

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Resistencia a la compresión y permeabilidad de mortero
sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo de
cáscara de huevo y ceniza de cáscara de arroz.**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor:

Saldaña Cabanillas, Juan Carlos

Asesor:

Flores Reyes, Gumercindo

Chimbote – Perú

2018

PALABRAS CLAVE

Tema	Resistencia, compresión y permeabilidad
Especialidad	Tecnología del Mortero

KEYWORDS

Theme	Strength, compression and permeability
Specialty	Mortar Technology

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Programa	Ingeniería Civil
Línea de investigación	Construcción y Gestión de la construcción
OCDE	2. Ingeniería y Tecnología 2.1. Ingeniería Civil Ingeniería de la Construcción
Sub – Líneas o Campos de investigación	Materiales de la Construcción Tecnología de la Construcción y Procesos Constructivos

TÍTULO

Resistencia a la compresión y permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por polvo de cáscara de huevo y ceniza de cáscara de arroz.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación desarrolló el análisis y evaluación de nuevos materiales que son de origen natural y a la vez reciclados, contribuyendo al medio ambiente y a la sociedad, siendo tales materiales el Polvo de Cáscara de Huevo (PCH) y la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA), los cuales se emplearon como sustituto del cemento. Por lo tanto se determinó la Resistencia a la Compresión y Permeabilidad de Mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por PCH y CCA.

Se encontró 90.433% de SiO_2 en la CCA calcinada a 640°C y 91.875% de CaO en el PCH calcinado a 900°C . Ambos materiales se combinaron para poder ser aprovechados como sustituto del cemento. Tal combinación está compuesta de 75% de PCH y 25% de CCA, encontrándose en ella 29.002% de SiO_2 y 66.401% de CaO .

La Profundidad de Penetración Promedio en el Mortero Patrón resultó en 7.95 mm, mientras que en el Mortero Experimental sustituyendo el cemento en 10% y 20% resultaron en 7.15 mm y 7.05 mm respectivamente. La Resistencia a la Compresión a los 28 días de edad, en el Mortero Patrón resultó en 385 kg/cm^2 , y en el Mortero Experimental sustituyendo el cemento en 10% y 20% resultaron en 388 kg/cm^2 y 403 kg/cm^2 , superando al Mortero Patrón en 0.77% y 4.47% respectivamente.

ABSTRACT

The present research project developed the analysis and evaluation of new materials that are of natural origin and at the same time recycled, contributing to the environment and society, being such materials the Egg Shell Powder (PCH) and the Rice Shell Ash (CCA), which were used as a substitute for cement. Therefore, Resistance to Mortar Compression and Permeability was determined by substituting cement in 10% and 20% for PCH and CCA.

90.433% of SiO₂ was found in the CCA calcined at 640° C and 91.875% of CaO in the PCH calcinated at 900° C. Both materials were combined to be used as a substitute for cement. Such a combination is composed of 75% of PCH and 25% of CCA, with 29.002% of SiO₂ and 66.401% of CaO.

The Average Penetration Depth in the Standard Mortar resulted in 7.95 mm, while in the Experimental Mortar replacing the cement in 10% and 20% resulted in 7.15 mm and 7.05 mm respectively. The Compression Resistance at 28 days of age, in the Standard Mortar resulted in 385 kg / cm², and in the Experimental Mortar replacing the cement in 10% and 20% resulted in 388 kg / cm² and 403 kg / cm², surpassing to the Standard Mortar in 0.77% and 4.47% respectively.

ÍNDICE

Palabras Clave – Key Words – Línea de Investigación	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
Índice de Tablas	vi
Índice de Figuras	viii
Simbología y Abreviaturas	x
I. Introducción	1
II. Metodología	30
III. Resultados	41
IV. Análisis y discusión	58
V. Conclusiones y Recomendaciones	62
VI. Referencias Bibliográficas	63
Agradecimientos	67
Anexos y Apéndice	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	:	Composición Química de los Cementos (% en masa)	11
Tabla 2	:	Composición Química y Gravedad Específica del Cemento Portland Tipo I	12
Tabla 3	:	Especificación Granulométrica de la Arena para Mortero	12
Tabla 4	:	Composición Química y Gravedad Específica del Polvo de Cáscara de Huevo (ESP)	17
Tabla 5	:	Composición Química del Polvo de Cáscara de Huevo (PCH) a 900° C por dos horas	18
Tabla 6	:	Composición Química de la cáscara de arroz	20
Tabla 7	:	Composición Química de la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA) a 430° C por dos horas	22
Tabla 8	:	Composición Química de la Ceniza de cáscara de arroz (CCA)	23
Tabla 9	:	Resultados comparativos de la Composición Química de la Ceniza de cáscara de arroz (CCA)	23
Tabla 10	:	Composición Química de la Ceniza de cáscara de arroz (CCA), según Prada y Cortés (2010)	24
Tabla 11	:	Técnicas e Instrumentos de Investigación	33
Tabla 12	:	Composición Química del PCH calcinado a 900° C	44
Tabla 13	:	Composición Química de la CCA calcinada a 640° C	45
Tabla 14	:	Composición Química de la Combinación de PCH y CCA (75% PCH + 25% CCA)	46
Tabla 15	:	PH del CPTI, PCH, CCA, Combinación de PCH y CCA, CPTI sustituido en 10% y 20% por PCH y CCA	47
Tabla 16	:	Fluidez y A/C de las mezclas de Mortero	48
Tabla 17	:	Profundidad de Penetración en los cubos de mortero	49
Tabla 18	:	Permeabilidad de cubos de mortero con una sustitución de cemento por PCH y CCA a los 28 días de edad	50
Tabla 19	:	Resistencia a la Compresión del Mortero Patrón, a los 3 días de edad	51

Tabla 20 :	Resistencia a la Compresión del Mortero Patrón, a los 7 días de edad	51
Tabla 21 :	Resistencia a la Compresión del Mortero Patrón, a los 28 días de edad	51
Tabla 22 :	Resistencia a la Compresión del Mortero Experimental sustituyendo el CPTI por 10% de PCH y CCA, a los 3 días de edad	52
Tabla 23 :	Resistencia a la Compresión del Mortero Experimental sustituyendo el CPTI por 10% de PCH y CCA, a los 7 días de edad	52
Tabla 24 :	Resistencia a la Compresión del Mortero Experimental sustituyendo el CPTI por 10% de PCH y CCA, a los 28 días de edad	52
Tabla 25 :	Resistencia a la Compresión del Mortero Experimental sustituyendo el CPTI por 20% de PCH y CCA, a los 3 días de edad	53
Tabla 26 :	Resistencia a la Compresión del Mortero Experimental sustituyendo el CPTI por 20% de PCH y CCA, a los 7 días de edad	53
Tabla 27 :	Resistencia a la Compresión del Mortero Experimental sustituyendo el CPTI por 20% de PCH y CCA, a los 28 días de edad	53
Tabla 28 :	Resistencia Promedio de los cubos de mortero	54
Tabla 29 :	Resistencias a la compresión de cubos de mortero con sustitución de cemento por una combinación de PCH y CCA, según días de curado	55
Tabla 30 :	Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de los cubos de mortero	56
Tabla 31 :	Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencias medias de los cubos de mortero es diferente	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 :	Corte Transversal del Huevo y sus partes	14
Figura 2 :	Análisis Termogravimétrico (TGA) del Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	15
Figura 3 :	Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) del Carbonato de Calcio (CaCO ₃)	15
Figura 4 :	Análisis Termogravimétrico (TGA) del Polvo de Cáscara de Huevo	16
Figura 5 :	Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) del Polvo de Cáscara de Huevo	16
Figura 6 :	Producción de huevo en las últimas tres décadas	18
Figura 7 :	Análisis Termogravimétrico (TGA) de la cáscara de arroz	21
Figura 8 :	Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) de la cáscara de arroz	21
Figura 9 :	Diseño del Grupo Control y los Grupos Experimentales	31
Figura 10 :	Análisis Termogravimétrico (TGA) del PCH	41
Figura 11 :	Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) del PCH	41
Figura 12 :	Análisis Termogravimétrico (TGA) de la Cáscara de Arroz	42
Figura 13 :	Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) de la Cáscara de Arroz	42
Figura 14 :	Análisis Termogravimétrico (TGA) de la CCA	43
Figura 15 :	Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) de la CCA	43
Figura 16 :	Compuestos principales del PCH calcinado a 900°C	44
Figura 17 :	Compuestos principales de la CCA calcinada a 640°C	45
Figura 18 :	Compuestos principales de la combinación de PCH y CCA	46
Figura 19 :	PH del PCH, CCA y la combinación de PCH y CCA	47
Figura 20 :	PH del CPTI y sustituido en 10% y 20% por la combinación de PCH y CCA	47
Figura 21 :	Fluidez de los Morteros según su A/C	48

Figura 22 :	Profundidad de Penetración Promedio en el Mortero de Prueba y Patrón	49
Figura 23 :	Profundidad de Penetración Promedio del Mortero Patrón y Experimental	49
Figura 24 :	Resistencia Promedio de los Cubos de Mortero	54
Figura 25 :	Variación de la Resistencia Promedio, respecto del Mortero Patrón	55

SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS

°C	:	Grados Centígrados
ASTM	:	American Society for Testing and Materials / Sociedad Americana para Ensayos y Materiales
CaO	:	Óxido de Calcio
CCA	:	Ceniza de Cáscara de Arroz
CPTI	:	Cemento Portland Tipo I
DSC	:	Differential Scanning Calorimetry / Calorimetría Diferencial de Barrido
ESP	:	Egg Shell Powder / Polvo de Cáscara de Huevo
FRXDE	:	Fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía
K ₂ O	:	Óxido de Potasio
NCh	:	Norma Chilena
NTP	:	Norma Técnica Peruana
PCH	:	Polvo de Cáscara de Huevo
PEAD	:	Polietileno de Alta Densidad
PH	:	Potencial de Hidrógeno
SiO ₂	:	Sílice
TGA	:	Thermogravimetric Analysis / Análisis Termogravimétrico
UNE	:	Una Norma Española

I. INTRODUCCIÓN

Este proyecto de investigación está fundamentado en una recopilación de antecedentes que demuestran la eficacia del uso del Polvo de Cáscara de Huevo (PCH) y la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA), las cuales por su alto contenido en calcio y silicio, al ser activados térmicamente, se transforman en óxidos que al ser combinados pueden sustituir al cemento.

Por otro lado se sabe que la producción de cáscara de arroz y cáscara de huevo, viene en aumento, y a la vez no son aprovechados correctamente, agravando la contaminación ambiental en todo el mundo. Es así que su uso como material para generar óxidos que puedan reemplazar al cemento, es justificado.

El objetivo de este proyecto de investigación fue determinar la resistencia a la compresión y permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por Polvo de Cáscara de Huevo (PCH) y Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA).

Por lo que es indispensable conocer todas las características de estos materiales antes de ser aplicados en mortero, con el fin de lograr su eficacia en la aplicación experimental.

Se abordaron una serie de antecedentes internacionales descritos a continuación:

Chur, G. (2010), en su trabajo de graduación titulado “Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería”, llegó a las siguientes conclusiones: La densidad de arena de río es mayor a la de cascarilla de arroz, lo cual significa que a mayor cantidad de adición de cascarilla de arroz, los morteros son más livianos; Se pudo observar en los ensayos a compresión, tensión y adherencia que a mayor cantidad de cascarilla de arroz, las propiedades mecánicas de los morteros disminuyen, por lo que es importante establecer un nivel medio en la aplicación de este componente; y La relación agua/cemento de los morteros evaluados es directamente proporcional al contenido de cascarilla de arroz (a mayor contenido de arroz, mayor cantidad de agua), el uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico contribuye a la capacidad de aislamiento térmico de los morteros ensayados.

Yerramala, A. (2014), en su investigación “Propiedades del concreto con polvo de cáscara de huevo como reemplazo de cemento”, llegó a las siguientes conclusiones: La resistencia a la compresión fue más alta que el concreto de control para un 5% de reemplazo de ESP a los 7 y 28 días de edad de curado. Los reemplazos ESP más del 10% tienen una resistencia menor que el control del concreto. La adición de cenizas volantes mejoró la resistencia a la compresión del concreto con ESP; Las resistencias a la tracción divididas de los concretos con ESP fueron comparables con el concreto de control hasta un 10% de reemplazo de ESP. Sin embargo, el concreto con un 15% de ESP tenía una resistencia a la tracción más baja que el control de control. Al igual que en la resistencia a la compresión, la adición de cenizas volantes mejoró la resistencia a la tracción dividida del 15% del concreto con ESP. El rendimiento de ESP fue casi el mismo que el del relleno de piedra caliza en concreto; Los resultados demostraron que, independientemente del porcentaje de reemplazo de ESP, existía una buena relación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción dividida; Las características de absorción muestran que los valores iniciales de absorción de 30 minutos para todos los concretos fueron menores que los límites comúnmente asociados con el concreto de buena calidad. La máxima absorción observada fue de 1.87% para 15% de ESP y 15% de concreto de ceniza volante. La absorción disminuyó con la disminución de los vacíos permeables; y La sorptividad de los concretos fue comparable con el concreto de control hasta un 10% de reemplazo de ESP. Sin embargo, la sorptividad del concreto con 15% de ESP y del concreto con el 15% de ESP y el 15% de cenizas volantes fue mayor que el concreto de control. La sorptividad máxima fue para el reemplazo de ESP y las cenizas volantes en el concreto con 0.17 mm / s0.5. La sorptividad disminuyó con la resistencia y aumentado con la absorción de agua.

Mtallib, M. & Rabiou, A. (2009), en su artículo “Efectos de la ceniza de cáscara huevo (ESA) en el tiempo de fraguado del cemento”, llegaron a las siguientes conclusiones: La ceniza de cáscara de huevo (ESA) es un acelerador; Cuanto mayor sea el contenido del ESA, mayor será el efecto de aceleración; y Para todos los contenidos de ESA utilizados en este estudio, los requisitos de BS 12: 1991 se satisfacen tanto para los tiempos de fraguado inicial como final del OPC.

Wasif, N. (2012), en su artículo “Influencias del polvo de ceniza volante y cáscara de huevo en algunas de las propiedades de ingeniería del suelo Al –Umara”, llegó a las siguientes conclusiones: De acuerdo con el sistema unificado de clasificación de suelos, el suelo evaluado es un suelo (CL) con una gravedad específica de 2.72; Los valores del límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad del suelo evaluado son (44%, 23% y 21%) respectivamente; El valor de cohesión del suelo probado es 45 (kN / m²), mientras que el ángulo interno de fricción es 29 (Deg.); La adición de cenizas volantes de 2% - 24% a las muestras de suelo causó una disminución en el límite líquido, límite plástico y por lo tanto el índice de plasticidad de todas las muestras de suelo a tasas de (39%, 39% y 38%) respectivamente; El efecto de agregar polvo de cáscara de huevo al mismo suelo también es bastante obvio. Un aumento en el polvo de cáscara de huevo (2% - 24%) causa una disminución en el límite del líquido a una tasa del 16%, mientras causa un aumento en el límite de plástico a una tasa del 17%; La reducción en la cantidad del índice de plasticidad para todas las muestras de suelo aumenta a una tasa de (5% - 52%) a medida que aumenta el porcentaje de polvo de cáscara de huevo; Los valores de cohesión disminuyeron cuando las muestras de suelo se mezclaron con cenizas volantes, mientras que hubo un pequeño aumento en los valores de cohesión cuando se mezclaron con polvo de cáscara de huevo; y Hubo un aumento en el ángulo interno de fricción en caso de cenizas volantes, pero hubo una pequeña disminución en el ángulo interno de fricción en caso de polvo de cáscara de huevo.

Okonkwo, U., Odiong, I., & Akpabio, E. (2012), en su artículo “Los efectos de la ceniza de huevo en las propiedades de resistencia del cemento – laterítico estabilizado”, llegaron a las siguientes conclusiones: El suelo laterítico es bastante bueno para el trabajo de construcción de carreteras; El aumento en el contenido de ceniza de cáscara de huevo aumentó el contenido óptimo de humedad, pero redujo la densidad seca máxima del suelo laterítico estabilizado a ceniza de cáscara de suelo y cemento; El aumento en el contenido de ceniza de cáscara de huevo aumentó las propiedades de resistencia de la matriz estabilizada con cementos hasta un 35% aproximadamente; Las otras propiedades de resistencia de la mezcla de ceniza de cáscara de huevo del suelo-cemento no cumplieron los requisitos para los materiales

estabilizados, mientras que se cumplió el requisito de durabilidad; y Sobre la base de esta investigación, sería más beneficioso utilizar cualquier otro material agrícola barato que sea rico en sílice junto con cemento y ceniza de cáscara de huevo en el suelo laterítico. Sin embargo, se necesitará una investigación detallada para determinar el requerimiento adecuado del material agrícola preferido.

Ranjith, R., Mahendran, R., Gokul, S., Sathya, D., & Thamaraikannan, K. (2017), en su artículo “Un estudio experimental sobre concreto usando cáscara de coco y polvo de cáscara de huevo”, llegaron a las siguientes conclusiones: La cáscara de coco y el polvo de cáscara de huevo pueden formar en materiales de enlace útiles. Las propiedades de ambos residuos están dentro del rango de los valores del concreto que hace el material de reemplazo de cemento; y El 10% de reemplazo de cemento por cáscara de coco y polvo de cáscara de huevo se encuentra alcanzando una resistencia más cercana a la del concreto convencional.

Meenakshi D., Anil M., Ankit M., Chhinder P., & Kirti S. (2016), en su artículo “Efecto del uso de polvo de cáscara de huevo y micro sílice parcialmente en el lugar del cemento en concreto M25”, llegaron a las siguientes conclusiones: Aumentó la trabajabilidad de la mezcla de concreto; Se puede agregar un 2.5% de ESP y 2.5% de micro sílice sin ninguna reducción en la resistencia del concreto; Aumentó la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción dividida del hormigón convencional; Imparte una mejor superficie lisa de hormigón; y El mortero fue de composición muy consistente.

Gowsika, D., Sarankokila, S., & Sargunan, K. (2014), en su tesis “Investigación experimental de polvo de cáscara de huevo como reemplazo parcial de cemento en concreto”, llegaron a las siguientes conclusiones: El polvo de cáscara de huevo obtenido de desechos industriales se agrega en diversas proporciones para el reemplazo de cemento y se encontró que puede agregarse un reemplazo del 5% de polvo de cáscara de huevo + 20% de Microsílice sin ninguna reducción en las propiedades de resistencia a la compresión del cemento convencional; Y la sustitución del 5% de polvo de cáscara de huevo + 10% de reemplazo de Microsílice en cemento produce una resistencia a la flexión similar a la del concreto convencional; Y la

sustitución del 5% de polvo de cáscara de huevo + 10% de reemplazo de Microsílice en cemento produce una mayor resistencia a la tracción dividida en comparación con otras composiciones.

Se consideraron antecedentes nacionales los cuales se describen a continuación:

Villegas, C. (2012), en su tesis “Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo costo”, llegó a las siguientes conclusiones: De los ensayos de energías dispersas y rayos X (EDX), nos indican que las puzolanas y cenizas de cáscara de arroz estudiado contienen mayoritariamente Sílice (Si) en un 94% y 4% en menores proporciones de Potasio (K), Sodio (Na), Calcio (Ca), lo que representan materiales con alto actividad puzolanica; Los ensayos de granulometría laser realizados a la puzolana, luego de la molienda utilizando el molino, las cenizas de cáscara de arroz son las que presentaron mejor finura que las puzolanas volcánicas, notándose este hecho en el tamizado para obtener una finura similar al cemento, factor que influyó en la obtención de la resistencia en los morteros elaborados; de los análisis químicos de reactividad puzolanica, la puzolana natural procedente de Conchupata denominada (PI) es la que presenta mejores características puzolanicas, mientras que las cenizas de cáscara de arroz quemadas en horno son las que presentaron mejores características puzolanicas que las cenizas de cáscara quemadas en pampa y mejores que las puzolanas naturales, hecho que se confirma con los ensayos realizados en compresión mediante la elaboración de morteros; En el estudio se ha encontrado que las cenizas de cáscara de arroz son las que presentaron mejores propiedades mecánicas en la adición en morteros y concreto, siendo la ceniza de cáscara de arroz estudiado procedente de Tarapoto, denominado (CV), la que tuvo mejor performance respecto a sus propiedades mecánicas, obteniéndose en reemplazo del cemento hasta un 15% similar resistencia a la mezcla de control; En la elaboración de bloquetas de concreto, adicionando en reemplazo del cemento por ceniza de cascará de arroz del 10% se obtuvo a los 28 días una resistencia superior al 11% respecto a la muestra de control, con la adición del 15% se obtiene una resistencia a los 28 días del 103% respecto a la muestra de control y con 20% se obtiene a los 28 días el 91% de la resistencia de control. En conclusión

se recomienda adicionar hasta en un 15% de ceniza de cáscara de arroz en reemplazo del cemento en la elaboración de bloquetas de concreto.

Loayza, P. (2014), en su tesis “Efecto la ceniza de cáscara de arroz sobre la resistencia a la compresión del concreto normal”, llegó a las siguientes conclusiones: Se determinó que la ceniza de la cascara de arroz (CCA) tiene la capacidad de mejorar la propiedad de resistencia a la compresión del concreto en sus diferentes edades de curado; Los concretos adicionados con ceniza de cáscara de arroz (CCA) obtienen resistencias superiores al concreto patrón en 57.64 Kg/cm², 77.29Kg/cm², 96.68 Kg/cm² y 76.20 Kg/cm² cuando se adicionan 05%, 10%, 15%, y 20% respectivamente; y El porcentaje óptimo que garantiza la máxima resistencia, es cuando se adiciona el 15% de ceniza de cáscara de arroz (CCA), generando un 34% de incremento de la resistencia a la compresión, representando un 96.68Kg/cm² respecto al concreto patrón.

Terrones, J. y Vargas, P. (2017), en su tesis “Estudio de las propiedades mecánicas de compresión, tracción e impacto de un material compuesto extruido de polietileno de alta densidad modificado con relleno de CaO a base de cascarilla de huevo”, llegaron a las siguientes conclusiones: Se determinó el porcentaje peso de relleno de CaO apropiado, siendo el 10% el que logra las más altas propiedades mecánicas de compresión, tracción e impacto; se determinó los valores de T° fusión = 130 – 137°C para el PEAD; T° calcinación = 920°C y T° descomposición = 720°C para el CaO3 mediante el TGA y DSC en el Analizador térmico SETARAM, modelo Setsys Evolution TGA – DTA/DSC (16/18); se determinó las más altas propiedades mecánicas de compresión: resistencia a la compresión = 20.8 MPa y deformación por compresión = 1.14%, de tracción: elongación = 2.53% y estricción = 29.6%, de impacto: resistencia al impacto de 11.01 KJ/m² y tenacidad de 0.55 J del PEAD puro; y se determinó las más altas propiedades mecánicas de compresión: resistencia a la compresión = 28.9 MPa y deformación por compresión = 0.37%, de tracción: elongación = 4.96% y estricción = 31.6% del material compuesto al 10% de CaO; sin embargo no se logró las más altas propiedades de impacto al agregar CaO en cualquier porcentaje.

También se consideró antecedentes locales descritos a continuación:

Ríos, M. (2017), en su tesis “Evaluación de la resistencia del concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ con adición de cascara de huevo”, llegó a las siguientes conclusiones: La composición química de la cascara de huevo pulverizada en su mayor cantidad es oxígeno (44.9%) y calcio (36.0%), en la cual el oxígeno reacciona más óptimo con 5.00% de cascara de huevo pulverizada liberando calor y luz, alcanzando una resistencia de $f'_c=230.12\text{ kg/cm}^2$, superando al concreto patrón de $f'_c=165.59\text{ kg/cm}^2$ y al concreto con adición de 10.00% de cascara de huevo de $f'_c=212.03\text{ kg/cm}^2$ a los 7 días de curado; el concreto patrón y experimental se elaboró a temperatura ambiente de 10° C ; en concreto con adición de 10.00% de cascara de huevo, a los 28 días de curado tiene una variación de 39.35% con respecto al concreto patrón y 25.64% con respecto al concreto con adición de 5.00% de cascara de huevo; y al pasar el tiempo de fraguado el concreto con adición de 10.00% de cascara de huevo, a los 14 y 28 días de curado superó la resistencia a la compresión al concreto patrón y al concreto con adición de 5.00% de cascara de huevo.

Cabello, D. (2017), en su tesis “Resistencia térmica y mecánica en mortero con sustitución del 30% de cemento por una combinación de arcilla y cáscara de arroz”, llegó a las siguientes conclusiones: Se obtuvo una arcilla de mediana plasticidad y de tipo caolinita la cual es excelente para el reemplazo del cemento; Se concluyó que para activar la arcilla de cusca se tiene que tomar la temperatura promedio del rango notorio de la pérdida de masa que es 550° C , en un tiempo $1\frac{1}{2}$ hora; La calcinación de la arcilla de Cusca a 550° C , supera el criterio de puzolanidad del Estandar ASTM C618 (1980) en un 32.0%; Se redujo el tamaño de la cáscara de arroz en un 93.61%, para que de esta manera su área efectiva de reacción aumenta; Se concluye que al sustituir el 20% de arcilla cusca y 10% de polvo de cáscara de arroz al cemento resulta un PH alcalino por lo cual es un compuesto aglomerante; La relación agua/cemento varió en un 29.41% del experimental con respecto del patrón para alcanzar la fluidez según norma para ambos morteros; Se calcinó los morteros a 425° C por 45 minutos; y La resistencia térmica del mortero experimental aumentó en un 107.14% con respecto al patrón y la resistencia a la compresión redujo en un 65.14% respecto al patrón.

Saldaña, J. (2017), en su tesis “Capacidad de Soporte del Suelo al adicionar 10 % de Cenizas de Cáscara de Huevo y Cáscara de Arroz en la trocha Chepén – Chaparral, La Libertad”, llegó a las siguientes conclusiones: La temperatura de calcinación de la cascara de arroz de 430 °C, fue adecuada, puesto que dio como resultado una buen contenido de óxido de silicio (76.006%). Del mismo modo la temperatura de calcinación de la cascara de huevo de 910 °C, fue la ideal, puesto que se obtuvo un 68.342 % de óxido de calcio; La composición de las cenizas de cascara de arroz presenta 2.624 % de óxido de potasio, esto debido al uso de Pesticidas en el desarrollo de la planta de arroz; El PH del suelo pasó de ser ligeramente alcalino a ser muy fuertemente alcalino al adicionarle las cenizas de cascara de Huevo y cascara de arroz; Con la adición de las cenizas de cascara de huevo y cascara de arroz, se obtuvo mejores densidades en dos calicatas, mientras que en una, bajo levemente la densidad; La adición de las cenizas de cascara de huevo y cascara de arroz, reduce la cantidad de agua para la compactación, es decir el contenido óptimo de agua, disminuye en gran medida; La adición de las cenizas de cascara de huevo y cascara de arroz, resulto favorable, puesto que incrementó el CBR del suelo en gran medida. Aumentó el CBR de 13.5 % a 60.2 % en la C-01, de 16.0 % a 69.0 % en la C-02 y de 12.8 % a 72.7 % en la C-03; La adición logró conglomerar efectivamente al suelo, con lo cual aumento drásticamente el valor del CBR; y Es viable económicamente usar la adición de cenizas de cascara de huevo y cascara de arroz, ya que se puede conseguir un ahorro de 31.54 %.

Además se consultó una serie de fundamentaciones científicas, que cuentan con definiciones que complementan esta investigación:

Conglomerantes

En el sector de la construcción, se utiliza el término conglomerante para definir a toda una variedad de materiales capaces de adherirse a otros y dar cohesión al conjunto, por efectos de transformaciones químicas que se producen en su masa y que originan un nuevo conjunto, entre ellos, se encuentra el cemento portland. Dicho cemento entra en la categoría de conglomerantes hidráulicos, que son aquellos que amasados con agua endurecen al aire o bajo agua. (Sanjuán y Chinchón, 2014)

En general, el proceso de fabricación de los conglomerantes consta, en síntesis, de un proceso térmico de las mezclas adecuadas de materias primas y, posteriormente, de una molienda fina de los materiales resultantes de la cocción con o sin adiciones. (Sanjuán y Chinchón, 2014)

Los conglomerantes se clasifican en dos grupos:

Conglomerantes Aéreos: Son los que mezclados con agua fraguan y endurecen en el aire, no siendo resistentes al agua. Los conglomerantes no hidráulicos precisan de agentes externos para endurecer, como la cal, que requiere la presencia del anhídrido carbónico, presente en la atmósfera para formar carbonato cálcico. (Sanjuán y Chinchón, 2014)

Conglomerantes Hidráulicos: Éstos, después de ser amasados con agua, fraguan y endurecen tanto al aire, como sumergidos en agua, siendo los productos resultantes estables en ambos medios. Por fraguado se entiende la trabazón y consistencia inicial de un conglomerante; una vez fraguado, el material puede seguir endureciéndose. (Sanjuán y Chinchón, 2014)

Mortero

Mortero, en su definición más general es toda mezcla de (cemento + arena + agua). Él puede tener función estructural, o no tenerla. Los pañetes, por ejemplo, no poseen función estructural; los morteros usados en mampostería (pega o relleno), o los usados para fundir elementos estructurales, sí poseen tal función. (Salamanca, 2001)

Según el RNE E070 (2016), el mortero está constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación de agregado.

Según Salamanca (2001), de acuerdo con su origen, los morteros pueden ser premezclados en planta, premezclados secos, o elaborados en obra. De acuerdo con su dosificación ha sido costumbre hablar de morteros de relación 1:n (1:3 o 1:4, etc.), queriendo indicar partes de cemento:arena; sin embargo, bajo esta denominación se ha incurrido casi siempre en un error implícito por lo siguiente:

No es claro si se trata de partes en masa o en volumen.

Varios morteros con la misma relación 1:n, y con igual manejabilidad, pueden arrojar diferentes resistencias a compresión a los 28 días, en razón de la granulometría de la arena utilizada.

Además sus funciones son:

Función estética: Dar acabado al muro, colorido, textura, etc.

Función estructural: Liga las unidades de mampostería. Sello para impedir penetración de aire y de agua. Se adhiere al refuerzo de las juntas, a los amarres metálicos y a pernos anclados de modo que los hace actuar conjuntamente. De ser mampostería reforzada envuelve, protege y actúa en unión de la armadura embebida.

Cemento Portland

Es un conglomerante hidráulico, esto es, materiales artificiales de naturaleza inorgánica y mineral, que finamente molidos y convenientemente amasados con agua forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables, tanto al aire como al agua. (UNE-EN 197-1:2011, como se citó en Sanjuán y Chinchón, 2014)

Este endurecimiento hidráulico se debe principalmente a la formación de silicatos cálcicos hidratados y de aluminatos hidratados como resultado de la reacción entre el agua y los constituyentes del cemento. Esta propiedad de conglomerante hidráulico le ha convertido en un material básico en la construcción, imprescindible para la edificación y la realización de infraestructuras. El Clinker de cemento portland es su principal componente y se obtiene por sinterización de una mezcla homogénea de materias primas: caliza, arcilla, arena, compuestos de hierro y otros componentes en proporciones definidas (crudo, pasta o harina) conteniendo elementos, normalmente expresados en forma de óxidos, CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ y pequeñas cantidades de otras materias. Esta mezcla se calienta hasta llegar a los rangos de la temperatura de sinterización y se forman nuevos compuestos. (Sanjuán y Chinchón, 2014)

Según Sanjuán y Chinchón (2014), la composición química del Cemento Portland expresada en óxidos y según su porcentaje en masa, es la siguiente:

Tabla 1

Composición Química de los Cementos (% en masa)

Parámetro	Rango Aproximado
Residuo insoluble	0.1 - 1.4
Óxido de calcio (CaO)	58.2 - 65.6
Sílice (SiO ₂)	19.8 - 26.45
Alúmina(Al ₂ O ₃)	4.1 - 9.5
Óxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	2.1 - 4.5
Magnesia (MgO)	trazas - 2.9
Álcalis (K ₂ O, Na ₂ O)	0.1 - 2.8
Sulfatos (SO ₃)	0.1 - 2.2
Pérdida por calcinación	0.2 - 2.8

Fuente: Sanjuán y Chinchón (2014).

Según la NTP 334.009 (2005), los tipos de cementos Portland están clasificados de acuerdo a sus propiedades específicas:

Tipo I: Para uso general que no requiera propiedades especiales de cualquier otro tipo.

Tipo II: Para uso general, y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.

Tipo III: Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales.

Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.

Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

Según Yerramala (2014), la composición química del Cemento Portland Tipo I (CPTI) es la siguiente:

Tabla 2
Composición Química y gravedad específica del
Cemento Portland Tipo I

Parámetro	%
SiO ₂	21.80
Al ₂ O ₃	6.60
Fe ₂ O ₃	4.10
CaO	60.10
MgO	2.10
Na ₂ O	0.40
K ₂ O	0.40
SO ₃	2.20
LOI	2.40
Gravedad Específica	3.15

Fuente: Yerramala (2014).

Arena Gruesa – Agregado Fino

Según NTP 334.051 (1998), la arena debe ser de sílice natural de granos redondeados y gradada.

La arena usada para hacer las muestras (cubos), en este ensayo, será natural de sílice o de Ottawa, normalizada para ensayo y gradada. Y se mide en peso según los rangos requeridos. (MTC E 609-2000)

Salamanca (2001), proporciona los siguientes rangos granulométricos para la arena:

Tabla 3
Especificación Granulométrica de la Arena para Mortero

% que pasa el tamiz, mm (N°)	Arena de Trituración
4.8 (N° 4)	100
2.4 (N° 8)	95 - 100
1.2 (N° 16)	70 - 100
0.6 (N° 30)	40 - 75
0.3 (N° 50)	20 - 40
0.15 (N° 100)	10 - 25
0.75 (N° 200)	0 - 10
Módulo de Finura	2.65 - 1.60

Fuente: Salamanca (2001).

Además indica que la arena no debe tener más del 50% retenido entre dos tamices consecutivos, ni más del 25% retenido en el tamiz 0.15 mm (N° 100) y que pase del tamiz de 0.30 mm (N° 50).

Agua

Según el RNE E070 (2016), el agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

Composición del mortero de ensayo

De acuerdo a la NTP 334.051 (1998), las proporciones en peso para formar un mortero normal, deben ser de una parte de cemento seco por 2.75 partes de arena gradada seca. Las cantidades de los elementos anteriores que deben ser mezcladas a un tiempo para obtener 6 cubos de ensayo, deben ser de 500 g de cemento y 1375 g de arena; para 9 cubos deben ser de 740 g de cemento y 2035 g respectivamente.

La relación agua – cemento para todos los cementos Portland debe ser de 0.485 (242 ml para 6 cubos y 359 ml para 9 cubos) y para los cementos Portland con contenido de aire debe ser 0.460 (230 ml para 6 cubos y 340 ml para 9 cubos).

Cáscara de huevo

La cáscara está constituida en su mayor parte por una matriz cálcica con un entramado en cuya composición están presentes pequeñas cantidades de proteínas y mucopolisacáridos que rodean a un componente mineral en el que el calcio es el elemento más abundante y de mayor importancia. En dicha matriz se encuentran concentraciones mucho menores de sodio, magnesio, zinc, manganeso, hierro, cobre, aluminio y boro. (Instituto de estudios del Huevo, 2003)

El peso medio de un huevo está en torno a los 60 g, de los cuales aproximadamente la clara representa el 60%, la yema el 30% y la cáscara, junto a las membranas, el 10% del total. (Instituto de estudios del Huevo, 2009)

El Instituto de Estudios del Huevo (2009), proporciona la siguiente imagen:

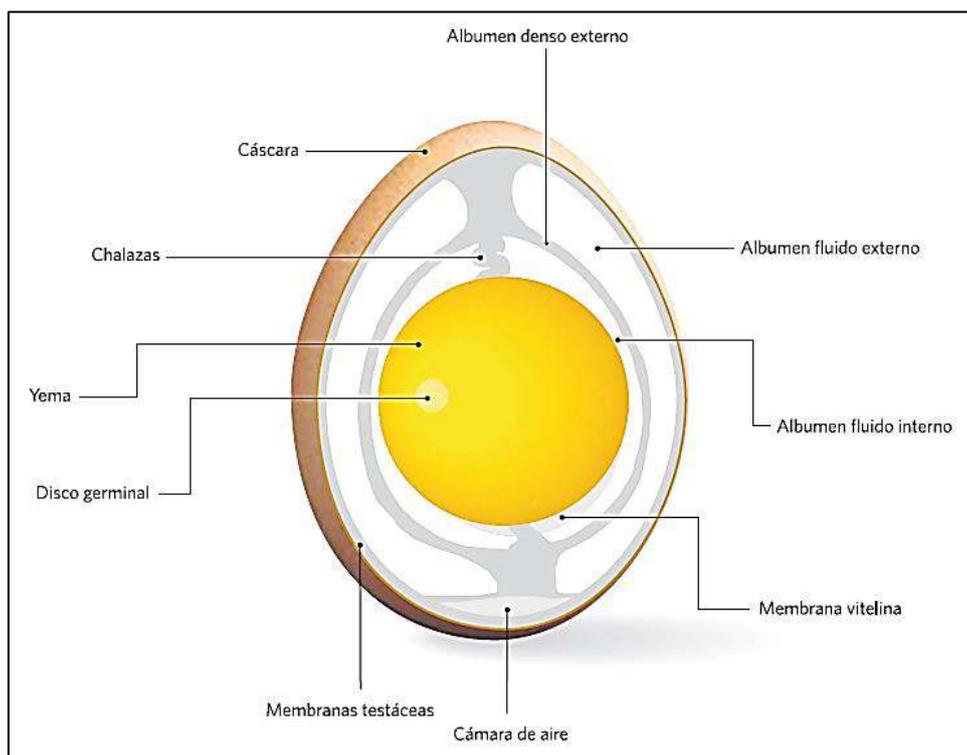


Figura 1: Corte Transversal del Huevo y sus partes.

Fuente: Instituto de Estudios del Huevo (2009).

La cáscara está atravesada por numerosos poros que forman túneles entre los cristales minerales y permiten el intercambio gaseoso entre el interior y el exterior. Su número varía entre 7 000 y 15 000. Son especialmente numerosos en la zona del polo ancho del huevo, donde aparece la cámara de aire. (Instituto de estudios del Huevo, 2009)

Cepero (2002), sostiene que el peso del huevo es 63.9 g, siendo 28.5% la yema, 62.3% el albumen y 9.2% la cáscara; y 1.080 de peso específico de la cáscara.

Gómez et al., como se citó en Terrones y Vargas (2017), sostienen que la cáscara de huevo representa aproximadamente del 9 al 12% del peso del huevo, evaluándose entre 5 a 7 g., y está compuesto por 94% de carbonato de calcio, 1% de carbonato magnésico, 1% de fosfato cálcico, y 4% de materia orgánica.

Polvo de Cáscara de Huevo (PCH)

El Polvo de cáscara de huevo se obtendrá primeramente recolectando la cáscara de huevo, luego serán lavadas en agua potable y limpia, retirando las membranas, después las cáscaras limpias serán secadas a temperatura ambiente, una vez secas se triturarán

manualmente, y finalmente se molerán las cáscaras de huevo trituradas en un mortero de madera o en un molinillo hasta obtener un polvo fino y uniforme. Saldaña (2017)

Temperatura de calcinación del PCH

Terrones y Vargas (2017), concluyeron que la temperatura de calcinación del CaCO_3 para activarse como cal viva, es de 920°C . Sometieron al CaCO_3 , a un tratamiento térmico de calcinación, a 900°C y por un tiempo de 3 horas en un horno tipo mufla.

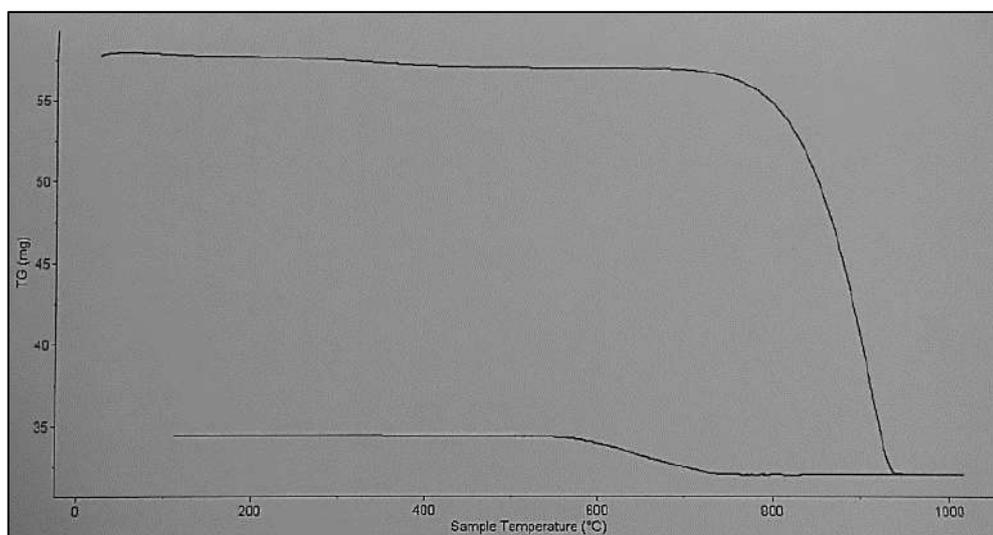


Figura 2: Análisis Termogravimétrico (TGA) del Carbonato de Calcio (CaCO_3).
Fuente: Terrones y Vargas (2017).

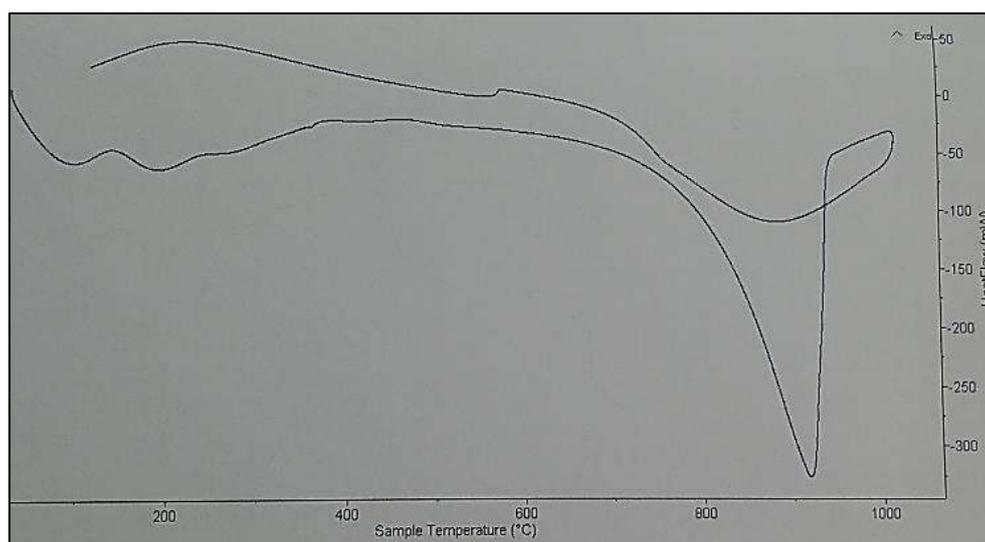


Figura 3: Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) del Carbonato de Calcio (CaCO_3).
Fuente: Terrones y Vargas (2017).

Por otro lado, Saldaña (2017), concluyó que la temperatura de calcinación del PCH para activarlo en óxidos, es de 910° C. Por lo que calcinó el PCH en una mufla por 2 horas a 910° C.

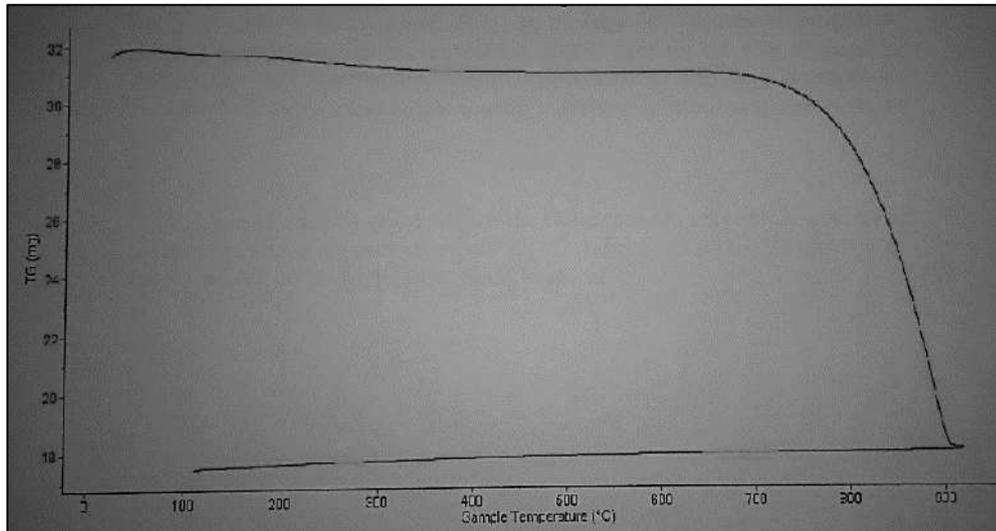


Figura 4: Análisis Termogravimétrico (TGA) del Polvo de Cáscara de Huevo.
Fuente: Saldaña (2017).

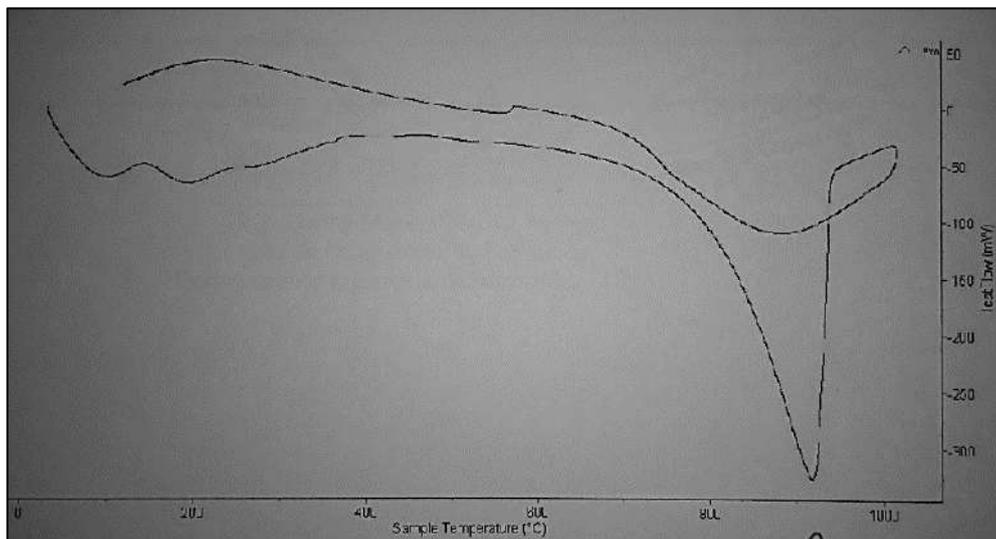


Figura 5: Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) del Polvo de Cáscara de Huevo.
Fuente: Saldaña (2017).

A una temperatura algo mayor de 500° C, el carbonato de calcio empieza a calentarse sin que llegue a disociarse; se ha comprobado experimentalmente, que por sobre los 550° C, este comienza a perder CO₂, y sobre los 892° C (≈ 900° C), se descompone

totalmente en CaO (Cal viva), siempre y cuando se elimine el CO₂. (Coloma, como se citó en Terrones y Vargas, 2017)

PCH activado en óxidos

El Polvo de Cáscara de Huevo (PCH), debe ser sometido a cierta temperatura, según el Análisis Termogravimétrico (TGA) y la Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), en la que este pueda transformar su composición en óxidos, con el fin de poder ser aprovechado.

Según Yerramala (2014), la composición química del PCH es la siguiente:

Tabla 4
Composición Química y Gravedad Específica del Polvo de Cáscara de Huevo (ESP)

Parámetro	%
SiO ₂	0.08
Al ₂ O ₃	0.03
Fe ₂ O ₃	0.02
CaO	52.10
MgO	0.01
Na ₂ O	0.15
SO ₃	0.62
Otros	0.62
LOI	45.42
Gravedad Específica	2.37

Fuente: Yerramala (2014).

Según Saldaña (2017), la composición química analizada por Fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE), del PCH calcinado en mufla a 910° C por dos horas, es la siguiente:

Tabla 5

Composición Química del Polvo de Cáscara de Huevo (PCH) a 900° C por dos horas

Óxido	% masa	Normalizado
Al ₂ O ₃	10.090	12.677
SiO ₂	0.009	0.012
P ₂ O ₅	0.183	0.230
SO ₂	0.639	0.803
K ₂ O	0.128	0.160
CaO	68.342	85.864
Fe ₂ O ₃	0.033	0.042
SrO	0.156	0.196
Totales	79.593	100.000

Fuente: Saldaña (2017).

Producción de la Cáscara de Huevo

A Nivel Internacional: La producción de huevo en el mundo viene en aumento, incrementándose en las últimas 3 décadas (1983 al 2013) un 152%. Al 2013 la producción de huevo en el mundo fue de 73.8 millones de toneladas. El mayor productor de huevo a nivel internacional es China, representando el 39% de la producción mundial al 2013. El continente asiático produce 45.3 millones de toneladas al 2013. (FAO, 2015)

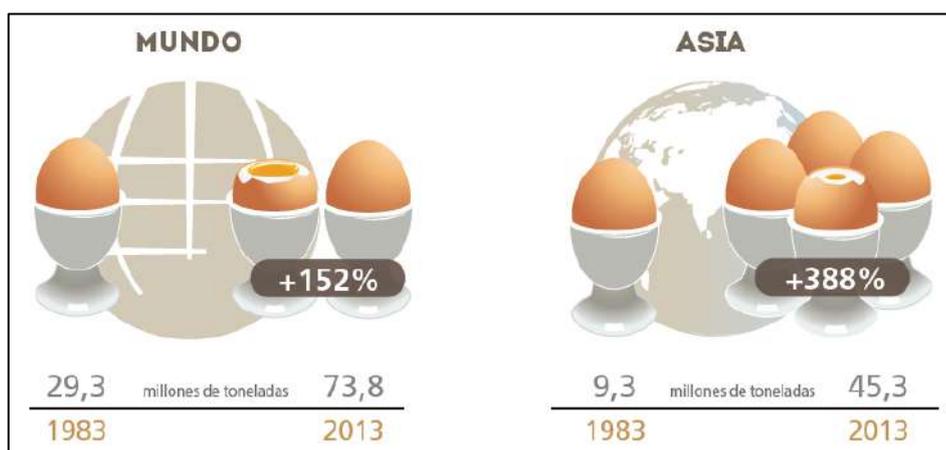


Figura 6: Producción de huevo en las últimas tres décadas.

Fuente: FAO (2015).

Por lo tanto se puede deducir que se producen aproximadamente 7.38 millones de toneladas de cáscara de huevo por año.

A Nivel Nacional: Para el mes de diciembre se cargaron 73,0 millones de huevos fértiles para pollos de engorde. En el mes de referencia, la producción de huevo de gallina para consumo alcanzó las 35 mil toneladas. (MINAGRI, 2017)

Por lo tanto se puede deducir que se producen aproximadamente 3938 toneladas mensuales de cáscara de huevo, las cuales no son recicladas o aprovechadas.

A Nivel Local: La producción de huevo de gallina en Áncash fue de 262 toneladas en el 2015, y de 307 toneladas en el 2016. (MINAGRI, 2016)

Por lo tanto se puede deducir que se producen 26.2 toneladas anuales de cáscara de huevo en Áncash.

Cáscara de Arroz

La cáscara de arroz constituye un subproducto del proceso agroindustrial con aplicaciones reducidas, que en la práctica puede considerarse como un material de desecho (por término medio, por cada tonelada de arroz se generan 200 kg de corteza o cascarilla). (Chur, 2010)

La cáscara de arroz es de consistencia quebradiza, abrasiva y su color varía del pardo rojizo al púrpura oscuro. Su densidad es baja, por lo cual al apilarse ocupa grandes espacios. El peso específico es de 125 kg/ m³, es decir, 1 tonelada ocupa un espacio de 8 m³ a granel. (Varón, como se citó en Prada y Cortés, 2010)

Debido a la estructura cerrada, la combustión se dificulta, y, por el alto contenido de sílice (el 20%), es de muy baja biodegradabilidad en condiciones del ambiente natural. La temperatura máxima que se obtiene al ser quemada varía de acuerdo con su condición: 970°C (seca), 650°C (con algún grado de humedad) y hasta los 1000°C (mezclada con combustible). La cáscara de arroz al quemarse, genera 17.8 % de ceniza rica en Sílice (94.5 %). (Varón, como se citó en Prada y Cortés, 2010)

Según Prada y Cortés (2010), la composición química de la cáscara de arroz, es la siguiente:

Tabla 6***Composición Química de la cáscara de arroz***

Componente	%
Carbono	39.1
Hidrógeno	5.2
Nitrógeno	0.6
Oxígeno	37.2
Azufre	0.1
Cenizas	17.8
Total	100.0

Fuente: Prada y Cortés (2010).

Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA)

La Ceniza de cáscara de arroz, se obtendrá previamente recolectando la cáscara de arroz. Luego se retiraran las impurezas presentes (tallos, raíces, insectos, cáscaras negras y piedras), quitándolas manualmente. Luego se tamizará la cáscara de arroz en una malla o colador para eliminar el polvo. Una vez limpia se calcinará la cáscara de arroz dentro de una olla de barro (sólo la olla tendrá contacto con el fuego). La cáscara de arroz dentro de la olla, estará seca y limpia. Se dejara en el fuego la olla con la cáscara de arroz hasta que esta elimine todo el dióxido de carbono y cambie su color a negro sin perder su forma. Se retirara cuidadosamente la cáscara de arroz calcinada para dejarla enfriar a temperatura ambiente. Finalmente una vez fría, la cáscara calcinada se molerá en un mortero de madera o en un molinillo, hasta obtener la ceniza fina y uniforme. (Saldaña, 2017)

Temperatura de calcinación de la CCA

La práctica más generalizada a base de combustiones de cascara a temperaturas de aproximadamente 850° C, durante unas dos horas, muestran la presencia de sílice en una base cristalina de cuarzo. Igualmente muestra que la sílice permanece en estado amorfo cuando las temperaturas permanecen entre 450 y 700° C durante 3 y 4 horas. Dado que las formas cristalinas presentan menor reactividad que las amorfas, es esencial que la combustión de la cascara no supere temperaturas muy elevadas (del orden de 900° C). (Salas, Castillo, Sanchez y Veras, 1986)

Saldaña (2017), concluyó que la temperatura de calcinación de la cáscara de arroz es de 430° C. Por lo tanto calcinó la cáscara de arroz en una mufla a 430° C por dos horas.

Según Saldaña (2017), el Análisis Termogravimétrico (TGA) de la cáscara de arroz (natural, molida en polvo fino), es la siguiente:

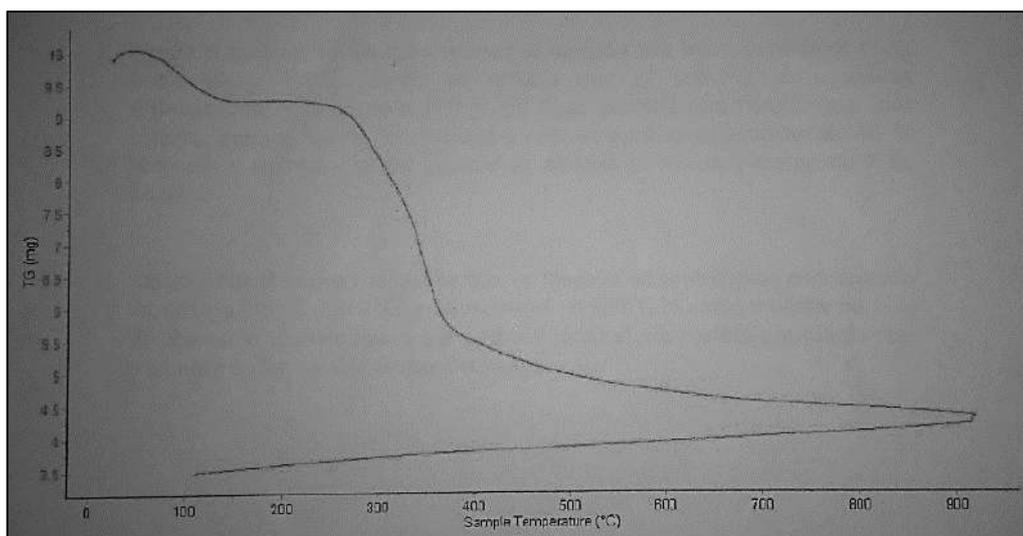


Figura 7: Análisis Termogravimétrico (TGA) de la cáscara de arroz.
Fuente: Saldaña (2017).

Además, proporciona la Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) de la cáscara de arroz (natural, molida en polvo fino):

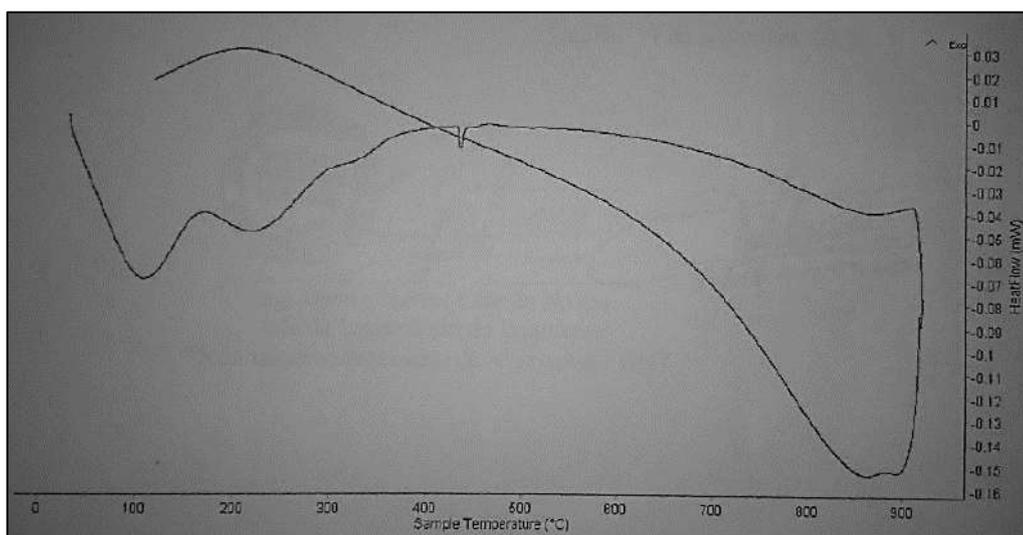


Figura 8: Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) de la cáscara de arroz.
Fuente: Saldaña (2017).

CCA Activada en Óxidos

La Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA), debe ser sometida a cierta temperatura, según el Análisis Termogravimétrico (TGA) y la Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC), en la que este pueda transformar su composición en óxidos, con el fin de poder ser aprovechado.

Saldaña (2017), calcinó en la mufla la cáscara de arroz en estado natural, a 430° C, según el TGA y DSC, por dos horas. El resultado fue la Ceniza de Cáscara de Arroz activada. Este proceso resultó poco viable puesto que la cáscara de arroz natural posee una baja densidad y ocupa un gran espacio en la mufla.

La composición química de esta Ceniza de cáscara de arroz, se determinó por medio de la Fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE), dando los siguientes resultados:

Tabla 7
Composición Química de la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA) a 430° C por dos horas

Óxido	% masa	Normalizado
Al ₂ O ₃	2.030	2.437
SiO ₂	76.006	91.253
P ₂ O ₅	0.700	0.840
SO ₂	0.279	0.335
ClO ₂	0.808	0.970
K ₂ O	2.624	3.150
CaO	0.629	0.755
TiO ₂	0.010	0.012
Cr ₂ O ₃	0.001	0.001
MnO	0.075	0.090
Fe ₂ O ₃	0.115	0.138
Ni ₂ O ₃	0.001	0.002
ZnO	0.014	0.016
Rb ₂ O	0.001	0.001
Totales	83.229	100.000

Fuente: Saldaña (2017).

Otros autores calcinaron previamente a la cáscara de arroz antes de ser sometida a la temperatura en la que cambie su composición a óxidos, con el objetivo de eliminar el

dióxido de carbono, y a la vez de reducir su volumen, para que facilite su calcinación y también para que no quede restos de carbono dentro de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) resultante.

Según Valverde, Sarria y Monteagudo (2007), la composición química de la ceniza de cáscara de arroz, es la siguiente:

Tabla 8
Composición Química de la Ceniza de cáscara de arroz (CCA)

Elemento	Composición %
(K ₂ O) Óxido de Potasio	1.10
(Na ₂ O) Óxido de Sodio	0.78
(CaO) Óxido de Calcio	0.25
(MgO) Óxido de Magnesio	0.23
(SO ₄) Sulfatos	1.13
(SiO ₂) Sílice	96.51
Total	100.00

Fuente: Valverde, Sarria y Monteagudo (2007).

Salas, Castillo, Sanchez, y Veras (1986), han propuesto la composición química que se muestra a continuación:

Tabla 9
Resultados comparativos de la Composición Química de la Ceniza de cáscara de arroz (CCA)

% composición de óxidos	Resultado de su trabajo	450° C y dos horas	850° C y dos horas	Harsch G.	R. Hawkey
Pérdida por calcinación	-	3.49	1.84	-	-
SiO ₂	91.26	85.88	87.72	91.16	94.23
Al ₂ O ₃	0.94	0.47	0.40	-	-
Fe ₂ O ₃	0.37	0.18	0.16	0.21	0.53
CaO	2.15	1.12	1.43	0.65	2.27
MgO	0.88	0.45	0.36	0.99	0.12
SO ₃	-	1.24	1.25	0.10	-
Na ₂ O	-	1.15	1.11	-	0.39
K ₂ O	-	4.10	3.96	4.75	-
P ₂ O ₅	-	0.34	0.30	-	2.22
MnO	-	0.09	0.09	-	-

Fuente: Salas, Castillo, Sanchez, y Veras (1986).

Por análisis de difracción de rayos-X que la ceniza de cáscara de arroz obtenida por combustión durante dos horas a 600° C contiene sílice en forma amorfa, y permanece esencialmente amorfa para temperaturas de incineración de hasta 700° C. También se confirmó que con el aumento del tiempo y temperatura de incineración, la sílice tiende a quedar criptocristalina (formas cristalinas), reduciéndose de este modo la actividad puzolánica de la ceniza. Otros estudios relativos a la molienda mostraron que la ceniza no cristalina es mucho más fácil de pulverizar que la ceniza cristalina. (Cement Research Institute, como se citó en INIA, 2013)

Tabla 10
Composición Química de la Ceniza de cáscara de arroz (CCA)

Componente	%
Ceniza de Sílice (SiO ₂)	94.10
Óxido de calcio (CaO)	0.55
Óxido de magnesio (MgO)	0.95
Óxido de potasio (K ₂ O)	2.10
Óxido de Sodio (Na ₂ O)	0.11
Sulfato	0.06
Cloro	0.05
Óxido de titanio (TiO ₂)	0.05
Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	0.12
Otros componentes (P ₂ O ₅ , Fe ₂ O ₃)	1.82
Total	100.00

Fuente: Prada y Cortés (2010).

Producción de la Cáscara de Arroz

A Nivel Internacional: La FAO (2018), ha aumentado su pronóstico de la producción mundial de arroz en 2017 en 2,9 millones de toneladas a 759,6 millones de toneladas (503,9 millones de toneladas de arroz elaborado). El primer pronóstico de la FAO de la producción mundial de arroz en 2018, suponiendo que las condiciones de crecimiento sean normales, prevé un aumento global de 10,3 millones de toneladas anuales a un nuevo máximo de 769,9 millones de toneladas (510,6 millones de toneladas de arroz elaborado). Por lo tanto se puede deducir que anualmente se producen aproximadamente 151.9 millones de toneladas de cáscara de arroz.

A Nivel Nacional: Según MINAGRI (2016), se produjeron para el 2015 aproximadamente un total de 223 557 toneladas de arroz en cáscara en el país. Por lo tanto se puede deducir que anualmente se producen aproximadamente 44 711 toneladas de cáscara de arroz a nivel nacional.

A Nivel Local: Según MINAGRI (2016), se produjeron para el 2015 aproximadamente un total de 19 170 toneladas de arroz en cáscara en Ancash. Por lo tanto se puede deducir que anualmente se producen aproximadamente 3834 toneladas de cáscara de arroz a nivel local.

Tomando en consideración los antecedentes y la fundamentación científica, se justifica esta investigación en el aspecto social y en el aporte científico:

El uso del cemento demanda la explotación de minerales para su fabricación, lo cual está perjudicando el medio ambiente. Así mismo, producto de las actividades humanas, cada día se produce contaminación por residuos, los cuales no son reciclados ni aprovechados.

Este proyecto de investigación se justifica en la búsqueda de materiales que reemplazarán al cemento, siendo reciclados y con ello se pueda contribuir a mejorar el medio ambiente. Se usó la cáscara de huevo y cáscara de arroz, puesto que son residuos que se producen a diario, y están disponibles en grandes cantidades.

Por lo tanto es de gran importancia sustituir el cemento por Polvo de cáscara de Huevo (PCH) y Ceniza de cáscara de Arroz (CCA), ya que beneficiará a nivel social a toda la población, reduciendo la contaminación y la explotación de minerales. Además se aportará datos y conocimientos científicos que demostrarán que el PCH y la CCA pueden sustituir satisfactoriamente el cemento, resultantes de ensayos como resistencia a la compresión y permeabilidad; y así mismo puedan contribuir a futuras investigaciones en la sustitución del cemento.

Esta investigación surge en consecuencia de la siguiente realidad problemática:

A nivel internacional la contaminación ambiental en el mundo es un problema latente y que viene en aumento. Por lo tanto la fabricación y uso del cemento agrava aún más

tal situación. Y a la vez son escasas las investigaciones que pretendan reemplazar el cemento por materiales de origen natural o reciclados.

A nivel nacional se presenta la dependencia absoluta del cemento fabricado por materiales procedentes por explotación de recursos. Y por otro lado se encuentra el mal aprovechamiento de los residuos procedentes de las actividades humanas, como los es la cáscara de huevo y la cáscara de arroz, los cuales sólo agravan la contaminación ambiental en el país.

A nivel local la contaminación ambiental es aún mayor y es imprescindible optar por el aprovechamiento y la recolección de residuos. Siendo así importante sustituir el cemento por PCH y CCA para contribuir en la disminución de contaminación y a la vez se incentive la cultura del reciclaje.

De acuerdo a esta realidad problemática, se formula el siguiente problema: ¿Qué resultados se producirían en la Resistencia a la Compresión y Permeabilidad de Mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por Polvo de Cáscara de Huevo y Ceniza de Cáscara de Arroz?

Conceptuación y Operacionalización de las variables:

Variable Dependiente 1: Resistencia a la Compresión

Definición Conceptual: La resistencia a la compresión se define como la carga máxima indicada por la máquina de ensayo en el momento de rotura, y se calcula como la carga máxima en N, sobre el área de la superficie de carga en mm². (MTC E 609-2000)

Definición Operacional: Se define como la carga axial máxima sobre el área del cubo de mortero, y se mide en kg/cm². Se calcula por medio del ensayo de compresión de mortero. (MTC E 609-2000)

Dimensiones:

Fluidez de Morteros: Es el aumento del diámetro de la muestra, expresado como un porcentaje del diámetro de la base mayor del molde. Se mide la base de la muestra en al menos cuatro puntos y se calcula el promedio. (MTC E 617-2000)

Compresión de Morteros: Se calcula como la carga máxima en N, sobre el área de la superficie de carga en mm². Y se mide en kg/cm². (MTC E 609-2000)

Indicadores:

Porcentajes, varianzas, promedios, desviación estándar.

Variable Dependiente 2: Permeabilidad

Definición Conceptual: La permeabilidad en mortero se define como la profundidad de penetración de agua bajo presión. (UNE 83309-1990)

Definición Operacional: Se define como la medida en mm del paso de agua a través del cubo de mortero, la que se mide como penetración máxima y penetración media en el mortero. (NCh 2262.Of97)

Dimensiones:

Fluidez de Morteros: Es el aumento del diámetro de la muestra, expresado como un porcentaje del diámetro de la base mayor del molde. Se mide la base de la muestra en al menos cuatro puntos y se calcula el promedio. (MTC E 617-2000)

Profundidad de Penetración de Agua Bajo Presión: Se mide como penetración máxima y penetración media en mm del agua a presión en el mortero. Se hará el ensayo en 3 cubos a 28 días de edad. (NCh 2262.Of97)

Indicadores:

Porcentajes, varianzas, promedios, desviación estándar.

Variable Independiente: Proporción de Mezcla de Mortero (PMM):

Definición Conceptual: Las proporciones en peso de materiales para el mortero normal serán de una (1) parte de cemento y 2.75 partes de arena gradada (patrón), usando una relación agua – cemento de 0.485 para los cementos portland. (MTC E 609-2000)

Para el mortero experimental, la proporción de mezcla de mortero (PPM) será de (1) parte de cemento (sustituido en 10% y 20% por PCH y CCA) y 2.75 partes de arena

gradada, con una relación – cemento resultante de la cantidad de agua necesaria para obtener el mismo flujo, consistencia y trabajabilidad del mortero patrón.

Definición Operacional: Las cantidades que deben ser mezcladas para formar la bachada para seis (6) cubos de ensayo, serán de 500 g de cemento, 1375 g de arena y 242 ml de agua aproximadamente. (MTC E 609-2000)

Para el primer grupo experimental (sustituyendo el cemento en 10% por PCH y CCA), las cantidades que deben ser mezcladas para realizar (6) cubos de ensayo, serán de 450 g de cemento, 50 de combinación de PCH y CCA, 1375 g de arena y la cantidad de agua será la necesaria para obtener el mismo flujo, consistencia y trabajabilidad del mortero patrón.

Para el segundo grupo experimental (sustituyendo el cemento en 20% por PCH y CCA), las cantidades que deben ser mezcladas para realizar (6) cubos de ensayo, serán de 400 g de cemento, 100 de combinación de PCH y CCA, 1375 g de arena y la cantidad de agua será la necesaria para obtener el mismo flujo, consistencia y trabajabilidad del mortero patrón.

Dimensiones:

Proporciones: Es la cantidad en peso de materiales (Cemento, arena gradada y agua) necesarias para formar el mortero. (MTC E 609-2000)

PMM sustituyendo el cemento en 10% por PCH y CCA: Es la cantidad en peso de materiales (Cemento sustituido en 10% por PCH y CCA), arena gradada y agua) necesarias para formar el mortero.

PMM sustituyendo el cemento en 20% por PCH y CCA: Es la cantidad en peso de materiales (Cemento sustituido en 20% por PCH y CCA), arena gradada y agua) necesarias para formar el mortero.

Relación agua – cemento (A/C): Es la relación entre el agua y el cemento, y están altamente ligados a una gran cantidad de propiedades del material final que se obtendrá, en donde usualmente conforme más agua se adicione, aumenta la fluidez de la mezcla y, por lo tanto, su trabajabilidad y plasticidad, lo cual presenta grandes

beneficios para la mano de obra; no obstante, también comienza a disminuir la resistencia debido al mayor volumen de espacios creados por el agua libre. (Guevara, et al, 2011)

Indicadores:

Porcentajes, promedios, proporciones.

Se formuló la siguiente hipótesis: La sustitución del cemento en 10% y 20% por Polvo de Cáscara de Huevo y Ceniza de Cáscara de Arroz, activados térmicamente, desarrollarían capacidades puzolánicas para mejorar la Resistencia a la Compresión y Permeabilidad de Mortero.

El objetivo general de esta investigación es: Determinar la Resistencia a la Compresión y Permeabilidad de Mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por Polvo de Cáscara de Huevo y Ceniza de Cáscara de Arroz. Y los objetivos específicos son:

Determinar la temperatura de calcinación del Polvo de Cáscara de Huevo, la cáscara de arroz y la Ceniza de Cáscara de Arroz.

Determinar la composición química del PCH, la CCA y la combinación de PCH y CCA, activados térmicamente.

Determinar el Potencial de Hidrógeno del CPTI, del PCH, la CCA, la combinación de PCH y CCA, y del CPTI sustituido al 10% y 20% por la combinación de PCH y CCA.

Determinar la Relación Agua – Cemento para el Mortero Patrón y el Mortero Experimental.

Determinar y analizar la Permeabilidad en el Mortero Patrón y en el Mortero Experimental.

Determinar y analizar la Resistencia a la Compresión en el Mortero Patrón y en el Mortero Experimental.

II. METODOLOGIA

Tipo y Diseño de Investigación

La metodología de este proyecto de investigación fue la Experimentación, apoyada en la observación científica, porque las variables dependientes, Resistencia a la compresión y Permeabilidad, sufrieron un cambio denominado manipulación de variable que consiste en sustituir el cemento en 10% y 20% por PCH y CCA.

Se comparó la Resistencia a la compresión y Permeabilidad del mortero patrón, respecto al mortero experimental, en el cual ha sido sustituido el cemento en 10% y 20% por PCH y CCA, por medio de los ensayos de Compresión de morteros y Penetración de agua bajo presión, respectivamente.

El tipo de investigación fue Aplicada, porque se planteó una solución directa al problema planteado en este proyecto de investigación, para lo cual se procedió a la experimentación por medio de una serie de ensayos, que demostraron científicamente la eficacia de la sustitución del cemento en 10% y 20% por PCH y CCA.

Se pudo prever la eficacia del Polvo de cascara de huevo (PCH) y la ceniza de cascara de arroz (CCA), puesto que se conoce que al ser activados térmicamente, el PCH posee un alto contenido en calcio y la CCA posee un alto contenido en silicio, los cuales fueron combinados y aprovechados como sustituto del cemento.

El diseño de este proyecto de investigación fue Experimental de nivel Cuasi – Experimental, porque se usaron procedimientos y ensayos experimentales y a la vez se necesitó del apoyo de bases teóricas ya conocidas.

Se formaron tres grupos de trabajo para determinar la Resistencia a la compresión y Permeabilidad, el primero en un mortero patrón, llamado grupo control, y luego compararlo con 2 grupos de morteros sustituyendo el cemento en 10% y 20% por PCH y CCA., llamado grupo experimental. Además se tuvo en cuenta la observación de los resultados de las pruebas y ensayos.

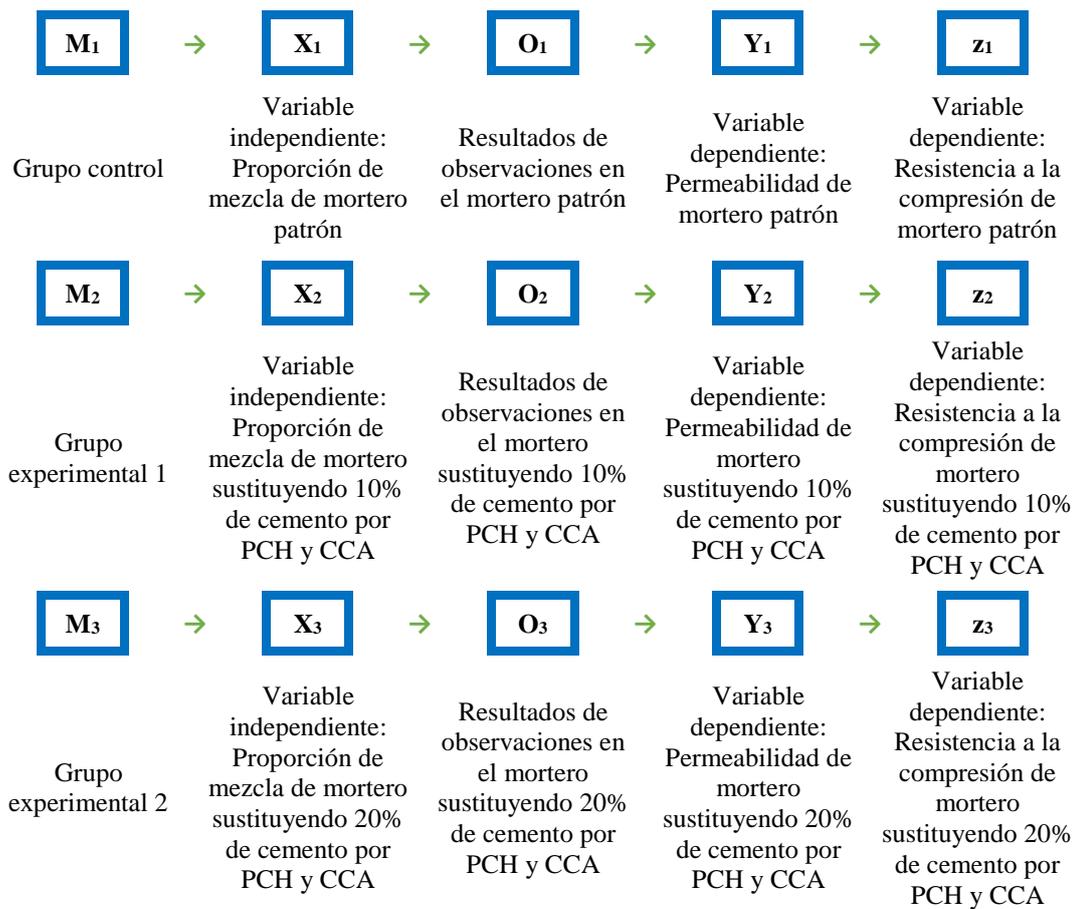


Figura 9: Diseño del Grupo Control y los Grupos Experimentales.

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

M₁: Muestra 1 de Elementos en Grupo control (Cubos de mortero patrón).

M₂: Muestra 2 de Elementos en Grupo Experimental (Cubos de mortero sustituyendo 10% de cemento por PCH y CCA).

M₃: Muestra 3 de Elementos en Grupo Experimental (Cubos de mortero sustituyendo 20% de cemento por PCH y CCA).

X₁: Variable Independiente (Proporción de mezcla de mortero patrón).

X₂: Variable Independiente (Proporción de mezcla de mortero patrón sustituyendo 10% de cemento por PCH y CCA).

X₃: Variable Independiente (Proporción de mezcla de mortero patrón sustituyendo 20% de cemento por PCH y CCA).

O₁: Observaciones Obtenidas (Resultados de observaciones en el mortero patrón), anotados en la guía de observación.

O₂: Observaciones Obtenidas (Resultados de observaciones en el mortero sustituyendo 10% de cemento por PCH y CCA), anotados en la guía de observación.

O₃: Observaciones Obtenidas (Resultados de observaciones en el mortero sustituyendo 20% de cemento por PCH y CCA), anotados en la guía de observación.

Y₁: Variable Dependiente (Permeabilidad de mortero patrón).

Y₂: Variable Dependiente (Permeabilidad de mortero sustituyendo 10% de cemento por PCH y CCA).

Y₃: Variable Dependiente (Permeabilidad de mortero sustituyendo 20% de cemento por PCH y CCA).

Z₁: Variable Dependiente (Resistencia a la compresión de mortero patrón).

Z₂: Variable Dependiente (Resistencia a la compresión de mortero sustituyendo 10% de cemento por PCH y CCA).

Z₃: Variable Dependiente (Resistencia a la compresión de mortero sustituyendo 20% de cemento por PCH y CCA).

El enfoque de la investigación fue Cuantitativo, porque el proceso de investigación se fundamentó en la metodología estadística. Además se realizó repeticiones, a través de ensayos y pruebas de laboratorio como la fluidez, permeabilidad y resistencia a la compresión.

Población – Muestra

Con la finalidad de mejorar la resistencia a la compresión y permeabilidad de mortero, se utilizó el PCH y CCA y se estudió su comportamiento. Por lo tanto se realizaron pruebas o ensayos en cubos de mortero patrón y cubos de mortero experimental (Sustituyendo 10% y 20% de cemento por PCH y CCA), que se usaron como parámetro de comparación, para analizar su resistencia a la compresión y permeabilidad. Y la unidad de análisis en esta investigación es: Cubos de mortero.

La población está constituida por el conjunto de cubos de mortero, elaborados en el Laboratorio de mecánica de suelos y ensayos de materiales de la Universidad San Pedro. Se tuvo en cuenta cubos de mortero patrón y experimentales sustituyendo 10% y 20% de cemento por PCH y CCA. La norma NCh 2262.Of97 y la norma UNE 83309-1990 nos indica que para el ensayo de Penetración de agua bajo presión, se deben ensayar 3 cubos a 28 días de edad y 2 cubos si el caso lo justifica. La norma ASTM C109 indica que para el ensayo de Compresión de morteros, se deben ensayar 3 cubos de mortero por edad, por lo tanto se considera como mínimo 3 cubos de ensayo por cada edad y de 9 cubos como máximo por cada edad. De esta manera se calculó que el Tamaño de la población (N) es igual a 90 cubos de mortero.

La muestra está conformada por el conjunto de cubos de mortero patrón y experimentales sustituyendo 10% y 20% de cemento por PCH y CCA, seleccionados por conveniencia de acuerdo a su resistencia a la compresión y permeabilidad. Por lo tanto la muestra es la cantidad mínima requerida de cubos para los ensayos de Penetración de agua bajo presión (2 cubos) y para los ensayos de Compresión de mortero es la cantidad entre el mínimo y el máximo (6 cubos). De esta manera se determinó que el Tamaño de la muestra (n) es igual a 60 cubos de mortero.

Técnicas e instrumentos de investigación

Tabla 11

Técnicas e Instrumentos de Investigación

Técnicas de Recolección	Instrumento	Ámbito de la Investigación
Observación científica	Guía de observación resumen.	Grupo Control: Cubos de mortero patrón.
	Fichas técnicas de los ensayos.	Grupo Experimental: Cubos de mortero sustituyendo 10% y 20% de cemento por PCH y CCA.

Fuente: Elaboración propia.

La metodología de este proyecto de investigación es la experimentación apoyada en la observación científica, por lo tanto se hace necesario utilizar como instrumento a la Guía de observación resumen. También se debe tener en cuenta que en la ejecución de los ensayos de laboratorio se debe considerar aspectos que sólo se pueden analizar e

interpretar visualmente, como la homogeneidad y trabajabilidad de la mezcla de mortero.

Además se debe tener en cuenta que los resultados de los ensayos de laboratorio son cuantitativas. Por lo tanto se recurrió a las fichas técnicas de los ensayos, que se usaron de apoyo en el laboratorio, para mantener un orden adecuado en los resultados producto de los ensayos de laboratorio. La guía de observación y la ficha técnica de los ensayos se diseñaron de acuerdo a los ensayos de laboratorio de Fluides de mortero, Penetración de agua bajo presión y Compresión de mortero. Es así que con estos instrumentos se pudo observar, inferir y analizar todos los procesos y resultados que encontramos conforme se fue desarrollando el proceso de experimentación en los cubos de mortero patrón y experimentales. La guía de observación resumen y la Ficha técnica de los ensayos, comprendió aspectos de acuerdo a los siguientes ensayos de laboratorio:

Fluides de morteros: Tiene como objetivo determinar el desplazamiento de la mezcla de mortero, expresada en porcentaje, y a la vez observar la trabajabilidad de esta. Se mide la base de la muestra en al menos cuatro puntos y se calcula el promedio.

Penetración de agua bajo presión: Tiene como objetivo determinar el paso del agua a través del cubo de mortero, y con ello conocer su permeabilidad. Se mide como penetración máxima y penetración media en mm del agua a presión en el mortero. Se hará el ensayo en 3 cubos a 28 días de edad.

Compresión de morteros: Tiene como objetivo determinar la resistencia a la compresión de los cubos de mortero. Se calcula como la carga máxima en N, sobre el área de la superficie de carga en mm². Y se mide en kg/cm². Se efectuara el ensayo para 3, 7 y 28 días de edad. Además se considerara el peso de los cubos de mortero como parámetro.

Proceso y análisis de los datos

Se ejecutaron una serie de pasos, los cuales se basaron en antecedentes y fundamentación científica, así como también en criterio propio que será indispensable en la experimentación:

Obtención de la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA): Se recolectó la cáscara de arroz de un molino de arroz (“Molino Los Ángeles”) en la ciudad de Chepén, La Libertad. Luego se retiró de esta, cuidadosamente las impurezas (tallos, raíces, hojas, cáscaras negras, insectos y piedras) y se tamizó por un colador para eliminar el polvo. Una vez limpia, la cáscara de arroz se calcinó en una olla de barro hasta que se transforme en ceniza de color negro. Se calcinó sin que la cáscara de arroz tenga contacto con el fuego (sólo la olla tuvo contacto con el fuego), dejando escapar el dióxido de carbono. Se dejó enfriar la ceniza y se la molió en un mortero de madera, hasta volverla fina y uniforme.

Obtención del Polvo de Cáscara de Huevo (PCH): Se recolectó las cáscaras de huevo frescas en un restaurante de la ciudad de Chepén, La Libertad. Luego se lavaron las cáscaras en agua, eliminando las membranas. Se dejaron secar las cáscaras a temperatura ambiente. Después se trituraron manualmente. Finalmente se molió las cáscaras limpias y trituradas, en un mortero de madera, hasta volverlas en polvo fino y uniforme.

Determinación de la Temperatura de Calcinación: La temperatura de calcinación se determinó por medio del Análisis Termogravimétrico (TGA) y la Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC). Para realizar estos ensayos se tamizó las muestras por el tamiz N° 200 y se tomó 1 gr por muestra, y se llevaron a analizar en el Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo siendo el equipo utilizado, un Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC SETARAM. Se ensayaron muestras de la Cáscara de Arroz y de la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA); así también como del Polvo de Cáscara de Huevo (PCH).

Activación térmica del PCH y la CCA: El PCH y la CCA se calcinaron en una mufla en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales de la Universidad San Pedro. Se activó térmicamente el PCH, calcinándolo en la mufla a 900 °C por 3 horas. Luego este se dejó enfriar y se tamizó por el tamiz N° 200. Y luego se activó térmicamente la CCA, calcinándolo en la mufla a 640 °C por 2 horas. Luego este se dejó enfriar y se tamizó por el tamiz N° 200.

Determinación de la Composición Química del PCH y la CCA: La composición química fue analizada por Fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE) en el Laboratorio de Arqueometría de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos siendo el equipo utilizado, un Espectrómetro de FRXDE Amptek. Se utilizó 10 gr de PCH y 10 gr de CCA.

Determinación de la Combinación de PCH y CCA: Se determinó matemáticamente (Utilizando la composición química del PCH y la CCA), que la combinación de PCH y CCA que se asemeja al cemento es aquella compuesta por 75% de PCH y 25% de CCA. Y se determinó la composición química de esta combinación por Fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE).

Determinación del Potencial de Hidrógeno (PH): Se determinó el PH del Cemento Portland Tipo I (CPTI), del PCH, la CCA, la combinación de 75% PCH y 25% CCA, y del CPTI sustituido al 10% y 20% por PCH y CCA. Para tal ensayo se necesitó 10 gr por muestra, las cuales fueron llevadas a analizar en el Laboratorio de Servicios a la Comunidad e Investigación (LASACI) de la Universidad Nacional de Trujillo

Obtención de la Arena Gruesa Gradada Lavada: Primero se obtuvo aproximadamente 50 kg de Arena Gruesa de una cantera local (Cantera Vesique), para lo cual se verificó que sea de origen natural, debiendo estar limpia y seca. Luego la Arena Gruesa extraída de cantera fue gradada (Tamizando hasta que ya no pase material por el tamiz), por los tamices N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200; para después conservar en bolsas plásticas los retenidos del tamiz N° 4 al tamiz N° 200 y del plato. Después el material retenido en cada malla fue lavado con agua potable en su respectivo tamiz, para eliminar los finos y otras impurezas. Luego el material lavado por cada tamiz, se dejó secar al sol por un día. Y finalmente una vez seco el material, se lo conservó en bolsas plásticas, para evitar cambios en la humedad de la Arena Gruesa Gradada Lavada.

Elaboración de la Propuesta para la Granulometría: Se elaboró una propuesta para la Granulometría que debe tener la Arena Gruesa Gradada Lavada que será usada en la elaboración de la mezcla de mortero. Esta propuesta se realizó teniendo en cuenta los parámetros establecidos y conformados por el tamiz N° 8, 16, 30, 50, 100, 200 y el

plato. Posteriormente se elaboró la Arena Gradada Lavada, pensando el material retenido en los tamices y el plato, según se requiere (Para 3 y 6 cubos).

Elaboración de la Mezcla de Mortero: La norma ASTM C305 indica el siguiente procedimiento para la mezcla de mortero:

Coloque toda el agua de mezcla en el recipiente.

Agregue el cemento al agua; a continuación, inicie el mezclador y mezcle a baja velocidad (140 ± 5 r/min) durante 30 s.

Agregue la cantidad completa de arena lentamente durante un período de 30 s, mientras se mezcla a baja velocidad.

Detenga el mezclador, cambie a velocidad media (285 ± 10 r/min) y mezcle durante 30 s.

Pare el mezclador y deje reposar el mortero durante 90 s. Durante los primeros 15 segundos de este intervalo, rápidamente raspe en el lote cualquier mortero que pueda haberse acumulado en el costado del recipiente; luego, durante el resto de este intervalo, cierre el gabinete del mezclador o cubra el recipiente con la tapa.

Terminar mezclando durante 60 s a velocidad media (285 ± 10 r/min).

Sin embargo este procedimiento no permite mezclar adecuadamente el mortero experimental, puesto que al mezclar inicialmente el agua con el cemento sustituido, se fragua muy rápido la mezcla inicial. Por lo tanto se elaboró la mezcla de mortero, uniendo los materiales en seco (Teniendo en cuenta el tiempo total de la mezcla normada en la ASTM C305), con el siguiente procedimiento:

Se mezcla en seco manualmente el cemento con la arena, hasta obtener una mezcla visualmente homogénea.

Se vierte la mezcla seca en el recipiente y luego se inicia el mezclador a baja velocidad (140 ± 5 r/min) y se mezcla durante 2 min.

Se vierte lentamente el agua durante 30 s mientras se mezcla a velocidad baja

Se deja mezclar a velocidad baja por 1 min y 30 s.

En la mezcla para morteros experimentales, se mezcló previamente la combinación de PCH y CCA con el cemento. Las mezclas de mortero se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro, siendo el equipo utilizado, una Mezcladora de mortero Hobart.

Cálculo de la Relación Agua – Cemento: Para calcular la Relación Agua – Cemento (A/C) se debe determinar la cantidad de agua necesaria que necesita la mezcla de mortero para que sea trabajable. En el caso del Mortero Patrón, la mezcla es trabajable con 121 gr de agua, dando como resultado una A/C de 0.485 (Como indica la norma MTC E 609 – 2000). Por lo tanto para que el Mortero Experimental sea trabajable, se debe conseguir una trabajabilidad similar a la del Mortero Patrón, lo cual se corroborara por medio del Ensayo de Fluidez de Mortero de Cemento Hidráulico (Es decir la fluidez del mortero patrón debe ser parecida a la del experimental), para el cual sus pasos se detallan en la norma MTC E 617 – 2000:

Se limpió y secó la mesa de flujo, y se colocó el molde en el centro.

Se vertió una capa de mortero de unos 25 mm (1") de espesor en el molde y se apisonó con 20 golpes del compactador.

Con una segunda capa de mortero, se llenó el molde y se apisonó como en la primera capa.

Se retiró el mortero excedente y se enrasó con una espátula.

Se secó el agua alrededor de la base del molde, y luego se retiró el molde, levantándolo.

Inmediatamente después se deja caer la mesa de flujo desde una altura de 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ ") 25 veces en 15 segundos.

Se midió el diámetro en 4 puntos equidistantes y se calculó el promedio.

Se realizó el Ensayo de Fluidez de Mortero de Cemento Hidráulico para el Mortero Patrón y experimental, así como también para un Mortero de Prueba (Utilizando Arena Gruesa Gradada sin lavar en su mezcla de mortero), que sirvió de parámetro de comparación. Finalmente una vez determinado la fluidez del Mortero experimental, se calculó la Relación Agua – Cemento (A/C). Los ensayos de fluidez se realizaron en el

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro, siendo el equipo utilizado una Mesa de flujo con control digital.

Elaboración de los cubos de Mortero: Para elaborar los cubos de mortero se siguió el procedimiento según la norma ASTM C109, por lo que se siguieron los siguientes pasos:

Se colocó una capa de mortero de alrededor de 1 pulgada o 25 mm (aproximadamente la mitad de la profundidad del molde) en todos los compartimentos del molde.

Se apisonó el mortero en cada compartimento cúbico 32 veces en aproximadamente 10 s en 4 rondas, cada ronda debe ser en ángulos rectos a las otras y consistir en ocho golpes adjuntos sobre la superficie del espécimen.

Se llenó la segunda capa de mortero en los compartimentos con el mortero restante y luego se apisonó como se especificó para la primera capa.

Finalmente se enrasó cuidadosamente la superficie de los compartimentos del molde.

Cabe resaltar que los cubos se elaboraron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro y se usaron moldes de bronce de tres compartimentos cúbicos de aproximadamente 1 pulgada de arista. Se elaboraron 6 cubos de mortero por edad (3, 7 y 28 días) para Ensayos de Resistencia a la Compresión y 2 cubos (28 días de edad) de mortero para Ensayos de Permeabilidad.

Determinación de la Permeabilidad: Para determinar la Permeabilidad en los cubos de mortero, se tomaron en cuenta criterios de las normas NCh 2262.Of97 y UNE 83309 – 1990, y se realizó el siguiente procedimiento:

Se secaron en horno los cubos a los 28 días de edad, por 24 horas a $110 \pm 5^\circ \text{C}$.

Se colocó los cubos de mortero (Secos) en el molde, con una capa plástica impermeable sobre el cubo (Con un agujero en el centro para dejar pasar al agua hacia el cubo), y luego se ajustaron los tornillos del molde.

Se selló los bordes del cubo con silicona en frío para evitar escapes de agua y asegurar que se vaya a mantener la presión del agua.

Se ejerció la presión de agua a los cubos, por medio de un Balde de Prueba Hidráulica, efectuándose 100 KPa por 48 horas, luego a 300 KPa por 24 horas y finalmente a 700 KPa por 24 horas.

Se partieron los cubos ensayados, por la mitad y se midieron las penetraciones del agua en los cubos.

Se determinó la permeabilidad para Cubos de Mortero Patrón y experimental, así como también Cubos de mortero de Prueba, los cuales se realizaron con Arena Gruesa Gradada sin lavar, que sirvió de comparación. El ensayo de Penetración de agua bajo presión se realizó en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro, utilizando un Balde de presión hidráulica.

Determinación de la Resistencia a la Compresión: Para determinar la Resistencia a la Compresión de los cubos de mortero, se siguió las indicaciones de la norma ASTM C109. Por lo tanto se realizaron los siguientes pasos:

Se retiró del agua los especímenes antes del ensayo, teniendo en cuenta las tolerancias permitidas: a los 3 días ± 1 hora; a los 7 días ± 3 horas; y a los 28 días ± 12 horas. Y se secaron y limpiaron manualmente la superficie de los cubos retirados del agua.

Se midieron las dimensiones del cubo, utilizando un vernier, y luego se pesaron los especímenes.

Se colocó el cubo a ser ensayado en la máquina que ejecutará la compresión, teniendo en cuenta que se aplicará la carga a las caras del espécimen que estuvieron en contacto con las superficies verdaderamente planas del molde.

Luego se aplicó la carga sobre el espécimen con una velocidad en el rango de 200 a 400 lbs/s (900 a 1800 N/s).

Se calculó la Resistencia a la Compresión, dividiendo la carga entre el área del cubo, considerando que si el área de sección transversal de un espécimen varía más del 1.5 % de la nominal, utilice el área real para el cálculo. Los ensayos de compresión de morteros se realizaron en el Laboratorio de Concreto y Reciclado de la Universidad Nacional de Trujillo, siendo el equipo utilizado: Compresión ELE Serie T automático, error $\pm 5\%$.

III. RESULTADOS

Temperatura de calcinación

La temperatura de calcinación del Polvo de Cáscara de Huevo (PCH) se determinó por medio de los siguientes resultados:

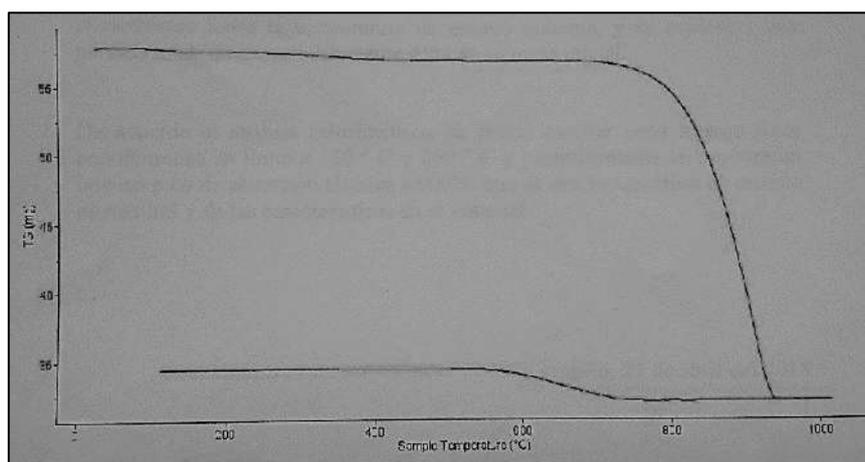


Figura 10: Análisis Termogravimétrico (TGA) del PCH.

Fuente: Elaboración propia.

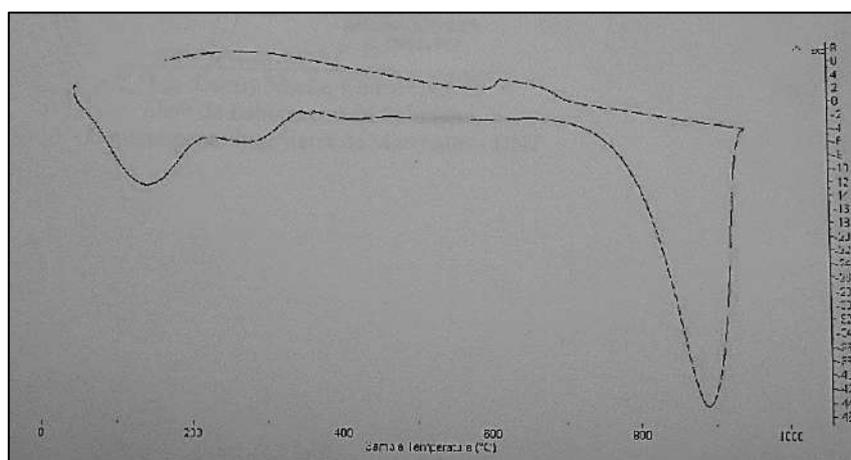


Figura 11: Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) del PCH.

Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una gran estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 750° C, temperatura en la cual marca el inicio para la descomposición y la pérdida de material hasta caer bruscamente hasta la temperatura de ensayo máxima, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 45% de su masa inicial. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar unos ligeros picos

endotérmicos en torno a 130° C y 250° C y posteriormente se muestra un intenso pico de absorción térmica a 900° C que es una temperatura de cambio estructural y de las características en el material

La temperatura de calcinación de la Cáscara de Arroz se determinó por medio de los siguientes resultados:

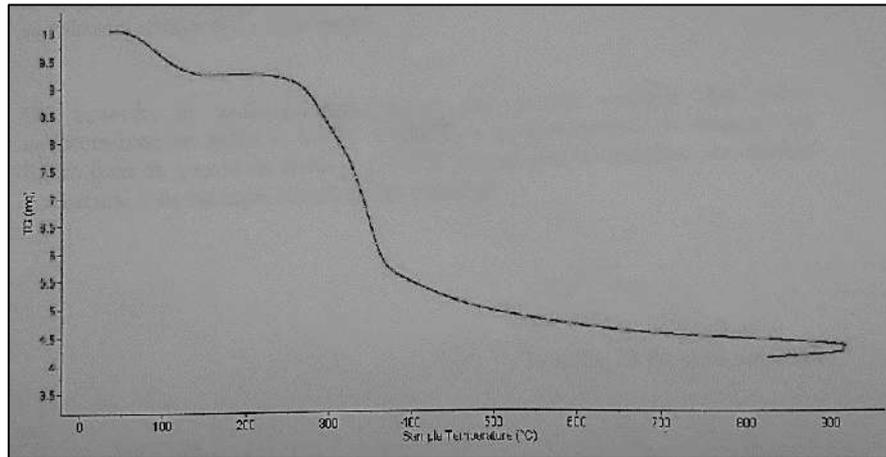


Figura 12: Análisis Termogravimétrico (TGA) de la Cáscara de Arroz.
Fuente: Elaboración propia.

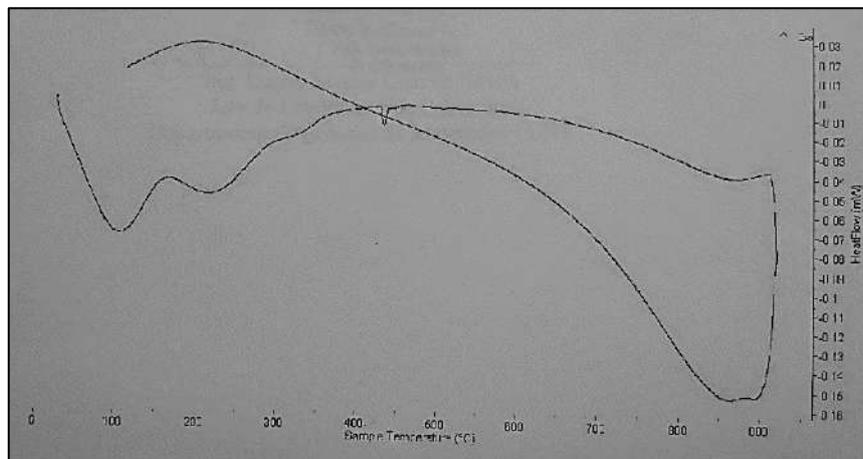


Figura 13: Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) de la Cáscara de Arroz.
Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera se da en un rango entre 80 y 120° C y la segunda se da entre 250 y 340° C, posteriormente la caída es gradual y lentamente, hasta llegar a perder un total de 53% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar dos picos endotérmicos en torno

a 100° C y 220° C y posteriormente se muestra un ligero pico de absorción térmica a 430° C que es una temperatura de cambio estructural y de las características del material.

La temperatura de calcinación de la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA) se determinó por medio de los siguientes resultados

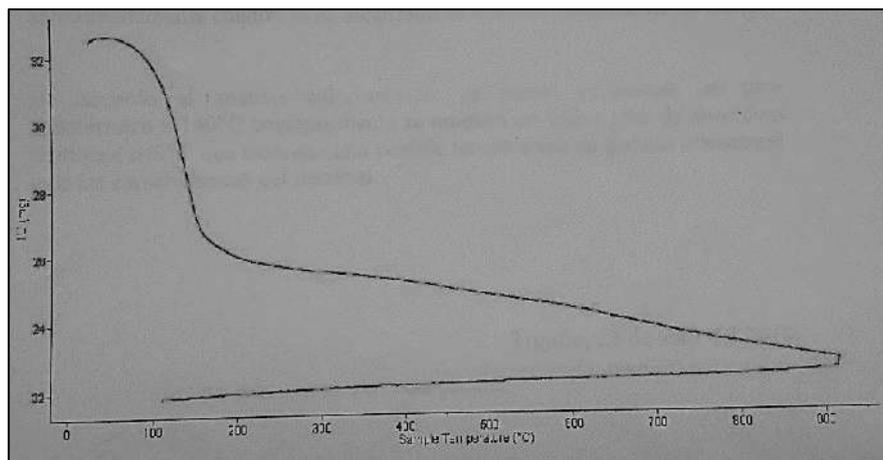


Figura 14: Análisis Termogravimétrico (TGA) de la CCA.

Fuente: Elaboración propia.

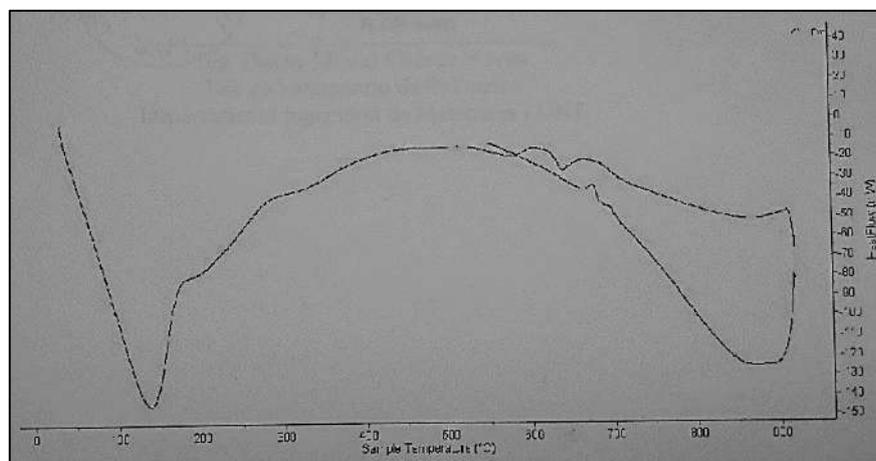


Figura 15: Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) de la CCA.

Fuente: Elaboración propia.

Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una significativa caída de la masa, se da en un rango entre 80 y 150° C, posteriormente la caída es gradual y lentamente, hasta llegar a perder un total de 29% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo. De acuerdo al análisis calorimétrico,

se puede evidenciar un pico endotérmico a 140° C posteriormente se muestra un ligero pico de absorción térmica a 640° C que marcaría una posible temperatura de cambio estructura y de las características del material.

Composición química

Según la Fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE), la composición química del PCH calcinado a 900° C por 3 horas, es la siguiente:

Tabla 12
Composición Química del PCH calcinado a 900° C

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	12.305	11.614
SiO ₂	1.436	1.355
K ₂ O	0.061	0.057
CaO	91.875	86.710
Cr ₂ O ₃	0.017	0.007
Fe ₂ O ₃	0.008	0.008
CuO	0.006	0.006
SrO	0.240	0.226
ZrO ₂	0.012	0.011
BaO	0.089	0.101
Total	105.857	100.000

Fuente: Elaboración propia.

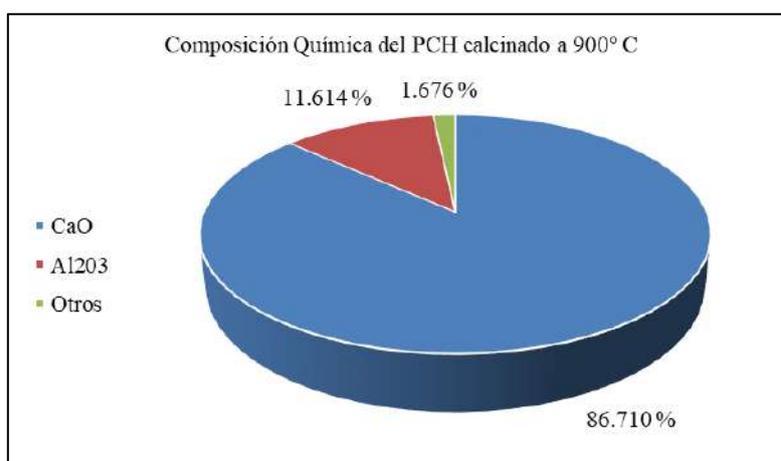


Figura 16: Compuestos principales del PCH calcinado a 900°C.

Fuente: Elaboración propia.

Según la Fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE), la composición química de la CCA calcinada a 640° C por 2 horas, es la siguiente:

Tabla 13

Composición Química de la CCA calcinada a 640° C

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	3.628	3.586
SiO ₂	90.433	89.378
SO ₂	0.487	0.482
ClO ₂	0.694	0.586
K ₂ O	4.054	4.007
CaO	1.301	1.285
TiO ₂	0.016	0.016
MnO	0.153	0.161
Fe ₂ O ₃	0.187	0.185
CuO	0.009	0.008
ZnO	0.019	0.019
SrO	0.240	0.226
Y ₂ O ₃	0.002	0.002
Total	101.180	100.000

Fuente: Elaboración propia.

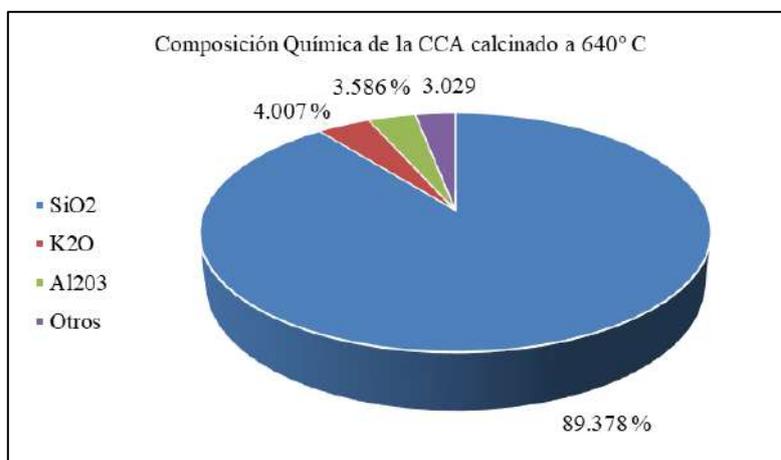


Figura 17: Compuestos principales de la CCA calcinada a 640°C.

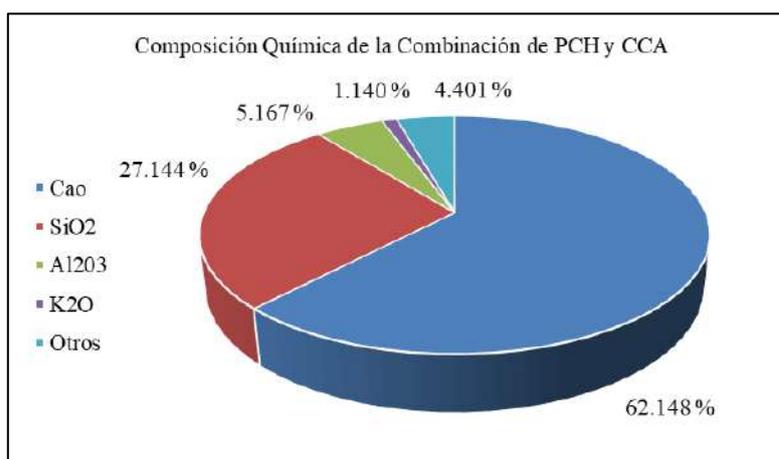
Fuente: Elaboración propia.

Según la Fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE), la composición química de la Combinación de PCH y CCA (75% PCH + 25% CCA) es la siguiente:

Tabla 14**Composición Química de la Combinación de PCH y CCA (75% PCH + 25% CCA)**

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	5.521	5.167
SiO ₂	29.002	27.144
P ₂ O ₅	3.246	3.038
SO ₂	0.758	0.710
ClO ₂	0.346	0.324
K ₂ O	1.218	1.140
CaO	66.401	62.148
TiO ₂	0.023	0.022
V ₂ O ₅	0.005	0.005
Cr ₂ O ₃	0.006	0.006
MnO	0.054	0.050
Fe ₂ O ₃	0.059	0.488
Ni ₂ O ₃	0.007	0.006
CuO	0.006	0.006
ZnO	0.011	0.011
As ₂ O ₃	0.003	0.002
SrO	0.165	0.155
Y ₂ O ₃	0.003	0.002
ZrO ₂	0.011	0.011
Total	106.844	100.000

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 18: Compuestos principales de la combinación de PCH y CCA.**

Fuente: Elaboración propia.

Potencial de hidrógeno (PH)

Se determinó en Potencial de Hidrógeno (PH) del Cemento Portland Tipo I (CPTI). También del Polvo de Cáscara de Huevo (PCH) y la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA) y de su combinación (75% PCH + 25% CCA), activados térmicamente. Además del CPTI sustituido en 10% y 20% por la combinación de PCH y CCA.

Tabla 15

PH del CPTI, PCH, CCA, Combinación de PCH y CCA, CPTI sustituido en 10% y 20%

Muestra	Item	PH
Cemento Portland Tipo I	CPTI	12.31
Polvo de Cáscara de Huevo	PCH	13.78
Ceniza de Cáscara de Arroz	CCA	9.87
Combinación de PCH y CCA	75% PCH + 25% CCA	13.51
CPTI sustituido en 10% por PCH y CCA	90% CPTI + 10% PCH y CCA	12.67
CPTI sustituido en 20% por PCH y CCA	80% CPTI + 20% PCH y CCA	14.09

Fuente: Elaboración propia.

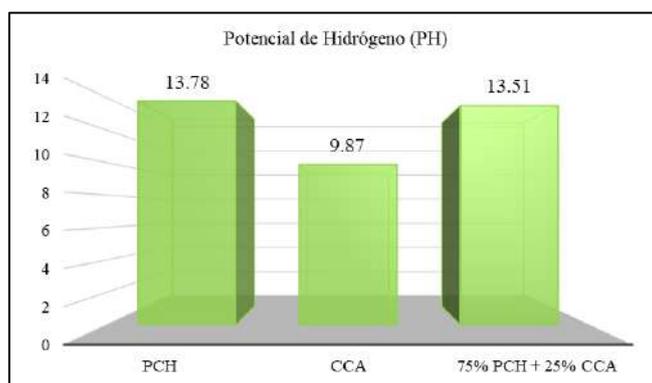


Figura 19: PH del PCH, CCA y la combinación de PCH y CCA.

Fuente: Elaboración propia.

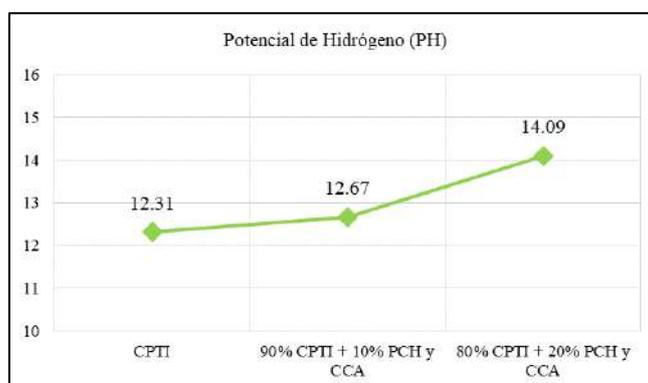


Figura 20: PH del CPTI y sustituido en 10% y 20% por la combinación de PCH y CCA.

Fuente: Elaboración propia.

Relación agua – cemento (A/C) y fluidez del mortero

Se determinó la Fluidez en el Mortero de Prueba utilizando Arena Gruesa Gradada para observar el cambio de fluidez con el Mortero Patrón utilizando Arena Gruesa Gradada Lavada. Además se realizó la fluidez en los Morteros Experimentales, sustituyendo el CPTI en 10% y 20% por PCH y CCA.

Tabla 16

Fluidez y A/C de las mezclas de Mortero

Mortero	Material	A/C	Fluidez (%)
Prueba (100% CPTI)	Arena Gruesa Gradada + CPTI + Agua	0.485	51.08
Patrón (100% CPTI)	Arena Gruesa Gradada Lavada + CPTI + Agua	0.485	53.79
Experimental (90% CPTI + 10% PCH y CCA)	Arena Gruesa Gradada Lavada + CPTI + PCH + CCA + Agua	0.512	55.02
Experimental (80% CPTI + 20% PCH y CCA)	Arena Gruesa Gradada Lavada + CPTI + PCH + CCA + Agua	0.532	51.57

Fuente: Elaboración propia.

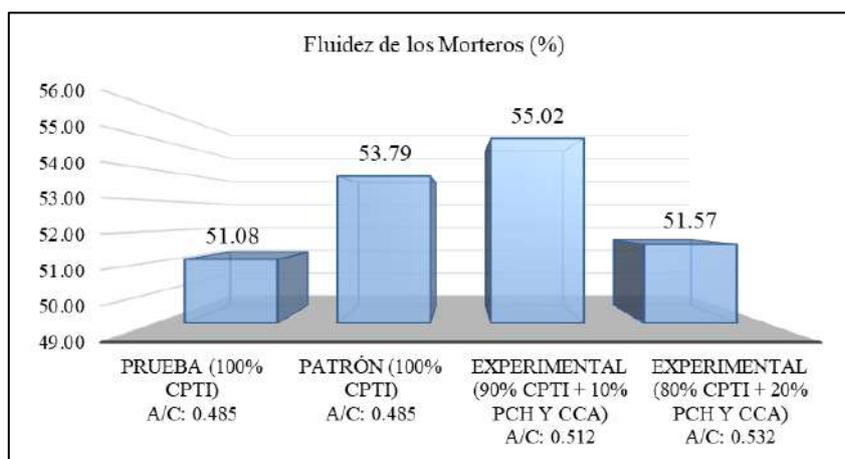


Figura 21: Fluidez de los Morteros según su A/C.

Fuente: Elaboración propia.

Permeabilidad

Se determinó la Permeabilidad en el Mortero de Prueba utilizando Arena Gruesa Gradada para observar el cambio en la Permeabilidad con el Mortero Patrón utilizando Arena Gruesa Gradada Lavada. Además se realizó la Permeabilidad en los Morteros Experimentales, sustituyendo el CPTI en 10% y 20% por PCH y CCA.

Tabla 17

Profundidad de Penetración en los cubos de mortero

Mortero	Cubo	Peso Seco (gr)	Peso Final (gr)	Profundidad Penetración Máxima (mm)	Profundidad Penetración Promedio (mm)
Prueba	P1" - 28D	275.8	284.6	8.50	8.00
	P2" - 28D	275.1	286.2	7.50	
Patrón	P1' - 28D	274.3	283.2	7.30	7.95
	P2' - 28D	276.8	286.1	8.60	
Experimental 10%	E 10% 1' - 28D	272.2	281.4	6.90	7.15
	E 10% 2' - 28D	273.4	282.3	7.40	
Experimental 20%	E 20% 1' - 28D	271.2	280.5	7.00	7.05
	E 20% 2' - 28D	271.4	281.1	7.10	

Fuente: Elaboración propia.

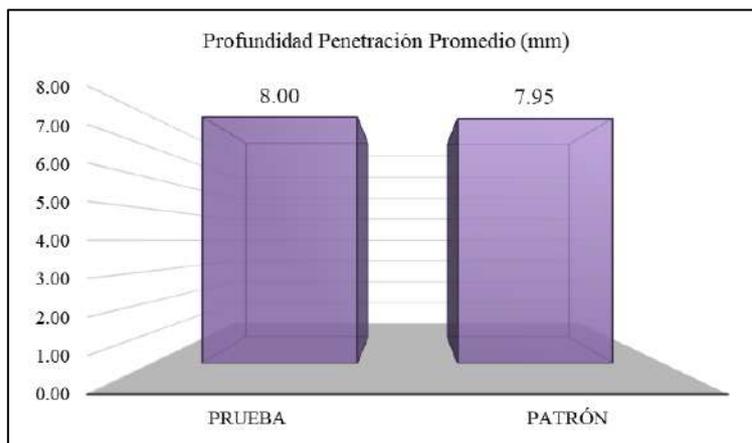


Figura 22: Profundidad de Penetración Promedio en el Mortero de Prueba y Patrón.

Fuente: Elaboración propia.

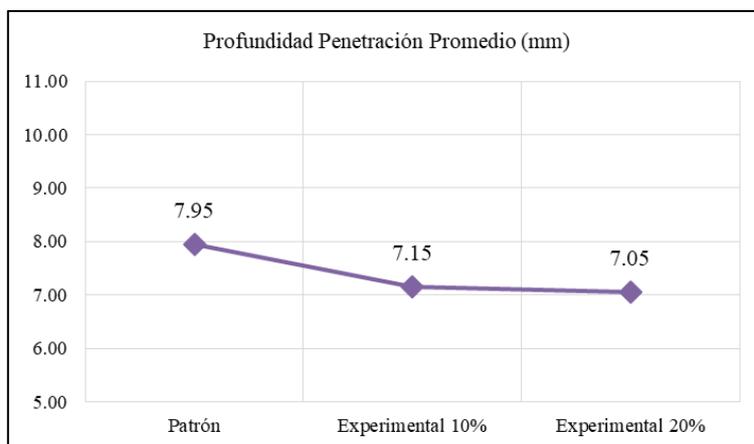


Figura 23: Profundidad de Penetración Promedio del Mortero Patrón y Experimental.

Fuente: Elaboración propia.

Para comprobar si existe una varianza significativa en los resultados de la Permeabilidad, se realizó la Prueba de Kruskal – Wallis, como se muestra a continuación:

Tabla 18
Permeabilidad de cubos de mortero con una sustitución de cemento por PCH y CCA a los 28 días de edad

Permeabilidad de Mortero con PCH y CCA		
Patrón	10%	20%
7,3	6,9	7,0
8,6	7,4	7,1

Fuente: Elaboración propia.

$$\text{Prueba de Kruskal-Wallis} \quad X^2= 2.00 \quad \text{gl}=2 \quad p=0.368$$

En la tabla 18 y después de calcular la prueba Kruskal-Wallis se puede visualizar que para la sustitución de un porcentaje de cemento por una combinación de PCH y CCA el $p\text{-value} < \alpha$ ($p=0.368$, $p>0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula (permeabilidad medias iguales), por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en mm logradas en los cubos de mortero, con sustitución de cemento por una combinación de PCH y CCA en 0%, 10%, y 20%, no son diferentes. Es decir no existe una diferencia significativa entre la permeabilidad del mortero.

Resistencia a la compresión

Se determinó la Permeabilidad en el Mortero de Prueba utilizando Arena Gruesa Gradada para observar el cambio en la Permeabilidad con el Mortero Patrón utilizando Arena Gruesa Gradada Lavada. Además se realizó la Permeabilidad en los Morteros Experimentales, sustituyendo el CPTI en 10% y 20% por PCH y CCA.

Tabla 19**Resistencia a la Compresión del Mortero Patrón, a los 3 días de edad**

Código	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Área (cm ²)	Variación de Área (%)	Carga (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Coefficiente de Variación (%)
P1 - 3D	299.90	311.56	25.40	1.56	54.7	220		
P2 - 3D	302.80	312.84	25.55	2.14	50.7	202		
P3 - 3D	299.60	313.56	26.34	5.08	54.1	209	204	7.24
P4 - 3D	299.30	318.19	26.35	5.11	55.9	216		
P5 - 3D	303.40	316.45	25.16	0.64	48.9	198		
P6 - 3D	300.70	319.25	26.52	5.72	46.6	179		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20**Resistencia a la Compresión del Mortero Patrón, a los 7 días de edad**

Código	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Área (cm ²)	Variación de Área (%)	Carga (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Coefficiente de Variación (%)
P1 - 7D	303.40	313.14	25.37	1.44	77.8	313		
P2 - 7D	307.10	312.16	25.82	3.17	79.7	315		
P3 - 7D	301.40	313.89	25.50	1.95	75.2	301	304	4.70
P4 - 7D	300.70	314.98	26.36	5.17	72.1	279		
P5 - 7D	306.50	312.67	25.26	1.01	78.4	317		
P6 - 7D	302.20	313.72	25.70	2.74	75.6	300		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21**Resistencia a la Compresión del Mortero Patrón, a los 28 días de edad**

Código	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Área (cm ²)	Variación de Área (%)	Carga (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Coefficiente de Variación (%)
P1 - 28D	311.50	316.95	26.96	7.26	107.7	407		
P2 - 28D	310.10	315.65	26.78	6.64	98.7	376		
P3 - 28D	308.90	314.43	26.90	7.07	96.9	367	385	4.32
P4 - 28D	320.10	325.86	27.23	8.19	107.6	403		
P5 - 28D	316.20	321.90	26.92	7.12	98.1	372		
P6 - 28D	311.50	319.99	26.81	6.75	101.3	385		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22**Resistencia a la Compresión del Mortero Experimental sustituyendo el CPTI por 10% de PCH y CCA, a los 3 días de edad**

Código	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Área (cm ²)	Va. de Área (%)	Carga (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Coef. de Variación (%)
E 10% 1 - 3D	307.70	313.52	25.41	1.62	52.6	211		
E 10% 2 - 3D	307.70	311.34	25.47	1.85	55.1	221		
E 10% 3 - 3D	304.70	312.36	26.14	4.37	56.3	220	216	2.50
E 10% 4 - 3D	306.30	314.79	26.16	4.45	53.7	209		
E 10% 5 - 3D	308.20	315.65	25.21	0.81	52.3	212		
E 10% 6 - 3D	305.90	313.85	25.35	1.37	54.6	220		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23**Resistencia a la Compresión del Mortero Experimental sustituyendo el CPTI por 10% de PCH y CCA, a los 7 días de edad**

Código	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Área (cm ²)	Va. de Área (%)	Carga (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Coef. de Variación (%)
E 10% 1 - 7D	308.40	311.79	25.31	1.23	78.4	316		
E 10% 2 - 7D	310.80	312.58	25.12	0.48	82.7	336		
E 10% 3 - 7D	310.60	313.37	26.49	5.63	83.2	320	325	2.46
E 10% 4 - 7D	309.90	312.21	26.31	4.97	85.9	333		
E 10% 5 - 7D	310.20	313.25	25.96	3.71	81.5	320		
E 10% 6 - 7D	308.60	311.98	26.24	4.73	83.0	323		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24**Resistencia a la Compresión del Mortero Experimental sustituyendo el CPTI por 10% de PCH y CCA, a los 28 días de edad**

Código	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Área (cm ²)	Va. de Área (%)	Carga (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Coef. de Variación (%)
E 10% 1 - 28D	309.60	314.44	26.63	6.11	101.0	387		
E 10% 2 - 28D	309.80	314.84	26.68	6.30	105.0	401		
E 10% 3 - 28D	310.50	315.66	26.76	6.57	102.8	392	388	1.92
E 10% 4 - 28D	308.30	313.54	26.70	6.35	100.2	383		
E 10% 5 - 28D	311.00	316.44	26.76	6.57	101.2	386		
E 10% 6 - 28D	309.90	315.56	26.67	6.26	99.5	380		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25

Resistencia a la Compresión del Mortero Experimental sustituyendo el CPTI por 20% de PCH y CCA, a los 3 días de edad

Código	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Área (cm ²)	Va. de Área (%)	Carga (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Coef. de Variación (%)
E 20% 1 - 3D	315.70	315.85	25.78	3.03	65.2	258		
E 20% 2 - 3D	312.10	313.34	25.86	3.32	62.7	247		
E 20% 3 - 3D	311.40	311.92	26.13	4.31	62.4	244	253	4.42
E 20% 4 - 3D	310.00	324.43	26.27	4.82	70.2	273		
E 20% 5 - 3D	312.90	316.18	25.86	3.31	63.9	252		
E 20% 6 - 3D	313.00	321.05	25.29	1.13	60.5	244		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26

Resistencia a la Compresión del Mortero Experimental sustituyendo el CPTI por 20% de PCH y CCA, a los 7 días de edad

Código	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Área (cm ²)	Va. de Área (%)	Carga (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Coef. de Variación (%)
E 20% 1 - 7D	299.80	314.65	26.84	6.87	89.0	338		
E 20% 2 - 7D	298.30	312.44	26.81	6.76	92.8	353		
E 20% 3 - 7D	296.70	312.72	26.86	6.91	88.2	335	353	4.95
E 20% 4 - 7D	295.50	319.31	26.89	7.03	100.6	381		
E 20% 5 - 7D	298.30	317.15	26.93	7.16	96.4	365		
E 20% 6 - 7D	293.70	320.05	26.92	7.13	91.4	346		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27

Resistencia a la Compresión del Mortero Experimental sustituyendo el CPTI por 20% de PCH y CCA, a los 28 días de edad

Código	Peso Inicial (gr)	Peso Final (gr)	Área (cm ²)	Va. de Área (%)	Carga (KN)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Coef. de Variación (%)
E 20% 1 - 28D	309.80	315.48	26.63	6.13	104.9	402		
E 20% 2 - 28D	311.90	317.48	26.66	6.24	105.1	402		
E 20% 3 - 28D	308.90	314.60	26.72	6.44	100.6	384	403	3.69
E 20% 4 - 28D	304.80	310.29	26.64	6.15	109.8	420		
E 20% 5 - 28D	309.70	315.15	26.74	6.50	101.9	389		
E 20% 6 - 28D	310.60	316.40	26.67	6.28	109.6	419		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28

Resistencia Promedio de los cubos de mortero

Mortero	Edad	Resistencia Promedio (kg/cm ²)	Coefficiente de Variación (%)	Variación de la Resistencia (%)
Patrón	3	204	7.24	-
	7	304	4.70	-
	28	385	4.32	-
Experimental 10%	3	216	2.50	5.56
	7	325	2.46	6.46
	28	388	1.92	0.77
Experimental 20%	3	253	4.42	19.37
	7	353	4.95	13.88
	28	403	3.69	4.47

Fuente: Elaboración propia.

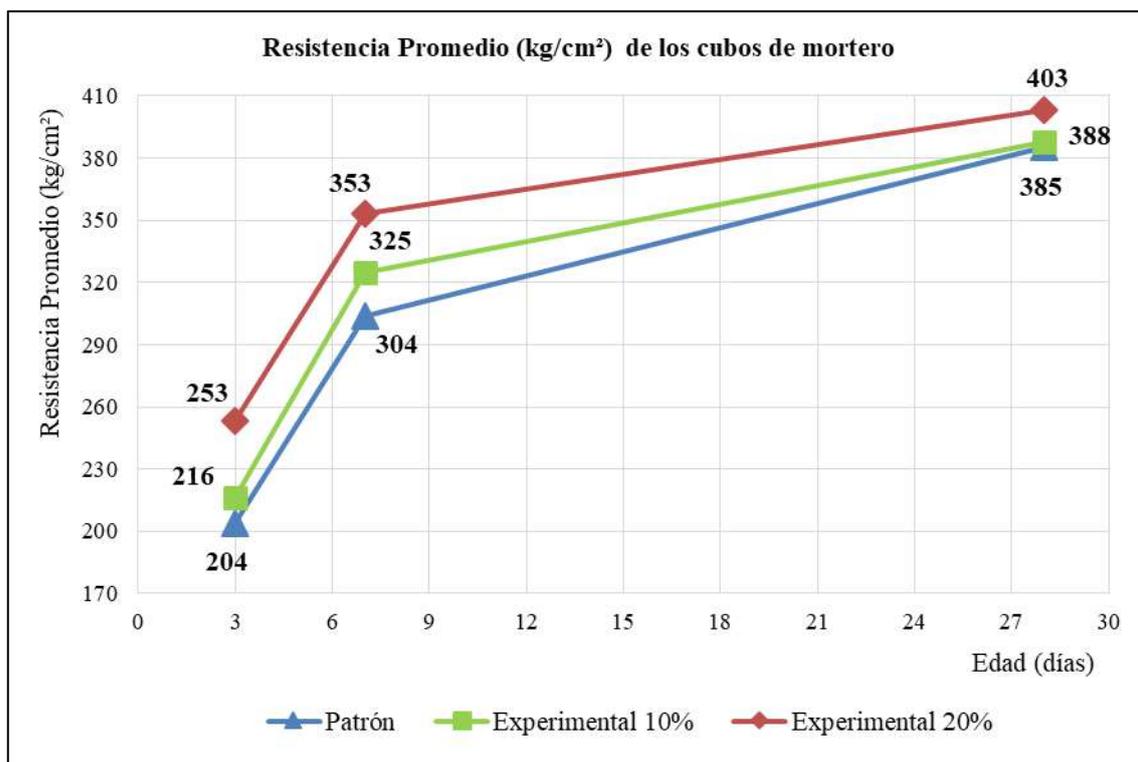


Figura 24: Resistencia Promedio de los Cubos de Mortero.

Fuente: Elaboración propia.

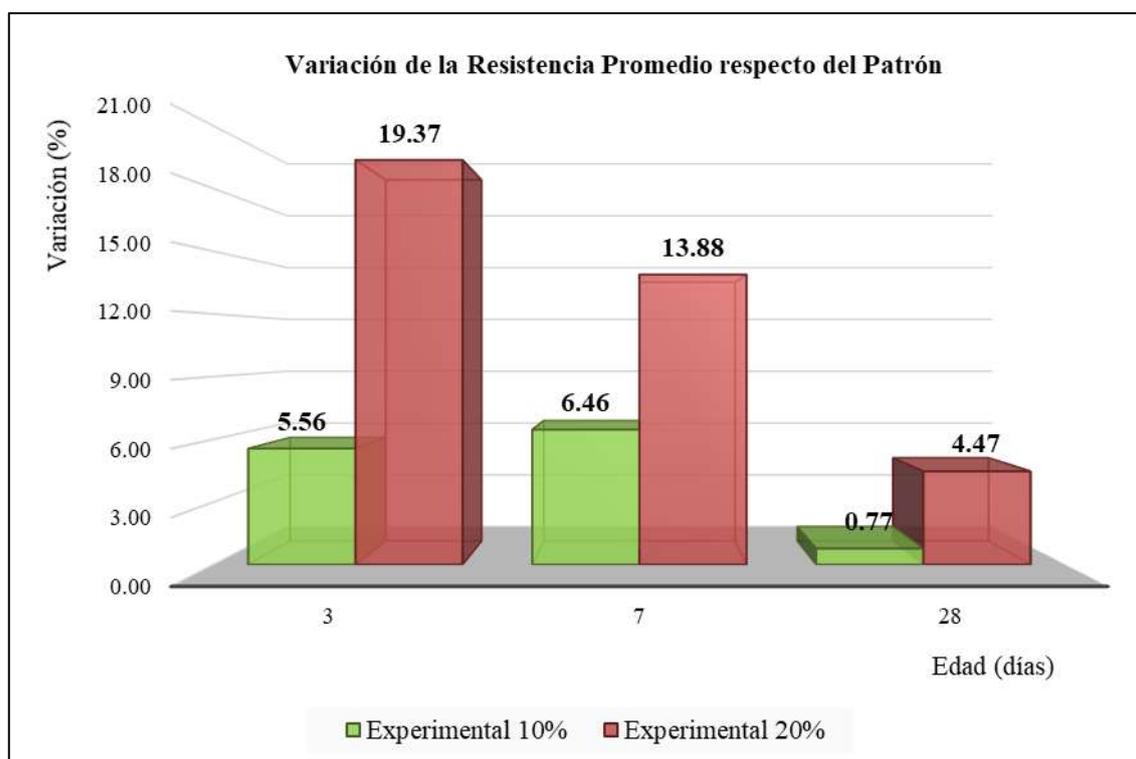


Figura 25: Variación de la Resistencia Promedio, respecto del Mortero Patrón.

Fuente: Elaboración propia.

Para comprobar si existe una varianza significativa en los resultados de la Resistencia a la Compresión, se realizó un Análisis de varianza (ANOVA), como se muestra a continuación:

Tabla 29

Resistencias a la compresión de cubos de mortero con sustitución de cemento por una combinación de PCH y CCA, según días de curado

Días de curado	Resistencia a la Compresión de mortero con (PCH) y (CCA) según días de curado		
	Patrón	10%	20%
3	204,0	216,0	253,0
7	304,0	325,0	353,0
28	385,0	388,0	403,0

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 29 se puede apreciar que las resistencias a la compresión de los cubos de mortero son mayores a los 28 días de curado y menores resistencias de presenta a los 3 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad con Shapiro – Wilk (con un $p > 0.05$ para cada caso) y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene ($p = 0.974$ y $p > 0.05$) de las resistencias medias obtenidas en los cubos de mortero para cada tratamiento (sustitución de cemento por una combinación de polvo de cascar de huevo (PCH) y ceniza de cascara de arroz (CCA)) se procedió a realizar la prueba ANOVA.

Tabla 30

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

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
PCH y CCA	2,350,222	2	1,175,111	13,464	,017
Días de curado	42,902,889	2	21,451,444	245,784	,000
Error	349,111	4	87,278		
Total	45,602,222	8			

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 30 se puede visualizar que para la sustitución de cemento el $p\text{-value} < \alpha$ ($p = 0.017$, $p < 0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula (resistencias medias iguales).

Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm^2 logradas en los cubos de mortero, con sustitución del cemento por PCH y CCA en 0%, 10%, y 20%, son diferentes. Es decir existe una diferencia significativa entre las resistencias medias del mortero.

También se tienen que para los días de curado $p\text{-value} < \alpha$ ($p = 0.000$, $p < 0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de los cubos de mortero son diferentes a consecuencia de los días de curado.

Tabla 31

Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencias medias de los cubos de mortero es diferente

Porcentaje PCH y CCA	Subconjunto para alfa = 0,05	
	1	2
0%	297,667	
10%	309,667	
20%		336,333

Fuente: Elaboración propia.

20% de PCH y CCA 336,333 a

10% de PCH y CCA 309,667 b

0% de PCH y CCA 297,667 b

En la tabla 31 después de realizar la prueba de Duncan podemos apreciar que los cubos de mortero que tienen mayor resistencia a la compresión es la que no se sustituye el cemento por un 20% de PCH y CCA; y tienen menor resistencia a la compresión cuando se sustituye el cemento por la combinación de PCH y CCA en 10% y 0%.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Temperatura de calcinación

La temperatura de calcinación del Polvo de Cáscara de Huevo (PCH), resultó ser de 900° C, la cual es cercana a las encontradas en los antecedentes, en donde Terrones y Vargas (2017), obtuvieron una temperatura de calcinación del PCH de 920° C, y Saldaña (2017) obteniendo una temperatura de calcinación de 910° C. Por lo tanto se pudo observar una leve variación respecto a los antecedentes en la temperatura de calcinación, siendo de 20° C y 10° C, lo cual se debió al lavado minucioso que se le dio a las cáscaras de huevo para esta investigación.

La temperatura de calcinación de la Cáscara de Arroz en estado natural, resultó ser de 430° C. la cual coincide exactamente con Saldaña (2017), donde también se obtuvo una temperatura de calcinación de 430° C. Sin embargo la pérdida de masa por calcinación es muy elevada (53%), por lo que no es viable calcinar en la mufla la cáscara de arroz. Por otro lado, Salas, Castillo, Sanchez y Veras (1986), concluyeron que el rango en el cual la Ceniza de Cáscara de Arroz, mantiene su forma amorfa es de 450° C a 700° C, y que la temperatura adecuada para obtener una mayor cantidad de óxido de silicio es a partir de los 450° C, con lo cual se deduce que la temperatura hallada en esta investigación (430° C), no es adecuada. Además al calcinar la cáscara de arroz en estado natural en la mufla, no se elimina completamente el dióxido de carbono de la cáscara de arroz, lo cual resultaría en una composición química no ideal.

La temperatura de calcinación de la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA) es de 640° C, la cual está dentro del rango de 450° C a 700° C proporcionado por Salas, Castillo, Sanchez y Veras (1986), con lo cual se garantizó que las partículas de la CCA sean amorfas (no se transformaron en cristalinas). Por otro lado la reducción de masa por calcinación de la CCA resultó ser un 29% de su masa inicial, la cual es mucho menor que la resultante de la Cáscara de arroz en estado natural (53%). Y además esta CCA al ser previamente calcinada en olla de barro, se aseguró la casi total pérdida de dióxido de carbono.

Composición química

Según la Fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE), en la composición química de la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA) calcinada a 640° C por 2 horas, se encontró un 90.433% de SiO₂ según su % de masa. Mientras que Salas, Castillo, Sanchez, y Veras (1986), encontraron 85.88% de SiO₂ en la CCA calcinada a 450° C por dos horas y 87.72% de SiO₂ en la CCA a 850° por dos horas, y Saldaña (2017), 76.006% de SiO₂ según su % de masa en la CCA calcinada a 430° C por dos horas. El incremento en SiO₂ en la CCA analizada en esta investigación, se debe a la minuciosa limpieza y extracción de residuos, así como la temperatura de calcinación dentro del rango de 430° C a 700° C, manteniendo su forma amorfa. Por otro lado se encontró 4.054% K₂O según su % de masa en la CCA, mientras que Saldaña (2017), tan solo un 2.624% de K₂O según su % de masa. Este incremento en el K₂O se debe al mayor uso de pesticidas, debido a la aparición de plagas producto de las lluvias torrenciales en el norte del país. Se deduce que este elemento dañino no afectará al mortero, puesto que su presencia es demasiado baja.

Según la Fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE), en la composición química del Polvo de Cáscara de Huevo (PCH) calcinado a 900° C por 3 horas, se encontró un 91.875% de CaO según su % de masa. Mientras que Yerramala (2014), encontró 52.10% de CaO en el PCH, y Saldaña (2017), 68.342% de CaO según su % de masa en el PCH calcinado a 900° C por dos horas. El incremento en CaO en el PCH analizado en esta investigación, se debe al minucioso lavado y extracción de las membranas de las cáscaras de huevo, así como también el incremento de una hora a la temperatura de calcinación del PCH.

Según la Fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE), en la composición química de la Combinación de PCH y CCA (75% PCH + 25% CCA), se encontró 62.148% de CaO y 27.144% de SiO₂ según sus % normalizados. Mientras que Saldaña (2017), en la combinación de PCH y CCA (70% PCH + 30% CCA) encontró 56.445% de CaO y 29.290% de SiO₂ según sus % normalizados. Por otro lado Yerramala (2014), afirma que la composición química del Cemento Portland Tipo I (CPTI) posee 60.10% de CaO y 21.80% de SiO₂. Demostrándose así que la

Combinación de PCH y CCA elaborada en esta investigación es más parecida al CPTI que la propuesta por Saldaña (2017). Además se encontró 1.140% de K_2O según su % normalizado, producto de la CCA, la cual posee 4.054% de K_2O según su % de masa; previendo así que disminuya su % que al ser mezclados la combinación de PCH y CCA con el CPTI.

Potencial de hidrógeno (PH)

Se determinó que el CPTI posee un PH de 12.31, y mientras que el CPTI sustituido al 10% por PCH y CCA resultó poseer un PH de 12.67, y del CPTI sustituido al 20% por PCH y CCA resultó poseer un PH de 14.09. Según Saldaña (2017), la combinación de PCH y CCA logró incrementar el PH en el suelo de 7.88 a 11.52, de 7.51 a 10.54, y de 7.48 a 11.28. De esta manera se pudo demostrar que la combinación de PCH y CCA tiene la capacidad de incrementar el PH del CPTI de Moderadamente Alcalino a Muy Alcalino.

Relación agua – cemento (A/C) y fluidez del mortero

Se pudo observar que la fluidez en el Mortero de Prueba (Utilizando Arena Gruesa Gradada sin lavar) es ligeramente menor a la fluidez del Mortero Patrón (Utilizando Arena Gruesa Gradada Lavada), siendo este cambio de 51.08 a 53.79. Tal incremento de fluidez, se debe a la disminución de finos en la Arena debido a su lavado meticuloso.

Por otro lado, Meenakshi et al. (2016), concluyeron que el PCH aumentó la consistencia del concreto, sin embargo en esta investigación se comprobó que el PCH en combinación con la CCA, disminuyeron la consistencia, es decir incremento la cantidad de agua necesaria para lograr la consistencia del mortero patrón.

De esta manera la A/C en los Morteros Experimentales es de 0.512 y 0.532, resultaron mayores a la del Mortero Patrón de 0.485. Con lo que se deduce que la combinación de PCH y CCA, absorben ligeramente más agua que el CPTI. Esta absorción de agua se debe a la forma amorfa de la CCA y también a la finura que posee la combinación, ya que se tamizó por el tamiz N° 200, mientras que el cemento industrial, se fabrica con una finura pasante al Tamiz N° 325.

Permeabilidad

Según la Profundidad de Penetración Promedio en el Mortero de Prueba (8.00 mm) y la del Mortero Patrón (7.95), se deduce que el lavado de la Arena Gruesa, no afecta en gran medida las características del Mortero endurecido. Por otro lado se pudo observar que la Profundidad de Penetración Promedio en el Mortero Experimental, disminuyó respecto del Mortero Patrón, demostrando así que la combinación de PCH y CCA puede impermeabilizar el mortero endurecido.

Resistencia a la compresión

Se conoce que, Meenakshi et al. (2016), concluyeron que el PCH aumentó la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción dividida del hormigón convencional. Mientras Loayza, (2014), concluyó que la ceniza de la cascara de arroz (CCA) tiene la capacidad de mejorar la propiedad de resistencia a la compresión del concreto. Dando así como indicio que el uso de PCH y CCA pueden aumentar la resistencia a la compresión.

Por consiguiente en esta investigación, la Resistencia Promedio a los 3 días de edad, se pudo observar que el Mortero Experimental al 10% con 216 kg/cm² y el Mortero Experimental al 20% con 253 kg/cm², superan al Mortero Patrón con 204 kg/cm². También en la Resistencia Promedio a los 7 días de edad, se pudo observar que el Mortero Experimental al 10% con 325 kg/cm² y el Mortero Experimental al 20% con 353 kg/cm², superan al Mortero Patrón con 304 kg/cm². Y en la Resistencia Promedio a los 28 días de edad, se pudo observar que el Mortero Experimental al 10% con 388 kg/cm² y el Mortero Experimental al 20% con 403 kg/cm², superan al Mortero Patrón con 385 kg/cm².

Es así que se puede afirmar que a mayor porcentaje de sustitución, mayor será la resistencia a la compresión. También se observó que hubo un gran incremento en la resistencia inicial de los morteros experimentales. Además se observó que a los 28 días de edad la resistencia a la compresión en los morteros experimentales, son similares a la del mortero patrón. Con lo cual la combinación de PCH y CCA se actúa como un conglomerante de alta resistencia inicial.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

La temperatura de calcinación del PCH para transformarse en óxidos es de 900° C, con pérdida de masa de 45%, y de la CCA es de 640° C, con pérdida de masa de 29%.

El PCH contiene 91.875% de CaO, mientras que la CCA tiene 90.433% de SiO₂. Y la combinación (75% PCH + 25% CCA), posee 29.002% de SiO₂ y 66.401% de CaO.

El Potencial de Hidrógeno del PCH es 13.78, en la CCA es 9.87, en la combinación (75% PCH + 25% CCA) es 13.51, y en el CPTI sustituido al 10% y 20% es 12.67 y 14.09 respectivamente, superando al del CPTI de 12.31.

La A/C en el Mortero Patrón fue 0.485, y en el Experimental sustituyendo el CPTI al 10% y 20% fue 0.512 y 0.532 respectivamente.

La Profundidad de Penetración del Mortero Patrón resultó 7.95 mm, y del Experimental sustituyendo el CPTI al 10% y 20% resultó 7.15 mm y 7.05 mm respectivamente, comprobándose que la combinación puede impermeabilizar levemente al mortero.

La Resistencia a la Compresión a los 28 días del Mortero Patrón resultó 385 kg/cm², y del Experimental sustituyendo el CPTI al 10% y 20% resultó 388 kg/cm² y 403 kg/cm² respectivamente, superando al Patrón en 0.77% y 4.47% respectivamente, concluyendo que la combinación incrementa ligeramente la resistencia.

Recomendaciones:

Calcinar la CCA a partir de 450° C para asegurar su transformación en óxidos, y menores a 700° C para mantener amorfa sus partículas. Y el PCH arriba de 900° C para asegurar su completa transformación en cal viva.

Experimentar con sustituciones de la combinación de PCH y CCA superiores al 20%, para determinar el cambio en la Resistencia a la Compresión y la Permeabilidad.

Experimentar los especímenes de mortero a 60 y 90 días de edad, para determinar el cambio en la Resistencia a la Compresión y la Permeabilidad en el paso del tiempo.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society for Testing and Materials ASTM International. (2005). *ASTM C109 Método Normalizado de Ensayo de Resistencia a Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Utilizando Especímenes Cúbicos de 2 in. O [50-mm])*. Recuperado de: <https://www.astm.org/>
- American Society for Testing and Materials ASTM International. (2006). *ASTM C305 Standard Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency*. Recuperado de: <https://www.astm.org/>
- Asociación Española de normalización AENOR. (2009). *UNE 83309-1990 Profundidad de penetración de agua bajo presión*. Recuperado de: <https://www.une.org/>
- Cabello, D. (2017). *Resistencia térmica y mecánica en mortero con sustitución del 30% de cemento por una combinación de arcilla y cáscara de arroz* (Tesis para optar título). Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.
- Cepero, R. (2002). Producción de huevos: Situación actual y nueva normativa comunitaria. *Lecciones sobre el huevo*, 1(1), pp. 9.
- Chur, G. (2010). *Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería* (Trabajo de graduación). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Gowsika, D., Sarankokila, S., & Sargunan, K. (2014). Experimental Investigation of Egg Shell Powder as Partial Replacement with Cement in Concrete. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 14(2), pp. 68.
- Guevara, G., Hidalgo, C., Pizarro, M., Rodríguez, I., Rojas, L. y Segura, G. (2011). Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. *Tecnología en Marcha*, 25(2), pp. 81.
- Instituto de Estudios del Huevo (2003). *El Libro del Huevo*. Madrid, España: Editorial Everest, S.A.

- Instituto de Estudios del Huevo (2009). *El Gran Libro del Huevo*. Madrid, España: Editorial Everest, S.A.
- Instituto Nacional de Calidad INACAL. (1998). *NTP 334.051 CEMENTOS. Método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de Cemento Portland cubos de 50 mm de lado. Requisitos*. Recuperado de: <http://www.inacal.gob.pe/principal/categoria/ntp>
- Instituto Nacional de Calidad INACAL. (2005). *NTP 334.009 CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos*. Recuperado de: <http://www.inacal.gob.pe/principal/categoria/ntp>
- Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria INIA. (2013). *Valorización del residuo obtenido de la quema de la cáscara de arroz*. Recuperado de: http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/fpta%2045_2013.pdf
- Instituto Nacional de Normalización INN. (1997). *NCh2262.Of97 Hormigón y mortero – Métodos de ensayo – Determinación de la impermeabilidad al agua – Método de la penetración de agua bajo presión*. Recuperado de: <http://www.inn.cl/>
- Loayza, P. (2014). *Efecto la ceniza de cáscara de arroz sobre la resistencia a la compresión del concreto normal* (Tesis para optar título). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Meenakshi D., Anil M., Ankit M., Chhinder P., & Kirti S. (2016). Effect of Using Egg Shell Powder and Micro silica partially in Place of Cement in M25 Concrete. *SSRG International Journal of Civil Engineering*, 3(5), pp. 281.
- Ministerio de Agricultura y Riego MINAGRI. (2017). *Boletín Estadístico de Mensual de la Producción y Comercialización Avícola*. Recuperado de: <http://www.minagri.gob.pe/portal/>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC. (2001). *MTC E 609 – 2000 Compresión de morteros de cemento hidráulico (Cubos de 50.8 mm)*. Recuperado de:

http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/EM-2000/index.htm

Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC. (2001). *MTC E 617 – 2000 Fluides de morteros de cemento hidráulico (mesa de flujo)*. Recuperado de: http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/EM-2000/index.htm

Mtallib, M. & Rabiou, A. (2009). Effects of eggshells ash (ESA) on the setting time of cement. *Nigerian Journal of Technology*, 28(2), pp. 36.

Okonkwo, U., Odiong, I., & Akpabio, E. (2012). The effects of eggshell ash on strength properties of cement – stabilized lateritic. *International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology*, 3(1), pp. 23 – 24.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2015). *El huevo en cifras*. Recuperado de: <http://www.fao.org/assets/infographics/FAO-Infographic-egg-facts-es.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (2018). *Seguimiento del Mercado del Arroz de la FAO*. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/I9243ES/i9243es.pdf>

Prada, A. y Cortés, C. (2010). La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. *Orinoquia*, 14(1), pp. 156.

Ranjith, R., Mahendran, R., Gokul, S., Sathya, D., & ThamaraiKannan, K. (2017). An experimental study on concrete using coconut shell ash and egg shell powder. *South Asian Journal of Engineering and Technology*, 3(7), pp. 161.

Reglamento Nacional de Edificaciones RNE. (2016). *E 0.70 Albañilería*. Recuperado de: <http://www.vivienda.gob.pe/>

Ríos, M. (2017). *Evaluación de la resistencia del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con adición de cascara de huevo* (Tesis para optar título). Universidad San Pedro, Huaraz, Perú.

- Salamanca, R. (2001). La tecnología de los morteros. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 3(11), pp. 42 – 46.
- Salas, J., Castillo, P., Sanchez, I., y Veras, J. (1986). Empleo de cenizas de cascara de arroz como adiciones en morteros. *Materiales de Construcción*, 36(203), pp. 27.
- Saldaña, J. (2017). *Capacidad de Soporte del Suelo al adicionar 10 % de Cenizas de Cáscara de Huevo y Cáscara de Arroz en la trocha Chepén – Chaparral, La Libertad* (Tesis de pregrado). Universidad San Pedro, Chimbote, Perú.
- Sampieri, R. (2010). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill.
- Sanjuán, M., y Chinchón, J. (2014). *Introducción a la Fabricación y Normalización del Cemento Portland*. Alicante, España: Unión de Editoriales Universitarias Españolas.
- Terrones, J. y Vargas, P. (2017). *Estudio de las propiedades mecánicas de compresión, tracción e impacto de un material compuesto extruido de polietileno de alta densidad modificado con relleno de CaO a base de cascarilla de huevo* (Tesis para optar título). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Valverde, A., Sarria, B. y Monteagudo, J. (2007). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz. *Scientia et Technica*, 8(37), pp. 258.
- Villegas, C. (2012). *Utilización de puzolanas naturales en la elaboración de prefabricados con base cementicia destinados a la construcción de viviendas de bajo costo* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Wasif, N. (2012). Influences of Fly-Ash and Eggshell Powder on Some of Engineering Properties of Al-Umara Soil. *Journal of Engineering and Development*, 16(2), pp. 218.
- Yerramala, A. (Octubre 2014). Properties of concrete with eggshell powder as cement replacement. *The Indian Concrete Journal*, 88(10), pp. 101 – 102.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios, por bendecirme y cuidarme a lo largo de mi vida, permitiéndome completar mi formación académica con buena salud para poder empezar a desarrollarme como futuro profesional.

A mi madre, por ser mi guía y encaminarme por el sendero correcto en todos los aspectos de mi formación, inculcando valores y educación en el hogar, que han sido la base para ser la persona que hoy en día soy.

A mi familia, por ser parte importante en mi vida y mi motivación para sobresalir como estudiante, y por brindarme su apoyo dentro y fuera de mi formación académica.

ANEXOS Y APÉNDICE

ANEXO N° 1: PANEL FOTOGRÁFICO



Foto N° 1: Gradación de la Arena gruesa.



Foto N° 2: Lavado de la arena gruesa gradada.



Foto N° 3: Secado al sol de la arena retenida en el tamiz N° 08.



Foto N° 4: Arena Gradada Lavada / Arena Gradada (Retenido en el tamiz N° 08).



Foto N° 5: Arena Gradada Lavada del retenido en el tamiz N° 08 al pasante del tamiz N° 200.



Foto N° 6: Lavado de la Cáscara de Huevo.



Foto N° 7: Molienda de la Cáscara de Huevo.

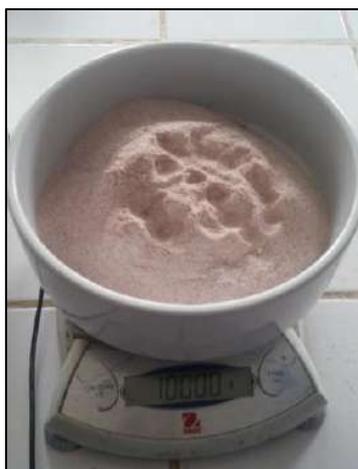


Foto N° 8: Polvo Cáscara de Huevo.



Foto N° 9: Activación térmica del Polvo Cáscara de Huevo.



Foto N° 10: Tamizado por la malla N° 200 del PCH activado térmicamente.



Foto N° 11: PCH activado térmicamente y tamizado por el tamiz N° 200.



Foto N° 12: Calcinación de la Cáscara de Arroz en Olla de barro.



Foto N° 13: Molienda de la Ceniza de Cáscara de Arroz.



Foto N° 14: Activación térmica de la Ceniza de Cáscara de Arroz.



Foto N° 15: CCA activada térmicamente, tamizada y almacenada.



Foto N° 16: Cuarteo de los materiales.



Foto N° 17: Preparación de la mezcla de mortero.



Foto N° 18: Ensayo de Fluidez.



Foto N° 19: Cubos de mortero fresco.



Foto N° 20: Desencofrado de los Cubos de mortero.



Foto N° 21: Cubos de mortero.



Foto N° 22: Curado de los cubos de mortero.



Foto N° 23: Compresión de cubos de mortero.



Foto N° 24: Secado al horno de los Cubos de mortero para ensayo de Permeabilidad.



Foto N° 25: Cubos de mortero secos al horno.



Foto N° 26: Fijación de cubos de mortero para ensayo de Permeabilidad.



Foto N° 27: Cubos de mortero sometidos a la presión de agua.



Foto N° 28: Medición de la penetración de agua en los cubos ensayados por permeabilidad.

ANEXO N° 2: INFORMES DE LOS RESULTADOS



Trujillo, 23 de abril del 2018

INFORME N° 110 - ABR-18

Solicitante: Saldaña Cabanillas Juan – Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Cáscara de huevo (1.5 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CH-110AB	58.1 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

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

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 970 °C.
- Masa de muestra analizada: 58.1 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa



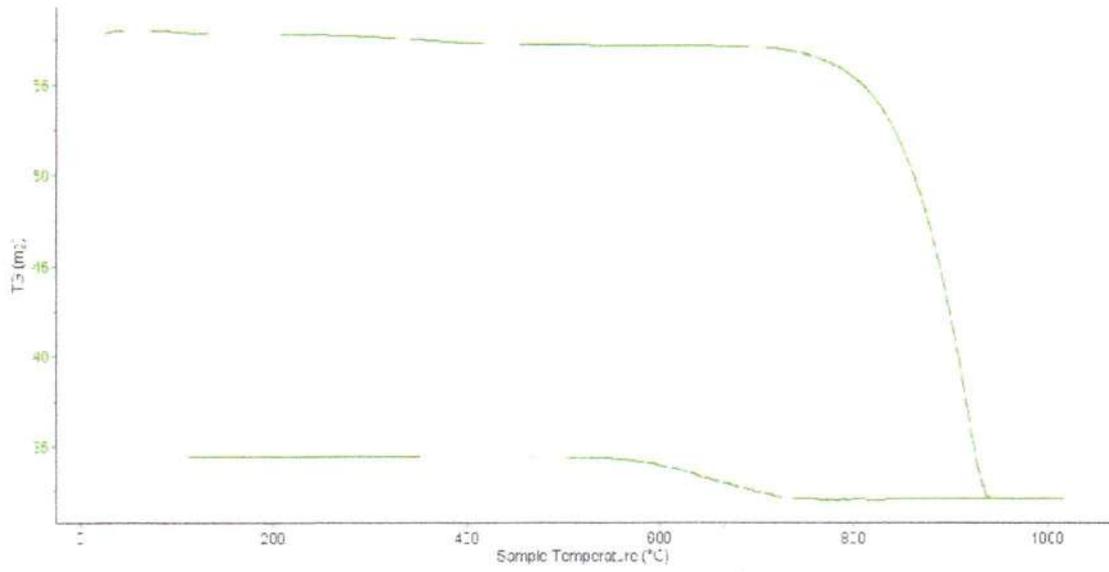


Trujillo, 23 de abril del 2018

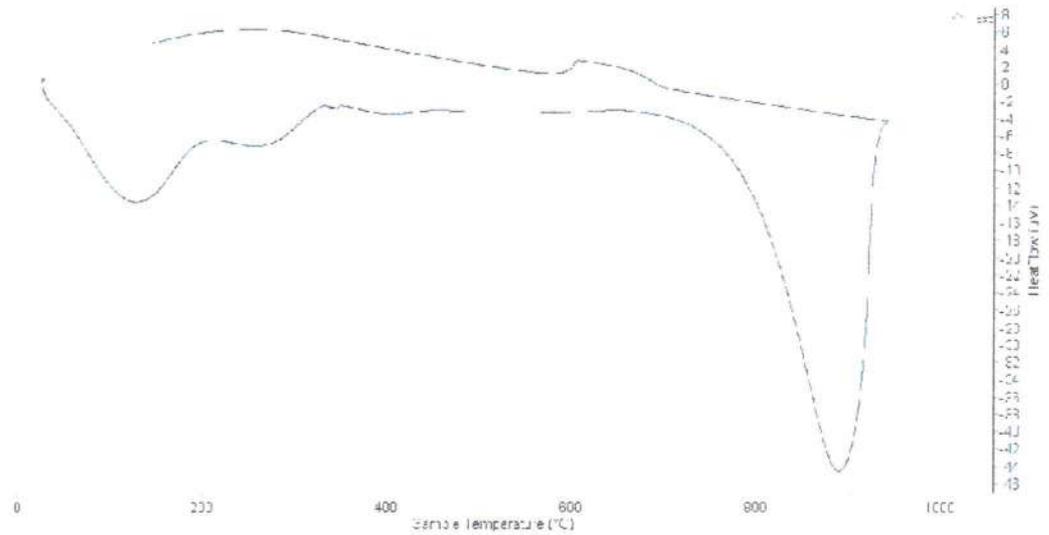
INFORME N° 110 - ABR-18

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica DSC



[Handwritten signature]



Trujillo, 23 de abril del 2018

INFORME N° 110 - ABR-18

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una gran estabilidad térmica del material hasta alcanzar los 750°C, temperatura en la cual marca el inicio para la descomposición y la pérdida de material hasta caer bruscamente hasta la temperatura de ensayo máxima, y se evidencia una pérdida total de aproximadamente 45% de su masa inicial.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar unos ligeros picos endotérmicos en torno a 130 ° C y 250 ° C y posteriormente se muestra un intenso pico de absorción térmica a 900°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características en el material.

Trujillo, 23 de abril del 2018




.....
Danny M. Chávez Novo
ING. MATERIALES
R. CIP. 84953

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



Trujillo, 23 de abril del 2018

INFORME N° 111 - ABR-18

Solicitante: Saldaña Cabanillas Juan C – Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Cáscara de arroz (1.5 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CA-111AB	27.5 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

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

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 27.5 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa



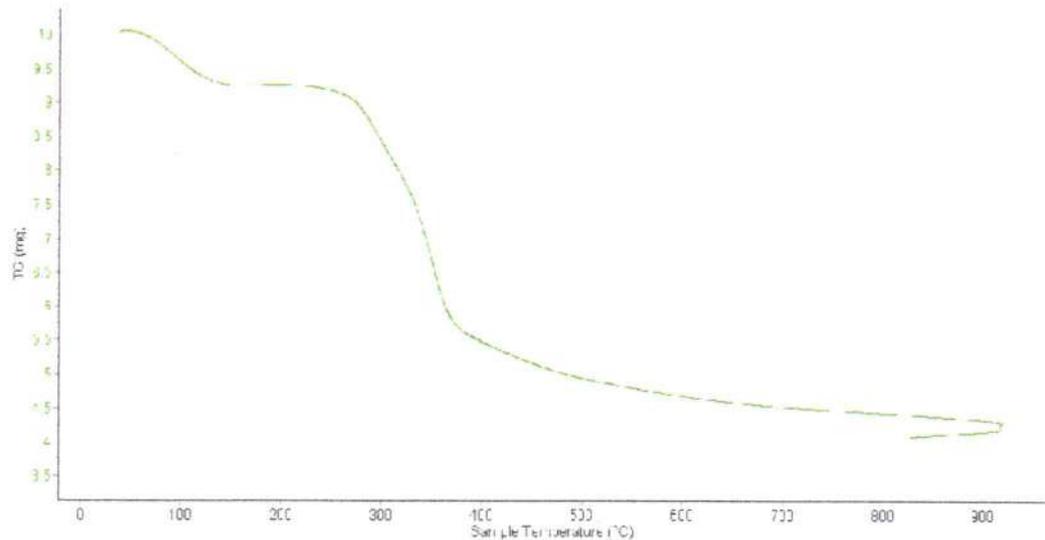


Trujillo, 23 de abril del 2018

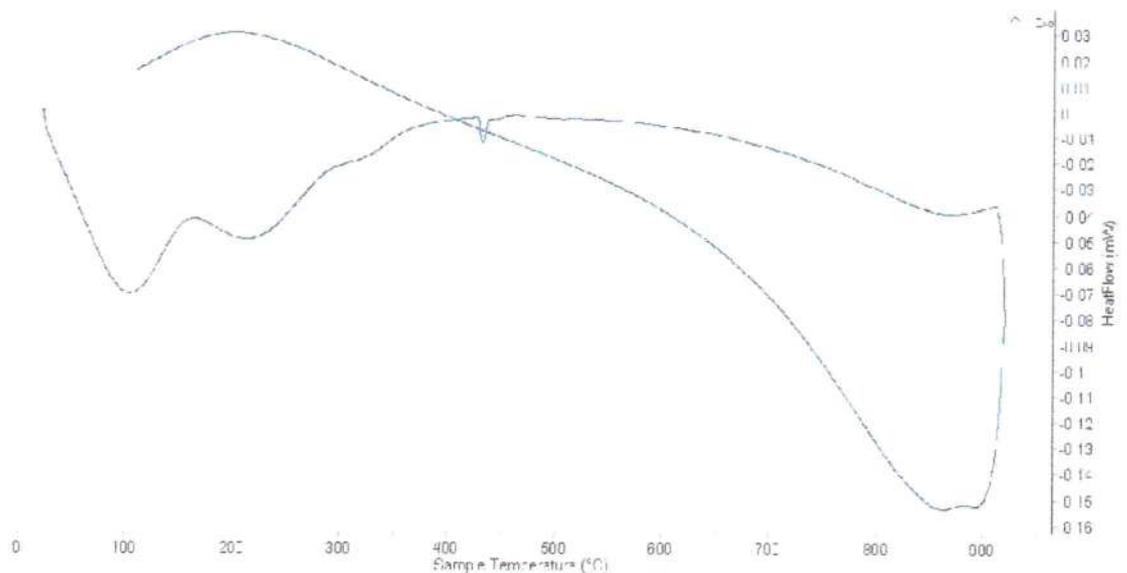
INFORME N° 111 - ABR-18

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica DSC



LABORATORIO DE POLÍMEROS DPTO. I.MAT.
JEFATURA
UNT



Trujillo, 23 de abril del 2018

INFORME N° 111 - ABR-18

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra dos caídas de la masa, la primera se da en un rango entre 80 y 120°C y la segunda se da entre 250 y 340°C, posteriormente la caída es gradual y lentamente, hasta llegar a perder un total de 53% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede mostrar dos picos endotérmicos en torno a 100°C y 220°C y posteriormente se muestra un ligero pico de absorción térmica a 430°C que es una temperatura de cambio estructural y de las características del material.

Trujillo, 23 de abril del 2018




.....
Danny M. Chávez No.
ING. MATERIALES
R. CIP 84953

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



Trujillo, 23 de abril del 2018

INFORME N° 112 - ABR-18

Solicitante: Saldaña Cabanillas Juan C – Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Ceniza de cáscara de arroz (1.5 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CCA-112AB	33.4 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

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

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 33.4 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa

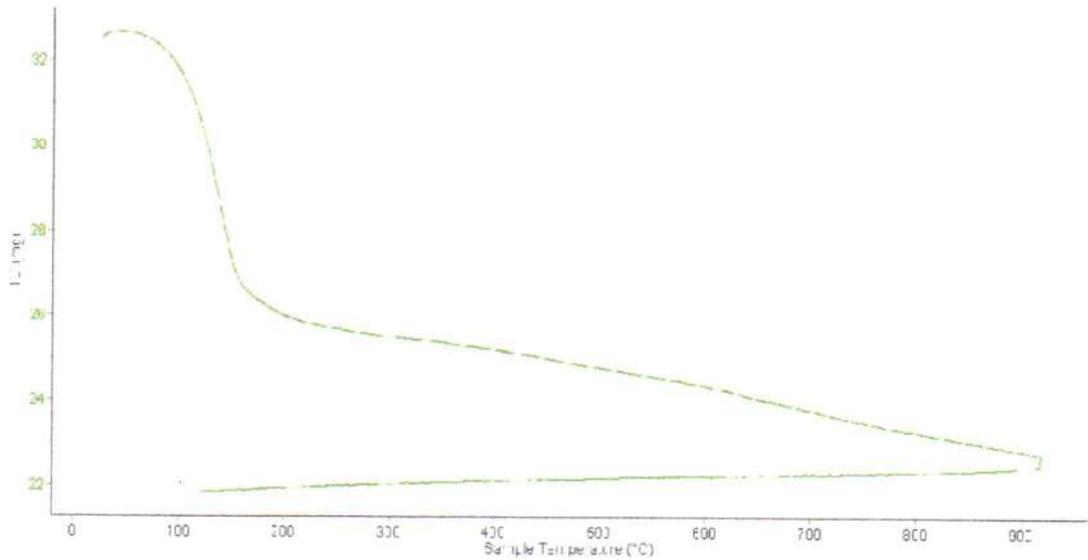


Trujillo, 23 de abril del 2018

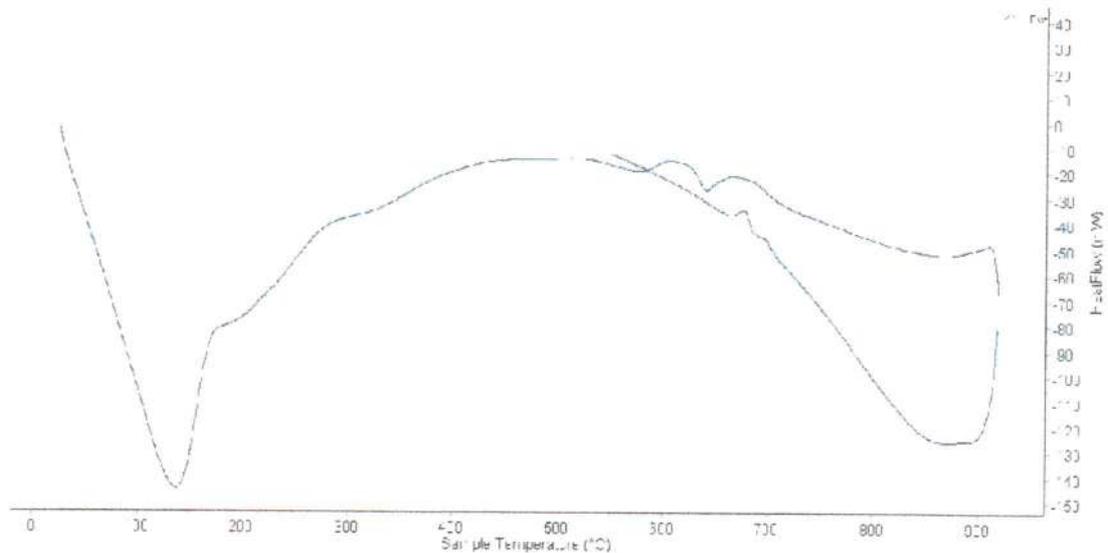
INFORME N° 112 - ABR-18

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica DSC





Trujillo, 23 de abril del 2018

INFORME N° 112 - ABR-18

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una significativa caída de la masa, se da en un rango entre 80 y 150°C, posteriormente la caída es gradual y lentamente, hasta llegar a perder un total de 29% de su masa inicial aproximadamente cuando se ha alcanzado su máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se puede evidenciar un pico endotérmico a 140°C posteriormente se muestra un ligero pico de absorción térmica a 640°C que marcaría una posible temperatura de cambio estructural y de las características del material.

Trujillo, 23 de abril del 2018

Danny M. Chávez Novoa
ING. MATERIALES
R. CIP. 84953

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



Informe N°34-LAQ/2018

Análisis de cáscara de huevo calcinada por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de cáscara de huevo calcinada a pedido del Sr. **Saldaña Cabanillas, Juan Carlos**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia a la Compresión y Permeabilidad del Mortero Sustituyendo el cemento en 10% y 20% por Polvo de Cáscara de Huevo y Ceniza de Cáscara de Arroz.”

La muestra fue calcinada previamente a 900°C y está en forma de grano fino de color blanco.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 9100 cts/s.

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

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una



componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

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

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

Resultados.

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

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

ligeramente mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de la cáscara de huevo calcinada en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	12.305	11.614
SiO ₂	1.436	1.355
K ₂ O	0.061	0.057
CaO	91.875	86.710
Cr ₂ O ₃	0.017	0.007
Fe ₂ O ₃	0.008	0.008
Ni ₂ O ₃	0.006	0.006
CuO	0.006	0.006
SrO	0.240	0.226
ZrO ₂	0.012	0.011
BaO	0.089	0.101
Total	105.857	100.00

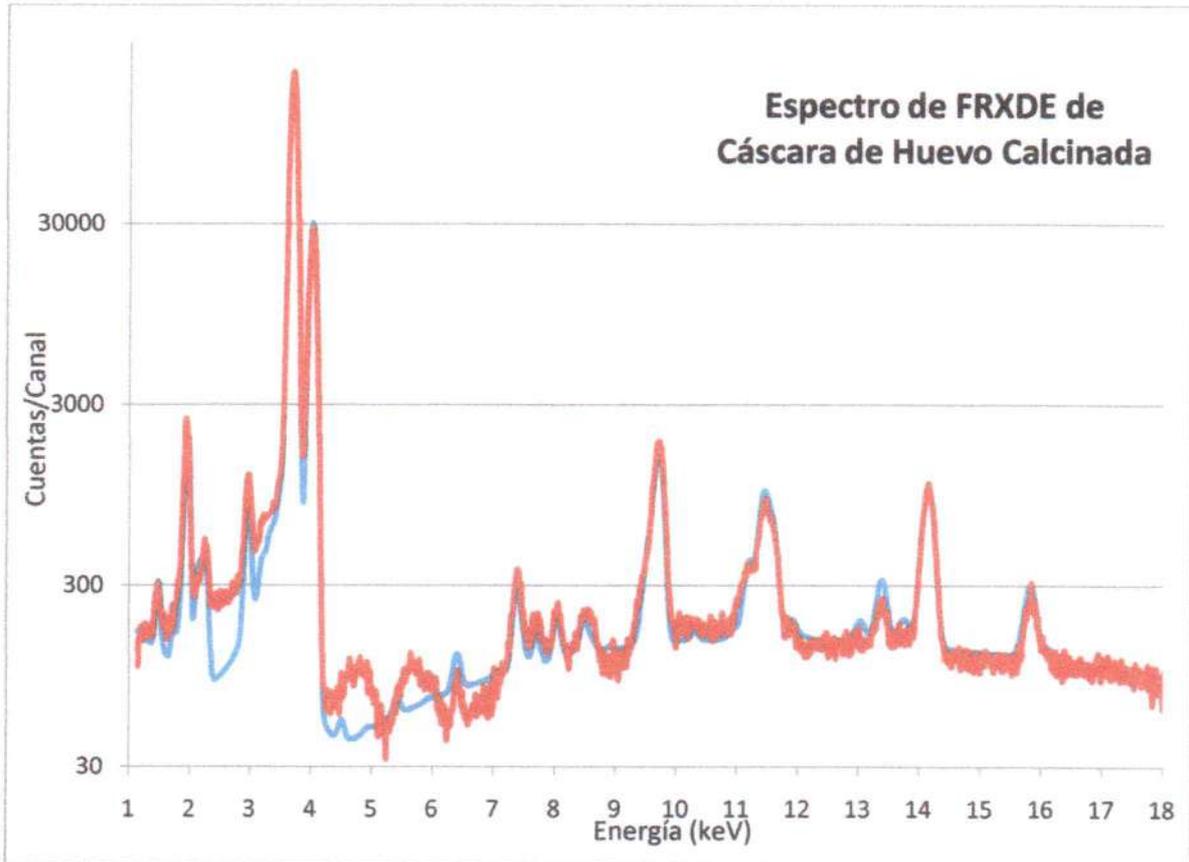


Figura 1. Espectro de FRXDE de cáscara de huevo calcinada en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos.....

Laboratorio de Archeometría



Lima, 14 de mayo del 2018



Informe N°35-LAQ/2018

Análisis de ceniza de cáscara de arroz por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de cáscara de arroz a pedido del Sr. **Saldaña Cabanillas, Juan Carlos**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia a la Compresión y Permeabilidad del Mortero Sustituyendo al Cemento en 10% y 20% por Polvo de Cáscara de Huevo y Ceniza de Cáscara de Arroz.”

La muestra fue calcinada previamente a 640°C y está en forma de grano fino de color plomo.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 30 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 3570 cts/s.

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

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos.. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

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

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

Resultados.

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

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es



FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

ligeramente mayor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de la ceniza de cáscara de arroz en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	3.628	3.586
SiO ₂	90.433	89.378
SO ₂	0.487	0.482
ClO ₂	0.694	0.586
K ₂ O	4.054	4.007
CaO	1.301	1.285
TiO ₂	0.016	0.016
MnO	0.153	0.161
Fe ₂ O ₃	0.187	0.185
CuO	0.009	0.008
ZnO	0.019	0.019
SrO	0.240	0.226
Y ₂ O ₃	0.002	0.002
Total	101.180	100.00

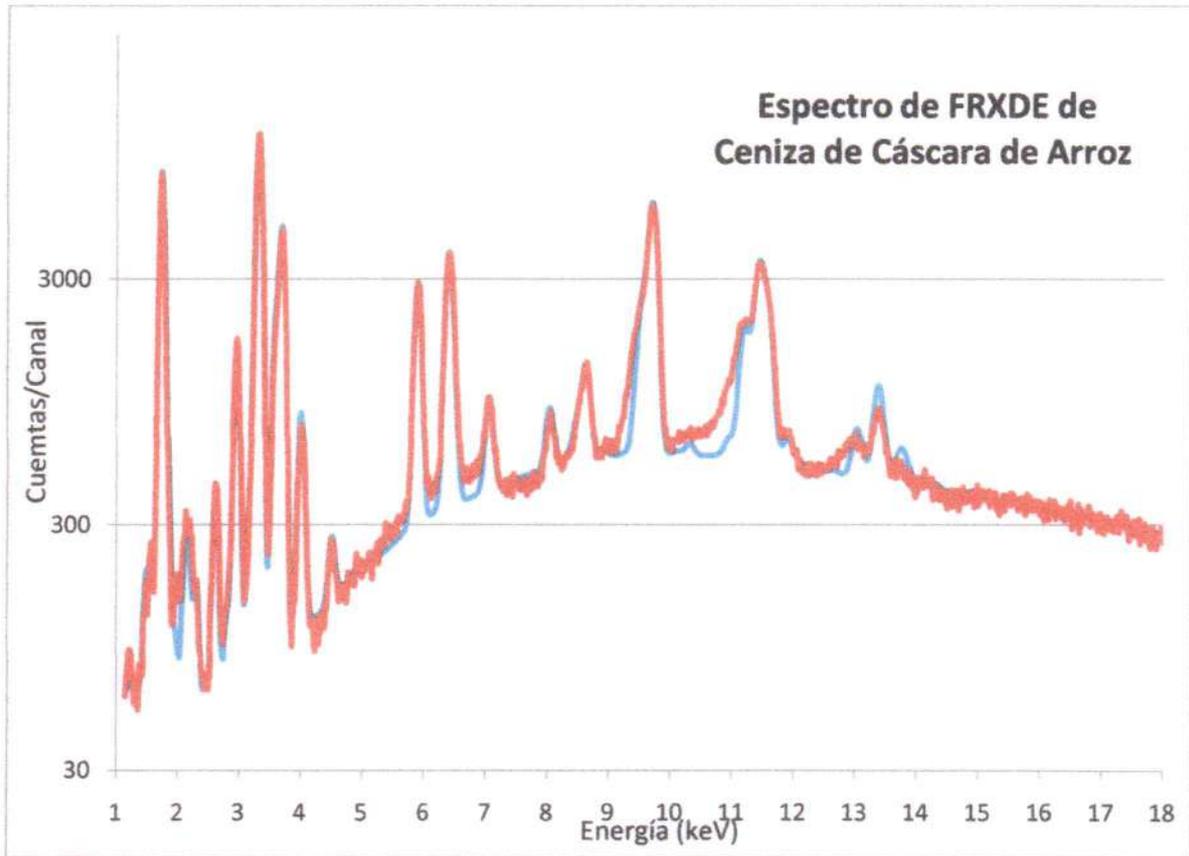


Figura 1. Espectro de FRXDE de ceniza de cáscara de arroz en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos.....
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 14 de mayo del 2018



Informe N°54-LAQ/2018

Análisis de una mezcla de cenizas de cáscara de huevo y de cáscara de arroz por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una mezcla de cenizas de cáscara de huevo (75%) y de cáscara de arroz (25%) a pedido del Sr. **Saldaña Cabanillas, Juan Carlos**, alumno de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia a la Compresión y Permeabilidad de Mortero Sustituyendo al Cemento por Polvo de Cáscara de Huevo y Ceniza de Cáscara de Arroz.”

Previamente la cáscara de huevo fue calcinada a 900°C y la cáscara de arroz a 840°C. La muestra está en forma de grano fino de color gris claro.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 10 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 7620 cts/s.

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

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



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

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

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

Resultados.

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

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



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

Tabla 1. Composición de una mezcla de cenizas de cáscaras de huevo y arroz en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	5.521	5.167
SiO ₂	29.002	27.144
P ₂ O ₅	3.246	3.038
SO ₂	0.758	0.710
ClO ₂	0.346	0.324
K ₂ O	1.218	1.140
CaO	66.401	62.148
TiO ₂	0.023	0.022
V ₂ O ₅	0.005	0.005
Cr ₂ O ₃	0.006	0.006
MnO	0.054	0.050
Fe ₂ O ₃	0.059	0.488
Ni ₂ O ₃	0.007	0.006
CuO	0.006	0.006
ZnO	0.011	0.011
As ₂ O ₃	0.003	0.002
SrO	0.165	0.155
Y ₂ O ₃	0.003	0.002
ZrO ₂	0.011	0.011
Total	106.844	100.00

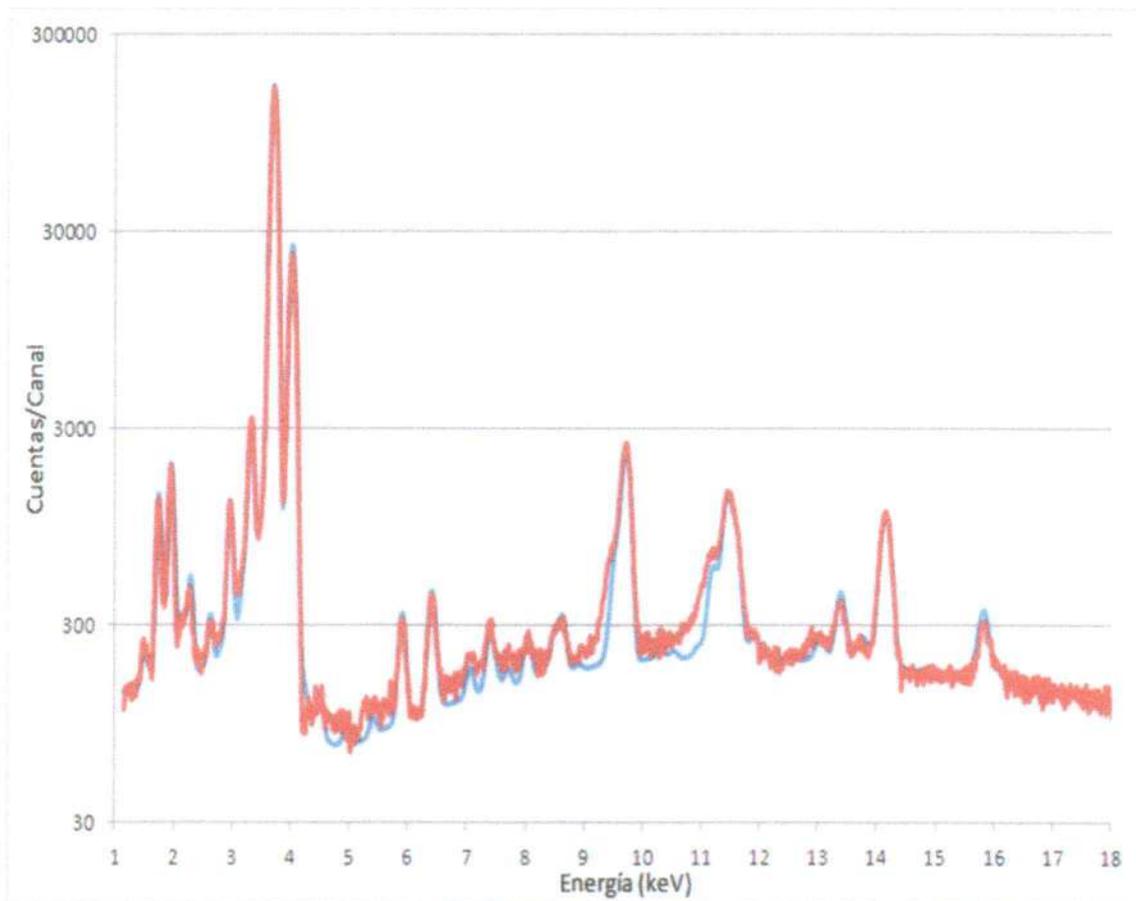


Figura 1. Espectro de FRXDE de cenizas de cáscaras de huevo (75%, 900°C) y de arroz (25%, 840°C) en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 28 de mayo del 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
MUESTRA	: Polvo de cascara de huevo
FECHA DE INGRESO	: 29 DE MAYO DEL 2018
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

PCH

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	13.78





UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
MUESTRA	: cenizas de cascara de arroz
FECHA DE INGRESO	: 29 DE MAYO DEL 2018
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CCA

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	9.87



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

☎ 949959632 / 933623974



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
MUESTRA	: combinación de polvo cascara de huevo y cenizas de cascara de arroz
FECHA DE INGRESO	: 29 DE MAYO DEL 2018
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

75% PCH+25% CCA

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
pH	-	13.51



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

☎ 949959632 / 933623974



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
MUESTRA	: cemento portland tipo I
FECHA DE INGRESO	: 29 DE MAYO DEL 2018
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CPTI

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
Ph	-	12.31





UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
MUESTRA	: cemento portland tipo 1 sustituido en 10% por PCH y CCA
FECHA DE INGRESO	: 29 DE MAYO DEL 2018
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

90 % CPTI+ 10% PCH y CCA

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
pH	-	12.67



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

☎ 949959632 / 933623974



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
MUESTRA	: cemento portland tipo I sustituido en 20 % por PCH y CCA
FECHA DE INGRESO	: 29 DE MAYO DEL 2018
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

80 % CPTI+20% PCH y CCA

DETERMINACIONES	Unidades	Resultados
pH	-	14.09





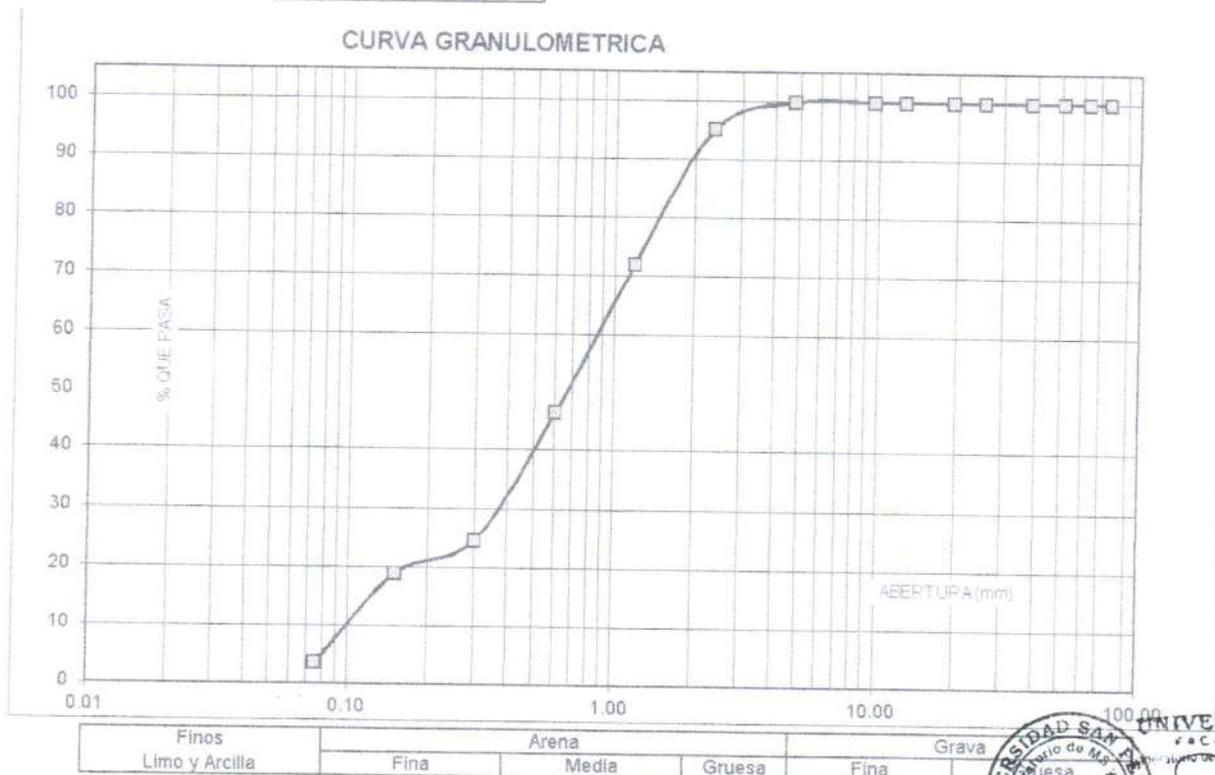
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO (ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH: JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION Y PERMEABILIDAD DE MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO
 EN 10% Y 20% POR POLVO DE CASCARA DE HUEVO Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert. (mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 8	2.36	32.50	4.7	4.7	95.3
N° 16	1.18	160.00	23.3	28.0	72.0
N° 30	0.60	175.00	25.5	53.5	46.5
N° 50	0.30	150.00	21.8	75.3	24.7
N° 100	0.15	40.00	5.8	81.1	18.9
N° 200	0.08	105.00	15.3	96.4	3.6
PLATO	ASTM C-117-04	25.00	3.6	100.0	0.0
TOTAL		687.5	100.0		

PROPIEDADES FISICAS	
Módulo de Fineza	2.43

OBSERVACIONES	
La Muestra tomada identificada por el solicitante.	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Rey
 JEFE



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO (ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION Y PERMEABILIDAD DE MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO
EN 10% Y 20% POR POLVO DE CASCARA DE HUEVO Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANtera : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	758	734.9
TARA + SUELO SECO (gr)	753	730
PESO DEL AGUA (gr)	5.0	4.9
PESO DE LA TARA (gr)	67.1	63.2
PESO DEL SUELO SECO (gr)	685.9	666.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.73	0.73
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.73	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO (ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION Y PERMEABILIDAD DE MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO
EN 10% Y 20% POR POLVO DE CASCARA DE HUEVO Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA GRADADA

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	414.2	409
TARA + SUELO SECO (gr)	412.9	407.8
PESO DEL AGUA (gr)	1.3	1.2
PESO DE LA TARA (gr)	69.4	66.3
PESO DEL SUELO SECO (gr)	343.5	341.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.38	0.35
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.36	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO (ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH: JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION Y PERMEABILIDAD DE MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO
EN 10% Y 20% POR POLVO DE CASCARA DE HUEVO Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA GRADADA LAVADA

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	407.6	419.2
TARA + SUELO SECO (gr)	406.2	417.5
PESO DEL AGUA (gr)	1.4	1.7
PESO DE LA TARA (gr)	69.4	69.9
PESO DEL SUELO SECO (gr)	336.8	347.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.42	0.49
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.45	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



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

SOLICITA BACH. JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
TESIS RESISTENCIA A LA COMPRESION Y PERMEABILIDAD DE MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO
EN 10% Y 20% POR POLVO DE CASCARA DE HUEVO Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
LUGAR CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
MATERIAL ARENA GRUESA GRADADA + CPTI + AGUA

RELACION A/C 0.465

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
15.60	15.35	10.16	51.08
15.40			
15.20			
15.20			

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



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

SOLICITA BACH. JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
TESIS RESISTENCIA A LA COMPRESION Y PERMEABILIDAD DE MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO
EN 10% Y 20% POR POLVO DE CASCARA DE HUEVO Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
LUGAR CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
MATERIAL ARENA GRUESA GRADADA LAVADA + CPTI + AGUA

RELACION A/C 0485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
15.40	15.63	10.16	53.79
16.00			
15.40			
15.70			

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



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

SOLICITA BACH. JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
TESIS RESISTENCIA A LA COMPRESION Y PERMEABILIDAD DE MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO
EN 10% Y 20% POR POLVO DE CASCARA DE HUEVO Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
LUGAR CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
MATERIAL ARENA GRUESA GRADADA LAVADA + OPTI - PCH - CCA + AGUA

RELACION A/C : 0.512

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
15.70	15.75	10.16	55.02
15.80			
15.60			
15.90			

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Juan Carlos Saldaña Cabanillas
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



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

SOLICITA BACH JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
TESIS RESISTENCIA A LA COMPRESION Y PERMEABILIDAD DE MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO
EN 10% Y 20% POR POLVO DE CASCARA DE HUEVO Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
LUGAR CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
MATERIAL ARENA GRUESA GRADADA LAVADA + OPTI - PCH - CCA + AGUA

RELACION A/C 0.532

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
15.00	15.40	10.16	51.57
15.80			
15.50			
15.30			

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACION DE AGUA BAJO PRESION.-PRUEBA

SOLICITA BACH JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
TESIS RESISTENCIA A LA COMPRESION Y PERMEABILIDAD DE MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO
EN 10% Y 20% POR POLVO DE CASCARA DE HUEVO Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
LUGAR CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA 01/08/2012

TESTIGO		ENSAYO PENETRACION DE AGUA			PROF. PENTRAC. MAX.	P. P. PROMEDIO
Nº	ELEMENTO	INICIO	TERMINO	HORAS	mm	mm
01	M PRUEBA - PATRON-1 Dia - 28	31-5-12 18:00	4-6-12 18:00	96	3.50	8.00
02	M PRUEBA - PATRON-2 Dia - 28	31-5-12 18:00	4-6-12 18:00	96	7.50	

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de UNE-83309-1990
NCR 2262-0097
OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados por los Alumnos del Curso



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACION DE AGUA BAJO PRESION-PATRON

SOLICITA: BACH. JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
TESIS: RESISTENCIA A LA COMPRESION Y PERMEABILIDAD DE MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO
EN 10% Y 20% POR POLVO DE CASCARA DE HUEVO Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA: 01/02/2018

TESTIGO		ENSAYO PENETRACION DE AGUA			PROF. PENTRAC. MAX.	P. P. PROMEDIO
Nº	ELEMENTO	INICIO	TERMINO	HORAS	mm	mm
01	PATRON-1	4-6-18 13:00	8-6-18 13:00	96	7.30	7.95
	Día - 28					
02	PATRON-2	4-6-18 13:00	8-6-18 13:00	96	8.60	
	Día - 28					

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de UNTE-83309-1990
MCh 2262 O/97

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados por los Alumnos del Curso



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACION DE AGUA BAJO PRESION-EXPERIMENTAL

SOLICITA: BACH JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
TESIS: RESISTENCIA A LA COMPRESION Y PERMEABILIDAD DE MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO
EN 10% Y 20% POR POLVO DE CASCARA DE HUEVO Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
LUGAR: CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA: 01/06/2019

Nº	TESTIGO ELEMENTO	ENSAYO PENETRACION DE AGUA			PROF. PENETRAC. MAX.	P. P. PROMEDIO
		INICIO	TERMINO	HORAS	mm	mm
01	EXPERIMENTAL 10% Dia - 28	21-6-18 18:00	25-6-18 18:00	96	6.90	7.15
02	EXPERIMENTAL 10% Dia - 28	21-6-18 18:00	25-6-18 18:00	96	7.40	

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de UNE-83306-1990
NCh.2262.Of97

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jorge Montañez Reyes
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE



ENSAYO DE PROFUNDIDAD DE PENETRACION DE AGUA BAJO PRESION EXPERIMENTAL

SOLICITA BACH JUAN CARLOS SALDAÑA CABANILLAS
 TESIS RESISTENCIA A LA COMPRESION Y PERMEABILIDAD DE MORTERO SUSTITUYENDO EL CEMENTO
 EN 10% Y 30% POR POLVO DE CASCARA DE HUEVO Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
 LUGAR CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 FECHA 01/08/2018

Nº	TESTIGO ELEMENTO	ENSAYO PENEIRACION DE AGUA			PROF. PENTRAC. MAX. mm	P. P. PROMEDIO mm
		INCIO	TERMINO	HORAS		
01	EXPERIMENTAL 30% Dia - 26	25-6-18 18:00	29-6-18 18:00	96	7.00	7.05
02	EXPERIMENTAL 20% Dia - 28	25-6-18 18:00	29-6-18 18:00	96	7.10	

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de UNE-83309-1990
 NCh 2263 O/97
 OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados por los Alumnos del Curso



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE



INFORME N°84/MAY18

Solicitante : Juan Carlos Saldaña Cabanillas
DNI : 73233089
Investigación : "Resistencia a la Compresión y Permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por Polvo de cáscara de huevo y Ceniza de cáscara de arroz"

Muestreo realizado por : Juan Carlos Saldaña Cabanillas
Fecha de recepción : 30 de mayo del 2018

MUESTRA

Espécimen : Cubo de concreto moldeado
Dimensiones : 50 mm x 50mm x 50mm
Aplicación de norma : Resistencia a la compresión
ASTM C39/ AASHTO T 22/ NTP 339.034
N° de especímenes : 6
Edad del espécimen : 3 días
Relación a/c : 0.485

✓ **Parámetros del Equipo:**

Equipo: Compresión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5 %

Modo	Unidades	Velocidad de carga (KN/seg)
Mode I Compresión	SI	0.90

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 31 de mayo del 2018



INFORME N°84/MAY18

I. Resistencia a la compresión en testigos cilíndricos, ASTM C39/ AASHTO
T22 / NTP 339.034

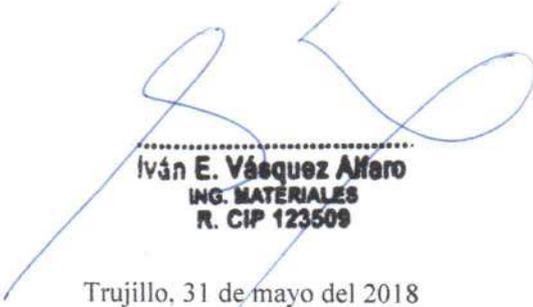
✓ Parámetros de las muestras:

N° de espécimen	Código	Fecha vaciado de concreto	Fecha de rotura	Tiempo de curado	Peso, gr
1	P1 - 3D	28-05-2018	31-05-2018	3	311.56
2	P2 - 3D	28-05-2018	31-05-2018	3	312.84
3	P3 - 3D	28-05-2018	31-05-2018	3	313.56
4	P4 - 3D	28-05-2018	31-05-2018	3	318.19
5	P5 - 3D	28-05-2018	31-05-2018	3	316.45
6	P6 - 3D	28-05-2018	31-05-2018	3	319.25

✓ Resultados:

N° de espécimen	Código	Dimensiones(mm)			Tiempo de curado	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
		Largo	Ancho	Altura			
1	P1 - 3D	50.56	50.23	51.12	3	54.7	220
2	P2 - 3D	50.65	50.44	50.23	3	50.7	202
3	P3 - 3D	51.35	51.29	51.11	3	54.1	209
4	P4 - 3D	51.47	51.19	51.09	3	55.9	216
5	P5 - 3D	50.12	50.20	50.61	3	48.9	198
6	P6 - 3D	51.34	51.65	51.22	3	46.6	179

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 31 de mayo del 2018



INFORME N°87/MAY18

Solicitante : Juan Carlos Saldaña Cabanillas
DNI : 73233089
Investigación : "Resistencia a la Compresión y Permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por Polvo de cáscara de huevo y Ceniza de cáscara de arroz"

Muestreo realizado por : Juan Carlos Saldaña Cabanillas
Fecha de recepción : 30 de mayo del 2018

MUESTRA

Espécimen : Cubo de concreto moldeado
Dimensiones : 50 mm x 50mm x 50mm
Aplicación de norma : Resistencia a la compresión
ASTM C39/ AASHTO T 22/ NTP 339.034
N° de especímenes : 6
Edad del espécimen : 7 días
Relación a/c : 0.485

✓ **Parámetros del Equipo:**

Equipo: Compresión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5 %

Modo	Unidades	Velocidad de carga (KN/seg)
Mode 1 Compresión	SI	0.90

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 01 de junio del 2018



INFORME N°87/MAY18

I. Resistencia a la compresión en testigos cilíndricos, ASTM C39/ AASHTO
T22 / NTP 339.034

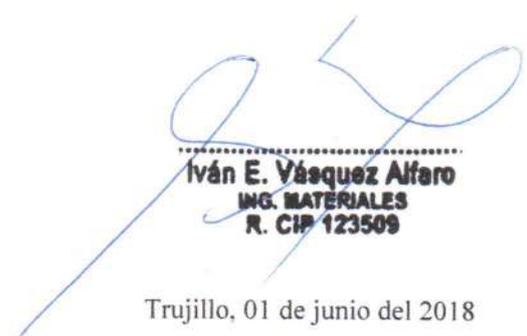
✓ Parámetros de las muestras:

N° de espécimen	Código	Fecha vaciado de concreto	Fecha de rotura	Tiempo de curado	Peso, gr
1	P1 - 7D	25-05-2018	01-06-2018	7	313.14
2	P2 - 7D	25-05-2018	01-06-2018	7	312.16
3	P3 - 7D	25-05-2018	01-06-2018	7	313.89
4	P4 - 7D	25-05-2018	01-06-2018	7	314.98
5	P5 - 7D	25-05-2018	01-06-2018	7	312.67
6	P6 - 7D	25-05-2018	01-06-2018	7	313.72

✓ Resultados:

N° de espécimen	Código	Dimensiones(mm)			Tiempo de curado	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
		Largo	Ancho	Altura			
1	P1 - 7D	50.31	50.42	51.14	7	77.8	313
2	P2 - 7D	51.28	50.35	50.26	7	79.7	315
3	P3 - 7D	50.86	50.13	51.19	7	75.2	301
4	P4 - 7D	51.25	51.44	51.15	7	72.1	279
5	P5 - 7D	50.36	50.15	50.21	7	78.4	317
6	P6 - 7D	51.08	50.32	51.17	7	75.6	300

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 01 de junio del 2018



INFORME N°79/MAY18

Solicitante : Juan Carlos Saldaña Cabanillas
DNI : 73233089
Investigación : "Resistencia a la Compresión y Permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por Polvo de cáscara de huevo y Ceniza de cáscara de arroz"

Muestreo realizado por : Juan Carlos Saldaña Cabanillas

Fecha de recepción : 08 de mayo del 2018

MUESTRA

Espécimen : Cubo de concreto moldeado
Dimensiones : 50 mm x 50mm x 50mm
Aplicación de norma : Resistencia a la compresión
ASTM C39/ AASHTO T 22/ NTP 339.034
N° de especímenes : 6
Edad del espécimen : 28 días
Relación a/c : 0.485

✓ **Parámetros del Equipo:**

Equipo: Compresión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5 %

Modo	Unidades	Velocidad de carga (KN/seg)
Mode I Compresión	SI	0.90

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 08 de mayo del 2018



INFORME N°79/MAY18

I. Resistencia a la compresión en testigos cilíndricos, ASTM C39/ AASHTO
T22 / NTP 339.034

✓ Parámetros de las muestras:

N° de espécimen	Código	Fecha vaciado de concreto	Fecha de rotura	Tiempo de curado	Peso, gr
1	P1 - 28D	10-04-2018	08-05-2018	28	316.95
2	P1 - 28D	10-04-2018	08-05-2018	28	315.65
3	P1 - 28D	10-04-2018	08-05-2018	28	314.43
4	P1 - 28D	10-04-2018	08-05-2018	28	325.86
5	P1 - 28D	10-04-2018	08-05-2018	28	321.90
6	P1 - 28D	10-04-2018	08-05-2018	28	319.99

✓ Resultados:

N° de espécimen	Código	Dimensiones(mm)			Tiempo de curado	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
		Largo	Ancho	Altura			
1	P1 - 28D	51.30	52.55	51.33	28	107.7	407
2	P1 - 28D	51.12	52.38	51.21	28	98.7	376
3	P1 - 28D	51.27	52.47	51.14	28	96.9	367
4	P1 - 28D	51.78	52.59	51.92	28	107.6	403
5	P1 - 28D	51.36	52.41	51.75	28	98.1	372
6	P1 - 28D	51.47	52.09	51.55	28	101.3	385

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123508

Trujillo, 08 de mayo del 2018



INFORME N°84/MAY18

Solicitante : Juan Carlos Saldaña Cabanillas
DNI : 73233089
Investigación : "Resistencia a la Compresión y Permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por Polvo de cáscara de huevo y Ceniza de cáscara de arroz"

Muestreo realizado por : Juan Carlos Saldaña Cabanillas
Fecha de recepción : 30 de mayo del 2018

MUESTRA

Espécimen : Cubo de concreto moldeado
Dimensiones : 50 mm x 50mm x 50mm
Aplicación de norma : Resistencia a la compresión
ASTM C39/ AASHTO T 22/ NTP 339.034
N° de especímenes : 6
Edad del espécimen : 3 días
Relación a/c : 0.512

✓ **Parámetros del Equipo:**

Equipo: Compresión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5 %

Modo	Unidades	Velocidad de carga (KN/seg)
Mode 1 Compresión	SI	0.90

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro



Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 31 de mayo del 2018



INFORME N°84/MAY18

I. Resistencia a la compresión en testigos cilíndricos, ASTM C39/ AASHTO
T22 / NTP 339.034

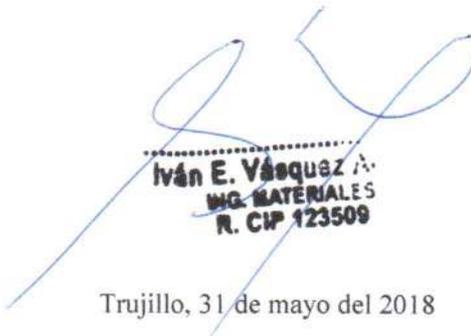
✓ Parámetros de las muestras:

N° de espécimen	Código	Fecha vaciado de concreto	Fecha de rotura	Tiempo de curado	Peso, gr
1	E 10% 1 – 3D	28-05-2018	31-05-2018	3	313.52
2	E 10% 2 – 3D	28-05-2018	31-05-2018	3	311.34
3	E 10% 3 – 3D	28-05-2018	31-05-2018	3	312.36
4	E 10% 4 – 3D	28-05-2018	31-05-2018	3	314.79
5	E 10% 5 – 3D	28-05-2018	31-05-2018	3	315.65
6	E 10% 6 – 3D	28-05-2018	31-05-2018	3	313.85

✓ Resultados:

N° de espécimen	Código	Dimensiones(mm)			Tiempo de curado	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
		Largo	Ancho	Altura			
1	E 10% 1 – 3D	50.53	50.29	51.02	3	52.6	211
2	E 10% 2 – 3D	50.72	50.22	50.13	3	55.1	221
3	E 10% 3 – 3D	51.15	51.11	51.21	3	56.3	220
4	E 10% 4 – 3D	51.18	51.12	50.19	3	53.7	209
5	E 10% 5 – 3D	50.13	50.28	51.21	3	52.3	212
6	E 10% 6 – 3D	50.24	50.45	51.22	3	54.6	220

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro


Iván E. Vásquez
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 31 de mayo del 2018



INFORME N°90/MAY18

Solicitante : Juan Carlos Saldaña Cabanillas
DNI : 73233089
Investigación : "Resistencia a la Compresión y Permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por Polvo de cáscara de huevo y Ceniza de cáscara de arroz"

Muestreo realizado por : Juan Carlos Saldaña Cabanillas

Fecha de recepción : 30 de mayo del 2018

MUESTRA

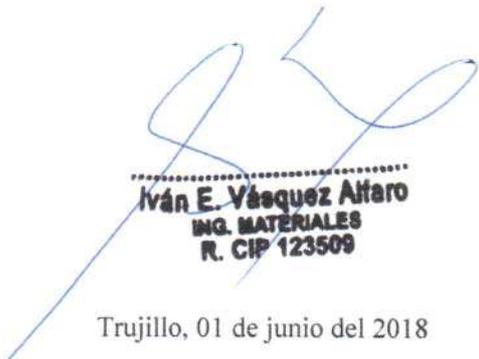
Espécimen : Cubo de concreto moldeado
Dimensiones : 50 mm x 50mm x 50mm
Aplicación de norma : Resistencia a la compresión
ASTM C39/ AASHTO T 22/ NTP 339.034
N° de especímenes : 6
Edad del espécimen : 7 días
Relación a/c : 0.512

✓ **Parámetros del Equipo:**

Equipo: Compresión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5 %

Modo	Unidades	Velocidad de carga (KN/seg)
Mode 1 Compresión	SI	0.90

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 01 de junio del 2018



INFORME N°90/MAY18

I. Resistencia a la compresión en testigos cilíndricos, ASTM C39/ AASHTO
T22 / NTP 339.034

✓ Parámetros de las muestras:

N° de espécimen	Código	Fecha vaciado de concreto	Fecha de rotura	Tiempo de curado	Peso, gr
1	E 10% 1 - 7D	25-05-2018	01-06-2018	7	311.79
2	E 10% 2 - 7D	25-05-2018	01-06-2018	7	312.58
3	E 10% 3 - 7D	25-05-2018	01-06-2018	7	313.37
4	E 10% 4 - 7D	25-05-2018	01-06-2018	7	312.21
5	E 10% 5 - 7D	25-05-2018	01-06-2018	7	313.25
6	E 10% 6 - 7D	25-05-2018	01-06-2018	7	311.98

✓ Resultados:

N° de espécimen	Código	Dimensiones(mm)			Tiempo de curado	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
		Largo	Ancho	Altura			
1	E 10% 1 - 7D	50.33	50.29	51.12	7	78.4	316
2	E 10% 2 - 7D	50.12	50.12	50.13	7	82.7	336
3	E 10% 3 - 7D	51.55	51.39	51.23	7	83.2	320
4	E 10% 4 - 7D	51.22	51.36	51.15	7	85.9	333
5	E 10% 5 - 7D	50.89	51.02	51.21	7	81.5	320
6	E 10% 6 - 7D	51.24	51.21	50.96	7	83.0	323

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 01 de junio del 2018



INFORME N°213/JUL18

Solicitante : Juan Carlos Saldaña Cabanillas
DNI : 73233089
Investigación : "Resistencia a la Compresión y Permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por Polvo de cáscara de huevo y Ceniza de cáscara de arroz"

Muestreo realizado por : Juan Carlos Saldaña Cabanillas

Fecha de recepción : 01 de julio del 2018

MUESTRA

Espécimen : Cubo de concreto moldeado
Dimensiones : 50 mm x 50mm x 50mm
Aplicación de norma : Resistencia a la compresión
ASTM C39/ AASHTO T 22/ NTP 339.034
N° de especímenes : 6
Edad del espécimen : 28 días
Relación a/c : 0.512

✓ **Parámetros del Equipo:**

Equipo: Compresión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5 %

Modo	Unidades	Velocidad de carga (KN/seg)
Mode 1 Compresión	SI	0.90

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 06 de julio del 2018



INFORME N°213/JUL18

I. Resistencia a la compresión en testigos cilíndricos, ASTM C39/ AASHTO
T22 / NTP 339.034

✓ Parámetros de las muestras:

N° de espécimen	Código	Fecha vaciado de concreto	Fecha de rotura	Tiempo de curado	Peso, gr
1	E 10% 1 – 28D	04-06-2018	02-07-2018	28	314.44
2	E 10% 2 – 28D	04-06-2018	02-07-2018	28	314.84
3	E 10% 3 – 28D	04-06-2018	02-07-2018	28	315.66
4	E 10% 4 – 28D	04-06-2018	02-07-2018	28	313.54
5	E 10% 5 – 28D	04-06-2018	02-07-2018	28	316.44
6	E 10% 6 – 28D	04-06-2018	02-07-2018	28	315.56

✓ Resultados:

N° de espécimen	Código	Dimensiones(mm)			Tiempo de curado	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
		Largo	Ancho	Altura			
1	E 10% 1 – 28D	51.11	52.10	51.19	28	101.0	387
2	E 10% 2 – 28D	51.14	52.17	51.19	28	105.0	401
3	E 10% 3 – 28D	51.23	52.23	51.21	28	102.8	392
4	E 10% 4 – 28D	51.16	52.18	51.20	28	100.2	383
5	E 10% 5 – 28D	51.21	52.25	51.23	28	101.2	386
6	E 10% 6 – 28D	51.17	52.12	51.11	28	99.5	380

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 06 de julio del 2018



INFORME N°82/MAY18

Solicitante : Juan Carlos Saldaña Cabanillas
DNI : 73233089
Investigación : "Resistencia a la Compresión y Permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por Polvo de cáscara de huevo y Ceniza de cáscara de arroz"

Muestreo realizado por : Juan Carlos Saldaña Cabanillas
Fecha de recepción : 24 de mayo del 2018

MUESTRA

Espécimen : Cubo de concreto moldeado
Dimensiones : 50 mm x 50mm x 50mm
Aplicación de norma : Resistencia a la compresión
ASTM C39/ AASHTO T 22/ NTP 339.034
N° de especímenes : 6
Edad del espécimen : 3 días
Relación a/c : 0.532

✓ **Parámetros del Equipo:**

Equipo: Compresión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5 %

Modo	Unidades	Velocidad de carga (KN/seg)
Mode I Compresión	SI	0.90

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 25 de mayo del 2018



INFORME N°82/MAY18

I. Resistencia a la compresión en testigos cilíndricos, ASTM C39/ AASHTO
T22 / NTP 339.034

✓ Parámetros de las muestras:

N° de espécimen	Código	Fecha vaciado de concreto	Fecha de rotura	Tiempo de curado	Peso, gr
1	E 20% 1 – 3D	22-05-2018	25-05-2018	3	315.85
2	E 20% 2 – 3D	22-05-2018	25-05-2018	3	313.34
3	E 20% 3 – 3D	22-05-2018	25-05-2018	3	311.92
4	E 20% 4 – 3D	22-05-2018	25-05-2018	3	324.43
5	E 20% 5 – 3D	22-05-2018	25-05-2018	3	316.18
6	E 20% 6 – 3D	22-05-2018	25-05-2018	3	321.05

✓ Resultados:

N° de espécimen	Código	Dimensiones(mm)			Tiempo de curado	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
		Largo	Ancho	Altura			
1	E 20% 1 – 3D	50.81	50.74	51.27	3	65.2	258
2	E 20% 2 – 3D	50.79	50.91	50.98	3	62.7	247
3	E 20% 3 – 3D	51.19	51.04	51.01	3	62.4	244
4	E 20% 4 – 3D	51.01	51.49	51.61	3	70.2	273
5	E 20% 5 – 3D	50.75	50.95	50.57	3	63.9	252
6	E 20% 6 – 3D	50.35	50.22	51.08	3	60.5	244

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509
Trujillo, 25 de mayo del 2018



INFORME N°79/MAY18

Solicitante : Juan Carlos Saldaña Cabanillas
DNI : 73233089
Investigación : "Resistencia a la Compresión y Permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por Polvo de cáscara de huevo y Ceniza de cáscara de arroz"

Muestreo realizado por : Juan Carlos Saldaña Cabanillas

Fecha de recepción : 24 de mayo del 2018

MUESTRA

Espécimen : Cubo de concreto moldeado
Dimensiones : 50 mm x 50mm x 50mm
Aplicación de norma : Resistencia a la compresión
ASTM C39/ AASHTO T 22/ NTP 339.034
N° de especímenes : 6
Edad del espécimen : 7 días
Relación a/c : 0.532

✓ **Parámetros del Equipo:**

Equipo: Compresión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5 %

Modo	Unidades	Velocidad de carga (KN/seg)
Mode I Compresión	SI	0.90

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 29 de mayo del 2018



INFORME N°79/MAY18

I. Resistencia a la compresión en testigos cilíndricos, ASTM C39/ AASHTO
T22 / NTP 339.034

✓ Parámetros de las muestras:

N° de espécimen	Código	Fecha vaciado de concreto	Fecha de rotura	Tiempo de curado	Peso, gr
1	E 20% 1 – 7D	22-05-2018	29-05-2018	7	314.65
2	E 20% 2 – 7D	22-05-2018	29-05-2018	7	312.44
3	E 20% 3 – 7D	22-05-2018	29-05-2018	7	312.72
4	E 20% 4 – 7D	22-05-2018	29-05-2018	7	319.31
5	E 20% 5 – 7D	22-05-2018	29-05-2018	7	317.15
6	E 20% 6 – 7D	22-05-2018	29-05-2018	7	320.05

✓ Resultados:

N° de espécimen	Código	Dimensiones(mm)			Tiempo de curado	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
		Largo	Ancho	Altura			
1	E 20% 1 – 7D	51.14	52.49	51.29	7	89.0	338
2	E 20% 2 – 7D	51.19	52.38	51.19	7	92.8	353
3	E 20% 3 – 7D	51.32	52.33	51.17	7	88.2	335
4	E 20% 4 – 7D	51.24	52.48	51.84	7	100.6	381
5	E 20% 5 – 7D	51.39	52.40	51.81	7	96.4	365
6	E 20% 6 – 7D	51.55	52.22	51.52	7	91.4	346

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 29 de mayo del 2018



INFORME N°214/MAY18

Solicitante : Juan Carlos Saldaña Cabanillas
DNI : 73233089
Investigación : “Resistencia a la Compresión y Permeabilidad de mortero sustituyendo el cemento en 10% y 20% por Polvo de cáscara de huevo y Ceniza de cáscara de arroz”

Muestreo realizado por : Juan Carlos Saldaña Cabanillas
Fecha de recepción : 01 de julio del 2018

MUESTRA

Espécimen : Cubo de concreto moldeado
Dimensiones : 50 mm x 50mm x 50mm
Aplicación de norma : Resistencia a la compresión
ASTM C39/ AASHTO T 22/ NTP 339.034
N° de especímenes : 6
Edad del espécimen : 28 días
Relación a/c : 0.532

✓ **Parámetros del Equipo:**

Equipo: Compresión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5 %

Modo	Unidades	Velocidad de carga (KN/seg)
Mode 1 Compresión	SI	0.90

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 06 de julio del 2018



INFORME N°214/MAY18

I. Resistencia a la compresión en testigos cilíndricos, ASTM C39/ AASHTO
T22 / NTP 339.034

✓ Parámetros de las muestras:

N° de espécimen	Código	Fecha vaciado de concreto	Fecha de rotura	Tiempo de curado	Peso, gr
1	E 20% 1 – 28D	04-06-2018	02-07-2018	28	315.48
2	E 20% 2 – 28D	04-06-2018	02-07-2018	28	317.48
3	E 20% 3 – 28D	04-06-2018	02-07-2018	28	314.60
4	E 20% 4 – 28D	04-06-2018	02-07-2018	28	310.29
5	E 20% 5 – 28D	04-06-2018	02-07-2018	28	315.15
6	E 20% 6 – 28D	04-06-2018	02-07-2018	28	316.40

✓ Resultados:

N° de espécimen	Código	Dimensiones(mm)			Tiempo de curado	Carga máxima (KN)	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)
		Largo	Ancho	Altura			
1	E 20% 1 – 28D	51.12	52.10	51.13	28	104.9	402
2	E 20% 2 – 28D	51.14	52.14	51.16	28	105.1	402
3	E 20% 3 – 28D	51.20	52.19	51.21	28	100.6	384
4	E 20% 4 – 28D	51.11	52.12	51.14	28	109.8	420
5	E 20% 5 – 28D	51.21	52.21	51.20	28	101.9	389
6	E 20% 6 – 28D	51.16	52.14	51.13	28	109.6	419

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 06 de julio del 2018

ANALISIS DE VARIANZA (ANOVA)

VARIABLE DEPENDIENTE: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tabla 1

Resistencias a la compresión de cubos de mortero con sustitución de cemento por una combinación de PCH y CCA, según días de curado

Días de curado	Resistencia a la Compresión de mortero con (PCH) y (CCA) según días de curado		
	Patrón	10%	20%
3	204,0	216,0	253,0
7	304,0	325,0	353,0
28	385,0	388,0	403,0

Fuente: Resultados de los ensayos de laboratorio de la UNT

Handwritten signature and initials
V.º B.º

En la tabla 1 se puede apreciar que las resistencias a la compresión de los cubos de mortero son mayores a los 28 días de curado y menores resistencias de presenta a los 3 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad con Shapiro – Wilk (con un $p > 0.05$ para cada caso) y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene ($p = 0.974$ y $p > 0.05$) de las resistencias medias obtenidas en los cubos de mortero para cada tratamiento (sustitución de cemento por una combinación de polvo de cascar de huevo (PCH) y ceniza de cascara de arroz (CCA)) se procedió a realizar la prueba ANOVA

Tabla 2

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

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
PCH y CCA	2,350,222	2	1,175,111	13,464	,017
Días de curado	42,902,889	2	21,451,444	245,784	,000
Error	349,111	4	87,278		
Total	45,602,222	8			

Fuente: Resultados de los ensayos de laboratorio de la UNT

[Handwritten signature]
v.º D.º

En la tabla 2 se puede visualizar que para la sustitución de cemento el $p\text{-value} < \alpha$ ($p=0.017$, $p < 0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula (resistencias medias iguales). Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm^2 logradas en los cubos de mortero, con sustitución del cemento por PCH y CCA en 0%, 10%, y 20%, son diferentes. Es decir existe una diferencia significativa entre las resistencias medias del mortero.

También se tienen que para los días de curado $p\text{-value} < \alpha$ ($p=0.000$, $p < 0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de los cubos de mortero son diferentes a consecuencia de los días de curado.

Tabla 3

Calculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencias medias de los cubos de mortero es diferente

Porcentaje PCH y CCA	Subconjunto para alfa = 0,05	
	1	2
0%	297,667	
10%	309,667	
20%		336,333

Fuente: Resultados de los ensayos de laboratorio de la UNT

20% de PCH y CCA	336,333 a
10% de PCH y CCA	309,667 b
0% de PCH y CCA	297,667 b

En la tabla 3 después de realizar la prueba de Duncan podemos apreciar que los cubos de mortero que tienen mayor resistencia a la compresión es la que no se sustituye el cemento por un 20% de PCH y CCA; y tienen menor resistencia a la compresión cuando se sustituye el cemento por la combinación de PCH y CCA en 10% y 0%.

PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS

VARIABLE DEPENDIENTE: PERMEABILIDAD

Tabla 4

Permeabilidad de cubos de mortero con una sustitución de cemento por PCH y CCA a los 28 días de edad

Permeabilidad de Mortero con PCH y CCA		
Patrón	10%	20%
7,3	6,9	7,0
8,6	7,4	7,1

Fuente: Resultados de los ensayos de laboratorio de la USP

Prueba de Kruskal-Wallis $\chi^2 = 2.00$ $gl=2$ $p=0.368$



En la tabla 4 y después de calcular la prueba Kruskal-Wallis se puede visualizar que para la sustitución de un porcentaje de cemento por una combinación de PCH y CCA el $p\text{-value} < \alpha$ ($p=0.368$, $p>0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula (permeabilidad medias iguales), por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en mm logradas en los cubos de mortero, con sustitución de cemento por una combinación de PCH y CCA en 0%, 10%, y 20%, no son diferentes. Es decir no existe una diferencia significativa entre la permeabilidad del mortero.