b>CANTIDAD (%)</b>
SiO <sub>2</sub>	18.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.65
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.80
CaO	60.03
MgO	2.50
Na <sub>2</sub> O	0.80
K <sub>2</sub> O	0.50
SO <sub>3</sub>	2.40
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.90
Inquemados	0.60

Fuente: Artículo de investigación Comportamiento mecánico de sistemas cementantes ternarios (cemento portland - ceniza volante - escoria de alto horno). (Cárdenas, Lizarazo, y Aperador, 2016).

#### Agregados

##### Agregado fino

Harmsen (2005, p.12) mencionó: “El agregado fino debe ser durable, limpio, fuerte, duro y libre de polvos, limos y material orgánico. No debe contener más del 5% de arcillas o limos ni más de 1.5 % de materia orgánica”.

La Norma Técnica Peruana 399.047 (2006, p.3) mencionó: “Es el agregado artificial de rocas o piedras proveniente de la desagregación natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg) y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037”.

##### Agregado grueso

Harmsen (2005, p.13) mencionó: “El agregado grueso está constituido por rocas graníticas, dioríticas y sieníticas. Puede usarse piedra partida en chancadora o grava zarandeada de los lechos de los ríos o yacimientos naturales”.

La Norma Técnica Peruana 399.047 (2006, p.3) mencionó: “Es el agregado retenido en el tamiz normalizado 4.75 mm (N°4) que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037, proveniente de la desagregación natural o artificial de la roca”.

## Caracterización de los agregados

Antes de realizar el diseño de mezcla es importante conocer las características de los agregados a través de una serie de ensayos que son:

Análisis granulométrico

Peso específico

Absorción

Peso unitario

Contenido de Humedad.

Análisis granulométrico

La Norma Técnica Peruana 399.047 (2006, p.11) representa a la granulometría como: “La distribución de los tamaños que posee el agregado”.

Para Huincho (2011), citado por Pérez (2016, p17) mencionó: “La distribución de los tamaños del agregado, la granulometría está directamente relacionada con las características de manejabilidad del concreto en estado fresco, la demanda de agua, la compacidad y la resistencia mecánica del concreto en estado endurecido”.

El análisis granulométrico se determina mediante el tamizado, según esta establecido en la NTP 400.012.

Los resultados de este análisis definen las siguientes características:

Módulo de finura:

La Norma Técnica Peruana 399.047 (2006, p.13) mencionó: “Factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100”.



Tamaño máximo:

La Norma Técnica Peruana 399.047 (2006, p.15) mencionó: “Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado grueso”.

Tamaño máximo nominal:

La Norma Técnica Peruana 399.047 (2006, p.15) mencionó: “Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido”.

Peso Específico

La Norma Técnica Peruana 400.022 (2013, p.6) mencionó: “Es la relación de la densidad de un material a la densidad del agua a una temperatura indicada; los valores son adimensionales”.

Los pesos específicos del agregado fino y agregado grueso que se utilizaron en el presente proyecto de investigación fueron desarrollados por lo establecido en las NTP 400.022 y NTP 400.021 respectivamente.

Absorción

La Norma Técnica Peruana 400.022 (2013, p.5) mencionó:

Es el aumento de la masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un período de tiempo prescrito, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca.

Los valores de absorción del agregado fino y agregado grueso fueron desarrollados por lo establecido en las NTP 400.022 y NTP 400.021 respectivamente.

Peso unitario

Soto y Villegas (2019, p.28) mencionaron: “Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos”.

Los valores de los pesos unitarios del agregado fino y agregado grueso fueron desarrollados por lo establecido en la NTP 400.017.

#### Contenido de humedad

Es la cantidad de agua que el agregado retiene, esta cantidad influye directamente en la cantidad de agua que la mezcla de concreto necesita.

Los valores del contenido de humedad del agregado fino y agregado grueso fueron desarrollados por lo establecido en la NTP 339.185.

#### Agua

El agua es uno de los elementos importantes dentro de la mezcla de concreto ya que al añadirse a la mezcla activará las propiedades químicas del cemento, así como también facilitará la manipulación y control de la mezcla.

Esta agua debe ser limpia y libre de impurezas para que no afecte a las propiedades del concreto.

#### Curado

Pérez (2016, p.21) mencionó: “El curado de los ladrillos consiste en mantener los bloques húmedos para permitir que continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad y resistencia especificada”.

Debido a esto es de mucha importancia realizar el curado de los ladrillos de concreto como cualquier otro producto de sea hecho a base de concreto.

#### Resistencia a la compresión

Para Zanchetta (2014), citado por Ruiz (2015, p.28) mencionó a la resistencia como: “La capacidad de un sólido para soportar presiones y fuerzas aplicadas sin quebrarse, deformarse o sufrir deterioros”.

Soto y Villegas (2019, p.41) mencionaron: “La resistencia en compresión se utiliza como índice de la calidad del concreto”.

Para calcular el valor de la resistencia a la compresión se desarrolló de acuerdo a NTP 399.613 y 339.604.

## Arcilla

García (1997, p.3) define a las arcillas como: “un material de tamaño de grano menor a 2  $\mu\text{m}$ , compuesto por una mezcla de silicatos y otros componentes, constituyen la materia prima más importante en la Industria cerámica tradicional”.

Según Díaz y Torrecillas (2002, p.459-460) definen:

Las arcillas son fruto de los agentes de meteorización físico-químicos actuantes sobre la roca madre original y se las puede considerar como unas acumulaciones naturales, consolidadas o no, de tamaño de grano fino ( $< 1 \mu\text{m}$  según los químicos que estudian los coloides,  $< 2 \mu\text{m}$  según los mineralogistas e investigadores del suelo, y  $< 4 \mu\text{m}$ , según los sedimentologistas) y constituidas por variados minerales arcillosos (silicatos aluminicos hidratados, con iones principalmente de Mg, Fe, K y Na) y otros minerales acompañantes como el cuarzo, los feldespatos, los carbonatos, etc.

De Pablo (1964, p.49-50) mencionó: “Arcilla es una asociación de silicatos, complejos hidratados de aluminio de fino tamaño de partícula que, húmeda, es plástica y seca, dura y quebradiza”.

## Clasificación de las arcillas

### Arcilla caolín, China o blanca

De Pablo (1964, p.52) mencionó: “Son arcillas residuales, in situ, originadas por alteración hidrotermal, hipogénica o epigénica, de rocas ígneas ácidas (granitos, dioritas, riolitas)”.

Para Patterson y Murray (1984), citado por Díaz y Torrecillas (2002, p.464) definen:

Caolín es una arcilla constituida fundamentalmente por caolinita pura o por minerales del Grupo, que en su estado natural o tratada es blanca o casi

blanca, que cuece blanco o casi blanco y que puede ser beneficiada para ser utilizada en cerámica blanca, papel, caucho, pinturas y usos similares.

#### Arcilla plástica o ball clay

De Pablo (1964, p.52) mencionó a las arcillas plásticas como: “Arcillas sedimentarias, de origen similar al de los caolines pero que, al contrario de éstos, fueron acarreados a lugares distintos al de su formación”.

Díaz y Torrecillas (2002, p.466) mencionaron: “Las arcillas “ball clay” son una mezcla de tamaño de grano muy fino de un 70% de caolinita desordenada, con micas, cuarzo, cloritas y materia orgánica”.

#### Arcilla refractarias o fire clay

De Pablo (1964, p.52) mencionó: “Son de alto horno pirométrico, con punto de reblandecimiento superior a los 1600°C y compuestos de caolinita con pequeñas cantidades de cuarzo, mica, anatasa, rutilo y óxido de hierro”.

Explicaron el concepto de refractory clay como un material de alto contenido de alúmina siendo considerando equivalente al de fire clay. Díaz y Torrecillas (2002)

#### Composición química de la arcilla

La siguiente tabla 03 se muestra la composición química de los diferentes tipos de arcilla que fueron mencionados anteriormente.

**Tabla 3.** Características químicas de algunos tipos de arcillas.

<b>PROPIEDADES (%)</b>	<b>CHINA CLAY</b>	<b>ARENAS CAOLINIFERAS</b>	<b>BALL CLAY</b>	<b>FIRE CLAY</b>
-2 micras	39	54.90	65	70.2
caolinita	74	73	95	75
mica	20	3	<5	10
cuarzo	-	4	<5	10
feldespatos	6	20	-	<5
SiO <sub>2</sub>	51.0	47.0	45.500	54.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36.0	39.0	38.57	27.21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.72	0.48	0.49	1.57
TiO <sub>2</sub>	0.02	0.12	0.60	1.08
CaO	0.05	0.10	0.42	0.26
MgO	0.23	0.07	-	0.67
K <sub>2</sub> O	1.30	0.29	0.50	3.73
Na <sub>2</sub> O	0.03	0.14	0.02	0.38
Ppc	11.3	12.8	13.51	10.58

Fuente: Artículo de investigación Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significado y aplicaciones. (Díaz y Torrecillas, 2002, p.466)

#### Concha de choro

Para Yamashiro (1982), citado por García (2015, p.8) mencionó:

El choro (*Aulacomya ater*) es un bivalvo de concha mitiliforme de color negro brillante o negro violáceo o azulado, con su. borde dorsal redondeado. y su parte más alta. hacia. la mitad de la. valva; el borde ventral es generalmente recto, a veces cóncavo. Presenta estrías radiales bien marcadas, en ocasiones cruzadas por finas estrías transversales, independientes de las líneas de crecimiento. Es de sexos separados y vive adherido a sustratos duros de fuerte pendiente con buena renovación de agua, alimentándose principalmente de fitoplancton y detritus orgánico a través de la filtración, y pueden alcanzar la talla de 8 cm en 16 meses.

La concha de choro es un material con alta concentración de calcio, se encuentra a lo largo de la costa peruana, la distribución latitudinal va desde el Callao hasta el Estrecho de Magallanes.

Esta especie bentónica vive en aguas por lo general poco profundas, adherida, gracias a su biso, a distintos sustratos duros como la piedra, rocas, arcilla dura y arena. Instituto de Fomento Pesquero (2009).

Para Cribillero y Rodríguez (2015), citado por Aznaran (2018, p.21) sostienen que: “La concha de choro calcinada a 800°C durante 1 hora y 30 minutos produce, un compuesto mineralógico que está principalmente hecho a base del CaO. Las conchas de choro tienen una concentración de CaO 95.546% en peso, respectivamente”.

Composición química de la concha de choro.

La tabla 04 muestra la composición química de la concha de choro.

**Tabla 4.** Composición elemental de cenizas de concha de choro en % de masa de Aznaran.

ÓXIDO	CONCENTRACIÓN % MASA	NORMALIZADO AL 100 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.357	20.870
SiO <sub>2</sub>	2.511	3.021
SO <sub>2</sub>	0.118	0.142
ClO <sub>2</sub>	0.118	0.226
K <sub>2</sub> O	0.078	0.094
CaO	62.335	74.975
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.022	0.027
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.006	0.007
CuO	0.016	0.020
ZnO	0.002	0.002
SrO	0.072	0.086
ZrO <sub>2</sub>	0.002	0.003
CdO	0.174	0.210
Son	0.249	0.288
Total	83.141	100.00

Fuente: Tesis Resistencia a la compresión de mortero con cemento sustituido el 9% por ceniza de cáscara de arroz y 6% por ceniza de concha de choro (*aulacomya atra*). (Aznaran, 2018, p.22)

### Justificación de la investigación.

Hoy en día la población busca tener una vivienda segura en todo sentido, dentro de los materiales que se van a utilizar en la construcción de una vivienda son los ladrillos, es por eso que se busca reemplazar al cemento con materiales tales como la combinación

del polvo de choro y arcilla, para que estos ladrillos puedan ser más resistentes que un ladrillo de concreto convencional.

La arcilla utilizada en la investigación se ubica al norte de la localidad de Cajabamba – Cajamarca con coordenadas UTM (Zona 17, Hemisferio S, “Este 826745.38, Norte 91566024.76”). El alto contenido de Sílice en la arcilla activada favoreció sobre la resistencia a la compresión de ladrillos de concretos. El choro utilizado en la investigación se ubica en el muelle de la localidad de Chimbote – Ancash. El alto contenido de calcio en el choro aportó a la resistencia a la compresión de ladrillos.

Por lo tanto, el choro y la arcilla contienen un alto porcentaje de calcio y sílice respectivamente que al interactuar con los Carbonatos de Calcio del cemento y el agua permiten de esta manera comportarse como un material puzolánico artificial, esto nos incentiva a darle mayor interés y difusión a una tecnología que ya ha sido investigada con anterioridad y que a la conclusión de hoy ha dado buenos resultados.

Este proyecto de investigación beneficiaría a la población Chimbote, por lo que es importante realizar los ladrillos de concreto, debido a que es una opción para la construcción de viviendas seguras y de calidad.

El aporte de trabajo de este proyecto de investigación será a nivel científico, contribuyendo con los avances tecnológicos en la ingeniería, en relación al concreto para obtener una buena resistencia de un ladrillo de concreto, así también contribuir con el ecosistema, incluyendo materiales poco o nulas así evitando la contaminación.

## **Problema.**

### Realidad problemática

La población peruana requiere de construcciones óptimas con el paso de los años, debido a que cada año se innova nuevos materiales y métodos para la construcción, se requiere que estos materiales y métodos de construcción sean de mayor resistencia para que haga frente a diversos fenómenos naturales. Los ladrillos de concreto al pasar de los años tienden a dañarse y por ende pierden resistencia a la compresión, debido a esto se urge de un ladrillo de concreto de mayor resistencia.

## Nivel internacional

Obregón (2018, p.41) mencionó: “La construcción es uno de los principales causantes del deterioro del medio ambiente; sus actividades consumen una gran cantidad de recursos y han contribuido considerablemente a fenómenos como la deforestación o la contaminación atmosférica”.

## Nivel nacional

En nuestro país se puede apreciar algo típico que es el tipo de unidad de albañilería que se usa y el sistema estructural de los hogares (muchas construcciones informales, sin acabados y por lo tanto sin un control profesional), resulta un análisis a simple vista poco eficiente.

La problemática de nuestro país en la construcción de viviendas o edificaciones es el bajo rendimiento de estas, a causa de economizar en materiales para su construcción, los ladrillos de concreto que se utilizan en estas viviendas o edificaciones son fabricadas en empresas ladrilleras que se distribuyen a nivel nacional de forma informal, no utilizan un método de elaboración conforme a un reglamento y la elaboración del producto final es inadecuado.

## Nivel Local

Para la fabricación de ladrillos de concreto en los distritos de Nuevo Chimbote y Chimbote, no se toma en cuenta teorías o normas especializadas a nivel profesional, siendo así un material para la construcción simple y de poca calidad. La adquisición de estos ladrillos elaborados de forma informal y empírica va destinada en mayor cantidad a la población de bajos recursos económicos.

La resistencia de estos ladrillos de concreto hace que las viviendas sean vulnerables, de baja resistencia debido a economizar el material y la elaboración empírica e informal de estos, por lo tanto, se planteó la sustitución al cemento por la combinación de polvo de choro (*Aulacomya Atra*) y la arcilla de Cajabamba en una proporción 3:1 en 10% (7.5% de choro y 2.5% de arcilla) y 20% (15% de choro y 5% de arcilla)



buscando comprobar que añadiendo este material mencionado se obtenga una mejor resistencia a la compresión.

Formulación del problema.

¿Hasta qué punto la sustitución al cemento por una combinación de polvo de choro (Aulacomya Atra) y la arcilla de Cajabamba en una proporción 3:1 en 10% (7.5% de choro y 2.5% de arcilla) y 20% (15% choro y 5% arcilla) mejorará en la resistencia a la compresión, en comparación a un ladrillo de concreto tipo IV?

### **Conceptuación y operacionalización de las variables.**

Variable dependiente:

Resistencia a la compresión

Definición Conceptual:

CEMEX, (2019, parr. 1) define a la resistencia a la compresión como: “La capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm<sup>2</sup>, MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi)”.

Definición Operacional:

Para Gere & Goodno, (2011), citado por Obregón (2018, p.44), sostiene que: “El ensayo de compresión consiste en llevar el ladrillo a la falla y registrar la carga de rotura en el área de contacto”.

Dimensiones:

- Edad del concreto

Para Osorio, (2013) citado por Zavaleta (2018, p.42), sostiene que: “Se ha demostrado que la resistencia a la compresión aumenta con el envejecimiento, hasta por 50 años, si existe humedad”.

- Carga Axial

Zapata, (2019, parr. 1) define la carga axial como: “La fuerza que va dirigida paralelamente al eje de simetría de un elemento que conforma una estructura”.

- Área

Es la sección del ladrillo (largo por ancho) a ensayar donde será ejecutada y concentrada la carga axial.

- Tiempo

Es el intervalo para medir la resistencia del ladrillo, a menor tiempo tendrá poca resistencia, a mayor tiempo obtendrá buena resistencia.

#### Indicadores

Unidad de Kg/cm<sup>2</sup>

Variable independiente:

Sustitución al cemento en 10% y 20% en una combinación de polvo de choro y arcilla.

Definición Conceptual:

Para García (2013), citado por Obregón (2018, p.45), sostiene que:

El diseño de mezcla del ladrillo de concreto se puede definir como el proceso de selección más adecuado, conveniente y económico de sus componentes como son: agua, cemento, agregados (fino y grueso), con la finalidad de obtener un producto que en el estado fresco tenga trabajabilidad y consistencia adecuada, además en estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicado en los requerimientos del proyecto y especificaciones técnicas.

#### Definición Operacional:

Se le sustituirá al cemento por una combinación de polvo de choro y arcilla en 10% (7.5% de choro y 2.5% de arcilla) y 20% (15% choro y 5% arcilla)

#### Dimensiones:

#### Dosificación

Yepes (2016, parr.1) mencionó: “La dosificación como el conjunto de operaciones que permiten cargar los constituyentes del hormigón en la mezcladora siguiendo un orden preestablecido y garantizando que se respeten las proporciones fijadas por las fórmulas correspondientes a cada mezcla”.

En el presente proyecto de investigación la dosificación será del 10% para la primera muestra experimental y el 20% para la segunda muestra experimental, estos valores (porcentajes) fueron determinados por el investigador del proyecto, basándose en los antecedentes mencionados líneas arriba, ya que se confía que la resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto utilizando estos porcentajes será mayor a una muestra patrón.

#### Indicadores

El porcentaje a utilizar para la sustitución de este ladrillo es; 10% de una combinación de choro y arcilla (7.5% y 2.5% respectivamente) y 20% de una combinación de choro y arcilla (15% y 5% respectivamente) por el cemento, para medir la resistencia a la compresión.

**Tabla 5. Variable Dependiente.**

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia a la compresión.	CEMEX (2019, parr. 1) define a la resistencia a la compresión como “La capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm2, MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi)”.	Para Gere & Goodno, (2011), citado por Obregón (2018, p.44), sostiene que: “El ensayo de compresión consiste en llevar el ladrillo a la falla y registrar la carga de rotura en el área de contacto”.	Kg/cm2

Fuente: Elaboración propia 2020

**Tabla 6. Variable Independiente.**

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Sustitución al cemento en 10% y 20% en una combinación de polvo de choro y arcilla.	Se le sustituirá el cemento por una combinación de polvo de choro y arcilla en 10% (7.5% de choro y 2.5% de arcilla) y 20% (15% de choro y 5% de arcilla)	Porcentaje 10% y 20 %

Fuente: Elaboración propia 2020

## Hipótesis

La sustitución al cemento por una combinación de polvo de choro (Aulacomya Atra) y la arcilla de Cajabamba en una proporción 3:1 en 10% (7.5% de choro y 2.5% de arcilla) y 20% (15% choro y 5% arcilla) en ladrillos de concreto mejoraría la resistencia a la compresión en comparación a un ladrillo de concreto tipo IV

## **Objetivos**

### Objetivo general

- Determinar la resistencia a la compresión de ladrillos de concreto sustituyendo al cemento por una combinación de polvo de choro (Aulacomya Atra) y la arcilla de Cajabamba en una proporción 3:1 en 10% (7.5% de choro y 2.5% de arcilla) y 20% (15% choro y 5% arcilla)

### Objetivos específicos

- Determinar el tipo de arcilla de Cajabamba mediante el límite de Atterberg.
- Determinar la temperatura de calcinación del choro (Aulacomya Atra) y la arcilla mediante el Análisis Térmico Diferencial (ATD).
- Determinar la composición química del polvo de choro (Aulacomya Atra) y la arcilla térmicamente activado, mediante el ensayo FRX (Fluorescencia de Rayos X).
- Determinar el pH del patrón, experimental y la combinación
- Determinar la relación agua-cemento del ladrillo patrón y experimental.
- Determinar las resistencias de los ladrillos de concreto patrón y experimentales a la edad de 7, 14 y 28 días y comparar resultados.

## II. METODOLOGÍA

### a. Tipo y diseño de investigación

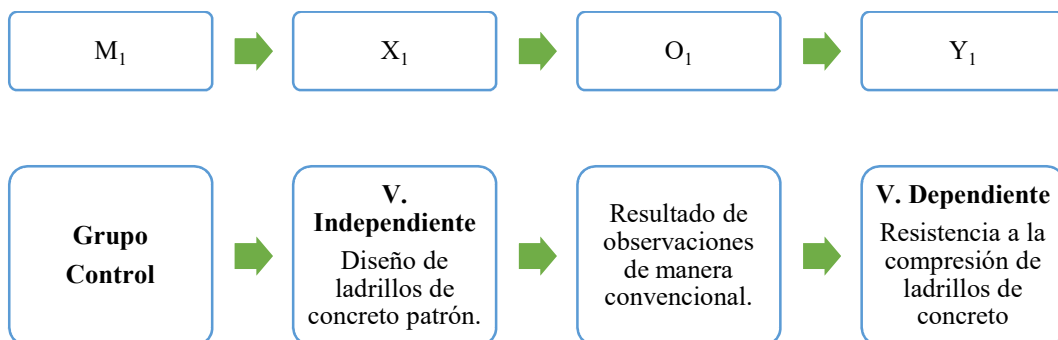
#### Tipo de investigación

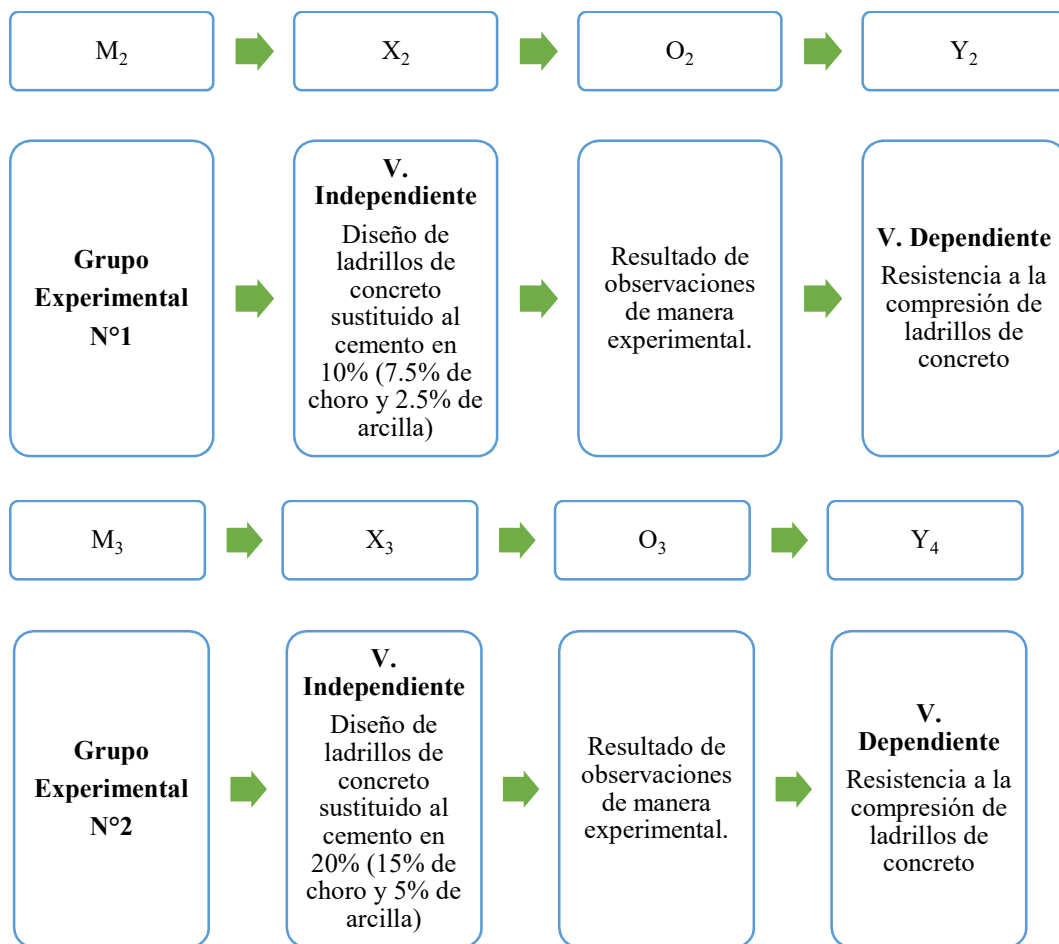
El tipo de investigación es aplicada, porque busca resolver un problema conocido que es la resistencia a la compresión y encontrar respuesta a este problema utilizando la combinación de polvo de choro (Aulacomya Atra) y arcilla de Cajabamba. Teniendo en cuenta los conocimientos ya estudiados, se comprobó de manera experimental la resistencia a la compresión de un ladrillo de concreto utilizando el choro y la arcilla, en comparación de un ladrillo de concreto convencional.

#### Diseño de investigación

A esta investigación le corresponde un diseño experimental de nivel cuasi – experimental, porque se comparó la resistencia a la compresión de dos grupos de trabajo, grupo control (patrón) y grupo experimentales (modificadas), se le sustituyó al cemento en 10% (7.5% de choro y 2.5% de arcilla) y 20% (15% choro y 5% arcilla) de la combinación de polvo de choro (Aulacomya Atra) y arcilla de Cajabamba en una proporción 3:1 en comparación a los ladrillos de concreto del grupo control (no modificadas).

Siendo el esquema del diseño de investigación el siguiente:





Donde:

- M1: Grupo control, muestras de ladrillo de concreto no modificadas.
- X1: Variable independiente, diseño de ladrillos de concreto elaborado de manera convencional.
- O1: Observaciones obtenidas por dicha muestra, son los resultados anotados en la guía de observación diseño de ladrillo de concreto patrón.
- Y1: Variable dependiente, resistencia a la compresión de las muestras del ladrillo de concreto patrón.
- M2: Grupo Experimental Nº1, muestras de ladrillo de concreto sustituyendo al cemento una combinación de polvo de choro y arcilla de Cajabamba.

- X2: Variable independiente, diseño de ladrillo de concreto sustituyendo al cemento en 10% (7.5% de choro y 2.5% de arcilla).
- O2: Observaciones obtenidas por dicha muestra, son los resultados anotados en la guía de observación con el diseño de ladrillos de concreto experimental N°1.
- Y2: Variable independiente, resistencia a la compresión de las muestras del ladrillo de concreto experimental N°1 donde se ha sustituido en 10% (7.5% de choro y 2.5% de arcilla).
- M3: Grupo Experimental N°2, muestras de ladrillo de concreto sustituyendo al cemento una combinación de polvo de choro y arcilla de Cajabamba.
- X3: Variable independiente, diseño de ladrillo de concreto sustituyendo al cemento en 20% (15% de choro y 5% de arcilla).
- O3: Observaciones obtenidas por dicha muestra, son los resultados anotados en la guía de observación con el diseño de ladrillos de concreto experimental N°2.
- Y3: Variable independiente, resistencia a la compresión de las muestras del ladrillo de concreto experimental N°2 donde se ha sustituido en 20% (15% de choro y 5% de arcilla).

#### **b. Población – Muestra**

En esta investigación la población se concentra en el conjunto de ladrillos de concreto elaborados de un grupo control (patrón) y dos grupos experimentales sustituyendo al cemento en 10 % (7.5% de choro y 2.5% de arcilla) y 20% (15% de choro y 5% de arcilla) una combinación de polvo de choro y arcilla de Cajabamba respectivamente para una resistencia a la compresión propuesta de  $f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$  (ladrillo tipo IV).

La muestra que se trabajó en este proyecto de investigación fue 27 ladrillos de concreto, distribuidas de la siguiente manera en la siguiente tabla:



**Tabla 7.** *Distribución de los ladrillos de concreto.*

<b>DÍAS DE CURADO</b>	<b>PATRON 0% DE SUSTITUCION</b>	<b>SUSTITUCIÓN AL CEMENTO EN 10%(7.5% DE CHORO Y 2.5% DE ARCILLA)</b>	<b>SUSTITUCIÓN AL CEMENTO EN 20 % (15% DE CHORO Y 5% DE ARCILLA)</b>
7	3 und	3 und	3 und
14	3 und	3 und	3 und
28	3 und	3 und	3 und

Fuente: Elaboración propia 2020

En la tabla se muestra que:

Se elaboraron 09 ladrillos de concreto del grupo control (patrón) donde no se le sustituyó en absoluto al cemento, para luego obtener resultados de la resistencia a la compresión a los 07, 14 y 28 días.

Se elaboraron 09 ladrillos de concreto del grupo experimental N°1 donde sí se le sustituyó al cemento una combinación de polvo de choro y arcilla de Cajabamba en un porcentaje del 10 % (7.5% de choro y 2.5% de arcilla) para luego obtener resultados de la resistencia a la compresión a los 07, 14 y 28 días.

Se elaboraron 09 ladrillos de concreto del grupo experimental N°2 donde sí se le sustituyó al cemento una combinación de polvo de choro y arcilla de Cajabamba en un porcentaje del 20 % (15% de choro y 5% de arcilla) para luego obtener resultados de la resistencia a la compresión a los 07, 14 y 28 días.

### **c. Técnicas e instrumentos de investigación**

**Tabla 8.** *Técnicas e instrumentos de recolección de datos.*

<b>TÉCNICA</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>ÁMBITOS DE LA INVESTIGACIÓN.</b>
La observación científica.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Guía de observación resumen.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Grupo control (diseño de ladrillo de concreto patrón)</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fichas técnicas de las pruebas a realizar en el laboratorio de la universidad San Pedro.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Grupo experimental (diseño de ladrillo de concreto sustituyendo al cemento el polvo de choro y arcilla de Cajabamba)</li></ul>

Fuente: Elaboración propia 2020

Para Méndez (1999), citado por Angulo (2011, p.134) define la observación como: “Una técnica en la recolección de datos y también puede definirse como el uso sistemático de nuestros sentidos en la búsqueda de los datos que necesitamos para resolver un problema de investigación”.

La observación es la acción de observar, de mirar detenidamente, en el sentido del investigador es la experiencia, es el proceso de mirar detenidamente, o sea, en sentido amplio, el experimento, el proceso de someter conductas de algunas cosas o condiciones manipuladas de acuerdo a ciertos principios para llevar a cabo la observación. (Ruiz, 2011, p.170)

Por lo anteriormente señalado se usó la observación como técnica de recolección de datos a utilizar ya que la elaboración de los ladrillos de concreto y el ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto, tanto patrón como experimental se registró detalladamente en cada acción que se realizó de forma cuidadosa y veraz.

Para Rojas (2006), citado por Ruiz (2011, p.182), enfatiza que:

Para recabar la información existente sobre un tema, el investigador se auxilia de instrumentos como las fichas de trabajo, en las que se concentra y resume la información contenida en las fuentes documentales, y de la que obtiene del trabajo preliminar de campo o de reconocimiento de la zona objeto de estudio, mediante la aplicación de guías de observación y de entrevistas de informantes clave, información que servirá de base para el planteamiento del problema y para construir el marco teórico y conceptual.

Por lo señalado anteriormente se utilizó como instrumentos la guía de observación resumen y las fichas técnicas del laboratorio, las que permitieron elaborar sistemas de organización y clasificación de la información en los ensayos de la resistencia a la compresión realizadas a los ladrillos de concreto del grupo control y experimentales.

Los componentes que se utilizaron en el diseño y posterior elaboración de los ladrillos de concreto fueron evaluados por una serie de ensayos en el laboratorio de la Universidad San Pedro, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Universidad

Nacional de Trujillo y COLECBI para así llegar a la conclusión si estos componentes son óptimos para el diseño de mezcla. Estos ensayos son los siguientes:

- Ensayo granulométrico.
- Ensayo de peso específico de arena gruesa y confitillo.
- Ensayo de peso unitario de arena y confitillo.
- Contenido de Humedad.
- Diseño de Mezcla.
- Ensayo a la Compresión.
- Ensayo ATD (análisis térmico diferencial)
- Ensayo FRXDE (fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía)
- Ensayo pH (potencial de hidrógeno)
- Límites de Atterberg

Se utilizó una guía de registro, para dar seguimiento respecto al avance de nuestras que se tomaron de acuerdos a los 7, 14 y 28 días, además se utilizó los siguientes elementos tales como: cámara fotográfica y demás instrumentos que permitieron registrar y evidenciar lo planteado en el presente proyecto de investigación.

Se basó la ayuda de programas asistido por computadora para los cálculos y análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio mecánica de suelos de la USP, que cuenta con expertos para realizar los ensayos mencionados.

### **Método para la elaboración de ladrillos de concreto patrón y experimental.**

En el presente proyecto de investigación se evaluó la resistencia a la compresión de ladrillos de concreto sólido. Se realizó ensayos de caracterización de agregados en la fabricación de los ladrillos de concreto, tanto para el agregado fino y agregado grueso.

Luego de haber realizado la selección de agregados se procedió a realizar el diseño de mezcla. Después se procedió a la fabricación de ladrillos de concreto.

Por último, se llevó a cabo los ensayos de resistencia a la compresión a cada unidad de los ladrillos de concreto.

Materiales y herramientas.

#### Agregado Fino

La elección de los agregados se realizó de acuerdo a algunos criterios tales como la facilidad de adquirir, cercanía, traslado y disponibilidad. (véase Anexo 6)

La muestra del agregado fino que se tomó para el presente proyecto de investigación pertenece a la cantera Rubén, ubicado a la salida de Chimbote, cerca al túnel de Coishco. La ubicación geográfica en coordenadas UTM es la siguiente:

Coordenada X: 762220.83mE

Coordenada Y: 8999765.11mS

Zona: 17L

#### Agregado Grueso

La muestra del agregado grueso que se tomó para el presente proyecto de investigación también pertenece a la cantera Rubén, mencionado líneas arriba. (véase Anexo 6)

#### Cemento

El cemento que se utilizó para la fabricación de los ladrillos de concreto es el cemento portland Tipo I de 42.5 kg.

#### Agua

El agua que se usó para la fabricación de los ladrillos de concreto fue limpia y óptima, estuvo libre de materia orgánica, aceites, sales u otras sustancias que complican la durabilidad y la resistencia de los ladrillos de concreto.

## Arcilla

La arcilla que se usó en este proyecto investigación fue obtenida desde la ciudad de Cajabamba – Cajamarca, con coordenadas Zona 17, Hemisferio S, “Este 826745.38, Norte 91566024.76”.

Primeramente, se realizó el lavado de la arcilla que consistió en disolver en agua la arcilla que se extrajo. En un balde, se dejó reposar la arcilla, para luego de un día de reposo retirar el agua que por densidad quedó arriba de la arcilla. Se procedió a secar la arcilla al aire libre.

A continuación, se procedió a la calcinación a través de la mufla que nos brindó el laboratorio de suelos de la USP, a una temperatura de 550°C por un tiempo de 01 hora y 30 minutos, esta temperatura y tiempo de calcinación fue tomada por los antecedentes mencionados. Por último, la arcilla calcinada fue puesta en un mortero para acto seguido ser molida en efecto se pasó por la malla 200, para finalmente ser sustituida al cemento. (véase Anexo 6)

## Choro

La concha de choro se obtuvo en el muelle de Chimbote para el posterior uso en el presente proyecto de investigación

En primer lugar, se realizó el lavado total de la concha del choro, consistió en sacar y limpiar todo tipo de restos de algas, arena y todo lo que no es propio del choro, luego se dejó secar al aire libre.

Posteriormente, se procedió a la calcinación a través de la mufla que nos brindó el laboratorio de suelos de la USP, a una temperatura de 870°C por un tiempo de 02 horas, esta temperatura y tiempo de calcinación fue tomada por los antecedentes mencionados. Por último, la arcilla calcinada fue puesta en un mortero para acto seguido ser molida en efecto se pasó por la malla 200, para finalmente ser sustituida al cemento. (véase Anexo 6)

## Baldes

Plancha

Tinas

Bandeja Metálica

Mezcladora

Máquina de ladrillos artesanal.

### **Elaboración y curado de los ladrillos de concreto patrón y experimental**

Caracterización de los agregados

Se realizó la caracterización de los agregados en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la USP. Estos ensayos tales como: análisis granulométrico, peso unitario, gravedad específica, absorción y contenido de humedad, fueron útiles para obtener el diseño de mezcla. En la siguiente tabla 09 muestra el ensayo de caracterización de agregados establecidos por la Norma Técnica Peruana (NTP):

**Tabla 9.** *Ensayos de caracterización de agregados según la NTP.*

<b>ENSAYO</b>	<b>AGREGADO FINO</b>	<b>AGREGADO GRUESO</b>
Análisis granulométrico	NTP 400.012	NTP 400.012
Peso unitario	NTP 400.017	NTP 400.017
Gravedad específica	NTP 400.022	NTP 400.021
Contenido de humedad	NTP 339.185	NTP 339..185
Absorción	NTP 400.022	NTP 400.021

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de estos ensayos se muestran en los Anexo 10, 11, 12 y 13.

Dimensiones del ladrillo de concreto

Previo al diseño de mezcla, se planteó las dimensiones del ladrillo de concreto, estas dimensiones están dentro de los límites establecidos en la Norma Técnica Peruana 399.601.

Por lo mencionado anteriormente, las dimensiones propuestas para los ladrillos de concreto fueron de 24 x 13 x 09 cm.

Fabricación de la máquina de ladrillos artesanal.

Esta máquina artesanal es metálica, cuenta con 06 celdas para la colocación del concreto, vibrado en la base y tapa metálica, esta tapa metálica empuja el concreto moldeado hacia la superficie. (véase Anexo 6)

Diseño de mezcla y elaboración de ladrillos de concreto

El diseño de mezcla obtenido en el presente proyecto de investigación fue la siguiente:

**Tabla 10.** *Diseño de mezcla (15% desperdicio).*

<b>Materiales</b>	<b>Peso (Kg)</b>
Cemento	0.775
Agregado Fino	3.346
Agregado Grueso	2.261
Agua	0.691

Fuente: Laboratorio USP

Los ladrillos de concreto patrón y experimentales fueron elaborados en el centro recreacional de la USP. Previo a la fabricación de los ladrillos de concreto, los materiales como el choro y la arcilla fueron sometidos a los ensayos de ATD (Análisis Térmico Diferencial) para conocer la temperatura de calcinación, FRXDE (Fluorescencia de Rayos-X dispersiva en energía) para la composición química de los materiales, pH (Potencial de Hidrógeno) para dar por conocido la alcalinidad de las muestras; en las distintas universidades y laboratorios tales como: Universidad Nacional de Trujillo, Universidad Nacional Mayor de San Marcos y COLECBI respectivamente.

Primeramente, se pesó los materiales para la elaboración de 09 ladrillos, previamente se calculó el diseño de mezcla con el 20% de desperdicio (anteriormente con el 15% de desperdicio) debido a que parte de la mezcla del concreto se retiene en la mezcladora.

**Tabla 11.** *Diseño de mezcla (20% desperdicio) y cantidad de material.*

<b>Materiales</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total (kg)</b>
Cemento	0.809	09	7.281
Agregado Fino	3.491	09	31.419
Agregado Grueso	2.359	09	21.231
Agua	0.721	09	6.489

Fuente: Laboratorio USP

Posteriormente, para la mezcla de concreto, en primer lugar, se colocó el agregado grueso en la mezcladora en movimiento, luego se le echó 1/3 del agua total, después se colocó el agregado fino, poco antes se le colocó el cemento y el resto de agua. Se controló 03 min en funcionamiento de la mezcladora, pasado los 3 min, se calculó 2 min en reposo, posteriormente durante 03 min la mezcladora siguió haciendo la mezcla. (véase Anexo 6)

En paralelo se lubricó las celdas de la máquina de ladrillos artesanal con petróleo y en el suelo se cubrió con un plástico con el fin de facilitar el desencofrado.

Ahora mismo al tener la mezcla lista, se usó la máquina de ladrillos artesanal, se llenó la mezcla en las celdas para luego ser vibrado por 20 segundo, se enrasó y se le colocó las tapas calculando 10 segundos de vibrado, luego los moldes subieron y la tapa empujó los ladrillos a la superficie plana quedando así los ladrillos elaborados. (véase Anexo 6)

Finalmente, pasado las 24 horas de fraguado los ladrillos fueron colocados en un recipiente con agua como acto de curado, hasta que sean ensayados.

Previamente, para la elaboración de los ladrillos de concreto experimentales N°1 y N°2, se calculó la cantidad de cemento, arcilla y polvo de choro, ya que en estos ladrillos se sustituye al cemento en 10% y 20%, dichas cantidades se muestra en las tablas siguientes:



**Tabla 12.** *Sustitución al cemento en 10% (7.5% polvo de choro y 2.5% arcilla).*

<b>Materiales</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Cantidad (kg)</b>
Cemento	90	6.553
Polvo de choro	7.5	0.546
Arcilla	2.5	0.182
Total	100	7.281

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13.** *Sustitución al cemento en 20% (15% polvo de choro y 5% arcilla).*

<b>Materiales</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Cantidad (kg)</b>
Cemento	80	5.285
Polvo de choro	15	1.092
Arcilla	5	0.364
Total	100	7.281

Fuente: Elaboración propia

Acto seguido, se realizó la mezcla homogénea de los materiales (cemento, polvo de choro y arcilla) (véase Anexo 6). A continuación, se elaboraron los ladrillos de concreto experimentales N°1 y N2, siguiendo el mismo procedimiento de elaboración, fraguado y curado de los ladrillos de concreto patrón. Cabe mencionar que para la mezcla de concreto se le añadió el cemento, polvo de choro y arcilla mezclados homogéneamente con las cantidades calculas en las tablas anteriores.

#### Ensayos

Finalmente, se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto a las edades de 07 y 14 días. (véase Anexo 6)

La resistencia a la compresión a los 28 días no se pudo realizar porque se paralizaron todas las actividades, esto debido a que una pandemia global azota a todo el mundo causado por el virus SRAS-CoV-2 que produce la enfermedad llamada Covid-19.

Debido a esta pandemia global realicé una proyección a los 28 días a través de la ecuación logarítmica que producen dos puntos, estos puntos son de las resistencias a los 07 y 14 días. (véase Anexo 7, 8 y 9)

### III. RESULTADOS

#### Límites de Atterberg

En la tabla 14 se muestra el resumen de los valores de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de la arcilla. Para el informe detallado véase Anexo 18.

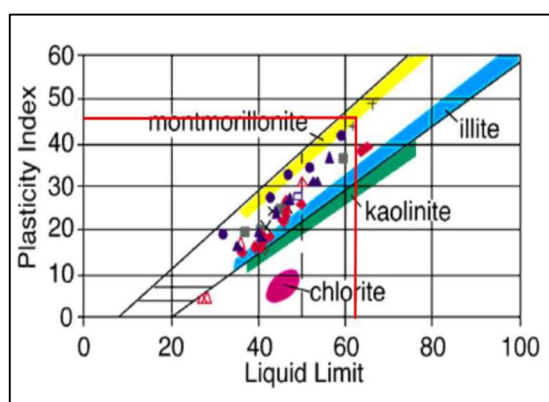
**Tabla 14.** Resumen de Límites de Atterberg en la arcilla.

LIMITES	PORCENTAJE (%)
Límite líquido	62.62
Límite plástico	16.20
Índice de plasticidad	46.42

Fuente: Laboratorio de suelos USP

Se observa en la tabla 14 que el índice de plasticidad es 46.42% y el límite líquido es 62.62%, estos datos ingresados en la gráfica de plasticidad del USCS, determinan que es una arcilla de alta plasticidad, clasificando a la arcilla como montmorillonita.

**Figura 1.** Diagrama de Holtz y Kovacs.



Fuente: Diagrama de Holtz y Kovacs (1981)

#### Ensayo de Análisis Térmico Diferencial (ATD)

En la tabla 15 se muestra el resumen de los valores de los materiales sustituidos al cemento, con respecto a la temperatura y tiempo de calcinación. Para el informe detallado del choro véase Anexo 1 y para el informe detallado de la arcilla véase Anexo 2.

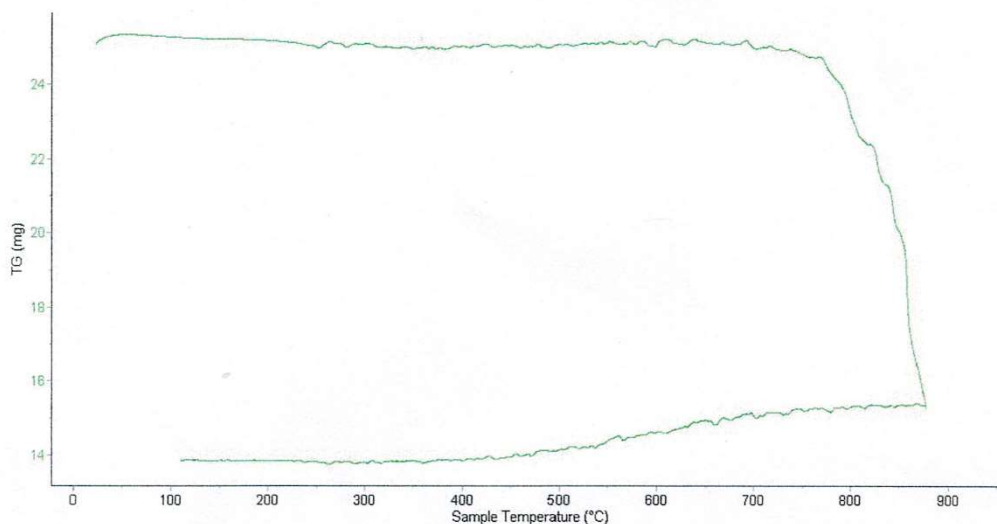
**Tabla 15.** Resumen de resultados del ensayo ATD.

MATERIAL	GRADO DE CALCINACIÓN	TIEMPO
Choro	870°C	2 horas
Arcilla	550°C	1 h y 30 min

Fuente: Laboratorio de Polímeros UNT

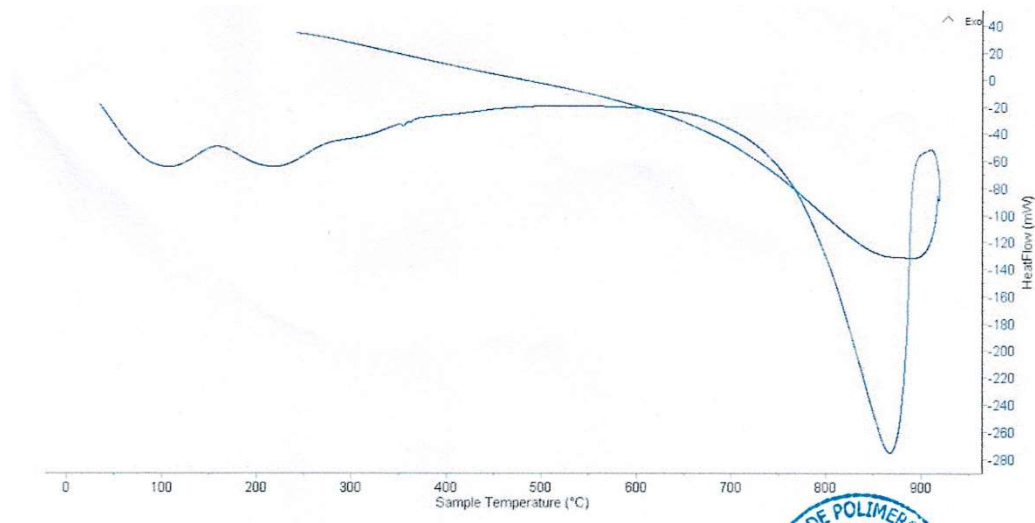
Se observa en la tabla 15 que la temperatura de calcinación del choro es de 870 °C a 02 horas, la temperatura de calcinación de la arcilla es de 350° C a 01 horas y 30 minutos.

**Figura 2.** Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico del Choro.



Fuente: Laboratorio de Polímeros UNT

**Figura 3.** Curva Calorimétrica ATD del Choro.



Fuente: Laboratorio de Polímeros UNT

En la figura 2 se muestra el análisis Termo gravimétrico donde alcanza una gran estabilidad hasta los 700°C, luego la masa comienza a caer, para luego generar una pérdida de masa total de aproximadamente 40% su masa inicial.

En la figura 3 se muestra el análisis calorimétrico donde se destaca un pico de alta intensidad de absorción térmica a 870°C, esta temperatura marca un cambio estructural y de las características en el material.

**Figura 4.** Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico de la Arcilla.

Sample Temperature (°C)	TG (mg)
0	47.5
100	47.0
200	44.5
300	44.0
400	43.5
500	43.0
600	42.0
700	41.8
800	41.7
900	41.6

Fuente: Laboratorio de Polímeros UNT.

**Figura 5.** Curva Calorimétrica ATD de la Arcilla.

Sample Temperature (°C)	HeatFlow (mW)
0	0
100	-100
200	-70
300	-40
400	-30
500	-35
600	-40
700	-50
800	-60
870	-100
900	-60

Fuente: Laboratorio de Polímeros UNT.

34

En la figura 4 se muestra el análisis Termo gravimétrico donde hay dos caídas de masa del material, la primera entre 70°C y 140°C y la segunda entre 500°C y 580°C, en otras regiones la pérdida de masa es muy lenta llegando a perder aproximadamente el 12% de su masa inicial.

En la figura 5 se muestra el análisis calorimétrico donde se destacan unos picos endotérmicos a 110, 205 y 550°C y un pico exotérmico a 350°C, estas temperaturas que destacan marcan un cambio estructural y de las características en el material.

Ensayo de Fluorescencia de Rayos-X dispersiva en energía (FRXDE)

En la tabla 16 se muestra la composición química elemental de cenizas de choro en % de masa. Para el informe detallado véase Anexo 3.

**Tabla 16.** *Composición elemental de cenizas de concha de choro en % de masa.*

ÓXIDO	CONCENTRACIÓN % MASA	NORMALIZADO AL 100 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.859	2.849
SiO <sub>2</sub>	4.723	4.706
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.656	0.654
ClO <sub>2</sub>	1.563	1.558
K <sub>2</sub> O	3.097	3.086
CaO	87.000	86.686
TiO <sub>2</sub>	0.010	0.010
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.012	0.012
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.043	0.043
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.030	0.030
CuO	0.010	0.010
ZnO	0.009	0.009
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.046	0.046
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.018	0.018
SrO	0.272	0.271
ZrO <sub>2</sub>	0.014	0.013
Total	100.362	100.00

Fuente: Laboratorio de Arqueometría UNMSM

Se observa en la tabla 16 que el óxido CaO (calcio) es el que predomina en el choro siendo un 87.000 % de concentración en el material.

Siguiendo con el ensayo de Fluorescencia de Rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) la tabla 17 a continuación, muestra la composición química elemental de arcilla de Cajabamba en % de masa. Para el informe detallado véase Anexo 4.

**Tabla 17.** Composición elemental de cenizas de arcilla de Cajabamba en % de masa.

ÓXIDO	CONCENTRACIÓN % MASA	NORMALIZADO AL 100 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.425	14.991
SiO <sub>2</sub>	66.362	68.967
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.834	0.867
SO <sub>2</sub>	0.457	0.476
ClO <sub>2</sub>	0.287	0.299
K <sub>2</sub> O	2.001	2.079
CaO	1.103	1.146
TiO <sub>2</sub>	1.401	1.457
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.013	0.014
MnO	0.198	0.205
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.007	9.360
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.011	0.012
CuO	0.014	0.014
ZnO	0.034	0.035
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.011	0.011
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.007	0.007
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.007	0.007
ZrO <sub>2</sub>	0.053	0.055
Total	96.223	100.00

Fuente: Laboratorio de Arqueometría UNMSM

Se observa en la tabla 17 que el óxido SiO<sub>2</sub> (sílice) es el que predomina en la arcilla de Cajabamba siendo un 66.362 % de concentración en el material.

#### Ensayo Potencial de Hidrógeno (pH)

En la tabla 18 se muestra el resumen de los valores de los materiales ensayados por el método potencio métrico. Para el informe detallado véase Anexo 5.

**Tabla 18.** Resumen de resultados del ensayo pH.

MUESTRAS	ENSAYO (pH)
Cemento 20g	13.51
Concha de Choro 20g	13.22
Arcilla de Cajabamba 20g	6.69
Combinación de: Cemento 18g + choro 1.5g + arcilla 0.5g	13.47
Combinación de: Cemento 16g + choro 3g + arcilla 1g	13.42

Fuente: Laboratorio Físico Químico COLECBI

Se observa en la tabla 18 que los materiales como el cemento y la concha de choro presentan pH similares que, al ser combinados con la arcilla en los porcentajes establecidos anteriormente, muestran una pequeña reducción de los valores.

#### Diseño de Mezcla

Luego de realizar la caracterización de los agregados (Anexos 10, 11, 12 y 13) se procedió a realizar el diseño de mezcla con los resultados obtenidos véase Anexo 14.

En la siguiente tabla 19 se muestra el diseño de mezcla para los ladrillos patrón y experimental con el 20% de desperdicio.

**Tabla 19.** *Diseño de mezcla patrón y experimental por kg y para un ladrillo.*

<b>GRUPO</b>	<b>CEMENTO</b>	<b>A. GRUESO</b>	<b>A. FINO</b>	<b>AGUA</b>	<b>A/C</b>
Patrón y experimental.	0.809	3.491	2.359	0.721	0.90

Fuente: Laboratorio de Suelos USP

Como es de conocimiento, la sustitución al cemento por una combinación de polvo de choro y arcilla, se calculó la cantidad de material de los componentes.

En la tabla 20 siguiente se muestra la cantidad de material utilizado en la sustitución del choro y arcilla al cemento por unidad de ladrillo.

**Tabla 20.** *Cantidad de material sustituido al cemento por unidad de ladrillo.*

<b>GRUPO</b>	<b>SUSTITUCIÓN</b>	<b>CEMENTO</b>	<b>CHORO</b>	<b>ARCILLA</b>	<b>TOTAL</b>
Experimental N°1	10% (7.5% de choro y 2.5% de arcilla)	0.728 kg	0.061 kg	0.020 kg	0.809 kg
Experimental N°2	20% (15% de choro y 5% de arcilla)	0.647 kg	0.122 kg	0.040 kg	0.809 kg

Fuente: Laboratorio de Suelos USP

#### Ensayo de resistencia a la compresión

##### Ladrillos de concreto del grupo control (patrón)

En la siguiente tabla se muestra los valores del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto del grupo control a una edad de 07 días de haber sido elaborados.

**Tabla 21.** Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del grupo patrón a los 07 días.

MUESTRA PATRON	DIMENSIONES		AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg – f)	f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sup>c</sup>	
	LARGO (cm)	ANCHO (cm)				PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	%
M1	24.90	13.80	343.62	26,700	77.70		
M2	24.90	13.90	346.11	32,330	93.41	86.14	66.26
M3	24.80	13.80	342.24	29,880	87.31		

Fuente: Laboratorio de Suelos USP

Se observa en la tabla 21 que la resistencia promedio de las 03 muestras del grupo patrón a los 07 días de curado es de  $f^c=86.14$  kg/cm<sup>2</sup>, esto representa el 66.26% de la resistencia del ladrillo tipo IV ( $f^c=130$  kg/cm<sup>2</sup>).

En la siguiente tabla se muestra los valores del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto del grupo control a una edad de 14 días de haber sido elaborados.

**Tabla 22.** Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del grupo patrón a los 14 días.

MUESTRA PATRON	DIMENSIONES		AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg – f)	f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sup>c</sup>	
	LARGO (cm)	ANCHO (cm)				PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	%
M4	24.20	13.40	324.28	38,934	120.06		
M5	24.40	13.50	329.40	41,510	126.02	123.35	94.88
M6	24.30	13.60	330.48	40,970	123.97		

Fuente: Laboratorio de Suelos USP

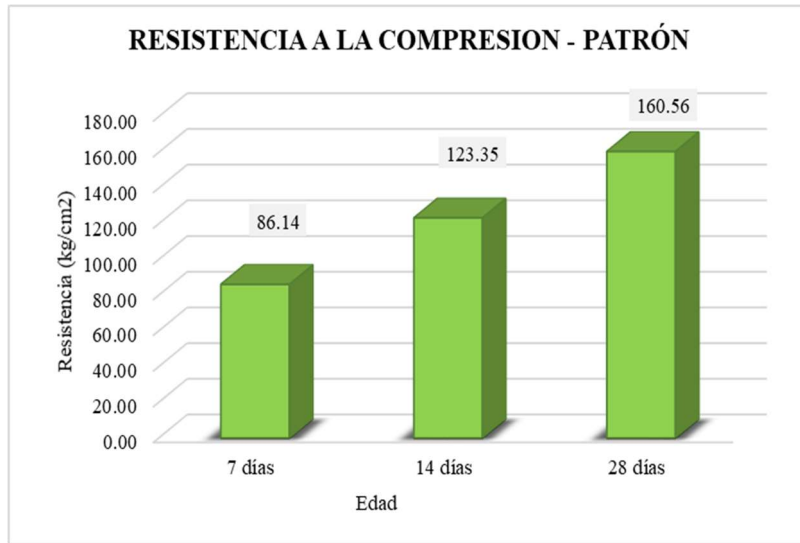
Se observa en la tabla 22 que la resistencia promedio de las 03 muestras del grupo patrón a los 14 días de curado es de  $f^c=123.35$  kg/cm<sup>2</sup>, esto representa el 94.88% de la resistencia del ladrillo tipo IV ( $f^c=130$  kg/cm<sup>2</sup>).

La resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto a los 28 días del grupo patrón fue de 160.64 Kg/cm<sup>2</sup>. (véase Anexo 7)

En la siguiente figura de barras se muestra la resistencia a la compresión del grupo patrón.



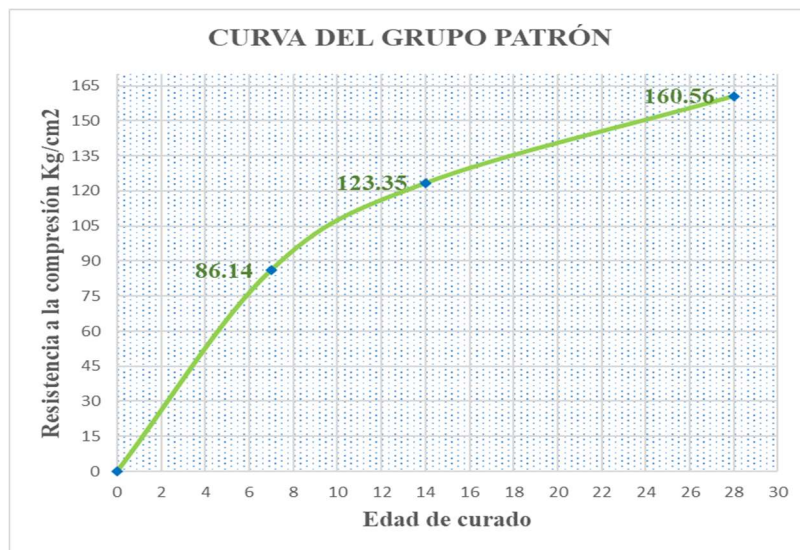
**Figura 6.** Resistencia a la compresión – patrón.



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura de dispersión se muestra la curva de la resistencia a la compresión del grupo patrón.

**Figura 7.** Curva del grupo patrón.



Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 06 y 07 se muestran que las resistencias del grupo patrón crecen respecto a los días de curado, tal es así que a los 07 días de curado se obtuvo la resistencia promedio de 86.14 kg/cm2, a los 14 días de curado se obtuvo la resistencia promedio de 123.35 kg/cm2 y la proyección a los 28 días de curado se obtuvo la resistencia de 160.56 kg/cm2 comprobándose en la Norma E.070 de Albañilería que los ladrillos del

grupo patrón cumple con la resistencia mínima del ladrillo tipo IV (resistencia mínima de 130 kg/cm<sup>2</sup>).

Ladrillos de concreto del grupo experimental N°1

En la siguiente tabla se muestra los valores del ensayo de resistencia a la compresión del grupo experimental N°1 a la edad de 07 días de haber sido elaborados.

**Tabla 23.** Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del grupo experimental N°1 a los 07 días.

MUESTRA EXP – N°1	DIMENSIONES		AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg – f)	f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sup>c</sup>	
	LARGO (cm)	ANCHO (cm)				PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	%
EP1-1	24.40	13.40	326.96	27,680	84.66		
EP1-2	24.10	13.60	327.76	24,980	76.21	82.08	63.13
EP1-3	24.40	13.80	336.72	28,740	85.35		

Fuente: Laboratorio de Suelos USP

Se observa en la tabla 23 que la resistencia promedio de las 03 muestras del grupo experimental N°1 a los 07 días de curado es de f<sup>c</sup>=82.08 kg/cm<sup>2</sup>, esto representa el 63.13% de la resistencia del ladrillo tipo IV (f<sup>c</sup>=130 kg/cm<sup>2</sup>).

En la siguiente tabla se muestra los valores del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto del grupo experimental N°1 a una edad de 14 días de haber sido elaborados.

**Tabla 24.** Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del grupo experimental N°1 a los 14 días.

MUESTRA EXP – N°1	DIMENSIONES		AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg – f)	f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sup>c</sup>	
	LARGO (cm)	ANCHO (cm)				PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	%
EP1-4	24.40	13.80	336.72	38,980	115.76		
EP1-5	24.40	13.80	336.72	45,360	134.71	120.87	92.98
EP1-6	24.40	13.80	336.72	37,760	112.14		

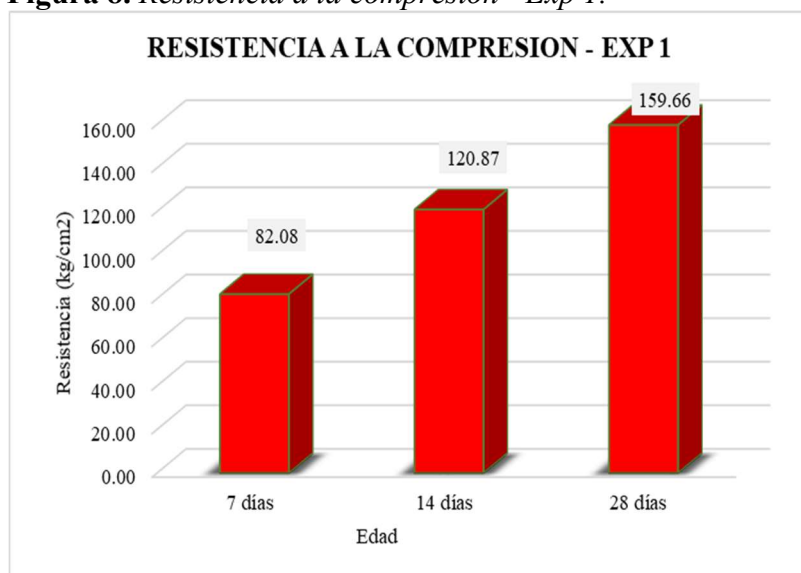
Fuente: Laboratorio de Suelos USP

Se observa en la tabla 24 que la resistencia promedio de las 03 muestras del grupo experimental N°1 a los 14 días de curado es de f<sup>c</sup>=120.87 kg/cm<sup>2</sup>, esto representa el 92.98% de la resistencia del ladrillo tipo IV (f<sup>c</sup>=130 kg/cm<sup>2</sup>).

La resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto a los 28 días del grupo experimental 1 fue de 159.66 Kg/cm<sup>2</sup>. (véase Anexo 8)

En la siguiente figura de barras se muestra la resistencia a la compresión del grupo experimental 1.

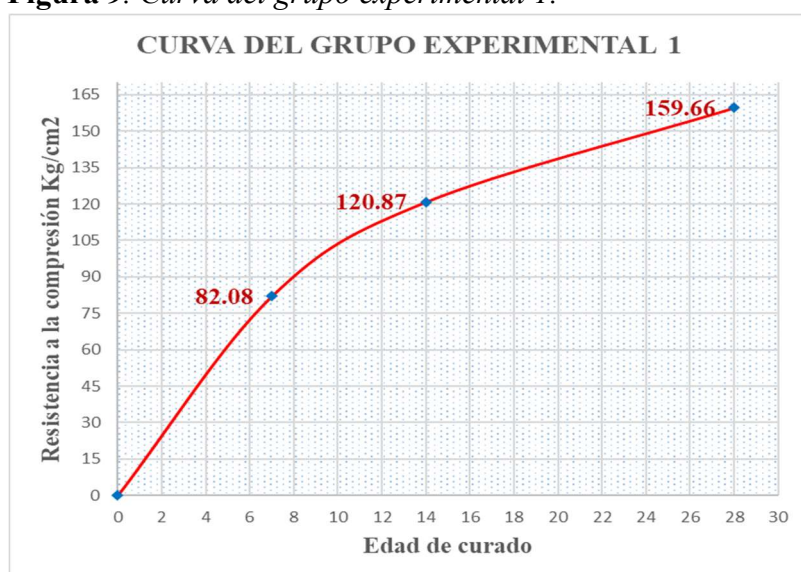
**Figura 8.** Resistencia a la compresión - Exp 1.



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura de dispersión se muestra la curva de la resistencia a la compresión del grupo experimental 1.

**Figura 9.** Curva del grupo experimental 1.



Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 08 y 09 se muestran que las resistencias del grupo experimental 1 crecen respecto a los días de curado, tal es así que a los 07 días de curado se obtuvo la resistencia promedio de 82.08 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días de curado se obtuvo la resistencia promedio de 120.87 kg/cm<sup>2</sup> y la proyección a los 28 días de curado se obtuvo la resistencia de 159.66 kg/cm<sup>2</sup> comprobándose en la Norma E.070 de Albañilería que los ladrillos del grupo patrón cumple con la resistencia mínima del ladrillo tipo IV (resistencia mínima de 130 kg/cm<sup>2</sup>).

#### Ladrillos de concreto del grupo experimental N°2

En la siguiente tabla se muestra los valores del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto del grupo experimental N°2 a una edad de 07 días de haber sido elaborados.

**Tabla 25.** Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del grupo experimental N°2 a los 07 días.

MUESTRA EXP – N°2	DIMENSIONES		AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg – f)	f <sup>c</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	f <sup>c</sup>	
	LARGO (cm)	ANCHO (cm)				PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	%
EP2-1	24.20	13.70	331.54	29,990	90.46		
EP2-2	24.00	13.50	324.00	26,670	82.31	80.75	62.11
EP2-3	24.00	13.10	314.40	21,840	69.47		

Fuente: Laboratorio de Suelos USP

Se observa en la tabla 25 que la resistencia promedio de las 03 muestras del grupo experimental N°2 a los 07 días de curado es de f<sup>c</sup>=80.75 kg/cm<sup>2</sup>, esto representa el 62.11% de la resistencia del ladrillo tipo IV (f<sup>c</sup>=130 kg/cm<sup>2</sup>).

En la siguiente tabla se muestra los valores del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto del grupo experimental N°2 a una edad de 14 días de haber sido elaborados.

**Tabla 26.** Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del grupo experimental N°2 a los 14 días.

MUESTRA EXP – N°2	DIMENSIONES		AREA (cm <sup>2</sup> )	CARGA (kg – f)	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	f'c PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )	%
	LARGO (cm)	ANCHO (cm)					
EP2-4	24.20	13.40	324.28	40,960	126.31		
EP2-5	24.00	13.10	314.40	34,070	108.37	118.60	91.23
EP2-6	24.20	13.00	314.60	38,108	121.13		

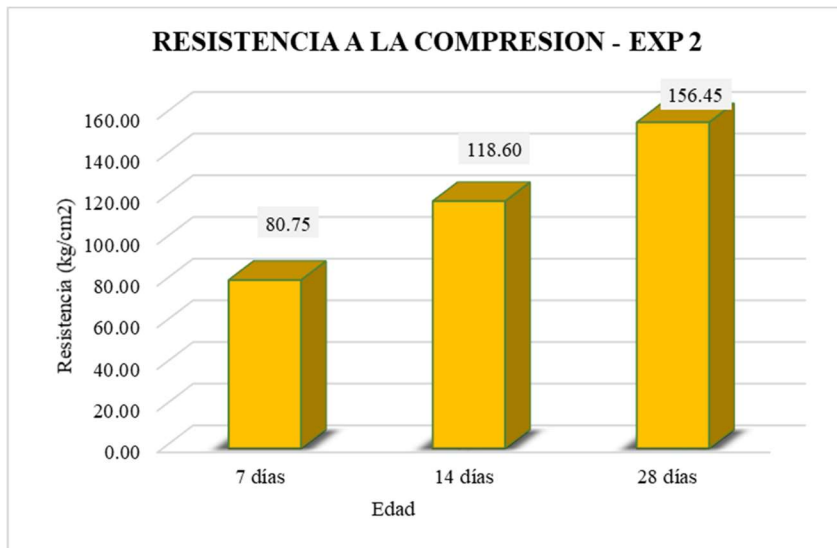
Fuente: Laboratorio de Suelos USP

Se observa en la tabla 26 que la resistencia promedio de las 03 muestras del grupo experimental N°2 a los 14 días de curado es de  $f'c=118.60$  kg/cm<sup>2</sup>, esto representa el 91.23% de la resistencia del ladrillo tipo IV ( $f'c=130$  kg/cm<sup>2</sup>).

La resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto a los 28 días del grupo experimental 2 fue de 156.45 Kg/cm<sup>2</sup>. (véase Anexo 9)n

En la siguiente figura de barras se muestra la resistencia a la compresión del grupo experimental 2.

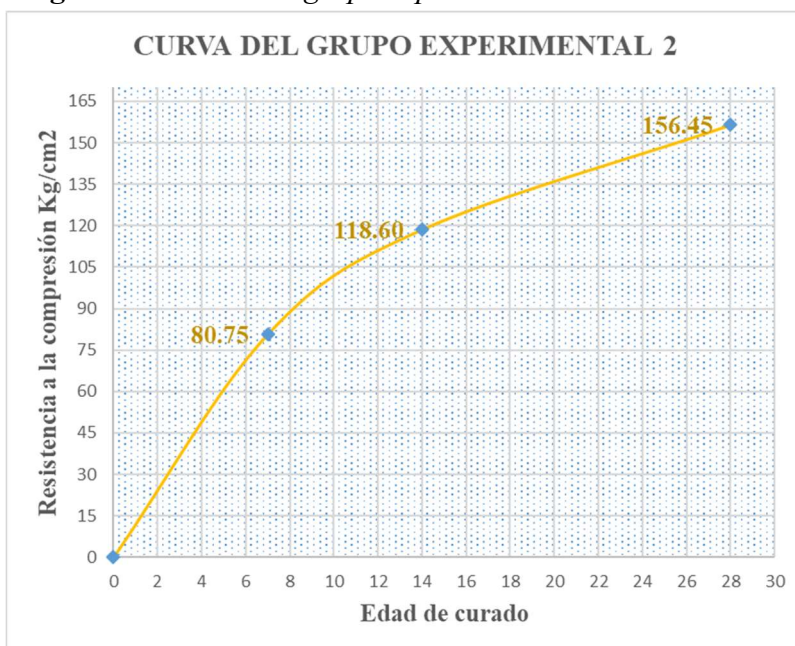
**Figura 10.** Resistencia a la compresión - Exp 2.



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura de dispersión se muestra la curva de la resistencia a la compresión del grupo experimental 1.

**Figura 11.** Curva del grupo experimental 2.



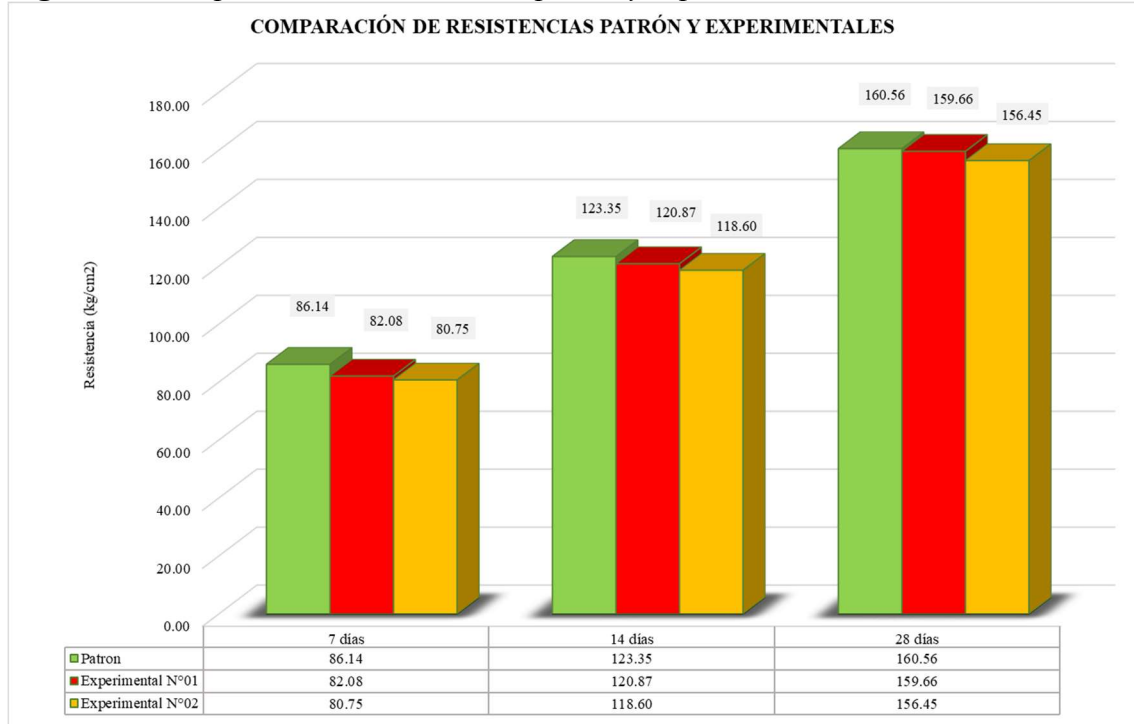
Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 10 y 11 se muestran que las resistencias del grupo patrón crecen respecto a los días de curado, tal es así que a los 07 días de curado se obtuvo la resistencia promedio de 80.75 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días de curado se obtuvo la resistencia promedio de 118.60 kg/cm<sup>2</sup> y la proyección a los 28 días de curado se obtuvo la resistencia de 156.45 kg/cm<sup>2</sup> comprobándose en la Norma E.070 de Albañilería que los ladrillos del grupo patrón cumple con la resistencia mínima del ladrillo tipo IV (resistencia mínima de 130 kg/cm<sup>2</sup>).

En las siguientes figuras se muestran la comparación de la resistencia a la compresión de los tres grupos estudiados a las edades de 07, 14 y la proyección a los 28 días.

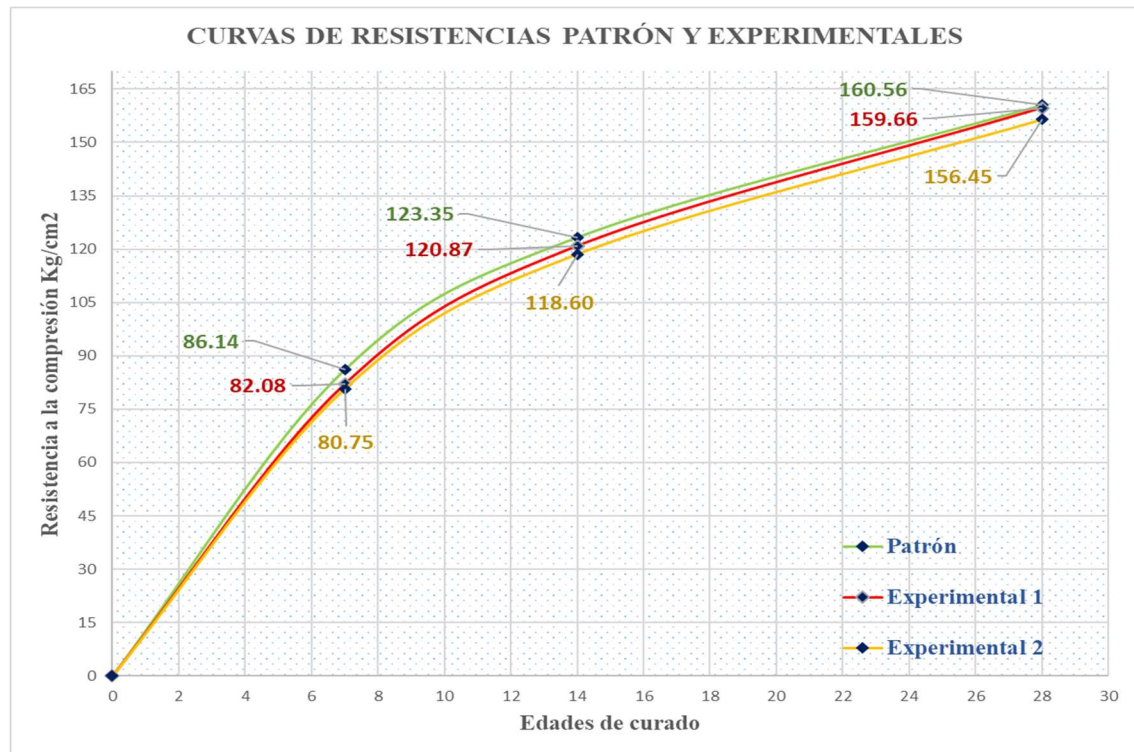


**Figura 12.** Comparación de resistencias patrón y experimentales.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 13.** Curvas de resistencias patrón y experimentales.



Fuente: Elaboración propia.

La figura 12 muestra el escalonamiento de la resistencia del grupo control y experimentales N°1 y N°2 crece respecto a los 07, 14 y 28 días de curado, tal es así que el patrón a los 28 días de curado se obtuvo la proyección de la resistencia a 160.56 kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo así con el 100.00% del ladrillo tipo IV (130.00 kg/cm<sup>2</sup>) pasando al 123.51%, para el experimental N°1 a los 28 días de curado se obtuvo la proyección de la resistencia a 159.66 kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo así con el 100.00% del ladrillo tipo IV (130.00 kg/cm<sup>2</sup>) pasando al 122.82% y para el experimental N°2 a los 28 días de curado se obtuvo la proyección de la resistencia a 156.45 kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo así con el 100.00% del ladrillo tipo IV (130.00 kg/cm<sup>2</sup>) pasando al 120.35%.

La figura 13 muestra la tendencia que hay entre estos 03 grupos, esta tendencia es que el grupo patrón es de mayor resistencia tanto para los 07, 14 y la proyección de 28 días de curado con respecto al grupo experimental N°1 y este grupo a su vez es de mayor resistencia para los 07, 14 y la proyección de 28 días de curado con respecto al grupo experimental N°2.



#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Se realizó el ensayo límites de Atterberg para la arcilla (véase Anexo 18), donde el índice de plasticidad y límite líquido fueron de 46.42% y 62.62% respectivamente. Estos datos fueron útiles para introducirlos en el diagrama de Holtz y Kovacs como se muestra en el Figura 01, obteniéndose como resultado una arcilla de alta plasticidad y clasificándose como una arcilla montmorillonita.

De Pablo (1964, p.54) para las arcillas montmorilloníticas mencionó: “Su composición química de 50 a 65 de SiO<sub>2</sub>, 10 a 25 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, hasta 4 de alcalies y 6% de alcalinotérreos”.

Realizado el ensayo de límites de Atterberg para la arcilla y posteriormente introducidos estos datos en el diagrama de Holtz y Kovacs se puede deducir un rango aproximado de su composición química por lo mencionado por De Pablo líneas arriba. No obstante, en esta investigación se realizó el ensayo Fluorescencia de Rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) para obtener un resultado exacto de su composición química de los materiales a sustituir al cemento, previo a esto se realizó la activación de los materiales a través de la calcinación mediante el ensayo de Análisis Térmico Diferencial (ATD).

Para Shi and Day (1995), citado por Ramírez (2015, p.10) mencionó: La calcinación de arcillas es una importante vía para la producción de puzolanas, la cual tiene como objetivo eliminar los grupos hidroxilos que contiene dicho material asociados a la capa octaédrica, modificándose la estructura cristalina original y provocando que se vuelva muy reactivo.

Para Heller-Kallai (2006), citado por Ramírez (2015, p.10-11) mencionó: Entre los 400 °C y los 950 °C ocurre la remoción de los OH- estructurales (deshidroxilación) acompañada por el desorden parcial de la estructura cristalina y la formación de fases metaestables, caracterizadas por una alta reactividad química. La pérdida de los OH- desestabiliza eléctricamente la estructura, especialmente en la zona de la capa octaédrica. Es por eso que en las arcillas calcinadas las fases de alúmina juegan un papel muy importante en

la reactividad puzolánica, pues son estas zonas las primeras en desestabilizarse estructuralmente durante el proceso de deshidroxilación.

Los resultados de las temperaturas del Análisis Térmico Diferencial (véase Anexo 1 y Anexo 2) para los materiales fueron de 550°C a un tiempo de 1 hora y 30 minutos para la arcilla, mismo dato que obtuvo Urrutia (2017) y 870°C a un tiempo de 2 horas para el choro, dato aproximado que obtuvo Aznaran (2018), estas temperaturas representan cambios de las características y estructurales de los materiales. Por lo tanto, cumplen con las características de calcinación que mencionaron los autores citados líneas arriba.

El análisis de la composición química del choro fue realizado mediante el ensayo Fluorescencia de Rayos-X dispersiva en energía (FRXDE), como se muestra en la Tabla 16, se obtuvo el 87% de CaO (calcio), deduciendo un biomaterial altamente reactivo, este material es sólido y está constituido aproximadamente por un solo un elemento en su totalidad.

Los resultados de la composición química de la arcilla fueron determinados mediante el ensayo Fluorescencia de Rayos-X dispersiva en energía (FRXDE), como se muestra en la Tabla 17.

Ramírez (2015, p.25) mencionó: “El contenido total de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, superior el 70 %, permite asegurar que los materiales caracterizados cumplen con las recomendaciones expresadas en la ASTM C618-08 para materiales puzolánicos”.

Estos datos de la composición química de la arcilla tales como SiO<sub>2</sub> (66.362 %), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (14.425 %) y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (9.007 %) suman el 89.794% siendo superior al 70% representando a la arcilla como un material puzolánico, como menciona Ramírez líneas arriba. Al mismo tiempo se comprueba el tipo de arcilla como montmorillonita ya que estos resultados están dentro del rango de cada composición química de acuerdo a los mencionado por De Pablo anteriormente.

Por tal motivo, al combinar la concha de choro de alto contenido de calcio y la arcilla activada como material puzolánico de alto contenido de sílice y regular contenido de aluminio, generó un material cementante de características parecidas al cemento.

Se muestra el resultado del ensayo de pH en la tabla 18, donde el cemento calculó un valor de 13.51 de pH, la concha de choro un valor de 13.22 de pH, la arcilla un valor de 6.69 de pH, la combinación de cemento 18g + choro 1.5g + arcilla 0.5g (experimental N°1) registró un valor de 13.47 de pH y la combinación de cemento 16g + choro 3g + arcilla 1g (experimental N°2) registró un valor de 13.42 de pH. El valor pH para las combinaciones de los experimentales N°1 y N°2 sufrieron una pequeña modificación de 0.04 para la combinación del experimental N°1 y 0.09 para la combinación del experimental N°2, siendo estas modificaciones no considerables en la sustitución al cemento, deduciendo que tienen un nivel de alcalinidad similar a Urrutia (2017), ya que los porcentajes sustituidos son pequeños.

El resultado del diseño de mezcla para los ladrillos del grupo control y experimental se observa en la Tabla 13, obteniendo la relación agua cemento de 0.90, a diferencia de Obregón (2018) que obtuvo una relación agua cemento de 0.84 que elaboró los ladrillos de concreto mediante un molde y sin vibrado, los ladrillos de concreto de esta investigación fueron elaborados mediante el vibrado, lo que genera mayor resistencia a un ladrillo no vibrado.

La figura 08 y la figura 09 muestran la proyección de la resistencia a la compresión a los 28 días de curado, siendo este valor para el grupo patrón de 160.56 kg/cm<sup>2</sup>, para el grupo experimental N°1 de 159.66 kg/cm<sup>2</sup> y para el grupo experimental N°2 de 156.45kg/cm<sup>2</sup>, representando el 123.51%, 122.82% y 120.35% de la resistencia de ladrillo de concreto tipo IV (130kg/cm<sup>2</sup>) propuesto, deduciendo que estas resistencias pasaron el porcentaje mínimo establecido.

Sin embargo, se puede observar una reducción de la resistencia de los ladrillos de los grupos experimentales a los ladrillos del grupo patrón. Respecto a la influencia que tiene el potasio en el concreto los autores dicen:

Urrutia (2017) menciona que el Óxido de Potasio, Óxido de Magnesio y Óxido de Carbono son perjudiciales a la resistencia del concreto.

Velezmoro, Blanco y Peñuela (2014, parr.22) mencionan: “En el caso del potasio, en forma de hidróxido de potasio, se le atribuye la disminución de la

resistencia en el concreto en una concentración que debe superar el 1.2% del peso del cemento”.

La presencia del potasio en forma de óxido en la concha de choro es de 3.097% (ver tabla 16) y en la arcilla es de 2.001% (ver tabla 17), debido a lo mencionado por los autores anteriormente, se deduce que la presencia del potasio en el cemento reduce la resistencia del concreto, comprobándose que la resistencia de concreto patrón a los 28 días de curado es de 160.56kg/cm<sup>2</sup>, esta resistencia no es sobrepasada por la resistencia de concreto experimentales a los 28 días de curado de 159.66 y 156.45 respectivamente, al igual que Obregón (2018) el ladrillo experimental no superó al ladrillo patrón, siendo así que a más porcentaje de cemento sustituido con presencia de Potasio disminuye la resistencia de los ladrillos de concreto con respecto al grupo patrón.

## V. CONCLUSIONES

El tipo de arcilla estudiada en el presente proyecto de investigación es considerado montmorillonita por el alto contenido de plasticidad, el cual es una arcilla puzolánico, previamente activada, teniendo en su composición química sílice, aluminio y hierro.

Mediante el ensayo Análisis Térmico Diferencial se calculó la temperatura de calcinación del choro que fue 870°C a un tiempo de 2 horas y para la arcilla fue 550°C a un tiempo de 1 hora y 30 minutos, estas temperaturas fueron consideradas debido a que los materiales presentaron cambios de estructurales y de característica.

Según el ensayo de Fluorescencia de Rayos-X dispersiva en energía (FRXDE), la arcilla, previamente activada, se obtuvo principalmente SiO<sub>2</sub> (66.362 %), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (14.425 %) y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (9.007 %), para el choro, previamente activado, se obtuvo 87% de CaO, siendo combinadas estas sustancias en mayoría conforman elementos similares al cemento.

Los valores de pH que se obtuvieron para el cemento fue de 13.51, concha de choro fue de 13.22, arcilla fue de 6.69, la combinación para el experimental N°1 fue de 13.47 y la combinación para el experimental N°2 fue de 13.42, las combinaciones resultan ser compatibles con el cemento ya que no varían el valor del pH del cemento significativamente.

Luego de haber realizado los ensayos de caracterización de agregados y el diseño de mezcla se determinó la relación agua – cemento siendo 0.90 para ladrillo tipo IV de resistencia 130 kg/cm<sup>2</sup>, para la fabricación de los ladrillos en una maquina ladrillera artesanal con vibración.

Al sustituir al cemento una combinación de polvo de choro y arcilla en 10% (7.5% de choro y 2.5% de arcilla) y en 20% (15% de choro y 5% de arcilla) incrementó la proyección de la resistencia a la compresión a los 28 días, superando en un 22.82% y 20.35% respectivamente a un ladrillo de concreto tipo IV  $f'_c=130\text{Kg/cm}^2$ . No obstante las sustituciones aplicadas en el presente proyecto de investigación no sobrepasan a la resistencia del ladrillo del grupo control (patrón).

## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda variar el porcentaje de sustitución al cemento por la combinación de polvo de choro y arcilla, para encontrar una sustitución óptima que mejore la resistencia a la compresión del ladrillo de concreto.

Se recomienda realizar el ensayo a la compresión a los 28 días de curado, ya que así se podrá obtener una resistencia exacta y realizar un análisis de los resultados más profundo.

Se recomienda seguir investigando los materiales como la concha de choro y arcilla de Cajabamba, ya que al ser activados presentan un alto nivel de puzonalidad y así se pueda sustituir o añadir al cemento.

Se recomienda realizar el curado a los ladrillos de concreto, así mismo retirar las unidades de ladrillo días antes ya que la arcilla es un material absorbente y no se obtenga pérdidas de resistencia.

Se recomienda hacer un buen control en el tiempo de vibrado que ofrece la máquina de ladrillos artesanal, ya que a mayor vibrado la segregación aumenta y esto perjudica al concreto.

Se recomienda hacer el mantenimiento general cada cierto tiempo para asegurar el buen estado, la correcta operación y el buen funcionamiento de la máquina de ladrillos artesanal.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Angulo, M. (2011). *Política fiscal y estrategia como factor de desarrollo de la mediana empresa comercial sinaloense. Un estudio de caso*. Universidad Autónoma de Sinaloa, México.
- Aznaran, Z. (2018). *Resistencia a la compresión de mortero con cemento sustituido el 9% por ceniza de cáscara de arroz y 6% por Ceniza de concha de choro (Aulacomya Atra)*. Universidad San Pedro, Perú.
- Cementos Mexicanos. (2019). *¿Por qué se determina la resistencia a la compresión en el concreto?*. Recuperado el 23 de abril de 2020, de <https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto->
- Cementos Mexicanos. (2019). *Cemento*. Recuperado el 23 de abril de 2020, de <https://www.cemex.com/es/productos-servicios/productos/cemento>
- Cortes, E, y Perilla, J. (2014). *Estudio comparativo de las características físico – mecánicas de cuatro cementos comerciales portland tipo I*. Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.
- De Pablo, L. (1964). Las arcillas. I. Clasificación, identificación, usos y especificaciones industriales. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 27(2), 49-92.
- Díaz, L, y Torrecillas, R. (2002). Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 41(5), 459-470. Recuperado el 23 de abril de 2020, de <https://digital.csic.es/bitstream/10261/4676/1/arcillas.pdf>
- García, C. (1997). *Algunos análisis físicos – químicos para la identificación de los minerales componentes de una arcilla*. Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

- García, E. (2015). *Determinación de la mortalidad total del choro (Aulacomya ater) en la región Lima Callao*. Universidad Nacional del Callao, Perú.
- Harmsen, T. (2005). *Diseño de estructuras de concreto armado*. (4ta. ed). Perú: Fondo editorial Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado el 23 de abril de 2020, de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Gr3Ga9\\_\\_NB4C&oi=fnd&pg=PA1&dq=harmsen+concreto+armado&ots=0FMxYvQKUB&sig=680Hbp1\\_\\_nA1rGJ7YRNsUI5NUo#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Gr3Ga9__NB4C&oi=fnd&pg=PA1&dq=harmsen+concreto+armado&ots=0FMxYvQKUB&sig=680Hbp1__nA1rGJ7YRNsUI5NUo#v=onepage&q&f=false)
- Instituto Fomento Pesquero, (2009). *Aulacomya atra*. Recuperado el 23 de abril de 2020, de [https://www.macrofauna.cl/fi/Aulacomya\\_atra.html](https://www.macrofauna.cl/fi/Aulacomya_atra.html)
- Norma Técnica Peruana NTP 339.185. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*.
- Norma Técnica Peruana NTP 399.047. (2006). *HORMIGÓN (CONCRETO). Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados*.
- Norma Técnica Peruana NTP 399.601. (2006). *Ladrillos de concreto. Requisitos*.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.012. (2001). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.017. (1999). *AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado*.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.021. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.022. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*.



- Obregón, A. (2018). *Resistencia a la Compresión de Ladrillo de Concreto, Sustituyendo un 15% al Cemento, por Arcilla en un 10% y Cenizas de Hoja de Schinus (MOLLE) en un 5%*. Universidad San Pedro, Perú.
- Pantoja, J, y Zeña, G. (2015). *Propiedades mecánicas de suelos arcillosos de la ciudad de Yamos – Huánuco mediante la adición 2%, 4%, 6% y 8% de polvo de choro (mytilidae)*. Universidad San pedro, Perú.
- Pérez, T. (2016). *Comportamiento físico – mecánico del ladrillo de concreto tipo IV*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.
- Pulido, J, Lizarazo, J, y Aperador, W. (2016). Comportamiento mecánico de sistemas cementantes ternarios (cemento portland – ceniza volante – escoria de alto horno). *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 36(2), 201-2016. Recuperado el 23 de abril de 2020, de <http://ve.scielo.org/pdf/rlmm/v36n2/art09.pdf>
- Ramírez, J. (2015). *Evaluación de arcillas del yacimiento la delta como fuente de materia prima para la producción de materiales cementicios suplementarios*. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Cuba.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2006). Norma E – 0.70. *Albañilería*. Recuperado el 23 de abril de 2020, de <http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- Ruíz, D. (2015). *Influencia de la adición de vidrio triturado en la resistencia a la compresión axial de un ladrillo de arcilla artesanal de Cajamarca, 2015*. Universidad Privada del Norte, Perú.
- Ruíz, M. (2011). *Políticas públicas en salud y su impacto en el seguro popular en Culiacán, Sinaloa, México*. Universidad Autónoma de Sinaloa, México.
- Soto, M, y Villegas, K. (2019). *Influencia de las proporciones de los agregados en el hormigón y la dosificación con cemento sobre el peso unitario y compresión en un concreto convencional*. Universidad Nacional de Trujillo, Perú.

- Urrutia, S. (2017). *Evaluación del concreto FC= 210 kg/cm<sup>2</sup> sustituido el cemento en 2% y 4% de arcilla de Cajabamba – Cajamarca*. Universidad San Pedro, Perú.
- Velezmoro, A, Blanco, H y Peñuela, C. (2014). Influencia del nitrato presente en el agua de mezclado sobre las propiedades físicas del concreto. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 29(2), 61-67. Recuperado el 23 de abril de 2020, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652014000200006](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652014000200006)
- Yepes, V. (2016). *Instalaciones de dosificación para la fabricación de hormigón*. Recuperado el 23 de abril de 2020, de <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/dosificacion/>
- Zapata, F. (2019). *Carga axial: cómo se calcula y ejercicios resueltos*. Recuperado el 23 de abril de 2020, de <https://www.lifeder.com/carga-axial/>
- Zavaleta, S. (2018). *Resistencia a la compresión de ladrillo de concreto, sustituyendo en 23% al cemento por una combinación de conchas de abanico al 15% y rastrojo de maíz al 8%*. Universidad San Pedro, Perú.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a mi familia por el apoyo incondicional durante este proceso de formación profesional.

Agradecer a mi asesor Ing. Segundo Urrutia Vargas por su tiempo, gran ayuda y conocimiento profesional en cada momento de consulta y asesoramiento en este trabajo de investigación.

Mencionar a los técnicos, ingenieros y encargados del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad San Pedro por su apoyo en la ejecución de los ensayos realizados.

Por último, agradecer a mis amigos por los consejos y apoyo en todo momento.

## ANEXOS

### ANEXO 1. ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL CONCHA DE CHORO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 12 de febrero del 2020

INFORME N° 66 - FEB-20

Solicitante: Tolentino Ramírez Serghy – Universidad San Pedro

RUC/DNI: .....

Supervisor: .....

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

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CH-66F	25.2 mg	.....

#### 2. ENSAYOS A APLICAR

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

#### 3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 1000 °C.
- Masa de muestra analizada: 25.2 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa

Tel.: 44-203510/949790880 [damchavez@hotmail.com](mailto:damchavez@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo, Perú



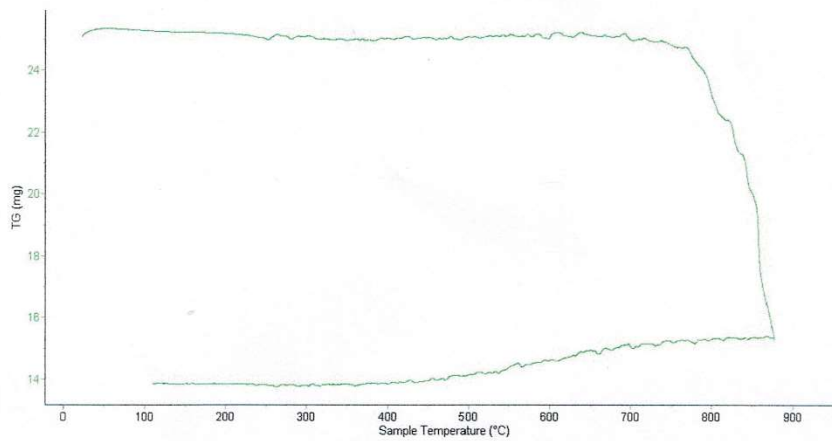


Trujillo, 12 de febrero del 2020

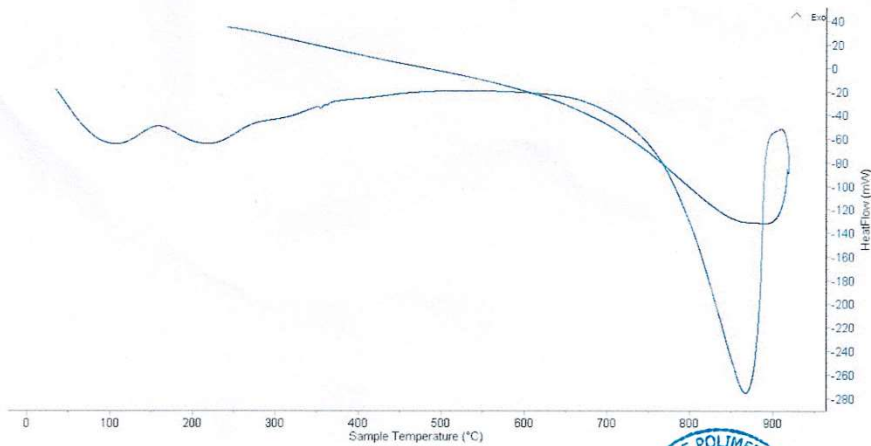
INFORME N° 66 - FEB-20

#### 4. Resultados:

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



##### II- Curva Calorimétrica ATD





Trujillo, 12 de febrero del 2020

**INFORME N° 66 - FEB-20**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una gran estabilidad térmica hasta alcanzar los 700°C, a partir del cual comienza a caer la masa, posteriormente genera una pérdida total de aproximadamente 40% de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar algunos ligeros picos de absorción térmica, la primera a 100, y la otra a 210 ° C y posteriormente se muestra un pico más intenso de absorción térmica a 870°C que es una temperatura que marca un cambio estructural y de las características en el material.

Trujillo, 12 de febrero del 2020

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

## ANEXO 2. ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL ARCILLA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 12 de febrero del 2020

**INFORME N° 65 - FEB-20**

**Solicitante:** Tolentino Ramírez Serghy – Universidad San Pedro

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

**Supervisor:** .....

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

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	A-65F	47.5 mg	.....

### 2. ENSAYOS A APLICAR

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

### 3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG\_DTA\_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys\_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 47.5 mg.

**Jefe de Laboratorio:**

Ing. Danny Chávez Novoa

**Analista responsable:**

Ing. Danny Chávez Novoa

Tel.: 44-203510/949790880 [danchavez@hotmail.com](mailto:danchavez@hotmail.com) / Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria / Trujillo



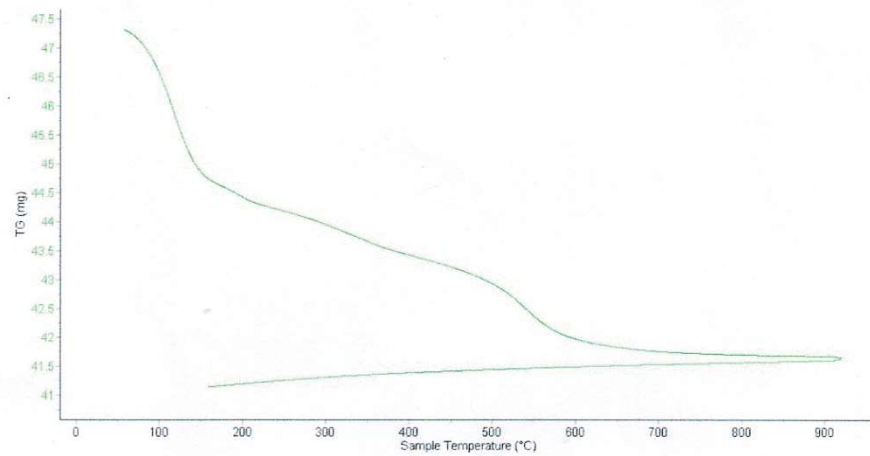


Trujillo, 12 de febrero del 2020

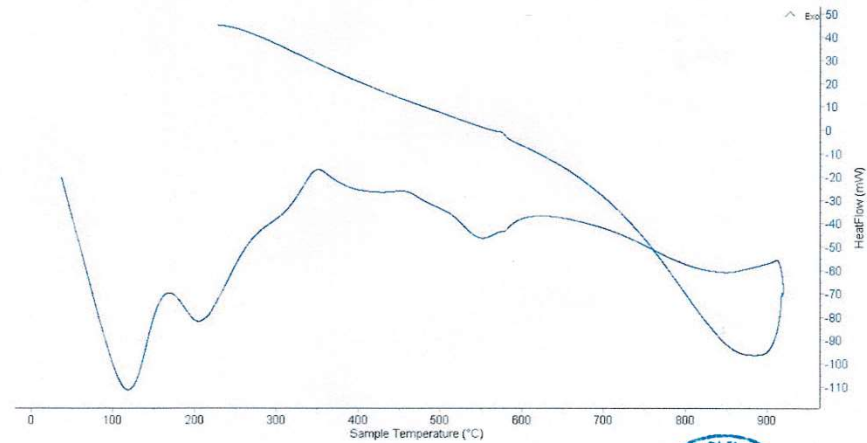
INFORME N° 65 - FEB-20

#### 4. Resultados:

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



##### II- Curva Calorimétrica ATD







Trujillo, 12 de febrero del 2020

**INFORME N° 65 - FEB-20**

**5. CONCLUSION:**

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos importantes caídas de la masa del material, la primera se da en el rango entre 70 y 140°C, y la segunda se da entre 500 y 580°C, en las otras regiones el barrido de temperatura muestra una caída de la masa muy lenta, llegando a perder en total aproximadamente 12% de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar algunos picos endotérmicos que se dan a 110, 205 y 550°C, además se muestra un pico exotérmico que se manifiesta a 350°C, todas estas pueden representar cambios estructurales y de las características en el material.

Trujillo, 12 de febrero del 2020



  
Ing. Danny Mesías Chávez Novoa  
Jefe de Laboratorio de Polímeros

Departamento Ingeniería de Materiales - UNT





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

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

consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

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

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

**Resultados.**

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

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se forman en un proceso de calcinación. La concentración total de estos óxidos resulta ser ligeramente mayor



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

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

que 100%. Esto indica una ligera deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición mineral de la muestra se recomienda utilizar el análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de cenizas de concha de choro en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.859	2.849
SiO <sub>2</sub>	4.723	4.706
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.656	0.654
ClO <sub>2</sub>	1.563	1.558
K <sub>2</sub> O	3.097	3.086
CaO	87.000	86.686
TiO <sub>2</sub>	0.010	0.010
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.012	0.012
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.043	0.043
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.030	0.030
CuO	0.010	0.010
ZnO	0.009	0.009
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.046	0.046
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.018	0.018
SrO	0.272	0.271
ZrO <sub>2</sub>	0.014	0.013
Total	100.362	100.00



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

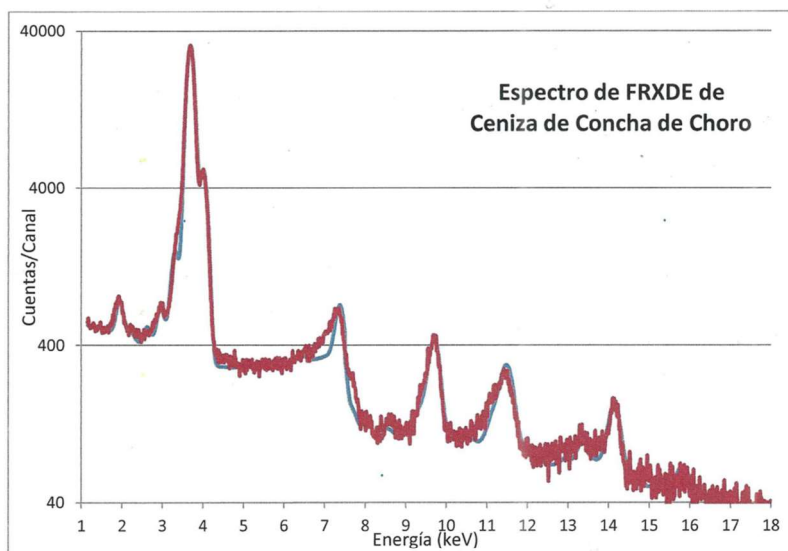


Figura 1. Espectro de FRXDE de cenizas de concha de choro en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 06 de Marzo del 2020

## ANEXO 4. FLUORESCENCIA DE RAYOS-X DISPERSIVA EN ENERGÍA ARCILLA



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

Informe N° 039 - LAQ/2020

Análisis de arcilla de Cajabamba por FRXDE

### Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de esta muestra de arcilla de Cajabamba a pedido del Sr. **Tolentino Ramírez, Serghy Enrique**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**"Resistencia a la Compresión de Ladrillos de Concreto Sustituyendo al Cemento en 10% y 20% por la Combinación de Polvo de Choro (*Aulacomya Atra*) y Arcilla de Cajabamba."**

La muestra fue previamente tratada térmicamente a 550°C durante hora y media, y está en la forma de grano fino de color ladrillo.

### Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15  $\mu$ A. Para acumular el espectro se utilizó 2048 canales de memoria donde se registraron un millón de cuentas. Los espectros se acumularon con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; con distancia de muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 1.8 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 2780 cts/s.

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

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





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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

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

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

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

**Resultados.**

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

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se forman en un



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

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

proceso de calcinación. La concentración total de estos óxidos resulta ser ligeramente menor que 100%. Esto indica que puede contener compuestos de Na y/o Mg, que esta técnica no detecta, y/o existe una deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición mineral de la muestra se recomienda utilizar el análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de arcilla de Cajabamba en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.425	14.991
SiO <sub>2</sub>	66.362	68.967
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.834	0.867
SO <sub>2</sub>	0.457	0.476
ClO <sub>2</sub>	0.287	0.299
K <sub>2</sub> O	2.001	2.079
CaO	1.103	1.146
TiO <sub>2</sub>	1.401	1.457
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.013	0.014
MnO	0.198	0.205
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.007	9.360
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.011	0.012
CuO	0.014	0.014
ZnO	0.034	0.035
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.011	0.011
As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.007	0.007
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.007	0.007
ZrO <sub>2</sub>	0.053	0.055
Total	96.223	100.00





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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

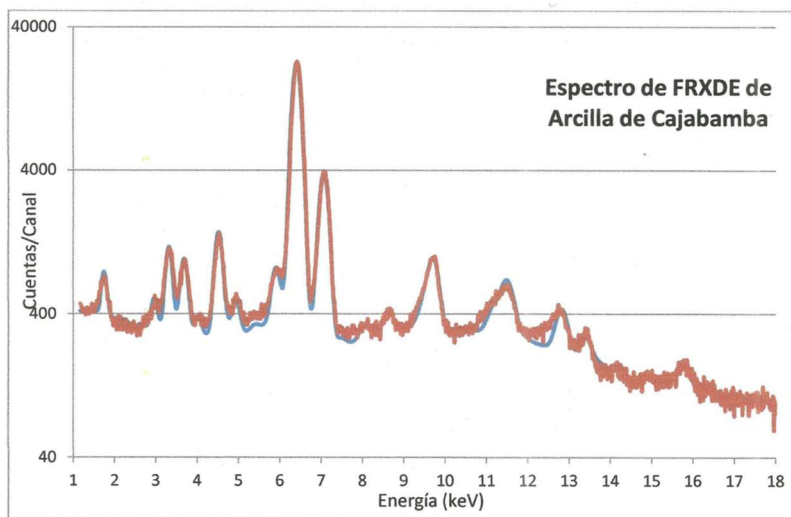


Figura 1. Espectro de FRXDE de arcilla de Cajabamba en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos

Laboratorio de Arqueometría

Lima, 06 de Marzo del 2020



## ANEXO 5. POTENCIAL DE HIDROGENO (PH)



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS  
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

**“COLECBI” S.A.C.**

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 20200305-006

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : TOLENTINO RAMIREZ SERGHY ENRIQUE  
DIRECCIÓN : Villa España Mz L Lote 6 Chimbote.  
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA  
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADO  
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA  
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA  
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA  
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA  
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA  
CANTIDAD DE MUESTRA : 05 muestras  
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno, cerrada.  
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.  
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020-03-05  
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2020-03-05  
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2020-03-05  
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.  
CÓDIGO COLECBI : SS 200305-6

**RESULTADOS**

MUESTRAS	ENSAYO
	pH
CEMENTO 20G	13,51
CONCHA DE CHORO 20G	13,22
ARCILLA DE CAJABAMBA 20G	6,69
COMBINACION DE CEMENTO 18G + CHORO 1.5G + ARCILLA 0.5G	13,47
COMBINACION DE CEMENTO 16G + CHORO 3G + ARCILLA 1G	13,42

**METODOLOGIA EMPLEADA**

pH : Potenciométrico.

**NOTA:**

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :  
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ( )
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de ensayos 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.
- No afecto al proceso de Difinencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : SI ( ) NO ( X )
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 05 del 2020.  
GVR/jms

A. Gustavo Vargas Ramos  
Gerente de Laboratorios  
C. S. P. 326-1  
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE  
Rev. 06  
Fecha 2019-07-01

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN  
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

**COLECBI S.A.C.**

Irh Buenns Aires Mz A - It 7 I Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752

## ANEXO 6. PANEL FOTOGRÁFICO



**Fotografía 1.** *Obtención del agregado fino.*



**Fotografía 2.** *Obtención del agregado grueso.*



**Fotografía 3.** *Obtención de la arcilla.*



**Fotografía 4.** *Obtención de la concha de choro.*



**Fotografía 5.** Preparación del agregado fino para los ensayos de caracterización.



**Fotografía 6.** Preparación del agregado grueso para los ensayos de caracterización.



**Fotografía 7.** Análisis granulométrico mediante el uso de tamices.



**Fotografía 8.** Peso unitario del agregado fino.





**Fotografía 9.** *Peso unitario del agregado grueso.*



**Fotografía 10.** *Agregados sumergidos en agua para su posterior ensayo.*



**Fotografía 11.** *Secado del agregado fino.*



**Fotografía 12.** *Prueba del cono para ver la trabajabilidad.*



**Fotografía 13.** Prueba del picnómetro.



**Fotografía 14.** Ensayo del peso específico para el agregado grueso.



**Fotografía 15.** Pesaje de los agregados para el contenido de humedad, luego de estar 24 horas en el horno.



**Fotografía 16.** Lavado de la arcilla.



**Fotografía 17.** Se dejó reposar la arcilla para eliminar el agua restante.



**Fotografía 18.** Secado de la arcilla al aire libre en una bandeja.



**Fotografía 19.** Se procedió a realizar el molido de la arcilla previamente activada en la mufla.



**Fotografía 20.** Se procedió a tamizar la arcilla hasta el pasante de la malla #200.





**Fotografía 21.** *Se procedió al lavado de la concha de choro.*



**Fotografía 22.** *Se procedió a la activación de la concha de choro.*



**Fotografía 23.** *Se procedió a realizar el molido de la concha de choro y tamizado hasta el pasante de la malla #200.*



**Fotografía 24.** *Límites de atterberg supervisado.*





**Fotografía 25.** Mezcla de los materiales a sustituir y el cemento.



**Fotografía 26.** Se mezclaron los materiales hasta obtener su homogeneidad.



**Fotografía 27.** Pesaje para los 09 ladrillos patrón a realizar.



**Fotografía 28.** Pesaje para los 09 ladrillos experimental N°1 a realizar.



**Fotografía 29.** Pesaje para los 09 ladrillos experimental N°2 a realizar.



**Fotografía 30.** Máquina artesanal de ladrillos.



**Fotografía 31.** Proceso de mezclado de los componentes del concreto en la mezcladora.



**Fotografía 32.** Proceso de vaciado y enrasado de la mezcla de concreto en las celdas de la máquina de ladrillos artesanal.





**Fotografía 33.** Control del vibrado de la máquina.



**Fotografía 34.** Elaboración final de los ladrillos patrón.



**Fotografía 35.** Elaboración final de los ladrillos experimental N°1.



**Fotografía 36.** Elaboración final de los ladrillos experimental N°2.



**Fotografía 37.** Registro de las dimensiones y peso de los ladrillos patrón y experimentales, después del curado.



**Fotografía 38.** Ladrillos patrón y experimentales sometidos a carga axial.



**Fotografía 39.** Control del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto.



**Fotografía 40.** Control del ensayo de resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto.

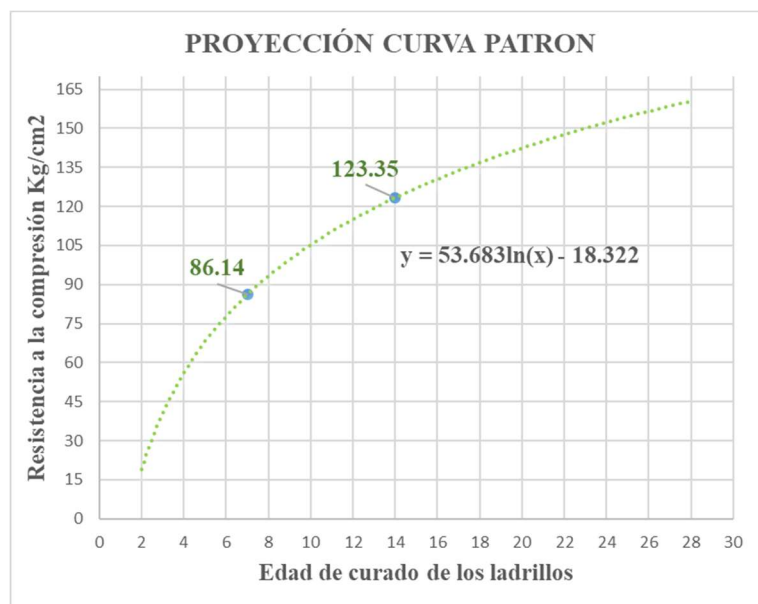
## ANEXO 7. PROYECCIÓN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS GRUPO PATRÓN

El objetivo de esta proyección es encontrar un valor para la resistencia a la compresión a los 28 días, en el software Excel.

En primer lugar, se coloca los promedios de las resistencias a los 07 y 14 días del grupo patrón como se ve en la siguiente tabla.

Edad (días)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
07	86.14
14	123.35

Acto seguido, se crea una gráfica de dispersión con los datos de la tabla anterior.



En la gráfica se muestra la ecuación logarítmica  $y = 53.683 \ln(x) - 18.322$  que se formó a partir de los dos puntos mostrados en la misma. Reemplazando  $x = 28$  (días a proyectar) en la ecuación.

$$y = 53.683 \ln(28) - 18.322$$

$$y = 178.732 - 18.322$$

$$y = 160.560$$

El resultado de la operación es 160.56 kg/cm<sup>2</sup> que representa la proyección de la resistencia a la compresión a los 28 días.

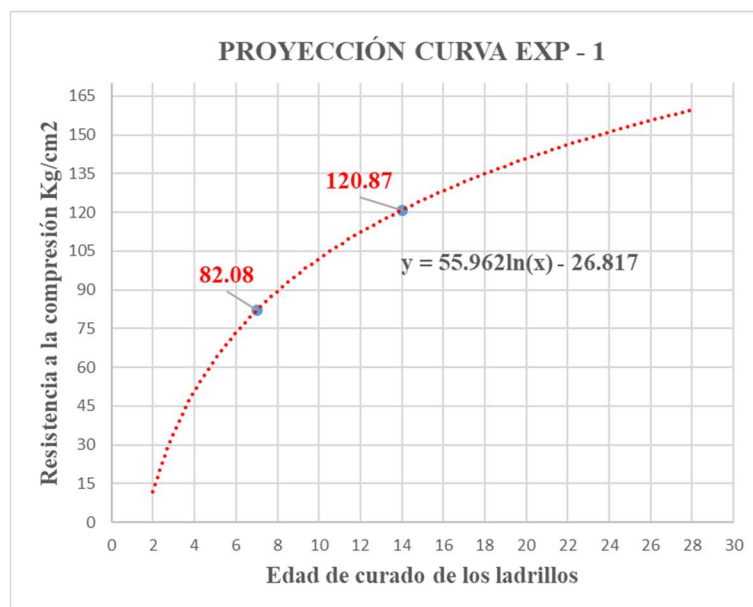
## ANEXO 8. PROYECCIÓN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS GRUPO EXPERIMENTAL 1

El objetivo de esta proyección es encontrar un valor para la resistencia a la compresión a los 28 días, en el software Excel.

En primer lugar, se coloca los promedios de las resistencias a los 07 y 14 días del grupo experimental 1 como se ve en la siguiente tabla.

Edad (días)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
07	82.08
14	120.87

Acto seguido, se crea una gráfica de dispersión con los datos de la tabla anterior.



En la gráfica se muestra la ecuación logarítmica  $y = 55.962 \ln(x) - 26.817$  que se formó a partir de los dos puntos mostrados en la misma. Reemplazando  $x = 28$  (días a proyectar) en la ecuación.

$$y = 55.962 \ln(28) - 26.817$$

$$y = 186.477 - 26.817$$

$$y = 159.660$$

El resultado de la operación es 159.66 kg/cm<sup>2</sup> que representa la proyección de la resistencia a la compresión a los 28 días.

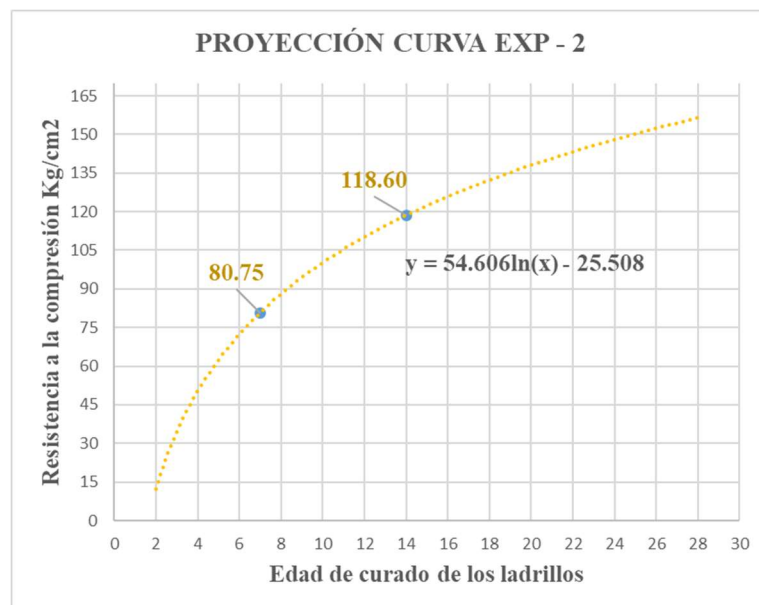
## ANEXO 9. PROYECCIÓN RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS GRUPO EXPERIMENTAL 2

El objetivo de esta proyección es encontrar un valor para la resistencia a la compresión a los 28 días, en el software Excel.

En primer lugar, se coloca los promedios de las resistencias a los 07 y 14 días del grupo experimental 1 como se ve en la siguiente tabla.

Edad (días)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
07	80.75
14	118.60

Acto seguido, se crea una gráfica de dispersión con los datos de la tabla anterior.



En la gráfica se muestra la ecuación logarítmica  $y = 54.606 \ln(x) - 25.508$  que se formó a partir de los dos puntos mostrados en la misma. Reemplazando  $x = 28$  (días a proyectar) en la ecuación.

$$y = 54.606 \ln(28) - 25.508$$

$$y = 181.958 - 25.508$$

$$y = 156.450$$

El resultado de la operación es 156.45 kg/cm<sup>2</sup> que representa la proyección de la resistencia a la compresión a los 28 días.



## ANEXO 10. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO.

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

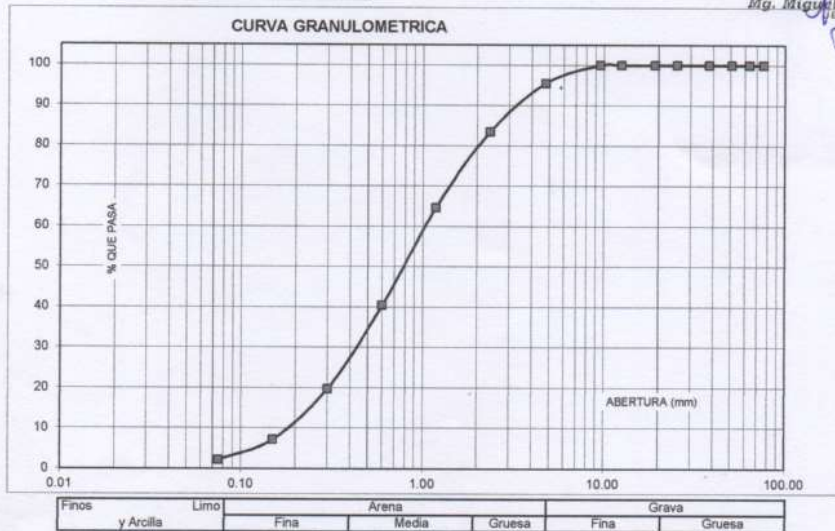
SOLICITA : BACH. TOLENTINO RAMIREZ SERGHY ENRIQUE  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10%  
 Y 20% POR LA COMBINACION DE POLVO DE CHORO (AULACOMYA ATRA) Y ARCILLA  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 05/06/2020

TAMIZ	Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
N°					
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.75	26.6	4.4	4.4	95.6
N°8	2.36	72.1	12.1	16.5	83.5
N° 16	1.18	112.5	18.8	35.3	64.7
N° 30	0.60	144.7	24.2	59.5	40.5
N°50	0.30	123.5	20.7	80.2	19.8
N° 100	0.15	75.2	12.6	92.8	7.2
N° 200	0.08	30.1	5.0	97.8	2.2
PLATO	ASTM C-117-04	13.2	2.2	100.0	0.0
TOTAL		597.9	100.0		

PROPIEDADES FISICAS	
Módulo de Fineza	2.89

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LIO. MIGUEL SOLAR JARA y Consejo de Maestros  
*Mg. Miguel Solar Jara*





**ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO**  
(ASTM C 136-06)

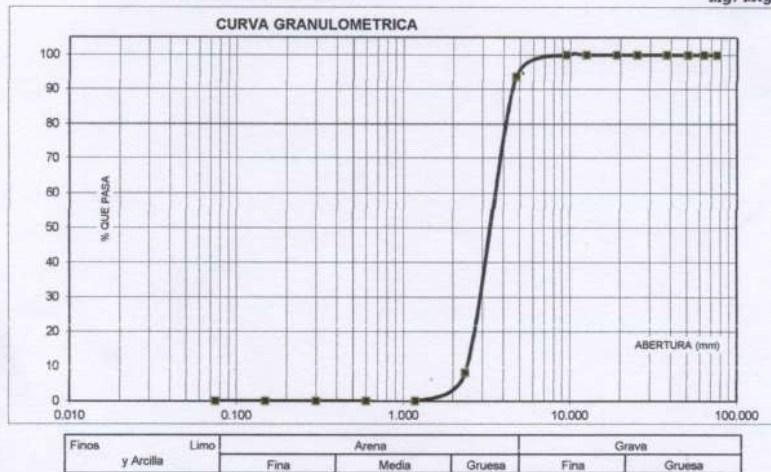
SOLICITA : BACH. TOLENTINO RAMIREZ SERGHY ENRIQUE  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10%  
 Y 20% POR LA COMBINACION DE POLVO DE CHORO (AULACOMYA ATRA) Y ARCILLA  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : CONFITILLO  
 FECHA : 05/06/2020

TAMIZ	Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
N° 3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.520	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.760	37.8	6.3	6.3	93.7
N° 8	2.360	512.3	85.5	91.9	8.1
N° 16	1.180	48.8	8.1	100.0	0.0
N° 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 200	0.075	0.0	0.0	100.0	0.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>598.9</b>	<b>100.0</b>		

PROPIEDADES FISICAS	
Tamaño Máximo Nominal	#4
Huso	N° 5 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES  
 La Muestra tomada identificada por el solicitante.


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIO DE MATERIAS  
*Mg. Miguel Solar Jara*  
 2018 F.E.



## ANEXO 11. GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO.

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

SOLICITA : BACH. TOLENTINO RAMIREZ SERGHY ENRIQUE  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10%  
 Y 20% POR LA COMBINACION DE POLVO DE CHORO (AULACOMYA ATRA) Y ARCILLA  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 05/06/2020

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnómetro + agua	gr.	654.00	654.00
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B)	cm <sup>3</sup>	954.00	954.00
D	Peso de picnómetro + agua + material	gr.	844.00	844.00
E	Volumen de masa + volumen de vacíos (C-D)	cm <sup>3</sup>	110.00	110.00
F	Peso de material seco en estufa	gr.	296.00	296.00
G	Volumen de masa (E-(A-F))		106.00	106.00
H	P.e. Bulk (Base Seca)	F/E	2.691	2.691
I	P.e. Bulk (Base Saturada)	A/E	2.727	2.727
J	P.e. Aparente (Base Seca)	F/E	2.792	2.792
K	Absorción (%) $((D-A)/A) \times 100$		1.35	1.35

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.691  
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.727  
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.792  
 Absorción (%) : 1.35

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 L. M. HERRERA GONZALEZ - Director de Laboratorio  
 Mg. Miguel Solar Jara  
 C. I. E.

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

SOLICITA : BACH. TOLENTINO RAMIREZ SERGHY ENRIQUE  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10%  
 Y 20% POR LA COMBINACION DE POLVO DE CHORO (AULACOMYA ATRA) Y ARCILLA  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : CONFITILLO  
 FECHA : 05/06/2020

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	582.00	532.00
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	379.30	345.70
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	202.70	186.30
D	Peso de material seco en estufa	576.00	526.00
E	Volumen de masa (C-(A-D))	196.70	180.30
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.842	2.823
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.871	2.856
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.928	2.917
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	1.04	1.14

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.833  
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.863  
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.923  
 Absorción (%) : 1.09


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LÍNEA MESTRADO EN CIENCIAS Y ENGAÑO DE MATERIALES  
 Mg. Miguel Solís Jara  
 2022

**ANEXO 12. PESO UNITARIO AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO.**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**

SOLICITA : BACH. TOLENTINO RAMIREZ SERGHY ENRIQUE  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10%  
 Y 20% POR LA COMBINACION DE POLVO DE CHORO (AULACOMYA ATRA) Y ARCILLA  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 05/08/2020

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo Nº	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7450	7450	7500
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4124	4124	4174
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1479	1479	1497
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )		1485	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1478	

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo Nº	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8100	8100	8100
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4774	4774	4774
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1712	1712	1712
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )		1712	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1704	


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LIn. Ingeniería de Alimentos y Energía de Alimentos  
 Mg. Miguel Solar Jara  
 I.E.

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : BACH. TOLENTINO RAMIREZ SERGHY ENRIQUE  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10%  
 Y 20% POR LA COMBINACION DE POLVO DE CHORO (AULACOMYA ATRA) Y ARCILLA  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : CONFITILLO  
 FECHA : 05/09/2020

**PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7050	7050	6950
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	3724	3724	3624
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1336	1336	1300
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )		1324	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1321	

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7350	7400	7400
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4024	4074	4074
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )	1443	1461	1461
Peso unitario prom. ( Kg/m <sup>3</sup> )		1455	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1462	


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Los Mochis - Arequipa - Arequipa de Mochis  
 Mg. Miguel Solar Jara  
 J. S. J.



**ANEXO 13. CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO.**

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO**  
( ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH. TOLENTINO RAMIREZ SERGHY ENRIQUE  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10% Y 20% POR LA COMBINACION DE POLVO DE CHORO (AULACOMYA ATRA) Y ARCILLA  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 05/06/2020

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	662.9	709
TARA + SUELO SECO (gr)	660.4	706.8
PESO DEL AGUA (gr)	2.5	2.2
PESO DE LA TARA (gr)	162.9	209
PESO DEL SUELO SECO (gr)	497.5	497.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.50	0.44
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.47	


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Los Mucosos de Pucallpa y Eneayo de Matucana  
*Mg. Miguel Solar Jara*

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO  
(ASTM D-2216)**

SOLICITA : BACH. TOLENTINO RAMIREZ SERGHY ENRIQUE  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10%  
 Y 20% POR LA COMBINACION DE POLVO DE CHORO (AULACOMYA ATRA) Y ARCILLA  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : CONFITILLO  
 FECHA : 05/06/2020

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	701.3	698.9
TARA + SUELO SECO (gr)	700.2	697.9
PESO DEL AGUA (gr)	1.1	1
PESO DE LA TARA (gr)	201.3	198.9
PESO DEL SUELO SECO (gr)	498.9	499
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.22	0.20
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.21	


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lic. Mecánica, Materiales y Ensayos de Materiales  
*Lic. Miguel Solar Jara*  
 U.S.P.

## ANEXO 14. DISEÑO DE MEZCLA.

### DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : BACH. TOLENTINO RAMIREZ SERGHY ENRIQUE  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10%  
Y 20% POR LA COMBINACION DE POLVO DE CHORO (AULACOMYA ATRA) Y ARCILLA  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 05/06/2020

#### ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 130 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 dias.

#### MATERIALES

##### A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico ..... 3.10

##### B.- Agua :

- Potable, de la zona.

##### C.-Agregado Fino :

**CANTERA : RUBEN**

- Peso especifico de masa 2.69
- Peso unitario suelto 1478 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1704 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.47 %
- Absorción 1.35 %
- Módulo de fineza 2.89

##### D.- Agregado grueso

**CANTERA : RUBEN**

- Piedra, perfil angular #4
- Tamaño Máximo Nominal 2.83
- Peso especifico de masa 1321 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario suelto 1452 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.21 %
- Absorción 1.09 %

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES  
*Mg. Miguel Solár Jara*



#### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 1" a 2" .

#### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 1" a 2" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de #4 , el volumen unitario de agua es de 216 lt/m<sup>3</sup> .

#### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.900

#### FACTOR DE CEMENTO

F.C.:  $216 / 0.900 = 240 \text{ kg/m}^3 = 5.65 \text{ bolsas / m}^3$

#### VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	240.000	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	232.152	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	1261.24	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	582.173	kg/m <sup>3</sup>

#### PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{240.00}{240.00} : \frac{1261.24}{240.00} : \frac{582.17}{240.00}$$

$$1 : 5.26 : 2.43 : 41.11 \text{ lts / bolsa}$$

#### PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$1 : 5.31 : 2.75 : 41.11 \text{ lts / bolsa}$$

 UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LIS. MIGUEL SOLAR JARA - Encargo de Materiales  
*Mg. Miguel Solar Jara*  
JEFE

**DISEÑO DE MEZCLA**  
( 10% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : BACH. TOLENTINO RAMIREZ SERGHY ENRIQUE  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10%  
Y 20% POR LA COMBINACION DE POLVO DE CHORO (AULACOMYA ATRA) Y ARCILLA  
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
FECHA : 05/06/2020

**ESPECIFICACIONES**

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 130 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

**MATERIALES**

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso especifico ..... 3.10

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

**CANTERA : RUBEN**

- Peso especifico de masa 2.69
- Peso unitario suelto 1478 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1704 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.47 %
- Absorción 1.35 %
- Módulo de fineza 2.89

D.- Agregado grueso

**CANTERA : RUBEN**

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal #4
- Peso especifico de masa 2.83
- Peso unitario suelto 1321 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1452 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.21 %
- Absorción 1.09 %

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Luz. Miguel Solar Jara

#### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 1" a 2" .

#### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 1" a 2" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de #4 , el volumen unitario de agua es de 216 lt/m<sup>3</sup> .

#### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.900

#### VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m <sup>3</sup> )	0.069
2.5% Arcilla+7.5%PC.....	(m <sup>3</sup> )	0.008
Agua efectiva.....	(m <sup>3</sup> )	0.216
Agregado fino.....	(m <sup>3</sup> )	0.467
Agregado grueso.....	(m <sup>3</sup> )	0.205
Aire.....	(m <sup>3</sup> )	0.035
		<u>1.000</u> m <sup>3</sup>

#### PESOS SECOS

Cemento.....	216.00	kg/m <sup>3</sup>
2.5% Arcilla+7.5%PC.....	24.000	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	216.00	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	1255.31	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	580.95	kg/m <sup>3</sup>

#### PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	216.00	kg/m <sup>3</sup>
2.5% Arcilla+7.5%PC.....	24.000	kg/m <sup>3</sup>
Agua efectiva.....	199.87	lts/m <sup>3</sup>
Agregado fino.....	1261.24	kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso.....	582.17	kg/m <sup>3</sup>

#### PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{216.00}{216.00} : \frac{24.000}{216.00} : \frac{1261.24}{216.00} : \frac{582.17}{216.00}$$
$$1 : 0.11 : 5.84 : 2.70 \quad 32.31 \text{ lts / bolsa}$$

## ANEXO 15. COMPRESIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO PATRON.

### COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-PATRON

SOLICITA : BACH. TOLENTINO RAMIREZ SERGHY ENRIQUE  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10%  
 Y 20% POR LA COMBINACION DE POLVO DE CHORO (AULACOMYA ATRA) Y ARCILLA  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 FECHA : 05/06/2020

MATERIAL : LADRILLO ( PATRON)  
 DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 24x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Dimensiones ( cm )			Area Bruta ( cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura ( Kg )	Resistencia a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
PATRON 7 DIAS	24.90	13.80	9.00	343.6	26,700	77.70
PATRON 7 DIAS	24.90	13.90	9.00	346.1	32,330	93.41
PATRON 7 DIAS	24.80	13.80	9.00	342.2	29,880	87.31
PATRON 14 DIAS	24.20	13.40	9.00	324.3	38,934	120.06
PATRON 14 DIAS	24.40	13.50	9.00	329.4	41,510	126.02
PATRON 14 DIAS	24.30	13.60	9.00	330.5	40,970	123.97

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Las Mesas de Suelo y Empleo de Materiales  
 Mg. Miguel Solís Jara  
 JEFE

## ANEXO 16. COMPRESIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 10%

### COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-EXPERIMENTAL - 10%

SOLICITA : BACH. TOLENTINO RAMIREZ SERGHY ENRIQUE  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10%  
 Y 20% POR LA COMBINACION DE POLVO DE CHORO (AULACOMYA ATRA) Y ARCILLA  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 FECHA : 05/06/2020

MATERIAL : LADRILLO ( EXPERIMENTAL)  
 DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 24x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Dimensiones ( cm )			Area Bruta ( cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura ( Kg )	Resistencia a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
EXPERIMENTAL 7 DIAS	24.40	13.40	9.00	327.0	27,680	84.66
EXPERIMENTAL 7 DIAS	24.10	13.60	9.00	327.8	24,980	76.21
EXPERIMENTAL 7 DIAS	24.40	13.80	9.00	336.7	28,740	85.35
EXPERIMENTAL 14 DIAS	24.40	13.80	9.00	336.7	38,980	115.76
EXPERIMENTAL 14 DIAS	24.40	13.80	9.00	336.7	45,360	134.71
EXPERIMENTAL 14 DIAS	24.40	13.80	9.00	336.7	37,760	112.14


**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Lab. Mecánica de Suelos - Ensayo de Materiales  
 Mg. Miguel Solar Jara  
 U.S.P.



## ANEXO 17. COMPRESIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO EXPERIMENTAL 20%

### COMPRESION DE LADRILLO DE CONCRETO-EXPERIMENTAL - 20%

SOLICITA : BACH. TOLENTINO RAMIREZ SERGHY ENRIQUE  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10%  
 Y 20% POR LA COMBINACION DE POLVO DE CHORO (AULACOMYA ATRA) Y ARCILLA  
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH  
 FECHA : 05/06/2020

MATERIAL : LADRILLO (EXPERIMENTAL)  
 DIMENSIONES DE FORMATO (cm) : 24x 13 x 9

Identificación de la Muestra	Dimensiones ( cm )			Area Bruta ( cm <sup>2</sup> )	Carga de Rotura ( Kg )	Resistencia a la Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> )
	Largo	Ancho	Altura			Area Bruta
EXPERIMENTAL 7 DIAS	24.20	13.70	9.00	331.5	29,990	90.46
EXPERIMENTAL 7 DIAS	24.00	13.50	9.00	324.0	26,670	82.31
EXPERIMENTAL 7 DIAS	24.00	13.10	9.00	314.4	21,840	69.47
EXPERIMENTAL 14 DIAS	24.20	13.40	9.00	324.3	40,960	126.31
EXPERIMENTAL 14 DIAS	24.00	13.10	9.00	314.4	34,070	108.37
EXPERIMENTAL 14 DIAS	24.20	13.00	9.00	314.6	38,108	121.13

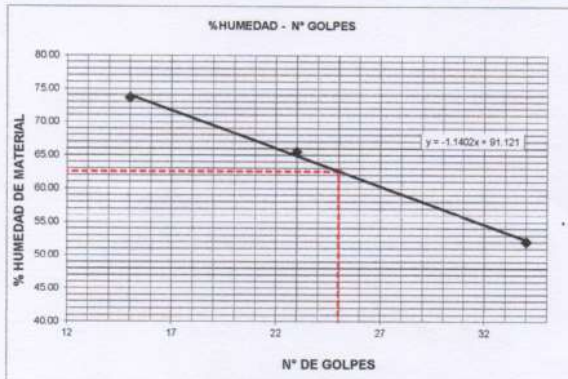
UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LAS INGENIERIAS CIVIL Y DE MINAS Y METALURGIA  
 Mg. Miguel Solar Jara

## ANEXO 18. LÍMITE LIQUIDO Y LIMITE PLÁSTICO.

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

SOLICITA : BACH. TOLENTINO RAMIREZ SERGHY ENRIQUE  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN 10%  
 Y 20% POR LA COMBINACION DE POLVO DE CHORO (AULACOMYA ATRA) Y ARCILLA  
 MUESTRA : ARCILLA  
 LUGAR : CAJABAMBA- CAJAMARCA-CAJAMARCA  
 FECHA : 05/08/2020

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	40.00	38.60	40.80	20.70	22.50	20.90
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	32.50	30.80	31.30	20.50	21.90	20.50
PESO DE LA TARA (gr.)	18.10	18.90	18.40	18.60	19.00	18.20
PESO DEL AGUA (gr.)	7.50	7.80	9.50	0.20	0.60	0.40
PESO SUELO SECO (gr.)	14.40	11.90	12.90	1.90	2.90	2.30
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	52.08	65.55	73.64	10.53	20.69	17.39
Nro. DE GOLPES	34	23	15	16.20		



LIMITE LIQUIDO  
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)  
LL : % 62.62

LIMITE PLASTICO  
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)  
LP : % 16.20

INDICE DE PLASTICIDAD  
ASTM D-438  
IP : % 46.41

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
Facultad de Ingeniería  
Los Mochis, Arequipa y Enlayo de Maricopa  
*Miguel Solar Jara*