

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL



**“Resistencia térmica y mecánica de mortero con cemento
sustituido 5% y 10% por cenizas de ichu”**

Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil

Autor:

Santiago Daga Mabel Maricielo

Asesor:

Flores reyes Gumercindo

Chimbote - Perú

2018

PALABRAS CLAVE

Tema	Diseño de un Mortero
especialidad	tecnología del concreto

KEYWORDS

Topic	Design of a Mortar
Specialty	Concrete technology

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Código	Línea
.	Ingeniería Civil
2.0	Ingeniería y Tecnología
2.1	Ingeniería Civil

**“RESISTENCIA TERMICA Y MECANICA DE
MORTERO CON CEMENTO SUSTITUIDO 5% y 10%
POR CENIZAS DE ICHU”**

RESUMEN:

La investigación tuvo por objetivo elaborar un mortero de revestimiento con la sustitución del cemento en cierto porcentaje por cenizas de ichu (CI), para una buena resistencia térmica y mecánica, aplicada en zonas expuesta al fenómeno de heladas, evaluando que cumpla con la normativa peruana.

El ichu fue elegido como principal materia prima, ya que contiene innumerables propiedades entre la más importante es su porosidad la cual es fundamental para el diseño de un mortero térmico y a su vez un alto nivel de óxido de silicio óptimo para aumentar su resistencia a la compresión.

La resistencia a la compresión del mortero patrón a los 28 días fue 249 kg/cm², y al sustituir 5% de cenizas de Ichu (CI) se obtuvo una resistencia de 284 kg/cm², se aprecia un incremento de 14%, al sustituir un 10 % de cenizas de Ichu (CI) llegó 265 kg/cm², en este caso el incremento fue de solo 6%.

Se produjo una reducción de conductividad que a su vez aumento resistencia térmica, para las sustituciones de 5% CI y 10%CI se incrementó en un 11% y 44% respectivamente, en comparación de mortero patrón.

ABSTRACT

The research aims to develop a coating mortar with the replacement of cement in a certain percentage by ichu ash (CI), for a good thermal and mechanical resistance, applied in areas exposed to frost, evaluating compliance with Peruvian regulations.

The Ichu was chosen as the main raw material, since it is the material that contains innumerable properties among the most important is its porosity which is fundamental for the design of a thermal mortar and at the same time a high level of silicon oxide optimal to increase its resistance to compression.

The compressive strength of the standard mortar at 28 days was 249 kg / cm², and when replacing 5% of Ichu ash (CI), a resistance of 284 kg / cm² was obtained, an increase of 14% is observed, when replacing 10% of Ichu ash (CI) reached 265 kg / cm², in this case the increase was only 6%.

There was a reduction in conductivity which in turn increased thermal resistance, for the substitutions of 5% CI and 10% CI they increased by 11% and 44% respectively, compared to standard mortar

INDICE

Contenido

Palabras clave	i
Título del trabajo.....	ii
Resumen	iii
Abstract.....	iv
Índice.....	v
Introducción.....	1
Metodología del trabajo.....	26
Resultados	34
Análisis y discusión	40
Conclusiones	52
Recomendaciones.....	53
Agradecimiento	54
Referencias bibliográficas	55
Anexos.....	58

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Componentes químicos principales del cemento portland tipo I	5
Tabla N°2: Granulometría de la arena gruesa-ntp 399.607.....	9
Tabla N°3: Requisitos para agua de mezcla-ntp 339.088.....	11
Tabla N°4: Conductividad térmica aparente y la densidad para disposición de fibra unidireccional de 1 pulgada espesor	13
Tabla N°5: Composición de la Paja Stipa ichu como Porcentaje del Peso Seco.....	14
Tabla N°6: Composición Química Expresada como Óxidos de las cenizas de Ichu....	14
Tabla N°7: Aire y Agua, conductividad térmica en función de la densidad y temperatura.....	21
Tabla N°8: Composición química de cenizas de ichu (Fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía).....	35
Tabla N°9: Ph del cemento y de las cenizas de ichu.....	36
Tabla N°10: Proporción de materiales utilizado para calcular la fluidez.....	36
Tabla N°11: Fluidez del mortero patrón y experimental.....	37
Tabla N°12: Proporción de materiales utilizado para elaborar los especímenes.....	37
Tabla N°13: Requisitos Físicos de Gradación para Elaborar los Especímenes.....	37
Tabla N°14: Resistencia a compresión de mortero patrón (a/c:0.485 – 1:2.75), 3días.....	38
Tabla N°15: Resistencia a compresión de mortero patrón (a/c:0.485 – 1:2.75), 7días.....	38
Tabla N°16: Resistencia a compresión de mortero patrón (a/c:0.485 – 1:2.75), 28 días.....	39

Tabla N°17: Resistencia a compresión de mortero experimental-5%CI (a/c:0.508-1:2.75), 3días.....	40
Tabla N°18: Resistencia a compresión de mortero experimental-5%CI (a/c:0.508 – 1:2.75), 7días.....	41
Tabla N°19: Resistencia a compresión de mortero experimental-5%CI (a/c:0.508 – 1:2.75), 28 días.....	41
Tabla N°20: Resistencia a compresión de mortero experimental-10%CI (a/c:0.520 – 1:2.75), 3 días	42
Tabla N°21: Resistencia a compresión de mortero experimental-10%CI (a/c:0.520 – 1:2.75), 7 días.....	43
Tabla N°22: Resistencia a compresión de mortero experimental-10%CI (a/c:0.520 – 1:2.75),28 días	44
Tabla N°23: Resistencia a compresión de morteros patrón y experimentales.....	45
Tabla N°24: Especímenes ensayados en 28 días de curado patron.....	46
Tabla N°25: Especímenes ensayados en 28 días de curado experimental 5%CI.....	46
Tabla N°26: Especímenes ensayados en 28 días de curado experimental 10%CI.....	47
Tabla N°27: Resistencia Térmica de morteros patrón y experimentales.....	48

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico N°1: Cueva de Pérdida de Masa – Análisis Térmico Gravimétrico de ichu...	34
Gráfico N°2: Curva Calorimétrica DCS (Curva de Calor Absorbido) de ichu.....	34
Gráfico N°3: Composición química de cenizas de Ichu	35
Gráfico N°4: Ph del cemento y de las cenizas de Ichu	36
Gráfico N°5: Resistencia a compresión de mortero patrón a los 3 días.....	38
Gráfico N°6: Resistencia a compresión de mortero patrón a los 7 días.....	39
Gráfico N°7: Resistencia a compresión de mortero patrón a los 28 días.....	39
Gráfico N°8: Curva de Resistencia a compresión promedio de morteros patrón.....	40
Gráfico N°9: Resistencia a compresión de mortero experimental 5% CI a los 3 días.....	40
Gráfico N°10: Resistencia a compresión de mortero experimental 5% CI a los 7 días.....	41
Gráfico N°11: Resistencia a compresión de mortero experimental 5% CI a los 28 días.....	42
Gráfico N°12: Curva de Resistencia a compresión promedio de morteros experimental 5% CI.....	42
Gráfico N°13: Resistencia a compresión de mortero experimental 10% CI a los 3 días.....	43
Gráfico N°14: Resistencia a compresión de mortero experimental 10% CI a los 7 días.....	43
Gráfico N°15: Resistencia a compresión de mortero experimental 10% CI a los 28 días.....	44

Gráfico N°16: Curva de Resistencia a compresión promedio de morteros experimental	
10% CI.....	44
Gráfico N°17: Curvas de Resistencia a compresión promedio de morteros patrones y	
experimentales.....	45
Gráfico N°18: Resistencia a compresión promedio de morteros patrones y	
experimentales.....	46
Gráfico N°19: Resistencia térmica de mortero patron a los 28 días.....	46
Gráfico N°20: Resistencia térmica de mortero experimental	
E 5% CI a los 28 días.....	47
Gráfico N°21: Resistencia térmica de mortero experimental	
E 10% CI a los 28 días.....	48
Gráfico N°22: Resistencia Térmica promedio de morteros patrones	
y experimentales.....	48

I: INTRODUCCIÓN

Dentro los Antecedentes y Fundamentación Científica tenemos:

A nivel local

Baltazar, I. & Abarca, I. (2015), Resistencia del concreto F'210 kg/cm² con adición de cenizas de Ichu, (Tesis de titulación). Universidad San Pedro, Huaraz, Perú. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general determinar la resistencia a compresión $F'_{C} = 210 \text{ Kg /Cm}^2$ adicionando al cemento en un 3%, 5% y 7% con ceniza de STIPA ICHU, en comparación con el diseño de un concreto convencional.

Los investigadores inicialmente pretendieron proporcionarle al concreto mayor resistencia al adicionarle 3%, 5 % y 7% del cemento por ceniza de stipa ichu activado a 600°C en un intervalo de tiempo de 2 horas, para esto realizó dos diseños de mezcla distinto uno para concreto convencional y otro para el concreto adicionando al cemento en un 3%, 5 % y 7% de cenizas de stipa ichu, luego de todo el proceso sus probetas fueron ensayadas llegando a las siguientes conclusiones:

Al realizar el estudio de composición química de la ceniza de ichu, mediante el espectrómetro de fluorescencia de rayos x, se determinó que el Dióxido de silicio tiene un porcentaje de 59.207%, El trióxido de Aluminio 16.85% y el Óxido de Potasio 12.89%.

La resistencia del concreto patrón a los 28 días es de 219.72kg/cm², la resistencia a los 28 días del concreto adicionado con el 3% de cenizas de ichu es de 320.68 kg/cm², se aprecia un incremento de 45.95% en su resistencia a la compresión.

La resistencia del concreto patrón a los 28 días es de 219.72kg/cm², la resistencia a los 28 días del concreto adicionado con el 5% de cenizas de ichu es de 349.11 kg/cm², se aprecia un incremento de 58.9% en su resistencia a la compresión.

La resistencia del concreto patrón a los 28 días es de 219.72kg/cm², la resistencia a los 28 días del concreto adicionado con el 7% de cenizas de ichu es de 269.55 kg/cm², se aprecia un incremento de 22.67% en su resistencia a la compresión.

A nivel nacional

Charca, S., Noel, J., Andia, D., Flores, J., Guzman, A., Renteros, C. y Tumialan, J. (2015).). Evaluación de las fibras Ichu como sistema de aislamiento térmico y de bajo costo para las regiones de los Andes. *Energy and Buildings*, 1(108) 55-60

El trabajo que se presentó se centra en el estudio y caracterización de la térmica conductividad de cuatro diferentes fibras naturales: Ichu Grueso, Ichu fino, rastrojo de maíz fina y fibras del tallo del trigo, con el objetivo de determinar la fibra óptima y configuración de fibra para un mejor aislamiento térmico para viviendas. Llegando a las siguientes conclusiones:

Las fibras naturales se caracterizaron con el propósito de utilizarlos como un termal natural sistema de aislamiento.

Se ha demostrado que las fibras de maíz son considerables variables en tamaño y dimensiones; sin embargo, su conductividad térmica aparente y la densidad son cerca de la observada en fibra de vidrio.

Se observaron valores similares para las esteras de fibra de trigo, con la única diferencia de que las dimensiones fibras son considerable uniforme. un estudio especial se llevó a cabo para la fibra ichu, que tiene forma tubular.

Esta fibra se clasificado en dos tipos diferentes: grueso y fino ichu, mostrando diámetros medios de 0,83 y 0,39 mm respectivamente, con los datos de diámetro de ajuste a gamma y / o distribución estadística lo normal.

La forma tubular de fibras ichu y la duración a largo tamaños tienen grandes ventajas debido a la posibilidad de modificar la orientación de replanteo obteniendo muy baja densidad sin una variación significativa en conductividad térmica aparente, especialmente para bien ichu.

La micrografía de fibras ichu (tallo y hojas) muestra la estructura interna porosa, que reducen la conductividad térmica.

A nivel internacional

Barreca, F. (2013). El uso de hueso de aceituna como aditivo en el cemento de mortero de cal para mejorar aislamiento térmico. *Energy and Buildings*, 1(62) 507-513.

En este trabajo se propone y analiza un uso original de hueso de aceituna con el fin de mejorar las prestaciones de aislamiento térmico de cemento mortero de cal y reducir su densidad final. Para este fin, el documento ilustra un conjunto de pruebas a pequeña escala, que se realizaron en muestras de mortero de cal cemento mezclado con diferentes porcentajes de hueso de aceituna, en cumplimiento de los protocolos ISO.

Estas pruebas permitieron evaluar las relaciones entre conductividad térmica, densidad y absorción de agua por cada porcentaje de hueso de aceituna. Se observó que la adición de 70% del peso seco de hueso de aceituna permitido reducir la conductancia térmica media de mortero de cal de cemento en más del 76% y su densidad por alrededor de 30%. Además, las pruebas pusieron de relieve que la disminución de la conductancia térmica, que estaba relacionado con el aumento en el porcentaje de hueso de aceituna añadido, es mayor que la disminución en la densidad. A fin de que las pruebas que se llevan a cabo, se ha desarrollado un prototipo de sistema de medición portátil, que se basa en la medición del flujo de calor y permitió obtener valores promedio de conductancia térmica con error promedio por debajo de 10%.

Raheem, AA y DA Adesanya. 2011. “Un estudio de la conductividad térmica de la cenizas de mazorca de maíz mezclado de mortero de cemento”. *Pacífico Revista de Ciencia y Tecnología*. 12 (2): 106-111.

Este estudio investigó la conductividad térmica de la mazorca de maíz ceniza (CCA) de mortero de cemento mezclado. Nueve clases de CCA cementos mezclados fueron empleadas con el contenido CCA que van desde 0% a 25%. La sustitución CCA 0% implicó el uso de cemento Portland ordinario normal y sirvió como control. Las proporciones de mezcla de cemento: arena afilada utilizados fueron 1: 1, 1: 2, y 1: 3 con relación tobinder agua que oscila entre 0,26 y 0,29. prueba de conductividad térmica se realizó usando 50 x 50 x 15 especímenes cubo mortero emitidos en moldes de madera en pares. El método de calentamiento estado estable implica el uso de tres - bloques de latón se utilizó para realizar la prueba con un calentador hecho de alambre enrollado nicromo alrededor de una varilla de cerámica. El final diferencia de temperatura obtenida durante

un período de calentamiento continuo durante ocho horas fue utilizado en la determinación de la conductividad térmica. La conductividad térmica de las muestras de cemento mezclado-CCA disminuyó de manera constante como el porcentaje CCA aumentó. Para proporción 1: 1 mezcla; la conductividad térmica disminuye desde $1.80W / m^0 C$ a $0.69W / m^0 C$ cuando la sustitución porcentaje CCA aumenta de 2% a 25% como contra el valor de control de $2.40W / m^0 C$. Se observó C. tendencia similar para 1: 2 y 1: 3 proporciones de la mezcla. Se concluyó que la CCA cemento mezclado aumenta el potencial de aislamiento del mortero.

Fundamentación Científica

Mortero.

El mortero es una mezcla plástica que resulta de combinar arena y agua con un aglomerante tal como el cemento Portland y otros. En general se utilizan para obra de albañilería y para revestimiento de paredes. En los morteros de cemento Portland se utiliza al cemento como aglomerante.

Los morteros se definen como mezclas de uno o más conglomerantes inorgánicos siendo el principal el cemento. También se puede adicionar cal como segundo conglomerante para aportar trabajabilidad y plasticidad. Otros componentes son los áridos silíceos, calizos; los aditivos químicos que pueden ser aireantes, plastificantes, retenedores de agua, hidrofugantes, retardante y el agua (León, 2014, pág. 2)

Componentes del mortero

Es necesaria para la preparación de mezclas de morteros la unión en proporciones de los elementos siguientes:

Cemento:

El cemento se obtiene de la pulverización del Clinker, el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos.

El cemento es un material pulverizado que además de óxido de calcio contiene: sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma, por una cantidad apropiada de agua, una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto en el agua como en el aire.

Componentes químicos:

1. Silicato Tricálcico, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.
2. Silicato dicálcico, es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento.
3. Aluminato Tricálcico, el yeso agregado al cemento portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con para controlar el tiempo de fraguado.
4. Aluminio-Ferrito tetra cálcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.
5. Componentes menores: oxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio.
(Abanto,2009, pág. 16)

El cemento portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual se obtiene de las materias primas, finalmente molidas y mezcladas calentándose hasta principios de la fusión (1400– 1450 C°) cuando se mezcla con agua, ya sea solo o con combinaciones con arena, piedra u otros materiales similares tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. (Abanto, 2009, p. 15)

Según (Rivera, 2013, p. 23) los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento Portland Tipo I y las proporciones generales en que intervienen son:

Tabla N° 01

Componentes químicos principales del cemento portland tipo I

OXIDOS	CONTENIDO (%)
Oxido de calcio (CaO)	60 - 67
Oxido de Sílice (SiO ₂)	17 – 25
Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	3 – 8
Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	0.5 – 6.
Oxido de Magnesio MgO	0.1 – 4.0
Álcalis	0.2 – 1.3
Óxido de azufre (SO ₃)	1 – 3

Fuente: ASTM C 150.

Tipos de Cementos:

- Tipo I, para uso general que no requiera propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.
- Tipo II, para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.
- Tipo III, para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- Tipo IV, para usar cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V, para usar cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

El cemento empleado para el presente proyecto de investigación fue el cemento Portland Tipo I.

La puzolana es una piedra de naturaleza ácida muy reactiva al ser muy porosa y puede obtenerse a bajo precio. Un cemento puzolánico contiene aproximadamente:

- 55-70% de Clinker Portland
- 30-45% de puzolana
- 2-4% de yeso

Concretos Puzolanicos

Los concretos puzolánicos consisten en el reemplazo parcial del cemento Portland por materiales con características puzolánicas. La puzolana es un material natural o artificial que contiene sílice en forma reactiva. La norma ASTM C 618 describe la puzolana como un material silíceo o silíceo y aluminoso el cual, en sí mismo posee poco o ningún valor cementante, pero que en forma finamente dividida (molida) y en presencia de humedad reacciona químicamente con hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias, para formar compuestos que sí poseen propiedades cementantes (Neville, 1999).

Como sabemos, el hidróxido de calcio se forma como uno de los productos de la hidratación del cemento. Este compuesto no tiene valor cementante y es soluble en agua y puede ser lixiviado por filtraciones de agua (Shetty 2008). El uso de cemento Portland con puzolanas genera una reacción entre el hidróxido de calcio producido de la hidratación del cemento y el Si amorfo de la fase de vidrio del material puzolánico. Esto conduce a un incremento en el hidrato de silicato de calcio, formando gel C-S-H y por lo tanto, incrementa la resistencia y la densidad

Los materiales puzolánicos deberán tener un alto grado de superficie específica, además de un gran contenido de sílice amorfa para generar una reacción puzolana

Clasificación de las puzolanas

Los materiales que tienen la capacidad necesaria para cumplir con los requisitos de la definición de puzolana son muy numerosos, en la figura 1 estos materiales se clasifican de acuerdo a su origen:

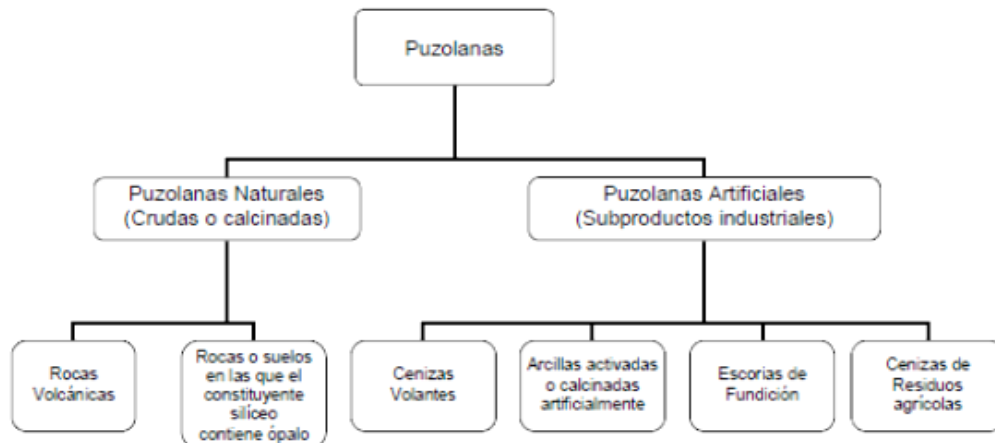


Figura 1. Clasificación de puzolanas.

A continuación, se describe brevemente la clasificación de las puzolanas de acuerdo a su origen con las que se estarán trabajando en esta investigación:

Puzolanas Naturales

Rocas Volcánicas. Son aquellas en la que su constituyente amorfo es vidrio producido por enfriamiento brusco de lava. Por ejemplo, las cenizas volcánicas, las pómez, la escoria.

Puzolanas Artificiales

Cenizas de residuos agrícolas. La ceniza de cascarilla de arroz y las cenizas del bagazo y de la paja de stipa ichu. Cuando son quemados convenientemente, se obtiene un residuo mineral rico en sílice y alúmina, cuya estructura depende de la temperatura de combustión (Hernández, 2007).

Usos de las puzolanas

Como se observó los materiales puzolánicos pueden ser de origen natural o artificial, la mayoría de las puzolanas naturales se deben moler antes de ser usadas y muchas se tienen que calcinar a temperaturas de 650°C a 980°C, para activar sus componentes arcillosos.

Estos materiales se clasifican según la norma ASTM C 618 como puzolanas clase N, que es una puzolana natural cruda o calcinada tales como algunas tierras diatomáceas, cenizas volcánicas o pumíticas que pueden no ser procesadas por calcinación o varios materiales tales como arcillas y esquistos que requieren de calcinación para impartirles propiedades satisfactorias.

Existen dos modos básicos de emplear las puzolanas en el concreto: formando parte de un cemento Pórtland puzolánico o; dosificándolas por separado durante la elaboración de las mezclas. Para el primer caso, el porcentaje en que interviene la puzolana queda sujeto al criterio del fabricante; para el segundo caso se utiliza a los requerimientos particulares de cada obra específica.

De acuerdo con Shetty (2008), el uso de apropiadas puzolanas en cantidades adecuadas, modifican ciertas propiedades de concretos y morteros en estados frescos y endurecidos como las siguientes:

- a) Menor calor de hidratación
- b) Reducción de la reacción álcali-agregado
- c) Mejoramiento de la resistencia contra ataques de sulfatos en los suelos y el agua de mar
- d) Mejora la extensibilidad
- e) Menor susceptibilidad a la disolución .
- f) Mejora de la trabajabilidad
- g) Menores costos.

El mayor uso de las puzolanas es en estructuras masivas grandes, por ejemplo, en la construcción de presas, donde es necesario mantener lo más bajo que se pueda el calor de hidratación; en concretos expuestos a las aguas marinas o al ataque de los sulfatos, y también como inhibidores de los agregados que contienen álcalis. Las puzolanas compuestas por un mayor contenido de sílice mejoran la resistencia que suministran al concreto ante el ataque moderado de los sulfatos.

El uso más notable de las puzolanas es en las áreas donde su costo es notablemente menor que el del cemento, el uso pertinente como sustituto parcial del cemento tiene como resultado un ahorro en el costo por metro cúbico de concreto. La cantidad a emplear tiene una variación de acuerdo al tipo de puzolana a utilizar, la mezcla, la exposición y otros

factores, el rango se encuentra entre un 10% y un 30% de sustitución parcial de cemento (Hernández, 2007).

El efecto sobre la resistencia es muy variable dependiendo del tipo de puzolana utilizada; el desarrollo de esta resistencia es lento es por esto que necesitan un curado más prolongado. En algunas puzolanas la resistencia después de un año es mayor que en un concreto simple.

Agregado fino

El agregado fino es el material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasan el tamiz de 3/8" (9.51mm) y es retenido en el tamiz N°200 (74um). Norma Técnica Peruana 400.011

Propiedades físicas:

El agregado fino a utilizarse en el mortero debe cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad según las especificaciones técnicas de las normas peruanas.

- **Gradación:** para la gradación de la arena se utilizan las mallas N° 04 el cual debe pasar en un 100% todo el material, además de las mallas N° 08, 16, 30, 50 y 200; el agregado no debe tener más de 50% de retenido en dos mallas consecutivas y a la vez debe tener como máximo 25% entre la malla N° 50 y 100.

-

Tabla N° 02
Granulometría de la arena gruesa-ntp 399.607

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

Fuente: NTP 399.607

- **Peso unitario:** El peso unitario depende de ciertas condiciones intrínsecas de los agregados, tales como su forma, tamaño y granulometría, así como el contenido de humedad; también depende de factores externos como el grado de compactación

impuesto, el tamaño máximo del agregado en relación con el volumen del recipiente, la forma de consolidación.

- **Peso específico:** El peso específico, es la relación entre el peso del material y su volumen, su diferencia con el peso unitario está en que este no toma en cuenta el volumen que ocupan los vacíos del material. Es necesario tener este valor para realizar la dosificación de la mezcla y también para verificar que el agregado corresponda al material de peso normal.
- **Contenido de humedad:** Es la cantidad de agua que contiene el agregado fino. Esta propiedad es importante porque de acuerdo a su valor en porcentaje, la cantidad de agua en el concreto varía.
- **Absorción:** Es la capacidad del agregado fino de absorber el agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/cemento en el mortero.
- **Granulometría:** La granulometría se refiere a la distribución de las partículas de arena. El análisis granulométrico divide la muestra en fracciones de elementos del mismo tamaño, según la abertura de los tamices utilizados.
- **Módulo de finura:** Es un índice aproximado y representa el tamaño promedio de las partículas de la muestra de arena, se usa para controlar la uniformidad de los agregados. La arena debe tener un módulo de finura entre 2.3 y 3.1.

Agua

Es imprescindible en las etapas de la elaboración del mortero: mezclado fraguado y curado. El agua de mezclado ocupa normalmente entre 15% y 20% del volumen de mortero fresco y, conjuntamente con el cemento, forman un producto coherente, pastoso y manejable, que lubrica y adhiere el agregado. Simultáneamente esta agua reacciona químicamente con el cemento, hidratándolo y produciendo el fraguado en su acepción más amplia, desde el estado plástico inicial, pasando por lo que llamamos endurecimiento, hasta el desarrollo de resistencias a largo plazo. Por otra parte, el agua de curado es necesaria para reponer la humedad que se pierde por evaporación luego que el mortero ha sido colocado compactado en su superficie.

Si se tuviera dudas e la calidad del agua a emplearse en la preparación de una mezcla de concreto, será necesario realizar un análisis químico de ésta, para comparar los resultados

con los valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua a utilizarse en la preparación de la mezcla.

Tabla N°03

Requisitos para agua de mezcla-ntp 339.088

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

PH en el concreto.

Se define el PH como potencial de hidrogeno, la escala de pH varía de 1 a 14, donde los números positivos, e indica los iones H + y numero negativos iones OH-(hidroxilos).

Como tales iones H + determina el agua de carácter ácido , se dice que el valor de pH indica si el agua es carácter ácido, neutro o básico (también llamado alcalino), de modo que los valores de pH más bajos que 7 representan ácido carácter, más de 7,0 representan carácter básico e igual a 7,0 es de carácter de pH neutro.

En el concreto, en su ambiente altamente alcalino (rango de pH de 12 a 13), protege al acero de refuerzo contra la corrosión. Esta protección se logra por la formación de una capa de óxido pasivo sobre la superficie del acero que permanece estable en el ambiente altamente alcalino. Cuando la carbonatación empieza a experimentar la profundidad del refuerzo, la capa de óxido protectora y pasivadora deja de ser estable.

A este nivel de pH (por debajo de 9), es posible que empiece la corrosión, dando como resultado un agrietamiento y fisuramiento del concreto.

La carbonatación en el concreto es la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio con alto pH a carbonato de calcio, que tiene un pH más neutro. (Moreno,2006).

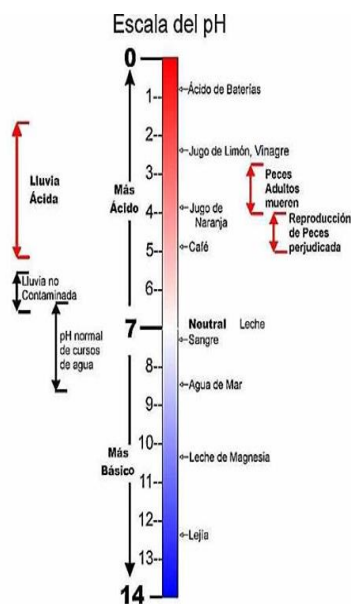


Figura 2. Escala del pH

ICHU

Ichu (*Stipa ichu*) es una hierba Andino, que crece más de 3000 metros por encima del nivel del mar. Las fibras naturales se utilizan comúnmente como materiales para techos; Sin embargo, debido al contacto directo entre el medio ambiente (Radiación UV, agua de lluvia, granizo y nieve) la degradación de las fibras es muy rápido, en consecuencia, la sustitución por la degradación es muy frecuente (por lo general cada año), la última condición eleva los costos de mantenimiento y reduce la sostenibilidad del alojamiento. Sin embargo; si esta fibra está libre de contacto a los agentes de degradación de medio ambiente, su sustitución se extendió ampliamente horas extras y su mantenimiento es reducido.

Una especial morfología se observa en las hojas de Ichu, una serie de tricrómico finamente dispersos a lo largo en el interior de las hojas. Esas características, se muestra en las micrográficas SEM, a explicar por qué se observa densidad inferior para la estera más fina Ichu en comparación con el grueso Ichu fibras. Baja densidad medios de alta densidad de la porosidad que también refleja en la baja aparente conductividad térmica (Chacra, 2015, p5)

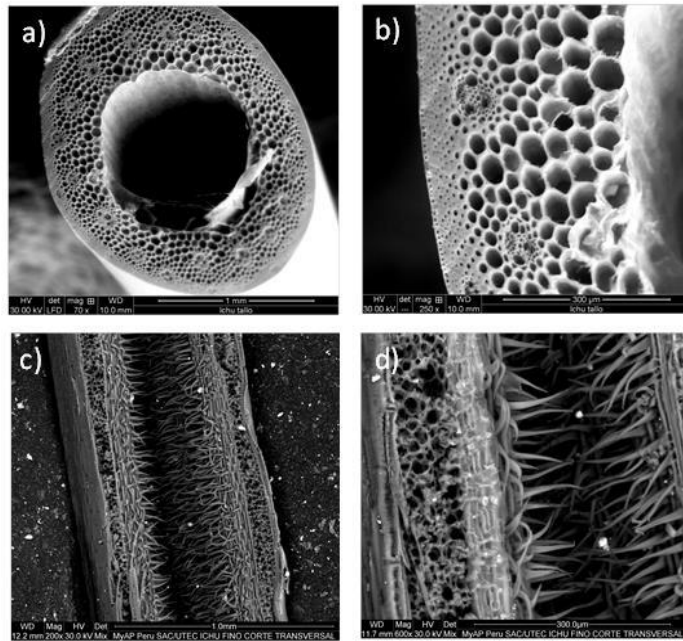


Figura 3: micrografía SEM para: a) y b) del vástago de fibra Ichu y c) y d) Ichu licencia fibra.

Tabla 4

Conductividad térmica aparente y la densidad para disposición de fibra unidireccional de 1 pulgada espesor.

	K Aparente (w/m.k)	Densidad UD Mat (Kg/m3)
Vaso	0.0355	32.71
La fibra de trigo	0.0526	45.93
La fibra de maíz	0.0557	55.11
La fibra fina ichu	0.0473	92.86
La fibra gruesa ichu	0.113	122.43

Nota. Recuperado de Chacra, Evaluación de las Fibras Ichu como sistema de aislamiento térmico no caro para la Regiones andinas.

Tabla 5.

Composición de la Paja Stipa ichu como Porcentaje del Peso Seco

Parámetro	Composición promedio(%)
Humedad	57.7
Celulosa	45.9
Lignina	18.2
Pentosanos	5.5
Cenizas	5.6
Resinas, ceras y grasas	6.7

Nota. Recuperando de Albarracín K, Obtención de Bioetanol Anhidro a Partir de Paja (Stipa ichu)

Composición química y activación térmica de las cenizas de ichu.

El grado de calcinación y tiempo se obtuvo de referencia a 600C° por 2 horas.

Los datos químicos obtenidos por FRX de las cenizas de ichu ponen de manifiesto cuyos componentes principales son sílice, aluminio y óxido de potasio. (Baltazar,2015)

Tabla n° 6.

Composición Química Expresada como Óxidos de las cenizas de Ichu

Composición química	Resultados (%)	Método utilizado
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	59.207	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos x
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	16.782	
óxido de Potasio (K ₂ O)	12.894	
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	4.573	
óxido de Calcio (CaO)	3.511	
Pentóxido de Fósforo (P ₂ O ₅)	2.073	
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	0.378	
óxido de Manganeso (MnO)	0.366	
Trióxido de Azufre (SO ₃)	0.234	
óxido de Zinc (ZnO)	0.036	
óxido de Cobre (CuO)	0.027	

Nota. Recuperado de (Baltazar, 2015) Resistencia del concreto F'210 kg/cm2 con adición de cenizas de Ichu.

Producción en el Perú

El ichu, es empleado como forraje para el ganado, principalmente camélidos sudamericanos o auquénidos como la llama, la alpaca, la vicuña y el guanaco.

Es una planta herbácea, amacollada, erguida que crece en matas. Posee tallos que alcanzan una altura de 60 a 180 cms. Las hojas son rígidas y erectas, con vaina glabra y pelos blancos de ± 1 mm de largo en el cuello, lígula membranácea de ± 2 mm de largo, lámina plegada o con los márgenes doblados hacia dentro, de 30 a 60 cm de largo y menos de 4 mm de ancho.

Evaluaciones efectuadas en 1994 (MINAG, III CENAGRO) determinaron que la superficie agropecuaria de la Sierra del Perú se extiende en unos 22'694,100 ha, de las cuales 15'956,900 ha (70.2 %) corresponde a pastos naturales (Ichu), 2'833,800 ha (12.5 %) corresponde a superficie agrícola y 3'903,400 ha (17.2%) a superficie no agrícola.

En este escenario de pastos naturales alto andinos se desarrolla la mayor actividad ganadera del país que sustenta al 78.8 % de ganado vacuno, el 96.2 % de ganado ovino, el 100% de camélidos sudamericanos.

Actualmente, se ha extendido la práctica de usar el ichu con fines artesanales pero sin quemarlo ni destruirlo, sino usando cuidadosamente partes de las plantas.

Se está trabajando también en el uso del ichu en la fabricación de paneles para aislar a las casas del frío en épocas en que la temperatura desciende bajo cero.

Es una buena práctica actual, también el resiembra del ichu cuando se pierde parte del área existente y para ampliar su presencia beneficiosa en las zonas del altiplano.

Justificación de la investigación

Mediante la presente investigación, se buscó determinar la resistencia térmica y mecánica del mortero elaborado con cenizas de ichu, el que beneficiara diferentes provincias del departamento de Ancash ya que es un sustituto de uno de los materiales más comunes y utilizados en la actualidad de la construcción como es el cemento, en un diseño de mortero.

La industria de la construcción representa una de las que generan mayor impacto ambiental, razón por la que es necesario el generar y utilizar materiales y componentes constructivos de baja energía incorporada y fácil reintegración al medio ambiente al final de su vida útil.

Investigaciones actuales en el campo de los materiales compuestos dirigen sus esfuerzos en el uso de materias primas alternativas.

Se busco mejorar las características del mortero con materiales que están al alcance de la población andina, uno de las materias primas más utilizadas es el ichu.

Con el desarrollo de este trabajo, se quiere optimizar desarrollando un nuevo concepto en la construcción de viviendas, edificios, obras de arte entre otras construcciones de mayor envergadura que cuenten con una capacidad térmica adecuada en lugares donde el clima llega a grados bajo cero.

Con esta alternativa se propone en este estudio en la elaboración del mortero, se vería beneficiado: el sector económico, ambiental y social.

En la actualidad se busca muchas alternativas de recursos naturales para la sustitución el cemento por materiales porosos de origen natural para llegar a un diseño de mortero con alta Resistencia térmica y mecánica.

Problema

Realidad problemática

Nivel internacional

El mortero, a nivel internacional es el material más utilizado en la construcción, y a menos que haya una revolución en los materiales de construcción, seguirá siéndolo; gran parte de la infraestructura de los países está elaborada con él, por lo que su conocimiento y tecnología son básicos para el ingeniero civil encargado de alguna etapa del proceso constructivo.

Es un tema con implicaciones socioeconómicas. El Reino Unido, un país desarrollado, destina 40% de la inversión en construcción a la reparación y al mantenimiento, 4% de su Producto Interno Bruto (Neville, 2001).

Las temperaturas más bajas, hace unos años, un equipo de científicos precisaba cuál era el lugar más frío del planeta.

Las temperaturas más bajas se han registrado en los puntos más septentrionales, como parece lógico. En un segundo lugar, con temperaturas que han llegado a alcanzar entre -40 °C y -50 °C se encuentran países como China, India, Mongolia o Kazajstán, en Asia.

En el caso de Europa, también sufren esas mínimas temperaturas en los países nórdicos. En Turquía se han llegado a registrar mínimas temperaturas de ese mismo calibre, como en Estados Unidos.

En la edificación el aislamiento térmico apunta a la obtención de varias finalidades: evitar las ganancias de calor, evitar las fugas de calor (para regiones frías), lograr determinadas temperaturas en las superficies de los cerramientos, para confort ambiental, e impedir problemas de condensación; por la disminución del poder de aislación térmica.

Nivel nacional

El clima del Perú es resultado de una serie de aspectos geográficos de los cuales uno de los más influyentes es la Cordillera de los Andes. Esta cadena de montañas se ubica a todo lo largo de nuestro país y es la que determina las diversas regiones.

A su vez, en la sierra, la cordillera genera tres zonas: el Páramo, al norte; la Puna, al centro y sur; y el Altiplano, alrededor de la cuenca del Lago Titicaca.

Durante los meses de mayo a agosto las más bajas temperaturas del Perú se registran en esas zonas alto andinas, principalmente en el Altiplano.

La temperatura del aire cercano al suelo desciende a algunos grados bajo cero y este fenómeno atmosférico es conocido como helada, presentándose usualmente como granizadas y nevadas.

No obstante, las bajas temperaturas y el friaje se presentan todo el año por lo que tomar medidas para atenuar sus efectos debe ser una prioridad.

En la construcción de edificaciones, se emplean diversos materiales para los elementos de contorno, los cuales no necesariamente favorecen al aislamiento térmico de las viviendas.

Los mejores aislantes se caracterizan por ser materiales porosos o fibrosos debido a que en su interior cuentan con celdas que al momento de su fabricación atrapan generalmente aire.

Este fluido al poseer un bajo coeficiente de conductividad térmica mejora las propiedades de aislamiento del material del cual forma parte.

La población expuesta al fenómeno de la helada complica su estado por una inadecuada vivienda, mala alimentación y vestimenta.

Es en este sentido que es necesario dotar a las viviendas de características especiales en su construcción, o modificarlas, para alcanzar un confort térmico adecuado mejorando así la calidad de vida de las personas.

Nivel local

A nivel local por ser una zona cálida los problemas de friaje no se observa a menudo no obstante la investigación está orientada más en zonas con bajas temperaturas, donde la implementación de un sistema de aislamiento térmico beneficiara a su población, la

utilización de un material común entre ellos como es el ichu contribuirá en el sistema de aislamiento térmico ya mencionado.

En las viviendas de construcción tradicional el uso de la aislación térmica se realiza en el techo utilizando “lana de vidrio”, “film plástico alveolar”, y “espuma poliuretano”, que, si bien estos últimos son muy efectivos, tienen un alto precio de mercado, y generan un gran impacto ambiental al liberar al gas expándete a la atmósfera.

Otros sistemas constructivos como los de viviendas industrializadas de madera o metal, profundiza este lineamiento, donde todos los paramentos exteriores y el techo de la vivienda se recubre con material aislante térmico.

Esto denota el potencial de demanda de aislantes térmicos a ser suplido por materiales alternativos más ecológicos.

El ichu como material de construcción posee ventajas comparativas frente a otros materiales tradicionales, dado que es utilizado en el recubrimiento de los techos de las zonas alto andinas.

Por lo cual formulamos la siguiente pregunta Específica:

¿En qué medida la sustitución del cemento por el 5% y 10% de cenizas de Ichu en el diseño de mezcla de un mortero mejoraría la resistencia térmica y mecánica, en comparación a un diseño convencional?

Conceptuación y Operacionalización de las variables

Variables dependientes:

Resistencia Térmica.

Definición Conceptual.

La resistencia térmica de un material representa su capacidad de oponerse al flujo del calor. Para la definición constructiva de cada tipo de cerramiento se precisó los datos siguientes: conductividad térmica, densidad, calor específico y factor de resistencia a la difusión del vapor de agua.

En el caso de materiales homogéneos es la razón entre el espesor y la conductividad térmica del material.

En materiales no homogéneos la resistencia es el inverso de la conductividad térmica. (Diamant 1985)

Porosidad: La variación de la conductividad térmica de ciertos materiales respecto al peso específico aparente, es comprensible pues depende de su estructura alveolar, es decir, de los espacios de aire en su interior, y si estos son suficientemente pequeños para que el aire contenido en ellos este en absoluto reposo, es evidente que mejoro las condiciones aislantes térmicas del material.

Cuando se habla de coeficiente de conductividad térmica de materiales porosos, éste involucra la transferencia por conducción, convección y radiación, se puede decir que: para reducir la cesión de calor por conducción del aire dentro del poro convienen poros grandes, mientras que en estas condiciones aumenta la transferencia por radiación y convección.

Teniendo en cuenta que la cantidad total transferida debe su parte más importante a la radiación, en segundo lugar, a la convección, y por último interviene la conducción del aire con valores proporcionalmente bajos, los poros deben ser los más chicos posibles. (Diamant 1985, p.10)

Si los poros son herméticos el material en relación a la humedad se comporta como compacto, pero si ellos están intercomunicados entre si y también con el exterior podrán llegar a saturarse de agua, para lo que los valores de λ comienzan a aumentar desde el inicio del humedecimiento.

Si el material llegara a saturarse, descontando la radiación y la convección, y considerando solo la conducción, la transferencia se incrementa significativamente, dado que el valor de λ del aire a 20°C es 20 veces menor que el agua según se expresa en la siguiente tabla. Es decir, la presencia de agua o contenido de humedad hace a los materiales más o menos aislantes térmicos. De allí la importancia de mantener seco los materiales que cumplen la función de aislantes térmicos. (Alias 1997, p.32)

Tabla 7.

Aire y Agua, conductividad térmica en función de la densidad y temperatura.

<i>Sustancia</i>	<i>Estado</i>	<i>Temperatura</i> <i>t</i> <i>°c</i>	<i>Densidad</i> <i>aparente</i> ρ <i>kg/cm³</i>	<i>Conductividad</i> <i>Termica</i> <i>A</i> <i>w/m.k</i>
<i>Aire</i>	<i>Reposo Gas</i>	<i>0°C</i>	<i>1.2950</i>	<i>0.0243</i>
	<i>Reposo Gas</i>	<i>20 °C</i>	<i>1.2104</i>	<i>0.0259</i>
	<i>Reposo Gas</i>	<i>35 °C</i>	<i>1.1480</i>	<i>0.0268</i>
	<i>Reposo Gas</i>	<i>50 °C</i>	<i>1.0870</i>	<i>0.0279</i>
	<i>Reposo Gas</i>	<i>100 °C</i>	<i>0.9900</i>	<i>0.0302</i>
<i>Agua</i>	<i>Reposo Solido</i>	<i>0°C</i>	<i>1000</i>	<i>0.5690</i>
	<i>Reposo Liquido</i>	<i>20 °C</i>	<i>999</i>	<i>0.6030</i>
	<i>Reposo Vapor</i>	<i>100 °C</i>	<i>958</i>	<i>0.6810</i>

Poros: son cámaras pequeñas intercomunicadas entre si por una red de pequeños conductos y cuyo tamaño puede oscilar entre 0,1mm hasta 1mm.

Del tamaño de éstos y su porcentaje en relación a la materia sólida dependerá la eficiencia de aislación térmica de los materiales, para cada uno de los cuales existen límites mínimos y máximos de densidad. (Diamant 1985, p.10)

Capilares: son canales que comunican entre si a los poros aunque puede existir sin la presencia de éstos, es decir, como una red de capilares en materiales no porosos. Son conductos muy finos, cuyo diámetro varía entre 0,01 mm hasta 1 mm.

Por un fenómeno físico (combinación de fuerzas electro moleculares, tensión superficial del agua y presión atmosférica), el agua en estado líquido avanza inexorablemente por los conductos capilares, ascendiendo por ellos hasta una altura que tiene relación directa con el diámetro y la forma de éstos. En nuestro medio (0,00 a 85 m.s.n.m.) el agua ascenderá por los muros un promedio de entre 1,20 m a 1,60 m (mancha de humedad en paredes). El agua avanzara en sentido opuesto a la marcha de la corriente eléctrica por la diferencia potencial. La capilaridad es la facultad que tienen los materiales de absorber y retener los líquidos en sus vacíos bajo efecto de presiones capilares. (Diamant 1985, p.10)

Alvéolos: son cámaras no comunicadas entre sí, generalmente en forma esférica, de cuyo diámetro depende la eficacia de la aislación térmica, ya que se pueden producir, si son grandes, micro-convecciones y micro radiaciones, lo que provoca la ruptura de la aislación.

Si la intercomunicación entre alvéolos es estricta, tenemos además un material aislante hídrico, lo que es de gran utilidad. Es muy extraño que en los materiales de construcción aparezcan algunas de estas en forma exclusiva, pero es frecuente encontrarlos en formas combinadas a los que se denominan estructuras celulares mixtas. (Diamant 1985, p.10)

Definición Operacional.

La resistencia térmica se expresa como la inversa de la conductividad térmica.

Para obtener resultados de la resistencia térmica se realizó el ensayo de conductividad térmica la cual se define como una medida de la rapidez con que fluye la energía o calor a través de un material sometido a un gradiente de temperatura, y que se evalúo mediante el coeficiente de conductividad térmica; por lo que cuando más elevado es el valor de coeficiente de conductividad térmica más baja es la capacidad de este material como aislante térmico.

Por lo que el coeficiente de conductividad térmica de un material: es la cantidad de calor (kcal) que atraviesa por hora, en estado de equilibrio, un cubo de una metro de arista, desde una de sus caras a la opuestas cuando entre estas existe una diferencia de temperatura de 1°C, se expresa en kcal/m.h.°C

Dimensiones

a) Calor específico

El calor específico “c”, es la cantidad de calor (en cal o Kcal) necesaria para elevar 1 °C la masa de 1gr o 1kg de una sustancia, por lo que la dimensión del calor específico es Kcal/kg.°C.

b) La Conductividad Térmica

Conductividad térmica λ , es representativo de cada material y depende de la sustancia del cuerpo, se expresa en kcal/m.h.°C o W/m².°C, es una propiedad de los cuerpos y función de su estado físico siendo mayor para los sólidos que para líquidos y menor para gases. Sus valores límites son 360 W/m².°C para la plata y 0,02 W/m².°C para aire en reposo. No existe el material térmico perfecto y λ no puede llegar al valor 0. La transmisión del calor puede disminuirse, pero nunca anularse.

- c) **Evaporación y condensación:** Ambos implican un cambio de estado (del líquido al gaseoso y viceversa) produciendo una absorción o una emisión de calor. Además, la presencia de agua en sus diferentes estados sólido, líquido o gaseoso, posee mayor poder de tramitación térmica disminuyendo el poder aislante del material, dado que el aire a 20 °C posee un valor de $\lambda = 0,022$ mientras que el agua $\lambda = 0,50$

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia Térmica de mortero.	La capacidad del material de oponerse al flujo del calor. resistencia es el inverso de la conductancia térmica.	Es la capacidad del material que puede soportar un mortero de concreto bajo un flujo de temperatura.	W/m ² K ó en W/m ² °C.

Resistencia Mecánica (Compresión):

Definición Conceptual.

Rivera (2013) sostiene que la resistencia mecánica del cemento endurecido es la propiedad del material que posiblemente resulte más obvia en cuanto a los requisitos de usos estructurales. Por lo tanto, no es sorprendente que las pruebas de resistencia estén indicadas en todas las especificaciones del cemento.

Definición Operacional.

La resistencia a la compresión normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm²), mega pascales (MPa) a una edad de 28 días. Se pueden usar otras edades para las pruebas, pero es importante saber la relación entre la resistencia a los 28 días y la resistencia en otras edades. La resistencia a los 7 días normalmente se estima como 75% de la resistencia a los 28 días y las resistencias a los 56 y 90 días son aproximadamente 10% y 15% mayores que la resistencia a los 28 días.

La relación A/C de la mezcla influyo mucho sobre la resistencia del mortero endurecido.

Una mayor relación A/C dará una menor resistencia, esto quiere decir que, a mayor cantidad de agua, menos resistencia.

Dimensiones

a. Area

Abraham (2010), superficie de contacto perpendicular a la carga de ruptura.

b. Carga de ruptura

Abraham (2010), define carga de ruptura como la carga máxima admitida por un cuerpo antes de la ruptura, generalmente expresada en Kgf.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia Mecánica del mortero	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. (NTP 334.051).	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un dado de mortero bajo una carga admisible.	Kg/cm ² .

Variable Independiente:

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Sustitución del 5% y 10 % del cemento en un mortero por las cenizas de ichu	Es la mezcla de un porcentaje de ichu en remplazo de un 5% y 10 % de cemento en una unidad de mortero	Ichu 5% y 10%

Hipótesis

Al calcinar el Ichu, permitiría activar sus precursores puzolánicos de sílice y aluminio a su vez mantener su propiedad porosa, para poder reemplazar al cemento en una mezcla de mortero y obtener una alta resistencia térmica y mecánica en comparación de un patrón sin sustitución.

Objetivos

Objetivo General

Determinar la resistencia térmica y mecánica de un mortero con cemento sustituido por 5% y 10% de cenizas de ichu en comparación con un mortero convencional.

Objetivos Específicos

- Determinar el rango de activación térmica del ichu se realizó en ensayo termo gravimétrico y el análisis térmico diferencial.
- Determinar la composición química de las cenizas de ichu y poder observar si el material es puzolánico.
- Determinar el grado de alcalinidad de las cenizas de ichu se determinó el PH de las cenizas de ichu, el cemento y la mezcla de ambos según la sustitución en un 5% y 10%.
- Diseño de la relación agua – cemento del mortero patrón y experimental.
- Determinar y comparar la resistencia térmica de los cubos de mortero con sustitución del cemento 0%,5% y 10% por cenizas de ichu a los 28 días de curado.
- Determinar y comparar la resistencia a la compresión de los cubos de mortero con sustitución del cemento 0%,5% y 10% por cenizas de ichu a los 3, 7 y 28 días de curado.

Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de Investigación

El tipo de investigación correspondiente es de tipo **Aplicada**, precedentemente los resultados de los mismos fueron utilizados para la solución de problemas relacionados a los morteros y generando otras alternativas de diseñar viviendas con mayor durabilidad, servirá como una técnica nueva para el proceso constructivo. Se logró consolidar los problemas a través de esta propuesta en su proceso constructivo.

Nuestra investigación es aplicada, porque se buscó resolver un problema conocido y encontrar respuestas a preguntas específicas. Usando métodos innovadores y sobre todo naturales a bajo costo, ya que teniendo en cuenta los conocimientos previos ya estudiados, comprobamos de manera experimental la resistencia térmica de un mortero utilizando cenizas de ichu, en comparación a un mortero convencional. Los ensayos se realizaron de manera experimental, haciendo del tiempo un factor importante para la deducción de resultados.

Enfoque de la Investigación

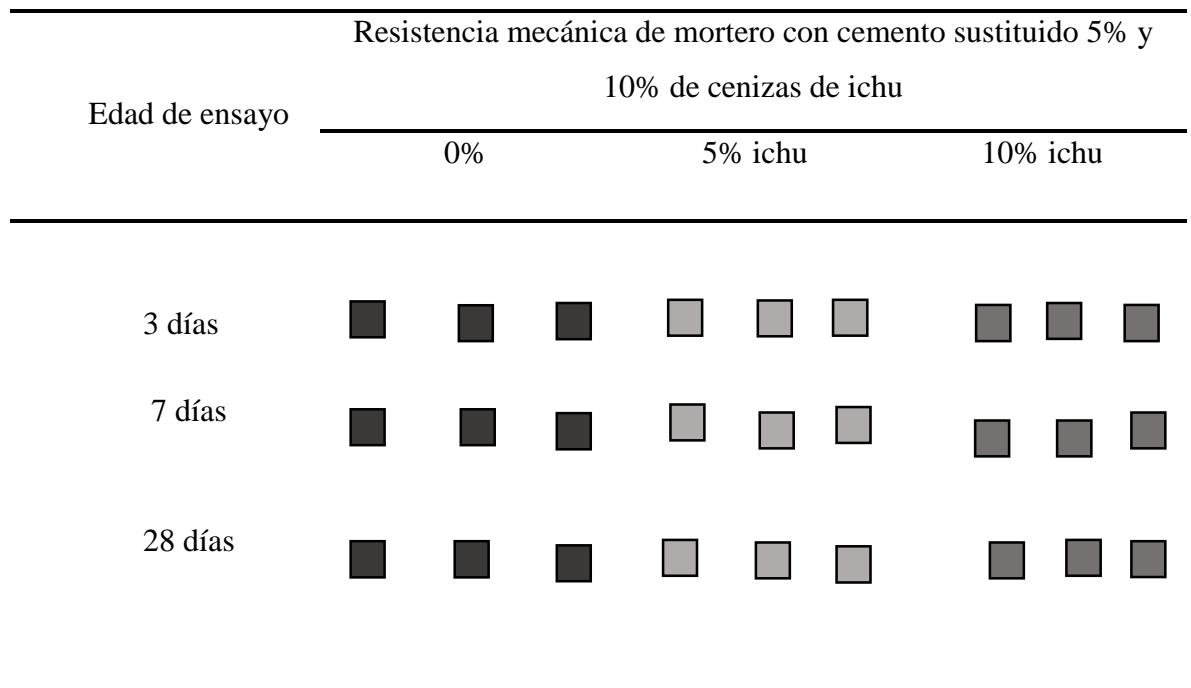
Cuantitativo, porque se estudia las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando, basándose en el método de la experimentación. Así mismo se basa en la metodología de los procesos estadísticos tanto en su fase descriptiva como inferencial. Se tiene en cuenta como una adecuada resistencia térmica de $0,02 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$, y Una no adecuada de $360 \text{ W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$.

Diseño de Investigación:

Es un diseño experimental del tipo en bloque completo al azar, porque es un proceso en el cual se estudió el diseño convencional del mortero en comparación con el nuevo diseño elaborado con el remplazo o sustitución de un porcentaje de cemento por CI, el estudio en su mayor parte se concentró en las pruebas realizadas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, donde se estuvo en contacto con los ensayos a realizar, obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en los objetivos. Siendo el diseño de investigación el siguiente:

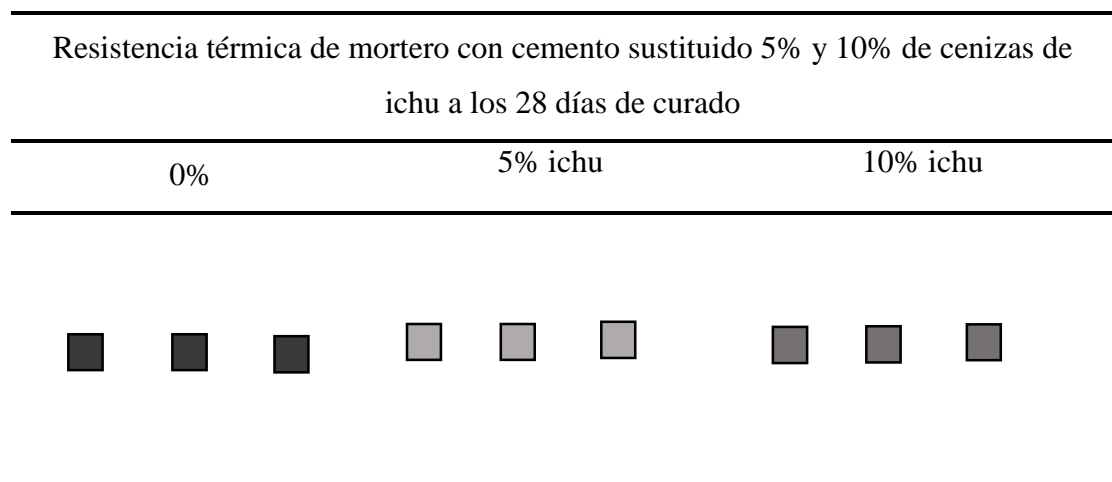
Diseño en Bloque Completo al Azar

Para la resistencia mecánica a compresión



Diseño Simple al Azar 3 repeticiones

Para la resistencia térmica



Población y Muestra

La finalidad fue estudiar el comportamiento que tiene esta mezcla de elementos al ser utilizado en la elaboración de un mortero. La ceniza de ichu fue utilizada para sustituir al mortero de revestimiento convencional. La manera en que se utilizó en la mezcla fue en base de una sustitución porcentual entre los elementos que la conforman.

Esto nos da a entender que se realizó dos tipos de diferentes morteros, uno de las cuales fue la elaboración de muestras con los elementos ya mencionados en el proceso de investigación y una más de manera convencional, que sirvió como parámetro de comparación, la cual se manejó sin ninguna modificación en sus componentes.

Unidad de Análisis: Probetas de mortero de cemento.

Población

Conjunto de probetas de mortero de 50 mm de lado. Elaborados con agregado fino con agua potable, con cemento portland tipo I Pacasmayo con cenizas de ichu activada térmicamente, Se determinó la resistencia térmica y mecánica se empleó la ceniza de ichu como material de sustitución al cemento empleada en la elaboración del mortero la dosificación en peso 1:2.75 según NTP 334.051

Para la elaboración de las unidades de estudio (cubos de mortero) se utilizó las siguientes referencias:

Las materias primas renovables que es el ichu se obtuvo de la laguna de Querococha provincia de Huaraz, debido a la abundancia del material en respectivo lugar el material fue cortado, lavado, secado y luego calcinado.

La arena para el diseño de las probetas de mortero se obtuvo de la cantera vesique y fue gradada como manda la NTP.

Muestra

La muestra obtenida a través de nuestro diseño muestral ha sido de 27 morteros, con un diseño de dosificación de 1: 2.75 según NTP 334.051. con patrones y de sustitución al cemento en un 5% y 10% de cenizas de ichu.

Las cuales para a resistencia a la compresión están distribuidas de la siguiente manera.

- 9 probetas sin sustitución
- 9 probetas con la sustitución de 5% CI
- 9 probetas con la sustitución de 10% CI

Para la resistencia térmica están distribuidas de la siguiente manera.

- 3 probetas sin sustitución
- 3 probetas con la sustitución de 5% CI
- 3 probetas con la sustitución de 10% CI

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para la recolección de datos se utilizó la guía de observación que está estructurada y que recoge información para ser tratada estadísticamente, desde una perspectiva cuantitativa.

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTO
La Observación Científica	<ul style="list-style-type: none">• Guía De Observación Resumen• Fichas Técnicas De Laboratorio

Se aplicó como técnica la observación ya que la percepción del material es registrada en forma cuidadosa y experta. Todo lo observado se puso en escrito.

Para esto utilizamos como instrumento una guía de observación resumen porque nos permitió elaborar sistemas de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos.

Teniendo en cuenta así que el material que se utilizó en nuestro diseño de mortero requirió ser evaluados por una serie de ensayos ya que dichos ensayos son los que determinan si los materiales son buenos para nuestra mezcla de mortero a utilizar, por ello se debe tener en cuenta el siguiente ensayo.

Ensayo

- Resistencia mecánica a compresión de diseño convencional y un diseño aplicado a cenizas de ichu
- Conductividad térmica de diseño convencional y un diseño aplicando cenizas de ichu.

Procedimiento:

Diseño de una mezcla de mortero, usando los procedimientos de la norma técnica peruana 334.051

Se procedió a la selección de las cantidades de los materiales usados para la mezcla de mortero, se calculó las cantidades de cada componente que conforman la mezcla de mortero teniendo en cuenta la relación arena/ cemento de 2.75 como indica la NTP; así como la relación agua/cemento de 0.485 según la norma NTP.

Procedimiento para la mezcla de morteros según norma astm c 305

Se colocó la paleta mezcladora y el recipiente de mezclado secos en su posición de trabajo en la mezcladora. Luego se introdujo los materiales para una amasada en el recipiente y se mezcla en la siguiente forma:

- Se vertió toda el agua de mezclado en el recipiente.
- Se agregó el cemento al agua y se mezcla durante 30s a la velocidad lenta (140 ± 5 r/min)

- Se agregó lentamente la totalidad de la arena en un periodo de 30s, mientras se mezcla a velocidad lenta.
- Se detuvo la mezcladora, se cambia a velocidad media (285 ± 10 r/min) y se mezcla durante 30s.
- Se detuvo la mezcladora y se dejó reposar el mortero durante 90s. Durante los primeros 15s de este intervalo, se arrastró hacia el fondo con el raspador, el mortero adherido a la pared del recipiente. Durante el resto del intervalo, se tapo el recipiente.
- Se mezcló durante 60s a velocidad media (285 ± 10 r/min).

Procedimiento para la fluidez de morteros de cemento hidraulico según norma astm c 230

- Llenado del Molde: Se limpió y se secó la plataforma de la mesa de flujo, se coloca el molde en el centro, se vierte en el molde una capa del mortero que se requiriere ensayar, de unos 25 mm (1") de espesor, y se apisona con 20 golpes del compactador, uniformemente distribuidos. Con una segunda capa de mortero, se llena totalmente el molde y se apisona como la primera capa. Se retira el exceso de mortero de la capa superior y se alisa la superficie por medio de un palustre.
- Ensayo: Una vez el molde se encuentre lleno, se limpia y se seca la plataforma de la mesa. Después de un (1) minuto de terminada la operación de mezclado, se retiró el molde, levantándolo e inmediatamente se dejó caer la mesa de flujo 25 veces en 15 segundos. Luego se midió el diámetro de la base de la muestra, por lo menos en cuatro puntos equidistantes y se calculó el diámetro promedio.
- Resultados: La fluidez es el aumento del diámetro de la muestra, expresado como un porcentaje del diámetro de la base mayor del molde, determinado según la siguiente fórmula:

$$\% FLUIDEZ = \frac{\text{diametro promedio}(cm) - 10.16cm}{10.16 cm} * 100$$

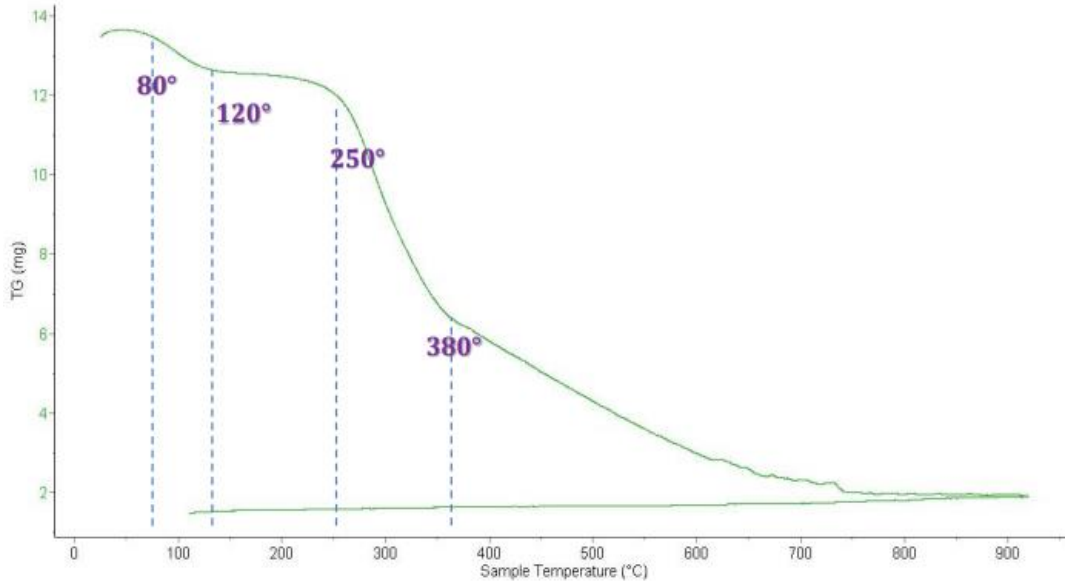
Procedimiento para la realización de los especímenes de ensayo.

- Se completó la consolidación del mortero en los moldes por un apisonado manual.
- Apisonado Manual: Se Comenzó a moldear los especímenes dentro de un tiempo total no mayor de 2 min y 30 s después de completar la mezcla inicial de la amasada del mortero.
- Se colocó una capa de mortero de alrededor de 25 mm (1pulg) (aproximadamente la mitad de la profundidad del molde) en todos los compartimientos del cubo.
- Se apisono el mortero en cada compartimiento cúbico 32 veces en aproximadamente 10 s en 4 rondas, cada ronda en ángulos rectos respecto a las otras y consistió en ocho golpes adjuntos sobre la superficie del espécimen, siendo justo la suficiente para asegurar el llenado uniforme de los moldes. Las 4 rondas de apisonado (32 golpes) del mortero fueron completadas en un cubo antes de seguir con el próximo.
- Cuando el apisonado de la primera capa en todos los compartimientos cúbicos se ha completo, se llenaron los compartimientos con el mortero restante y luego se apisono como se especificó para la primera capa.
- Durante el apisonado de la segunda capa, se introdujo al molde, el mortero forzado hacia fuera sobre la parte superior de los moldes después de cada ronda de apisonado con los dedos usando el apisonador hasta completar cada ronda y antes de comenzar la siguiente ronda de apisonamiento.

- Al completar el apisonado, la parte superior de todos los cubos se extiende levemente por encima de las partes superiores de los moldes. Se introdujo el mortero que haya sido forzado hacia fuera por sobre las partes superiores de los moldes.
- El mortero que haya sido hacia fuera por sobre las partes superiores de los moldes con una llana con hoja de acero y se suavizó los cubos pasando el lado plano de la llana con hoja de acero (con el borde levemente levantado) una vez, a través de la parte superior de cada cubo en ángulos rectos a la longitud del molde.
- Luego para nivelar el mortero y hacer el mortero que sobresale por encima de la parte superior del molde de un espesor más uniforme, se pasó el lado plano de la paleta con hoja de acero (con el borde levemente levantado) una vez a lo largo de la longitud del molde.
- Se cortó el mortero a una superficie plana a nivel con la parte superior del molde, pasando el canto recto de la espátula (sostenida casi perpendicular al molde) con un movimiento de aserrado sobre la longitud del molde.
- Luego de cada proceso de apisonado se realizó el vibrado manual de mortero.
Para resistencia mecánica a compresión se tomó la muestra de los morteros la cual tienen un curado de 3, 7 y 28 días y un secado de acuerdo a NTP, el ensayo consistió en la colocación de los morteros en una máquina que fue sometida a una carga axial hasta el punto de su rotura.
Para resistencia térmica se tomó la muestra de los morteros la cual tuvo un curado de 28 días y un secado de dos días, el ensayo consistió en la aplicación de una pasta para la mejor adherencia del mortero al sensor, la cual generó los diferentes valores de conductividad térmica, en el monitor de la computadora.

III: RESULTADOS

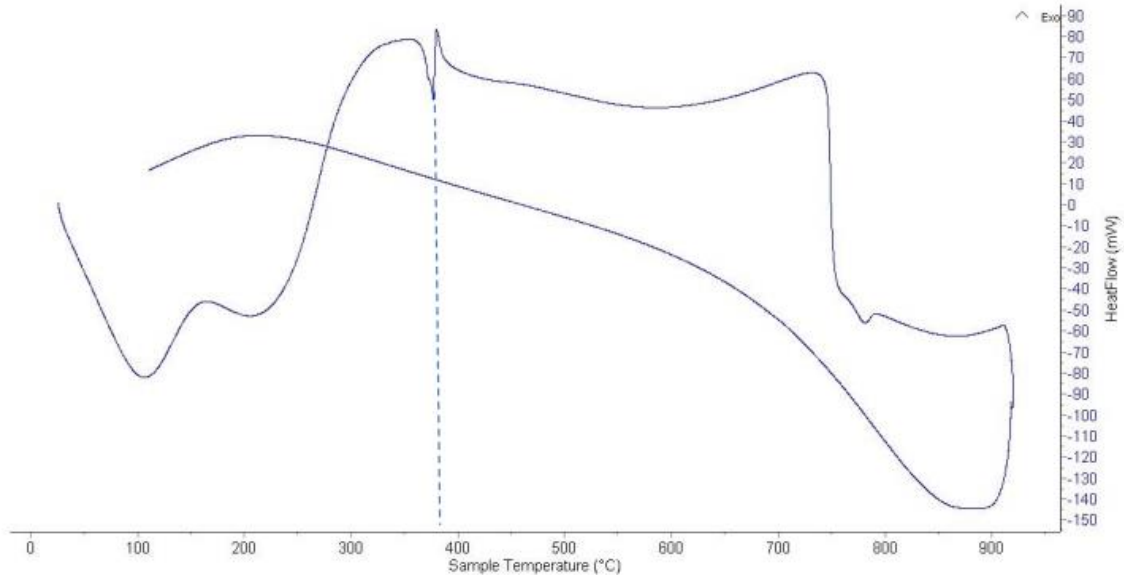
Determinación del tiempo y Grado de calcinación del Ichu



Fuente: Laboratorio de polímeros (U.N.T)

Equipo: Analizador Térmico Simultáneo TG- DTA-DSC Cap. Max: 1600°C

Grafica 1: Cueva de Pérdida de Masa – Análisis Térmico Gravimétrico de ichu



Fuente: Laboratorio de polímeros (U.N.T)

Equipo: Analizador Térmico Simultáneo TG- DTA-DSC Cap. Max: 1600°C

Grafica 2. Curva Calorimétrica DCS (Curva de Calor Absorbido) de ichu

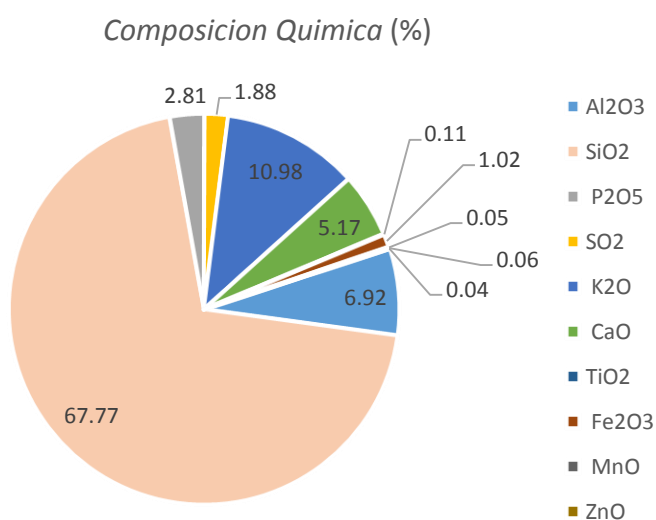
Determinación de la composición química de las cenizas de ichu por (Florescencia de rayos-X dispersiva en energía).

Tabla n° 08

Composición química de cenizas de ichu (Fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía)

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)	MÉTODO UTILIZADO
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	6.915	<i>Florescencia de rayos-X dispersiva en energía</i>
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	67.769	
Pentóxido de Fósforo (P ₂ O ₅)	2.807	
Dioxido de Azufre (SO ₂)	1.877	
Oxido de Potasio (K ₂ O)	10.98	
Oxido de Calcio (CaO)	5.167	
Dióxido de Titanio (TiO ₂)	0.108	
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	1.016	
Oxido de Manganeso (MnO)	0.052	
Oxido de Zinc (ZnO)	0.057	
Oxido de Cobre (CuO)	0.044	

Nota. Fuente: Laboratorio de Arqueometria de la San Marco – 28/05/2018



Grafica 3. Composición química de cenizas de Ichu

Determinación del potencial de Hidrógeno de cenizas de Ichu.

Tabla n° 09

Ph del cemento y de las cenizas de ichu

Muestra	PH
Cemento (C)	13.19
Cenizas de Ichu (CI)	12.14
95%C + 5%CI	13.98
90%C + 10%CI	13.89

Fuente: Laboratorio Físico Químico COLECBI

Potencial de Hidrogeno

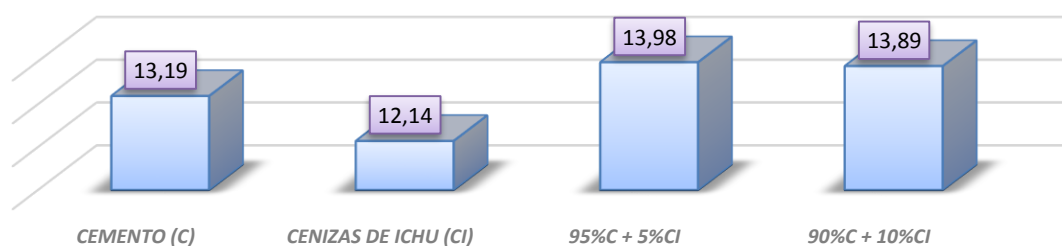


Grafico 4. Ph del cemento y de las cenizas de Ichu

Composición del Mortero Patrón y Experimental

Tabla n° 10

Proporción de materiales utilizado para calcular la fluidez

Descripción	Relación		Agregado Fino (gr)	Aglomerante		Agua (gr)
	Arena/Cemento	Agua / Cemento		Cemento(gr)	Cenizas ichu(gr)	
Patrón	2.75	0.485	458.32	166.66	0	80.6
Exp 5%	2.75	0.508	458.32	158.34	8.33	84.6
Exp 10%	2.75	0.520	458.32	150	16.67	86.6

Fluidez de la mezcla del Mortero Patrón y Experimental

Tabla n° 11:

Fluidez del mortero patrón y experimental

Descripción	Relación	D (cm)	Diámetros (cm)				Diámetro Promedio (cm)	%Flujo
			D1	D2	D3	D4		
Patrón	0.458	10.16	11.8	12.6	13.35	12.8	12.63	24.31
Exp 5%	0.508	10.16	12.6	12.7	13.2	13.2	12.93	27.21
Exp 10%	0.520	10.16	13.3	12.4	11.7	11.9	12.33	21.35

Tabla n°12:

Proporción de materiales utilizado para elaborar los especímenes.

Descripción	Relación		Agregado Fino	Aglomerante		Agua
	Arena/Cemento	Agua / Cemento		Cemento	Cenizas ichu	
Patrón	2.75	0.485	687.5	250	0	121
Exp 5%	2.75	0.508	687.5	237.5	12.5	127
Exp 10%	2.75	0.520	687.5	225	25	130

Tabla n° 13:

Requisitos Físicos de Gradación para Elaborar los Especímenes.

n° mallas	Arena manufacturada		NTP. morteros % pasa		
	Pesos retenido	% Retenido	% Pasa	Arena manufacturada	
# 4	0	0	100	100	
# 8	32.45	4.72	95.28	95	100
# 16	119.76	17.42	77.86	70	100
# 30	223.03	32.44	45.42	40	75
# 50	89.79	13.06	32.36	20	40
# 100	81.125	11.80	20.56	10	25
# 200	103.95	15.12	5.44	0	10
PLATO	37.4	5.44	-	-	-
TOTAL	500				

Ensayo de resistencia a compresión para morteros patrones de 3, 7, 28 días.

Tabla n° 14:

Resistencia a compresión de mortero patrón (a/c:0.485 – 1:2.75), 3días.

Muestra	Peso al desmol dar (gr)	Peso después del curado (gr)	Area (cm ²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	Dispersión (%)
P-01	293.50	296.60	26.05	48.2	189		
P-02	295.86	298.96	25.90	49.6	195	196	4.12
P-03	296.50	299.80	26.03	52.3	205		

Fuente: Laboratorio de Concreto y reciclado. UNT

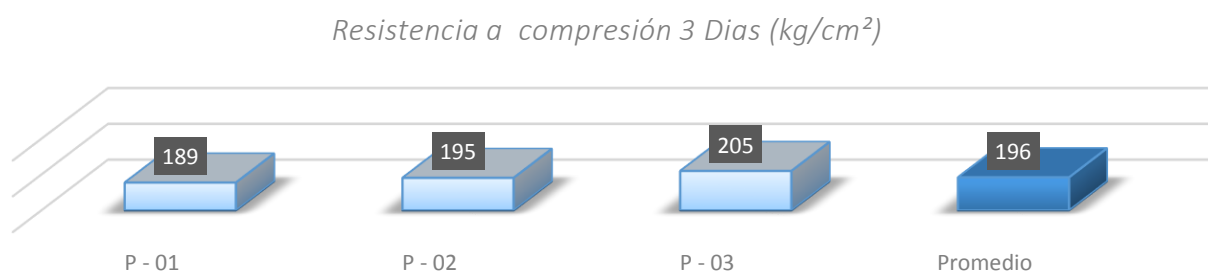


Grafico 5. Resistencia a compresión de mortero patrón a los 3días.

Tabla n° 15:

Resistencia a compresión de mortero patrón (a/c:0.485 – 1:2.75), 7días.

Muestra	Peso al desmol dar (gr)	Peso después del curado (gr)	área (cm ²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	Dispersión (%)
P-01	284.16	286.56	26.16	55.7	217		
P-02	285.40	287.70	26.16	58.6	228	217	5.07
P-03	284.32	286.32	26.19	53.0	206		

Fuente: Laboratorio de Concreto y reciclado. UNT

Resistencia a compresión 7 Dias (kg/cm²)

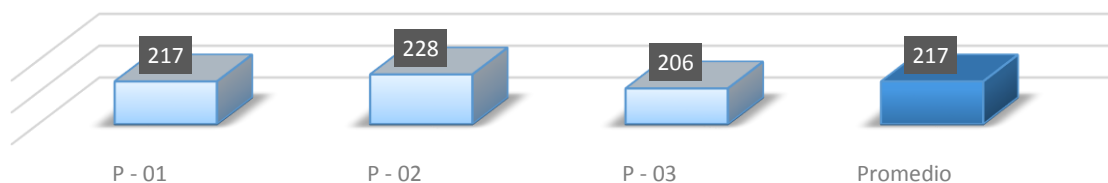


Grafico 6. Resistencia a compresión de mortero patrón a los 7 días.

Tabla n° 16:

Resistencia a compresión de mortero patrón (a/c:0.485 – 1:2.75), 28 dias.

Muestra	Peso al desmoldar (gr)	Peso después del curado (gr)	Área (cm ²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	Dispersión (%)
P-01	303.37	308.17	26.20	64.4	251		
P-02	306.57	311.67	26.19	67.3	262	249	5.45
P-03	302.7	307.50	26.17	60.2	235		

Fuente: Laboratorio de Concreto y reciclado. UNT

Resistencia a compresión 28 Dias (kg/cm²)

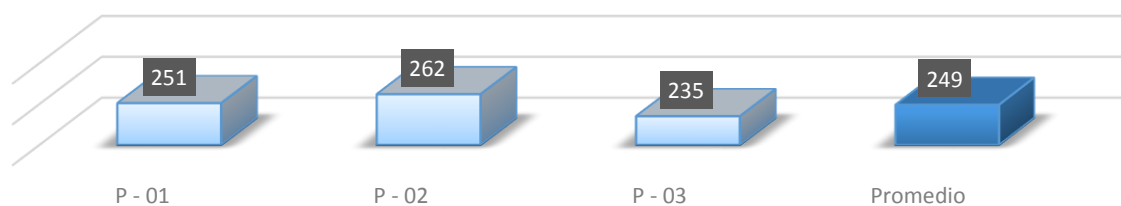


Grafico 7. Resistencia a compresión de mortero patrón a los 28 días.

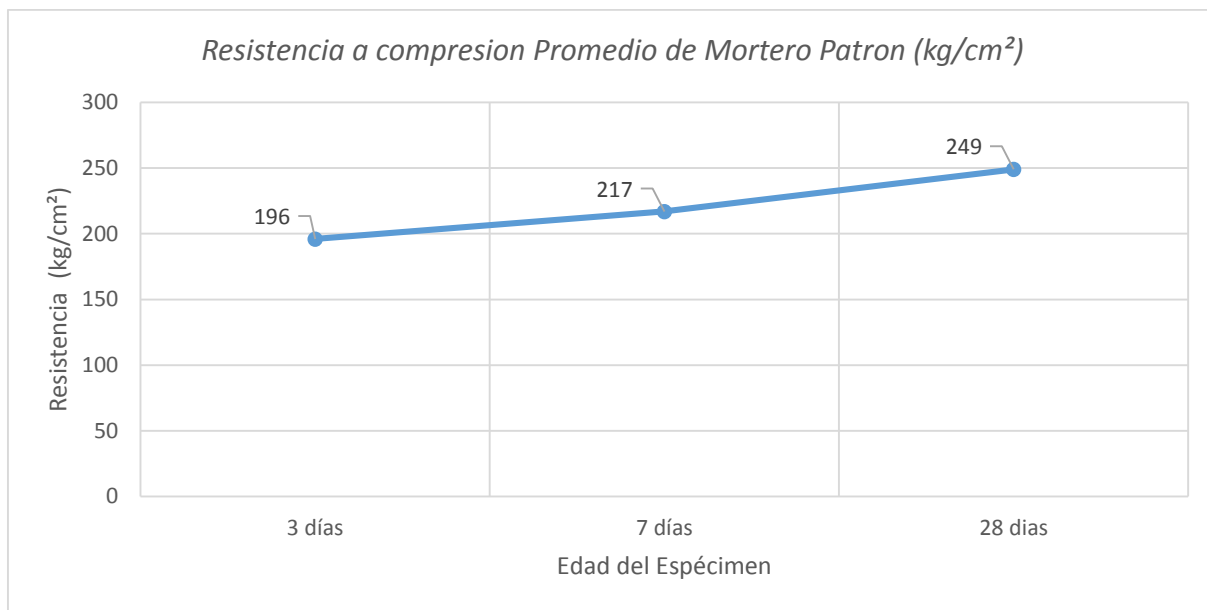


Grafico 8. Curva de Resistencia a compresión promedio de morteros patrón.

Ensayo de resistencia a compresión para morteros experimentales -5% CI.

Tabla n° 17:

Resistencia a compresión de mortero experimental-5%CI (a/c:0.508 – 1:2.75), 3días.

Muestra	Peso al desmol dar (gr)	Peso después del curado (gr)	área (cm ²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	Dispersión (%)
E 5%-1	277.87	280.97	24.84	45.7	188		
E 5%-2	277.55	280.65	25.15	43.2	175	187	5.91
E 5%-3	280.13	283.43	25.21	48.6	197		

Fuente: Laboratorio de Concreto y reciclado. UNT

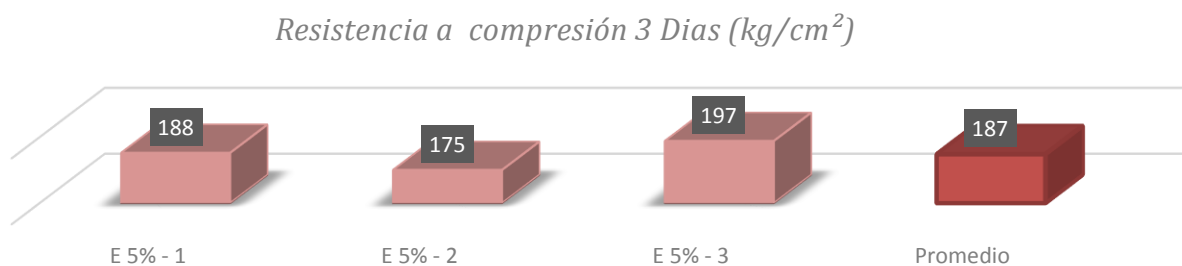


Grafico 9. Resistencia a compresión de mortero experimental 5% CI a los 3 días.

Tabla n° 18:

Resistencia a compresión de mortero experimental-5%CI (a/c:0.508 – 1:2.75), 7 días.

Muestra	Peso al desmoldar (gr)	Peso después del curado (gr)	área (cm ²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	Dispersión (%)
E 5%-1	277.01	279.41	25.09	53.3	217		
E 5%-2	276.42	278.72	24.87	50.0	205	212	3.03
E 5%-3	276.92	276.02	24.48	51.7	215		

Fuente: Laboratorio de Concreto y reciclado. UNT

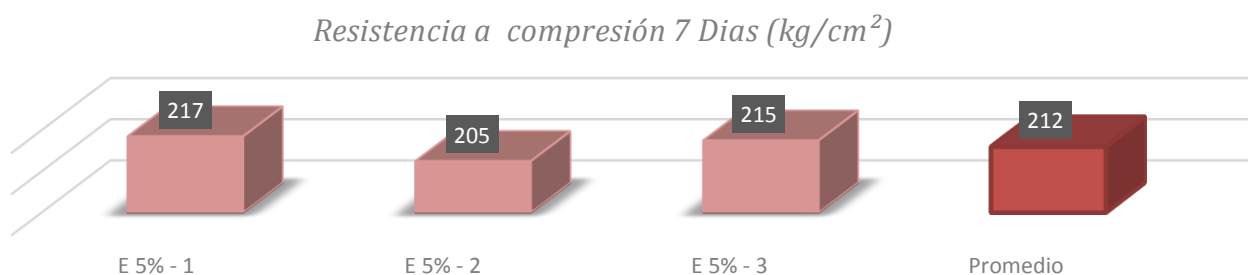


Grafico10. Resistencia a compresión de mortero experimental 5% CI a los 7 días.

Tabla n° 19:

Resistencia a compresión de mortero experimental-5%CI (a/c:0.508 – 1:2.75), 28 días.

Muestra	Peso al desmoldar (gr)	Peso después del curado (gr)	área (cm ²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	Dispersión (%)
E 5%-1	268.50	273.30	25.13	65.3	265		
E 5%-2	268.87	273.97	25.29	72.5	292	284	5.82
E 5%-3	270.27	275.07	24.98	72.2	295		

Fuente: Laboratorio de Concreto y reciclado. UNT

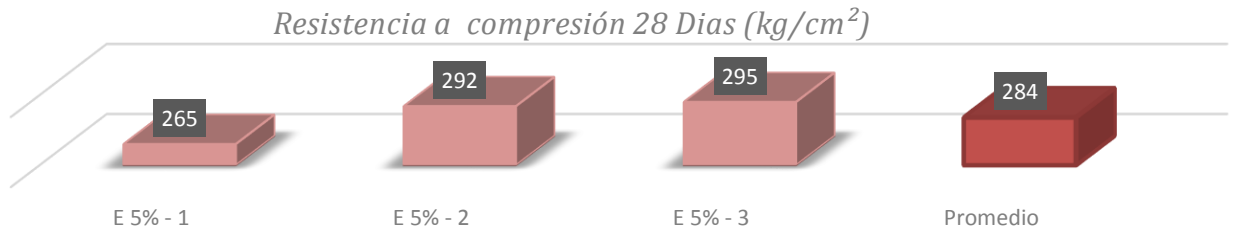


Grafico 11. Resistencia a compresión de mortero experimental 5% CI a los 28 días.

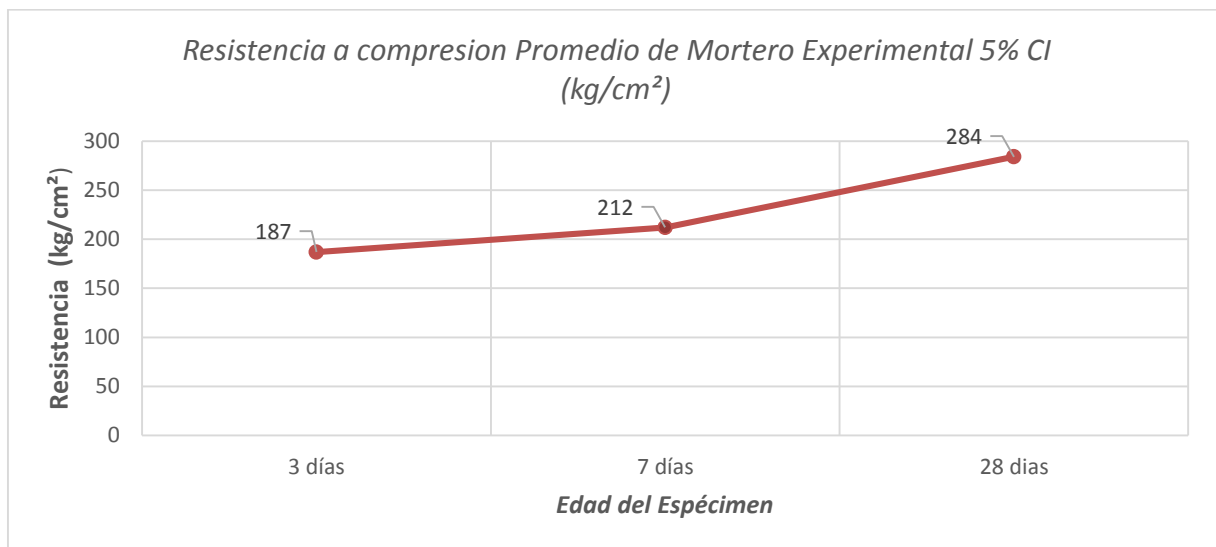


Grafico 12. Curva de Resistencia a compresión promedio de morteros experimental 5% CI.

Ensayo de resistencia a compresión para morteros experimentales -10% CI.

Tabla n° 20:

Resistencia a compresión de mortero experimental-10%CI (a/c:0.520 – 1:2.75), 3 días.

Muestra	Peso al desmoldar (gr)	Peso después del curado (gr)	área (cm ²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	Dispersión (%)
E 10%-1	275.32	278.42	24.71	42.1	174		
E 10%-2	276.46	279.56	25.32	43.1	176	176	1.14
E 10%-3	277.15	280.45	25.41	44.4	178		

Fuente: Laboratorio de Concreto y reciclado. UNT

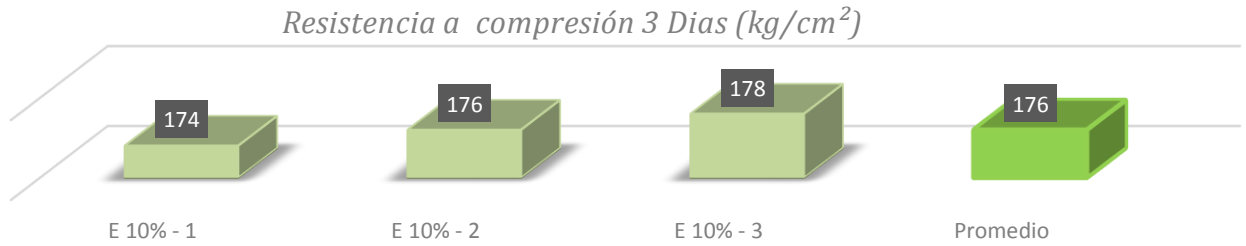


Grafico 13. Resistencia a compresión de mortero experimental 10% CI a los 3 días.

Tabla n° 21:

Resistencia a compresión de mortero experimental-10%CI (a/c:0.520 – 1:2.75), 7 días.

Muestra	Peso al desmoldar (gr)	Peso después del curado (gr)	área (cm ²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	Dispersión (%)
E 10%-1	278.39	280.79	25.30	49.5	200	194	7.40
E 10%-2	277.99	280.29	24.87	43.5	178		
E 10%-3	279.21	281.31	24.88	50.1	205		

Fuente: Laboratorio de Concreto y reciclado. UNT

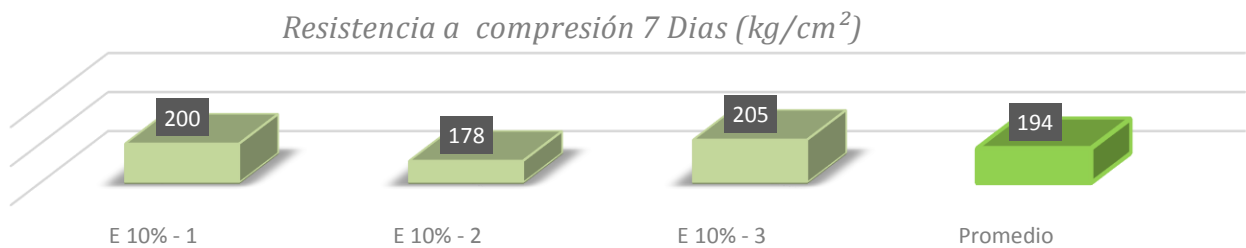


Grafico 14. Resistencia a compresión de mortero experimental 10% CI a los 7 días.

Tabla n° 22:

Resistencia a compresión de mortero experimental-10%CI (a/c:0.520 – 1:2.75),28 días.

Muestra	Peso al desmoldar (gr)	Peso después del curado (gr)	área (cm ²)	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	Dispersión (%)
E 10%-1	265.76	270.56	25.15	60.4	245		
E 10%-2	269.31	274.41	25.05	68.4	278	265	6.63
E 10%-3	266.78	271.58	25.09	67.0	272		

Fuente: Laboratorio de Concreto y reciclado. UNT

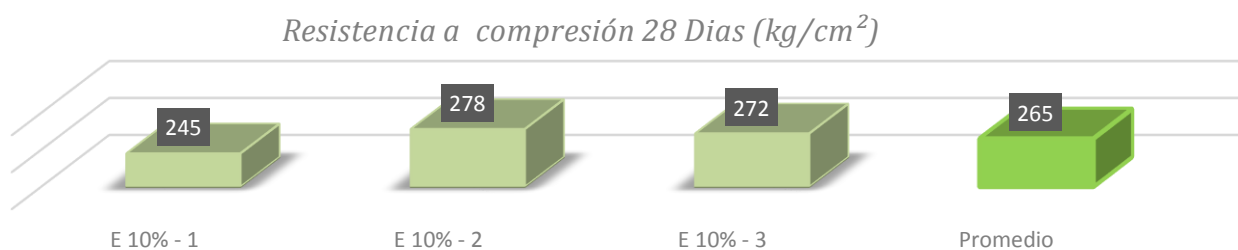


Grafico 15. Resistencia a compresión de mortero experimental 10% CI a los 28 días.

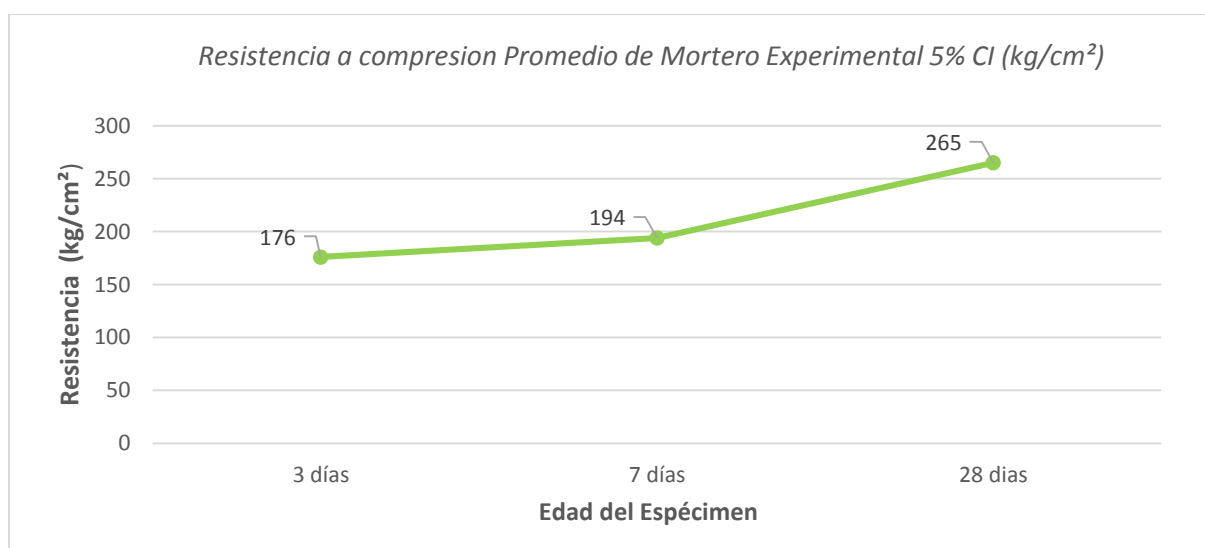


Grafico 16. Curva de Resistencia a compresión promedio de morteros experimental 10% CI.

Se recopiló las resistencias promedio del mortero patrón y experimental del 5% CI y 10% CI

Tabla n° 23:

Resistencia a compresión de morteros patrón y experimentales

Edad del Espécimen	Resistencia Promedio (kg/cm ²)		
	3 días	7 días	28 días
Patron (P)	196	217	249
Experimental 5% Cenizas de Ichu (E-5% CI)	187	212	284
Experimental 10% Cenizas de Ichu (E-10% CI)	176	194	265

Fuente: Laboratorio de Concreto y reciclado. UNT

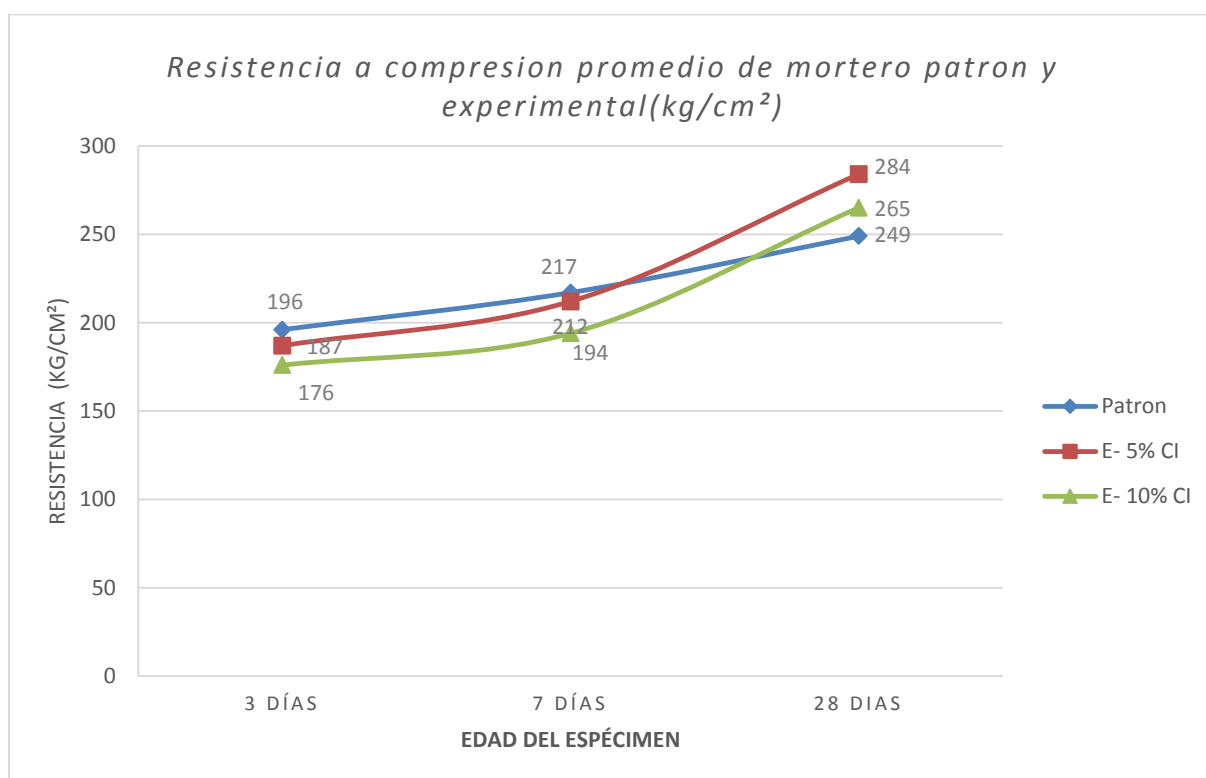


Grafico 17. Curvas de Resistencia a compresión promedio de morteros patrones y experimentales.

Resistencia a compresion promedio de mortero patron y experimental(kg/cm²)

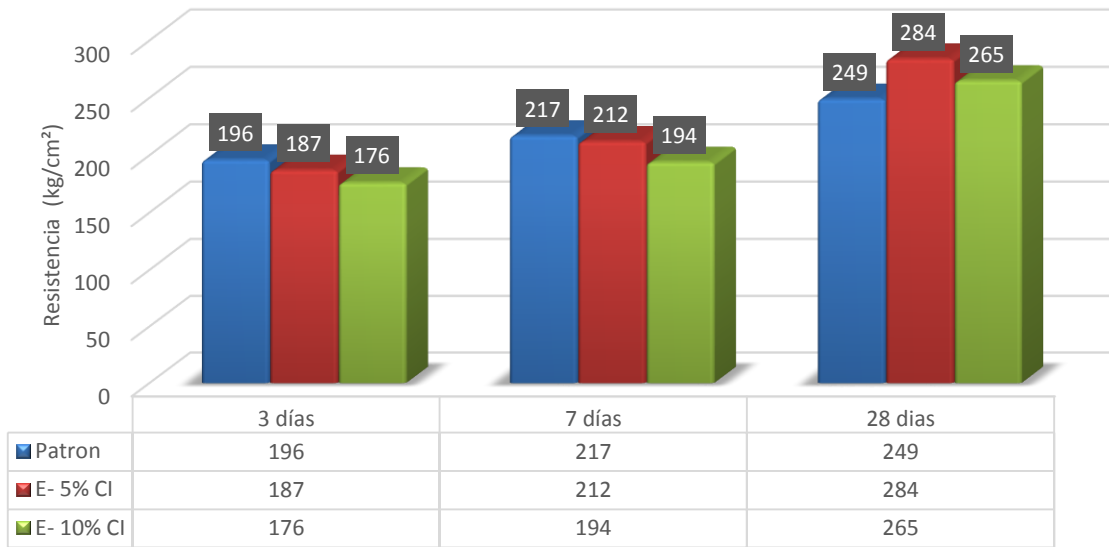


Grafico 18. Resistencia a compresión promedio de morteros patrones y experimentales.

Ensayo de conductividad térmica para mortero patrón.

Tabla n° 24.

Especímenes ensayados en 28 días de curado patron

Muestra	Peso al desmoldar (gr)	Peso después del curado (gr)	Espesor (m)	Conductividad (w/mk)	Resistencia Térmica (m2k/w)	Resist. Prom. (m2k/w)
P-01	303.37	308.17	0.0512	1.1045	0.0463	
P-02	306.57	311.67	0.0511	1.1661	0.0438	0.0447
P-03	302.7	307.50	0.0512	1.1653	0.0439	

Fuente: Prueba de conductividad. Laboratorio de ciencias. UNI

Resistencia Termica 28 Dias (m2k/w)

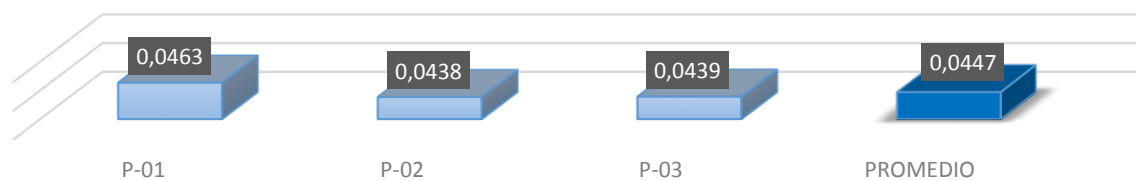


Grafico 19. Resistencia térmica de mortero patron a los 28 días.

Ensayo de conductividad térmica para mortero experimental E – 5% CI.

Tabla n° 25.

Especímenes ensayados en 28 días de curado experimental 5%CI

Muestra	Peso al desmoldar (gr)	Peso después del curado (gr)	Espesor (m)	Conductividad (w/mk)	Resistencia Térmica (m2k/w)	Resist. Prom. (m2k/w)
E 5%-1	268.50	273.30	0.0494	0.9944	0.0496	
E 5%-2	268.87	273.97	0.0493	0.9965	0.0494	0.0498
E 5%-3	270.27	275.07	0.0498	0.9889	0.0503	

Fuente: Prueba de conductividad. Laboratorio de ciencias. UNI

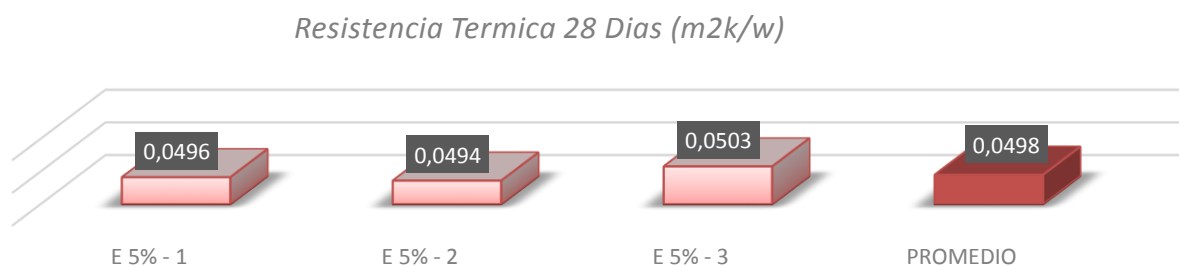


Grafico 20. Resistencia térmica de mortero experimental E 5% CI a los 28 días.

Ensayo de conductividad térmica para mortero experimental E – 10% CI.

Tabla n° 26.

Especímenes ensayados en 28 días de curado experimental 10%CI

Muestra	Peso al desmoldar (gr)	Peso después del curado (gr)	Espesor (m)	Conductividad (w/mk)	Resistencia Térmica (m2k/w)	Resist. Prom. (m2k/w)
E 10%-1	265..76	270.56	0.0499	0.7635	0.0654	
E 10%-2	269.31	274.41	0.0501	0.8008	0.0625	0.0642
E 10%-3	266.78	271.58	0.0501	0.7737	0.0648	

Fuente: Prueba de conductividad. Laboratorio de ciencias. UNI

Resistencia Termica 28 Dias (m2k/w)

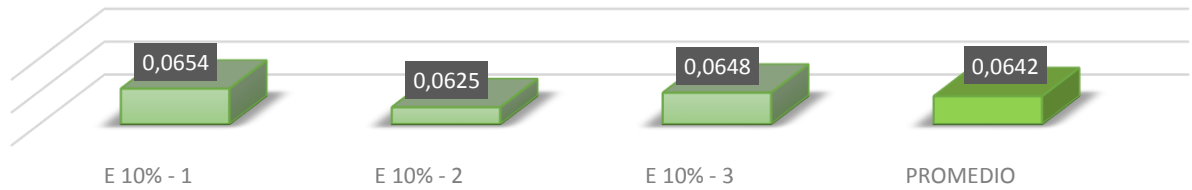


Grafico 21. Resistencia térmica de mortero experimental E 10% CI a los 28 días.

Se recopiló las resistencias térmicas promedio del mortero patrón y experimental del 5% CI y 10% CI

Tabla n° 27:

Resistencia Térmica de morteros patrón y experimentales

Edad del Espécimen	Resistencia Promedio (m ² k/w)
28 días	
Patron (P)	0.0447
Experimental 5% Cenizas de Ichu (E-5% CI)	0.0498
Experimental 10% Cenizas de Ichu (E-10% CI)	0.0642

Fuente: Prueba de conductividad. Laboratorio de ciencias. UNI

Resistencia Termica Promedio de mortero partron vs mortero experimental E 5% CI y mortero experimental E 10% CI

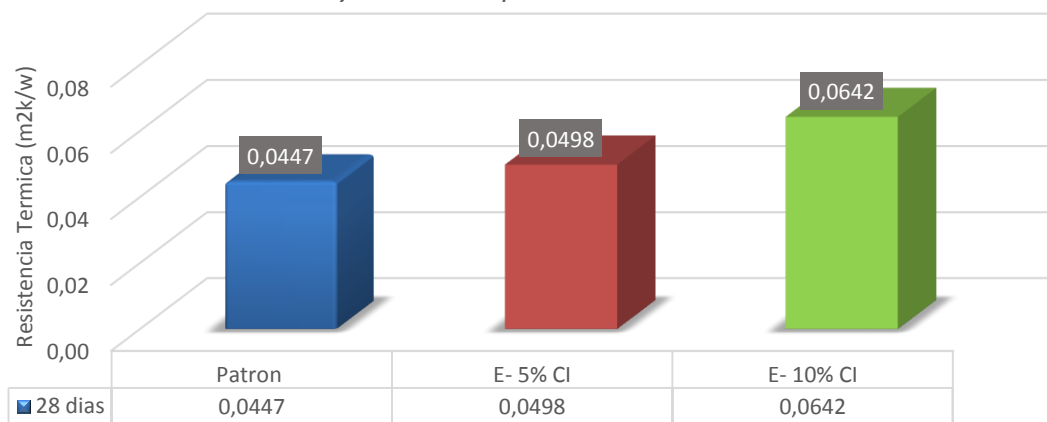


Grafico 22. Resistencia Térmica promedio de morteros patrones y experimentales.

IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Para la determinación del Tiempo y Grado de calcinación del ichu se realizó de acuerdo el análisis térmico diferencial y térmico gravimétrico. *En la gráfica n°01* se puede apreciar una pérdida de masa alrededor de los 80 y 100° C ya que se da la pérdida de agua debido a la evaporación de la misma, entre 250° C hasta 320°C el material empieza a degradarse esto debido que el material va perdiendo masa y los precursores de los óxidos va posteriormente a activarse, desde ahí se da una pérdida de masa más lenta hasta 900 ° C, en los 380 °C los componentes químicos del Ichu que están como elementos pasan a ser óxidos lo cual nos brinda sus componentes puzolanicos dejando enlaces libres para poder funcionar con los componentes de cemento portland tipo I.

En la gráfica n° 02 , que corresponde al análisis calorimétrico, se aprecia un pico endotérmico, (absorción de calor) aproximadamente a los 100°C. Donde se evapora el agua, también muestra una región endotérmica entre 190° y 250°C, posteriormente se muestra un pico endotérmico en pronunciado alrededor de 380c° que anuncia una posible transformación de fase y cambio cristalino, lo cual corrobora que los componentes puzolanicos del Ichu se activan al ser calcinado a partir de los 380C°

(Baltazar 2015) sostiene que a una temperatura de 600 C° por un periodo de 2 horas, para la activación de las cenizas de ichu, se obtiene un porcentaje alto de dióxido de silicio (59.207%)

Se determinó **la composición química** de las cenizas de ichu por el ensayo de Florescencia de rayos-X dispersiva en energía (Tabla n°8), se realizó en la Universidad Nacional de San Marco, la composición de CI cuenta con 67.76 % de dióxido de sílice el cual proporcionara una buena resistencia a largo plazo , Así mismo el Trióxido de Aluminio con 6.91 % que se encuentra en el mismo rango que usualmente contiene el cemento Porlant tipo I(Tabla n°1) y por Oxido de Calcio contiene un 5.16 % en este caso el bajo porcentaje no contribuirá con la aglomeración de la pasta de mortero .

Se tendrá en cuenta por ser un material puzolanicos donde la norma ASTM C 618 describe la puzolana como un material silíceo o silíceo y aluminoso el cual, en sí mismo posee poco o ningún valor cementante, pero que en forma finamente dividida (molida) y en presencia de humedad reacciona químicamente con hidróxido de calcio a temperaturas

ordinarias, para formar compuestos que sí poseen propiedades cementantes (Neville, 1999).

En cuanto el motivo para determinar el **potencial de Hidrógeno** de cenizas de ichu es debido al cemento portland tipo I, ya que presenta un alto contenido de alcalinidad de 13.19, por esta razón se procedió a medir el pH de la muestra , así como el pH de la sustitución al 5% y 10% de cemento por CI.

Se obtuvo para CI un pH = 12.14 lo cual indica que es un material alcalino más presencia de hidroxilos (OH⁻). Para las sustituciones de 5% CI y 10% CI dieron PH de 13.98 y 13.89 respectivamente. Puesto que este nivel de alcalinidad de estos materiales predispone la adherencia de la mezcla, generando un compuesto aglomerante de buena actividad puzolana.

La **fluidez de la mezcla del Mortero** Patrón y Experimental se realizó según la NTP 334.051: 2013 donde especifica que la relación arena /cemento debe ser igual a 2.75, así mismo una relación agua / cemento de 0.485.

Para una sustitución del 5 % del cemento por cenizas de ichu se obtiene una relación de agua/ cemento de 0.508 y para la sustitución del 10 % una relación agua /cemento de 0.520.

Existe una variación en la relación agua / cemento, tanto en la mezcla de mortero patrón como experimental ya que Ichu es un material poroso (Chacra, 215) en reacción con el cemento requiere más cantidad de agua para obtener una semejante trabajabilidad en comparación del mortero patrón. Se puede decir también que por la misma composición química del CI que presenta un alto contenido de óxido de potasio 10.98% (Tabla n°8) genera una mayor absorción de agua por ser unas de sus propiedades.

Los resultados muestran que la sustitución de CI en los niveles de 5% y 10% disminuyó la **resistencia a la compresión** de morteros a los 3 días y 7 días. A los 28 días los resultaron un valor superior con 5% CI y menor valor con 10%CI.

El incremento de 28 días de resistencia a la compresión de los morteros debido a 5% CI y 10%CI son de 14 y 6 % respectivamente. Después de la sustitución del 5% CI para el cemento, la resistencia a la compresión disminuye con el aumento de la sustitución de CI. Se ha demostrado que alto contenido de SiO₂(67.7%) en una sustitución aumenta la

resistencia a la compresión en mortero sin embargo se sabe que el alto contenido de SiO₂ es más eficaz en concreto que en pasta (Rosenberg. A, 1989, pag.36)

Si bien las resistencias a la edad de 3 y 7 días (Tabla n°17 y Tabla n° 20) no superan al del patron (Tabla n°14) debido a la sustitución de CI para el cemento, la cual refuerza las conclusiones de Dermiboga (2003), donde señala que a edades tempranas toda adición mineral y puzolana reduce la resistencia a la compresión.

Otro motivo por el crecimiento significativo entre los 7 y 28 días respondería a un lento fraguado inicial de los primeros 7 días, para luego incrementar como consecuencia del tiempo de fraguado y el alto contenido de PH del material adicionado (Tabla n°9).

Los resultados de la **resistencia térmica de los morteros** con CI, como observa en la tabla n° 27 los valores aumentan en un 11 y 44 % respectivamente, en comparación al mortero patron.

La reducción de la conductividad térmica (Tablas 24 a 26) la cual es inverso a la resistencia térmica, se podría atribuir a la presencia de CI en el cemento mezclado utilizado. Esto está en consonancia con las conclusiones de Raheem Adesanya (2011), Demirboga Gul (2003) y Kim et al. (2003), que señaló que la conductividad térmica disminuye con la adición de materiales puzolanicos en el hormigón. Según Demirboga y Gul (2003), la reducción en la conductividad térmica es en parte debido al alto contenido de sílice de la puzolana (CI en este caso). Esto podría ser confirmada a partir del resultado de la composición química de CI en la Tabla n°8 como solo de sílice representa más del 60% de toda la composición.

También se puede decir que la reducción de la conductividad térmica puede estar asociado al hecho de que la densidad del mortero disminuye con el aumento del cemento sustituido por CI (hasta 10%). Como los estudios previos de Corto, y Kinniburg (1978). indicaron, la incorporación de materiales de cemento complementarios en morteros aumenta el contenido de aire, sin embargo, ya que el aire tiene una conductividad de 25 veces menor que el agua, es evidente que cuando el poro se llena con aire en lugar de agua, el mortero tiene una conductividad inferior (Diamant, 1985). A su vez otros estudios también reportan que la conductividad térmica aumenta con la densidad (Demirgoba ,2003); Por lo tanto, la conductividad térmica del mortero disminuye con la edad y la cantidad de CI sustituido, esto se debe a una reducción de densidad y aumento de contenido de aire.

V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El grado de calcinación para activar mejor sus propiedades puzolanicas del ichu es a una temperatura de 600 C° por un periodo de 2 horas.

La ceniza de ichu (CI) tiene de dióxido de silicio 67.77%, trióxido de aluminio de 6.92%, un bajo porcentaje de Oxido de calcio de 5.17%, también contiene 10.98% de potasio lo que podría provocar agrietamientos así como también falta de solidez en el mortero. Existe una similitud con las propiedades químicas de los óxidos de un cemento portland I; concluyendo así que reacciona como un material cementante.

El pH de las combinaciones es alcalino con valores de 13.98 y 13.89 a nivel de un Cemento Portland Tipo I.

La relación A/C de la mezcla del mortero patrón y mortero experimental fue con una variación de 0.023 (4.74%) con una trabajabilidad semejante.

La resistencia del mortero patrón a los 28 días fue de 249 kg/cm², del mortero sustituido un 5% de CI fue de 284 kg/cm², se dio un incremento de 14% y del sustituido un 10 % de CI fue de 265 kg/cm², se apreció un incremento de 6%, indican que al alto contenido de dióxido de sílice presente en CI resulto un material puzolanicos eficaz ya que aumenta la resistencia a la compresión en edad de 28 días.

A partir de los resultados de la prueba realizada de conductividad térmica se podía concluir que la incorporación de CI en cubos de morteros disminuye la conductividad térmica y a su vez aumenta la resistencia térmica, para las sustituciones de 5% CI y 10% CI se incrementa en un 11% y 44% respectivamente, en comparación de mortero patrón.

Recomendaciones

Para obtener mejores resultados en la activación de las propiedades puzolánicas de la ceniza de ichu se debe calcinar a temperaturas mayores a 600 C° por periodo de 2 a 3 horas.

Añadir elementos con alto contenido de CaO para mejorar la aglomeración de la pasta de mortero.

Tener en cuenta las diferentes propuestas de gradación hasta establecer una óptima para que el mortero patrón obtenga mayor porcentaje de fluidez y a su vez una mejor trabajabilidad.

Realizar otros ensayos con el objetivo de valorizar las propiedades puzolánicas como ensayo de porosidad, permeabilidad y densidad.

Evaluar a edades de 60, 90 y 120 días para determinar la resistencia del mortero experimental respecto al patrón, así mismo aumentar los porcentajes de sustitución 15,20 y 25 %.

Se recomienda utilizarlo como mortero de revestimiento en forma de escarchado con fin de mejorar las propiedades de aislamiento térmico de una vivienda.

VI: DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Primero agradecer a Dios por las oportunidades que me da día a día, por otorgarme la fortaleza, cariño, amor y humildad herramientas que son necesarias para alcanzar el éxito personal y laboral.

A mis Padres y Hermanos, por su apoyo incondicional, confianza, comprensión y amor. No hubiera sido posible llegar hasta aquí sino fuera por ellos, su lucha constante por verme crecer y ser una profesional fueron mi mayor sustento para esforzarme cada día más, no fue fácil para ellos al igual que para mí pero juntos logramos este sueño.

Santiago Daga Mabel Maricielo

VII: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del Concreto*. 2° edic. Lima, Perú, San Marco
- Albarracín K.; Jaramillo L.; Albuja M. Obtención de Bioetanol Anhidro a Partir de Paja (Stipa ichu). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química, *Laboratorio de Operaciones Unitarias Quito*, Ecuador
- Baltazar, L. & Abarca, L. (2015). Tesis: Resistencia del concreto F'210 kg/cm con adición de cenizas de Ichu, (Tesis de titulación). Universidad San Pedro, Huaraz, Perú.
- Charca, S., Noel, J., Andia, D., Flores, J., Guzman, A., Renteros, C. y Tumialan, J. (2015). Evaluación de las Fibras Ichu como sistema de aislamiento térmico para no caro para la Regiones andinas. Universidad de Ingeniería y Tecnología (UTECH), Lima, Perú.
- Corto, A., Kinniburgh, W. (1978). *Hormigón ligero*, Impresoras Galliard Ltd., Gran Yormouth, Gran Bretaña.
- Diamant, R (1985). Aislamiento térmico y acústico en edificios. *Editorial Blume*, Madrid.
- Demirboga, R., 2003b. Influencia de las adiciones minerales en la conductividad térmica y resistencia a la compresión del mortero. *Energía y Edificios* 35, 189-192.
- Demirboga, R., Gul, R., 2003. Los efectos de la perlita expandida agregado, humo de sílice, cenizas volantes y de la conductividad térmica del hormigón ligero. *Cemento y Hormigón de Investigación* 33, 723-727
- Hernández, H (2007), Sustitución parcial del cemento portland en morteros mediante el uso de cenizas de calderas bagaceras. Universidad Veracruzana. México.

Kim, K .; Jeon, S .; Kim, J. y Yang, S. 2003. “Un estudio experimental de la conductividad térmica del hormigón”, Cemento experimental de la conductividad térmica del hormigón”, Cemento y Hormigón de Investigación. 33 (3): 363-371.

Marroquín, J. (2008). Efecto de la activación química, con un aditivo, de las puzolanas en morteros endurecidos de cemento. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Neville, A. (1999), Tecnología del concreto. Instituto mexicano del cemento y del concreto, México. D.F, México.

Página web construmatica. Recuperado de (1) [http : // www. Construmatica com/ construpedia / Aislamiento_T%C3%A9rmico](http://www.Construmatica.com/construpedia/Aislamiento_T%C3%A9rmico)

Rivera, G. (2013) Tecnología del concreto y mortero. Universidad del cauca, Colombia

Raheem, AA y DA Adesanya. 2011. “Un estudio de la conductividad térmica de la mazorca de maíz Ash mezclado de mortero de cemento”. Pacífico Revista de Ciencia y Tecnología. 12 (2): 106-111.

Rosenberg, A.M . Gaidis, J.M (1989) mecanismo propuesto para la fuerza mejora: una nueva adición mineral para el hormigón de alta resistencia, de Hormigón Internacional 11: 31-36

Salamanca R. (2001), La tecnología de los morteros. Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.

Salazar, A. (1985), Un método empírico para la proporción de mezclas de Morteros de Cemento Portland para Albañilería 1-15.

Shetty, M. (2005). Concrete Technology S. Chand & company Ltda. Ramnagar. New Delphi.

Teodoro E. (1997). Materiales en Diseño de Estructuras de Concreto Armado 11. Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.

NTP 399.607. (2013). Especificación normalizada de agregados para mortero de albañilería.

NTP 400.012. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

NTP 400.037. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado grueso.

ANEXOS

ANEXO N°1

Análisis Térmico Diferencial de Ichu

ANEXO N°2

**Análisis de Composición Químico de cenizas
de Ichu**

ANEXO N°3
Ensayo de PH y alcalinidad

ANEXO N°4
Ensayos de Laboratorio

ANEXO N°5

**Ensayos a la compresión
de mortero patrón y experimental**

ANEXO N°6

Ensayos de conductividad de mortero patrón y experimental

ANEXO N°7
Prueba de ANOVA

Panel Fotográfico



Figura 4: Extracción de la muestra a utilizar de laguna Queracocha. (3980msnm)



Figura 5: Gradación de arena



Figura 6: arena gradada por los diferentes tamizes



Figura 7: colocación de muestra a la mufla 600 C° por un tiempo de 2 horas



Figura 8: Activación mecánica del material pasando la malla 200.



Figura 9: muestras del cemento y cenizas de ichu y sus combinaciones para el análisis de PH.



Figura 10: Cemento con cenizas de ichu



Figura 11: Realizando la fluidez



Figura 12: Realización de del peso específico de las combinaciones



Figura 13: ensayo de conductividad termica



Figura 14: Ing. Díaz Rosado José