



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Resistencia a la Compresión del Mortero, Sustituyendo al
Cemento en un 20% Y 25% por Arcilla, Chimbote-2021.”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Ruestas Bardalez, John Steve (ORCID: 0000-0002-1056-418X)

ASESOR:

Ing. Mg. Monja Ruiz, Pedro Emilio (ORCID: 0000-0002-4275-763X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

CHIMBOTE - PERÚ

2021

Dedicatoria

El presente trabajo lo dedico principalmente a Dios, porque me brindó la fortaleza de seguir adelante en mi formación profesional y a pesar de las adversidades de la vida, seguir adelante hasta culminar este proyecto de investigación.

A mis padres, por sembrar valores en mi persona los cuales me ayudaron a siempre ir por el camino correcto y aportar en el crecimiento de nuestra sociedad. A mi esposa e hijos por darme la fuerza de seguir adelante y no rendirme nunca.

A todos los docentes que han pasado a lo largo de mi formación profesional, los cuales me han transmitido conocimientos que me servirán para toda mi vida profesional.

El Autor

Agradecimiento

Le agradezco a Dios por darme la bendición y la guía para poder llegar a cumplir este primer y gran objetivo de mi vida profesional.

Le agradezco a mi familia, por siempre estar cuando los necesité, y por formar parte de mi crecimiento personal y profesional.

Agradezco a la universidad que me brindó docentes de calidad que contribuyeron a mi formación profesional.

Gracias a mi asesor el Ing. Mg. Monja Ruiz, Pedro Emilio, que me brindó su apoyo y su guía para poder culminar este trabajo de investigación.

El Autor.

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	12
3.1. Tipo y diseño de investigación	12
3.2. Variables y operacionalización	13
3.3. Población, muestra y muestreo	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Procedimientos	15
3.6. Método de análisis de datos	16
3.7. Aspectos éticos	17
IV. RESULTADOS	18
V. DISCUSIÓN	31
VI. CONCLUSIONES	34
VII. RECOMENDACIONES	35
REFERENCIAS	36
ANEXOS	38

INDICE DE TABLAS

Tabla N°01: Composición química del cemento.	9
Tabla N°02: Desagregado de componentes químicos del cemento en porcentaje.	10
Tabla N°03: Granulometría de arena gruesa.	10
Tabla N°04: Requisitos para agua de mezcla.	11
Tabla N°05: Matriz de operacionalización de variables.	38
Tabla N°06: Composición elemental de la arcilla, en % de masa.	20
Tabla N°07: Peso específico de materiales.	22
Tabla N°08: Estudio y análisis de PH.	22
Tabla N°09: Características del agregado fino.	23
Tabla N°10: Dosificación De Materiales Utilizado Para Calcular La Fluidez del mortero patrón.	23
Tabla N°11: Determinación de Fluidez para cada tipo de diseño experimental del mortero patrón.	24
Tabla N°12: Requerimiento de agua de los morteros Patrón y experimental.	24
Tabla N°13: Dosificación del mortero patrón y experimental.	25
Tabla N°14: Resistencia del mortero patrón a los 3, 7 y 28 días.	25
Tabla N°15: Resumen de ensayo de mortero experimental con sustitución al cemento en 20% por arcilla, en 3, 7 y 28 días.	26
Tabla N°16: Resumen de ensayo de mortero experimental con sustitución al cemento en 25% por arcilla, en 3, 7 y 28 días.	26
Tabla N°17: Resumen de resistencias a la compresión de morteros patron y experimental, según días de curado.	27
Tabla N°18: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de los cubos de mortero.	28
Tabla N°19: Cálculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencias medias de los cubos de mortero son diferentes.	28

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Curva de pérdida de masa, análisis térmico gravimétrico.	10
Gráfico 02: Curva Calorimétrica.	19
Gráfico 03: Espectro de FRXDE de arcilla calcinada.	21

Resumen

El presente proyecto de investigación tuvo por objetivo determinar el efecto de la sustitución del cemento en un 20% y 25% por arcilla de Cuscuden, San Pablo –Cajamarca en la resistencia de un mortero convencional.

Fue una investigación explicativa de diseño experimental, se elaboraron 27 moldes de mortero, nueve para cada tratamiento. Se utilizó la técnica de la observación y como instrumentos, los formatos de laboratorio. Se determinará la resistencia a los 3,7 y 28 días de curado, los datos serán procesados en Excel. Después de realizar los ensayos a la compresión a las unidades de mortero con cemento sustituido por arcilla. Se espera conseguir resultados por encima o igual a las normas establecidas.

Las propiedades fundamentales y más importantes de la arcilla para esta investigación son: sílice, aluminio y calcio que son componentes de gran importancia para obtener buenos resultados en lo que referimos a resistencia. De comprobarse como positiva la resistencia será de mucha importancia en la ingeniería civil debido a que la arcilla es un material abundante en nuestro territorio, y que se puede utilizar como aditivo en la creación de una nueva resistencia del Mortero.

Este proyecto de investigación aportará y beneficiará a la comunidad debido al fácil uso de este diseño, además será un gran logro para la ingeniería y la construcción ya que se estará creando un nuevo tipo de mortero.

Palabras Clave: Resistencia a compresión, mortero, arcilla.

Abstract

The objective of this research project is to determine the effect of the replacement of cement by 20% and 25% by clay from Cuscuden, San Pablo - Cajamarca on the resistance and permeability of a conventional mortar.

It is an explanatory research of experimental design in randomized complete blocks, 27 mortar molds will be elaborated, nine for each treatment. The technique of observation will be used and the technical files as instruments. Resistance and permeability will be determined after 3.7 and 28 days of curing, the data will be processed in Excel.

After performing the compression tests and permeability to the mortar units with cement replaced by clay. It is expected to achieve results above or equal to the established standards.

The fundamental and most important properties of clay for this research are: silica, aluminum and calcium which are very important components to obtain good results in what we refer to resistance.

If tested as positive resistance will be of great importance in civil engineering because clay is an abundant material in our territory, and that can be used as an additive in the creation of a new Mortar resistance.

This research project will contribute and benefit the community due to the easy use of this design, it will also be a great achievement for engineering and construction since it will be creating a new type of mortar.

Keywords: Compressive Strength, mortar, Clay.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad debido al alto costo que resulta realizar una construcción de una vivienda con elementos convencionales, se elaboran morteros de bajas resistencias, generando como consecuencia daño a las construcciones.

En nuestro país no se tiene el dato exacto de estructuras con un revestimiento de mortero pobre, por ello los aditivos han sido componentes importantes e integrales del mortero, todo esto además con la adición de nuevas alternativas como son los aditivos han ayudado a obtener morteros, no solo con buena trabajabilidad, sino que también con propiedades mecánicas que permite una mayor durabilidad del mortero.

El principal problema que se tiene es que desde hace varios años se vienen usando morteros y al no haber tenido un control adecuado de la durabilidad característica a compresión, no se posee el conocimiento de cómo actuarían frente a un presunto sismo a ocurrir y los posibles daños que estos traerían a la edificación (Arrieta, 2012, p 3).

Durante mucho tiempo la ingeniería se ha enfocado a realizar edificaciones que funcionen estructuralmente, y lo que se busca es una equivalencia entre la resistencia y la economía, para esto es necesario utilizar materiales, de bajo costo, pero con las mismas propiedades, a fin de poder garantizar la resistencia de la edificación. Otro factor es la contaminación que genera la producción al transformar el Clinker a cemento, en este proceso se utilizan aditivos para superar muchas de sus propiedades y así lograr una mejor resistencia para los diferentes elementos estructurales pero estos aditivos causan una fuerte contaminación ambiental.

Por lo antes indicado, se establece el **problema**, ¿Cómo influye la arcilla, en la resistencia del mortero al sustituir al cemento en un 20% y 25% Chimbote – Ancash - 2021?

Ante esta interrogante, se puede **justificar** que esta investigación es un aporte teórico, que permitirá determinar si la resistencia a compresión del mortero mejorará si se sustituye un porcentaje de cemento por arcilla, así mismo el objetivo es reducir el impacto al medio ambiente que obtiene la producción del cemento. Y a la vez minimizar los costos a la propia fabricación del mortero. Además, como consecuencia de sustituir cemento por arcilla en un 20 y 25, proveniente de Cuscuden-San Pablo-

Cajamarca. Se espera incentivar al estudio de este agregado para poder emplearlo no solo en morteros sino también en concretos de diferentes resistencias y de esa manera poder explotar nuestros recursos naturales, por ende, reducir la producción excesiva del cemento y su efecto contaminante a nivel mundial.

Además de comprobarse esta investigación servirá como un gran aporte en términos científicos orientados a la Ingeniería Civil, ya que se demostraría que la arcilla natural de Cuscuden, puede reemplazar en un gran porcentaje al cemento para fabricar un mortero o concreto, con sus mismas características estructurales.

Proponiéndose para el presente estudio el **objetivo general**: Determinar la resistencia del mortero al sustituir al cemento en 20% y 25% por arcilla Chimbote – Ancash - 2021.

Y como objetivos específicos: Determinar el grado de temperatura necesaria para la calcinación de la arcilla mediante ATD, determinar los elementos químicos de la arcilla por medio de un ensayo de fluorescencia, determinar el PH de la arcilla sola y con la mezcla de cada uno de los diseños, determinación de la relación agua-cemento del mortero patrón y sustituido, definir la resistencia de los morteros patrón y experimentales a los 3,7 y 28 días y hacer una comparación de resultados.

Entonces **la hipótesis** se plantea como: “La resistencia a la compresión del mortero aumentará significativamente al sustituir al cemento en un 20 % y 25 % por arcilla-Chimbote - Ancash - 2021”.

II. Marco Teórico:

Se obtuvieron los siguientes antecedentes:

En el ámbito internacional; MUÑOZ, C. (España 2015). Estudia las “Propiedades físicas y durabilidad de morteros aligerados con arcilla expandida y agregados con áridos reciclados”. Indica que antiguamente (20 a.C.). La mezcla de hormigón estaba compuesta de piedra pómez, cemento puzulánico. Y concluye que, el diseño de mezcla mixta incrementa en las propiedades mecánicas entre el 144% y 175%. Los valores indicados no existen relación con las cargas axiales con el mortero usado, habiendo solo diferencias de 85.47 y 71.68 KN siendo notable la diferencia de resistencia mecánica. En la rotura de probetas testigo alcanzaron una resistencia a compresión del concreto de 39.90 N/mm² mientras que el mortero con árido reciclado llegó a una resistencia de 13.14 N/mm². Por lo tanto, el mortero con adición no determina la carga final de la rotura.

Valera, L. (Cuba 2017) en su investigación titulada “Evaluación de la adición al cemento portland ordinario de un por ciento de arcilla calcinada-caliza-yeso en morteros de albañilería” Su objetivo fue evaluar el comportamiento de la adición del LC2 en las propiedades del mortero de albañilería según las especificaciones de la NC 175:2002, para ello elaboró 36 moldes de cubos de mortero los cuales los sometió a ensayos de compresión y obtuvo como resultados para el mortero patrón (M1) la resistencia fue de 7.64 Mpa (dosificación 0:1:5:1). El mortero experimental (M2) la resistencia fue de 4.8 Mpa (dosificación 0.5:0.5:5:1). Para el mortero experimental (M3) la resistencia fue de 25.8 Mpa (dosificación 0:2:5:0). Y para el mortero experimental (M4) la resistencia fue de 6.83 Mpa (dosificación 1.5:0.5:5:1). Concluyendo que la dosificación de la muestra 3 supera ampliamente a la muestra del mortero patrón.

Paulina, V., Carla C. (Ecuador 2018) La investigación denominada “Uso de residuos cerámicos como sustituto del cemento para fabricación de morteros” su objetivo fue evaluar el comportamiento del mortero patrón sometido a una fuerza de compresión, comparándolo con un mortero experimental en combinación con cerámica triturada (3%, 5%, 7%,10%, 15%) en reemplazo del cemento. Obteniendo como resultados a los 28 días 35.16 Mpa, 36.07 Mpa, 36.01 Mpa, 36.55 Mpa, 31.01 Mpa. Superando al mortero patrón que obtuvo un valor de 34.33 Mpa. Se llegó a la conclusión que la mayor resistencia, obtuvo el mortero con sustitución al 10%,

finalmente se concluyó que el uso de este tipo de materiales, es una buena alternativa para reducir costos sin perder resistencia en los morteros de cemento.

Suarez, W. (Ecuador 2019) en su investigación titulada “Aplicación de la arcilla expandida (arlita) como reemplazo parcial de los áridos en mezclas de hormigón para elementos estructurales en la construcción” su objetivo fue estudiar la reacción mecánica del hormigón utilizando diferentes porcentajes de arcilla expandida y así determinar la factibilidad de este agregado sometándolo a diferentes pruebas de materiales para verificar el comportamiento sometidos a esfuerzos de compresión y flexión en los elementos estructurales a ser utilizados. Este estudio concluyó que el uso de esta alternativa, puede significar un ahorro de hasta el 56% del costo normal. Y que además favorece la composición estructural de la composición del hormigón.

En el ámbito nacional; Julián et. al. (Chimbote 2015), llamó a su investigación: "Resistencia de nuevos materiales para sustituir el cemento en concreto". Su objetivo fue, calcular la resistencia del concreto al someterla a compresión. La metodología para realizar esta investigación, tuvo como procedimiento, triturar la concha de abanico, el vidrio reciclado y las hojas de bambú y posteriormente calcinarlo a 900°C para el caso de la concha de abanico y 600°C para la hoja de bambú, para activar sus propiedades puzolánicas. Se realizaron 36 probetas para someterlos a compresión a los 3,7 y 28 días con un reemplazo del cemento de 5%, 10% y 15%. Los mejores resultados se obtuvieron con un nivel de sustitución de 5%, 10% y 10% de concha de abanico, hojas de bambú y vidrio reciclado respectivamente. Se concluyó que la mejor resistencia y trabajabilidad es la sustitución del 5% de concha de abanico, que aumentó su resistencia de 230.00 Kg/cm² a 290.00 Kg/cm².

Vásquez (Chimbote 2016). En su investigación titulada “Resistencia en concreto con cemento sustituido en un 5% y 7% por arcilla de Carhuaz-Ancash”, Su objetivo fue definir la resistencia del concreto al someterla a compresión $f'c=210$ kg/cm², Al sustituir al cemento 5% y 7% por arcilla de San Miguel de Aco - Carhuaz – Ancash, para el cual se realizaron 27 moldes (probetas) de concreto; 9 del concreto patrón, 9 con el 5% de cemento sustituido por arcilla y 9 con el 7% de cemento sustituido por arcilla. Al sustituirse el cemento en un 5% se obtuvieron resultados de $f'c=171.57$ Kg/cm², $f'c=193.68$ Kg/cm², $f'c=227.01$ Kg/cm², en 7, 14 y 28 días

respectivamente. Y en un 10% se obtuvieron resultados de $f'c=203.43 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c=219.11 \text{ Kg/cm}^2$, $f'c=240.24 \text{ Kg/cm}^2$, en 7, 14 y 28 días respectivamente. Se llegó a la conclusión que la mayor resistencia que obtiene el concreto en con la sustitución del 7% de arcilla.

Hernández, T. (Chimbote 2018), realizó el estudio que tuvo como título “Resistencia de concreto con cemento sustituido parcialmente al 15% por arcilla de Cuscuden – san pablo (Cajamarca) con 5% de cenizas de conchas de abanico”, su objetivo fue, utilizar arcilla extraída de la zona de Cuscuden y la concha de abanico que fue adquirida en la ciudad de Chimbote la metodología utilizada fue estos dos componentes fueron calcinados a temperaturas de 540°C para la arcilla y 900°C . la población y muestra fue de 18 cubos, 9 de mortero patrón y 9 de mortero experimental con 15% más 5% de la sustitución de ceniza de concha de abanico. Estos cubos fueron sometidos a compresión a los 7 días, 14 días y 28 días. Se obtuvo como resultados 115.25 Kg/cm^2 , 143.17 Kg/cm^2 , 174.79 Kg/cm^2 respectivamente. La conclusión más relevante fue que el mortero patrón superó en resistencia al mortero experimental debido al alto contenido de aluminio en el ambiente y por la relación agua cemento que fue mayor al del mortero patrón.

Nieto, A. (Chimbote 2018), su investigación titulada “Resistencia en concreto con cemento sustituido al 4 %, 6 % y 8 % por arcilla activada de Yacya – Huari”. Señala que al reemplazar cemento por los porcentajes de arcilla activada para un diseño de mezcla, se obtuvo como resultado lo siguiente: se realizaron ensayos de compresión a los 28 días de curado, se obtuvieron resistencias de 219.45 Kg/cm^2 al mortero patrón, 225.79 kg/cm^2 al sustituir el 4%, 238.28 kg/cm^2 al sustituir 6% y 248.33 kg/cm^2 con la sustitución de 8%. Se llegó a la conclusión que, al incrementar el porcentaje de arcilla, la resistencia del mortero también incrementa.

Lozano, R. (Chimbote 2018) en su investigación titulada “Resistencia a la compresión y absorción de un mortero sustituyendo el cemento por 36% de arcilla activada de Acopampa - Carhuaz y 12% de concha de abanico”, la finalidad fue obtener la resistencia del mortero sometida a compresión, sustituyendo al cemento por 36% 12% de arcilla y concha de abanico respectivamente. Se elaboró 18 cubos de mortero para realizar los ensayos a los 7 días, 14 días y 28 días. Los resultados

obtenidos en el mortero patrón fueron a los 3 días, la resistencia obtuvo un valor de 166.34 kg/cm², 234.32 kg/cm² en 7 días y 406.11 kg/cm² en 28 días. En el mortero experimental se obtuvo valores de 71.8 Kg/cm², 137.7Kg/cm² y 281.6Kg/cm² en los 7 días, 14 días y 28 días, respectivamente. Concluyendo que a pesar que la resistencia que obtuvo el mortero experimental tuvo un valor menor respecto al patrón, los resultados están dentro de lo establecido y cumple con la resistencia mínima.

Coveñas, C., Haro, A. (Chimbote 2019), en su investigación “Resistencia a la compresión de un concreto $f'_c=210$ kg/cm² al sustituir porcentajes de cemento por la combinación de arcilla con ceniza de concha de abanico, Chimbote 2019” en esta investigación se realizaron probetas patrón, que obtuvieron resultados de resistencia de 216.3 Kg/cm² en 28 días. Las muestras de probetas experimentales con 10% y 5% de arcilla y ceniza de cocha de abanico, obtuvieron resistencias de 225.5 Kg/cm², y la muestra experimental de probetas con 10% de arcilla y 10% de ceniza de concha de abanico, obtuvieron resistencias de 205.7 Kg/cm². Se concluye que la resistencia superior fue con el reemplazo del cemento en 10% y 5% de arcilla y de ceniza de concha de abanico.

Alvarado, M. (Huaraz 2019), en su investigación titulada “Resistencia a la compresión de un concreto sustituyendo al cemento en 12% y 20% por la combinación de cáscara de huevo y arcilla”, su objetivo fue determinar la resistencia del concreto al sustituir 12% y 20% de cascara de huevo y arcilla. Para ello elaboró 27 probetas, las cuales fueron divididas en 9 para muestra patrón, 9 para muestra experimental al 12% (Cascara de huevo + Arcilla) y 9 muestras experimentales con 20% (Cascara de huevo + Arcilla), fueron sometidos a compresión a los 7 días, 14 días y 28 días. Los resultados obtenidos a los 28 días para el mortero patrón fueron de 218.00 Kg/cm². Mientras que el mortero experimental con la adición del 12% a los 28 días, consiguió una resistencia de 217.8 Kg/cm². y que la resistencia del mortero al sustituir 20%(Cascara de huevo + Arcilla) fue de 166.6 Kg/cm². Se concluyó que el valor que se asemeja al mortero patrón fue con la sustitución del 12%.

Arce, C., Ramírez, S. (Moyobamba 2019), en su investigación titulada “Elaboración de bloques de concreto ligero adicionando arcilla expandida para mejorar la resistencia a la compresión, Moyobamba, 2019” tuvo como objetivo el elaborar

bloques de concreto ligero adicionando un 25%,35% y 45% de arcilla para obtener una mejor propiedad de la mezcla. Y los resultados a la compresión fueron que el bloque de mortero patrón obtuvo 80.13 Kg/cm² en 21 días, la muestra experimental de 35% de sustitución tuvo una resistencia de 81.79 Kg/cm². Se llegó a la conclusión que el porcentaje óptimo de adición es de 35%.

Teorías Relacionadas

El mortero es la combinación de arena, agua y cemento Portland u otros. Por lo general es utilizado en trabajos de albañilería como es el asentado de muros y tarrajeo de paredes. El cemento utilizado en los morteros, sirve como material aglomerante.

El mortero se define como una mezcla de un material cementante, que se mezcla con el agregado grueso o fino y se adiciona agua para su mejor trabajabilidad y si lo requiere se agrega aditivos, para algún fin específico. Se podría decir que es un hormigón que no contiene agregado grueso. (Salamanca, 2012, p. 115).

Según sus composiciones, existen diferentes tipos de morteros. Tales como:

Morteros calcáreos: son los que el aglomerante, está compuesto con cal.

Morteros de yeso: su elaboración está compuesta de sal hidratada, tiene como característica un fraguado más rápido.

M. de cemento y cal: presentan una trabajabilidad muy buena, tienen una retención de agua muy optima, y una óptima resistencia, para este tipo de morteros, se reemplaza una parte del cemento por cal.

Morteros de cemento: se caracterizan por sus altas resistencias y mayormente son utilizados en albañilería estructural, como son muros de contención o cimientos.

Este tipo de morteros, se caracterizan por sus altas resistencias y su trabajabilidad está en función a la dosificación de cemento y arena.

Las propiedades de la arena, como el módulo de fineza, granulometría, forma y textura de los granos, como también la contaminación del material, son muy importantes para determinar su calidad. (Salamanca, 2012, pág. 116).

Propiedades del mortero en estado plástico:

Manejabilidad: es la forma en cómo se puede medir la facilidad de manipular la mezcla, está en función de la consistencia de la mezcla ya sea en estado fresco o seco. Además, en la dosificación de cemento y arena, y además del módulo de finura

del agregado. (Salamanca, 2012, pág. 119).

Se puede medir la trabajabilidad mediante un ensayo de fluidez (ASTM C-230) y (MTC E 617-2000).

Retención de agua: se define como la propiedad que ofrece el mortero al mantenerse en estado plástico, cuando este queda en contacto con la superficie de colocación.

Esta propiedad influye en la rapidez de endurecerse y obtener su resistencia final, pues si no retiene agua el mortero, no permitirá que el cemento se hidrate.

(NTP 334.057).

Velocidad de endurecimiento: El tiempo en que demora el fraguado de una mezcla varía de 2 a 24 horas, según la dosificación, como también el clima y la humedad del ambiente (Salamanca, 2012, pág. 120).

Propiedades del mortero en estado endurecido:

Retracción: Es el acortamiento que el mortero experimenta cuando está en proceso de secar y endurecer, ocurre debido a la pérdida de evaporación del exceso de agua en la mezcla.

Adherencia: Es la propiedad de absorber tensiones normales y tangenciales a cualquier superficie en la que es colocada el mortero.

Para el uso en albañilería, la superficie donde se colocará el mortero debe ser rugosa y con alto porcentaje de absorción, casi igual a la del mortero.

Resistencia: es la propiedad que le permite al mortero resistir fuerzas a compresión. (NTP 334.051)

Durabilidad: Es la propiedad que ofrece el mortero ante situaciones externas tales como, abrasión, temperaturas bajas, eflorescencias, penetración de agua, fuerzas térmicas, agentes corrosivos, etc. Sin que se vea deteriorado su condición físico-químico.

Para obtener una mezcla de mortero es necesaria combinación de los siguientes elementos:

Cemento:

Está compuesto por una mezcla de arcillas y calizas calcinadas y molidas a niveles muy finos, su característica más relevante es que tiende a endurecerse al estar en

contacto con el agua. Esta combinación de calizas con arcilla se llama Clinker, y al agregarle yeso, se convierte en cemento, el cual permite a la mezcla fraguar y endurecerse. Su composición química es la siguiente:

Tabla 01: Composición química del cemento

%	COMPONENTE QUIMICO	PROCEDENCIA USUAL
95%	Óxido de calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Óxido de Silice (CaO ₂)	Areniscas
	Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
	Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	
5%	Óxido de Magnesio, sodio, potasio, titanio, azúfre, fósforo y magnesio	Arcillas, mineral de hierro, pirita.

Fuente: Tópico de tecnología del concreto de Enrique Pascal.

Elaboración: Propia.

Tipos de Cementos:

- Tipo I, son usados en construcciones generales o comunes que no necesiten propiedades especiales.
- Tipo II, su uso es general y para cuando se requiere que la mezcla tenga una resistencia a los sulfatos.
- Tipo III, Se utiliza para resistencias mayores.
- Tipo IV, se utiliza para altas temperaturas.
- Tipo V, es usado para zonas marinas o nivel de sulfatos altos.

El cemento que se empleó para éste estudio fue el cemento Portland tipo I.

Tabla 02: Desagregado de componentes químicos del cemento en porcentaje.

Componentes	Cemento Pacasmayo Tipo I
Cal Combinada: CaO	62.5%
Sílice: SiO ₂	21.0%
Alumina: Al ₂ O ₃	6.5%
Hierro: Fe ₂ O ₃	2.5%
Óxido de Azufre: SO ₃	2.0%
Cal Libre: CaO	0.0%
Magnesio: MgO	2.0%
Perdida al fuego: P.F	2.0%
Residuo insoluble: R.I	1.0%
Álcalis: Na ₂ O + K ₂ O	0.5%

Fuente: Tópico de tecnología del concreto de Enrique Pascal.

Elaboración: Propia.

El agregado fino deberá estar libre de materia orgánica y sulfatos, y tendrán las siguientes características.

Tabla 03: Granulometría de arena gruesa.

GRANULOMETRÍA DE A ARENA GRUESA	
Malla ASTM	% que pasa
N° 4 (4.75 mm)	100
N° 8 (2.36 mm)	95 a 100
N° 16 (1.18 mm)	70 a 100
N° 30 (0.60 mm)	40 a 75
N° 50 (0.30 mm)	10 a 35
N° 100 (0.15 mm)	2 a 15
N° 200 (0.075 mm)	Menos de 2

Fuente: Norma Técnica Peruana 399.607

Elaboración: Propia.

Propiedades físicas:

Los agregados que se empleará en la mezcla de mortero, obligatoriamente obedecerá los parámetros de calidad de acuerdo a las especificaciones técnicas normadas.

El peso unitario está en función de la característica de los agregados. Por ejemplo, la granulometría, el módulo de fineza, etc.

El peso específico, es la relación dada por el peso del material y el volumen, es un valor muy necesario para poder determinar la dosificación de la mezcla y para poder comprobar la propiedad del agregado.

Tabla 04: Requisitos para agua de mezcla - NTP 339.088

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

Fuente: Norma Técnica Peruana 339.088

Elaboración: Propia.

AGUA DE CURADO

Sirve para la hidratación eficiente del cemento. Este trabajo que depende de la humedad del ambiente, ya que cuando la humedad del medio ambiente es menor, la evaporación de la pasta ocurre con mayor velocidad.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación

Tipo de investigación

Esta investigación fue de tipo aplicada debido a que se utilizó conocimientos existentes y explicativos porque es posible explicar el porqué del fenómeno ocurrido en la fase experimental.

“Según (Rodríguez 201, Pg. 37.) La finalidad está en la aplicación directa de un conocimiento que su finalidad es aumentar su corpus teórico, como ensayo de sus posibilidades prácticas en el plano de la acción.” En este sentido, se está buscando lograr un mortero de albañilería que cumpla con las propiedades mínimas del reglamento y a su vez reducir la contaminación generada por la producción del cemento a nivel mundial.

Diseño de la investigación

Santa Paella y Feliberto Martins (2010), indican al diseño experimental como el medio para que el investigador pueda utilizar una variable no comprobada. Según estos autores, las condiciones deben estar controladas de manera estricta, con el propósito de describir de qué manera y por qué motivo se genera un fenómeno.

Considerando el concepto antes mencionado, nuestro estudio correspondió a un diseño de investigación experimental, en la modalidad cuasi experimental, puesto que la sustitución de 20% y 25% de cemento por arcilla a grupos de especímenes con números iguales de cubos, con el fin de analizar el efecto que la adición de finos de arcilla tiene sobre la resistencia del mortero. Para poder denotar diferencias entre un grupo y otro, se estableció un grupo de mortero al que no se le suministró la arcilla como adición de finos, definiendo a éste como grupo patrón, y grupo control, aquellos grupos que contienen adiciones de arcilla según los porcentajes planteados.

3.2 Variables y Operacionalización

La operacionalización de variables muestra e indica de qué manera se han descompuesto y se han medido las variables de la investigación, partiendo de lo general a lo específico. En la matriz de operacionalización se especifica la definición

conceptual y operacional, dimensiones, indicadores y escalas de medición de cada variable en estudio.

3.2.1 Variable Independiente

Porcentaje de arcilla.

3.2.1.1 Definición conceptual:

Material conformado por agregados de silicatos de aluminio hidratados; tiene un color blanco en su estado natural, y en combinación con agua, se obtiene un material plástico que se endurece al someterla a altas temperaturas. "la arcilla es el material más usado en la alfarería" (Pérez P. y Merino., 2015, p 16).

3.2.1.2 Definición Operacional:

Se sustituirá el cemento en un porcentaje del 20% y 25% por arcilla de Cuscuden, San Pablo - Cajamarca.

3.2.1.3 Dimensiones:

Porcentajes de sustitución.

3.2.1.4 Indicadores:

20% y 25%.

3.2.1.5 Escala de medición:

Razón o Proporción.

3.2.2 Variable Dependiente

Resistencia a la compresión.

3.2.2.1 Definición conceptual:

Es el esfuerzo máximo que un material resiste, al someterla a una carga de aplastamiento. (Juárez 2005. Pg. 14).

3.2.2.2 Definición Operacional:

Se elaborará los cubos patrones y experimentales para finalmente determinar la resistencia recogiendo la información en la ficha de laboratorio (protocolo).

3.2.2.3 Indicadores:

Carga, área, Tiempo de curado

3.2.2.4 Escala de medición:

Razón o Proporción.

3.2.3 Matriz de operacionalización de variables.

Ver Tabla N^o 05, Anexo 01: Matriz de operacionalización de variables.

3.3 Población, muestra y muestreo.

Población:

"son todos los elementos de estudio que nos permiten obtener conclusiones ". Levin & Rubin (1996).

La población está conformada por todas las unidades de estudio es decir cubos de mortero de 5 cms. x 5 cms. Tanto patrón y experimental que fueron elaboradas en el laboratorio. Para esta investigación se trabajó con toda la población, que consta de 27 cubos de mortero.

Muestra:

"Es la recolección de ciertos elementos de la población, pero no incluye a todos ". Levin & Rubin (1996).

Esta investigación se utilizó como muestra la misma cantidad que la población a conveniencia del investigador. Se trabajó con toda la población, que consta de 27 moldes de mortero: 9 de mortero patrón, 9 moldes experimentales con sustitución de 20% de cemento por arcilla y 9 moldes experimentales con sustitución de 25% de cemento por arcilla.

La norma NTP 334.051 establece que, los especímenes por cada edad de ensayo, deben ser como mínimo 2, para esta investigación, se trabajara con 3, debido a que los moldes están diseñados para elaborar cubos de morteros de 3 en 3, distribuido de la siguiente manera: Patrón (3 moldes a los 3 días; 3 a los 7 días y 3 a los 28 días). Experimental 20% (3 moldes a los 3 días; 3 a los 7 días y 3 a los 28 días), experimental 25% (3 moldes a los 3 días; 3 a los 7 días y 3 a los 28 días)

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

(Bavaresco 2006. Pg. 95) Precisa que, la investigación no es válida sin una técnica de recolección de datos. Las mismas que conllevan a verificar el problema que se ha planteado. Cada uno de los tipos de investigación establece las técnicas que se debe utilizar y cada una de ellas establece sus instrumentos, herramientas que serán empleados.

Para realizar esta investigación, se usó la técnica de la observación, ya que permite que los procesos sean secuenciales, con la finalidad de que los datos obtenidos reflejen la realidad del estudio.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos:

Rojas Soriano, (1996-197) refiere que los instrumentos para recolectar información, ya sea cualitativa o cuantitativa, que se obtengan en campo, deberán estar justificadas por los objetivos e hipótesis, para esta investigación utilizaremos el siguiente instrumento:

Fichas de Ensayos de laboratorio: característica de materiales, ensayos: Resistencia a la compresión, Adherencia del mortero, Fluidéz, Consistencia, de acuerdo a la NTP.

3.5. Procedimientos

En este proyecto de investigación, se recopiló la información obtenida de los ensayos realizados y posteriormente fue procesada, utilizando un formato de Excel. Para el procesamiento de datos se tuvo en consideración:

Para la arcilla se consideran las siguientes etapas: recolección de la Arcilla, luego es llevado a un proceso de limpieza y lavado, y secado a temperatura ambiente durante 4 días, para luego triturarlo y ser tamizado por la malla N° 200. Posteriormente calcinarlo a una temperatura de 850°C, durante 1 hora, seguidamente tamizarlo por la malla N°200, finalmente el polvo obtenido de arcilla fue llevado a un Análisis por fluorescencia mediante Rayos X, para así obtener sus propiedades iniciales de silicio y aluminio.

La pulverización de la arcilla fue calcinada a 850°C por 1 hora, a fin de obtener sus componentes de silicio (SiO₂) y aluminio (Al₂O₃) a óxido de silicio y óxido de aluminio, que son propiedades puzolánicas.

Una vez realizada la dosificación del mortero, se diseñó una mezcla de mortero patrón en la que la proporción del cemento tendrá 0% de sustitución y se evaluará su resistencia a compresión a los 3 días, 7 días y 28 días de curado; y se determinaron sus valores promedio representados mediante gráficos y tablas.

Luego se diseñaron morteros experimentales en los cuales el cemento fue sustituido por un 20% y 25%, en combinación con arcilla, asimismo se sometieron a prueba de ensayos de compresión a los 3 días, 7 días y 28 días; y se determinaron sus valores promedio representados mediante gráficos y tablas.

Se compararon los resultados obtenidos de los morteros patrón y experimental, y de esta comparación se obtuvo un valor estimado el cual indica a que grado de calcinación, la arcilla activa sus propiedades cementantes.

Para que el vigente tema tenga un desarrollo de resultados y redacción de datos ordenados se opta por usar el siguiente procedimiento de estudio:

- **Recopilación de la información:** Se recolectó la información necesaria de campo, bibliografía, laboratorio y toda información que fue necesaria para el avance de la investigación.
- **Trabajos en campo:** Comprendió la etapa de los trabajos realizados "In Situ" o campo, como por ejemplo la obtención de la arcilla.
- **Etapa de gabinete:** En esta etapa se procesó toda la información obtenida en campo para obtener los resultados, que la investigación requería.

3.6. Método de análisis de datos.

En el análisis de datos se empleó el método ligado a la hipótesis o inferencial, se realizará mediante fórmulas estadísticas como media aritmética, porcentajes gráficos y tablas. Para probar la hipótesis será mediante la T de student.

3.7. Aspectos éticos.

El valor de esta investigación fue óptimo y confiable, para lo cual todos los fundamentos en el cual se basó la información fue obtenida de manera global, siempre teniendo en cuenta la base moral.

Se rigió por el código de ética establecida por la Universidad Cesar Vallejo, según la Ley Universitaria 30220 dada en la resolución de Consejo Universitario N°0126-2017/UCV con fecha 23 de mayo de 2017; en donde aseguraron los principios éticos, bienestar y autonomía en los investigadores. Se tomó consigo los derechos del autor, exteriorizando de manera propia esta investigación, incluyendo a ello la citación de manera correcta según las normas ISO 690. Por ende, se respetó con autenticidad los resultados según lo establecido por la Normas Técnicas ASTM.

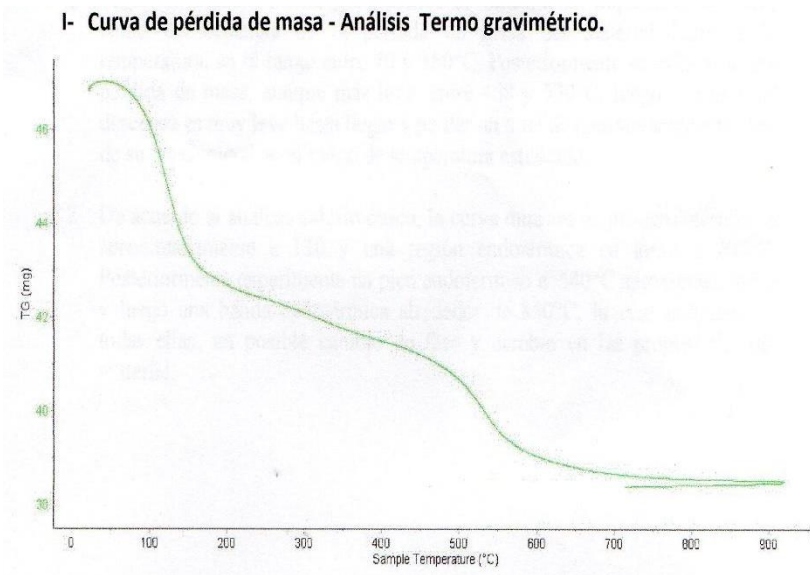
Por eso mismo, uno de los aspectos éticos que se tomó en cuenta es el **respeto** por la autonomía, debido a que a que el autor de la presente investigación estuvo totalmente comprometido con el desarrollo de la misma; por ende, su objetivo final fue llegar a solucionar el problema existente con la propuesta planteada en el proyecto.

Asimismo, se aplica la **beneficencia**, porque los involucrados en el proyecto tendrán una mejor calidad de vida debido al bajo costo de los tarrajeos de sus viviendas.

Por último, se aplica la **justicia**, ya que buscó beneficiar a las poblaciones de bajos recursos de las zonas urbanas marginales.

IV. RESULTADOS

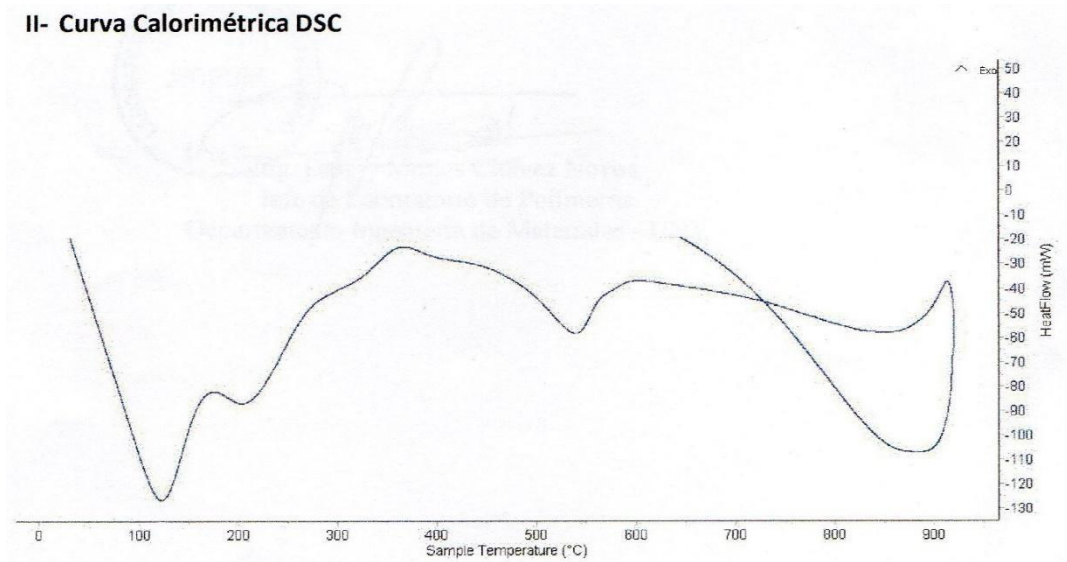
Gráfico N°01: Curva de pérdida de masa, análisis térmico gravimétrico.



Fuente: Departamento Ingeniería de materiales – UNT.
Elaboración: Propia.

En el gráfico 01 se observa un descenso significativo, ocasionado por la pérdida de masa del material al ser sometido a temperatura, en el rango entre 70° y 150°C. Posteriormente se evidencia otra pérdida de masa, aunque más leve, entre 460° y 570°C, luego el ritmo del descenso es muy leve, perdiendo aproximadamente 19% de la masa inicial en el rango de temperatura estudiado.

Gráfico N°02: Curva Calorimétrica.



Fuente: Departamento Ingeniería de materiales – UNT.
Elaboración: Propia.

La curva muestra un pico endotérmico aproximadamente a 120 y una región endotérmica en torno a 200°C. posteriormente experimenta un pico endotérmico a 540°C aproximadamente y luego una banda endotérmica alrededor de 850°C, lo cual indicaría, en todas ellas, que haya un posible cambio de fase y de propiedades del material.

Tabla 06: Composición elemental de la arcilla, en % de masa.

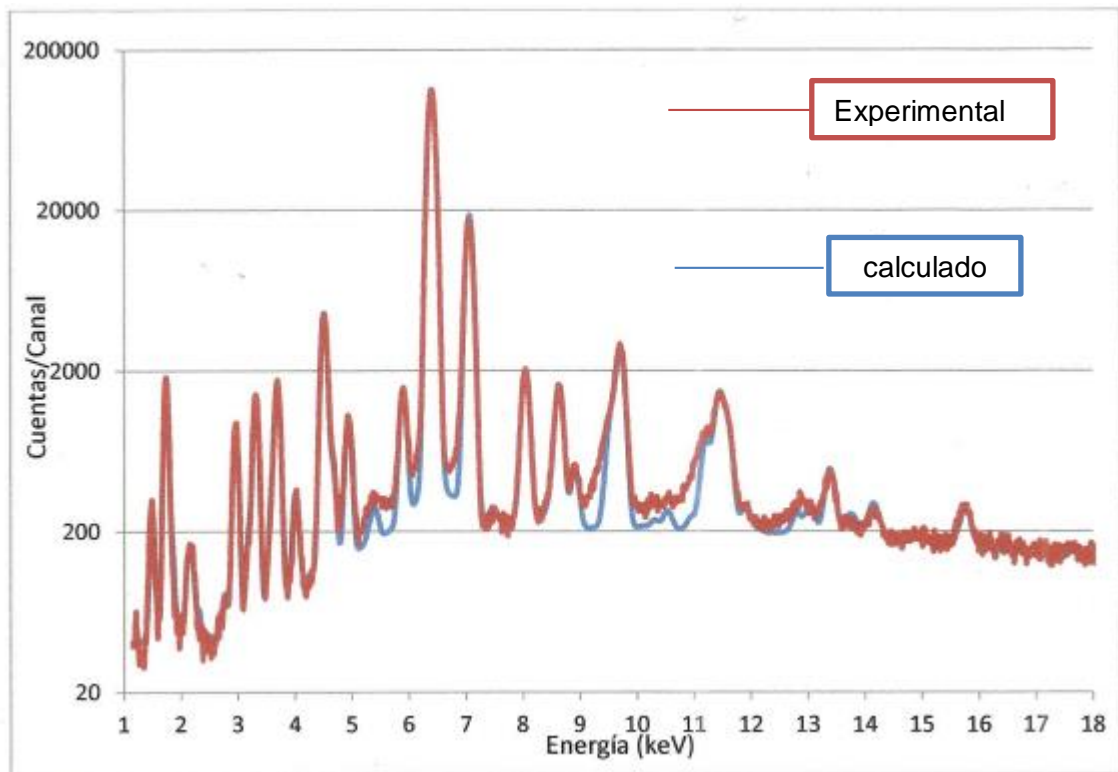
Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	22.723	23.461
SiO ₂	62.119	64.138
SO ₂	0.153	0.158
K ₂ O	0.674	0.696
CaO	0.582	0.601
TiO ₂	1.039	1.073
V ₂ O ₅	0.011	0.011
Cr ₂ O ₃	0.01	0.01
MnO	0.113	0.117
Fe ₂ O ₃	9.21	9.509
Ni ₂ O ₃	0.004	0.004
CuO	0.107	0.11
ZnO	0.071	0.073
As ₂ O ₅	0.005	0.005
BrO ₂	0.004	0.004
Rb ₂ O	0.003	0.003
SrO	0.011	0.011
Y ₂ O ₃	0.001	0.001
ZrO ₂	0.015	0.015
Total	96.853	100.00

Fuente: Laboratorio de arqueometría UNMS.

Elaboración: Propia.

En la tabla 06 se observa la composición que tiene la muestra, en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en el proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es ligeramente menor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos de Na y/o Mg que ésta técnica no puede detectar, y/o diferentes de óxidos y/o hay una diferencia en la calibración del instrumento.

Gráfico 03: Espectro de FRXDE de arcilla calcinada.



Fuente: Laboratorio de arqueometría UNMS.
Elaboración: Propia.

En la Gráfico 3 se muestra el espectro FRXDE de la muestra de arcilla calcinada. 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 del Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico y la energía.

Tabla 07: Peso específico de materiales.

Muestra	Peso Específico
Cemento	3.232
Arcilla	2.415
Cemento + 20% de arcilla	3.121
Cemento + 25% de arcilla	2.922

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos de la USP..

Elaboración: Propia.

De acuerdo a la tabla N°07, el peso específico del cemento, es de 3.232, y de la arcilla sola es un valor más bajo (2.415), pero al sustituir al cemento por arcilla en 20% y 25%, se obtiene un peso específico de 3.121 para la sustitución del 20% y 2.922 para la sustitución del 25%.

Tabla N° 8: Análisis de PH.

Parametro	Método	Valor Obtenido	Muestra
PH	Calorímetro	12.89	Cemento Tipo I
PH	Calorímetro	8.07	Arcilla
PH	Calorímetro	12.76	Cemento + 20% de arcilla
PH	Calorímetro	12.53	Cemento + 25% de arcilla

Fuente: Laboratorio de Físico Químico COLECBI

Elaboración: Propia.

Según el análisis tabla N°08, muestra que el valor de PH de la arcilla, es más bajo que la del cemento al tener un valor de 8.07, pero en combinación con el cemento, en 20% y 25% obtiene valores de 12.76 y 12.53 respectivamente. Asemajándose más la sustitución del 20% de cemento por arcilla.

Tabla 09: Características del agregado fino.

Tipo de Ensayo	Valores
Peso Específico de la Masa	2.732
Absorción	0.47%
Peso Unitario Suelto	1569 K/m ³
Peso Unitario Compactado	1764.89 K/m ³
Humedad Natural	0.43%
Modulo de Fineza	3.43

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos de la USP..

Elaboración: Propia.

La tabla N°09 muestra el valor de cada una de las propiedades del agregado fino, realizado en el laboratorio.

Tabla N°10: Dosificación De Materiales para moldes de 3, 6 y 9 especímenes de mortero patrón.

Materiales	Número de Especímenes		
	3	6	9
Cemento, gr.	250	500	740
Arena, gr.	687.5	1375	2035
Agua (cm ³)	121	242	359
Relación Agua/cemento	0.485		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos de la USP.

Elaboracion: Propia.

La tabla N°10 muestra la dosificación de materiales para realizar una mezcla de mortero patrón en moldes de 3 especímenes, donde resalta el cemento 250 gr, la arena 687.5 gr, el agua 121 gr y la relación agua cemento 0.485.

Tabla N°11: Determinación de la fluidez para los morteros experimentales

	Experimental 20%			Experimental 25%		
Agua gr.	121 gr.	123 gr.	124 gr.	131 gr.	126 gr.	125 gr.
Medida (cm)	11.67	11.76	12.08	13.28	12.23	12.05
Fluidez	14.91%	15.82%	18.85%	30.66%	20.32%	18.60%

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos de la USP.

Elaboración: Propia.

La tabla N°11, muestra el cálculo de la fluidez para cada diseño de mortero experimental, donde la sustitución del 20% obtiene una fluidez del 18.85% y para la sustitución del 25% se obtiene una fluidez del 18.60%.

Tabla 12: Requerimiento de agua de los morteros Patrón y experimental.

Material	Porcentaje de Sustitución	Fluidez	Relación A/C
Patron	0%	16.54	0.485
Cemento + arcilla	20%	18.85	0.496
Cemento + arcilla	25%	18.6	0.5

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos de la USP.

Elaboración: Propia.

La tabla 12 indica una mayor relación de agua-cemento en el mortero experimental del 25% de sustitución, que obtiene un valor de 0.5, seguida del mortero experimental con sustitución del 20% que obtiene un valor de 0.496. esto en comparación del mortero patrón que obtiene un valor de 0.485.

Tabla N°13: Dosificación del mortero patrón y experimental.

Material	Patrón	Experimental 20%	Experimental 25%
Arena/Cemento	2.75	2.75	2.75
Relación A/C	0.49	0.496	0.5
Agregado Fino (gr)	687.50	687.5	687.5
Aglomerante Cemento (gr)	250.00	200	187.5
Arcilla (gr)	---	50	65.5
Agua (gr)	121.00	124	125

Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos de la USP.

Elaboración: Propia.

En la tabla N°13, se muestra la dosificación del mortero patrón y el mortero experimental con sustitución al cemento de 20% y 25 %, donde la relación agua cemento incrementa según el porcentaje de sustitución.

Tabla 14: Resistencia del mortero patrón a los 3, 7 y 28 días.

Patrón	Nº Dias	Peso (gr.)	Fuerza (KN)	Area (cm2)	Resistencia (Kg/cm2)	Resist. Prom. Kg/cm2
Muestra 1	3.00	302.50	56.73	25.00	231.34	
Muestra 2	3.00	301.00	58.90	25.00	240.24	243.75
Muestra 3	3.00	301.20	63.68	25.00	259.68	
Muestra 4	7.00	300.40	75.65	25.00	308.56	
Muestra 5	7.00	303.00	75.23	25.00	306.88	305.55
Muestra 6	7.00	306.00	73.85	25.00	301.20	
Muestra 7	28.00	312.00	89.85	25.00	366.51	
Muestra 8	28.00	304.00	87.85	25.00	356.40	357.71
Muestra 9	28.00	300.00	85.85	25.00	350.21	

Fuente: Laboratorio de materiales de la UNT.

Elaboración: Propia.

La tabla 14 muestra los resultados de resistencia del mortero patrón al someterla a compresión a los 3, 7 y 28 días. Con resultados ascendentes según los días de fraguado.

Tabla 15: Resumen de ensayo de mortero experimental con sustitución al cemento en 20% por arcilla, en 3, 7 y 28 días.

Experimental al 20%	N° Dias	Peso (gr.)	Fuerza (KN)	Area (cm2)	Resistencia (Kg/cm2)	Resist. Prom. Kg/cm2
Muestra 1	3.00	302.00	47.15	25.00	192.32	
Muestra 2	3.00	304.00	42.81	25.00	174.60	184.30
Muestra 3	3.00	306.80	45.60	25.00	185.98	
Muestra 4	7.00	308.00	51.07	25.00	208.32	
Muestra 5	7.00	307.80	50.47	25.00	205.88	205.27
Muestra 6	7.00	308.20	49.43	25.00	201.61	
Muestra 7	28.00	310.00	67.66	25.00	275.98	
Muestra 8	28.00	298.50	64.16	25.00	261.70	268.67
Muestra 9	28.00	300.00	65.79	25.00	268.34	

Fuente: Laboratorio de materiales de la UNT.

Elaboración: Propia.

La tabla 15 muestra los resultados del ensayo al mortero experimental al 20%, con resultados de 184.30 Kg/cm², 205.27 Kg/cm², 268.67 Kg/cm².

Tabla 16: Resumen de ensayo de mortero experimental con sustitución al cemento en 25% por arcilla, en 3, 7 y 28 días.

Experimental al 25%	N° Dias	Peso (gr.)	Fuerza (KN)	Area (cm ²)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resist. Prom. Kg/cm ²
Muestra 1	3.00	311.50	42.28	25.00	172.44	
Muestra 2	3.00	309.00	41.62	25.00	169.77	173.61
Muestra 3	3.00	312.50	43.79	25.00	178.63	
Muestra 4	7.00	320.00	18.37	25.00	187.33	187.97
Muestra 5	7.00	308.00	18.78	25.00	191.48	
Muestra 6	7.00	314.50	18.15	25.00	185.11	
Muestra 7	28.00	313.00	62.68	25.00	255.65	249.35
Muestra 8	28.00	301.50	60.95	25.00	248.60	
Muestra 9	28.00	303.00	59.77	25.00	243.80	

Fuente: Laboratorio de materiales de la UNT.

Elaboración: Propia.

La tabla 16 muestra los resultados del ensayo al mortero experimental al 25%, con resultados de 173.61 Kg/cm², 187.97 Kg/cm², 249.35 Kg/cm².

Tabla 17: Resumen de resistencia a la compresión de morteros patrón y experimental, según días de curado.

Muestra	3 días	7 días	28 días
	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
Patrón	243.75	305.55	357.71
Experimental al 20%	184.3	205.27	268.67
Experimental al 25%	173.61	187.97	249.35

Fuente: Laboratorio de materiales de la UNT.

Elaboración: Propia.

En la tabla 17 se puede apreciar que la resistencia a la compresión de los cubos de mortero va creciendo gradualmente en función al tiempo de curado.

Tabla 18: Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de los cubos de mortero.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Arcilla	16,865,346	2	8,432,673	46,083	,002
Días de curado	12,872,929	2	6,436,465	35,174	,003
Error	731,953	4	182,988		
Total	30,470,228	8			

Fuente: Laboratorio de materiales de la UNT.

Elaboración: Propia.

En la tabla 18 se observa que para la sustitución de un porcentaje de cemento por arcilla un $p\text{-value} < \alpha$ menor a 0.05, también se tienen que para los días de curado el $p\text{-value} < \alpha$ es menor a 0.05.

Tabla 19: Cálculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencias medias de los cubos de mortero son diferentes.

Sustitución	Sub conjunto para alfa = 0,05	
	1	2
25%	2,036,433	
20%	2,194,133	
0%		3,023,367

Fuente: Laboratorio de materiales de la UNT.

Elaboración: Propia.

0%	302,3367 a
20%	219,4133b
25 %	203,6433 c

En la tabla 19, la prueba Duncan demuestra que la mayor resistencia a esfuerzo de compresión corresponde al mortero patrón, seguido de los cubos con 20% de arcilla y esta última se considera significativamente similar a la resistencia cuando se adiciona 25% de arcilla.

V. DISCUSIÓN

Para la calcinación de la arcilla se realizó un análisis térmico diferencial (ATD) teniendo como resultado en un cambio de fase en 850°C, teniendo este resultado, también tomamos nuestros antecedentes donde Nieto, A. (Chimbote 2018), su investigación titulada “Resistencia en concreto con cemento sustituido al 4 %, 6 % y 8 % por arcilla activada de Yacya – Huari”, en su investigación calcinaron la arcilla tipo Montmorillonita a un grado de 550°C en un tiempo de 1 hora, así mismo tomamos por decisión calcinarlo a esta temperatura. También Lozano, R. (Chimbote 2018) en su investigación titulada “Resistencia a la compresión y absorción de un mortero sustituyendo el cemento por 36% de arcilla activada de Acopampa - arhuaz y 12% de concha de abanico”, obtuvo resultados de calcinación de calcinación de la arcilla a 800°C y 900°C en un tiempo de 1 hora.

En cuanto al análisis químico de fluorescencia nos dio un resultado de (AlO₃) 23.46% y (SiO₂) 64.13%, resultados favorables, que corroboran un grado de calcinación adecuada. Se pudo observar que la arcilla es un material cementante puesto que las sumas de sus componentes químicos superan al 70% del porcentaje total. Del mismo modo Coveñas, C., Haro, A. (Chimbote 2019), en su investigación “Resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm² al sustituir porcentajes de cemento por la combinación de arcilla con ceniza de concha de abanico, Chimbote 2019. Tiene como resultados en análisis de fluorescencia de su arcilla (AlO₃) 32.65% y (SiO₂) 54.58%, lo cual hace que su arcilla contenga propiedades cementantes. También Alvarado, M. (Huaraz 2019), en su investigación titulada “Resistencia a la compresión de un concreto sustituyendo al cemento en 12% y 20% por la combinación de cáscara de huevo y arcilla” su resultado de calcinación de la arcilla estuvo compuesto con un 61.428 de 69 óxido de silicio (SiO₂), estos componentes de óxido de calcio y silicio generaron un elemento llamado silicato dicálcico (2CaO, SiO₂).

Respecto al potencial de hidrogeno se obtuvo un valor de PH de la arcilla más bajo que la del cemento al tener un valor de 8.07, pero en combinación con el cemento, en 20% y 25% obtiene valores de 12.76 y 12.53 respectivamente. Asemejándose más la sustitución del 20% al PH del cemento. Lozano, R. (Chimbote 2018) en su investigación titulada "Resistencia a la compresión y absorción de un mortero sustituyendo el cemento por 36% de arcilla activada de Acopampa - arhuaz y 12% de concha de abanico" en sus ensayos realizados para obtener el PH de su arcilla, obtiene valores de 13.81 para el cemento, 8.72 para la arcilla y 13.98 para la combinación del 36% de arcilla más 12% de concha de A. Julián et. al. (Chimbote 2015), en su investigación: "Resistencia de nuevos materiales para sustituir el cemento en concreto" El ph que se obtuvo de la arcilla fue de 8.72, en el cual se hizo una combinación con el cemento de 36%, y arrojó un valor de PH de 13.76, en comparación al PH del cemento 13.81.

Respecto a la relación agua cemento, se pudo observar que la cantidad de agua aumentó de acuerdo al incremento del porcentaje de arcilla, en la adición de 20% la relación agua cemento obtuvo un valor de 0.496 y en la adición de 25% obtuvo un valor de 0.50, en comparación del mortero patrón que obtuvo un valor de 0.485. Este incremento es ocasionado por el alto porcentaje de sílice en la arcilla, el cual produce que la mezcla absorba más agua. Lozano, R. (Chimbote 2018) en su investigación "Resistencia a la compresión y absorción de un mortero sustituyendo el cemento por 36% de arcilla activada de Acopampa - arhuaz y 12% de concha de abanico" la relación de agua cemento para el mortero patrón fue de 0.485, y para sus diseños experimentales 0.57.

De los valores obtenidos de los ensayos del mortero patrón, tenemos un valor promedio de resistencia a los 28 días de 357.71 Kg/cm² la cual supera largamente lo recomendado en la norma técnica correspondiente. Asimismo, los valores para el mortero experimental con sustitución del 20% de cemento por arcilla se alcanzó un promedio a los 28 días de 268.67 Kg/cm² y para una sustitución del 25%, 249.35 Kg/cm². Muñoz, C. (España 2015). En su investigación "Propiedades físicas y durabilidad de morteros aligerados con arcilla expandida y agregados con áridos reciclados" hizo un análisis de la resistencia a la compresión de sus morteros a los 28,

90 y 365 días para comprobar que, con el transcurso del tiempo, el mortero iba incrementando su resistencia a compresión. Los resultados obtenidos a los 28 días para el mortero patrón fue de 317.53 Kg/cm² (35.14 Mpa), a los 90 días 480.89 Kg/cm² (47.16 Mpa) y a los 365 días 502.10 Kg/cm² (49.24 Mpa). Para los morteros experimentales obtuvo para los 28 días 198.84 Kg/cm² (19.50 Mpa), para los 90 días 221.17 Kg/cm² (21.69 Mpa) y para los 365 días 295 Kg/cm² (28.93 Mpa). Paulina, V., Carla C. (Ecuador 2018) en su investigación "Uso de residuos cerámicos como sustituto del cemento para fabricación de morteros" los resultados para su diseño patrón a los 28 días 350.06 Kg/cm² (34.33 Mpa) y su máxima resistencia en el mortero experimental la obtuvo al sustituir al cemento en 10%, ya que tuvo como resultados a los 28 días 372.70 Kg/cm² (36.55 Mpa).

Después de aplicar la prueba de hipótesis con el ANOVA se puede observar que para sustituir un porcentaje de cemento por arcilla el $p\text{-value} < \alpha$ ($p=0.002$, $p < 0.05$) los resultados reflejan la suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula (resistencias medias iguales), entonces podemos deducir que con un nivel de significancia de 5%, las resistencias medias que se obtuvieron en los cubos de mortero al sustituir al cemento 0%, 20%, y 25% por arcilla, son diferentes. Esto quiere decir que hay una diferencia significativa entre las resistencias medias de los cubos de mortero.

Por otro lado se observa que para los días de curado el $p\text{-value} \ll \alpha$ ($p=0.003$, $p \ll 0.05$) por lo que se puede observar que los valores de las resistencias medias son diferentes porque están en función a los días de curado. Esto se condice con la prueba Duncan para evaluar cuál de las resistencias medias de los cubos de mortero son diferentes. Se puede observar que la mayor resistencia es la correspondiente al patrón, seguido de los cubos con 20% de arcilla y ésta última se considera significativamente similar a la resistencia cuando se adiciona 25% de arcilla.

Sin embargo, como todo proyecto, presenta debilidades como el traslado de la arcilla hasta el laboratorio altera la muestra y eleva los costos.

V. CONCLUSIONES

1. Mediante un ensayo de Análisis Térmico Diferencial (ATD), donde se determinó el grado de calcinación que será sometido nuestra arcilla, observado la curva calorimétrica, señala un cambio de fase en torno a 520° , tomando en cuenta este resultado y nuestros antecedentes, nuestra arcilla se calcino a 850° por 1 hora.
2. Se determinó en un análisis químico de fluorescencia mediante rayos x, para la arcilla y concha cuchara, se obtuvieron (CaO) 0.60%, (SiO₂) 64.13% Y (AlO₃) 23.46%, propiedades fundamentales en relación a la composición química del cemento.
3. La arcilla en combinación con el cemento, forman un material altamente alcalino con un PH de 12.73 y 12.53 respectivamente, asimismo la arcilla nos muestra un PH de 8.07, está dentro del rango donde se considera alcalino.
4. Partiendo de la relación agua cemento, de 0.485 según norma técnica fue necesario seguir incrementando la cantidad de agua al sustituir el cemento por la arcilla, logrando una fluidez de 18.85 y 18.60 % respectivamente y obteniendo una relación de agua cemento de 0.496 y 0.50 respectivamente.
5. Se obtuvo como resultados, en comparación del diseño patrón con el diseño experimental al 20%, a los 3 días un decremento de resistencia de 59.45 kg/cm², a los 7 días 100.31 kg/cm² y a los 28 días 89.04 kg/cm²,
Se obtuvo como resultados, en comparación del diseño patrón con el diseño experimental al 25%, a los 3 días un decremento de resistencia de 70.14 kg/cm², a los 7 días 117.58 kg/cm² y a los 28 días 108.36 kg/cm²,
6. Como el nivel de significancia 0.02 es menor que $p=0.05$ entonces se rechaza la hipótesis.
7. De acuerdo a los resultados obtenidos y en función de los resultados de los antecedentes podemos indicar que la arcilla sola como sustituto del cemento no funciona adecuadamente, puesto que el óxido de calcio y el óxido de silicio son componentes químicos principales del cemento y la arcilla según su composición química solo aporta con oxido de silicio, faltando el óxido de calcio que es el elemento más influyente para el proceso de carbonatación y fraguado del mortero.

VI. RECOMENDACIONES

1. Reducir el porcentaje de Arcilla en el diseño experimental.
2. Modificar la combinación de materiales aglomerantes a una proporción optima, para no reducir demasiado el CaO.
3. Al momento de activar el material tener cuidado en no contaminarlo porque se obtendría datos erróneos para nuestra investigación.
4. Los moldes donde se realizan los especímenes de mortero deben ser normados ya que las medidas influyen mucho en el área de contacto cuando se realiza los ensayos a compresión.
5. Hay que tener mucho cuidado en calcular la relación agua cemento, ya que este valor influye mucho en la resistencia del mortero.
6. No utilizar aceites o algún otro tipo de fluidos para facilitar el desencofrado de los moldes, ya que estos fluidos pueden alterar la composición de la mezcla, es preferible usar cinta de embalaje para evitar que la mezcla se adhiera a las paredes del molde.
7. Se recomienda realizar ensayos a edades mayores a 28 días para conocer en cuanto aumenta la resistencia del mortero experimental respecto al patrón, así como también aumentar los porcentajes de sustitución y adición.

REFERENCIAS

1. Alujas, A., Fernández, R., Martinera, J. & Quintana, R. (2010). Empleo de Arcillas Caoliníticas de Bajo Grado Activadas Térmicamente como una Alternativa para el Reemplazo Parcial de Cemento Pórtland. Revista CENIC Ciencias Químicas, vol. 41, pp. 1-10. <https://www.redalyc.org/pdf/1816/181620500030.pdf>
2. Castillo,R. et all. (2011). investigación de las arcillas calcinadas en forma de meta caolín · Buasri.A, Chaiyut.N, Loryuenyong.V,(2013), Investigación utilizando oxido de calcio derivado de las calcaras de desecho de mejillón. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732011000100002
3. Abanto, Flavio. (2003). Tecnología del Concreto. Perú: Editorial San Marcos. https://issuu.com/gerardo_ramos1997/docs/306087568-tecnologia-del-concreto-flavio-abanto
4. Cespedes, Marco. (2003). Resistencia a la Compresión del Concreto A partir de la Velocidad de Pulsos de Ultrasonido, Tesis de Ingeniería Civil. Universidad de Piura, Perú. <https://hdl.handle.net/11042/1338>
5. Pizarra, R. (1998), Arcillas Activadas por Lixiviación Parcial con Ácido Sulfúrico, Tesis de Ingeniería Química. Universidad Mayor de San Marcos, Perú. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/4507>
6. Rivva, E. (1999). Diseño de Mezclas. Perú: Editorial Hozlo S.C.R.L. <https://es.slideshare.net/FredrafuEnrifer/disenodemezclasenrriquerivalopez>

BOGAS, José, DE BRITO, Jorge & FIGUEIREDO, José. *Caracterización mecánica del concreto producido con concreto agregado de arcilla expandida liviana reciclada*. Journal of Cleaner Production, 2015, vol. 89, p. 187-195. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.015>.

COILA TICONA, Nicoll Alexis y LOAYZA CAHUA, Jhonatan Diego. *Influencia de la relación agua cemento y el agregado fino en la retracción y/o Contracción para concretos en Arequipa*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. 2015. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3300>

CORREA, Juan Diego., & RATTI, Giuseppe Luigi. *Evaluación del efecto de la variación de la dosificación de agregado ligero de arcilla expandida en las propiedades físicas y mecánicas de un concreto estructural aligerado* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia, 2015. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/21390/CorreaChaparroJuanDiego2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gutiérrez de L., Libia. (2015). “*El concreto y otros materiales para la construcción*”. <https://es.scribd.com/document/328318079/190-El-Concreto-y-Otros-Materiales-Para-La-Construccion-Libia-Gutierrez-de-Lopez>

Julián, C. et al. (2011). En su investigación titulada: “Sustitución parcial del cemento por residuos calcáreos de *argopecten purpuratus* (conchas de abanico) en mezclas de concreto”.

NTP 334.009. CEMENTOS. Procedimientos para la obtención de pastas y morteros de consistencia plástica. https://www.academia.edu/11713854/NORMAS_PERUANAS_DE_CEMENTO

NTP 334.057. CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la fluidez de morteros de Cemento Portland. <https://es.scribd.com/document/410804903/334-057-fluidez>

Sánchez de G., Diego (2011). En *Tecnología de Concreto y Mortero*. https://www.academia.edu/35759848/Tecnolog%C3%ADa_del_concreto_y_del_mortero_Diego_S%C3%A1nchez_De_Guzm%C3%A1n_Bhandar_Editores

NTP 334-123. (2013). Cementos; Especificación para concretos y morteros de alta resistencia, premezclados en seco y entregados envasados. Lima, Perú.

NTP 399-621. (2015). Unidades de albañilería. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería. Lima, Perú.

NTP 399-610. (2013). Unidades de albañilería. Especificación Normalizada para Morteros.

SENCICO (2005). Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E.070 albañilería. Lima, Perú.

MUÑOZ, C. (España 2015). Estudia las “Propiedades físicas y durabilidad de morteros aligerados con arcilla expandida y agregados con áridos reciclados. Politecnica Superior de la Universidad de Burgos. 2015.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=68099>

Valera, L. “Evaluación de la adición al cemento portland ordinario de un porcentaje de arcilla calcinada-caliza-yeso en morteros de albañilería” universidad central Universidad “marta abreu” de las villas, Santa Clara Cuba 2017.
<https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/9122/Trabajo%20de%20Diploma%20Mar%C3%ADa%20Cecilia%20Varela%20Lorenzo%20..pdf?sequence=1&isAllowed=n>

Paulina, V., Carla C. “Uso de residuos cerámicos como sustituto del cemento para fabricación de morteros” Universidad Central de Ecuador, Ecuador 2017.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13045>

Suarez, W. “Aplicación de la arcilla expandida (arlita) como reemplazo parcial de los áridos en mezclas de hormigón para elementos estructurales en la construcción” Universidad Laica Vicente Rocafuerte, Ecuador 2019.
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3466>

Vásquez C. “Resistencia en concreto con cemento sustituido en un 5% y 7% por arcilla de Carhuaz-Ancash” Universidad San Pedro, Chimbote 2016.
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/1526>

Hernández, T. “Resistencia de concreto con cemento sustituido parcialmente al 15% por arcilla de Cuscuden – san pablo (Cajamarca) con 5% de cenizas de conchas de abanico” Universidad San Pedro, Chimbote 2016.
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7939>

Nieto, A. “Resistencia en concreto con cemento sustituido al 4 %, 6 % y 8 % por arcilla activada de Yacya – Huari”. Universidad San Pedro, Chimbote 2018.
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5431>

Lozano, R. “Resistencia a la compresión y absorción de un mortero sustituyendo el cemento por 36% de arcilla activada de Acopampa - arhuaz y 12% de concha de abanico”. Universidad San Pedro, Chimbote 2018.
<http://www.repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/10399>

Coveñas, C., Haro, A. “Resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm² al sustituir porcentajes de cemento por la combinación de arcilla con ceniza de concha de abanico, Chimbote 2019” Universidad San Pedro, Chimbote 2019.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45918>

Arce, C., Ramírez, S. “Elaboración de bloques de concreto ligero adicionando arcilla expandida para mejorar la resistencia a la compresión, Moyobamba, 2019” Universidad Cesar Vallejo, Moyobamba 2019.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47683>

Alvarado, M. “Resistencia a la compresión de un concreto sustituyendo al cemento en 12% y 20% por la combinación de cáscara de huevo y arcilla” Universidad San Pedro, Huaraz 2019. <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/12417>

GRANULOMETRIA.

<http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/docTec/GRANULO>

ANEXOS

ANEXO N° 01
Matriz de operacionalización de
variables.

Tabla N°05: Matriz de operacionalización de variables.

Tipo de variables	Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable Independiente	Porcentaje de arcilla	Tierra constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados; es de color blanco en estado puro, y mezclada con el agua forma una materia muy plástica que se endurece al cocinarla. "la arcilla es la materia prima más usada en la alfarería" (Pérez P. y Merino., 2015, p 16)	Se sustituirá el cemento en un porcentaje del 20% y 25% por arcilla de Cuscuden, San Pablo - Cajamarca.	Porcentajes de sustitución	20% 25% .	Razón o Proporción.
Variable Dependiente	Resistencia a la compresión	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. (Juarez 2005.Pag. 14.)	se elaborará los cubos patrones y experimentales para finalmente determinar la resistencia recogiendo la información en la ficha de laboratorio (protocolo)		Carga Área Tiempo de curado	Razón o Proporción.

ANEXO N° 02
ENSAYOS DE ANÁLISIS
QUÍMICOS



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Informe N°15-LAQ/2019

Análisis de arcilla calcinada por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de arcilla calcinada a pedido del Sr. **Ruesta Bardález, John Steve**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia a la Compresión y Permeabilidad de un Mortero, Sustituyendo al Cemento en un 20% y 25% por Arcilla de Cuscuden, San Pablo - Cajamarca.”

La muestra procede de Cuscuden, Cajamarca, y había sido previamente calcinada a 850°C durante hora y media y está en forma de grano fino de color ladrillo intenso.

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 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 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 7250 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 Na (Z=11) y 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 L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos.. Como



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 arcilla calcinada. 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 y la energía.

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 pueden



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

formar en el proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es ligeramente menor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos de Na y/o Mg que esta técnica no puede detectar, y/o diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento., Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

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

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	22.723	23.461
SiO ₂	62.119	64.138
SO ₂	0.153	0.158
K ₂ O	0.674	0.696
CaO	0.582	0.601
TiO ₂	1.039	1.073
V ₂ O ₅	0.011	0.011
Cr ₂ O ₃	0.010	0.010
MnO	0.113	0.117
Fe ₂ O ₃	9.210	9.509
Ni ₂ O ₃	0.004	0.004
CuO	0.107	0.110
ZnO	0.071	0.073
As ₂ O ₅	0.005	0.005
BrO ₂	0.004	0.004
Rb ₂ O	0.003	0.003
SrO	0.011	0.011
Y ₂ O ₃	0.001	0.001
ZrO ₂	0.015	0.015
Total	96.853	100.00



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Archeometría

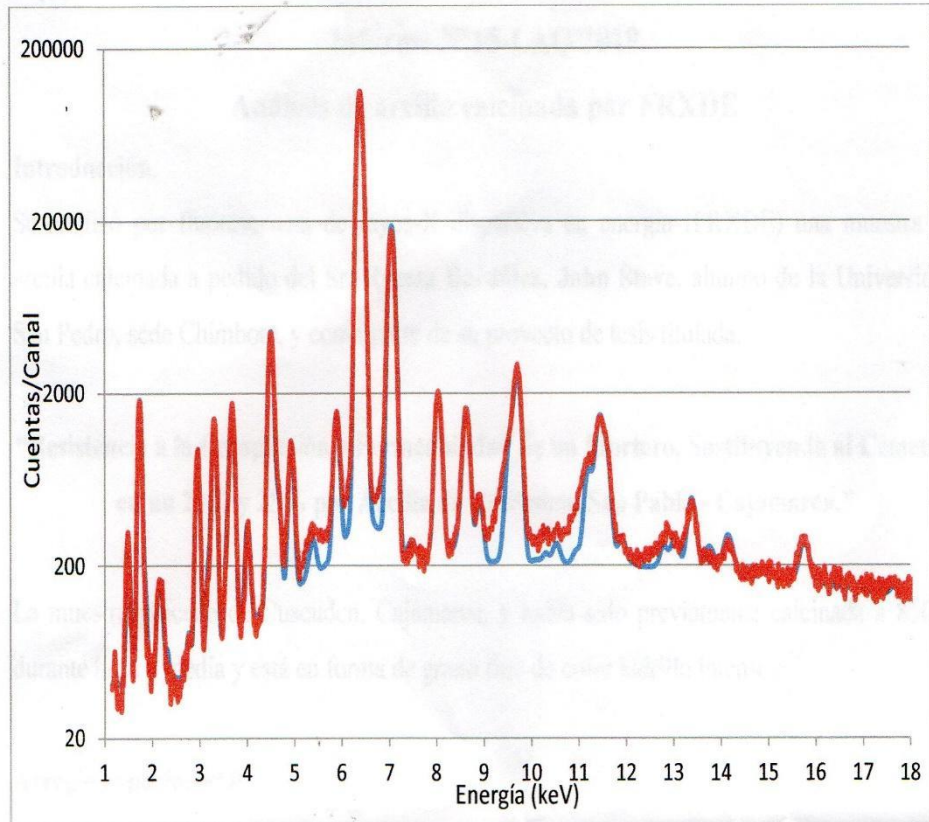


Figura 1. Espectro de FRXDE de arcilla calcinada de Cuscuden, Cajamarca, en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos

Laboratorio de Archeometría



Lima, 25 de abril del 2019

ANEXO N° 03
ENSAYO DE ANÁLISIS
TÉRMICO



Trujillo, 14 de Mayo del 2018

INFORME N° 139 - MAY-18

Solicitante: Jhon Ruestas Bardales. – Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Arcilla (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	A-139MY	47.1 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 – 920 °C.
- Masa de muestra analizada: 47.1 mg.

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa



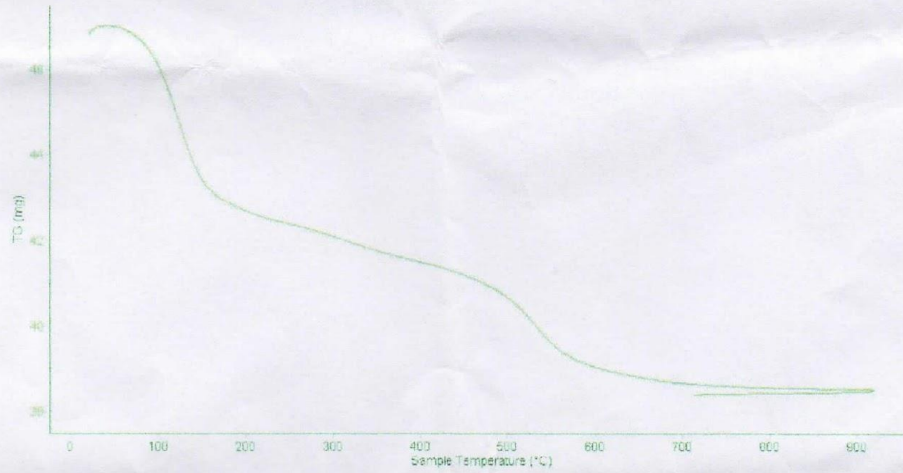


Trujillo, 14 de Mayo del 2018

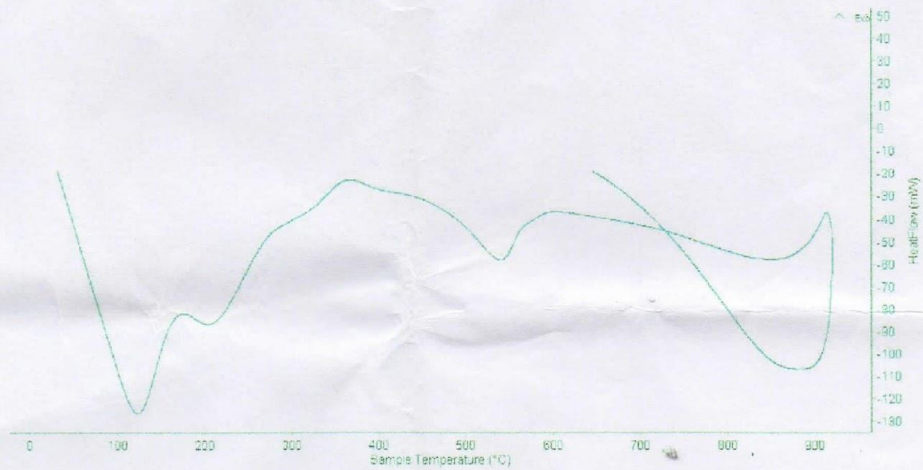
INFORME N° 139 - MAY-18

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica DSC





Trujillo, 14 de Mayo del 2018

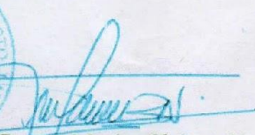
INFORME N° 139 - MAY-18

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra un importante descenso como consecuencia de la pérdida de masa del material frente a la temperatura, en el rango entre 70 y 150°C. Posteriormente se evidencia otra pérdida de masa, aunque más leve, entre 460 y 570°C, luego el ritmo del descenso es muy leve hasta llegar a perder un total de aproximadamente 19% de su masa inicial en el rango de temperatura estudiado.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un pico endotérmico a aproximadamente a 120 y una región endotérmica en torno a 200°C. Posteriormente experimenta un pico endotérmico a 540°C aproximadamente y luego una banda endotérmica alrededor de 850°C, lo cual indicaría, en todas ellas, un posible cambio de fase y cambio en las propiedades del material.

Trujillo, 14 de mayo del 2018




Ing. Danny Mestas Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polimeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

ANEXO N°04
ENSAYOS DE ALCALINIDAD PH,
DE LOS MATERIALES.



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

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

CORPORACION DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLINICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 20190502-001

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : JOHN STEVE RUESTAS BARDALEZ.
DIRECCIÓN : Cáceres Aramayo A' 10 – Nuevo Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADO.
CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2019-05-02
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2019-05-02
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2019-05-02
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 190502-1

RESULTADOS

MUESTRAS	ENSAYO
	pH
CEMENTO TIPO I	12,89
ARCILLA	8,07
CEMENTO + 20 % DE ARCILLA	12,76
CEMENTO + 25 % DE ARCILLA	12,53

METODOLOGÍA EMPLEADA


pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- 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

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Mayo 03 del 2019.

GVR/jms


A. Gustavo Vargas Ramos
Gerente de Laboratorios
C.B.P. 226
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 05
Fecha 2019-02-22

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACION ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752 ,
Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

ANEXO N°05
ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NORMA ASTM C 109

SOLICITANTE: JOHN STEVE RUESTAS BARDALEZ

PROYECTO: RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN UN 20% Y 25% POR ARCILLA DE CUSCUDEN-SAN PABLO- CAJAMARCA.

MUESTRA: 9 CUBOS DE MORTERO PATRON

FECHA: 15/06/2019

Velocidad de ensayo: 0.9 KN/s

CODIGO	MASA (g)	FUERZA(KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (MPa)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
M1 (3 DIAS)	302.5	56.73	22.69	231.34
M2 (3 DIAS)	301	58.90	23.56	240.24
M3 (3 DIAS)	301.2	63.68	25.47	259.68
M1 (7 DIAS)	300.4	75.65	30.26	308.56
M2 (7 DIAS)	303	75.23	30.09	306.88
M3 (7 DIAS)	306	73.85	29.54	301.20
M1 (28 DIAS)	312	89.85	35.94	366.51
M2 (28 DIAS)	304	87.38	34.95	356.40
M3 (28 DIAS)	300	85.85	34.34	350.21



[Handwritten Signature]
 Jorge Alejandro Sarmiento Villanueva
 ING. DE MATERIALES
 R. CIP. N° 197384

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

NORMA ASTM C 109

SOLICITANTE: JOHN STEVE RUESTAS BARDALEZ

PROYECTO: RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN UN 20% Y 25% POR ARCILLA DE CUSCUDEN-SAN PABLO- CAJAMARCA.

MUESTRA: 9 CUBOS DE MORTERO EXPERIMENTAL – 20 % DE ARCILLA

FECHA: 22/06/2019

Velocidad de ensayo: 0.9 KN/s

CODIGO	MASA (g)	FUERZA(KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (MPa)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
M1 (3 DIAS)	302	47.15	18.86	192.32
M2 (3 DIAS)	304	42.81	17.12	174.6
M3 (3 DIAS)	306.8	45.60	18.24	185.98
M1 (7 DIAS)	308	51.07	20.43	208.32
M2 (7 DIAS)	307.8	50.47	20.19	205.88
M3 (7 DIAS)	308.2	49.43	19.77	201.61
M1 (28 DIAS)	310	67.66	27.06	275.98
M2 (28 DIAS)	298.5	64.16	25.66	261.7
M3 (28 DIAS)	300	65.79	26.32	268.34




Jorge Alejandro Sarmiento Villanueva
ING. DE MATERIALES
R. CIP. N° 197384

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NORMA ASTM C 109

SOLICITANTE: JOHN STEVE RUESTAS BARDALEZ

PROYECTO: RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO SUSTITUYENDO AL CEMENTO EN UN 20% Y 25% POR ARCILLA DE CUSCUDEN-SAN PABLO- CAJAMARCA.

MUESTRA: 9 CUBOS DE MORTERO EXPERIMENTAL – 25 % DE ARCILLA

FECHA: 22/06/2019

Velocidad de ensayo: 0.9 KN/s

CODIGO	MASA (g)	FUERZA(KN)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (MPa)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Kg/cm ²)
M1 (3 DIAS)	311.5	42.28	16.91	172.44
M2 (3 DIAS)	309.0	41.62	16.65	169.77
M3 (3 DIAS)	312.5	43.79	17.52	178.63
M1 (7 DIAS)	320	45.93	18.37	187.33
M2 (7 DIAS)	308.0	46.94	18.78	191.48
M3 (7 DIAS)	314.5	45.38	18.15	185.11
M1 (28 DIAS)	313	62.68	25.07	255.65
M2 (28 DIAS)	301.5	60.95	24.38	248.6
M3 (28 DIAS)	303.00	59.77	23.91	243.8



John Steve Ruestas Bardalez
 ING. DE MATERIALES
 R. CIP. N° 197384

ANEXO N°06

ENSAYOS DE PESO ESPECIFICO



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletoir)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E. 610-2000)

SOLICITA : RUESTAS BARDALES JOHN
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO, SUSTITUYENDO AL CEMENTO
EN UN 20% Y 25% POR ARCILLA DE CUSCUDEN-SAN PABLO-CAJAMARCA
MATERIAL : 100% CEMENTO
FECHA : 09/07/2019

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	19.80	19.80
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	19.80	19.80
PESO ESPECIFICO		3.232	3.232
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr/cm ³)	3.232	


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Los Pinos, s/n - Urb. Los Pinos - Chicla - Tarma
Mg. Ingrid Solar Jara
Ingeniera Civil



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Châtelier)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTCE 610-2000)

SOLICITA : RUESTAS BARDALES JOHN
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO, SUSTITUYENDO AL CEMENTO
EN UN 20% Y 25% POR ARCILLA DE CUSCUDEN-SAN PABLO-CAJAMARCA
MATERIAL : 100% ARCILLA
FECHA : 09/07/2019

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	26.50	26.50
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	26.50	26.50
PESO ESPECIFICO		2.415	2.415
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr/cm ³)	2.415	


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
M.P.E.



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletèir)

(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : RUESTAS BARDALES JOHN
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO, SUSTITUYENDO AL CEMENTO
EN UN 20% Y 25% POR ARCILLA DE CUSCUDEN-SAN PABLO-CAJAMARCA
MATERIAL : 80% CEMENTO + 20% ARCILLA
FECHA : 09/07/2019

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	20.50	20.50
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	20.50	20.50
PESO ESPECIFICO		3.122	3.122
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr/cm ³)	3.122	


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Mg. Miguel Solar Jara
I. C. E.



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chatelet)
(Según ASTM C 188, AASHTO T 133 y MTC E 610-2000)

SOLICITA : RUESTAS BARDALES JOHN
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO, SUSTITUYENDO AL CEMENTO
EN UN 20% Y 25% POR ARCILLA DE CUSCUDEN-SAN PABLO-CAJAMARCA
MATERIAL : 75%CEMENTO + 25% ARCILLA
FECHA : 01/07/2019

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	21.90	21.90
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	21.90	21.90
PESO ESPECIFICO		2.922	2.922
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr/cm ³)	2.922	


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
YACU, CUSCO
LAB. MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Mg. Miguel Salar Jara
Jara

ANEXO N°07
ENSAYO DE MECANICA DE
SUELOS



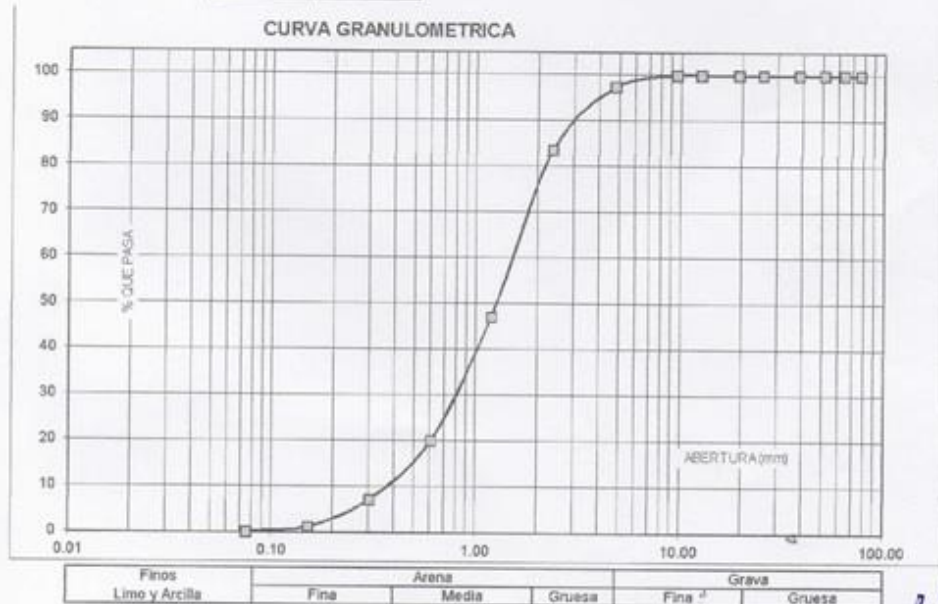
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : RUESTAS BARDALES JOHN
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO, SUSTITUYENDO AL CEMENTO
 EN UN 20% Y 25% POR ARCILLA DE CUSCUDEN-SAN PABLO-CAJAMARCA
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 09/08/2019

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pase
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.75	38.0	2.6	97.4
N° 8	2.36	198.00	13.9	83.6
N° 16	1.18	524.00	36.4	47.2
N° 30	0.60	390.00	27.1	20.1
N° 50	0.30	186.00	12.9	7.2
N° 100	0.15	86.00	6.0	1.2
N° 200	0.08	16.00	1.1	0.1
PLATO ASTM C-117.04	2.00	0.1	100.0	0.0
TOTAL		1440.0	100.0	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	3.43

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 Facultad de Ingeniería
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Mg. Miguel Solar Jara



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

SOLICITA : RUESTAS BARDALES JOHN
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO.SUSTITUYENDO AL CEMENTO
EN UN 20% Y 25% POR ARCILLA DE CUSCUDEN-SAN PABLO-CAJAMARCA
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 09/08/2019

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1045.9	668.1
TARA + SUELO SECO (gr)	1043.3	665
PESO DEL AGLIA (gr)	3.6	3.3
PESO DE LA TARA (gr)	202.5	199.1
PESO DEL SUELO SECO (gr)	840.8	765.9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.43	0.43
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)		0.43


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Mg. Miguel Solar Jara
INGENIERO



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

SOLICITA : RUESTAS BARDALES JOHN
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO,SUSTITUYENDO AL CEMENTO
EN UN 20% Y 25% POR ARCILLA DE CUSCUDEN-SAN PABLO-CAJAMARCA
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 09/08/2019

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7550	7700	7650
Peso de molde	3300	3300	3300
Peso de muestra	4250	4400	4350
Volumen de molde	2750	2750	2750
Peso unitario (Kg/m ³)	1545	1600	1582
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1576		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1569		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	8160	8190	8110
Peso de molde	3300	3300	3300
Peso de muestra	4860	4890	4810
Volumen de molde	2750	2750	2750
Peso unitario (Kg/m ³)	1767	1778	1749
Peso unitario prom. (Kg/m ³)	1765		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1757		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE



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

SOLICITA : RUESTAS BARDALES JOHN
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN MORTERO, SUSTITUYENDO AL CEMENTO
EN UN 20% Y 25% POR ARCILLA DE CUSCO DEN SAN PABLO-CAJAMARCA.
LUSAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 09/08/2019

A	Peso de material saturado superficialmente seco (ara) gr	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua gr	667.60	667.60
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B) cm ³	967.60	967.60
D	Peso de picnometro + agua + material gr	856.70	856.70
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D) cm ³	110.90	110.90
F	Peso de material seco en estufa gr	298.60	298.60
G	Volumen de masa (E-(A-F))	109.50	109.50
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.693	2.693
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.705	2.705
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.727	2.727
K	Absorción (%) ((D-A)/A)x100	0.47	0.47

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.693
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.705
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.727
Absorción (%) : 0.47


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Mg. Miguel Solar Jara
Ingeniero Civil

ANEXO N°08

PANEL FOTOGRÁFICO



Foto 01: Obtención de la arcilla de Cuscuden – Cajamarca.



Foto 02: Lavado de la arcilla.



Foto 03: Ensayo limite liquido y plástico



Foto 04: Ensayo de peso específico



Foto 05: Supervisión de ensayos de peso específico



Foto 06: Ensayo de fluidez



Foto 07: Dosificación de materiales para mortero patrón



Foto 08: Peso de cemento para mortero patrón



Foto 09: Vaciado de mortero patrón en moldes



Foto 10: Fabricación de cubos de mortero patrón en moldes de 3 muestras



Foto 11: muestra de combinación de cemento y arcilla al 20% y 25 %.



Foto 12: Desencofrado de moldes de mortero.



Foto 13: Peso de cubos de mortero.