

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



**Evaluación de la resistencia a compresión de mortero
usando arcilla en 10%, 12.5% y 15% como material
cementante -Chimbote, 2024**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Arista Llanca Nhelson Jhunnior

Asesor

Flores Reyes Gumercindo

Código ORCID: 0000-0002-2305-733

Chimbote - Perú

2025

Índice

Índice general	ii
Índice de tablas	iii
Índice de figuras	v
Palabras clave	vi
Constancia de originalidad	vii
Título	viii
Resumen	ix
Abstrac	x
Introducción	1
Metodología	25
Resultados	29
Discusión de resultados	52
Conclusiones	54
Recomendaciones	55
Agradecimiento	56
Bibliografía	57
Anexos	59

Índice de tablas

Tabla N°01: Distribución de capas de mortero,	13
Tabla N°02: Tolerancias permisibles,,,,	14
Tabla N°03: Componentes químicos de las materias primas del cemento	16
Tabla N°04: Componentes de cemento tipo I,,,,	17
Tabla N°05: Composición química de arcilla	32
Tabla N°06: Resumen de la fluidez de las mezclas de mortero patron y experimentales	36
Tabla N°07: Resistencia del mortero patrón en kg/cm2 obtenidos a los 3, 7 y 28 días por unidades muestrales	37
Tabla N°08: resistencia a compresión de cubos de mortero patrón	39
Tabla N°09: Resistencia del mortero EXPERIMENTAL AL 10 % en kg/cm2 obtenidos a los 3, 7 y 28 días por unidades muestrales	40
Tabla N°10: Resistencia promedio del mortero EXPERIMENTAL AL 10 % en kg/cm2 obtenidos a los 3, 7 y 28 días	40
Tabla N°11: resistencia a compresión de cubos de mortero EXPERIMENTAL AL 10 %	42
Tabla N°12: Resistencia del mortero EXPERIMENTAL AL 12.5 % en kg/cm2 obtenidos a los 3, 7 y 28 días por unidades muestrales	43
Tabla N°13: Resistencia promedio del mortero EXPERIMENTAL AL 12.5 % en kg/cm2 obtenidos a los 3, 7 y 28 días	43
Tabla N°14: resistencia a compresión de cubos de mortero EXPERIMENTAL AL 12.5 %	45
Tabla N°15: Resistencia del mortero EXPERIMENTAL AL 15 % en kg/cm2 obtenidos a los 3, 7 y 28 días por unidades muestrales	46

Tabla N°16: Resistencia promedio del mortero EXPERIMENTAL AL 15 % en kg/cm2 obtenidos a los 3, 7 y 28 días	46
Tabla N°17: resistencia a compresión de cubos de mortero EXPERIMENTAL AL 15 %	48
Tabla N°18: Resistencia a compresión de cubos de mortero PATRON	49
Tabla N°19: Resistencia a compresión de cubos de mortero EXPERIMENTAL al 10%	49
Tabla N°20: Resistencia a compresión de cubos de mortero EXPERIMENTAL al 12.5%	50
Tabla N°21: Resistencia a compresión de cubos de mortero EXPERIMENTAL al 15%	50
Tabla N°22: Resistencia PROMEDIO de mortero PATRON Y EXPERIMENTALES	51

Índice de Figuras

Figura N°01: Áreas de golpeo del mortero	12
Figura N°02: . intersección de numero de golpes y el % humedad para encontrar el limite liquido	29
Figura N°03: Curva de Perdida de Masa - Analisis Termo Gravimetrico – Arcilla	30
Figura N°04: Curva de calorimetría – Arcilla	31
Figura N°05; resistencia la compresión de mortero patrón	38
Figura N°06; resistencia la compresión de mortero EXPERIMENTAL AL 10%.	41
Figura N°07; resistencia la compresión de mortero EXPERIMENTAL AL 12.5%.	44
Figura N°08; resistencia la compresión de mortero EXPERIMENTAL AL 15%.	47
Figura N°09; <i>Resistencia la compresión de mortero PATRON Y EXPERIMENTALES.</i>	51

Palabras Clave

Tema: Resistencia compresión, Material cementante suplementario – mortero

Especialidad.: Tecnología de materiales

Línea de investigación

Línea: Construcción y Gestión de la construcción

Según OCDE:

Área : Ingeniería y tecnología.

Sub Área : Ingeniería civil.

Disciplina : Ingeniería civil.

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

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

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**Evaluación de la resistencia a compresión de mortero usando arcilla en 10%, 12.5% y 15% como material cementante - Chimbote, 2024**" del (a) estudiante: **ARISTA LLANCA NHELSON JHUNNIOR**, identificado(a) con Código N° **1517100111**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **29%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 23 de diciembre de 2024

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



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

Titulo

Evaluación de la resistencia a compresión de mortero usando arcilla en 10%,
12.5% y 15% como material cementante -Chimbote, 2024

Resumen

La presente investigación tiene como propósito brindar alternativas de uso de un material abundante en nuestra región y país para disminuir el uso de cemento portland en la producción de una mezcla de mortero y por ende también del concreto, lo cual permitiría contribuir a la gran problemática existente de la contaminación del medio ambiente debido al efecto invernadero que es producido por los gases que se emiten a la atmosfera durante el proceso de producción del cemento. En el mundo, de acuerdo al país, a la región y a la época, es posible encontrar diversos materiales para sustituir parcialmente o totalmente el cemento, a estos materiales se les conoce como material cementante suplementario (MCS), estos materiales pueden ser de origen orgánico e inorgánico, no tienen otro uso a gran escala, y muchas veces son materiales contaminantes en su zona de depósito. Es por esa razón que en esta investigación propone una sustitución del cemento por la arcilla, un material de origen inorgánico, el cual es muy común y de tiene gran disponibilidad en nuestra región y en el país.

Se evaluó como se comporta la resistencia a compresión y la trabajabilidad de un mortero convencional cuando se le sustituya 10%, 12.5% y 15% del cemento por arcilla. La arcilla se extrajo de insitu en distrito de Anta – Huaraz, para luego ser lavada y secada al aire libre, posteriormente se calcinó a temperatura controlada que permitió activar sus propiedades puzolánicas o cementantes: óxido de calcio y óxido de hierro entre otros, los que han influido en la trabajabilidad de las mezclas de mortero. Después de comparar la resistencia a compresión y la fluidez se infiere que el 12.5% es el porcentaje más óptimo de reemplazo. Se puede afirmar la veracidad parcial de la hipótesis planteada.

Summary

The purpose of this research is to provide alternatives for the use of an abundant material in our region and country to reduce the use of Portland cement in the production of a mortar mix and therefore also of concrete, which would contribute to the great existing problem of environmental pollution due to the greenhouse effect produced by the gases emitted into the atmosphere during the cement production process. In the world, depending on the country, region and time, it is possible to find various materials to partially or totally replace cement. These materials are known as supplementary cementitious material (SCM). These materials can be of organic or inorganic origin. They have no other large-scale use and are often polluting materials in their deposit area. For this reason, this research proposes replacing cement with clay, a material of inorganic origin, which is very common and widely available in our region and in the country. The compressive strength and workability of a conventional mortar were evaluated when 10%, 12.5% and 15% of the cement is replaced by clay. The clay was extracted on site in the Anta – Huaraz district, then washed and dried in the open air, then calcined at a controlled temperature that activated its pozzolanic or cementing properties: calcium oxide and iron oxide among others, which have influenced the workability of the mortar mixtures. After comparing the compressive strength and fluidity, it is inferred that 12.5% is the most optimal replacement percentage. The partial veracity of the hypothesis raised can be affirmed.

I. Introducción

Antecedentes y fundamentación científica

Antecedentes internacionales

A nivel internacional:

Mejia, C. et all (2021) en su investigación titulada: “Evaluación técnica del potencial cementante de arcillas provenientes de los residuos de la construcción y la demolición” propuso como principal meta u objetivo evaluar de forma técnica la potencialidad cementante que tienen las arcillas que provienen de los residuos de las construcciones y de demolición (RCD), los residuos se conforman tienen su origen en ladrillos vitrificados, cerámicos, baldosas, equipos sanitarios que poseen metacaolines; esta evaluación la investigación la realiza sustituyendo de forma parcial el cemento portland en cada tipo de mezcla que se forma con los materiales que provienen de los RCD, los cuales para ser usados han sido activados mecánicamente mediante un proceso de trituración primaria y secundaria con la finalidad de obtener reducir el tamaño de sus partículas, en el paso final de esta activación mecánica se realizó una trituración final mas fina para conseguir un polvo con una gradacion de particular similar al del cemento. Para preparar la matriz cementante, la sustitución del cemento fue gradual de los RCD y del meta caolín, llegando a encontrar las mezclas con un mejor comportamiento mecánico a los esfuerzos de compresión bajo normatividad colombiana NTC 220. Luego se adicionó arena para la preparación de probetas de concreto cilíndricas, estas probetas se sometieron a diversas pruebas como el ensayo de petrografía y a fluorescencia y difracción de rayos X, obteniendo resultados que confirman que estas mezclas contienen sustancias químicas como la calcita y la portlandita, los cuales proporcionan un potencial agente cementante o puzolánico. Se llega a concluir que las arcillas que tienen como origen los RCD deben ser utilizados como rellenos para mejorar las características mecánicas de un concreto o también puede usarse como agregados en los morteros que se usan para enlucidos.

Paulina, V, & Carla, C. (Ecuador 2018). En su investigación que lleva por título “Uso de los residuos cerámicos como sustitución del cemento para fabricación de morteros” propone como objetivo general elaborar una evaluación del comportamiento que tiene una mezcla de mortero ante los esfuerzos de compresión, y luego compara con comportamiento de mezclas de morteros experimentales que usan unas combinaciones de cerámica triturada y pulverizada en porcentajes de 3, 5, 7, 10 y 15%. La investigación logra obtener resultados de resistencia a compresión a los 28 días con valores de 35.16, 36.07, 36.01, 36.55, 31.01 Mega pascales de los morteros experimentales, superando 4 de ellos a la resistencia del mortero patrón que logró obtener un valor de 34.33 Mega pascales. Se llega a concluir que el mortero experimental con reemplazo del 10% tuvo la mayor resistencia. Por lo tanto el uso de estos materiales sustituyentes en este porcentaje son una nueva opción de usar un material que permita reducir costos.

Suarez, W (Ecuador 2019) es su trabajo de pregrado denominado: “aplicación de arcilla expandida “arlita”, como material de reemplazo parcial de los agregados en mezclas de concreto para elementos estructurales en la construcción” propone como objetivo de investigación: determinar el comportamiento mecánico del concreto cuando se utiliza distintos porcentajes de arcilla expandida y su factibilidad de uso y sostenibilidad del agregado cuando se somete a distintas pruebas de esfuerzos a la tracción, flexión y compresión en elementos estructurales como vigas y columnas. Se concluye que el uso de esta arcilla es posible con el porcentaje óptimo por lo que se genera una alternativa sostenible, que puede conseguir reducir costos en un 56%. Además de mejorar la calidad del concreto al mejorar el comportamiento estructural del concreto.

Zuloaga L.(2021) desarrollo su tesis de pregrado denominada: “Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de un muro de albañilería, incorporando arcilla en el mortero - Provincia de Abancay, 2021” en donde consideró como objetivo principal de estudio determinar la influencia de la adición de arcilla en un diseño de mezcla de mortero para mejorar las condiciones mecánicas y físicas que presenta un muro de albañilería. La investigación presenta una metodología del tipo aplicada y de un diseño

experimental a nivel cuasi experimental, para ello se ensayaron elementos muestrales llegando a determinar su resistencia a esfuerzos de compresión: con cargas axiales y cargas a compresión diagonales en muro. La proporción de la mezcla de mortero fue de 1:3 y el porcentaje de arcilla que se adicionó fue en porcentajes de 7% y 15% en relación al peso del cemento. El estudio llegó a obtener resultados para el mortero patron de $f'_{b}= 307.82 \text{ kg/cm}^2$, al mortero experimental con adición de 7% de arcilla se tuvo un $f'_{b}=315.81\text{kg/cm}^2$ y al mortero experimental con adición de 15% de arcilla se tuvo un $f'_{b}=195.17\text{kg/cm}^2$, los resultados de resistencia a esfuerzos de compresión axial de pilas se tuvieron resultados de (P) $f'_{m}=79.17 \text{ kg/cm}^2$, (P) $f'_{m}=93.84$ y (P) $f'_{m}=74.87$ para las pilas conformadas por mortero patron, morteros experimentales con 7% y con 15% de arcilla respectivamente; los resultados ante resistencia a compresión diagonal de muro patron y experimentales con 7% y 10% se obtuvieron: $V'_{m}=12.71 \text{ kg/cm}^2$, $V'_{m}= 10.83 \text{ kg/cm}^2$ y $V'_{m}= 9.51 \text{ kg/cm}^2$. La conclusiones que llego la investigación demuestran que las resistencias obtenidas se ubican entre los límites permitidos por la normatividad: parámetros de la E-070, por lo que se acepta la adición de arcilla en los morteros que se usen para la elaboración de muros o tabiques.

Cumpa, F. (2023) en su tesis de pregrado desarrollado en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo – Chiclayo, que lleva por título: Elaboracion de en la ciudad de Chiclayo llamada: “Elaboración de mortero de albañilería usando la ceniza de la caña de azúcar y partículas residuales de piedra chancada, plantea como su objetivo de estudio determinar la eficiencia que posee una mezcla de mortero cuando se le sustituye parte del cemento por cenizas de la caña de azúcar y también reemplazo del agregado fino(arena gruesa) por un material que procede de la trituración de residuos en las plantas chancadoras, se pone énfasis en las características mecánicas y físicas de mayor importancia como la resistencia a compresión, la elaboración de los morteros se realizó considerando una relación cemento-arena de 1:4 y el reemplazo del cemento por cenizas de bagazo de la caña se hizo en porcentajes de 5%, 10% 15% y 20% referenciados al peso del aglomerante, y todos los morteros experimentales se les sustituyo en su totalidad la arena por los residuos triturados de piedra chancada. Llegando a la conclusión que es posible el uso del material residual del proceso de trituración de la piedra chancada, en la totalidad del mortero, se logro em consecuencia

usar menor cantidad de agua, este hecho permitió conseguir resistencias a compresión con valores de 267.27 kg/cm^2 , por su parte el mortero convencional logro obtener una resistencia a compresión de 161.94 kg/cm^2 , esta propiedad mecánica del mortero se evaluó a los 28 días de curado. También se debe indicar que el porcentaje que presentó los mejores resultados fue el reemplazo del 5% del cemento por ceniza de bagazo de caña de azúcar comprobando de esta manera que se incrementó la resistencia a compresión en pilas y en los muretes para albañilería.

Coveñas, C, Haro, A. (Chimbote 2019), desarrollaron un estudio para su tesis denominado: “ Resistencia a compresión de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ al sustituir porcentajes de cemento por la combinación de la arcilla con la cenizas de concha de abanico – Chimbote – 2019 ” propuso evaluar la propiedad mecánica del concreto cuando al cemento se le reemplaza por un materiales suplementarios cementantes como son la arcilla y la ceniza de concha de abanico. Los resultados señalan que la mezcla patrón obtuvo una resistencia de 216.3 kg/cm^2 a los 28 días de curado, la primera mezcla experimental con reemplazo de 10% de arcilla y 5% de ceniza de concha de abanico llego a conseguir una resistencia de 225.5 kg/cm^2 a los 28 días de curado, mientras que la segunda mezcla experimental con reemplazo de 10% de arcilla y 10% de ceniza de concha de abanico llego a conseguir una resistencia de 205.7 kg/cm^2 a los 28 días de curado. La investigación concluye que la primera combinación presenta mejores resultados que las otras mezclas evaluadas, y recomienda su uso de una mezcla de concreto con sustitución del cemento por la combinación de 10% de arcilla y 5% de ceniza de concha de abanico.

Alvarado, M. (Huaraz-2019), desarrollo una investigación que lleva por titulo: La resistencia a compresión del concreto sustituyendo al cemento por 12% y 20% por la combinación de la cascara del huevo y la arcilla”, cuyo objetivo general planteado fue determinar como se comporta el concreto en su estado endurecido cuando se le sustituye 12% y 20% de cemento por la arcilla y cascara del huevo. Se tuvo una muestra de probetas cilíndricas en numero de 27, 9 para el concreto patrón, 9 para concreto experimental con 12% de sustitución y 9 para concreto experimental con 20% de sustitución, cabe indicar que la sustitución se realiza con un material sostenible como es la arcilla y la cascara de huevo. Estas probetas se ensayaron a diversos periodos de curado : 7, 14 y 28 días. Como resultados importantes se tuvo que el

concreto patron alcanzó la resistencia máxima a los 28 días de curado de 218.0 kg/cm², los concretos experimentales con 12% y 20% de reemplazo alcanzaron resistencias de 217.8 kg/cm², y 166.6 kg/cm², respectivamente. La investigación por tanto llego a la conclusión que el porcentaje optimo de investigación es el 12% de sustitución del cemento, ya que esta mas cercano al comportamiento del patrón.

Arce , C , Ramírez , S .(Moyobamba 2019) , realizaron un trabajo de investigación que se denomina: “Elaboracion de bloques de concreto ligero adicionando la arcilla expandida para mejorar la resistencia a compresión , Moyobamba – 2019” el cual se planteó como objetivo general evaluar los bloques de concreto ligero cuando se le incorpora cantidades de arcilla en porcentajes de 25% , 35% y 45% respecto al peso del aglomerante, para ello midió la propiedad mecánica de la resistencia a la compresión en distintos periodos de curado. La investigación permite mediante los ensayos realizados comprobar la diferencia de resultados entre las muestras patron y las que se adicionó arcilla expandida; el bloque elaborado con mortero patron logro alcanzar una resistencia de 80.13 kg/cm² , el bloque que mejor resultado mostro fue el bloque elaborado con mortero experimental con 35% de adición de arcilla el cual logró alcanzar una resistencia de 81.79 kg/cm² . La conclusión final es que el 35% de adición de arcilla expandida es el porcentaje mas eficiente.

Cruzate (2024) en su tesis: Influencia de la arcilla calcinada en porcentajes de 10% y 15% sobre la resistencia y trabajabilidad de un mortero - Huaraz, 2024”, tiene como objetivo: Determinar la resistencia a la compresión y fluidez de un mortero cuando se sustituye un 10% y 15% de cemento por arcilla calcinada, es un estudio aplicativo y explicativo. Concluye que la arcilla calcinada a temperatura de 530° C logra acivar sus precursores pulzolánicos. El trióxido de aluminio está presente en su composición química en 51,77% lo que permite sustituir el cemento. La fluidez de los morteros patrón y experimentales no se vieron afectados porque se tuvieron porcentajes entre 110% ±5%. El mortero con sustitución del 15% por arcilla fue la que presenó mejores resultados superando en 39.34% a patrón.

Hernández , T . (Chimbote , 2018) , elaboró una investigacion para obtener el titulo profesional de ingeniero civil , el cual lo titula: “Resistencia de concreto con cemento

sustituido parcialmente en 15% por arcilla de Cuscuden - San Pablo - Cajamarca , y con 5% de cenizas de conchas de abanico”, propuso como objetivo general determinar el comportamiento de la resistencia a la compresión de una mezcla de concreto cuando se le reemplaza parte del cemento, este reemplazo es una combinación formada por arcilla procedente del distrito de Cuscuden la cual fue una vez extraída, lavada y secada, se le activo térmicamente a una temperatura de 540° C, la concha de abanico se recolecto en la ciudad de Chimbote, y también se le activo térmicamente a una temperatura de 900 °C. estas temperaturas de activación las determinó el Análisis Térmico Diferencial(ATD). Se elaboraron una muestra de 18 probetas cubicas de mortero patrón y mortero experimental con la sustitución del cemento por 15% y 5% de arcilla y de ceniza de concha de abanico respectivamente. Los especímenes cúbicos se ensayaron en el laboratorio de la Universidad San Pedro, Chimbote , a distintos tiempos de curado: 3 , 7y 28 días. Los valores de resistencia de la mezcla de mortero patrón fueron de 115.25 kg/cm² ,143.17 kg/cm² y 174.79 kg/cm² en los distintos tiempos de curado. Se concluye que el mortero patrón supera al mortero experimental con arcilla y ceniza de concha de abanico, debido al alto contenido de oxido de aluminio en los materiales activados térmicamente y también a consecuencia de la relación A/C que fue mas elevada que la del mortero patrón.

Fundamentación científica

Las mezclas de material granular, agua y aglomerante conocidas como “morteros” son aquellas que mezclas plásticas moldeables en su estado fresco , el material granular debe tener las condiciones granulométricas que permiten definirla como arena, el material aglomerante por excelencia es el cemento portland, ambos se logran su fusión con la presencia del agua potable. Por lo general se utiliza para trabajos de albañilería, teniendo la función de un material de agarre, puede también usarse en los enlucidos de muros, entre otras. El mortero de cal se elaboran con un aglutinante como la cal, además de la arena y del agua. La cal es un material hidráulico o también puede ser aérea , esta clase de morteros no presenta por lo general una elevada resistencia, pero como característica favorable es la gran plasticidad que posee, también su uniformidad en el color, y además porque al tener una manejabilidad elevada el rendimientos y

facilidad para los albañiles es grande. Mientras que las mezclas de mortero que se elaboran con aglomerante: cemento Portland tiene como característica primordial una alta resistencia a la compresión y durabilidad.

Los morteros que contienen escasa cantidad de cemento se les conoce como mortero pobre o áspero, el cual presenta mucha dificultad para el trabajo, por el contrario, el mortero que contiene elevadas cantidades de cemento tiende a retraerse y presenta fisuras, además de elevarse el costo del mortero por mayor uso del aglomerante.

Lo antes mencionado exige que se busque una adecuada dosificación de los materiales a usar en la elaboración de mortero, si en caso la mezcla presenta baja trabajabilidad se debe de añadir aditivos plastificantes para su uso en obra.

En otros casos para mejorar el comportamiento físico y mecánico del mortero, se adiciona otros materiales de uso común como es el caso de la cal. (Calvo, 2001)

Para definir la palabra mortero, se debe reconocer que es una mezcla

El mortero puede definirse como una mezcla de un material aglomerante como el cemento, el cual permite adherirse adecuadamente todos los demás materiales como son el agua, la arena y de forma ocasional se usa cal. La unificación de todos los materiales permite que tengan sus propiedades físicas, mecánicas y químicas.

Características del mortero

Según su estado actual, la mezcla de mortero tiene dos categorías según su estado:

- **Fresco:** la mezcla de mortero en estado fresco se tiene cuando se logra mezclar la arena gruesa con el cemento y agua, en este periodo se tiene una masa plástica. Es en esta etapa inicial de su elaboración que es posible medir el tiempo para su utilización y el ensayo de fluidez.
- **Endurecido:** el mortero se encuentra estado endurecido luego de producirse el fraguado en un periodo de tiempo 3, 7, 14 ó 28 días, tiempos en los que se pueden realizar las pruebas correspondientes a las resistencia de compresión, etc.

Según su comportamiento mecánico: según sea el esfuerzo al que está sometido por cargas externas

A) **Comportamiento a flexión:** el espécimen de prueba (cubo) debe de apoyarse en cualquiera de las caras laterales del moldaje, encima de los rodillos de apoyo que posee la maquina a flexión. Se debe someter a la viga \pm de la máquina de flexión. Con el rodillo superior a una velocidad de $5 \pm$ kg/seg. La cantidad de restos de probetas de mortero. Los trozos de los especímenes que han fallado cuando se aplica carga han sido humedecidos hasta que se aplique la prueba o ensayo a la resistencia a compresión.

B) **Comportamiento a compresión**

Se ensayará resistencia a compresión, los especímenes que han sido evaluados a flexión, tienen una sección de 50 x 50 mm, aplicándose la carga a las dos caras provenientes de las laterales del moldaje, colocándose entre las placas de la máquina de compresión. La velocidad de carga para las pruebas es tal que la presión sobre el espécimen cúbico se eleve desde 10 , hasta 20 kg/cm²/seg. Hasta la mitad de la carga de ruptura, es posible elevar la velocidad , siendo el tiempo mínimo para el ensayo de compresión los 10 segundo. (Calvo, 2001).

C) **Los indicadores de los cálculos:**

Para expresar la resistencia se usará los kg/cm² y en la determinación de la resistencia a flexión se tendrá como medida primordial la carga total de rotura “p” en kilogramos de acuerdo a $0.234p$ o $0.205p$, para la luz entre apoyos de 100 milímetros o de 106.7 milímetros. Los cálculos de resistencia se logran determinar con un mínimo de 4 especímenes por cada edad de curado en el caso de la flexión y para la compresión son un mínimo de 6 especímenes. Para cada fecha de ensayos o edad de las probetas, estos han de haber sido elaborados en diferentes moldes. Siendo el valor de la resistencia del mortero, la media aritmética para cada edad de curado (Calvo 2001)

D) **La adherencia:**

Corresponde a la unión mecánica entre la unidad de albañilería y el mortero. El nivel de la adherencia que posee el mortero permite incrementar o disminuir la capacidad de resistir esfuerzos cortantes y de tensión. Para que un mortero posea una nivel óptimo de adherencia ha de controlarse su plasticidad, la

manejabilidad y retención de agua de la mezcla, ya que ellas influyen de forma directa en la adherencia. (Calvo 2001).

La adherencia es una propiedad física del mortero endurecido, la cual suele ser impredecible y muy variada. Tiene 3 etapas:

- Resistencia
- Grado de la adherencia
- La durabilidad

E) Capacidad de retener agua

El mortero comúnmente es colocado en medio de las unidades de albañilería, las cuales absorben su agua desde el momento en que ponen en contacto sus superficies, es por esta razón que la mezcla de mortero debe contener la cantidad de agua necesaria para la hidratación normal del cemento para lograr sus resistencias exigidas, pese a la absorción natural de las unidades de albañilería (Calvo 2001)

F) Manejabilidad o trabajabilidad

Son la mezcla de algunas propiedades como la consistencia, plasticidad, cohesión y por último la adherencia. El contenido de agua en la mezcla se relaciona directamente con la manejabilidad, siendo esta propiedad importante para el proceso de acomodo de las unidades de albañilería, una mezcla manejable, permite un fácil alineamiento vertical de las unidades de albañilería por cada hilada (Calvo 2001)

La trabajabilidad de un mortero dependerá del agua que contiene y también se afecta según la gradación de sus agregados, de la dosificación y porcentajes de aire en mortero. Grupo ARGOS (2024)


G) La fluidez.-

En la elaboración de muros reforzados es necesario el uso de un mortero fluido que se coloque por las celdas de las unidades de albañilería y que se rellene de forma perfecta en todos los espacios que corresponden a las celdas donde están

también los aceros de refuerzo todo ello sin que se produzca segregación de la mezcla de mortero.

Propiedades del mortero en estado endurecido

La durabilidad:

Si una mezcla de mortero es capaz de resistir los agentes del intemperismo sin que se altere sus superficies o muestre deterioro físico interno a edades tempranas, su propiedad de durabilidad es óptima. Esta propiedad es la que mantiene que las estructuras formadas por albañilería sean integrales, mas aun si estas estructuras están en contacto o cercanas a la humedad o el suelo. Es por eso tiene gran relevancia para que se contribuya con la durabilidad, el cuidado al máximo del acoplamiento de las unidades de albañilería con juntas de mortero homogéneas. Cuando se adiciona aire a una mezcla de mortero se contribuye con la resistencia de las estructuras que se han elaborado con unidades de albañilería, pero si su cantidad de agua es elevada o se usan unidades de albañilería muy absorbentes se perjudica a la durabilidad de la estructura en su conjunto (Calvo, 2001). 

Resistencia

Es la medida para observar la capacidad que tiene el mortero de soportar esfuerzos. Como la resistencia a la compresión está influenciada por la hidratación del cemento y esta a su vez determina las propiedades físicas del mortero endurecido, es posible que mediante los resultados de resistencia inferir otras propiedades. Grupo ARGOS (2024)

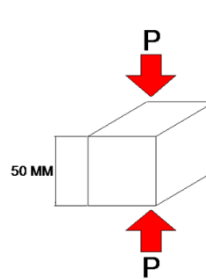
La resistencia a la compresión de mortero de cemento Portland, se determina llevando a la rotura especímenes de 50mm de lado, preparados con mortero consistente de una parte de cemento y 2,75 partes de arena dosificado en masa.

La cantidad de agua de amasado para otros cementos, debe ser la que produzca una fluidez de 110+- 5% luego de 25golpes en 15 segundos en la mesa de flujo.

Los especímenes cúbicos de 50mm de lado, son compactados en dos capas por apisonado del compactador. Los cubos se curan un día en su molde e inmersos en agua de cal hasta su ensayo.

Equipo en obra

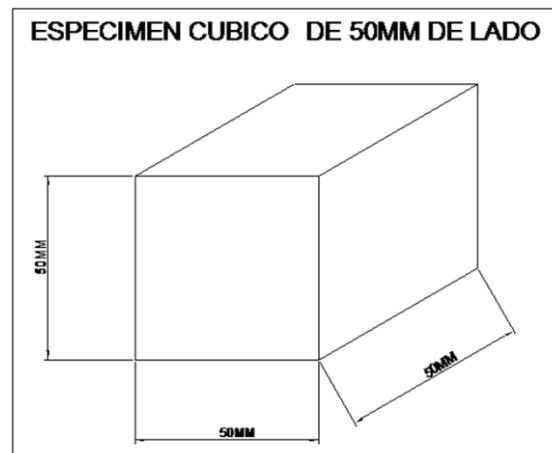
- Moldes cúbicos de bronce, cuyo lado es de 5cm (5cm x 5cm x 5cm).
- Barra compactadora de madera lisa, de 15cm de largo, 1.25cm de ancho y 2.5cm de base. La barra es de forma de plana.
- Cuchara para el vaciado y plancha de albañilería.
- Cinta transparente para el forrado del molde cubico.



$$f_m = \frac{P \text{ (Kg/cm}^2\text{)}}{A_c}$$

$A_c = A \times B$
 $A_c = 5 \times 5 \text{ cm}^2$
 $A_c = 25 \text{ cm}^2$

, Donde:
 $A = 50 \text{ mm} = 5 \text{ cm}$
 $B = 50 \text{ mm} = 5 \text{ cm}$



Procedimiento para obtener Muestra

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificación, en la Norma E.070 nos indica, que el mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a Para la elaboración del mortero destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y 399.610.

Pueden definirse como la mezcla de material aglomerante (cemento Portland y/u otros cementantes), un material de relleno (agregado fino o arena), agua.

Se vierte concreto a la mezcladora, con la espátula se arrastra hacia el fondo del recipiente el mortero adherido a las paredes y se hace girar la mezcladora durante 15s la velocidad media, (285+-10 revoluciones/min).

El mortero adherido en la paleta de mezclado se remueve al final del batido y se deposita en el recipiente.

El llenado de los compartimientos debe iniciarse antes de 150s, contados desde la terminación de la mezcla inicial del mortero. Para el ensayo de compresión debe hacerse un mínimo de 3 cubos.

El llenado de los compartimientos debe iniciarse antes de 150s, contados desde la terminación de la mezcla inicial del mortero. Para el ensayo de compresión debe hacerse un mínimo de 4 cubos.

En cada compartimiento se coloca una capa de mortero de 25mm y se apisonan con 32 golpes de compactador en unos 10s. Estos golpes se aplican sobre la superficie de la muestra, en 4 capas de 8 golpes adyacentes cada una, como se ilustra en la fig. 1. Los golpes de cada etapa deben darse siguiendo una dirección perpendicular a los de la anterior. La presión del compactador debe ser tal que se asegure el llenado uniforme de los compartimientos. (Normas NTP 399.607 y 399.610)

1	2	3	4
8	7	6	5

1^{ra} y 3^{ra} Etapas

4	5
3	6
2	7
1	8

2^{da} y 4^{ta} Etapas

FIGURA 1 Áreas de mortero

Se deben completar las 4 etapas de compactación en cada compartimiento, antes de seguir con el siguiente. Una vez terminada la operación anterior en todos los compartimientos, se llena con una segunda capa y se apisonan como se hizo con la primera.

Durante la compactación de la segunda capa, al completar cada etapa y antes de iniciar la siguiente, se introduce en los compartimientos el mortero que se ha depositado en los bordes del molde, con ayuda de los dedos.

Al finalizar la compactación, las caras superiores de los cubos deben quedar un poco más altas que los bordes superiores del molde.

El mortero que se ha depositado en los bordes del molde debe verterse a los compartimientos con ayuda del badilejo.

La superficie de los cubos debe ser alisada con el lado plano del badilejo una vez en el sentido perpendicular a la longitud del mismo y otra en su sentido longitudinal. El mortero que sobresale de la cara superior del molde se quita con el badilejo sostenido casi perpendicularmente, con un movimiento de corte a lo largo de la longitud del molde. Normas NTP 399.607 y 399.610,

Almacenamiento de los cubos

Terminada la operación de llenado, el conjunto formado por los cubos, el molde y la placa, debe colocarse en la cámara húmeda de 20h a 24h con las caras superiores expuestas al aire, pero protegidas contra la eventual caída de gotas de agua.

Si los cubos se retiran de los moldes antes de 24h, deben dejarse en la cámara húmeda hasta que se complete este tiempo. Los cubos que no van a ser ensayados a las 24h deben sumergirse en agua dentro de tanques de almacenamiento construidos de material no corrosivo. El agua de almacenamiento debe cambiarse frecuentemente para que siempre este limpia. Normas NTP 399.607

Determinación de la resistencia a la compresión

Ensayar los especímenes inmediatamente después de retirarlos de la cámara húmeda, en el caso de ensayarlos a 24h de edad, y del agua de almacenamiento, en los otros casos.

Todos los cubos deben ser probados dentro de las tolerancias especificadas en la tabla 2.

TABLA 2 ; tolerancias permisibles

EDAD DEL CUBO	TOLERANCIA PERMISIBLE
24 Horas	± ½ Hora
3 Días	± 1 Hora
7 Días	± 3 Horas
28 Días	± 12 Horas

Si se toma más de un espécimen al mismo tiempo de la cámara húmeda para el ensayo a 24h, estos se mantendrán cubiertos con un paño húmedo, hasta el momento del ensayo. Si se toma más de un espécimen al mismo tiempo del agua de almacenamiento, estos deberán conservarse en agua a 23 °C +- 1.7°C y a una profundidad suficiente para que cada muestra está sumergida hasta el momento el ensayo. Normas NTP 399.607 y 399.610

Expresión de resultados

Se debe anotar la carga máxima indicada por la máquina de ensayo en el momento de la rotura, y se debe calcular la resistencia a la compresión como sigue:

$$f_m = P/A$$

Donde:

f_m: es la resistencia de la compresión en MPa:

P: es la carga máxima total en N:

A: es el área de superficie de carga en mm²

Factores que afectan la Resistencia

Según: Normas NTP 399.607 y 399.610

La relación agua- cemento (a/c). - Es el factor principal que influye en la resistencia del mortero. La relación a/c, afecta la resistencia a la compresión de los concretos con o sin aire incluido. La resistencia en ambos casos disminuye con el aumento de a/c.

El contenido de cemento. La resistencia disminuye conforme se reduce el contenido de cemento.

El tipo de cemento. La rapidez de desarrollo de resistencia varía para los concretos hechos con diferentes tipos de cemento.

Las condiciones de curado. Dado que las reacciones de hidratación del cemento sólo ocurren en presencia de una cantidad adecuada de agua, se debe mantener la humedad en el concreto durante el periodo de curado, para que pueda incrementarse su resistencia con el tiempo.

El cemento:

Es un material aglomerante hidráulico que es obtenido a partir de la pulverización del clinker, este a su vez se produce por calcinación de materiales arcillosos y materiales calcáreos hasta un punto de fusión incipiente.

Composición química:

El cemento tiene 4 componentes principales que destacaremos, además de otros que se encuentran en el cemento pero en porcentajes que no superan el 2%.

Entre los componentes principales tenemos a:

El silicato dicálcico: es el compuesto responsable de definir la resistencia final a periodos de plazo completo, por lo que no tiene demasiada influencia en el calor de hidratación que se produce inicialmente.

El silicato tricálcico: es el compuesto responsable de conferir la resistencia inicial de una mezcla y por tanto posee una gran influencia de forma directa en el calor de hidratación que se produce en este momento.

El aluminato tricálcico: este componente se comporta como el catalizador de la reacción química de ambos silicatos y generan un violento proceso de fraguado, por lo que se hace necesario retrasar el proceso de fraguado añadiéndole yeso en la etapa de elaboración del cemento.

La alumino ferrita tetracalcica, es aquel componente principal que tiene una incidencia directa en la velocidad del proceso de hidratación y en segundo orden influencia en la temperatura del proceso de hidratación

Otros componentes: son aquellos que por su porcentaje de participación se les denomina menores, entre ellos tenemos el oxido de potasio y oxido de sodio (álcalis) oxido de magnesio, oxido de titanio, etc.

TABLA 3.

Componentes químicos de las materias primas del cemento

%	COMPONENTE QUIMICO	PROCEDENCIA USUAL
95%<	Oxido de calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Sílice (SiO ₂)	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Mineral de Hierro, pirita
5%<	Oxido de Magnesio, Sodio, potasio, titanio, azufre, fósforo Y magnesio	Minerales Varios

Fuente: Riviera, G. (2013)

Tipos de cemento Portland

El cemento portland clasifica de forma general 5 tipos, cada uno de ellos con propiedades específicas.

Cemento **tipo I**: es aquel que se utiliza de forma general y no se requiere de alguna propiedad especial o condición.

Cemento **tipo II**: es similar al anterior (tipo I) uso general pero además tiene la característica de moderada capacidad de resistencia a los sulfatos.

Cemento **tipo III**: es aquel cemento para trabajos que requieran que los elementos obtengan una rápida alta resistencia inicial.

Cemento **tipo IV**: se utiliza para mezclas masivas o vaciados en climas calidos, ya que posee un reducido calor de hidratación.

Cemento **tipo V**: a diferencia del cemento tipo II, este cemento tiene se caracteriza por su elevada resistencia a los sulfatos

TABLA 4. Componentes de cemento tipo I

El cemento empleado para la presente tesis fue el cemento Portland tipo I.

Componentes	Cemento Pacasmayo Tipo I
Cal Combinada: CaO	62.5%
Sílice: SiO ₂	21%
Aluminio: 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: Riviera, G. (2013)

Los agregados:

Son los materiales inorgánicos que se les conoce también como aridos, tienen una forma granular y son de origen natural o artificial, este material proporciona la masa a las mezclas de concreto y morteros (piedra artificial) siempre con un aglomerante (cemento portland) y con el agua como material primordial el cual inicia el proceso de la reacción de las mezclas, ya sean morteros o concretos. Teodoro, E. (2005).

Clasificación de agregados según su gradación:**Agregado Fino:**

Es aquel agregado que se compone de partículas que se encuentran delimitadas entre las mallas #4 y la malla #200

AGREGADO FINO:

Según Teodoro, E. (2005), se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037.

MODULO DE FINEZA: Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario.

Módulos de fineza comprendidos entre 2.2 y 2.8 producen Concretos de buena Trabajabilidad y reducida segregación.

Módulos de fineza comprendidos entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para concretos de alta resistencia.

TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADOS: el tamaño máximo del conjunto de agregados, está dado por la abertura en la malla inmediata superior a la que retiene el 15% o más, al cribar por ella el agregado más grueso. Teodoro, E. (2005),

HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS

Contenido de Humedad (w)

El contenido de agua dentro de un agregado, expresado en porcentaje es por definición:

$$\% \text{ humedad} = \% w = \frac{(H-S)}{S} \times 100$$

Donde:

H = peso del agregado húmedo

S = peso del agregado en condición seca.

Absorción (a)

Es la cantidad de agua que un agregado necesita para pasar de la condición seca a la condición de saturado superficialmente se expresa generalmente en porcentaje.

$$\% \text{ absorción} = \% a = \frac{(D-S)}{S} \times 100$$

Donde:

D = peso del agregado saturado y superficialmente seco.

S = peso del agregado en condición seca

Humedad Superficial

La humedad superficial viene dada por la diferencia entre el contenido de humedad (%w) y el porcentaje de absorción (%a).

Casos que se presentan:

- Si $\% w > \% a$, en este caso el agregado aporta agua a la mezcla (agua libre) y dicha cantidad debe ser disminuida del agua de diseño para encontrar el agua efectiva o neta.
- Si $\% w < \% a$, en este caso el agregado tomará agua de la mezcla (agua que le falta) para llegar a la condición ideal, debiendo aumentarse dicha cantidad de agua a la mezcla para no modificar el agua de diseño.

La arcilla:

Según los autores Correa & Yulieimis (2018) consideran a la arcilla como un material de origen natural que se conforma por granos finos de minerales. Este es un material bastante moldeable cuando se combina con el agua, pudiendo darle diversas formas para luego endurecer ante el proceso de secado, ya sea naturalmente o mediante calor.

La arcilla se utiliza de forma amplia en la elaboración de objetos cerámicos, es así que se registran vestigios cerámicos desde épocas antiguas elaboradas por los antepasados. El proceso de cocción de la arcilla permite obtener una reacción química que tras varios procesos internos consigue una composición adecuada para un determinado uso: industrial, de la construcción u otras.

Desde la perspectiva de la física, la arcilla es un coloide natural que se compone de partículas muy pequeñas con una superficie lisa. Sus granos o partículas tienen un diámetro inferior a 0.002 milímetros. La textura de una partícula se fracciona en no minerales y fotolitos. Desde una perspectiva química, la arcilla es un silicato hidratado de alumina que se representa:



Este material logra adquirir plasticidad cuando se combina con agua, y posteriormente a un proceso de calcinación consigue sonoridad y dureza. La temperatura de calcinación se encuentra por encima de los 800°C. el material resultante se usa en diversos procesos industriales relacionados a temperaturas elevadas y como procesos de elaboración de papel, de producción de Clinker de cemento y procesos químicos.

Clasificación de las arcillas.**Las arcillas primarias:**

Son aquellas que se ubican en el mismo lugar donde consiguieron formarse, es decir no hay sufrido eventos físicos o químicos que los transportaron de un lugar a otro ya sea por medio del agua o los vientos. Este tipo de arcillas son escasas o raras, y tiene como característica primordial el color blanco o grisáceo, presentan poca plasticidad y de gran pureza, es por ello que son muy usadas por los ceramistas (Correa 2018)

Las arcillas secundarias:

Son las mas comunes y son aquellas que se ubican no solo en el mismo lugar donde consiguieron formarse, sino que se han transportado por eventos físicos o químicos. Este proceso de formación se logra a lo largo de los años separando la roca madre de origen y sedimentándose en otros lugares lejanos de su origen. Tiene como características la diversidad de colores vivos, desde el amarillo, rojo hasta los más oscuros llegando al color negro. Las arcillas secundarias presentan una mejor trabajabilidad debido a alta plasticidad, los ceramistas se identifican y familiarizan con este material (Correa 2018)

Las arcillas se pueden clasificar de acuerdo a su plasticidad así tenemos a las caolinitas muy plásticas, hasta la esméctica poco plásticas y además es absorbente de grasas.

Entre otros tipos de arcillas, tenemos aquellas que de acuerdo a su composición tenemos a las arcillas calcáreas, se encuentran en bloques compuestos de gravas con piedras morrenas, también la arcilla descalcificada como los esquistos

Según plasticidad tenemos la siguiente clasificación de arcillas:

- Arcilla caolinita
- Arcilla illita
- Arcilla montmorilonita.

Activación de las arcillas.

El proceso de activación de las arcillas corresponde a lograr una reacción química de la arcilla que es sometida mediante diversos procesos o proedimientos con el objetivo de conseguir una composición idónea para los requerimientos de la industria, la construcción y otras actividades.

El material sometido a temperaturas elevadas por encima de los 880 °C modifican estructuralmente sus moléculas, logrando la aparición de compuestos importantes de característica puzolánicas como el óxido de sílice. Las arcillas contienen sílice, la

bentonita es uno de ellos que luego logran transformarse o clarificarse a través de tratamientos con productos ácidos.

Las arcillas que han sido clarificadas o tratadas tienen la capacidad elevada de absorción y también de adsorción de algunos compuestos como el color, impurezas o aceites, y tienen un poder catalítico debido a su grado de acidez; y poseen una gran potencialidad en un intercambio iónico (Cruz A. 2014)(

2.- Justificación de la Investigación

Justificación social:

La investigación dentro de un contexto del uso del cemento en la elaboración de los morteros y su elevado costo de incidencia brinda una alternativa para reducir la cantidad de uso de cemento por arcilla y ser usado en la industria de la construcción; esta propuesta se realiza utilizando una nueva opción de uso de material local y que se encuentra en nuestra región y país. Es así que se podrá tener un material sustituto en reemplazo de un porcentaje en peso del cemento, por ende contribuimos socialmente a la disminución de costos que incide en la industria de la construcción.

Justificación científica:

La presente investigación en concordancia con sus necesidades específicas, resulta ser indispensable para aportar nuevo conocimiento en el área de los materiales suplementarios sus características principales y como afectan de manera positiva a una mezcla de mortero, un mortero con sustitución de cemento por arcilla, y influye de forma directa en su comportamiento mecánico y físico de las estructuras que compone. Mejoraría las condiciones de trabajo y uso si mejora la trabajabilidad, resistencia, durabilidad y uso en la construcción.

La sostenibilidad de la arcilla en nuestro país permite su aprovechamiento en los procesos y materiales relacionados a la ingeniería civil.

3.- Problemática

Debido al elevado costo en las construcciones civiles, donde el mortero para los diversos usos como material primordial para el asentado de ladrillo, entre otros, ocupa el lugar más importante a la hora de invertir, planear e implementar los materiales de construcción, nace la necesidad de buscar nuevas soluciones en

áreas de óptimo desempeño y mayor economía sin amenazar la calidad del producto.

La investigación propone utilizar un material accesible y sostenible en el tiempo que permita sustituir el aglomerante en la fabricación de una mezcla de mortero, logrando un nuevo uso para la arcilla, como alternativa económica y conservadora, de lo cual se espera que el mortero obtenga una elevada resistencia a la compresión

Ante esta problemática se plantea la siguiente formulación del problema de investigación:

¿Cuál es la evaluación de la resistencia a compresión de un mortero cuando se sustituye el cemento en un 10%, 12.5% y 15% % por arcilla - Chimbote, 2024?

OPERACIONALIZACION DE VARIABLE:

Variable dependiente: Resistencia a la compresión

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia a la compresión	Es la carga máxima que puede soportar el mortero que puede soportar por aplastamiento. (Juárez E. 2005).	Aplicar una fuerza axial sobre las caras de una probeta cubica de 5 x 5 x 5 cm , de acuerdo con las condiciones indicadas en la norma N.T.P.	Kg/cm ²

VARIABLE INDEPENDIENTE:

Porcentaje de Sustitucion del aglomerante : cemento portland en 10%, 12.5% y 15% por arcilla- Huaraz – 2024

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Sustitución de 10%, 12.5% y 15% % de arcilla	La sustitución es poner, colocar, reemplazar a algo o alguien en lugar de otra cosa o persona. Real Academia de la Lengua Española (2023)	Se realizará la sustitución del cemento en 10%, 12.5% y 15% % por arcilla en cada dosificación y elaboración de cubos de mortero.	Porcentaje (%)

5.- Hipótesis

Al sustituir el cemento en porcentajes de 10%, 12.5% y 15% % por arcilla, se mejoraría la resistencia a compresión de un mortero y se mantendría su trabajabilidad.

6.- Objetivos

Objetivo general

Determinar la resistencia a la compresión de un mortero cuando se sustituye un 10%, 12.5% y 15% % de arcilla 2024

Objetivos específicos

- Determinar el tipo de arcilla mediante los límites de Atterberg
- Determinar la temperatura y tiempo óptimo de calcinación de la arcilla mediante el ensayo de Análisis Térmico Diferencial.
- Activar térmicamente los precursores puzolánicos y determinar la composición química mediante la fluorescencia de rayos x de la arcilla.
- Determinarla trabajabilidad del mortero mediante la fluidez de la muestra patrón y de la muestra experimental don se agregue la arcilla.
- Determinar y comparar la resistencia a la compresión de los morteros con 0% y 10%, 12.5% y 15% % de sustitución al cemento con arcilla los 3,7 y 28 días de curado.

II. Metodología

Tipo y diseño de la investigación:





































Tipo.

El presente estudio es del tipo aplicado y explicativo, debido a que los resultados nos pueden servir para una buena solución del problema de investigación planteado el cual está relacionado al ámbito de la construcción y de la ingeniería civil, y debido a que se ha logrado evaluar de manera sistemática las propiedades de resistencia y fluidez cuando se le sustituye parcialmente el cemento por el material arcilla.

Diseño

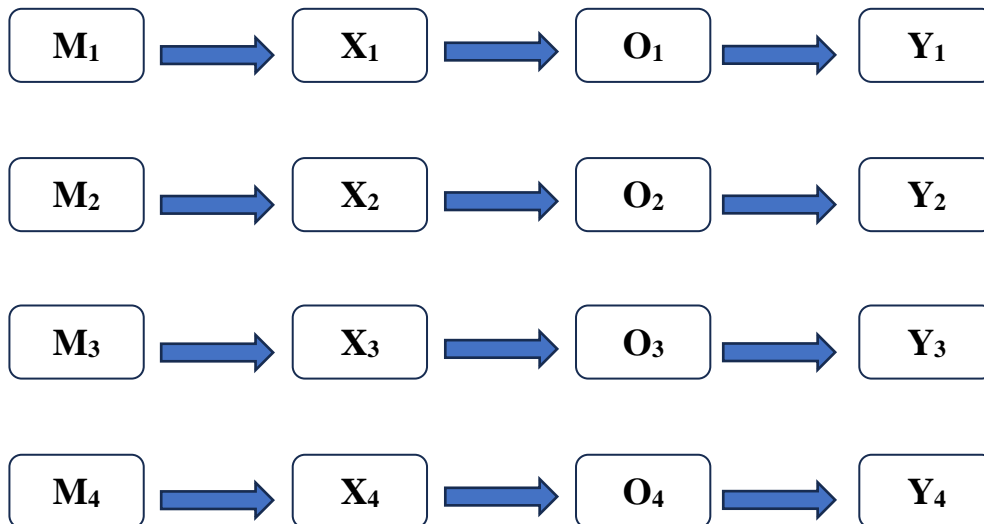
El presente estudio posee un diseño experimental, debido a que se realiza un estudio exhaustivo de una mezcla de mortero mediante un diseño sobre el cual se modifica, a decisión del autor, la cantidad de cemento sustituyendo por cantidades parciales de arcilla, la investigación se ha desarrollado de forma general en los laboratorios de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro, se realizó procesos normalizados de calcinación, gradación, elaboración de mezclas de mortero, ensayos en máquina de fluidez, ensayos de compresión de cubos, todos los que permiten responder a nuestros objetivos de investigación planteados.

Diseño de la investigación : BLOQUE COMPLETO

Evaluación de la resistencia a compresión de mortero usando arcilla en 10%, 12.5% y 15% como material cementante -Chimbote, 2024				
Días de curado	patrón	Sustitución 10%	Sustitución 12.5%	Sustitución 15%
3				
				
				
7				
				
				
28				
				
				

Siendo un diseño de nivel cuasi experimental (con patrón) su esquema es el siguiente:

ESQUEMA DE INVESTIGACION



Donde:

M₁ : Grupo Control

X₁ : Diseño de mortero convencional

O₁ : Observaciones de resultados a los 3, 7 y 28 días

Y₁ : Resistencia a la compresión (variable dependiente)

M_{2,3,4} : Grupo Experimental

X_{2,3,4} : Diseño de mezcla de mortero con cemento sustituido por arcilla en el 10% 12.5% y 15% por arcilla

O_{2,3,4} : Observaciones de resultados a los 3, 7 y 28 días

Y_{2,3,4} : Resistencia a la compresión (variable dependiente)

Población y Muestra

Esta investigación al tener el fin de estudiar como se comporta un mortero convencional cuando parte del cemento se reemplaza por el material inorgánico: arcillas es su comportamiento puzolánico o cementante. Siendo la población los morteros en que se ha utilizado una mezcla convencional y cuando se presenta reemplazo porcentual del cemento.

Los porcentajes a utilizar en el estudio de la arcilla será de 10% 12.5% y 15% del peso del cemento, obteniendo en el proporciónamiento de la mezcla de mortero.

Población

Para esta investigación se tiene como población al conjunto de cubos de mortero con dimensiones de 5 cm de lado que poseen un diseño capaz cumplir las condiciones de resistencias indicadas en el reglamento Norma Técnica Peruana.

Se realizaran 9 probetas cúbicas por cada porcentaje de sustitución según la norma ASTM C192.

(0%) de sustitución: 9 (Probetas de patrón convencional)

(10%) de sustitución de arcilla: 9 (Experimentales)

(12.5%) de sustitución de arcilla: 9 (Experimentales)

(15%) de sustitución de arcilla: 9 (Experimentales)

Total de probetas cúbicas **N=36**

Muestra

La muestra evaluada ha estado representada por la totalidad de 36 cubos de morteros, 9 morteros sin sustitución y 27 morteros con sustitución de 10% 12.5% y 15% por arcilla de ambos grupos, en los que se ha efectuado los ensayos correspondiente en las instalaciones del laboratorio de la Universidad San Pedro, sede Central, lograndose obtener los resultados según certificados por el Laboratorio de Mecanica de Suelos, tanto de la resistencia a compresión, fluidez, granulometría, entre otros.

e. Técnicas e instrumentos de investigación

Las técnicas para la recolección de la información utilizada en la investigación es:

- la Observacion científica.

Instrumentos que se usaron son:

- resúmenes
- guías de observación
- fichas de ensayos o fichas técnicas

Se ha utilizado durante los ensayos como instrumento la guía de observación y fichas técnicas en las cuales se registro los valores de resistencia, longitudes, de las muestras cubicas de mortero según días de curado, las fichas que se usaron en laboratorio corresponden a las fichas validadas por la norma de cada uno de los ensayos, una de estos ensayos es la resistencia a compresión (ver anexos).

8.- Procesamiento y análisis de los datos

Para el trabajo de procesamientos, de clasificación y ordenamiento y por último para elaborar los resúmenes de los datos obtenidos se realizaron mediante la descripción además de la fase inferencial, por tal motivo se ha hecho uso de programas, así como gráficos de histogramas de frecuencias, barras estadísticas, etc. También se calcularon algunas medidas estadísticas como: promedio, varianza, proporciones, etc

III. Resultados

Del objetivo: Determinar el tipo de arcilla de Anta.

Se realizó los ensayos a la arcilla MTC E 110 para la determinación de los límites de Aterberg, se pudo determinar los valores :

- Límite Líquido 64.62
- Límite plástico 16.20
- Índice de plasticidad: 48.41

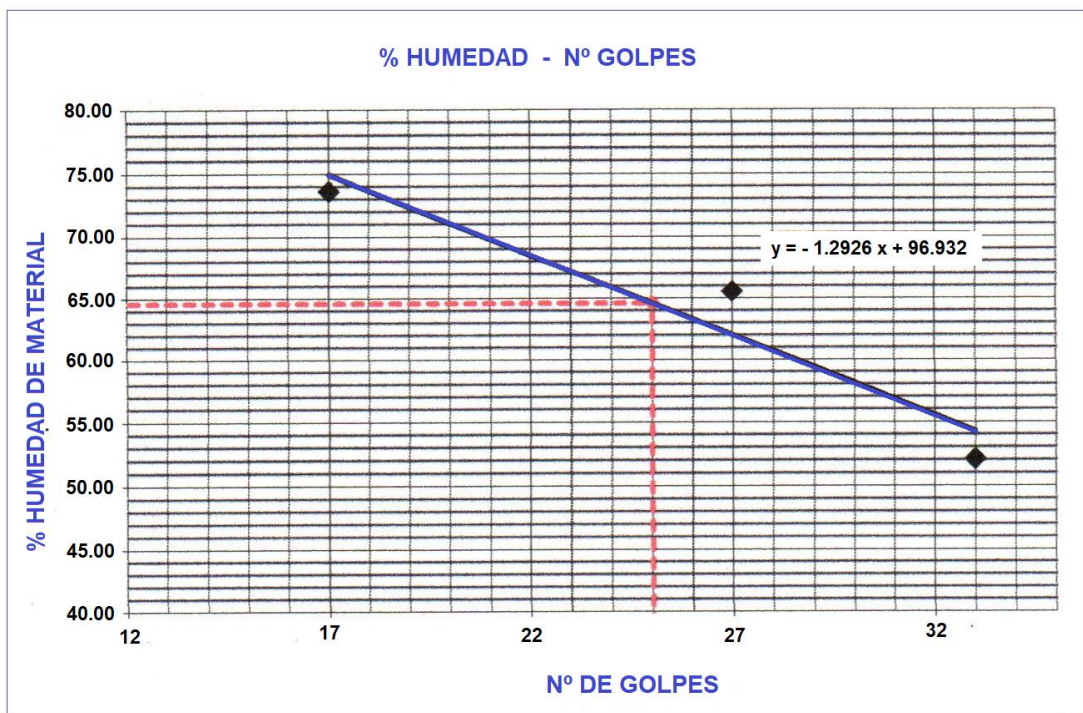


Figura 2. intersección de numero de golpes y el % humedad para encontrar el limite liquido

Del objetivo:

Determinar la temperatura de activación de la arcilla

De la búsqueda de la activación térmica de la arcilla se tiene como antecedentes los ensayos de Analisis Termico Diferencial que se ha desarrollado investigaciones que usan como objeto de estudio la arcilla.

En Ensayo se realizó en el Laboratorio de los Polimeros – UNT , la cantidad de muestra que se extrajo se extendió en depósitos metálicos , se lavó (2 veces), luego se tamizó en malla organza , para el secado a cielo abierto , luego se trituroó en un depósito de cerámico (mortero) posteriormente se pasa por el tamiz #200 , se llevo 10 gr de esta arcilla para que se realice el análisis térmico diferencial

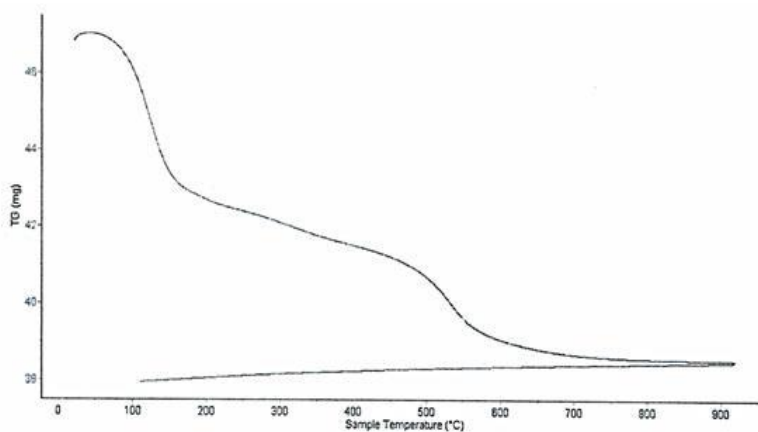


Figura 3: Curva de Pérdida de Masa - Analisis Termo Gravimetrico – Arcilla
Fuente: Universidad Nacional de Trujillo – Laboratorio de Polimeros

La figura 3 permite observar dos puntos que se identifican como pérdidas de la masas que son muy significativas, para la arcilla se produce inicialmente en el intervalo 90 a 140 °C, en este punto se produce la Pérdida de masa por la evaporacion provocada de forma constante, el Segundo punto corresponde al interval entre 470 a 550 °C, que corresponde al cambio de fase de la estructura molecular de las arcillas y su transformación a óxidos de silicio y su generación de puzolanidad. Luego de este este interval sigue una disminución de masa de forma gradual hasta los 920 °C .

La pérdida de masa gradual llega a ser hasta el 24% de su masa inicial de la arcilla.

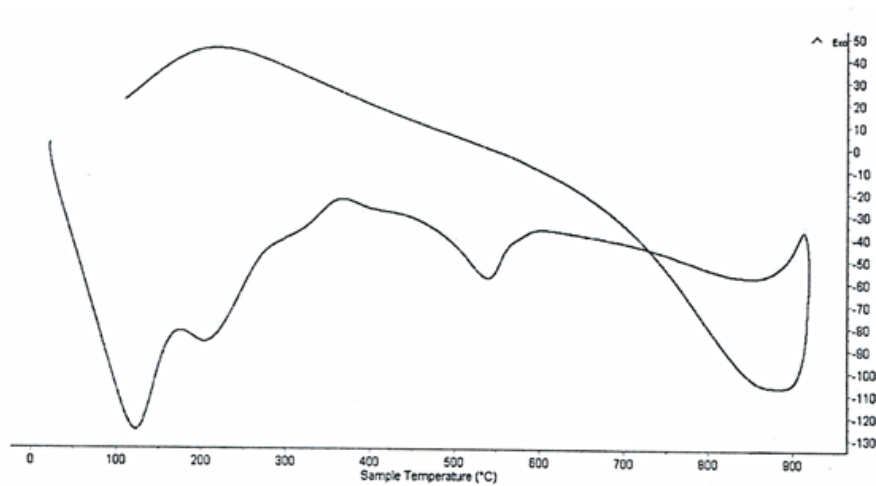


Figura 4: Curva de calorimetría – Arcilla

Fuente: Universidad Nacional de Trujillo – Laboratorio de Polímeros

Se aprecia que al absorber calor provoca el cambio de capacidad calorífica de la arcilla y se presenta en el aumento de la temperatura (se calienta), este proceso térmico inicia por tanto la evaporación del contenido de humedad natural produciéndose una transición endotérmica cuando se esta alrededor de 530°C., es en este punto que se libera la energía e inicia la etapa de oxidación, en la figura 4 se aprecia un pico (hacia abajo) endotérmico al rededro de los 110°C y otra región alrededor del intervalo de 170°C a 220°C.

Para la consecución de un material puzolánico se utilizó este valor como una guía calcinando de forma controlada por un tiempo de 1 hora a una temperatura de 540°C.

Del objetivo

Determinar la composición química y la estructura molecular de la arcilla

Este proceso de caracterización del material experimental corresponde a verificar los componentes similares al cemento portland, lo cual permite el uso o reemplazo del cemento

Caracterización del material

Tabla N°05
Composición química de la arcilla

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	51.772	
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	43.000	Espectrometría de Fluorescencia De Rayos X
Oxido de Potasio (K ₂ O)	3.406	
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	1.033	
Oxido de calcio (CaO)	0.711	
Oxido de Manganeso (MnO)	0.101	
Oxido de Cadmio (CdO)	0.027	

Fuente: Universidad Nacional de Trujillo – Laboratorio de Polimeros

INTERPRETACIÓN:

Se puede apreciar en la tabla anterior que la composición química en su parte fundamental de la arcilla como sustancia, se logró determinar mediante el uso del ensayo de Fluorescencia de Rayos X mediante la espectrometría de la arcilla, logrando comprobar la presencia de dióxido de silicio y de trióxido de aluminio, elementos que están contenidos en el cemento portland.

Por tanto, podemos afirmar que al analizar la muestra de arcilla tiene un potencial puzolánico

Del objetivo

Determinar la trabajabilidad mediante el ensayo de fluidez del mortero

Los resultados de la trabajabilidad está en relación con la fluidez que esta mezcla en estado fresco cumpla, según el ensayo de la mesa de fluidez debe cumplir con el porcentaje de asentamiento tras un proceso mecánico de golpeo.

Para la trabajabilidad del mortero se evaluó la fluidez, mediante el ensayo de la mesa de fluidez del mortero en estado fresco.

De acuerdo a la norma técnica peruana NTP 334-057 se uso en los morteros cementos tipo I, y una relación de agua cemento de 0.485, lográndose obtener:

Para el mortero patrón: se obtuvo los siguientes diámetros de la mezcla después de haber sido sometido a proceso de golpeo (25 veces)

- 20.60
- 21.30
- 21.00
- 21.20

Con estos valores se obtiene un promedio de 21.025 cm, este valor sustituyendo en la correspondiente fórmula para la fluidez, entonces tenemos:

$$\% \text{ de Fluidez} = \frac{\text{Diametro promedio} - 10.16}{10.16 \text{ cm}} * 100$$

$$\% \text{ de Fluidez} = \frac{21.025 - 10.16}{10.16 \text{ cm}} * 100$$

$$\% \text{ fluidez} = 106.94$$

Utilizando la relación agua cemento A/C 0.485 que recomienda la norma técnica peruana NTP 334-051, se logran obtener porcentajes de fluidez de 106.94%.

Este valor se encuentra dentro del rango establecido (110% \pm 5%), por lo que la mezcla de mortero patrón presenta una **trabajabilidad aceptable**.

Para el mortero experimental al 10% de arcilla: se obtuvo los siguientes diámetros de la mezcla después de haber sido sometido a proceso de golpeo (25 veces)

- 21.50
- 20.90
- 20.60
- 21.60

Con estos valores se obtiene un promedio de 21.150 cm, este valor sustituyendo en la correspondiente fórmula para la fluidez, entonces tenemos:

$$\% \text{ de Fluidez} = \frac{\text{Diametro promedio} - 10.16}{10.16 \text{ cm}} * 100$$

$$\% \text{ de Fluidez} = \frac{21.15 - 10.16}{10.16 \text{ cm}} * 100$$

$$\% \text{ fluidez} = 108.17 \%$$

Utilizando la relación agua cemento A/C 0.485 que recomienda la norma técnica peruana NTP 334-051, se logran obtener porcentajes de fluidez de 108.17%.

Este valor se encuentra dentro del rango establecido (110% ±5%), por lo que la mezcla de mortero patrón presenta una trabajabilidad aceptable.

Para el mortero experimental al 12.5% de arcilla: se obtuvo los siguientes diámetros de la mezcla después de haber sido sometido a proceso de golpeo (25 veces)

- 20.90
- 21.60
- 21.40
- 20.80

Con estos valores se obtiene un promedio de 21.175 cm, este valor sustituyendo en la correspondiente fórmula para la fluidez, entonces tenemos:

$$\% \text{ de Fluidez} = \frac{\text{Diametro promedio} - 10.16}{10.16 \text{ cm}} * 100$$

$$\% \text{ de Fluidez} = \frac{21.175 - 10.16}{10.16 \text{ cm}} * 100$$

$$\% \text{ fluidez} = 108.42 \%$$

Utilizando la relación agua cemento A/C 0.485 que recomienda la norma técnica peruana NTP 334-051, se logran obtener porcentajes de fluidez de 108.42%.

Este valor se encuentra dentro del rango establecido (110% ±5%), por lo que la mezcla de mortero patrón presenta una trabajabilidad aceptable.

Para el mortero experimental al 15% de arcilla: se obtuvo los siguientes diámetros de la mezcla después de haber sido sometido a proceso de golpeo (25 veces)

- 21.00
- 21.50
- 21.00
- 21.60

Con estos valores se obtiene un promedio de 21.275 cm, este valor sustituyendo en la correspondiente fórmula para la fluidez, entonces tenemos:

$$\% \text{ de Fluidez} = \frac{\text{Diametro promedio} - 10.16}{10.16 \text{ cm}} * 100$$

$$\% \text{ de Fluidez} = \frac{21.275 - 10.16}{10.16 \text{ cm}} * 100$$

$$\% \text{ fluidez} = 109.40 \%$$

Utilizando la relación agua cemento A/C 0.485 que recomienda la norma técnica peruana NTP 334-051, se logran obtener porcentajes de fluidez de 109.40%.

Este valor se encuentra dentro del rango establecido (110% ±5%), por lo que la mezcla de mortero patrón presenta una trabajabilidad aceptable.

Tabla N°06

Resumen de la fluidez de las mezclas de mortero patron y experimentales

	Diámetro promedio final	Diámetro inicial	Fluidez
Mortero Patrón	21.025	10.16	106.94 %
Mortero experimental con 10%	21.150	10.16	108.17 %
Mortero experimental con 12.5%	21.178	10.16	108.42 %
Mortero experimental con 15%	21.275	10.16	109.40 %

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

Del objetivo determinar la resistencia

RESULTADOS DEL MORTERO PATRON

Tabla N°07

Resistencia del mortero patrón en kg/cm² obtenidos a los 3, 7 y 28 días por unidades muestrales.

3 días			7 días			28 días		
M-1	199.53	200.05	M-1	239.62	240.05	M-1	326.80	330.00
M-2	201.42		M-2	237.89		M-2	328.57	
M-3	199.22		M-3	242.63		M-3	334.64	

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

Tabla 13

Resistencia promedio del mortero patrón en kg/cm² obtenidos a los 3, 7 y 28 días.

DÍAS	Patrón kg/cm ²
3	200.05
7	240.05
28	330.00

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

Se muestra en la Tabla 7, los resultados de las resistencias a compresión de los cubos de mortero a los 3 días a os 7 días y a los 28 días, se logra verificar que la resistencia aumenta de acuerdo a los días de curado llegando a un valor máximo de 330.0 kg/cm² a los 28 días de curado. Con estos datos se puede graficar los resultados en el siguiente histograma de frecuencias.

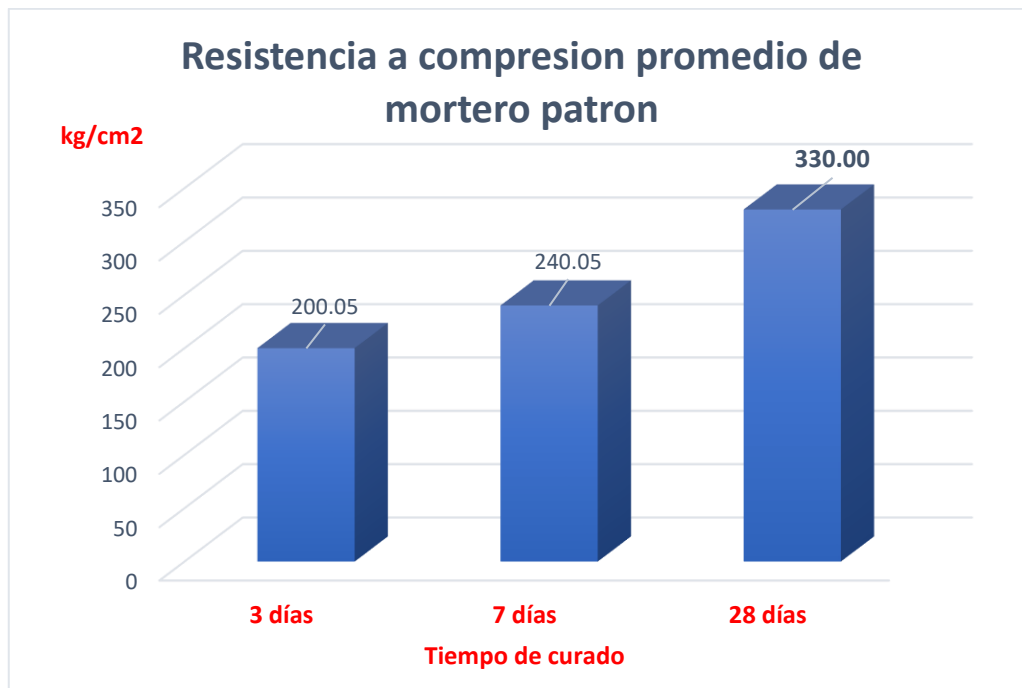


Figura 5; resistencia la compresión de mortero patrón

Tabla N°08: resistencia a compresión de cubos de mortero patrón

TESTIGO		FECHA		EDAD	peso	densidad	longitud	longitud	longitud	area	carga	FC	FC
N°	ELEMENTO	MOLDEO	ROTURA	DIAS	gr	gr/cm3	a	b	c	a x b	kg	Kg/cm2	Kg/Cm2
01	PATRÓN	19/07/2024	22/07/2024	3	286	2.148	5.13	5.09	5.10	26.11	5210	199.53	
02	PATRÓN	19/07/2024	22/07/2024	3	288	2.158	5.12	5.12	5.09	26.21	5280	201.42	200.05
03	PATRÓN	19/07/2024	22/07/2024	3	293.1	2.197	5.12	5.10	5.11	26.11	5202	199.22	
04	PATRÓN	19/07/2024	26/07/2024	7	294.2	2.231	5.06	5.13	5.08	25.96	6220	239.62	
05	PATRÓN	19/07/2024	26/07/2024	7	289.2	2.210	5.08	5.06	5.09	25.70	6115	237.89	240.05
06	PATRÓN	19/07/2024	26/07/2024	7	291.2	2.243	5.06	5.05	5.08	25.55	6200	242.63	
07	PATRÓN	19/07/2024	16/08/2024	28	286.2	2.158	5.10	5.10	5.10	26.01	8500	326.80	
08	PATRÓN	19/07/2024	16/08/2024	28	288.4	2.174	5.09	5.11	5.10	26.01	8546	328.57	330.00
09	PATRÓN	19/07/2024	16/08/2024	28	287.6	2.172	5.11	5.09	5.09	26.01	8704	334.64	

**RESULTADOS DEL MORTERO EXPERIMENTAL CON 10% DE
SUSTITUCION DE CEMENTO POR ARCILLA**

Tabla N°09

Resistencia del mortero EXPERIMENTAL AL 10 % en kg/cm² obtenidos a los 3, 7 y 28 días por unidades muestrales.

3 días			7 días			28 días		
M-1	249.15	250.12	M-1	319.67	320.06	M-1	429.76	415.10
M-2	252.97		M-2	316.95		M-2	413.99	
M-3	248.25		M-3	323.58		M-3	401.54	

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro -
2024

Tabla N°10

Resistencia promedio del mortero EXPERIMENTAL AL 10 %
en kg/cm² obtenidos a los 3, 7 y 28 días.

DÍAS	Patrón kg/cm²
3	250.12
7	320.06
28	415.10

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro -
2024

Se muestra en la Tabla N°10, los resultados de las resistencias a compresión de los cubos de mortero a los 3 días a os 7 días y a los 28 días, se logra verificar que la resistencia aumenta de acuerdo a los días de curado llegando a un valor máximo de 415.10 kg/cm² a los 28 días de curado. Con estos datos se puede graficar los resultados en el siguiente histograma de frecuencias.

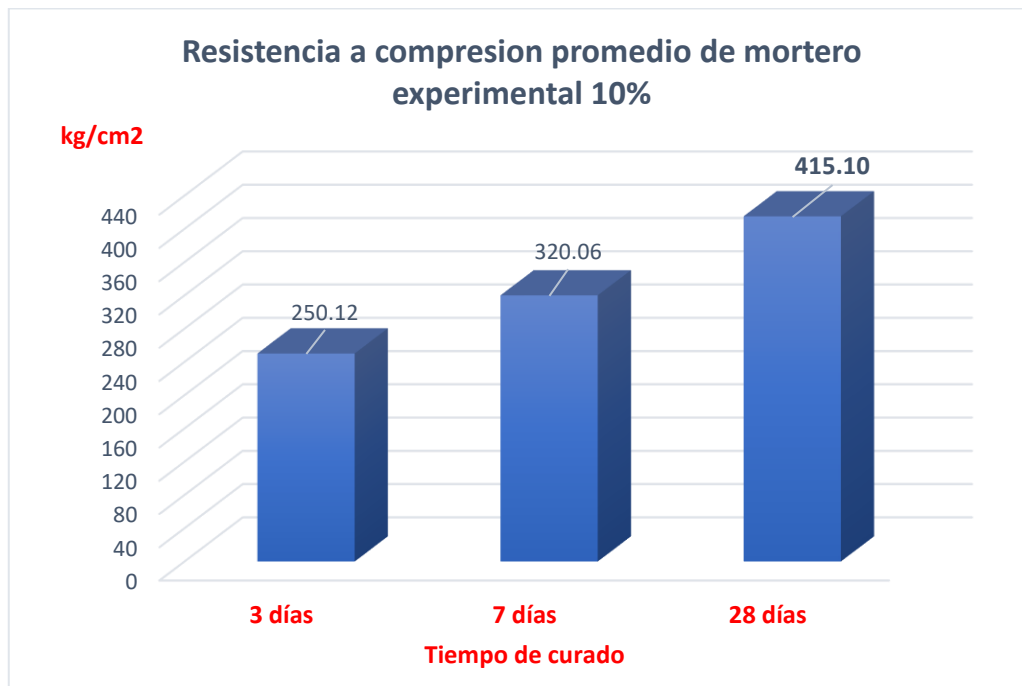


Figura N°06; resistencia la compresión de mortero EXPERIMENTAL AL 10%.

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

Tabla N°11 resistencia a compresión de cubos de mortero EXPERIMENTAL AL 10 %

TESTIGO		FECHA		EDAD	peso	densidad	longitud	longitud	longitud	area	carga	FC	FC
N°	ELEMENTO	MOLDEO	ROTURA	DIAS	gr	gr/cm3	a	b	c	a x b	kg	Kg/cm2	Kg/Cm2
01	EXP 10 %	19/07/2024	22/07/2024	3	296.2	2.260	5.02	5.05	5.00	25.33	6310	249.15	
02	EXP 10 %	19/07/2024	22/07/2024	3	284.2	2.254	5.03	5.01	5.00	25.22	6380	252.97	250.12
03	EXP 10 %	19/07/2024	22/07/2024	3	285.2	2.246	5.05	5.03	5.00	25.40	6306	248.25	
04	EXP 10 %	19/07/2024	26/07/2024	7	294.5	2.319	5.05	5.03	5.00	25.40	8120	319.67	
05	EXP 10 %	19/07/2024	26/07/2024	7	294.7	2.275	5.10	5.08	5.00	25.90	8210	316.95	320.06
06	EXP 10 %	19/07/2024	26/07/2024	7	293.7	2.308	5.08	5.01	5.00	25.45	8235	323.58	
07	EXP 10 %	19/07/2024	16/08/2024	28	294.3	2.302	5.03	5.09	5.00	25.57	10990	429.76	
08	EXP 10 %	19/07/2024	16/08/2024	28	298.8	2.314	5.08	5.09	5.00	25.82	10690	413.99	415.10
09	EXP 10 %	19/07/2024	16/08/2024	28	296.1	2.327	5.04	5.06	5.00	25.45	10220	401.54	

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

**RESULTADOS DEL MORTERO EXPERIMENTAL CON 12.5% DE
SUSTITUCION DE CEMENTO POR ARCILLA**

Tabla N°12

Resistencia del mortero EXPERIMENTAL AL 12.5% en kg/cm² obtenidos a los 3, 7 y 28 días por unidades muestrales.

3 días			7 días			28 días		
M-1	273.80	275.05	M-1	401.16	400.25	M-1	435.34	440.11
M-2	276.70		M-2	398.99		M-2	437.87	
M-3	274.64		M-3	400.59		M-3	447.11	

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

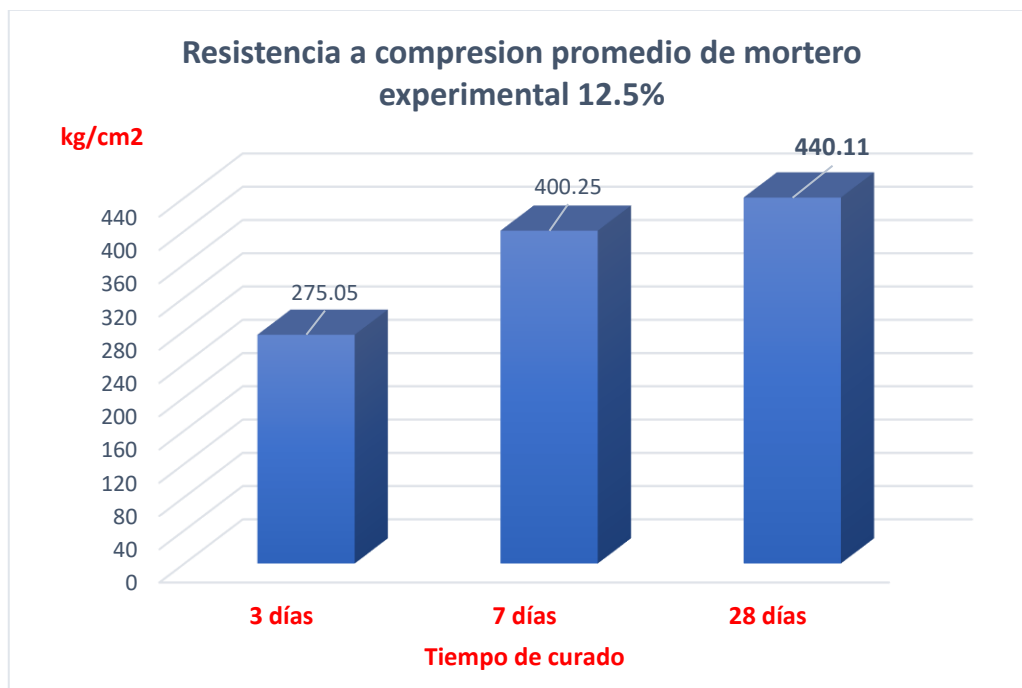
Tabla N°13

Resistencia promedio del mortero EXPERIMENTAL AL 12.5% en kg/cm² obtenidos a los 3, 7 y 28 días.

DÍAS	Patrón kg/cm²
3	275.05
7	400.25
28	440.11

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

Se muestra en la Tabla 13, los resultados de las resistencias a compresión de los cubos de mortero a los 3 días a os 7 días y a los 28 días, se logra verificar que la resistencia aumenta de acuerdo a los días de curado llegando a un valor máximo de 440.11 kg/cm² a los 28 días de curado. Con estos datos se puede graficar los resultados en el siguiente histograma de frecuencias.



FiguraN°07; resistencia la compresión de mortero EXPERIMENTAL AL 12.5%

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

Tabla N°14: resistencia a compresión de cubos de mortero EXPERIMENTAL AL 12.5%

TESTIGO		FECHA		EDAD	peso	densidad	longitud	longitud	longitud	area	carga	FC	FC
N°	ELEMENTO	MOLDEO	ROTURA	DIAS	gr	gr/cm3	a	b	c	a x b	kg	Kg/cm2	Kg/Cm2
01	EXP 12.5%	19/07/2024	22/07/2024	3	290.3	2.259	5.03	5.09	5.02	25.60	7010.00	273.80	
02	EXP 12.5%	19/07/2024	22/07/2024	3	287.6	2.119	5.06	5.12	5.05	25.90	7164.00	276.70	275.05
03	EXP 12.5%	19/07/2024	22/07/2024	3	286.6	2.121	5.08	5.17	5.15	26.24	7206.00	274.64	
04	EXP 12.5%	19/07/2024	26/07/2024	7	295.1	2.310	5.01	5.10	5.00	25.55	10250.00	401.16	
05	EXP 12.5%	19/07/2024	26/07/2024	7	295.2	2.309	5.04	5.07	5.00	25.57	10210.00	398.99	400.25
06	EXP 12.5%	19/07/2024	26/07/2024	7	295.2	2.306	5.04	5.09	5.00	25.60	10235.00	400.59	
07	EXP 12.5%	19/07/2024	16/08/2024	28	296.7	2.334	5.00	5.08	5.00	25.42	11075.00	435.34	
08	EXP 12.5%	19/07/2024	16/08/2024	28	294.6	2.341	5.02	5.01	5.00	25.17	11030.00	437.87	440.11
09	EXP 12.5%	19/07/2024	16/08/2024	28	297.6	2.371	5.01	5.02	5.00	25.10	11200.00	447.11	

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

**RESULTADOS DEL MORTERO EXPERIMENTAL CON 15% DE
SUSTITUCION DE CEMENTO POR ARCILLA**

Tabla N°15

Resistencia del mortero EXPERIMENTAL AL 15% en kg/cm² obtenidos a los 3, 7 y 28 días por unidades muestrales.

3 días			7 días			28 días		
M-1	273.40	280.08	M-1	390.12	390.04	M-1	326.80	460.05
M-2	284.28		M-2	390.18		M-2	328.57	
M-3	282.56		M-3	389.81		M-3	334.64	

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

Tabla N°16

Resistencia promedio del mortero EXPERIMENTAL AL 15% en kg/cm² obtenidos a los 3, 7 y 28 días.

DÍAS	Patrón kg/cm²
3	280.08
7	390.04
28	460.05

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

Se muestra en la Tabla 16, los resultados de las resistencias a compresión de los cubos de mortero a los 3 días a os 7 días y a los 28 días, se logra verificar que la resistencia aumenta de acuerdo a los días de curado llegando a un valor máximo de de 460.05 kg/cm² a los 28 días de curado, siendo este valor el máximo encontrado en la investigación por lo que se infiere que la sustitución del 15% del cemento por arcilla calcinada es el porcentaje optimo de sustitución o reemplazo. Con estos datos se puede graficar los resultados en el siguiente histograma de frecuencias.

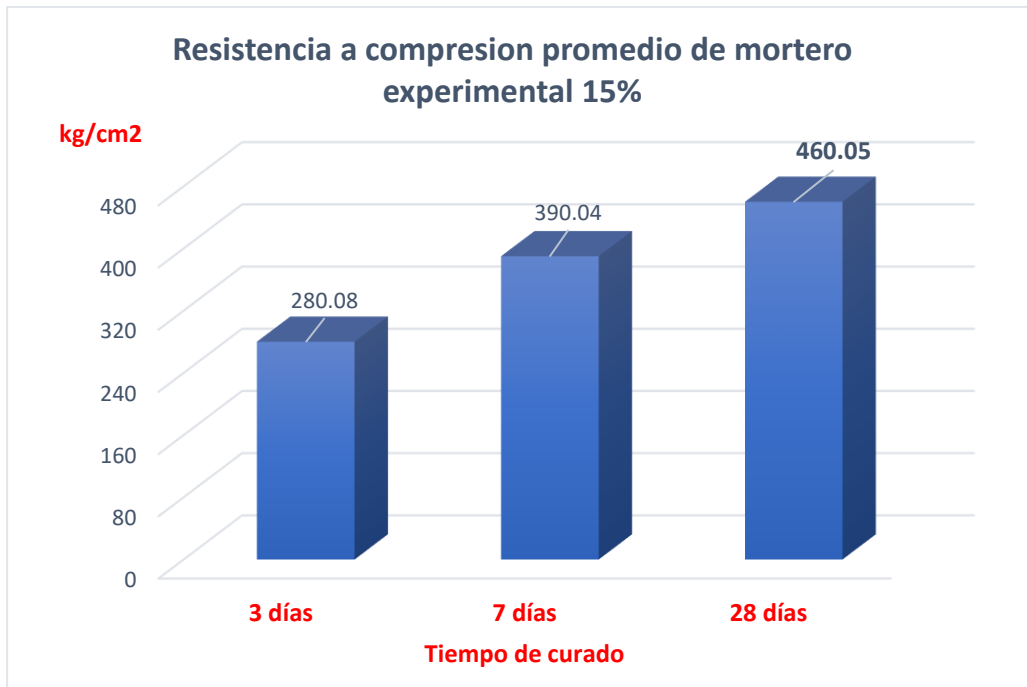


Figura N°08; resistencia la compresión de mortero EXPERIMENTAL AL 15% .
Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

Tabla N°17: resistencia a compresión de cubos de mortero EXPERIMENTAL AL 15%

TESTIGO		FECHA		EDAD	peso	densidad	longitud	longitud	longitud	area	carga	FC	FC
N°	ELEMENTO	MOLDEO	ROTURA	DIAS	gr	gr/cm3	a	b	c	a x b	kg	Kg/cm2	Kg/Cm2
01	EXP 15%	19/07/2024	22/07/2024	3	292.2	2.283	5.08	5.04	5.00	25.60	7000.00	273.40	
02	EXP 15%	19/07/2024	22/07/2024	3	289.4	2.297	5.03	5.01	5.00	25.20	7164.00	284.28	280.08
03	EXP 15%	19/07/2024	22/07/2024	3	286.6	2.248	5.06	5.04	5.00	25.50	7206.00	282.56	
04	EXP 15%	19/07/2024	26/07/2024	7	294.4	2.323	5.03	5.04	5.00	25.35	9890.00	390.12	
05	EXP 15%	19/07/2024	26/07/2024	7	293.7	2.294	5.05	5.07	5.00	25.60	9990.00	390.18	390.04
06	EXP 15%	19/07/2024	26/07/2024	7	293.6	2.298	5.01	5.10	5.00	25.55	9960.00	389.81	
07	EXP 15%	19/07/2024	16/08/2024	28	295.2	2.338	5.03	5.02	5.00	25.25	11675.00	462.37	
08	EXP 15%	19/07/2024	16/08/2024	28	296.8	2.318	5.04	5.08	5.00	25.60	11715.00	457.56	460.05
09	EXP 15%	19/07/2024	16/08/2024	28	298.8	2.311	5.10	5.07	5.00	25.86	11900.00	460.22	

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

Resultados de resistencia para todos los mortero evaluados

Tabla N°18: Resistencia a compresión de cubos de mortero PATRON

MORTERO PATRON			
Testigo	Curado (días)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
1	3	199.53	
2	3	201.42	
3	3	199.22	200.05
4	7	239.62	
5	7	237.89	
6	7	242.63	240.05
7	28	326.80	
8	28	328.57	
9	28	334.64	330.00

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

Tabla N°19: Resistencia a compresión de cubos de mortero

EXPERIMENTAL al 10%

MORTERO EXPERIMENTAL al 10%			
Testigo	Curado (días)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
1	3	249.15	
2	3	252.97	
3	3	248.25	250.12
4	7	319.67	
5	7	316.95	
6	7	323.57	320.06
7	28	429.76	
8	28	413.99	
9	28	401.54	415.10

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

Tabla N°20: Resistencia a compresión de cubos de mortero

EXPERIMENTAL al 12.5%

MORTERO EXPERIMENTAL al 12.5%			
Testigo	Curado (días)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
1	3	273.80	
2	3	276.63	
3	3	274.64	275.02
4	7	401.16	
5	7	399.25	
6	7	399.76	400.06
7	28	435.68	
8	28	438.22	
9	28	446.21	440.04

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

Tabla N°21: Resistencia a compresión de cubos de mortero

EXPERIMENTAL al 15%

MORTERO EXPERIMENTAL al 15%			
Testigo	Curado (días)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)
1	3	273.40	
2	3	284.28	
3	3	282.56	280.08
4	7	390.12	
5	7	390.18	
6	7	389.81	390.04
7	28	462.37	
8	28	457.56	
9	28	460.22	460.05

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

TablaN°22: Resistencia PROMEDIO de mortero PATRON Y EXPERIMENTALES

Curado	RESISTENCIA A COMPRESION			
	Mortero patron	Mortero exp. 10% arcilla	Mortero exp. 12.5 % arcilla	Mortero exp. 15. % arcilla
3 días	200.05	250.12	275.02	275.02
7 días	240.05	320.06	400.06	390.04
28 días	330.00	415.10	440.04	460.05

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

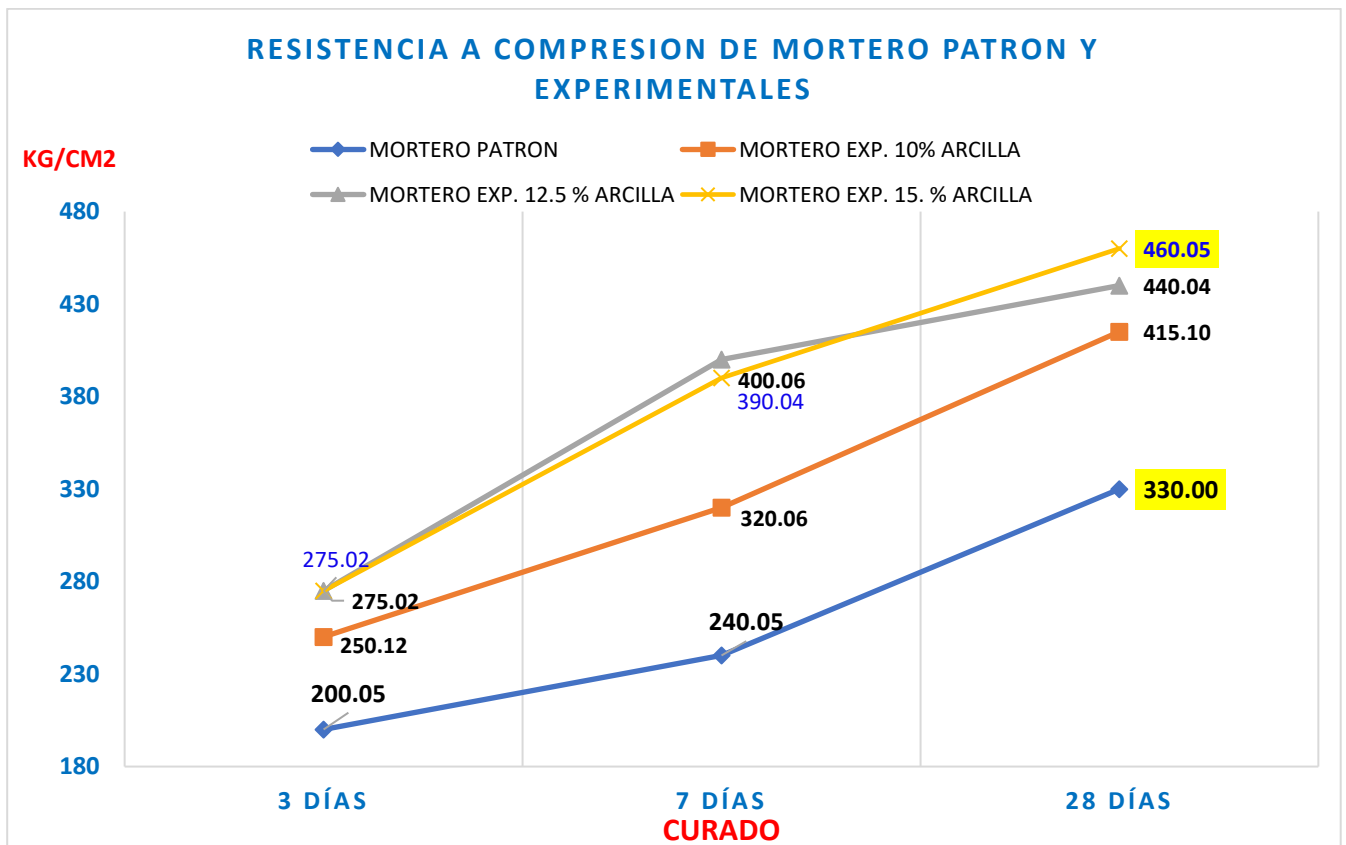


Figura N°09; Resistencia la compresión de mortero PATRON Y EXPERIMENTALES

Fuente: Ensayos de laboratorio de Arista Llanca – Universidad San Pedro - 2024

IV. Análisis y Discusión

Del objetivo N°01

Del objetivo N°02

De los resultados de esta investigación al elaborar el análisis de los ensayos de resistencia a la compresión del mortero a periodos de 3, 7 y 28 días, de forma similar que Zuloaga L.(2021) y Cruzate 2024, se ha obtenido valores ascendentes de esta propiedad mecánica del mortero. De acuerdo a la tabla 27 se verifica que el mortero patrón es el que presenta los valores de referencia para cada periodo de curado respecto a los morteros experimentales a los que se les ha sustituido cemento en porcentajes de 10%, 12.5% y 15%.

A los 3 días de curado los morteros experimentales de 12.5% y 15% superaron al mortero patrón en 37.48% ($275.02/200.05 * 100$); a los 7 días de curado el mortero experimental con mejor resultado fue el mortero experimental de 12.5% superando al mortero patrón en 62.45% ($400.06/240.05 * 100$); a los 28 días de curado, fecha máxima de curado, el mortero que mejor comportamiento mecánico de resistencia fue el mortero experimental de 15% superando al mortero patrón en 39.41%.

La investigación confirma que la arcilla como material sustitutorio del cemento es viable como lo indica Mejia, C. et al (2021) en porcentajes que no superen este 15% de sustitución.

Los resultados en ascenso de las resistencias fueron en el mortero patrón y experimentales de 10%, 12.5% y 15% de 330.0 kg/cm², 415.10 kg/cm², 440.04 kg/cm², y 460.05 kg/cm², respectivamente.

De acuerdo a la tabla 15 respecto a las fluides de las mezclas de mortero patrón y experimentales se obtienen resultados que se encuentran dentro del rango que señala el ensayo de mesa de fluidez MTC E110 cuyos valores deben ser 110% \pm 5%, siendo para el mortero patrón 106.94% , para el mortero experimental del 10%: un 108.17%, para el mortero experimental del 12.5%:un 108.42%, y para el mortero experimental del 15%: un 109.40%, es decir que se todos los morteros tienen valores entre 105% al 115% , por lo que se puede afirmar mediante este ensayo que todos los morteros en

estado fresco evaluados presentan una fluidez dentro del rango de asentamiento en la mesa de fluides, por lo que la trabajabilidad de los morteros es adecuada y óptima para su uso en la construcción.

Respecto a la activación térmica de la arcilla según antecedentes de ensayo de Análisis Térmico Diferencial que se han venido desarrollando en investigaciones precedentes que usan a la arcilla como material suplementario del cemento, se referenció ensayo que se han realizado en el Laboratorio de los Polímeros – UNT , a los cuales se lleva una pequeña cantidad de muestras aproximadamente 10 gr , , previo al proceso de lavado de la arcilla que se extrajo y se extendió en depósitos metálicos , se lavó (2 veces), luego se tamizó en malla organza , para el secado a cielo abierto , luego se trituroó en un depósito de cerámico (mortero) posteriormente se pasa por el tamiz #200, después de este proceso se lleva 10 gr de esta arcilla para que se realice el análisis térmico diferencial; para la investigación presente la arcilla lavada y secada se calcinó en mufla a temperatura controlada de 540°C por 1 hora. Después del cual recién se utilizó para la elaboración de los morteros experimentales donde se sustituyó el cemento por este material en distintos porcentajes.

V. Conclusiones

El tipo de arcilla es una arcilla plástica Illita, de acuerdo a los límites de Atterberg y utilizando el cuadro de Holtz y Kovac, tiene un límite líquido de 64.62, un límite plástico de 16.20 y un índice de plasticidad de 48.41.

La temperatura de calcinación determinada mediante ensayo de análisis térmico diferencial de la arcilla es de 540°C por un tiempo de 1 hora,

La trabajabilidad del mortero patrón y experimentales es adecuada y óptima para su uso en la construcción porque se encuentran dentro del rango que señala el ensayo de mesa de fluidez MTC E110 cuyos valores deben ser 110% \pm 5%, con valores de 106.94%, 108.17%, 108.42%, y 109.40%.

La resistencia a compresión se evaluó según los días de curado: a los 3 días, 7 días y 28 días. Los morteros experimentales de 10%, 12.5% y 15% superaron al mortero patrón en la resistencia a compresión con valores de, 415.10 kg/cm², 440.04 kg/cm², y 460.05 kg/cm² a los 28 días de curado respecto al patrón que alcanzó un valor de 330.00 kg/cm².

VI. Recomendaciones

Para la elaboración del mortero se sugiere tras la evaluación de su comportamiento en ensayos, utilizar 15% de arcilla como material sustituyente del cemento, porque aumenta su resistencia a compresión de la mezcla en estado endurecido.

Se recomienda adecuada gradación de la arena gruesa para la elaboración de los morteros.

El uso de la arcilla debe luego de recibir un tratamiento térmico de calcinación controlada a una temperatura de 540°C por un tiempo de 1 hora.

Se recomienda la continuación de optimización del porcentaje de sustitución de cemento en las mezclas no solo de morteros sino también de concreto.

Se recomienda tener buen control en la mano de obra ya que es un punto muy importante al momento de la elaboración y uso del mortero por ejemplo en los asentados de ladrillos

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto, F. (2003). Tecnología del Concreto. Perú: Editorial San Marcos.
- Abbas, Abo-El-Enein, & Ezzat, E.-S. (2010). Propiedades y durabilidad del cemento con adición de metacaolín: mortero y hormigón. *Materiales de Construcción*. Vol. 60, 33-49.
- Bryan, D; Hugger, J; Horstam, M; Voss E. (2008, 8 de diciembre). Nuevos Desarrollos en la Tecnología del Concreto, PHI- Planta de Hormigón Internacional. Recuperado de <http://www.imcyc.com/ct2008/dic08/dic08/tecnologia.htm>.
- Cano-Barrita, Balcom, & Bremner. (2007). *Imaginología por resonancia magnética y la determinación de cloruro y sodio en mortero de NRMCA*, (2012). España: Revista Hormigón El concreto en la práctica.
- Cemento Pórtland. *INGENIERÍA Investigación y Tecnología* VIII.3, 147-155.
- Cruz Ruiz Araceli,(2014) "Clasificación de las arcillas en base a su estabilidad" Instituto Tecnológico de Tijuana. Mexico.
- Cumpa Fernández Franklin A. (2023). Elaboración de mortero de albañilería utilizando la ceniza de caña de azúcar y las partículas residuales del chancado de piedra. UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO. Chiclayo. Recuperado de: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5809/1/TL_CumpaFernandezFranklin.pdf
- Gonzales, M., (1962), "Tecnología Del Concreto Diseño De Mezclas"
- Grupo ARGOS (2024) 360° en concreto. Evaluacion del mortero. Recuperado de: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/como-se-evalua-la-calidad-de-un-mortero/>
- Hillc. & Brenan (2013). Futher information the "Acacia Horrida". Recuperado de <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/ild-463>.
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2608_C.pdf.
- Mejia Barrera Carlos, Sierra A. L., Arboleda L. S., Zuluaga de los Rios U. (2021). Evaluación técnica del potencial cementante de arcillas provenientes de

- los residuos de la construcción y la demolición”. Universidad de Antioquia. Colombia. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9518033.pdf>
- NTP 334.005 Peso específico.
- NTP 334.051. (1998). Ensayo de Compresión en Morteros (c/cubo).
- NTP 400.012. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
- Potential agroforestry development. *Biochemical Systematics and Ecology*, 19(6), 447–452.
- Powers. (1958). Structure and physical properties of hardened Portland cement paste, *J. Am. Ceram. American Ceramic Society*, 1-6.
- Richardson. (2002). *Fundamentals of Durable Reinforced Concrete. Modern Concrete Technology*.
- Rivva, E. (1999). *Diseño de Mezclas*. Perú: Editorial Hozlo S.C.R.L.
- Sánchez, D., (2001), "Tecnología Del Concreto Y Del Mortero", Colombia: Bhandar Editores.
- Sánchez de Guzmán, Diego. *Tecnología del concreto y del mortero*. 5 ed. Santa Fé de Bogotá, Colombia: Bhandar Editores Ltda., 2001. 349 pp.
- Zuloaga Huamán Luis (2021) Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de un muro de albañilería, incorporando arcilla en el mortero - Provincia de Abancay, 2021, Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/72957?show=full>

I. ANEXOS

Matriz de las variables

OBJETIVOS	VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
<p>General: Determinar la resistencia a la compresión de un mortero cuando se sustituye un 10%, 12.5% y 15% % de arcilla 2024</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar la temperatura y tiempo óptimo de calcinación de la arcilla mediante el ensayo de Análisis Térmico Diferencial. - Activar térmicamente los precursores puzolánicos y determinar la composición química mediante la fluorescencia de rayos x de la arcilla. - Determinarla trabajabilidad del mortero mediante la fluidez de la muestra patrón y de la muestra experimental don se agregue la arcilla. - Determinar y comparar la resistencia a la compresión de los morteros con 0% y 10%, 12.5% y 15% % de sustitución al cemento con arcilla los 3,7 y 28 días de curado. 	<p>Independiente: Sustitución de cemento por arcilla</p>	<p>La sustitución es poner, colocar, reemplazar a algo o alguien en lugar de otra cosa o persona. Real Academia de la Lengua Española (2023)</p>	<p>Se realizará la sustitución del cemento en 10%, 12.5% y 15% % por arcilla en cada dosificación y elaboración de cubos de mortero.</p>	<p>Porcentajes: 10%, 12.5% y 15% %</p>
	<p>Dependiente: Resistencia a la compresión</p>	<p>Es la carga máxima que puede soportar el mortero que puede soportar por aplastamiento. (Juárez E. 2005).</p>	<p>Aplicar una fuerza axial sobre las caras de una probeta cubica de 5 x 5 x 5 cm , de acuerdo con las condiciones indicadas en la norma N.T.P.</p>	<p>Kg/cm2</p>

Elaboración propia

PANEL FOTOGRAFICO



Gradación de la arena gruesa



Elaboración del mortero patrón



Mesa de fluidez



Ensayo de mesa de fluidez de mortero



Enrasado de mortero en molde cónico de bronce, antes de los 25 golpes



Elaboración de cubos de mortero patrón



Ensayo de compresión de cubos de mortero en prensa hidráulica



Ensayo de compresión de cubos de mortero



Ensayo de compresión de cubos de mortero en prensa hidráulica

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


1. Información del Autor			
Arista Llanca Nelson Jhunnior		73301085	nelsonarista@gmail.com
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico
2. Tipo de Documento de Investigación			
<input checked="" type="checkbox"/> Tesis	<input type="checkbox"/> Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/> Trabajo Académico	<input type="checkbox"/> Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional ¹			
<input type="checkbox"/> Bachiller	<input checked="" type="checkbox"/> Título Profesional	<input type="checkbox"/> Título Segunda Especialidad	<input type="checkbox"/> Maestría <input type="checkbox"/> Doctorado
4. Título del Documento de Investigación			
"Evaluación de la resistencia a compresión de mortero usando arcilla en 10%, 12.5% y 15% como material cementante -Chimbote, 2024"			
5. Programa Académico			
Ingeniería Civil			
6. Tipo de Acceso al Documento			
<input checked="" type="checkbox"/> Abierto o Público ² (info.eu-repo/semantics/openAccess)		<input type="checkbox"/> Acceso restringido ³ (info.eu-repo/semantics/restrictedAccess) ^(*)	
(*) En caso de restringido sustentar motivo			


A. Originalidad del Archivo Digital

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

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS⁵

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

Huella Digital 


Firma

Lugar	Día	Mes	Año
Chimbote	07	03	25

Importante

- Según Resolución de Consejo Directivo N° 033-2018-SUNEDU-CD, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 8, inciso 8.2
- Ley N° 30035, Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 008-2015-PCM.
- Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se puede hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.
- En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2016-CONCYTEC-DEGC (Numerales 5.2 y 6.7) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital.
- Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.
- Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales-RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

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

Evaluación de la resistencia a compresión de mortero usando arcilla en 10%, 12.5% y 15% como material cementante - Chimbote, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

29%	29%	%	10%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	17%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
5	publicaciones.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	1library.co Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Privada San Pedro Trabajo del estudiante	1%
8	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	1%

9	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota Trabajo del estudiante	<1 %
12	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
13	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
14	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	www.asa.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
16	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
17	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	<1 %
18	pdfcookie.com Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	revistas.pucp.edu.pe	

	Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
22	www.protecciondelamadera.com Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	www.sullairargentina.com Fuente de Internet	<1 %
26	americanae.aecid.es Fuente de Internet	<1 %
27	bloqeducativouac.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	www.cmic.org Fuente de Internet	<1 %
30	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas Apagado
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 6 words