

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



**Resistencia a la compresión de concreto $f'c$ 210 kg/cm² con
sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y
cáscara de huevo - Huaraz – 2023**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autor:

VALENTIN ROSAS SAUL BEQUER

Asesor:

PITMAN MELENDEZ, WILFREDO FELIPE

Código ORCID: 0000-0002-2748-2842

Huaraz – Perú

2024

Índice general

Índice general	i
Índice de tablas	ii
Índice de figuras	iv
Palabras Clave	v
Constancia de originalidad	vi
Título	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
I. Introducción.....	1
II. Metodología.....	15
III. Resultados.....	21
IV. Análisis y discusión	55
V. Conclusiones.....	62
VI. Recomendaciones	64
VII. Agradecimiento	65
VIII. Referencias Bibliográficas.....	66
IX. Anexos.....	68

Índice de tablas

Tabla 1. Composición nutricional de la cáscara de huevo en polvo por 100 gramos	11
Tabla 2. Operacionalización de variable dependiente	13
Tabla 3. Operacionalización de variable independiente	13
Tabla 4. Cuadro de Plan de Roturas de Concreto	17
Tabla 5. Métodos y herramientas de investigación	18
Tabla 6. Comparación en pérdida de masa en la calcinación de cascara de huevo	23
Tabla 7. Estudio de Fluorescencia por Rayos X de la cáscara de huevo	24
Tabla 8. Comparación en pérdida de masa en la calcinación de ceniza de carbón	25
Tabla 9. Estudio de Fluorescencia por Rayos X de la ceniza de carbón	26
Tabla 10. Cont. de Humedad del Agregado Fino	27
Tabla 11. Cont. de Humedad del Agregado Grueso	27
Tabla 12. Gravedad Específica y Absorción del A.F.	28
Tabla 13. Gravedad Específica y Absorción del A.G.	28
Tabla 14. Peso Unitario Suelto del A.F.	29
Tabla 15. Peso Unitario Compactado del A.F.	29
Tabla 16. Peso Unitario Suelto del A.G.	30
Tabla 17. Peso Unitario Compactado del A.G.	30
Tabla 18. Análisis Granulométrico Fino	31
Tabla 19. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso	32
Tabla 20. Determinación de Peso Específico - 7.5% de la combinación de CC+CH – 92.5% de Cemento	34
Tabla 21. Determinación de Peso Específico - 5% de la combinación de CC+CH – 95% de Cemento	37
Tabla 22. Determinación de Peso Específico - 7.5% de la combinación de CC+CH – 92.5% de Cemento	40
Tabla 23. Cant. de mat. en peso para la fabricación de 9 probetas de concreto	45
Tabla 24. Cant. de mat. en peso para producir 9 probetas de concreto, incluyendo un 5% de margen para desperdicio	45
Tabla 25. Resistencia a la compresión de 210 kg/cm ² en probetas de concreto patrón	49
Tabla 26. Resistencia a la compresión f'c 210 kg/cm ² de probetas con concreto experimental - combinación I	50
Tabla 27. Resistencia a la compresión f'c 210 kg/cm ² de probetas con concreto experimental - combinación II	50
Tabla 28. Resistencia a la compresión f'c 210 kg/cm ² de probetas con concreto experimental - combinación III	51

Tabla 29. Resistencia a la compresión f'_c 210 kg/cm ² promedios de probetas con concreto patrón y experimentales.....	51
Tabla 30. Comparación de los contenidos de composición química entre el cemento y la ceniza de cáscara de huevo, basada en estudios anteriores y en la investigación actual.....	56
Tabla 31. Comparación de los contenidos de composición química entre el cemento y la ceniza de carbón, basada en investigaciones anteriores y en el estudio actual.	58

Índice de figuras

Figura 1. Proceso para obtener ceniza a partir de cáscara de huevo	21
Figura 2. Proceso para obtener ceniza de carbón	25
Figura 3. Diagrama de procedimiento para las probetas estándar y experimentales.....	46
Figura 4. Flujograma para Elaborar las probetas de concreto patrón.....	47
Figura 5. Flujograma para Elaborar las probetas de concretos experimentales	48
Figura 6. Tendencia de la Resistencia a la compresión promedio del concreto patrón.....	52
Figura 7. Tendencia de la Resistencia a la compresión promedio del concreto con sustitución del 2.5%.....	52
Figura 8. Tendencia de la Resistencia a la compresión promedio del concreto con sustitución del 5%.....	53
Figura 9. Tendencia de la Resistencia a la compresión promedio del concreto con sustitución del 7.5%.....	53
Figura 10. Tendencia de la Resistencia a la compresión promedio del concreto patrón y con sustitución del cemento en 2.5%, 5% y 7.5%.....	54
Figura 11. Recolección de la cascara de huevo	70
Figura 12. Limpieza manual de la cascara de huevo.....	70
Figura 13. Método para triturar la cáscara de huevo	71
Figura 14. Curva de TGA Y ATD de la cascara de huevo.....	71
Figura 15. Recolección de la ceniza de carbón	72
Figura 16. Pre tamizado de la ceniza de carbón	72
Figura 17. Curva de TGA Y ATD de la ceniza de carbón	73
Figura 18. Curva del análisis granulométrico Fino	73
Figura 19. Curva del análisis granulométrico Grueso	74
Figura 20. Molde de probeta de concreto	74
Figura 21. Pasos del proceso de elaboración de concreto $f'c$ 210 kg/cm ²	75

Palabras Clave

Tema : Resistencia de Concreto, ceniza de carbón y cascara de huevo
Especialidad : Tecnología de concreto

Key words:

Theme : Strength of Concrete, coal ash and egg shell
Specialty : Concrete Technology

Líneas de Investigación

Líneas de Investigación : Construcción y Gestión de la construcción
Área : Ingeniería civil
Sub Área : Ingeniería Civil
Disciplina : Ingeniería Civil



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

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

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado "**Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm² con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz - 2023**" del (a) estudiante: **VALENTIN ROSAS SAUL BEQUER**, identificado(a) con Código N° **1419100253**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **29%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 04 de septiembre de 2024

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



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

Titulo

Resistencia a la compresión de concreto $f'c$ 210 kg/cm² con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz – 2023

Resumen

El siguiente proyecto de investigación tuvo como objetivo la evaluación y comparación de la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sustituyendo cemento por una combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo en 2.5%, 5% y 7.5% en relación 1:3, con la resistencia de un concreto convencional a los 7, 14 y 28 días de curado.

Se analizó el potencial de la mezcla de ceniza de carbón y cascara de huevo sustituyendo en peso al cemento en un concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, analizando los resultados, buscando obtener un material alternativo para la sustitución del cemento en preparación de concreto.

El comportamiento del concreto se evaluó utilizando el análisis de propiedades mecánicas, utilizando la técnica de la observación, una guía y fichas técnicas del laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales, concluyendo que la combinación de cenizas de carbón y cascara de huevo es un material conglomerante adecuado para sustituir al cemento, teniendo como mejor resultado de resistencia a la compresión a la sustitución del cemento en 5% el cual supera al concreto patrón.

Esta investigación fue aplicada y explicativa, de enfoque cuantitativo y de diseño experimental tipo bloque completo al azar.

Abstract

The following research project aimed to evaluate and compare the compressive strength of concrete $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, replacing cement with a combination of coal ash and eggshell in 2.5%, 5% and 7.5%. in a 1:3 ratio, with the resistance of conventional concrete at 7, 14 and 28 days of curing.

The potential of the mixture of coal ash and eggshell replacing cement by weight in a concrete of $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ was analyzed, analyzing the results, seeking to obtain an alternative material for replacing cement in preparation of concrete.

The behavior of the concrete was evaluated using the analysis of mechanical properties, using the observation technique, a guide and technical sheets from the soil mechanics and materials testing laboratory, concluding that the combination of coal ash and eggshell is a suitable binder material to replace cement, having the best result of compressive resistance to the replacement of cement in 5% which exceeds the standard concrete.

This research was applied and explanatory, with a quantitative approach and a randomized complete block experimental design.

I. Introducción

Debido a estudios continuos que se realizan en el área de la ingeniería civil y la tecnología del concreto se han innovado en los diseños de concretos, mediante la utilización de materiales o insumos inorgánicos las cuales las podemos encontrar en su estado natural o pueden ser obtenidos del reciclado, esto genera nuevos conocimientos en la línea de investigación, para de esta manera mejorar en los procesos constructivos, que permitirán construcciones de mayor calidad a menores costos, además de incrementar los estándares de seguridad y principalmente de sostenibilidad que nos permitirá la preservación y conservación del ecosistema, esta investigación ha considerado como antecedentes las siguientes investigaciones.

En el contexto internacional se revisó la siguiente literatura, Reibán, A. (2017) en su investigación “EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE MATRICES CEMENTICIAS CON ADICIÓN DE CASCARA DE HUEVO PULVERIZADO DESHIDRATADO Y SUS APLICACIONES EN LA ARQUITECTURA”, evaluó los componentes del cemento y la cascara de huevo, tanto cruda como calcinada, mediante una pistola de fluorescencia de rayos X, determinando la presencia de Oxido de Calcio (CaO) con un porcentaje de 84%, estableciendo que actúa como un conglomerante de cal viva, capaz de unir diversos materiales y proporcionar cohesión, además, realizó ensayos de compresión con sustitución del cemento por el 10%, 20% y 30%. Los resultados mostraron que la mayor resistencia a la compresión se alcanzó con una sustitución del 10% de cáscara de huevo, obteniendo 16.40 MPa a los 7 días, 18.81 MPa a los 14 días y 22.88 MPa a los 28 días. Esto concluye que la ceniza de cáscara de huevo es eficaz para su uso en la construcción.

De igual manera se revisó la siguiente literatura, Pradas, P. (2019), en su tesis de investigación “DESARROLLO DE CONGLOMERANTES HIDRÁULICOS DE CARRETERA EMPLEANDO CÁSCARA DE HUEVO COMO COMPONENTE. INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA”, se centró en la reutilización de cascaras de huevo de gallinas, que proceden de la industria alimentaria, en el concreto y su uso en la industria de la construcción, teniendo como meta conseguir un material conglomerante que pueda cumplir con las características que maneja la norma europea, para ello utilizó equipos y ensayos buscando determinar las características físicas y mecánicas de los materiales que utilizó, obteniendo en sus análisis que la composición de la cascara de huevo presenta un

94% de carbonato de calcio (CaCO_3), En los resultado a la compresión que obtuvo se marcó la diferencia con las muestras de cascara de huevo finas siendo la adición de 7.5% de cascara de huevo la que manifiesta un subida en la resistencia, también para el 15% registró una elevación en la resistencia a la compresión y por último para el 25% de cascara de huevo obtuvo una disminución respecto al obtenido en el 15%, concluyo que los residuos de cascara de huevo de gallinas cumplen con la normativa y pueden ser utilizados en la construcción, obteniendo mejores respuestas en la resistencia a la compresión con un tamaño de partícula fina (<0.25 mm) con una sustitución del 15% en cemento portland.

A nivel nacional se revisó el estudio de Bances, J. (2020) en su tesis de investigación “PROPUESTA DE MODELO MATEMÁTICO PARA ESTIMAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN 210 KG/CM² DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE CASCARA DE HUEVO. CASOS DE ESTUDIO EN PERU”, cuyo objetivo fue determinar un modelo matemático para prever la resistencia a la compresión de 210 kg/cm² de un concreto que presenta adición de cascara de huevo, realizo mezclas de cascara de huevo combinado con eucalipto, además adicionando cascara de huevo y la arcilla con proporciones de 10%, 12%, 16% y 20% para unas roturas de probetas al tiempo de 7, 14 y 28 días, obtuvo como respuesta a los 7 días de curado que con 4% de la sustitución del cemento por la primera mezcla alcanzo una resistencia a la compresión de 190 kg/cm² mientras que para la segunda mezcla alcanzo una resistencia a la compresión de 160 kg/cm², con un 12% de reemplazo del cemento por la primera mezcla obtuvo una resistencia de compresión de 194.2 kg/cm², mientras que para la segunda mezcla presentó una resistencia de compresión de 139.5 kg/cm², con 20% de reemplazo del cemento por la primera mezcla obtuvo una resistencia de compresión de 194.2 kg/cm², mientras que para la segunda mezcla se tuvo una resistencia de compresión de 141 kg/cm². Al tiempo de 14 días de curado con un 4% de reemplazo del cemento portland, la primera mezcla que realizó alcanzo la resistencia de compresión de 199 kg/cm² siendo este valor menor al obtenido por la segunda combinación la cual fue 204 kg/cm², con 12% de reemplazo del cemento portland la primera mezcla que realizó alcanzo la resistencia de compresión de 210 kg/cm² siendo este valor mayor al obtenido por la segunda combinación la cual fue 191.6 kg/cm², con 20% de reemplazo del cemento portland la primera mezcla que realizó alcanzo la resistencia de compresión de 240 kg/cm² siendo este valor mayor al obtenido por la segunda combinación la cual fue 154.6 kg/cm². Al tiempo de 28 días curando el concreto con 4% de reemplazo del cemento portland por la primera mezcla alcanzo una resistencia de compresión de 205

kg/cm², teniéndose que es inferior a la obtenida por la segunda mezcla que alcanzó 225 kg/cm², con un 12% de reemplazo del cemento por la primera mezcla alcanzó una resistencia de compresión de 217.8 kg/cm² resultado que fue igual a la alcanzada por la segunda combinación, con el 20% de reemplazo del cemento por la primera mezcla alcanzó una resistencia de compresión de 253 kg/cm² resultado que fue mayor a la obtenida por la segunda mezcla que obtuvo 166.6 kg/cm², concluyendo que para la mezcla de cascara de huevo más cenizas de eucalipto obtuvo su índice más alto con una sustitución de 20% y la mezcla de cáscara de huevo más arcilla obtuvo su valor más alto con una sustitución de 6%, recomendando además una sustitución de 10% para la mezcla de cáscara de huevo con cenizas de eucalipto (relación 3:1) si se desea que presente valores de 210 kg/cm² de resistencia en 28 días

En el mismo sentido, Castro, D. & Alfaro, J. (2019) en su tesis de investigación titulada “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS-MECÁNICAS DEL CONCRETO DE RESISTENCIAS $f'c = 210, 280, 350 \text{ KG/CM}^2$ SUSTITUYENDO MATERIAL CEMENTICIO POR CÁSCARA DE HUEVO”, cuyo objetivo fue el análisis y la comparación cuando se sustituye material cementicio por fibra de cascara de huevo para resistencias de concreto de valores de $f'c = 210, 280, 350 \text{ kg/cm}^2$ determinando si se produce aumento en los índices de resistencia a la compresión y tracción, se realizó la sustitución en un 15% y 20% adicionando 2% en relación al peso del cemento haciendo roturas al tiempo de 7, 14 y 28 días curando, Obtuvo como resultados a los 7 días para un diseño de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, el concreto patrón una resistencia de compresión de 223.85 kg/cm², con reemplazo del 15% se presentó una resistencia de compresión de 232.90 kg/cm², con sustitución de 20% una resistencia de 246.55 kg/cm². Al tiempo de 14 días, el concreto patrón presentó resistencia de 295.96 kg/cm², con reemplazo del 15% una resistencia de 294.70 kg/cm², con sustitución de 20% una resistencia de compresión de 287.80 kg/cm². Al tiempo de 28 días el concreto patrón presentó resistencia de 322.88 kg/cm² a la compresión, con reemplazo del 15% una resistencia de compresión de 335.20 kg/cm², con sustitución de 20% una resistencia de compresión de 313.40 kg/cm². Se concluyó que el material con la sustitución alcanzó la resistencia de diseño a los 7 días, lo que sugiere que la sustitución funciona como un acelerador de la resistencia en las primeras etapas. El mejor desempeño se obtuvo con una sustitución del 15%, confirmando que la cáscara de huevo es un reemplazo eficaz para el cemento.

De igual manera, Cerna, C. (2019) en su tesis titulada “RESISTENCIA DEL CONCRETO SUSTITUYENDO EL CEMENTO POR CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZAS DE CARBÓN”, cuyo objetivo fue evaluar la resistencia de compresión cuando se reemplaza en proporción en peso al cemento portland por la mezcla de cenizas obtenida de cascara de arroz y cenizas obtenidas de carbón en un 20 y 40% para un concreto $f'c$ 210 kg/cm² con relación a/c de 0.684. Obtuvo como resultado de las pruebas a compresión que al tiempo de 7 días curando, el concreto patrón alcanzó una resistencia de compresión promedio de 156.89 kg/cm² equivalente al 74.78%, con sustitución del 20% presentó una resistencia de compresión promedio de 166.40 kg/cm² equivalente al 79.24%, con sustitución de 40% presentó una resistencia de compresión promedio de 111.01 kg/cm² equivalente al 52.86%. Al tiempo de 14 días, la muestra del concreto patrón alcanzó una resistencia de compresión promedio de 173.99 kg/cm² equivalente al 82.85%, con sustitución del 20% alcanzó una resistencia promedio de 192.82 kg/cm² equivalente al 91.81%, con sustitución de 40% alcanzó una resistencia de compresión promedio de 124.57 kg/cm² equivalente al 59.32%. Al tiempo de 28 días, las muestras del concreto patrón alcanzaron una resistencia promedio de 217.83 kg/cm² equivalente al 103.73%, con sustitución del 20% alcanzó una resistencia de compresión promedio de 230.21 kg/cm² equivalente al 109.62%, con sustitución de 40% presentó una resistencia de compresión promedio de 146.81 kg/cm² equivalente al 69.91%. Concluyó que las muestras cumplieron con los estándares en la norma técnica peruana registrando un aumento a la resistencia de compresión reemplazando con las cenizas obtenidas de cascara de arroz y cenizas obtenidas de carbón de piedra siendo la mayor resistencia registrada con la sustitución del cemento en 20%.

En el entorno local, se revisó las investigaciones como es el caso de Matías, S. (2018) en su tesis de titulada “RESISTENCIA DE UN CONCRETO $F'c=210$ KG/CM² SUSTITUYENDO EL 10% Y 16% DE CEMENTO POR UNA COMBINACIÓN DE CASCARA DE HUEVO Y CENIZA DE HOJA DE EUCALIPTO”. Presentó como objetivo la sustitución en peso del cemento de 10% y 16% para un concreto de $f'c=210$ kg/cm² con una relación de la combinación de 7.5% polvo de cascara de huevo + 2.5% ceniza de hoja de eucalipto y la otra relación 12% de polvo de cascara de huevo + 4% de ceniza de hoja de eucalipto manteniendo una proporción de 3:1, realizó los ensayos de compresión al tiempo de 7. 14 y 28 días curando, concluyendo que lo obtenido en las diferentes rupturas son superiores a las del concreto patrón, obtuvo como resultado de las pruebas a compresión que

al tiempo de 7 días el bloque patrón alcanzó una resistencia de compresión promedio de 187.76 kg/cm², con sustitución del 10% presentó una resistencia de compresión promedio de 193.32 kg/cm², con sustitución de 16% presentó una resistencia de compresión promedio de 194.20 kg/cm². A los 14 días las muestras patrones alcanzaron una resistencia de compresión promedio de 196.75 kg/cm², con sustitución del 10% presentó una resistencia de compresión promedio de 206.77 kg/cm², con sustitución de 16% presentó una resistencia de compresión promedio de 223.06 kg/cm². Al tiempo de 28 días las muestras patrón presentaron una resistencia de compresión promedio de 210.17 kg/cm², con sustitución del 10% presentó una resistencia de compresión promedio de 214.23 kg/cm², con sustitución de 16% presentó una resistencia de compresión promedio de 232.71 kg/cm². Comprobando que la sustitución del cemento portland por la mezcla de polvo de cascara de huevo y ceniza obtenida de eucalipto mejoran las características y alcanzan la resistencia de compresión de un concreto de diseño de $f'c=210$ kg/cm² siendo las probetas con muestras de 10% y 16% las cuales obtuvieron resultados superiores a los 7, 14 y 28 días de curado teniendo en la primera una resistencia mayor esperada de 102% mientras que la segunda un 111%.

Así mismo sobre la resistencia con sustitución del cemento realizado por Vidal, P. (2019) en su tesis titulada “RESISTENCIA DE CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO EN 5%, 7.5% Y 10% POR LA COMBINACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CASCARA DE HUEVO”. investigó el efecto de reemplazar el cemento en proporciones de 5%, 7.5% y 10% con una mezcla de ceniza de ichu y cáscara de huevo, para evaluar la resistencia a la compresión de un concreto con una resistencia característica de $f'c=210$ kg/cm². El estudio, de enfoque cuantitativo y diseño experimental, realizó pruebas de compresión en probetas a los 7, 14 y 28 días de curado. Los resultados mostraron que, a los 7 días, el concreto patrón presentó una resistencia promedio de 180.87 kg/cm². Con una sustitución del 5% del cemento, la resistencia promedio fue de 192.70 kg/cm²; con un 7.5%, se obtuvo 173.67 kg/cm²; y con un 10%, la resistencia promedio fue de 192.77 kg/cm². A los 14 días, el concreto patrón alcanzó una resistencia promedio de 189.27 kg/cm². Con el 5% de sustitución, la resistencia promedio fue de 197.70 kg/cm²; con el 7.5%, se alcanzó 218.97 kg/cm²; y con el 10%, la resistencia promedio fue de 198.60 kg/cm². A los 28 días, el concreto patrón mostró una resistencia promedio de 215.27 kg/cm². Con una sustitución del 5%, se obtuvo una resistencia promedio de 217.97 kg/cm²; con el 7.5%, la resistencia promedio fue de 224.87 kg/cm²; y con el 10%, se alcanzó 221.70 kg/cm². Concluyendo con la obtención de una mayor resistencia con la sustitución de 7.5%

de cemento portland por la mezcla en proporción 1:3 de ceniza obtenida de Ichu y ceniza obtenida de cascara de huevo con 224.87 kg/cm² siendo un 107.10% mejor y una mínima con la sustitución al 5% en proporción 1:3 de ceniza obtenida de Ichu y ceniza obtenida de cascara de huevo con 217.97 kg/cm².

En el mismo sentido, Reyes, M. (2019) en su tesis titulada “RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO $f'c=210\text{KG/CM}^2$ AL SUSTITUIR AL CEMENTO EN 4%, 6% Y 8% POR CASCARA DE HUEVO”. investigó la resistencia a la compresión al sustituir el cemento por ceniza de cáscara de huevo en proporciones de 4%, 6% y 8%, para un concreto con una resistencia característica de $f'c$ 210 kg/cm². La metodología empleada fue experimental, con un diseño de investigación correctivo, y se realizaron un total de 36 probetas de concreto. La ceniza de cáscara de huevo fue activada a 700°C, mostrando un alto contenido de óxido de calcio y una pérdida de masa inicial del 44%. Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión mostraron que, a los 7 días, el concreto patrón obtuvo una resistencia promedio de 158.72 kg/cm². Con una sustitución del 4% de cemento, la resistencia promedio fue de 161.03 kg/cm²; con el 6%, alcanzó 161.16 kg/cm²; y con el 8%, se logró una resistencia promedio de 164.42 kg/cm². A los 14 días, el concreto patrón mostró una resistencia promedio de 180.31 kg/cm². Con una sustitución del 4% de cemento, la resistencia promedio fue de 185.13 kg/cm²; con el 6%, fue de 184.87 kg/cm²; y con el 8%, se alcanzó 187.83 kg/cm². A los 28 días, el concreto patrón presentó una resistencia promedio de 212.24 kg/cm². Con una sustitución del 4%, la resistencia promedio fue de 212.21 kg/cm²; con el 6%, alcanzó 213.05 kg/cm²; y con el 8%, la resistencia promedio fue de 214.96 kg/cm². El estudio concluyó que la ceniza de cáscara de huevo mejora tanto la trabajabilidad como la resistencia del concreto, siendo la sustitución del 8% la que proporcionó los mejores resultados, superando al concreto patrón.

A manera de complemento con el desarrollo de antecedentes se procede a continuación con la fundamentación científica, en el que se ve plasmada las revisiones de informes, artículos, trabajos de investigación además de otros documentos teniendo como finalidad la obtención de información relevante sobre el tema de investigación planteada. Los retos medioambientales y ecológicos adquieren cada vez más importancia a escala mundial. Debido a la naturaleza de sus operaciones y al agotamiento de los recursos naturales vitales para este sector, la industria de la construcción se ve directamente afectada por esta tendencia.

Esto crea la necesidad y la importancia de buscar cambios para ayudar en la conservación y el mejoramiento del medio. Buscar materiales que sirvan de alternativa para el reemplazo del cemento es uno de los retos que se ha estado enfrentando en este siglo.

Según Gutiérrez (2003), el cemento Portland es cualquier material que pueda adherirse, independientemente de su procedencia; el cemento es una sustancia que adquiere resistencia y cualidades adhesivas cuando entra en contacto con el agua (Pasquel, 1993). El cemento portland se produce pulverizando clínker junto con sulfato de calcio o sus derivados (Rivera, 2013).

Los tipos de cemento son los siguientes: Tipo I, cemento normal, que se fabrica a partir de una mezcla de clínker y yeso; Tipo II, cemento modificado, que se caracteriza por su resistencia a los sulfatos muy moderada; y Tipo V, cemento, que presenta muy buena resistencia a la acción de los sulfatos (Pasquel, 1993). El cemento Tipo I es el más utilizado.

Un carbón por excelencia es el diamante, siendo el material conocido en el universo como el más duro y preciso. Antiguamente ya se conocía el carbón desde que apareció el hombre las conocía en forma negro de humo y carbón vegetal. Un método muy similar se utilizaba en Egipto para preparar el carbón vegetal, que se encuentra en estado natural y se aprecia de dos formas: como carbón encontrado (carbón de piedra) o como amorfo, siendo el grado de pureza el que determina si el carbón puro cristaliza en diamante o en grafito (Babor & Jbarz, 1963).

La ceniza puede utilizarse en la producción de ladrillos y la preparación del hormigón, ya que puede abaratar los costes sin sacrificar la calidad del producto y es un material sostenible y respetuoso con el medio ambiente (Cladera, A., Etseberria, M., Schiess, I., Pérez, A.).

Variedades de carbón

Antracita: Tiene un bajo contenido en materias volátiles, un alto contenido en carbono (86-98%) y un poder calorífico superior de 32,6 MJ/kg (14.000 BTU/lb). Se utiliza potencialmente en plantas carboeléctricas, industrias carboquímicas e industrias siderúrgicas. También es conocido como carbón de piedra o carbón duro.

Carbón bituminoso: Contiene carbono en bajas proporciones y presenta menor poder calorífico en comparación a la antracita. Lo utilizan para la producción de

energía térmica, la generación de vapor y también en procesos siderúrgicos. Lo conocen también como carbón coquizable.

Carbón subbituminoso: Produce menos poder calorífico que el carbón bituminoso, tiene un alto contenido de materia volátil y un porcentaje de carbono que oscila entre el 35% y el 45%. Se emplea en la generación de energía eléctrica y térmica.

Lignito y turba: Se utilizan normalmente en generadores de vapor, plantas de energía eléctrica y calefacción debido a su alto contenido de humedad y cenizas, bajo poder calorífico y suficiente contenido de material volátil (Minem, Colombia, UPME, 2005).

Cáscara del huevo: Es la cubierta que protege al huevo de las influencias exteriores, la pared que lo mantiene a salvo y el conducto que permite los intercambios gaseosos y líquidos con el medio ambiente. Según la raza de la que proceda, la cáscara puede pesar entre el 9 y el 12 por ciento del huevo, es decir, entre 5 y 7 gramos. Está formada principalmente por compuestos minerales, el más importante de los cuales es el carbonato cálcico (94,0%), esencial para la integridad estructural del huevo. Otros componentes minerales, como el carbonato de magnesio y el fosfato tricálcico, están presentes en la cáscara, pero en cantidades muy diminutas (Valdés, 2009).

Ceniza de cáscara de huevo: Soto y Argumedo (2014) señalan que para obtener ceniza de cáscara de huevo se deben pesar 0,5g de la muestra, luego se debe mantener en una mufla a 500°C durante 6 horas. Luego se debe dejar enfriar unos 20 minutos antes de tomar los datos y calcular el porcentaje correspondiente.

Propiedades del Concreto Fresco

Trabajabilidad: La facilidad para mezclar, manipular y colocar el concreto en una obra utilizando las herramientas de compactación disponibles (Huamán, 2018).

Consistencia: Es el grado de humectación de la mezcla y puede determinarse de varias maneras. La prueba más popular es la prueba de asentamiento, que mide simplemente la consistencia del concreto. Apaza (2018).

Homogeneidad: Según Huamán (2018), la homogeneidad es la propiedad del concreto que asegura la distribución normal de sus constituyentes a través de la masa.

Segregación: Es el proceso de separación de las partes constituyentes del concreto en función del tamaño de las partículas, que actúa por dosificación y gravedad para producir, en algunas situaciones, cangrejas (Apaza, 2018).

Propiedades del Concreto Endurecido

Resistencia: La mayor resistencia medida de una probeta de concreto o mortero a una carga axial se conoce como su resistencia a la compresión. A los 28 días de edad, se representa comúnmente en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm²) y se denota con el símbolo f_c. Para conocer la resistencia a la compresión se realizan ensayos de concreto (Huamán, 2018).

Durabilidad: Para ser utilizado, el concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, las reacciones químicas y el desgaste. Los ciclos de congelación-descongelación son los principales responsables de los daños que sufre el concreto (Huamán, 2018).

Impermeabilidad: La capacidad del concreto para impedir que el agua lo atraviese es una característica muy significativa, sobre todo cuando hay agentes agresivos peligrosos que pueden dañar tanto el concreto como el acero de refuerzo (Apaza, 2018).

Agregados

Por su origen: Las canteras son la fuente de los áridos naturales. Pueden utilizarse tal y como se extraen, o pueden ser alterados por el ser humano manteniendo las propiedades de la roca original. El concreto reciclado, las arcillas expandidas y otros materiales naturales sufren transformaciones que producen áridos artificiales (Rivera, 2013).

Por densidad: Según su densidad, los áridos pueden ser ligeros, normales o pesados, y esto tendrá un impacto significativo en la densidad del concreto en el que se utilicen (Rivera, 2013).

Por gradación: La arena es el tipo de árido fino más extendido; son áridos con partículas comprendidas entre los tamices N°3/8» y N°200. La grava y la piedra triturada son los áridos gruesos más populares; contienen partículas retenidas en el tamiz N°4 (Pasquel, 1993).

Agua

El agua es elemental al momento de realizar la mezcla de concreto, por ello es importante que no contenga impurezas que puedan alterar las propiedades.

El agua es necesaria para hidratar el cemento y lubricar la mezcla para que pueda ser trabajada (Pasquel, 1993).

En otras palabras, cualquier agua que sea potable y no tenga mal sabor ni olor puede añadirse a la mezcla de hormigón; de lo contrario, el agua no siempre será apta para el consumo (Rivera, 2013). Si se indica que la composición química del agua es apta para el consumo humano, entonces se aconseja utilizar el agua para preparar el hormigón, independientemente de cualquier tratamiento.

Continuando el desarrollo de la investigación, es válido hacer mención los motivos importantes con las cuales se sostiene la justificación del estudio propuesto, siendo que a nivel mundial un material bastante utilizado es el concreto para las construcciones, gran parte de infraestructuras que existen en el mundo están elaboradas con este material, por lo cual el consumo de los materiales que contiene un concreto son bastante explotados causando un desequilibrio ambiental debido a la gran necesidad de estos materiales, de los cuales uno de ellos es el cemento.

Para la obtención del cemento se lleva todo un proceso que se genera a partir de la explotación de materiales que se encuentran en la naturaleza que generan gran impacto ambiental, por lo cual es necesario buscar materiales que ¿puedan sustituirlo parcialmente.

Debido a la gran cantidad de residuos que se generan a diario, podemos encontrar dentro de estas la cascara de huevo, la cual es un alimento de gran consumo a nivel nacional con un gran volumen de producción, este material no es objeto de reutilización, por lo cual es necesario buscar alternativas mediante las cuales se pueda buscar un adecuado manejo de cascara de huevo, con acciones como reciclajes, buscando en este material una sustitución para el cemento reduciendo parcialmente la demanda de este.

Por otra parte, la utilización de carbón es fuente de energía eléctrica con producción a nivel mundial del 40% suministrando energía primaria consumida en el mundo que representa el 25%. Una alternativa a la sustitución del cemento son los residuos de cenizas de carbón. mediante la calcinación o trituración para la obtención de su ceniza, la cual es avalada por diversos estudios que sostienen que estas cenizas tienen propiedades con características que cumplen como reemplazo del cemento.

Tabla 1

Composición nutricional de la cáscara de huevo en polvo por 100 gramos

Composición nutricional de la cáscara de huevo en polvo por 100 gramos	
Proteína	2.1g
Ceniza	96.9
Agua	0.5g
Potasio	41.6mg
Calcio	38mg
Fósforo	99.3mg
Hierro	0.5mg
Sodio	87mg
Magnesio	375mg

Fuente: Soto y Argumedo (2014)

Este proyecto de investigación pretende contribuir con nuevas alternativas para la sustitución del cemento, para lograr concretos resistentes a la compresión, permitiendo un avance tecnológico para la ingeniería relacionado al concreto, de esa forma obtener un concreto resistente a su vez en armonía con el sistema ecológico, evitando y mitigando el deterioro ambiental, Debido a esto la propuesta es determinar la resistencia a la compresión de concreto $f'c$ 210 kg/cm² con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz – 2023, deseando obtener una mayor resistencia que un concreto convencional.

Referente al problema que presenta la investigación, está definida de acuerdo a que las ideas de ecología y medio ambiente están cobrando importancia a escala mundial. Debido a la naturaleza del trabajo que realiza esta industria y al hecho de que los recursos naturales que le son esenciales se agotan cada día, esto tiene un impacto directo en el sector de la construcción.

Esto crea la necesidad y la importancia de buscar cambios para ayudar en la conservación y el mejoramiento del medio.

El gran crecimiento urbano es considerable a nivel mundial como a nivel nacional y regional, este incremento crea la demanda de materiales para la construcción como lo es el cemento cuya obtención es a partir de mucha materia prima, además en el proceso se generan impactos ambientales negativos.

Por otra parte, en la actividad humana se genera muchos residuos de alimentos como lo es la cascara de huevo, el cual en la actualidad solo genera desechos y contaminación debido a la falta de gestiones de reutilización para este material, así mismo se utiliza en diversas actividades el carbón ya sea en la producción de energía o en otras actividades como lo es la cocina en pollerías, el cual genera a diario residuos de este material que no es reaprovechado causando contaminación por las malas prácticas y falta de gestión ambiental. Por lo descrito anteriormente se ha visto adecuado plantear la siguiente interrogante:

¿En qué medida la sustitución del cemento en 2.5%, 5% y 7.5% por la combinación de ceniza de carbón y cascara de huevo (1:3), influye en la resistencia a la compresión de concreto $f'c=210$ kg/cm² en la ciudad de Huaraz - 2023?

Para la conceptualización y operacionalización de las variables, se investigó algunas terminologías claves para el avance de la actual investigación. Tenemos así las definiciones conceptuales de Resistencia a la compresión de concreto $f'c=210$ kg/cm² que, según Juárez E. (2005), es la tensión máxima que puede soportar un material sometido a una carga de aplastamiento. Así mismo la sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo se define como el procedimiento en el que se calienta a 500°C en una mufla durante seis horas, y luego se deja enfriar durante unos veinte minutos (Soto y Argumedo, 2014).

En el caso de la definición operacional se define la Resistencia a la compresión de concreto $f'c=210$ kg/cm² como el mayor esfuerzo que una probeta de concreto podrá soportar cuando la carga se ajuste a la norma N.T.P. También se define la sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo es el proceso de la combinación de cenizas producto de calcinación del carbón y cascara de huevo con proporción 1:3

Tabla 2

Operacionalización de variable dependiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALADE MEDICION
Resistencia a la compresión de concreto f'c=210 kg/cm2	Según Juárez E. (2005), es la tensión máxima que puede soportar un material sometido a una carga de aplastamiento.	Es el mayor esfuerzo que una probeta de hormigón podrá soportar cuando la carga se ajuste a la norma N.T.P..	Carga axial Área Tiempo de curado Diseño de mezcla Resistencia a la compresión	Fuerza/Área	razón
				Varianza Radio, altura Desviación estándar Proporción en peso agregado grueso, agregado fino y agua Kg/cm2	

Fuente: Trabajo Propio.

Tabla 3

Operacionalización de variable independiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALADE MEDICION
sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo	procedimiento en el que se calienta a 500°C en una mufla durante seis horas, y luego se deja enfriar durante unos veinte minutos (Soto y Argumedo, 2014).	Combinación de cenizas producto de calcinación del carbón y cascara de huevo con proporción 1:3	Relación agua/cemento	Porcentaje	razón
				2.5%, 5% y 7.5% (1:3)	

Fuente: Trabajo Propio.

Como respuesta a priori al problema de la investigación realizada, se planteó la siguiente hipótesis, "la sustitución del cemento en 2.5%, 5% y 7.5% por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo (1:3), mejorará la resistencia a la compresión de concreto f'c=210 kg/cm2 en relación a uno convencional en la ciudad de Huaraz - 2023"

La investigación presente propuso su objetivo general, determinar la resistencia a la compresión de concreto $f'_c=210$ kg/cm² con sustitución del cemento en 2.5%, 5% y 7.5% por la combinación de ceniza de carbón y cascara de huevo en la ciudad de Huaraz – 2023, para el cual se propusieron cuatro objetivos específicos:

- Determinar la temperatura de calcinación del carbón y la cáscara de huevo utilizando el método de Análisis Térmico Diferencial (ATD).
- Determinar la composición química del polvo de carbón y de cáscara de huevo que ha sido térmicamente activado, utilizando la técnica de Fluorescencia de Rayos X.
- Determinar la proporción de agua y cemento en el concreto patrón y en los concretos experimentales.
- Determinar la resistencia a la compresión de las muestras de concreto, tanto del patrón como de las mezclas experimentales, a los 7, 14 y 28 días, y su validez estadística.

II. Metodología

Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de Investigación

El tipo de investigación correspondiente es de tipo aplicada, debido a que, se buscó resolver un problema y buscar nuevos conocimientos para obtener soluciones a cuestiones concretas. Usando materiales de bajo costo, naturales y métodos innovadores, debido a estudios previos, se comprobó de manera cuasi experimental las resistencias de un concreto con sustitución del cemento en 2.5%, 5% y 7.5% por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo, en comparación de un concreto convencional para un concreto con diseño de $f'c=210$ kg/cm². El tiempo jugó un papel crucial en la obtención de los resultados.

Esta investigación también es explicativa, debido a que se buscó la explicación de la varianza de resistencias a la compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm² con sustitución del cemento en 2.5%, 5% y 7.5% por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo (1:3).

Según su finalidad

La metodología de investigación que fue aplicada es de tipo cuasi experimental, debido a que se buscó sustituir el cemento de un concreto convencional en 2.5%, 5% y 7.5% por la combinación de cenizas de carbón y cascara de huevo. Además, se hizo uso de la observación científica por estar en contacto directo con el proceso de análisis.

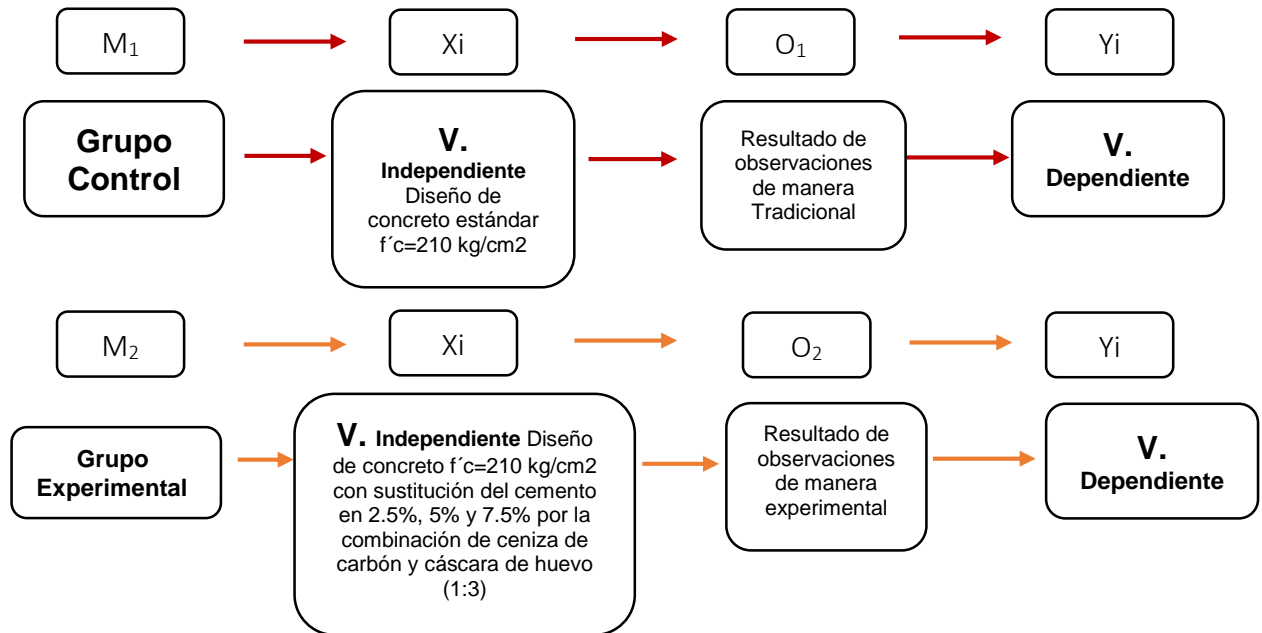
Según su alcance:

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, con el objetivo de obtener datos numéricos medibles según las directrices del laboratorio. Estos datos fueron analizados mediante métodos matemáticos y estadísticos para validar la hipótesis propuesta.

Diseño de Investigación

El diseño del estudio es cuasi experimental y se basa en un enfoque cuantitativo. En él se examinó la resistencia de un concreto estándar frente a uno en el que se ha sustituido el cemento en proporciones del 2.5%, 5% y 7.5% con una mezcla de ceniza de carbón y cáscara de huevo en una relación de 1:3. Las pruebas se llevaron a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, y los datos se recolectaron mediante la observación de

fenómenos bajo condiciones controladas por el investigador. Siendo su diseño de investigación el siguiente:



- **M₁**: Grupo control, Muestras de probetas de concreto estándar $f'c=210$ kg/cm².
- **X_i**: Variable independiente, Diseño de concreto estándar $f'c=210$ kg/cm².
- **O₁**: Las observaciones derivadas de la muestra corresponden a los resultados registrados en el manual de diseño del concreto patrón.
- **Y_i**: Variable dependiente, Niveles de capacidad de resistencia a la compresión de las muestras de concreto estándar (patrón).
- **M₂**: Grupo Experimental, Muestras de probetas de concreto $f'c=210$ kg/cm² con sustitución del cemento en 2.5%, 5% y 7.5% por la mezcla de ceniza de carbón y cascara de huevo.
- **X_i**: Variable independiente, Diseño de concreto $f'c=210$ kg/cm² con sustitución de cemento en 2.5%, 5% y 7.5% por la combinación de ceniza de carbón y cascara de huevo.
- **O₂**: Observaciones Los resultados obtenidos de la muestra están registrados en el manual de observación del diseño de concreto experimental.

- **Yi:** Variable dependiente, Niveles de resistencia a la compresión de las muestras de concreto en las que se ha reemplazado el cemento en proporciones del 2.5%, 5% y 7.5% con una mezcla de ceniza de carbón y cáscara de huevo.





































Población y Muestra

La población consistió en 36 probetas de concreto de $f'c=210$ kg/cm² que fueron elaborados con un diseño que puede satisfacer los requisitos de resistencia especificados por las normas técnicas.

La muestra es igual a la población, comprende nueve probetas con un diseño estándar, nueve probetas con cemento sustituido por una combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo (1:3) al 2,5%, nueve probetas con cemento sustituido por una combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo (1:3) al 5%, y nueve probetas con cemento sustituido por una combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo (1:3) al 7,5%.

Tabla 4

Cuadro de Plan de Roturas de Concreto

Días de curado		Resistencia a la compresión de concreto $f'c=210$ kg/cm ² con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cascara de huevo – Huaraz - 2023						
		Patrón	Combinación - I (1:3) 2.5%		Combinación - II (1:3) 5%		Combinación - III (1:3) 7.5%	
7	Pb1		Pb1		Pb1		Pb1	
	Pb2		Pb2		Pb2		Pb2	
	Pb3		Pb3		Pb3		Pb3	
14	Pb1		Pb1		Pb1		Pb1	
	Pb2		Pb2		Pb2		Pb2	
	Pb3		Pb3		Pb3		Pb3	
28	Pb1		Pb1		Pb1		Pb1	
	Pb2		Pb2		Pb2		Pb2	
	Pb3		Pb3		Pb3		Pb3	

Fuente: Trabajo Propio

Técnicas e instrumentos de investigación

Tabla 5

Métodos y herramientas de investigación

Técnicas de Recolección de Información	Instrumento	Ámbito de la Investigación
Observación Científica	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de Observación resumen • Protocolos de las Pruebas a realizar (fichas técnicas de laboratorio) 	<p>Grupo Control Grupo Experimental</p>

Fuente: Trabajo Propio

La observación se usó como instrumento debido a que se debe percibir y registrar de manera cuidadosa y experta el material para la obtención de buenos resultados, para ello como instrumento se utilizó una guía de observación que nos permitió el ordenamiento de los datos y la organización de la información de las resistencias a la compresión.

Los datos de las pruebas de laboratorio correspondientes se procesaron para el presente proyecto de investigación utilizando las herramientas de cálculo Excel o SPSS. Para confirmar la hipótesis, los datos se examinaron mediante tablas, gráficos, porcentajes, medias, varianzas o una prueba ANOVA.

Tratamiento y evaluación de los datos

El carbón fue recolectado de las pollerías de la ciudad de Huaraz, un aproximado de 10000gr. La cascara de huevo fueron recolectadas de las pastelerías como desperdicios, un aproximado de 10000gr, luego se procedió al lavado de las muestras para evitar impurezas.

La metodología que se empleó para el análisis del carbón y cascara de huevo, así como los materiales para la elaboración del concreto fueron determinadas por las guías de laboratorio. Estas guías de laboratorio se aplicaron para el procesamiento y análisis de la información, siendo los siguientes ensayos y procesos que se necesitaron:

- Análisis Granulométrico
- Determinación del Peso Específico de Arena Gruesa
- Determinación del Peso Específico de Piedra

- Determinación del Peso Unitario de Arena
- Determinación del Peso Unitario de Piedra
- Contenido de Humedad
- Diseño de Mezcla
- Cono de Abrams.
- Producción de Unidades
- Prueba de Compresión
- Se utilizó una Guía de Registro personalizada para monitorear el progreso de las probetas a intervalos de 7, 14 y 28 días.
- Para los cálculos y análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos, se emplearon programas especializados.
- Se contó con la asesoría de especialistas en el laboratorio de suelos para realizar los ensayos.
- Se usaron herramientas como cámaras fotográficas y otros equipos para documentar y evidenciar el desarrollo del proyecto.

Proceso y análisis de los datos

- Obtención de los agregados necesarios para la fabricación de probetas de concreto con resistencia $f'c=210$ kg/cm².
- Se llevó un registro detallado mediante fichas, grabaciones y fotografías para documentar el avance de las pruebas.
- Se diseñó una mezcla de concreto con resistencia $f'c=210$ kg/cm² y su correspondiente desviación estándar.
- Se fabricaron probetas de concreto siguiendo el diseño patrón.
- Se produjeron probetas de concreto con sustitución del cemento en proporciones del 2.5%, 5% y 7.5% usando una mezcla de ceniza de carbón y cáscara de huevo.
- Se realizó el curado de las probetas de concreto y se efectuaron las pruebas de resistencia a la compresión para las probetas con el diseño patrón y las que contienen sustitución de cemento en 2.5%, 5% y 7.5% en Huaraz.
- Los datos obtenidos se organizaron en cuadros y gráficos, como barras y líneas, para facilitar el análisis de los resultados.

Se aplicaron métodos estadísticos, explicativos.

Métodos explicativos

Dentro de los métodos explicativos, los datos se clasificaron sistemáticamente presentados en tablas estadísticas acompañados de gráficos de barras, gráficos lineales entre otros, además se hizo cálculos de porcentajes, promedios, varianzas.

III. Resultados

Comenzando con la obtención de la cáscara de huevo y su molienda para obtener el polvo de cáscara de huevo, se sigue una secuencia para realizar la activación y caracterización de la cáscara de huevo, Análisis Térmico Diferencial (ATD), y Fluorescencia de Rayos X, respectivamente. Esto permite obtener datos como la temperatura y el tiempo necesarios para realizar la calcinación del polvo de cáscara de huevo, y ayuda a determinar cómo obtener la ceniza de cáscara de huevo. Recogida, Limpieza, Molienda, Análisis Térmico Diferencial, Quemado, Tamizado y Fluorescencia de Rayos X son los pasos en orden.

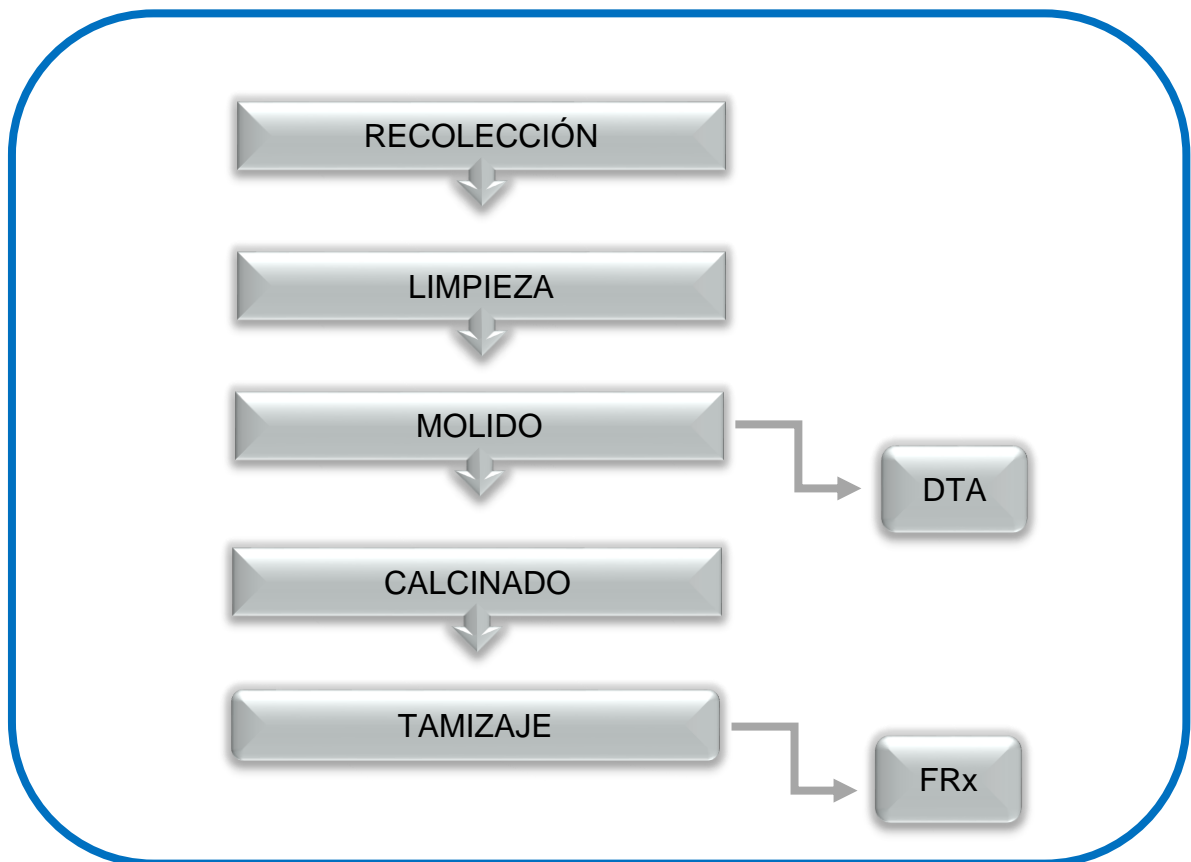


Figura 1. Proceso para obtener ceniza a partir de cáscara de huevo

Fuente: Trabajo Propio

La recolección se puede realizar de manera domiciliaria debido a que la el huevo es un producto que se consume en las viviendas y no son reutilizadas, sin embargo, para esta investigación la recolección se realizó de las panaderías y locales que surten jugos de frutas en la ciudad de Huaraz, en los cuales se utiliza en gran medida el huevo, siendo el desperdicio de la cascara de huevo uno de los principales desechos de estas tiendas.

La limpieza de la cáscara de huevo se efectuó de manera manual., debido a que traía impurezas y restos de otros productos que son ajenos al proyecto.

Se puede apreciar en la figura 12 que en el punto 1 se está realizando la selección de las cascara de huevo, para proceder con el punto 2 que es la limpieza de la cascara de huevo, en el cual se ha quitado las impurezas existentes en la muestra mediante el lavado con abundante agua, posterior a ello se continua con el punto 3 donde se escurre el agua dejando a la muestra filtrada para llega al punto 4 en el que se dejara la muestra a secar para su posterior molido.

Para realizar el molido de la cascara de huevo, se puede realizar con un molino manual o con un molino industrial, para esta investigación se utilizó ambas para llegar a obtener un polvo hecho a partir de cáscara de huevo que tenga partículas pequeñas para que facilite el quemado del mismo y la producción de ceniza a partir de cáscara de huevo, esto con el motivo que cuando las partículas son más pequeñas tienden a tener mayor reactividad el cual es favorable, debido a esto se tamiza la ceniza obtenida del quemado por la malla N° 200, de esta manera se logra alcanzar partículas menores a 75 μm .

En la figura 13 se puede apreciar el proceso en el que se realizó la trituration de la cascara de huevo, teniendo en el punto 1 el proceso de molienda con un molino manual, lográndose apreciar en el punto 2 que las partículas de la cascara de huevo son menores a 1 cm, para lo cual se procede a llevar la muestra a un molino industrial (Industria Marañon) en el cual se procesara hasta llegar a partículas muy finas menores a 1 mm como se puede apreciar en el punto 4.

Se realizó una comparación de la pérdida de masa utilizando una muestra de 1000 g para determinar la muestra total de cáscara de huevo que es necesario obtener.

Tabla 6

Comparación en pérdida de masa en la calcinación de cascara de huevo

Características	C. Huevo	C. Molido	Polvo Quemado	Ceniza tamizada T. N° 200
Peso	1000 gr	920 gr	754 gr	694 gr
Porcentaje Restante	100%	92%	75%	69%
Color	Pardo	Blanco hueso	Gris	Gris claro
Aspecto		Polvo	Polvo	Polvo fino
Tamaño	< 4 cm	< 1 mm	< 1 mm	< 75 µm
Malla que pasa				N° 200

Fuente: Trabajo Propio

Para realizar el Análisis Termo Diferencial, se tomó una muestra de 350 mg de polvo de cascara de huevo al cual se sometió al proceso de incineración a una temperatura entre 450 y 600 °C por un tiempo de 3 a 5 horas aproximadamente, este estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Servicios a la Comunidad e Investigación (LASACI) de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo.

Se utilizó una prueba de fluorescencia de rayos X para determinar la composición química de la ceniza de cáscara de huevo y los porcentajes de óxidos presentes en la muestra. La prueba se realizó en el Laboratorio de Investigación y Servicios a la Comunidad (LASACI) de la Facultad de Química de la Universidad Nacional de Trujillo.

Para realizar los análisis se utilizó un espectrómetro de fluorescencia total de rayos X BRUKER, modelo S2-PICOFOX. Fuente de rayos X: Tubo de Mo. Tiempo de medición: 2000 segundos. Después de tamizar la muestra de ceniza de cáscara de huevo a través de la malla n° 200 según el método ASTM C25, Volumetría USAQ-ME06, se examinaron 250 mg.

Tabla 7

Estudio de Fluorescencia por Rayos X de la cáscara de huevo

Oxido	Resultado (%)	Método Utilizado
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	0.26 %	Espectrometría de fluorescencia de rayos X
Oxido de Calcio (CaO)	84.31 %	
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	9.56 %	
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	0.08 %	
Oxido de Potasio (K ₂ O)	0.15 %	
Oxido de Titanio (TiO)	0.01 %	
Oxido de Estroncio (SrO)	0.19 %	
Oxido de Cobre (CuO)	0.01 %	
Dióxido de Azufre (SO ₂)	0.42 %	
Óxido de ZINC (ZnO)	0.01 %	
Oxido de Manganeso (MnO)	0.06 %	
Perdida al Fuego	4.94 %	

Fuente: Informe sobre la prueba de fluorescencia de rayos X - UNT

Para llevar a cabo la activación y caracterización de la ceniza de carbón, se sigue un procedimiento que incluye el pre tamizado con una malla N° 40, el Análisis Diferencial Térmico y la Fluorescencia de Rayos X, en ese orden. Primero, se obtiene la ceniza de carbón y se realiza el pre tamizado para convertirla en polvo fino. A continuación, se determina la temperatura de activación utilizando el Análisis Térmico Diferencial (DTA), que proporciona información sobre la temperatura y los tiempos necesarios para procesar la ceniza de carbón. El proceso sigue la siguiente secuencia: Recolección, Pre tamizado, Análisis Térmico Diferencial, Quemado, Tamizado, y Fluorescencia de Rayos X.



Figura 2. Proceso para obtener ceniza de carbón

Fuente: Trabajo Propio

La selección se puede realizar de manera domiciliaria debido a que en muchas viviendas se utilizan el carbón y las cenizas no son reutilizadas, también se puede hacer la obtención mediante el triturado del carbón, sin embargo, para esta investigación la recolección se realizó de los locales de pollerías en la ciudad de Huaraz, en los cuales se utiliza en gran medida el carbón, siendo los residuos de ceniza de carbón abundantes procedentes de estos locales.

El pre tamizado se realizó manualmente, debido a que traía impurezas y restos de otros productos que son ajenos al proyecto.

En la figura 16 se puede observar que algunas impurezas se quedan en la malla N° 40, por lo cual es importante el pre tamizado para recién llevar a realizar un ATD.

Como método de cálculo de la muestra total a recolectarse de ceniza de carbón, se procedió a realizar una comparativa de la pérdida de masa con una muestra de 1000gr.

Tabla 8

Comparación en pérdida de masa en la calcinación de ceniza de carbón

Características	C. Carbón	Pre tamizado	Ceniza Quemada	Ceniza tamizada T. N° 200
Peso (gr)	1000 gr	775 gr	651 gr	599 gr
Porcentaje(%) Restante	100%	77%	65%	60%
Color/Matiz	Gris Oscuro	Gris	Gris	Gris claro
Apariencia		Polvo	Polvo	Polvo fino
Tamaño	< 1 cm	< 1 mm	< 1 mm	< 75 µm
Malla que pasa				N° 200

Fuente: Trabajo Propio

Para llevar a cabo el Análisis Termo Diferencial, se extrajo una muestra de 35 mg de ceniza de carbón, la cual fue sometida a un proceso de incineración a temperaturas que variaron entre 450 y 500 °C durante aproximadamente 3 a 5 horas. Este análisis se

realizó en el Laboratorio de Servicios a la Comunidad e Investigación (LASACI) de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo.

Para identificar los componentes químicos de la ceniza de carbón, se llevó a cabo un análisis mediante Fluorescencia de Rayos X, el cual permitió determinar la proporción de puzolanas en la muestra. Este ensayo se realizó en la Facultad de Química de la Universidad Nacional de Trujillo, específicamente en el Laboratorio de Servicios a la Comunidad e Investigación (LASACI).

El análisis se llevó a cabo utilizando un espectrómetro de fluorescencia de rayos X de la marca BRUKER, modelo S2-PICOFOX. La fuente de rayos X utilizada fue un tubo de molibdeno, y el tiempo de medición fue de 2000 segundos. Se examinó una muestra de 25 mg de ceniza de carbón, previamente tamizada con una malla N° 200. El método empleado se basó en la norma ASTM C25 y en la volumetría USAQ-ME06.

Tabla 9

Estudio de Fluorescencia por Rayos X de la ceniza de carbón

Oxido	Resultado (%)	Método Utilizado
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	61.12 %	
Oxido de Calcio (CaO)	8.43 %	
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	16.11 %	
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	3.08 %	
Oxido de Potasio (K ₂ O)	0.82 %	
Oxido de Magnesio (MgO)	1.37 %	Espectrometría de fluorescencia de rayos X
Pentóxido de Fosforo (P ₂ O ₅)	0.51 %	
Oxido de Cobre (CuO)	0.07 %	
Trióxido de Azufre (SO ₃)	0.12 %	
Óxido de ZINC (ZnO)	0.01 %	
Oxido de Manganeseo (MnO)	0.004 %	
Perdida por Quemado	8.35 %	

Fuente: Informe sobre la prueba de fluorescencia de rayos X - UNT

A continuación, se mostrarán los resultados de laboratorio utilizados para calcular el diseño de la mezcla, empleando arena y piedra chancada de la cantera de Rubén como materiales experimentales para los agregados finos y gruesos, además del cemento Pacasmayo (tipo Portland I).

Cont. de Humedad A.F.

Tabla 10

Cont. de Humedad del Agregado Fino

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
T.-SUELO HUM.(gr)	901.40	901.40
T. + SUELO SECO (gr)	898.20	898.40
P. DEL H ₂ O(gr)	3.20	3.00
P. TARA(gr)	201.40	201.40
P. SUELO SECO(gr)	696.80	697.00
CONT. DE HUM.(%)	0.46	0.43
PROM. CONT. HUM.(%)		0.44

Fuente: Resultados obtenidos en el Lab. de Mec. de Suelos y Ens. de Materiales de la USP

Cont. de Humedad A.G.

Tabla 11

Cont. de Humedad del Agregado Grueso

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
T. – SUELO HUM.(gr)	1110.00	1025.60
T. + SUELO SECO(gr)	1103.90	1020.10
P. DEL H ₂ O(gr)	6.10	5.50
P. TARA(gr)	0	0
P. SUELO SECO(gr)	1103.90	1020.10
CONT. DE HUM.(%)	0.55	0.54
PROM. CONT. HUM. (%)		0.55

Fuente: Resultados obtenidos en el Lab. de Mec. de Suelos y Ens. de Materiales de la USP

Grav. Esp. y Abs. A.F.

Tabla 12

Gravedad Específica y Absorción del A.F.

A	P. de mat. satur. sup. seco(aire)	gr.	300.00	300.00
B	P. de picnómetro + agua	gr.	669.00	669.00
C	Vol. de masa + vol. de vacíos(A+B)	cm ³	969.00	969.00
D	P. de picnómetro + H ₂ O + mat.	gr.	857.20	857.20
E	Vol. de masa + vol. de vacíos(C-D)	cm ³	111.80	111.80
F	P. de mat. Seco - estufa	gr.	296.70	296.70
G	Vol. de masa (E-(A-F))		108.50	108.50
H	P.e. Bulk(Base Seca) F/E		2.654	2.654
I	P.e. Bulk(Base Saturada) A/E		2.683	2.683
J	P.e. Aparente(Base Seca) F/E		2.735	2.735
K	Absorción(%)((D-A/A)x100)		1.11	1.11
P.a. Bulk (Base Seca) :			2.654	
P.a. Bulk (Base Saturada) :			2.683	
P.a. Aparente (Base Seca) :			2.735	
Absorción % :			1.11	

Fuente: Resultados obtenidos en el Lab. de Mec. de Suelos y Ens. de Materiales de la USP

Grav. Esp. y Abs. A.G.

Tabla 13

Gravedad Específica y Absorción del A.G.

A	P. de mat. satur. sup. seco(aire)	gr.	1444.50	1390.90
B	P. de mat. satur. sup. seco(agua)	gr.	939.90	905.40
C	Vol. de masa + vol. de vacíos(A+B)	cm ³	504.60	485.50
D	P. de mat. Seco - estufa		1435.40	1381.90
E	Vol. de masa(C-(A-D))		495.50	476.50
G	P.e. Bulk(Base Seca) D/C		2.845	2.846
H	P.e. Bulk(Base Saturada) A/E		2.863	2.865
I	P.e. Aparente(Base Seca) D/E		2.897	2.900
F	Absorción(%)((D-A/A)x100)		0.63	0.65
P.a. Bulk (Base Seca) :			2.845	
P.a. Bulk (Base Saturada) :			2.864	
P.a. Aparente (Base Seca) :			2.898	

Absorción (%) : 0.64

Fuente: Resultados obtenidos en el Lab. de Mec. de Suelos y Ens. de Materiales de la USP

P. Unitario Del A.F.

Tabla 14

Peso Unitario Suelto del A.F.

ENSAYO N°	01	02	03
P. molde + muestra	7650	7600	7650
P. molde	3360	3360	3360
P. muestra	4290	4240	4290
Vol. molde	2788	2788	2788
P. unitario(kg/m3)	1539	1521	1539
P. unitario prom.(kg/m3)		1533	
CORREG. X HUM.		1526	

Fuente: Resultados obtenidos en el Lab. de Mec. de Suelos y Ens. de Materiales de la USP

Tabla 15

Peso Unitario Compactado del A.F.

ENSAYO N°	01	02	03
P. molde + muestra	8350	8350	8300
P. molde	3360	3360	3360
P. muestra	4990	4990	4940
Vol. molde	2788	2788	2788
P. unitario(kg/m3)	1790	1790	1772
P. unitario prom.(kg/m3)		1784	
CORREG. X HUM.		1776	

Fuente: Resultados obtenidos en el Lab. de Mec. de Suelos y Ens. de Materiales de la USP

P. Unitario Del A.G.

Tabla 16

Peso Unitario Suelto del A.G.

ENSAYO N°	01	02	03
P. molde + muestra	18300	18500	18550
P. molde	5100	5100	5100
P. muestra	13200	13400	13450
Vol. molde	9354	9354	9354
P. unitario (kg/m3)	1411	1433	1438
P. unitario prom. (kg/m3)		1427	
CORREG. X HUM.		1419	

Fuente: Resultados obtenidos en el Lab. de Mec. de Suelos y Ens. de Materiales de la USP

Tabla 17

Peso Unitario Compactado del A.G

ENSAYO N°	01	02	03
P. molde + muestra	19900	20000	19900
P. molde	5100	5100	5100
P. muestra	14800	14900	14800
Vol. de molde	9354	9354	9354
P. unitario (kg/m3)	1582	1593	1582
P. unitario prom. (kg/m3)		1586	
CORREG. X HUM.		1577	

Fuente: Resultados obtenidos en el Lab. de Mec. de Suelos y Ens. de Materiales de la USP

Análisis Granul. Fino

Tabla 18.

Análisis Granulométrico Fino

N°	TAMIZ	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumulado (%)	% Que pasa (gr.)
	Abert.(mm)				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.10	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.76	15.60	1.60	1.60	98.40
N° 8	2.36	93.20	9.30	10.90	89.10
N°16	1.18	192.90	19.30	30.20	69.80
N°30	0.60	207.70	20.80	50.90	49.10
N°50	0.30	175.70	17.60	68.50	31.50
N°100	0.15	199.60	20.00	88.50	11.50
N°200	0.08	107.80	10.80	99.30	0.80
PLATO	ASTM C-117-04	7.50	0.80	100.00	0.00
TOTAL		1000.00	100.00		

Prop. Físicas

Mód. de Fineza : 2.51

Fuente: Resultados obtenidos en el Lab. de Mec. de Suelos y Ens. de Materiales de la USP

Análisis Granul. Grueso

Tabla 19

Análisis Granulométrico del Agregado Grueso

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumulado	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.100	250.90	21.60	21.60	78.40
½"	12.500	655.80	56.40	77.90	22.10
3/8"	9.520	250.50	21.50	99.50	0.50
N° 4	4.760	6.20	0.50	100.00	0.00
N° 8	2.360	0.00	0.00	100.00	0.00
N°16	1.180	0.00	0.00	100.00	0.00
N°30	0.600	0.00	0.00	100.00	0.00
N°50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
N°100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00
N°200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
PLATO	ASTM C-117-04	0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		1163.40	100.00		

Prop. Físicas

Tamaño Máx. Nom. : ¾"

Huso : N° 5 Ref. (ASTM C-33)

Fuente: Resultados obtenidos en el Lab. de Mec. de Suelos y Ens. de Materiales de la USP

Diseño de Mezcla - Patrón

Criterios

- La elección de las proporciones se llevará a cabo utilizando el método del ACI.
- La resistencia a la compresión de diseño indicada es de 210 kg/cm² después de 28 días.

Recursos a utilizar

A.- Cemento Portland:

- Tipo I “Pacasmayo”
- P. esp. 3.12

B.- H₂O:

- Potable, limpia, local

C.- A.F:

CANTERA : RUBEN

- P. espec de masa 2.65
- P. unit. suelto 1526 kg/m³
- P. unit. compactado 1776 kg/m³
- Cont. de Hum. 0.44%
- Cap. de Absorción 1.11%
- Mód. de fineza 2.51

D.- A.G:

CANTERA : RUBEN

- Piedra con bordes angulares
- T.M.N. ¾”
- P. esp. de masa 2.85
- P. unit. suelto 1419 kg/m³
- P. unit. compactado 1577 kg/cm³
- Cont. humedad 0.55%
- Cap. de Absorción 0.64%

Determinación del asentamiento

Según las especificaciones, la mezcla debe tener una consistencia plástica que se corresponde con un asentamiento de 3 a 4 pulgadas.

Vol. Unit. de H₂O

Para una mezcla de concreto con un asentamiento de 3” a 4”, sin aire incorporado y con un agregado grueso de tamaño máximo nominal de ¾”, se requiere un volumen de agua de 205 litros por metro cúbico.

Relación A/C

Se calcula una proporción de a/c de 0.684.

Índice de Cemento

$$F.C.: 205 / 0.684 = 299.708 \text{ kg/m}^3 = 7.05 \text{ bls/m}^3$$

Parámetros de diseño ajustados

Cem	.....	299.708 kg/m ³
H ₂ O efectiva	.....	211.221 lts/m ³
A.F.	.....	775.438 kg/m ³
A.G.	.....	1110.076 kg/m ³

Prop. en Peso

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{775.438}{299.71} : \frac{1110.08}{299.71}$$

$$1 : 2.59 : 3.70 : 29.95 \text{ lts/bolsa}$$

Proporciones en Volumen

$$1 : 2.53 : 3.89 : 29.95 \text{ lts/bolsa}$$

Determinación de Peso Específico (7.5%)

(Frasco de le Chaletair)

(Según ASTM C188, AASHTO T133 y MTC E 610-2000)

Material: 7.5% de la combinación de CC+CH – 92.5% de Cemento

Tabla 20

Determinación de Peso Específico - 7.5% de la combinación de CC+CH – 92.5% de Cemento

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
PRIMERA LECTURA	(m)	0.00	0.00
ULTIMA LECTURA	(m)	21.70	21.70
P. MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOL. DESPLAZADO	(m)	21.70	21.70
P. ESP.		2.949	2.949
P. ESP. PROM.	(gr/cm ³)	2.949	

Fuente: Resultados obtenidos en el Lab. de Mec. de Suelos y Ens. de Materiales de la USP

Diseño de Mezcla - 7.5% Sustitución del Cemento

Especificaciones

- La elección de las proporciones se llevará a cabo utilizando el método del ACI.
- La resistencia a la compresión de diseño indicada es de 210 kg/cm² después de 28 días

Materiales

A.- Cemento Portland:

- Tipo I "Pacasmayo"
- P. esp. 2.94

B.- H₂O:

- Potable, limpia, local

C.- A.F.:

CANTERA : RUBEN

- P. esp. de masa 2.65
- P. unit. suelto 1526 kg/m³
- P. unit. compactado 1776 kg/m³
- Cont. de Humedad 0.44%
- Cap. de Absorción 1.11%
- Mód. de fineza 2.51

D.- A.G.:

CANTERA : RUBEN

- Piedra con bordes angulares
- T.M.N. ¾"
- P. esp. de masa 2.85
- P. unit. suelto 1419 kg/m³
- P. unit. compactado 1577 kg/cm³
- Cont. de humedad 0.55%
- Cap. de Absorción 0.64%

Determinación del asentamiento

Según las especificaciones, la mezcla debe tener una consistencia plástica que se corresponde con un asentamiento de 3 a 4 pulgadas.

Vol. Unit. de H₂O

Para una mezcla de concreto con un asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y con un agregado grueso de tamaño máximo nominal de 3/4", se requiere un volumen de agua de 205 litros por metro cúbico.

Relación A/C

Se calcula una proporción de a/c de 0.684.

Volúmenes Absolutos

Cem.	(m3) 0.089
7.5% de la combinación de CC+CH.....	(m3) 0.007
H ₂ O efectiva.....	(m3) 0.205
A.F.	(m3) 0.291
A.G... ..	(m3) 0.388
Espacios vacíos	(m3) <u>0.020</u>
	1.000 m3

Pesos Secos

Cem.	277.23 kg/m3
7.5% de la combinación de CC+CH.....	22.478 kg/m3
H ₂ O efectiva	205.00 lts/m3
A.F.	772.00 kg/m3
A.G... ..	1104.05 kg/m3

P. Correg. por Humedad

Cem.	277.23 kg/m3
7.5% de la combinación de CC+CH.....	22.478 kg/m3
H ₂ O efectiva	215.30 lts/m3
A.F.	775.44 kg/m3
A.G... ..	1110.08 kg/m3

Prop. en Vol.

$$\frac{277.23}{277.23} : \frac{22.478}{277.23} : \frac{775.44}{277.23} : \frac{1110.08}{277.23}$$

1 : 0.08 : 2.80 : 4.00 : 30.53 *lbs/bolsa*

Determinación de Peso Específico (5%)

(Frasco de le Chaletair)

(Según ASTM C188, AASHTO T133 y MTC E 610-2000)

Material: 5% de la combinación de CC+CH – 95% de Cemento

Tabla 21

Determinación de Peso Específico - 5% de la combinación de CC+CH – 95% de Cemento

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
PRIMERA LECTURA	(m)	0.00	0.00
ULTIMA LECTURA	(m)	21.20	21.20
P. DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOL. DESPLAZADO	(m)	21.20	21.20
P. ESP.		3.019	3.019
P. ESP. PROM.	(gr/cm ³)		3.019

Fuente: Resultados obtenidos en el Lab. de Mec. de Suelos y Ens. de Materiales de la USP

Diseño de Mezcla - 5% Sustitución del Cemento

Especificaciones

- La elección de las proporciones se llevará a cabo utilizando el método del ACI.
- La resistencia a la compresión de diseño indicada es de 210 kg/cm² después de 28 días.

Materiales

A.- Cemento Portland:

- Tipo I “Pacasmayo”
- P. esp. 3.01

B.- H₂O:

- Potable, limpia, local

C.- A.F.:	CANTERA	:	RUBEN
	- P. esp. de masa		2.65
	- P. unit. suelto		1526 kg/m ³
	- P. unit. compactado		1776 kg/m ³
	- Cont. de Humedad		0.44%
	- Cap. de Absorción		1.11%
	- Mód. de fineza		2.51

D.- A.G.:	CANTERA	:	RUBEN
	- Piedra con bordes angulares		
	- T.M.N.		¾"
	- P. esp. de masa		2.85
	- P. unit. suelto		1419 kg/m ³
	- P. unit. compactado		1577 kg/cm ³
	- Cont. de humedad		0.55%
	- Cap. de Absorción		0.64%

Determinación del asentamiento

Según las especificaciones, la mezcla debe tener una consistencia plástica que se corresponde con un asentamiento de 3 a 4 pulgadas.

Vol. Unit. de H₂O

Para una mezcla de concreto con un asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y con un agregado grueso de tamaño máximo nominal de ¾", se requiere un volumen de agua de 205 litros por metro cúbico.

Relación A/C

Se calcula una proporción de a/c de 0.684.

Volúmenes Absolutos

Cem.	(m ³) 0.091
5% de la combinación de CC+CH.....	(m ³) 0.005
H ₂ O efectiva.....	(m ³) 0.205
A.F.	(m ³) 0.291

A.G.	(m3) 0.388
Espacios vacíos	(m3) <u>0.020</u>

1.000 m3

Pesos Secos

Cem.	284.72 kg/m3
5% de la combinación de CC+CH.....	14.985 kg/m3
H ₂ O efectiva.....	205.00 lts/m3
A.F.	772.00 kg/m3
A.G.	1104.05 kg/m3

P. Correg. por Humedad

Cem.	284.72 kg/m3
5% de la combinación de CC+CH.....	14.985 kg/m3
H ₂ O efectiva.....	213.10 lts/m3
A.F.	775.44 kg/m3
A.G.	1110.08 kg/m3

Prop. en Vol.

$$\frac{284.72}{284.72} : \frac{14.985}{284.72} : \frac{775.44}{284.72} : \frac{1110.08}{284.72}$$

$$1 : 0.05 : 2.72 : 3.90 : 30.20 \text{ lts/bolsa}$$

Determinación de Peso Específico (2.5%)

(Frasco de le Chaletair)

(Según ASTM C188, AASHTO T133 y MTC E 610-2000)

Material: 2.5% de la combinación de CC+CH – 97.5% de Cemento

Tabla 22

Determinación de Peso Específico - 7.5% de la combinación de CC+CH – 92.5% de Cemento

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
PRIMERA LECTURA	(m)	0.00	0.00
ULTIMA LECTURA	(m)	20.80	20.80
P. MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOL. DESPLAZADO	(m)	20.80	20.80
P. ESP.		3.077	3.077
P. ESP. PROM.	(gr/cm3)		3.077

Fuente: Resultados obtenidos en el Lab. de Mec. de Suelos y Ens. de Materiales de la USP

Diseño de Mezcla - 2.5% Sustitución del Cemento

Especificaciones

- La elección de las proporciones se llevará a cabo utilizando el método del ACI.
- La resistencia a la compresión de diseño indicada es de 210 kg/cm² después de 28 días.

Materiales

A.- Cemento Portland:

- Tipo I “Pacasmayo”
- P. esp. 3.07

B.- H₂O:

- Potable, limpia, local

C.- A.F.:

CANTERA : RUBEN

- P. esp. de masa 2.65
- P. unit. suelto 1526 kg/m³
- P. unit. compactado 1776 kg/m³
- Cont. de Humedad 0.44%
- Cap. de Absorción 1.11%
- Mód. de fineza 2.51

D.- A.G.:

CANTERA : RUBEN

- Piedra con bordes angulares	
- T.M.N.	¾"
- P. esp. de masa	2.85
- P. unit. suelto	1419 kg/m ³
- P. unit. compactado	1577 kg/cm ³
- Cont. de humedad	0.55%
- Cap. de Absorción	0.64%

Determinación del asentamiento

Según las especificaciones, la mezcla debe tener una consistencia plástica que se corresponde con un asentamiento de 3 a 4 pulgadas.

Vol. Unit. de H₂O

Para una mezcla de concreto con un asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y con un agregado grueso de tamaño máximo nominal de ¾", se requiere un volumen de agua de 205 litros por metro cúbico.

Relación A/C

Se calcula una proporción de a/c de 0.684.

Volúmenes Absolutos

Cem.	(m ³) 0.094
2.5% de la combinación de CC+CH.....	(m ³) 0.002
H ₂ O efectiva.....	(m ³) 0.205
A.F.	(m ³) 0.291
A.G.	(m ³) 0.388
Espacios vacíos	(m ³) <u>0.020</u>
	1.000 m³

Pesos Secos

Cem.	292.22 kg/m ³
2.5% de la combinación de CC+CH.....	7.493 kg/m ³
H ₂ O efectiva.....	205.00 lts/m ³

A.F.	.....	772.00 kg/m ³
A.G.	.....	1104.05 kg/m ³
P. Correg. por Humedad		
Cem.	.....	292.22 kg/m ³
2.5% de la combinación de CC+CH.....		7.493 kg/m ³
H ₂ O efectiva.....		211.22 lts/m ³
A.F.	.....	775.44 kg/m ³
A.G.	.....	1110.08 kg/m ³

Prop. en Vol.

$$\frac{292.22}{292.22} : \frac{7.493}{292.22} : \frac{775.44}{292.22} : \frac{1110.08}{292.22}$$

$$1 : 0.03 : 2.85 : 3.80 : 29.99 \text{ lts/bolsa}$$

De acuerdo a la combinación se realizó el cálculo del peso total necesario de CCH y CC, en base al diseño de mezcla:

Combinación I = (0.625%CC + 1.875%CCJH) 2.5%

Combinación II = (1.25%CC + 3.75%CCJH) 5%

Combinación III = (1.875%CC + 5.625%CCJH) 7.5%

A continuación, se procedió a realizar los cálculos de volumen necesario para las 9 probetas de concreto de cada muestra, las probetas son de dimensiones de alto 30 cm y de diámetro 12 cm.

Con las medidas que se observan en la figura 20 se procede a realizar la conversión de las unidades en metros y a realizar el cálculo del volumen de 9 probetas

Molde de probeta de concreto:

Alto = 0.30 m

Diámetro = 0.15 m

Volumen = $\frac{\pi * 0.15^2}{4} * 0.30$ = 0.0053 m³

$$\text{Volumen } 9 \text{ probetas} = 0.0053 * 9 = 0.048 \text{ m}^3$$

Teniendo que multiplicar el volumen obtenido para las 9 probetas de cada muestra con sustitución del cemento y el patrón por los datos obtenidos, en el cual se realizó el diseño de mezcla para las 3 muestras experimentales y para la muestra patrón, de los cuales se presenta el resumen a continuación, los cuales se utilizaron para el cálculo de materiales a utilizar en la preparación de todas las 36 probetas que se requerían para la experimentación y comparación de resultados. De los diseños de mezcla en peso tenemos los siguientes valores para producir 1 m³ de concreto:

Diseños de Mezcla

Del D.M. - Patrón

Cemento	=	299.708 kg/m ³
A.F.	=	775.438 kg/m ³
A.G.	=	1110.076 kg/m ³
H ₂ O	=	211.221 lts/m ³

Del D.M. – Sustitución 2.5%

Cemento	=	292.22 kg/m ³
2.5% de la combinación de CC+CCH	=	7.493 kg/m ³
A.F.	=	775.44 kg/m ³
A.G.	=	1110.08 kg/m ³
H ₂ O	=	211.22 lts/m ³

Del D.M. – Sustitución 5%

Cemento	=	284.72 kg/m ³
5% de la combinación de CC+CCH	=	14.985 kg/m ³
A.F.	=	775.44 kg/m ³
A.G.	=	1110.08 kg/m ³
H ₂ O	=	213.10 lts/m ³

Del D.M. – Sustitución 7.5%

Cemento	=	277.23 kg/m ³
7.5% de la combinación de CC+CCH	=	22.478 kg/m ³
A.F.	=	775.44 kg/m ³
A.G.	=	1110.08 kg/m ³
H ₂ O	=	215.30 lts/m ³

Obtención de los pesos de las combinaciones

Para obtener en peso las combinaciones se debe realizar el cálculo en porcentaje de incidencia de cada material, teniendo en cuenta que la proporción planteada es de 1:3 de CC y CCH, se tiene que el porcentaje de incidencia para la ceniza de carbón se obtiene aplicando el producto de $\frac{1}{4}$ con el porcentaje de la suma de la combinación, mientras que para la ceniza de cascara de huevo se tiene que multiplicar $\frac{3}{4}$ por el porcentaje de la suma de la combinación, comprobando el resultado igualando las sumas resultadas al porcentaje de la combinación que se esté realizando:

Combinación-I	=	$(0.625\%CC + 1.875\%CCH) 2.5\%$
	=	$(0.090 \text{ kg CC} + 0.270 \text{ KG CCH}) 0.360 \text{ kg}$
Combinación-II	=	$(1.25\%CC + 3.75\%CCJH) 5\%$
	=	$(0.180 \text{ kg CC} + 0.539 \text{ kg CCH}) 0.719 \text{ kg}$
Combinación-III	=	$(1.875\%CC + 5.625\%CCJH) 7.5\%$
	=	$(0.270 \text{ kg CC} + 0.809 \text{ kg CCH}) 1.079 \text{ kg}$

Entonces realizamos el cálculo de agregados multiplicando lo valores del diseño de mezcla por el volumen de 9 probetas necesarias para cada muestra necesaria.

Tabla 23

Cant. de mat. en peso para la fabricación de 9 probetas de concreto

Material	C-PATRON		Combinación III		Combinación II		Combinación I	
CEMENTO	14.386	Kg	13.307	Kg	13.667	Kg	14.027	Kg
C-HUEVO	-	Kg	0.809	Kg	0.539	Kg	0.270	Kg
C-CARBON	-	Kg	0.270	Kg	0.180	Kg	0.090	Kg
A. FINO	37.221	Kg	37.221	Kg	37.221	Kg	37.221	Kg
A. GRUESO	53.284	Kg	53.284	Kg	53.284	Kg	53.284	Kg
AGUA	10.139	Kg	10.334	Kg	10.229	Kg	10.139	Kg

Fuente: Trabajo Propio

A continuación, se procede a calcular los materiales en peso con el 5 % de desperdicio para cada una de las combinaciones y para el concreto patrón.

Tabla 24

Cant. de mat. en peso para producir 9 probetas de concreto, incluyendo un 5% de margen para desperdicio

Material	C-PATRON		C-7.5%		C-5%		C-2.5%	
CEMENTO	15.105	Kg	13.972	Kg	14.35	Kg	14.728	Kg
C-HUEVO	-	Kg	0.849	Kg	0.566	Kg	0.284	Kg
C-CARBON	-	Kg	0.284	Kg	0.189	Kg	0.095	Kg
A. FINO	39.082	Kg	39.082	Kg	39.082	Kg	39.082	Kg
A. GRUESO	55.948	Kg	55.948	Kg	55.948	Kg	55.948	Kg
AGUA	10.646	Kg	10.851	Kg	10.74	Kg	10.646	Kg

Fuente: Trabajo Propio

Para alcanzar el objetivo de obtener una resistencia a la compresión de concreto de $f'c$ 210 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días tanto para la muestra estándar como para las experimentales, y para llevar a cabo el análisis, comparación e interpretación de los resultados obtenidos, se deben seguir los siguientes pasos:

Como primer paso, se procedió a la fabricación de las probetas de concreto estándar de acuerdo con el diagrama de flujo para la producción de concretos de referencia.

En el segundo paso, se llevaron a cabo la fabricación de las probetas de concreto experimentales de acuerdo con el diagrama de flujo establecido para la producción de concretos experimentales.

En el tercer paso, se efectuaron pruebas de resistencia a la compresión en las probetas de concreto estándar y experimentales a los 7, 14 y 28 días de curado.

En el cuarto paso, se llevó a cabo el análisis, la comparación y la interpretación de los resultados obtenidos, basándose en las pruebas estadísticas que corroboran la hipótesis planteada.

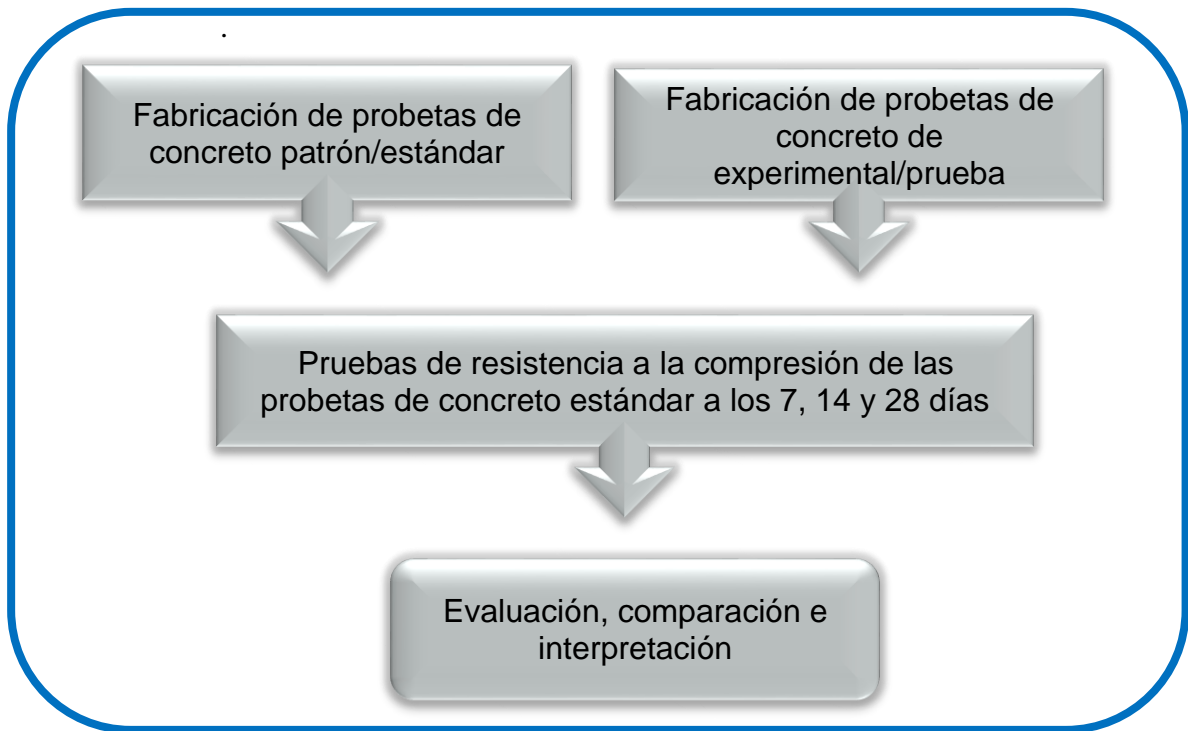


Figura 3. Diagrama de procedimiento para las probetas estándar y experimentales

Fuente: Trabajo Propio

A continuación, se presentan los diagramas de flujo que describen los procedimientos para la fabricación de 9 probetas de concreto estándar, 9 probetas de concreto experimental con la combinación I, 9 probetas de concreto experimental con la combinación II, y 9 probetas de concreto experimental con la combinación III. Estos diagramas detallan los materiales, equipos, procesos de mezclado, llenado de moldes, fraguado, curado, almacenamiento y, finalmente, el muestreo a través de la prueba de compresión.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PRODUCCIÓN DEL CONCRETO PATRON

Materiales:

- A. Grueso
- A. Fino
- Cemento Pacasmayo
- Agua

Equipos:

- Molde de probetas
- Balanzas
- Cucharon metálico
- Trompo

Mezclado:

- Humedecer y aplicar agua en el Trompo
- Mezcla de A. fino + A. grueso + cemento
- Mezclar hasta obtener una buena pasta

Llenado de molde:

- En 3 etapas (cada 1/3)
- Se compacta con 25 varilladas
- Golpea a los bordes con martillo de goma

Fraguado:

- Se debe mantener en un lugar apropiado hasta su desmolado a las 24 horas

Curado:

- El curado se debe realizar con agua de meza, envolviendo todo el volumen de las probetas.

Almacenamiento:

- Mantener las probetas en lugares apropiados hasta llevar 24 horas antes de su ensayo a compresión

Ensayos a compresión:

- Se debe retirar del curado 24 horas antes del ensayo
- Ensayo a compresión

Figura 4. Flujograma para Elaborar las probetas de concreto patrón

Fuente: Trabajo Propio

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA FABRICACIÓN DEL CONCRETO EXPERIMENTAL

Materiales:

- A. Fino - CC
- Cemento Pacasmayo
- CCH - Agua
- A. Grueso

Equipos:

- Molde de probetas
- Balanza
- Cucharon metálico
- Trompo

Mezclado:

- Humedecer y aplicar agua en el Trompo
- Mezcla de A.F + A. G + (cemento + CC+ CCH), al trompo
- Mezclar hasta obtener una buena pasta

Llenado de molde:

- En 3 etapas (cada 1/3)
- Se compacta con 25 varilladas
- Golpea a los bordes con martillo de goma

Fraguado:

- Se debe mantener en un lugar apropiado hasta su desmolado a las 24 horas

Curado:

- El curado se debe realizar con agua de meza, envolviendo todo el volumen de las probetas.

Almacenamiento:

- Mantener las probetas en lugares apropiados hasta llevar 24 horas antes de su ensayo a compresión

Ensayos a compresión:

- Se debe retirar del curado 24 horas antes del ensayo
- Ensayo a compresión

Figura 5. Flujograma para Elaborar las probetas de concretos experimentales

Fuente: Trabajo Propio

Siguiendo el proceso indicado en los diagramas de flujo para la producción de concretos estándar y experimentales, se procedió a fabricar todas las muestras, resultando en un total de 36 probetas.

Tabla 25

Resistencia a la compresión de 210 kg/cm² en probetas de concreto patrón

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO PATRÓN							
N°	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (*)	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/cm2	FC/F'C (*)
			MOLDEO	ROTURA			
01	PATRON	-	21/11/2023	28/11/2023	7	157.78	75.13
02	PATRON	-	21/11/2023	28/11/2023	7	165.88	78.99
03	PATRON	-	21/11/2023	28/11/2023	7	152.00	72.38
04	PATRON	-	21/11/2023	05/12/2023	14	177.23	84.40
05	PATRON	-	21/11/2023	05/12/2023	14	185.71	88.43
06	PATRON	-	21/11/2023	05/12/2023	14	181.36	86.36
07	PATRON	-	21/11/2023	19/12/2023	28	218.34	103.97
08	PATRON	-	21/11/2023	19/12/2023	28	213.66	101.74
09	PATRON	-	21/11/2023	19/12/2023	28	215.93	102.83

Fuente: Resultados de ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la USP

Tabla 26

Resistencia a la compresión $f'c$ 210 kg/cm² de probetas con concreto experimental - combinación I

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO EXPERIMENTAL CON SUSTITUCION DEL CEMENTO EN 2.5% (0.625%CC+1.875%CCH) - (1:3)							
Nº	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (*)	MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/cm ²	FC/F'c (*)
01	Experimental	-	23/11/2023	30/11/2023	7	182.52	86.91
02	Experimental	-	23/11/2023	30/11/2023	7	177.45	84.50
03	Experimental	-	23/11/2023	30/11/2023	7	179.58	85.51
04	Experimental	-	23/11/2023	07/12/2023	14	199.88	95.18
05	Experimental	-	23/11/2023	07/12/2023	14	193.89	92.33
06	Experimental	-	23/11/2023	07/12/2023	14	198.45	94.50
07	Experimental	-	23/11/2023	21/12/2023	28	225.04	107.16
08	Experimental	-	23/11/2023	21/12/2023	28	230.85	109.93
09	Experimental	-	23/11/2023	21/12/2023	28	228.54	108.83

Fuente: Resultados de ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la USP

Tabla 27

Resistencia a la compresión $f'c$ 210 kg/cm² de probetas con concreto experimental - combinación II

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO EXPERIMENTAL CON SUSTITUCION DEL CEMENTO EN 5% (1.25%CC+3.75%CCH) - (1:3)							
Nº	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (*)	MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/cm ²	FC/F'c (*)
01	Experimental	-	23/11/2023	30/11/2023	7	181.47	86.42
02	Experimental	-	23/11/2023	30/11/2023	7	183.07	87.18
03	Experimental	-	23/11/2023	30/11/2023	7	180.79	86.09
04	Experimental	-	23/11/2023	07/12/2023	14	206.17	98.17
05	Experimental	-	23/11/2023	07/12/2023	14	203.79	97.04
06	Experimental	-	23/11/2023	07/12/2023	14	203.00	96.67
07	Experimental	-	23/11/2023	21/12/2023	28	236.03	112.40
08	Experimental	-	23/11/2023	21/12/2023	28	234.26	111.55
09	Experimental	-	23/11/2023	21/12/2023	28	233.00	110.95

Fuente: Resultados de ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la USP

Tabla 28

Resistencia a la compresión $f'c$ 210 kg/cm² de probetas con concreto experimental - combinación III

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO EXPERIMENTAL CON SUSTITUCION DEL CEMENTO EN 7.5% (1.875%CC+5.625%CCH) - (1:3)							
TESTIGO	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C	
N°	ELEMENTO	(*)	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm²	(*)
01	Experimental	-	23/11/2023	30/11/2023	7	130.01	61.91
02	Experimental	-	23/11/2023	30/11/2023	7	138.49	65.95
03	Experimental	-	23/11/2023	30/11/2023	7	123.37	58.75
04	Experimental	-	23/11/2023	07/12/2023	14	158.30	75.38
05	Experimental	-	23/11/2023	07/12/2023	14	156.35	74.45
06	Experimental	-	23/11/2023	07/12/2023	14	159.54	75.97
07	Experimental	-	23/11/2023	21/12/2023	28	180.57	85.99
08	Experimental	-	23/11/2023	21/12/2023	28	182.52	86.91
09	Experimental	-	23/11/2023	21/12/2023	28	174.76	83.22

Fuente: Resultados de ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la USP

De los resultados obtenidos se procede a realizar el promedio de las resistencias obtenidas.

Tabla 29

Resistencia a la compresión $f'c$ 210 kg/cm² promedios de probetas con concreto patrón y experimentales

Días Curado	Resistencia a la compresión de concreto patrón	Resistencia de concreto de probetas experimentales		
		Combinación I	Combinación II	Combinación III
7	158.55	179.85	181.78	130.62
14	181.43	197.41	204.32	158.06
28	215.98	228.14	234.43	179.28

Fuente: Resultados de ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la USP

Según la tabla 29, las probetas de concreto estándar superaron la resistencia de diseño tras 28 días de curado., de igual manera las probetas experimentales de la combinación I y la combinación II superaron la resistencia de diseño siendo la combinación II la que mejores resultados obtuvo, pero la combinación III no obtuvo resultados favorables,

siendo que no llego a la resistencia de diseño que es lo mínimo que se debe obtener a los 28 días curando.

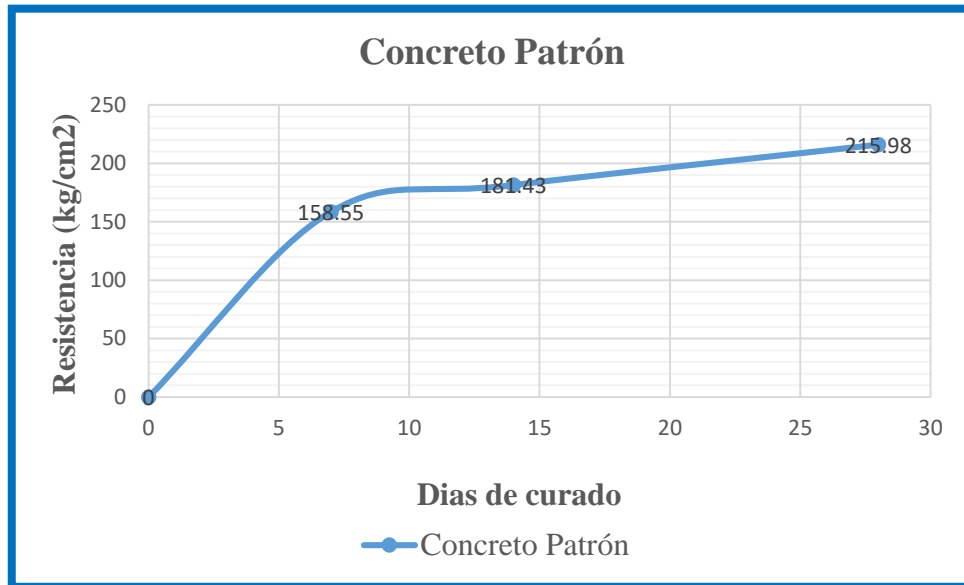


Figura 6. Tendencia de la Resistencia a la compresión promedio del concreto patrón

Fuente: Tabla 29

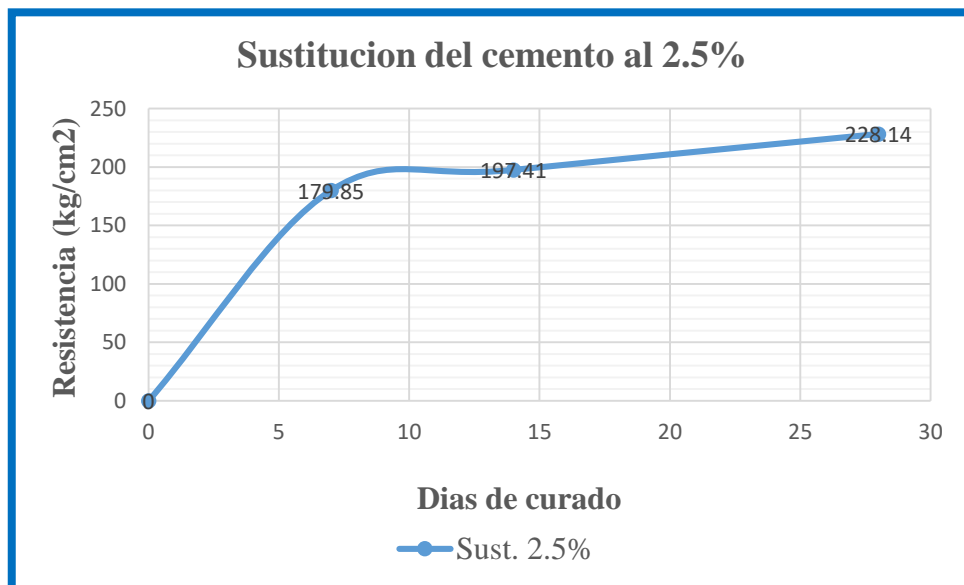


Figura 7. Tendencia de la Resistencia a la compresión promedio del concreto con sustitución del 2.5%

Fuente: Tabla 29

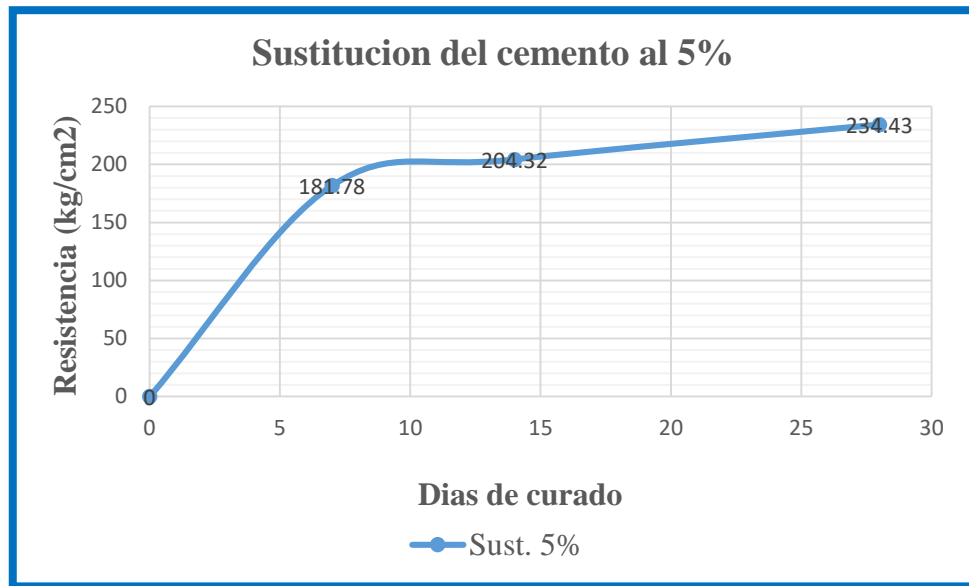


Figura 8. Tendencia de la Resistencia a la compresión promedio del concreto con sustitución del 5%

Fuente: Tabla 29

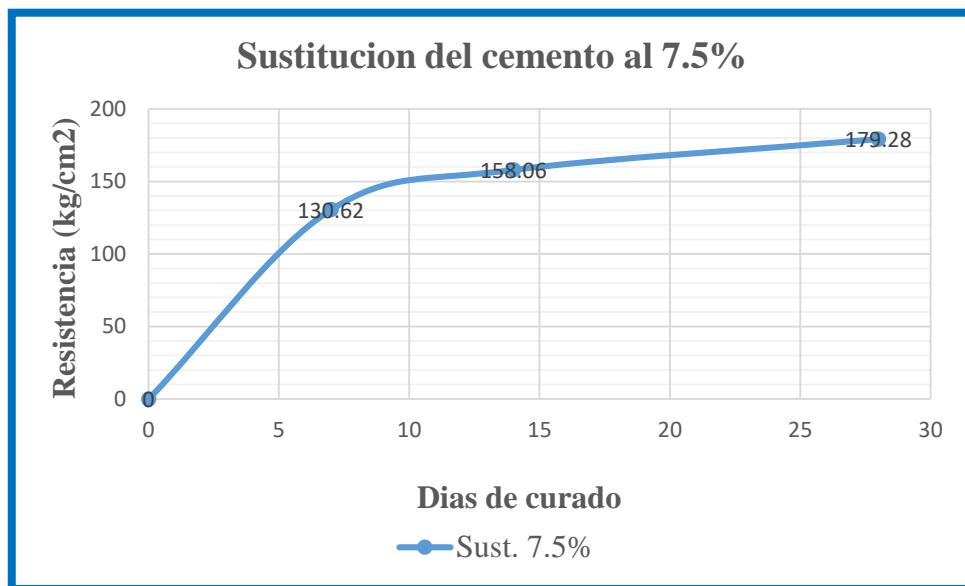


Figura 9. Tendencia de la Resistencia a la compresión promedio del concreto con sustitución del 7.5%

Fuente: Tabla 29

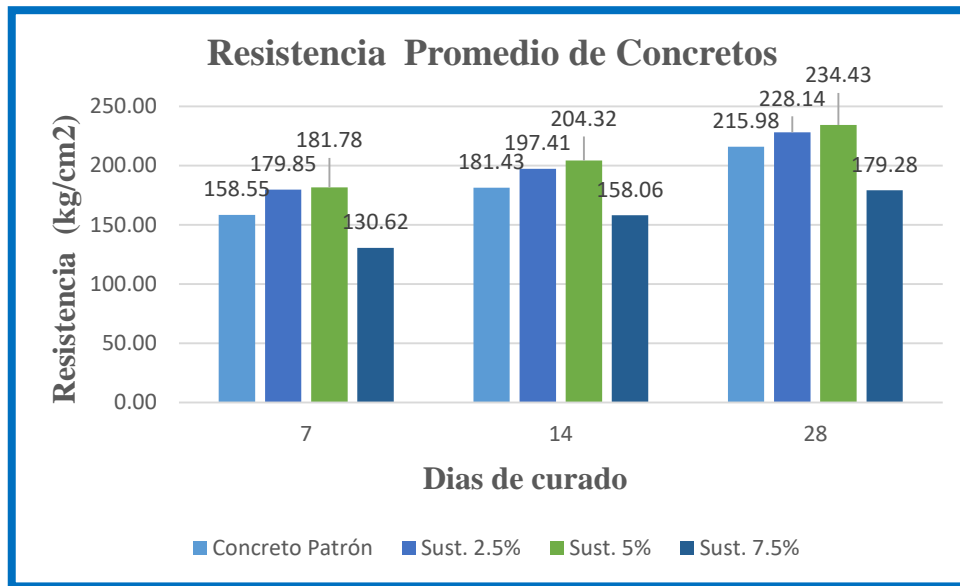


Figura 10. Tendencia de la Resistencia a la compresión promedio del concreto patrón y con sustitución del cemento en 2.5%, 5% y 7.5%.

Fuente: Tabla 29

IV. Análisis y discusión

La obtención de la ceniza de cáscara de huevo se llevó a cabo de acuerdo con el procedimiento descrito en la Figura 1, que ilustra el proceso de recolección para obtener la cáscara de huevo.

Con base en la investigación realizada, podemos afirmar que el uso de cáscara de huevo, al igual que en estudios previos como el de Reiban, A. (2017), es adecuado como sustituto del cemento, ya que los ensayos mostraron que supera con facilidad la resistencia mínima esperada a los 7 días. En esta investigación, la cáscara de huevo fue recolectada de panaderías y establecimientos que venden jugos de frutas en Huaraz. El proceso de molienda se puede llevar a cabo manualmente, sin que se observe una diferencia en el procesamiento al crear nuevos concretos.

El polvo resultante de la molienda de la cáscara de huevo fue sometido a una prueba de Análisis Térmico Diferencial (ATD), que incluyó dos evaluaciones combinadas: el Análisis Termogravimétrico (TGA) y el Análisis Térmico Diferencial (ATD). Este análisis implica mediciones simultáneas de TGA y ATD, observando cambios en la termogravimetría y en la calorimetría diferencial, todo realizado en un entorno controlado.

La metodología utilizada en este ensayo facilita la interpretación de los resultados y la información, permitiendo distinguir entre eventos endotérmicos y exotérmicos que no están relacionados con la pérdida de peso, tales como la cristalización y la fusión, así como la degradación que implica pérdidas de masa. Durante el Análisis Termogravimétrico, se evaluó la pérdida de masa en función del tiempo y la temperatura. Se concluyó que la primera pérdida significativa de masa ocurrió entre 100 y 250°C, mientras que la segunda pérdida importante se registró entre 450 y 600°C en esta investigación. Además, se determinó que aproximadamente el 18% de la masa se pierde durante el proceso de incineración.

De la investigación realizada se puede notar la diferencia entre las pérdidas de masas obtenidas en los Análisis Térmico Diferencial (ATD) en la presente investigación con la obtenida por Reyes, M. (2019) en el cual determino que su temperatura de calcinación se dio a los 700° mientras que en la investigación actual se da entre los 450 y 600 °C, además de evidenciarse la diferencia en la pérdida de masa por parte de la investigación de Reyes,

M. (2019) en el cual su pérdida de masa fue de 44% frente a la pérdida de masa en la presente investigación el cual fue de aproximadamente de 18%.

Para determinar los porcentajes y contenidos de óxidos en la ceniza de cáscara de huevo, se realizó un ensayo de Fluorescencia de Rayos X, cuyos resultados se muestran en la tabla 7. Conociendo los porcentajes de óxidos, se identificaron datos de interés que son favorables para reemplazar el cemento en el concreto. En particular, el Óxido de Calcio (CaO) tiene un porcentaje predominante de 84.31%, lo cual es adecuado para la sustitución. Además, se encontró un 9.56% de Trióxido de Aluminio (Al₂O₃), lo que también resulta beneficioso para sustituir el cemento.

Se hace una comparación de contenidos de óxidos en porcentajes que están presentes obtenidas en la investigación, con tesis anteriores y con el cemento portland en la siguiente tabla.

Tabla 30

Comparación de los contenidos de composición química entre el cemento y la ceniza de cáscara de huevo, basada en estudios anteriores y en la investigación actual.

Composición Química	Cemento Portland (%)	Valentín, S. – Actual (%)	Huaraz Matías, S. (%)
Oxido de Calcio (CaO)	61 – 67	84.31	88.287
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	20 – 27	0.26	0.136
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	4 – 7	9.56	10.174
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	2 - 4	0.08	0.024
SO ₃	1 – 3	-	-
MgO	1 – 5	-	-
K ₂ O y Na ₂ O	0.25 – 1.5	-	-
Total cementante	100%	94.21%	98.83%

Fuente: Trabajo Propio

La tabla 30 muestra que se obtuvieron resultados similares. con la investigación de Huaraz, siendo el Óxido de calcio que se obtuvo de 84.31% y el de Huaraz Matías, S. de 88.287%, ambos superiores al del cemento portland que fluctúa entre 61% y

67%. Se puede determinar que, aunque los demás componentes están presentes en bajas proporciones, aportan a las propiedades del cemento por lo que es conveniente como sustituto, Como se estableció en el estudio de Reiban, A. (2017), quien encontró un porcentaje del 84% de Óxido de Calcio, concluyendo que este compuesto actúa como un agente conglomerante con la capacidad de unir diversos materiales.

El proceso para caracterizar las cenizas y la activación de la ceniza de carbón se realiza con el esquema planteado en la Figura 6, el cual consiste en la recolección de la ceniza de carbón para su posterior pre tamizado con la malla N°40 para obtener partículas adecuadas para realizar el ensayo de Análisis Térmico Diferencial (ATD), el cual consistió en dos evaluaciones que se realizan de manera conjunta las cuales son el Análisis Termo Gravimétrico (TGA) y el Análisis Térmico Diferencial (ATD). Ambos análisis se miden simultáneamente de acuerdo al diferencial por calorimetría y a los cambios de termo gravimetría, siendo este proceso realizado en un ambiente controlado.

Esto permitirá simplificar y facilitar la interpretación de la información, ayudando a distinguir entre eventos endotérmicos y exotérmicos que no están relacionados con la pérdida de peso, como es el caso de la degradación. Al llevar a cabo el Análisis Termogravimétrico, se examinó la pérdida de masa en función del tiempo y la temperatura. Se concluyó que la primera pérdida significativa de masa se produjo entre 150 y 300°C, mientras que la segunda pérdida intensa ocurrió entre 450 y 500°C. Además, se determinó que aproximadamente el 16% de la masa se pierde durante el proceso de incineración.

Según la investigación previa, se estableció que las cenizas de carbón contienen elementos puzolánicos que mejoran las propiedades de la ceniza de cáscara de huevo, en la cual se detectó una mayor concentración de óxidos conforme a los análisis realizados en el estudio actual. Para esto, se llevó a cabo un ensayo de Fluorescencia de Rayos X, que permitió identificar los componentes químicos y sus porcentajes en la ceniza de carbón, cuyos resultados se presentan en la Tabla 9.

Se hace una comparación de contenidos de elementos químicos en porcentajes que están presentes obtenidas en la investigación, con tesis anteriores y con el cemento portland en la siguiente tabla.

Tabla 31

Comparación de los contenidos de composición química entre el cemento y la ceniza de carbón, basada en investigaciones anteriores y en el estudio actual.

Composición Química	Cemento Portland (%)	Valentin, S. – Actual (%)	Chimbote Cerna, C. (%)
Oxido de Calcio (CaO)	61 – 67	8.43	3.615
Dióxido de Silicio (SiO ₂)	20 – 27	61.12	56.233
Trióxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	4 – 7	16.11	15.610
Trióxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	2 - 4	3.08	4.623
Trióxido de Azufre (SO ₃)	1 – 3	0.12	-
Oxido de Magnesio (MgO)	1 – 5	1.37	-
Oxido de Potasio (K ₂ O y Na ₂ O)	0.25 – 1.5	0.82	1.905
Total cementante	100%	91.05%	81.986%

Fuente: Trabajo Propio

En la Tabla 31 se observa que el componente con mayor concentración es el Dióxido de Silicio (SiO₂), con un 61.12%, resultado que es comparable al 56.233% reportado por Cerna, C. en Chimbote. Ambos valores superan los niveles encontrados en el cemento, indicando que el material tiene propiedades puzolánicas significativas que lo hacen un complemento ideal para la ceniza de cáscara de huevo. Además, se aprecia que presenta bajos niveles de Óxido de Potasio (K₂O), lo cual es beneficioso, ya que, según Matías, S. (2018), un alto contenido de este óxido es perjudicial para el concreto a largo plazo, dado que es un álcali que puede afectar la durabilidad del concreto, provocando expansiones y agrietamientos en la estructura interna en ciertas condiciones.

En el diseño de mezcla se definió que las relaciones agua/cemento (a/c) para las mezclas de concreto serían: 0.70 para el concreto patrón, 0.70 para el concreto con la combinación I, 0.71 para el concreto con la combinación II y 0.72 para el concreto con la combinación III. Esta relación determina la proporción de agua efectiva respecto al contenido de cemento en una mezcla de concreto fresco (Duff, A. 1918). Un equilibrio

adecuado en esta relación es crucial para el rendimiento óptimo de los agregados en la mezcla. Alterar significativamente la relación a/c puede deteriorar la calidad del concreto, resultando en una reducción considerable de su resistencia y durabilidad. Según los parámetros establecidos por el ACI, una relación agua/cemento más baja contribuye a una mayor durabilidad. Por lo tanto, en esta investigación se emplearon las relaciones a/c de 0.70, 0.70, 0.71 y 0.72 para el concreto patrón, la combinación I, la combinación II y la combinación III, respectivamente.

En el estudio actual, la relación agua/cemento utilizada para preparar el concreto patrón y los concretos experimentales resultó en una mezcla de concreto manejable, con un slump apropiado de entre 3 y 4 pulgadas, lo cual influyó en los resultados obtenidos en las pruebas de compresión.

Del diseño de mezcla obtenido en la presente investigación se puede ver la diferencia en cuanto a la relación agua/cemento que obtuvo Cerna, C. (2019) en su investigación el cual fue de 0.684, el cual se diferencia de la relación a/c obtenida en la presente investigación siendo de 0.70, 0.70, 0.71 y 0.72, siendo esta relación un factor determinante para la diferencia de slump obtenidas en cada investigación y las diferencias en las resistencias que se obtuvieron a los 28 días en ambas investigaciones

A partir de los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia a la compresión se determinó al tener una relación a/c alta influyo en la resistencia obtenida a temprana edad como es a los 7 días en el cual las probetas de concreto patrón, Las mezclas experimentales con combinación I y combinación II lograron superar el 70% de la resistencia de diseño después de 7 días de curado. En contraste, la combinación III alcanzó una resistencia inferior al 70% de la resistencia de diseño en el mismo período de curado.

Según la Tabla 29, que presenta los promedios de resistencia obtenidos, el concreto patrón alcanzó una resistencia media de 158.55 kg/cm² a los 7 días, superando el 70% de la resistencia de diseño. Este resultado es inferior al registrado por Castro, D. & Alfaro, J. (2019), que fue de 223.85 kg/cm², pero se asemeja al de Cerna, C. (2019), cuyo concreto patrón alcanzó 156.89 kg/cm² en el mismo período. Además, los resultados obtenidos son comparables con los de Matías, S. (2018), Vidal, P. (2019) y Reyes, M. (2019), quienes también lograron superar el 70% de la resistencia de un diseño de concreto f'c 210 kg/cm². Para las mezclas experimentales, el concreto con la combinación I (con una sustitución del 2.5% de cemento) y el de combinación II (con una sustitución del 5% de

cemento) obtuvieron resistencias promedio de 179.85 kg/cm² y 181.78 kg/cm², respectivamente, ambas superiores al 70% de la resistencia de diseño. Sin embargo, estos valores son menores que los reportados por Castro, D. & Alfaro, J. (2019), quienes, con sustituciones del 15% y 20% de cemento, obtuvieron resistencias de 232.90 kg/cm² y 246.55 kg/cm². Los resultados obtenidos también son similares a los reportados por Bances, J. (2020), Cerna, C. (2019), Matías, S. (2018), Vidal, P. (2019) y Reyes, M. (2019), quienes observaron valores menores al 100% de la resistencia de diseño de f'c 210 kg/cm² en sus mezclas experimentales. En cuanto al concreto con la combinación III (con una sustitución del 7.5% de cemento), la resistencia promedio a los 7 días fue de 130.62 kg/cm², lo que está por debajo del 70% de la resistencia mínima para un concreto con un diseño de f'c 210 kg/cm². Este resultado también es inferior al de Bances, J. (2020), quien con su segunda combinación (cáscara de huevo con arcilla) logró resistencias promedio de 160 kg/cm², 139.50 kg/cm² y 141 kg/cm² con sustituciones del 4%, 12% y 20% de cemento, respectivamente, a los 7 días.

Según la Tabla 29, que muestra los promedios de resistencia obtenidos, el concreto patrón alcanzó una resistencia promedio de 181.43 kg/cm² a los 14 días, sin lograr superar el 100% de la resistencia de diseño. Este resultado es inferior al obtenido por Castro, D. & Alfaro, J. (2019), que fue de 295.96 kg/cm², pero se asemeja al valor reportado por Cerna, C. (2019), quien alcanzó una resistencia de 173.99 kg/cm² en el mismo período. Asimismo, los resultados son comparables a los encontrados por Matías, S. (2018), Vidal, P. (2019) y Reyes, M. (2019), quienes también obtuvieron resultados inferiores al 100% de la resistencia de diseño para un concreto f'c 210 kg/cm² a los 14 días. Para los concretos experimentales, la combinación I (con una sustitución del 2.5% de cemento) y la combinación II (con una sustitución del 5% de cemento) lograron resistencias promedio de 197.41 kg/cm² y 204.32 kg/cm², respectivamente, valores que también no alcanzaron el 100% de la resistencia de diseño. Estos resultados son inferiores a los obtenidos por Castro, D. & Alfaro, J. (2019), quienes reportaron resistencias de 294.70 kg/cm² y 287.80 kg/cm² con sustituciones del 15% y 20% de cemento. Los valores obtenidos se parecen a los reportados por Bances, J. (2020), Cerna, C. (2019), Matías, S. (2018), Vidal, P. (2019) y Reyes, M. (2019), quienes alcanzaron resultados cercanos al 100% de la resistencia de diseño de f'c 210 kg/cm² en sus mezclas experimentales. Por otro lado, el concreto experimental con la combinación III (con una sustitución del 7.5% de cemento) presentó una resistencia promedio de 158.06 kg/cm² a los 14 días. Aunque esta resistencia supera el 70%

de la resistencia mínima a los 7 días, es menor a lo esperado para los 14 días para un concreto con una resistencia de diseño de $f'c$ 210 kg/cm². Además, este valor es superior al obtenido por Bances, J. (2020), quien con la segunda combinación (cáscara de huevo con arcilla) y una sustitución del 20% alcanzó una resistencia promedio de 154.60 kg/cm² a los 14 días, lo que indica que la resistencia para la combinación III en esta investigación es notablemente inferior a la esperada.

Según la Tabla 29, que presenta los promedios de resistencia obtenidos, el concreto patrón alcanzó una resistencia promedio de 215.98 kg/cm² a los 28 días, superando el 100% de la resistencia de diseño. Este resultado es inferior al de Castro, D. & Alfaro, J. (2019), quien obtuvo 322.88 kg/cm², pero es comparable con el resultado de Cerna, C. (2019), que reportó una resistencia de 217.83 kg/cm² a los 28 días. Además, los resultados son similares a los de Matías, S. (2018), Vidal, P. (2019) y Reyes, M. (2019), quienes también lograron superar el 100% de la resistencia de diseño de un concreto $f'c$ 210 kg/cm² a los 28 días de curado. El concreto experimental con la combinación I (sustitución del 2.5% de cemento) y la combinación II (sustitución del 5% de cemento) alcanzó resistencias promedio de 228.14 kg/cm² y 234.43 kg/cm² a los 28 días, respectivamente, superando el 100% de la resistencia de diseño. Sin embargo, estos resultados son inferiores a los obtenidos por Castro, D. & Alfaro, J. (2019), quienes reportaron resistencias de 335.20 kg/cm² y 313.40 kg/cm² con sustituciones del 15% y 20% de cemento. Los resultados obtenidos son similares a los de Bances, J. (2020), Cerna, C. (2019), Matías, S. (2018), Vidal, P. (2019) y Reyes, M. (2019), quienes en sus estudios con sustitución de cemento en peso también lograron superar el 100% de la resistencia de diseño de concreto $f'c$ 210 kg/cm². Por otro lado, el concreto experimental con la combinación III (sustitución del 7.5% de cemento) alcanzó una resistencia promedio de 179.28 kg/cm² a los 28 días, lo cual es inferior al 100% de la resistencia de diseño de $f'c$ 210 kg/cm². Aunque esta resistencia es superior a la reportada por Bances, J. (2020) en su investigación con la combinación de cáscara de huevo y arcilla, que alcanzó 166.60 kg/cm² con una sustitución del 20% a los 28 días, sigue siendo considerablemente menor a la esperada para la combinación III. Además, el resultado es superior al obtenido por Cerna, C., quien con una sustitución del 40% de cemento alcanzó una resistencia promedio de 146.81 kg/cm² a los 28 días, la cual también fue menor que la obtenida con la combinación III. En general, el concreto con la combinación III mostró una resistencia promedio inferior a la de diseño y a los resultados obtenidos con sustituciones en los estudios citados, que superaron los 210 kg/cm².

V. Conclusiones

La investigación concluye que el análisis térmico diferencial (ATD) del polvo de cáscara de huevo muestra una pérdida de masa significativa entre 100 y 250 °C, seguida de otra pérdida importante entre 450 y 600 °C, con una disminución gradual posterior. Al alcanzar la temperatura máxima de 920 °C, el polvo de cáscara de huevo presenta una pérdida de masa cercana al 18% en comparación con su masa inicial.

Se concluye que el análisis térmico diferencial (ATD) de las cenizas de carbón revela una pérdida inicial significativa de masa entre 150 y 300 °C, seguida por una segunda pérdida considerable entre 450 y 500 °C, con una posterior disminución gradual. Al alcanzar la temperatura máxima de ensayo de 920 °C, las cenizas de carbón experimentan una reducción de masa de aproximadamente 16% en comparación con su masa inicial.

El análisis de Fluorescencia de Rayos X realizado a las cenizas de cáscara de huevo reveló que contienen un elevado porcentaje de Óxido de Calcio (CaO), alcanzando el 84.31%, y un contenido significativo de Trióxido de Aluminio (Al₂O₃), con un 9.56%. Se concluye que los resultados indican que las cenizas de cáscara de huevo tienen una alta concentración de óxidos, superando al cemento Portland tipo I en este aspecto. Esto sugiere que, debido a su composición química, las cenizas de cáscara de huevo podrían ser una alternativa viable para reemplazar el cemento.

El análisis de Fluorescencia de Rayos X realizado en las cenizas de carbón mostró que tienen un elevado porcentaje de Dióxido de Silicio (SiO₂), con un 61.12%, y un significativo contenido de Trióxido de Aluminio (Al₂O₃), que alcanza el 16.11%. Se concluye que los resultados muestran que las cenizas de carbón tienen un alto contenido de propiedades puzolánicas, superando al cemento Portland tipo I, lo que las convierte en una alternativa viable para su reemplazo debido a su composición química. Además, su bajo contenido de óxido de potasio (K₂O) es favorable, ya que niveles elevados de este óxido pueden afectar negativamente la durabilidad del concreto.

En el proceso de diseño de mezcla llevado a cabo en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la USP, se determinó que la relación agua/cemento para el concreto patrón fue de 0.70. Para los concretos experimentales, las relaciones fueron de 0.70 para la combinación I, 0.71 para la combinación II, y 0.72 para la combinación III. Estos valores se establecieron después de evaluar la absorción y humedad de los materiales utilizados, como la arena, la piedra chancada de la cantera Rubén, y el

cemento Pacasmayo. Se concluye que la diferencia en las relaciones agua cemento está relacionada con porcentaje de sustitución del cemento. Esto sugiere que la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo tiene una mayor capacidad de absorción de agua, lo que provoca un aumento en la relación agua/cemento a medida que aumenta el porcentaje de sustitución.

En los resultados de resistencia a la compresión, se encontró que el concreto patrón presentó una resistencia promedio de 158.55 kg/cm^2 a los 7 días de curado, 181.43 kg/cm^2 a los 14 días y 215.98 kg/cm^2 a los 28 días. Para el concreto experimental con la combinación I, que incluye una sustitución de cemento del 2.5%, se obtuvieron resistencias promedio de 179.85 kg/cm^2 a los 7 días, 197.41 kg/cm^2 a los 14 días y 228.14 kg/cm^2 a los 28 días. En el caso del concreto experimental con la combinación II, con una sustitución de cemento del 5%, las resistencias promedio fueron de 181.78 kg/cm^2 a los 7 días, 204.32 kg/cm^2 a los 14 días y 234.43 kg/cm^2 a los 28 días. Finalmente, el concreto experimental con la combinación III, que incluye una sustitución de cemento del 7.5%, mostró resistencias de 130.62 kg/cm^2 a los 7 días, 158.06 kg/cm^2 a los 14 días y 179.28 kg/cm^2 a los 28 días. Se concluye que se obtuvo como resultado que la resistencia a la compresión más alta obtenida es sustituyendo al cemento en 5% con la combinación II alcanzando un 111.63% de la resistencia de diseño.

De los resultados obtenidos, se concluye que los concretos experimentales con combinación I y combinación II superaron tanto la resistencia de diseño como la resistencia promedio del concreto patrón, siendo adecuados para su uso con porcentajes de sustitución del 2.5% y 5%. En cambio, el concreto experimental con combinación III no alcanzó la resistencia de diseño, obteniendo menos del 70% de la resistencia esperada para un concreto con diseño de 210 kg/cm^2 a los 7 días de curado. Por lo tanto, la sustitución del 7.5% no es recomendable para el concreto con un diseño de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

VI. Recomendaciones

Las recomendaciones en la presente investigación, indican y están orientadas a la continuidad de la misma, dado que se obtuvieron resultados adecuados que son viables y de bajo costo, siendo las recomendaciones las siguientes:

La evaluación del uso de la ceniza de cascara de huevo y ceniza de carbón en la aplicación para distintos elementos de concreto, estructurales y no estructurales es recomendable en porcentajes como 2.5% y 5%, debido a que los resultados obtenidos sobrepasan el diseño planteado, siendo además factor de reducción en el costo de producción y de conservación de recursos naturales. En el caso de la cascara de huevo, es recomendable reducirla a polvo antes de la incineración para facilitar este proceso y evitar demasiada pérdida de masa.

Se sugiere llevar a cabo pruebas de resistencia a la compresión en probetas con concretos experimentales que tengan mayores porcentajes de sustitución, dado que los resultados del análisis de Fluorescencia de Rayos X (FRx) para las cenizas de carbón y cáscaras de huevo muestran que estos materiales se complementan bien, haciendo que la mezcla sea una alternativa viable al cemento.

Es aconsejable mantener la relación agua/cemento de manera que el slump esté dentro del rango de consistencia plástica durante la preparación de las probetas tanto estándar como experimentales, ya que esto asegura una mayor resistencia.

VII. Agradecimiento

Primero agradecer a Dios por brindarme la vida y permitir que me encuentre en una familia cálida y unida. Agradecer a mis padres que son el apoyo fundamental en mi vida y quienes con su sabiduría me guían y son el motivo, además de ser la razón por la cual no me rindo y sigo adelante cumpliendo las metas trazadas. En esta etapa de mi formación profesional son muchas las personas que me han acompañado y han ido formando parte de mi vida, quienes en momentos de dificultad estuvieron para apoyarme y a quienes les doy las gracias por siempre haber estado para mí.

A mi asesor el Ing. Pitman Melendez, Wilfredo Felipe quien me guio y brindo apoyo y me dedico tiempo en este proceso de investigación. Dar gracias finalmente a todos los profesionales quienes fueron mis docentes que con esfuerzo y dedicación me transmitieron sus conocimientos.

VIII. Referencias Bibliográficas

- Apaza, D. (2018)**, *Durabilidad del Concreto Elaborado en base a la Ceniza del Bagazo de Caña de Azúcar (cbca) con cemento portland, ante agentes agresivos. Lima-Perú. Tesis Universidad Nacional Federico Villareal.*
- Bances, J. M. (2020)**, *Propuesta de modelo matemático para estimar la resistencia a la compresión 210 kg/cm² del concreto con adición de cascara de huevo. casos de estudio en Perú*
- Babor & Ibarz, (1963)**, *Química General Moderna. Publicado por Marin.*
- Castro, D. D. & Alfaro, J. J. (2019)**, *Análisis comparativo de las propiedades físicas-mecánicas del concreto de resistencias $f'c= 210, 280, 350$ kg/cm² sustituyendo material cementicio por cáscara de huevo.*
- Cerna, R. (2019)**, *Resistencia del concreto sustituyendo el cemento por cenizas de cáscara de arroz y cenizas de carbón*
- Cladera, A., Etxeberria, M., Schiess, I., Pérez, A.,** *Tecnologías y Materiales de Construcción Para el Desarrollo*
- Gutiérrez, L. (2003)**, *El concreto y otros materiales para la construcción. Manizales.*
- Huamán, G. N. (2018)**, *Resistencia de concreto $f_c=210$ kg/cm², sustituyendo agregado grueso en 10%, 30% y 50% por material reciclado, Huaraz.*
- Juárez, E. (2005)**, *Mecánica de suelos I - Fundamentación de la Mecánica de suelos.*
- Matías, S. (2018)**, *Resistencia de un concreto $F'c=210$ kg/cm² sustituyendo el 10% y 16% de cemento por una combinación de cascara de huevo y ceniza de hoja de eucalipto.*
- Pasquel, E. (1993)**, *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú. Lima: Capítulo de Ingeniería Civil.*

- Pradas, P. (2019)**, *Desarrollo de conglomerantes hidráulicos de carretera empleando cáscara de huevo como componente. Influencia del tamaño de partícula.*
- Reibán, D. V. (2017)**. *Evaluación experimental de las características mecánicas de matrices cementicias con adición de cáscara de huevo pulverizado deshidratado y sus aplicaciones en la arquitectura.*
- Reyes, M. (2019)**. *Resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ al sustituir al cemento en 4%, 6% y 8% por cascara de huevo*
- Rivera, G. (2013)**, *Concreto Simple. Cauca: Civilgeeks.*
- Soto & Argumedo (2014)**, *Caracterización fisicoquímica de la Cáscara de huevo.*
Recuperado de: <https://prezi.com/jtccm-mpwyeo/caracterizacion-fisicoquimica-de-la-cascara-de-huevo/>
- Valdés, J. (2009)**, *La Cáscara de huevo, BIONAT centro de investigación de Bioelementos Naturales CUBA.*
- Vidal, P. (2019)**, *Resistencia de concreto con sustitución del cemento en 5%, 7.5% y 10% por la combinación de ceniza de ichu y cascara de huevo*

IX. Anexos

Anexo 01. Figuras mencionadas en la tesis de investigación



Figura 11. Recolección de la cascara de huevo

Fuente: Trabajo Propio



Figura 12. Limpieza manual de la cascara de huevo

Fuente: Trabajo Propio

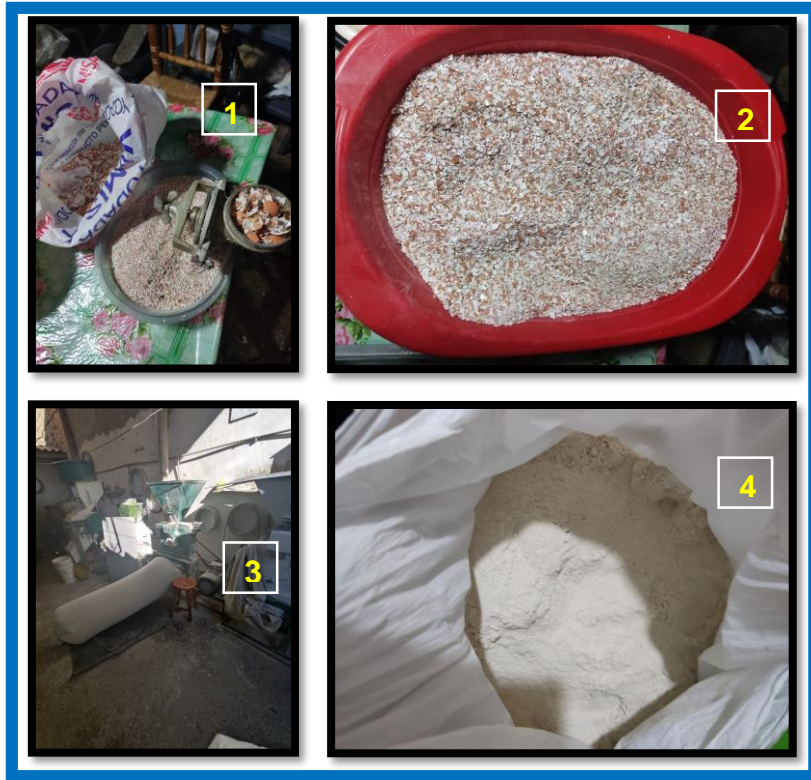


Figura 13. Método para triturar la cáscara de huevo
 Fuente: Trabajo Propio

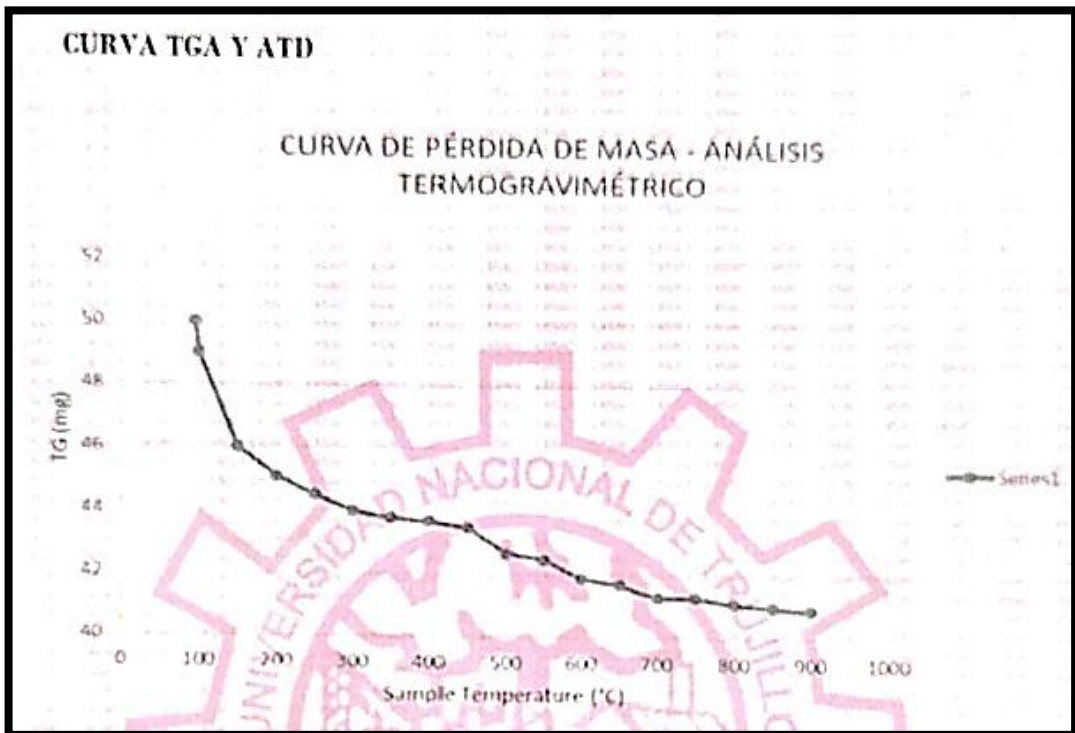


Figura 14. Curva de TGA Y ATD de la cascara de huevo
 Fuente: Reporte de Medición del ATD – LASACI - UNT



Figura 15. Recolección de la ceniza de carbón

Fuente: Trabajo Propio



Figura 16. Pre tamizado de la ceniza de carbón

Fuente: Trabajo Propio

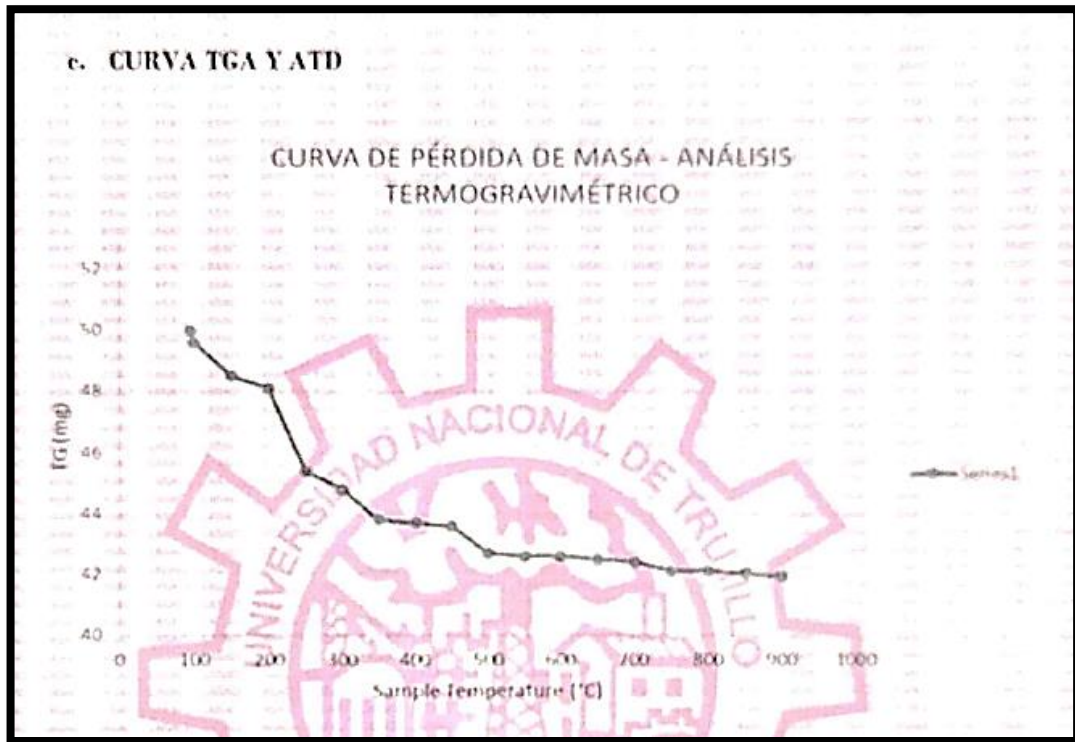


Figura 17. Curva de TGA Y ATD de la ceniza de carbón

Fuente: Informe sobre la Medición del ATD – LASACI - UNT

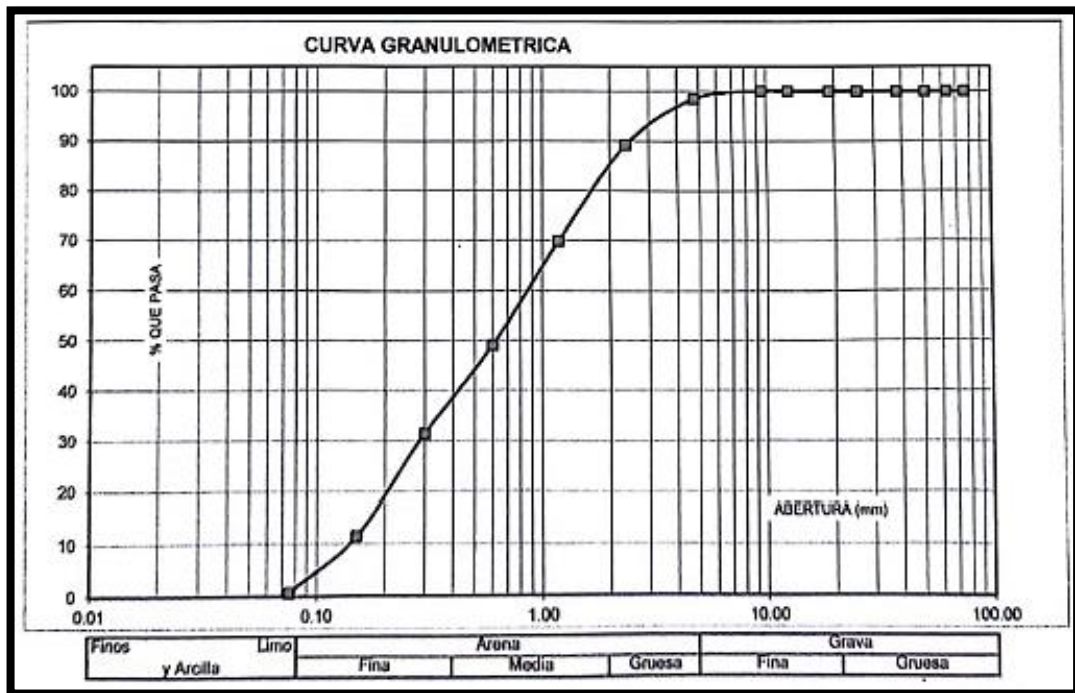


Figura 18. Curva del análisis granulométrico Fino

Fuente: Resultados obtenidos en el Lab. de Mec. de Suelos y Ens. de Materiales de la USP

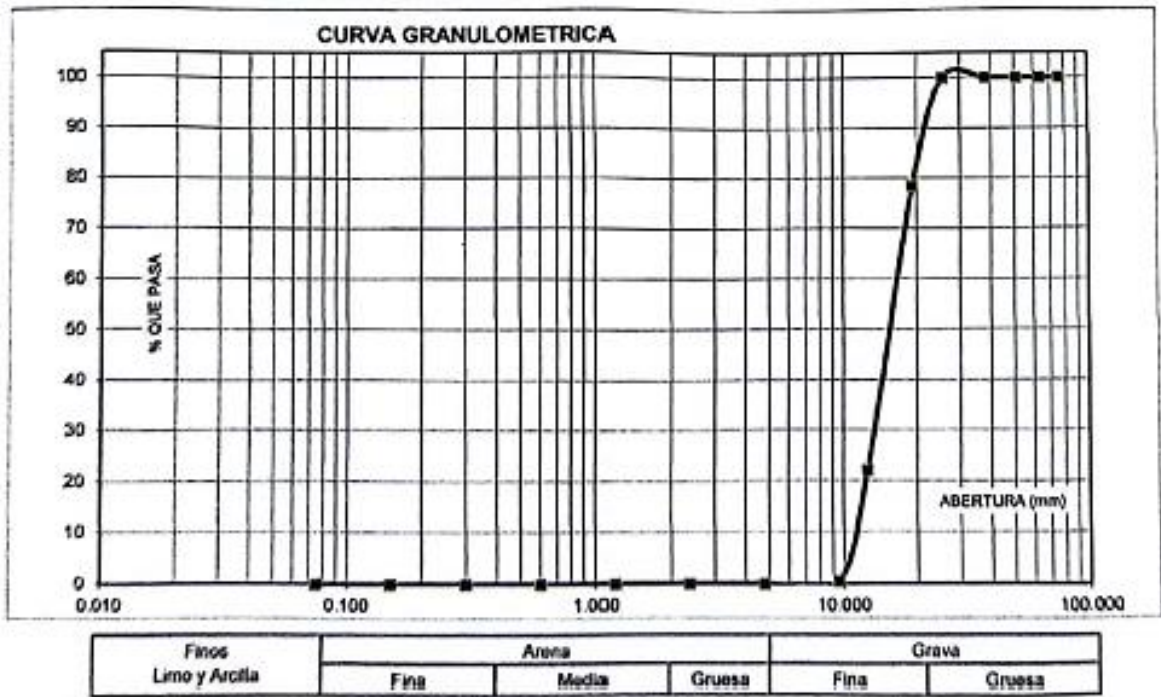


Figura 19. Curva del análisis granulométrico Grueso

Fuente: Resultados obtenidos en el Lab. de Mec. de Suelos y Ens. de Materiales de la USP

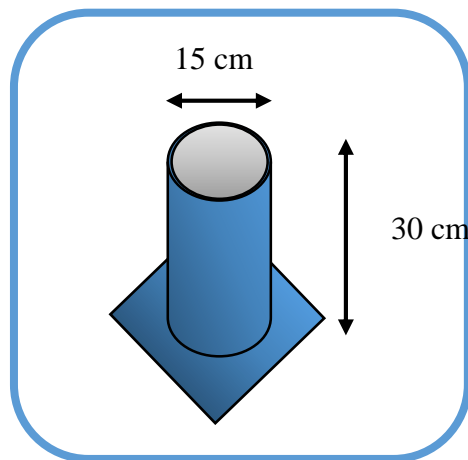


Figura 20. Molde de probeta de concreto

Fuente: Trabajo Propio



Figura 21. Pasos del proceso de elaboración de concreto $f'c$ 210 kg/cm²

Fuente: Trabajo Propio

Anexo 02. Ensayos y Diseño de Mezcla



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO
(ASTM D-2216)

SOLICITA : Valentin Rosas Saul Bequer
TESIS : Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm2 con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz - 2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 28/12/2023

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	901.4	901.4
TARA + SUELO SECO (gr)	898.2	898.4
PESO DEL AGUA (gr)	3.2	3.0
PESO DE LA TARA (gr)	201.4	201.4
PESO DEL SUELO SECO (gr)	696.8	697
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.46	0.43
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.44	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO
(ASTM D-2216)

SOLICITA : Valentin Rosas Saul Bequer
TESIS : Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm2 con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz – 2023
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 28/12/2023

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1110	1025.6
TARA + SUELO SECO (gr)	1103.9	1020.1
PESO DEL AGUA (gr)	6.1	5.5
PESO DE LA TARA (gr)	0	0
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1103.9	1020.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.55	0.54
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.55	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



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

SOLICITA : Valentín Rosas Saul Bequer
TESIS : Resistencia a la compresión de concreto $f'c$ 210 kg/cm² con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz - 2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 28/12/2023

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua gr.	669.00	669.00
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B) cm ³	969.00	969.00
D	Peso de picnometro + agua + material gr.	857.20	857.20
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D) cm ³	111.80	111.80
F	Peso de material seco en estufa gr.	296.70	296.70
G	Volumen de masa (E-(A-F))	108.50	108.50
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.654	2.654
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.683	2.683
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.735	2.735
K	Absorción (%) ((D-A)/A)x100	1.11	1.11

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.654
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.683
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.735
Absorción (%) : 1.11

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



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

SOLICITA : Valentin Rosas Saul Bequer
TESIS : Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm2 con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz - 2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 28/12/2023

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	1444.50	1390.90
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	939.90	905.40
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)	504.60	485.50
D	Peso de material seco en estufa	1435.40	1381.90
E	Volumen de masa (C-(A-D))	495.50	476.50
G	P.e. Bulk (Base Seca) D/C	2.845	2.846
H	P.e. Bulk (Base Saturada) A/C	2.863	2.865
I	P.e. Aparente (Base Seca) D/E	2.897	2.900
F	Absorción (%) ((D-A/A)x100)	0.63	0.65

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.845
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.864
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.898
Absorción (%) : 0.64

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : Valentin Rosas Saul Bequer
TESIS : Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm2 con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz - 2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 28/12/2023

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7650	7600	7650
Peso de molde	3360	3360	3360
Peso de muestra	4290	4240	4290
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m3)	1539	1521	1539
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1533		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1526		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8350	8350	8300
Peso de molde	3360	3360	3360
Peso de muestra	4990	4990	4940
Volumen de molde	2788	2788	2788
Peso unitario (Kg/m3)	1790	1790	1772
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1784		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1776		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : Valentin Rosas Saul Bequer
TESIS : Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm2 con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz - 2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
CANTERA : RUBEN
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
FECHA : 28/12/2023

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18300	18500	18550
Peso de molde	5100	5100	5100
Peso de muestra	13200	13400	13450
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m3)	1411	1433	1438
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1427		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1419		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19900	20000	19900
Peso de molde	5100	5100	5100
Peso de muestra	14800	14900	14800
Volumen de molde	9354	9354	9354
Peso unitario (Kg/m3)	1582	1593	1582
Peso unitario prom. (Kg/m3)	1586		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1577		

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



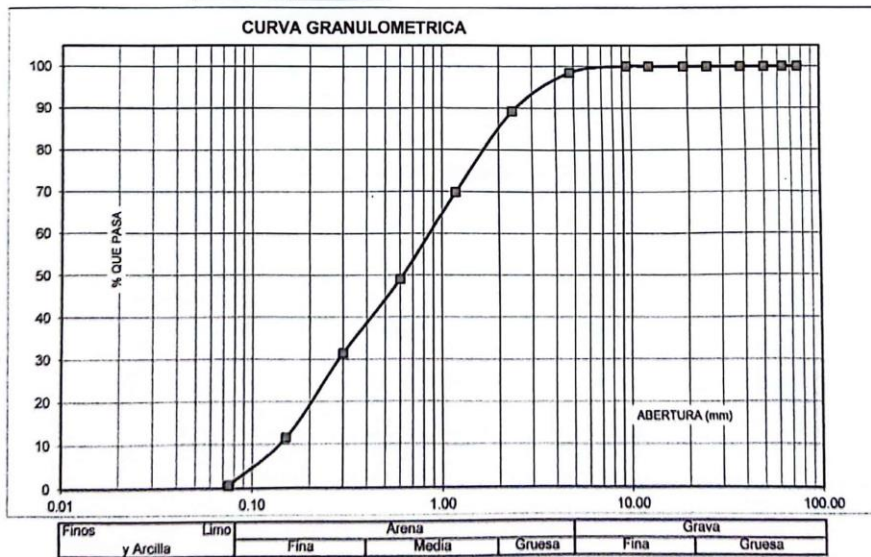
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : Valentin Rosas Saul Bequer
 TESIS : Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm2 con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz – 2023
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 28/12/2023

TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
3/5"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/6"	9.52	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	15.6	1.6	98.4
N° 8	2.36	93.2	9.3	90.7
N° 16	1.18	192.9	19.3	80.7
N° 30	0.60	207.7	20.8	79.2
N° 50	0.30	175.7	17.6	82.4
N° 100	0.15	199.6	20.0	80.0
N° 200	0.08	107.8	10.8	89.2
PLATO	ASTM C-117-04	7.5	0.8	99.2
TOTAL		1000.0	100.0	

PROPIEDADES FÍSICAS	
Módulo de Fineza	2.51

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



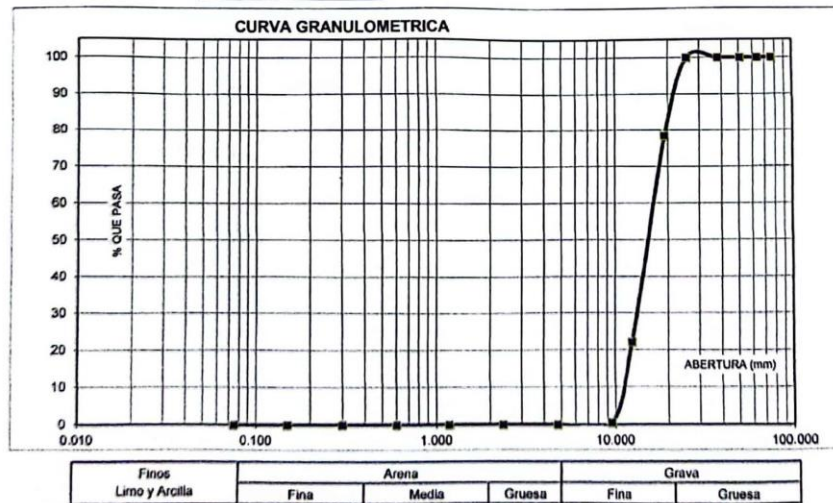
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO
(ASTM C 136-00)

SOLICITA : Valentin Rosas Saul Bequer
 TESIS : Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm2 con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz - 2023
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 CANTERA : RUBEN
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA
 FECHA : 28/12/2023

TAMIZ	Abert. (mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
N°					
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.100	250.9	21.6	21.6	78.4
1/2"	12.500	655.8	56.4	77.9	22.1
3/8"	9.520	250.5	21.5	99.5	0.5
N° 4	4.760	6.2	0.5	100.0	0.0
N° 8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 200	0.075	0.0	0.0	100.0	0.0
PLATO	ASTM C-117-04	0	0.0	100.0	0.0
TOTAL		1163.4	100.0		

PROPIEDADES FÍSICAS	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Huso	N° 5 Ref. (ASTM C-33)

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



Finos Limo y Arcilla	Arona			Grava	
	Fina	Media	Gruesa	Fina	Gruesa

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : Valentín Rosas Saul Bequer
TESIS : Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm² con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz – 2023
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
FECHA : 28/12/2023

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el método del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.12

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.- Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso específico de masa 2.65
- Peso unitario suelto 1526 kg/m³
- Peso unitario compactado 1776 kg/m³
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 1.11 %
- Módulo de fineza 2.51

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular 3/4"
- Tamaño Máximo Nominal 2.85
- Peso específico de masa 1419 kg/m³
- Peso unitario suelto 1577 kg/m³
- Contenido de humedad 0.55 %
- Absorción 0.64 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

FACTOR DE CEMENTO

F.C. : 205 / 0.684 = 299.708 kg/m³ = 7.05 bolsas / m³

VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

Cemento.....	299.708	kg/m ³
Agua efectiva.....	211.221	lts/m ³
Agregado fino.....	775.438	kg/m ³
Agregado grueso.....	1110.076	kg/m ³

PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{299.71}{299.71} : \frac{775.438}{299.71} : \frac{1110.08}{299.71}$$

$$1 : 2.59 : 3.70 : 29.95 \text{ lts / bolsa}$$

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$1 : 2.53 : 3.89 : 29.95 \text{ lts / bolsa}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletelr)

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

SOLICITA : Valentin Rosas Saul Bequer
TESIS : Resistencia a la compresión de concreto $f'c$ 210 kg/cm² con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz - 2023
MATERIAL : 7.5% de la combinación de CC+ CH - 92.5% DE CEMENTO
FECHA : 28/12/2023

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	21.70	21.70
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	21.70	21.70
PESO ESPECIFICO		2.949	2.949
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm ³)	2.949	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



DISEÑO DE MEZCLA
(7.5% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : Valentin Rosas Saul Bequer
TESIS : Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm² con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz - 2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 28/12/2023

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 2.94

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso específico de masa 2.65
- Peso unitario suelto 1526 kg/m³
- Peso unitario compactado 1776 kg/m³
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 1.11 %
- Módulo de fineza 2.51

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso específico de masa 2.85
- Peso unitario suelto 1419 kg/m³
- Peso unitario compactado 1577 kg/m³
- Contenido de humedad 0.55 %
- Absorción 0.64 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", el volumen unitario de agua es de 205 l/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.089
7.5% de la combinación de CC+ CH	(m ³)	0.007
Agua efectiva.....	(m ³)	0.205
Agregado fino.....	(m ³)	0.291
Agregado grueso.....	(m ³)	0.388
Aire.....	(m ³)	0.020
		<u>1.000</u> m ³

PESOS SECOS

Cemento.....	277.23	kg/m3
7.5% de la combinación de CC+ CH	22.478	kg/m3
Agua efectiva.....	205.00	lts/m3
Agregado fino.....	772.00	kg/m3
Agregado grueso.....	1104.05	kg/m3

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	277.23	kg/m3
7.5% de la combinación de CC+ CH	22.478	kg/m3
Agua efectiva.....	215.30	lts/m3
Agregado fino.....	775.44	kg/m3
Agregado grueso.....	1110.08	kg/m3

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{277.23}{277.23} : \frac{22.478}{277.23} : \frac{775.44}{277.23} : \frac{1110.08}{277.23}$$

$$1 : 0.08 : 2.80 : 4.00 \quad 30.53 \text{ lts / bolsa}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletelr)

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

SOLICITA : Valentin Rosas Saul Bequer
TESIS : Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm2 con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz – 2023
MATERIAL : 5% de la combinación de CC+ CH - 95% DE CEMENTO
FECHA : 28/12/2023

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	21.20	21.20
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	21.20	21.20
PESO ESPECIFICO		3.019	3.019
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm3)	3.019	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



DISEÑO DE MEZCLA
(5% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : Valentín Rosas Saul Bequer
TESIS : Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm² con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz – 2023
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
FECHA : 28/12/2023

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.01

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso específico de masa 2.65
- Peso unitario suelto 1526 kg/m³
- Peso unitario compactado 1776 kg/m³
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 1.11 %
- Módulo de fineza 2.51

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular
- Tamaño Máximo Nominal 3/4"
- Peso específico de masa 2.85
- Peso unitario suelto 1419 kg/m³
- Peso unitario compactado 1577 kg/m³
- Contenido de humedad 0.55 %
- Absorción 0.64 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4", el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.091
5% de la combinación de CC+ CH	(m ³)	0.005
Agua efectiva.....	(m ³)	0.205
Agregado fino.....	(m ³)	0.291
Agregado grueso.....	(m ³)	0.388
Aire.....	(m ³)	0.020
		<u>1.000</u> m ³

PESOS SECOS

Cemento.....	284.72	kg/m ³
5% de la combinación de CC+ CH	14.985	kg/m ³
Agua efectiva.....	205.00	lts/m ³
Agregado fino.....	772.00	kg/m ³
Agregado grueso.....	1104.05	kg/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	284.72	kg/m ³
5% de la combinación de CC+ CH	14.985	kg/m ³
Agua efectiva.....	213.10	lts/m ³
Agregado fino.....	775.44	kg/m ³
Agregado grueso.....	1110.08	kg/m ³

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{284.72}{284.72} : \frac{14.985}{284.72} : \frac{775.44}{284.72} : \frac{1110.08}{284.72}$$

$$1 : 0.05 : 2.72 : 3.90 \quad 30.20 \text{ lts / bolsa}$$

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOYE
Ing. Miguel Solís Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO

(Frasco de Le Chaletelr)

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

SOLICITA : Valentin Rosas Saul Bequer
TESIS : Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm2 con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz – 2023
MATERIAL : 2.5% de la combinación de CC+ CH - 97.5% DE CEMENTO
FECHA : 28/12/2023

PRUEBA N°		01	02
FRASCO N°			
LECTURA INICIAL	(ml)	0.00	0.00
LECTURA FINAL	(ml)	20.80	20.80
PESO DE MUESTRA	(gr)	64.00	64.00
VOLUMEN DESPLAZADO	(ml)	20.80	20.80
PESO ESPECIFICO		3.077	3.077
PESO ESPECIFICO PROMEDIO	(gr / cm3)	3.077	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



DISEÑO DE MEZCLA
(2.5% SUSTITUCION DEL CEMENTO)

SOLICITA : Valentin Rosas Saul Bequer
TESIS : Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm² con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz - 2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 28/12/2023

ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedio 210 kg/cm², a los 28 días.

MATERIALES

A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico 3.07

B.- Agua :

- Potable, de la zona.

C.-Agregado Fino :

CANTERA : RUBEN

- Peso específico de masa 2.65
- Peso unitario suelto 1526 kg/m³
- Peso unitario compactado 1776 kg/m³
- Contenido de humedad 0.44 %
- Absorción 1.11 %
- Módulo de fineza 2.51

D.- Agregado grueso

CANTERA : RUBEN

- Piedra, perfil angular 3/4"
- Tamaño Máximo Nominal 2.85
- Peso específico de masa 1419 kg/m³
- Peso unitario suelto 1577 kg/m³
- Contenido de humedad 0.55 %
- Absorción 0.64 %

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 3/4" , el volumen unitario de agua es de 205 lt/m³ .

RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.684

VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento.....	(m ³)	0.094
2.5% de la combinación de CC+ CH	(m ³)	0.002
Agua efectiva.....	(m ³)	0.205
Agregado fino.....	(m ³)	0.291
Agregado grueso.....	(m ³)	0.388
Aire.....	(m ³)	0.020
		<u>1.000</u> m ³

PESOS SECOS

Cemento.....	292.22	kg/m3
2.5% de la combinación de CC+ CH	7.493	kg/m3
Agua efectiva.....	205.00	lts/m3
Agregado fino.....	772.00	kg/m3
Agregado grueso.....	1104.05	kg/m3

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

Cemento.....	292.22	kg/m3
2.5% de la combinación de CC+ CH	7.493	kg/m3
Agua efectiva.....	211.22	lts/m3
Agregado fino.....	775.44	kg/m3
Agregado grueso.....	1110.08	kg/m3

PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$\frac{292.22}{292.22} : \frac{7.493}{292.22} : \frac{775.44}{292.22} : \frac{1110.08}{292.22}$$

$$1 : 0.03 : 2.65 : 3.80 \quad 29.99 \text{ lts / bolsa}$$

X **UNIVERSIDAD SAN PEDRO**
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Anexo 03. análisis Térmico Diferencial (ATD) del polvo de Cascara de huevo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

SOLICITANTE	VALENTIN ROSAS, SAUL BEQUER
TESIS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $f'c$ 210 kg/cm ² CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR LA COMBINACIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CÁSCARA DE HUEVO – HUARAZ - 2022
MUESTRA	POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO
FECHA	05 DE JULIO DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

1. MUESTRA: POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO (10. GR)

Nº DE MUESTRAS	CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA	PROCEDENCIA
1	350 MG	HUARAZ

2. ENSAYOS A APLICAR

- ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL ATD
- ANALISIS TERMOGRAVIMETRICO TGA

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- ANALIZADOR TERMICO SIMULTANEO TG_DTA_DSC CAP. MAX 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: NITROGENO, 10 ML/MIN
- RANGO DE TRABAJO 25 – 920°C
- MASA DE MUESTRA ANALIZADA: 35 MG

JEFE DE LABORATORIO
ANALISTA RESPONSABLE

ING. CARLOS VALQUI MENDOZA
ING. CARLOS VALQUI MENDOZA



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

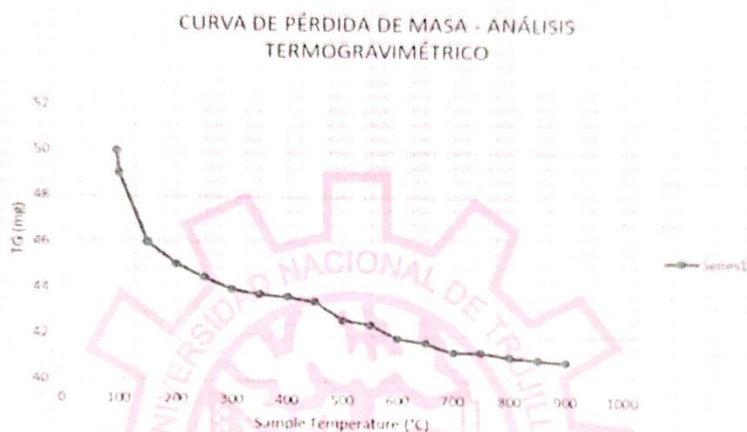
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

✉ lasaciunt@gmail.com ☎ 949959632



4. RESULTADOS

CURVA TGA Y ATD



5. CONCLUSION

- Según el análisis Termo gravimétrico se muestra la descomposición térmica a través de la pérdida de masa en función a la temperatura indicando dos regiones donde se hace más intensa la pérdida, la primera en un rango entre 100 y 250°C y la segunda menos intensa entre 450 y 600°C, posteriormente la pérdida es gradual. El material llega a perder un aproximado de 18% de masa, respecto a su masa inicial a la temperatura máxima de ensayo.



TRUJILLO, 12 DE JULIO DEL 2022

Anexo 04. análisis Fluorescencia de Rayos X de la ceniza de Cascara de huevo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X

SOLICITANTE	VALENTIN ROSAS, SAUL BEQUER
TESIS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO $f'c$ 210 kg/cm ² CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR LA COMBINACIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CÁSCARA DE HUEVO – HUARAZ - 2022
MUESTRA	POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO
FECHA	05 DE JULIO DEL 2022
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES

CONDICIONES DE LA MEDICION:

El análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos x marca

BRUKER, MODELO S2-PICOFOX.

Fuente de rayos x: tubo de Mo.

Tiempo de medida: 2000 segundos.

ESTANDAR INTERNACIONAL PARA

CUANTIFICACION: Elemento: Galio (Ga)

Concentración: lg/l.

2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Se analizó 250 mg de la muestra de POLVO DE CÁSCARA DE HUEVO, la cual fue tamizada previamente a malla 200.

3. METODO

- BASADO EN LA NORMA : ASTM C25
- VOLUMETRIA : USAQ-ME06

JEFE DE LABORATORIO
ANALISTA RESPONSABLE

ING. CARLOS VALQUI MENDOZA
ING. CARLOS VALQUI MENDOZA



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

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

✉ lasaciunt@gmail.com ☎ 949959632

Escaneado con CamScanner



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION
LASACI



4. RESULTADOS

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O ₂)	0.26	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	84.31	
TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃)	9.56	
TRIOXIDO DE HIERRO (Fe ₂ O ₃)	0.08	
OXIDO DE POTASIO (K ₂ O)	0.15	
OXIDO DE TITANIO (Ti O)	0.01	
OXIDO DE ESTRONCIO (Sr O)	0.19	
OXIDO DE COBRE (Cu O)	0.01	
DIOXIDO DE AZUFRE (SO ₂)	0.42	
OXIDO DE ZINC (Zn O)	0.01	
OXIDO DE MANGANESO (Mn O)	0.06	
PÉRDIDA AL FUEGO	4.94	

5. CONCLUSION

- Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente Calcio (Ca) y Aluminio (Al) con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró; Potasio (K), sílice (Si), hierro (Fe), titanio (Ti), estroncio (Sr), cobre (Cu), azufre (S), zinc (Zn) y manganeso (Mn).



TRUJILLO, 12 DE JULIO DEL 2022

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

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

✉ lasaciunt@gmail.com ☎ 949959632

Anexo 05. análisis Térmico Diferencial (ATD) de la ceniza de carbón



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

Table with 2 columns: Field (SOLICITANTE, TESIS, MUESTRA, FECHA) and Value (VALENTIN ROSAS, SAUL BEQUER, RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO f'c 210 kg/cm2 CON SUSTITUCION DEL CEMENTO POR LA COMBINACION DE CENIZA DE CARBON Y CASCARA DE HUEVO - HUARAZ - 2022, CENIZA DE CARBON, 05 DE JULIO DEL 2022)

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

1. MUESTRA: CENIZA DE CARBON (10gr).

Table with 3 columns: N° DE MUESTRAS, CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA, PROCEDENCIA. Row 1: 1, 35 MG, HUARAZ

2. ENSAYOS A APLICAR

- ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL ATD
ANALISIS TERMOGRAVIMETRICO TGA

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- ANALIZADOR TERMICO SIMULTANEO TG_DTA_DSC CAP. MAX 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: NITROGENO, 10 ML/MIN
RANGO DE TRABAJO 25 - 920°C
MASA DE MUESTRA ANALIZADA: 35 MG

JEFE DE LABORATORIO
ANALISTA RESPONSABLE

ING. CARLOS VALQUI MENDOZA
ING. CARLOS VALQUI MENDOZA



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

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

lasaciunt@gmail.com 949959632



4. RESULTADOS

e. CURVA TGA Y ATD

CURVA DE PÉRDIDA DE MASA - ANÁLISIS
TERMOGRAVIMÉTRICO



5. CONCLUSION

- Según el análisis Termo gravimétrico se muestra la descomposición térmica a través de la pérdida de masa en función a la temperatura indicando dos regiones donde se hace más intensa la pérdida, la primera en un rango entre 150 y 300°C y la segunda menos intensa entre 450 y 500°C, posteriormente la pérdida es gradual. El material llega a perder un aproximado de 16% de masa, respecto a su masa inicial a la temperatura máxima de ensayo.



TRUJILLO, 12 DE JULIO DEL 2022
CIP 122538

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

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

✉ lasaciunt@gmail.com ☎ 949959632

Anexo 06. análisis Fluorescencia de Rayos X de la ceniza de carbón



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI



REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X

SOLICITANTE	VALENTIN ROSAS, SAUL BEQUER
TESIS	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO f_c 210 kg/cm ² CON SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR LA COMBINACIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CÁSCARA DE HUEVO – HUARAZ - 2022
MUESTRA	CENIZA DE CARBÓN
FECHA	05 DE JULIO DEL 2022

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES

CONDICIONES DE LA MEDICION:

El análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos x marca

BRUKER, MODELO S2-PICOFOX.

Fuente de rayos x: tubo de Mo.

Tiempo de medida: 2000 segundos.

ESTANDAR INTERNACIONAL PARA

CUANTIFICACION: Elemento: Galio (Ga)

Concentración: g/l.

2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Se analizó 25 mg de la muestra de CENIZA DE CARBÓN, la cual fue tamizada previamente a malla 200.

3. METODO

- BASADO EN LA NORMA : ASTM C25
- VOLUMETRIA : USAQ-ME06

JEFE DE LABORATORIO
ANALISTA RESPONSABLE

ING. CARLOS VALQUI MENDOZA
ING. CARLOS VALQUI MENDOZA



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

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

✉ lasaciunt@gmail.com ☎ 949959632



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

4. RESULTADOS

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O2)	61.12	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	8.43	
TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al2 O3)	16.11	
TRIOXIDO DE HIERRO (Fe2 O3)	3.08	
OXIDO DE POTASIO (K2 O)	0.82	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	1.37	
PENTOXIDO DE FOSFORO (P2O5)	0.51	
OXIDO DE COBRE (Cu O)	0.07	
TRIOXIDO DE AZUFRE (SO 3)	0.12	
OXIDO DE ZINC (Zn O)	0.01	
OXIDO DE MANGANESO (Mn O)	0.004	
PÉRDIDA POR QUEMADO	8.35	

5. CONCLUSION

- Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente silice (Si) y Aluminio (Al) con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró; Calcio (Ca), Potasio (K), hierro (Fe), fósforo (P), magnesio (Mg), manganeso (Mn), cobre (Cu), azufre (S) y zinc (Zn).



TRUJILLO, 12 DE JULIO DEL 2022

AGUA - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

✉ lasaciunt@gmail.com ☎ 949959632

Anexo 07. Ensayos de Resistencia a la Compresión de concreto patrón



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA : Valentin Rosas Saul Bequer
TESIS : Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm2 con sustitución del cemento por la
combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz - 2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 28/12/2023

F' C : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	FC/F' C (%)
01	PATRON	-	21/11/2023	28/11/2023	7	157.78	75.13
02	PATRON	-	21/11/2023	28/11/2023	7	165.88	78.99
03	PATRON	-	21/11/2023	28/11/2023	7	152.00	72.38
04	PATRON	-	21/11/2023	05/12/2023	14	177.23	84.40
05	PATRON	-	21/11/2023	05/12/2023	14	185.71	88.43
06	PATRON	-	21/11/2023	05/12/2023	14	181.36	86.36
07	PATRON	-	21/11/2023	19/12/2023	28	218.34	103.97
08	PATRON	-	21/11/2023	19/12/2023	28	213.66	101.74
09	PATRON	-	21/11/2023	19/12/2023	28	215.93	102.83

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
X Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Anexo 08. Ensayos de Resistencia a la Compresión de experimental – Combinación I



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 2.5%

SOLICITA : Valentin Rosas Saul Bequer
 TESIS : Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm2 con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz – 2023
 LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
 FECHA : 28/12/2023

F' C : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	FC/F'C (%)
01	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	30/11/2023	7	182.52	86.91
02	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	30/11/2023	7	177.45	84.50
03	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	30/11/2023	7	179.58	85.51
04	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	07/12/2023	14	199.88	95.18
05	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	07/12/2023	14	193.89	92.33
06	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	07/12/2023	14	198.45	94.50
07	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	21/12/2023	28	225.04	107.16
08	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	21/12/2023	28	230.85	109.93
09	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	21/12/2023	28	228.54	108.83

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

X
 UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 CHIMBOTE
 Ing. Miguel Solar Jara
 DIRECTOR
 Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Anexo 09. Ensayos de Resistencia a la Compresión de experimental – Combinación II



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 5%

SOLICITA : Valentin Rosas Saul Bequer
TESIS : Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm2 con sustitución del cemento por la
combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz - 2023
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 28/12/2023
F' C : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO	SLUMP	FECHA	EDAD	FC	FC/F' C	
	ELEMENTO	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/Cm2	(%)
01	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	30/11/2023	7	181.47	86.42
02	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	30/11/2023	7	183.07	87.18
03	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	30/11/2023	7	180.79	86.09
04	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	07/12/2023	14	206.17	98.17
05	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	07/12/2023	14	203.79	97.04
06	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	07/12/2023	14	203.00	96.67
07	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	21/12/2023	28	236.03	112.40
08	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	21/12/2023	28	234.26	111.55
09	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	21/12/2023	28	233.00	110.95

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Anexo 10. Ensayos de Resistencia a la Compresión de experimental – Combinación III



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION-EXPERIMENTAL 7.5%

SOLICITA : Valentin Rosas Saul Bequer
TESIS : Resistencia a la compresión de concreto f'c 210 kg/cm2 con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz - 2023
LUGAR : GHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH
FECHA : 28/12/2023

F' C : 210 Kg/cm2

N°	TESTIGO	SLUMP (")	MOLDEO	FECHA ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	FC/F' C (%)
01	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	30/11/2023	7	130.01	61.91
02	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	30/11/2023	7	138.49	65.95
03	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	30/11/2023	7	123.37	58.75
04	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	07/12/2023	14	158.30	75.38
05	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	07/12/2023	14	156.35	74.45
06	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	07/12/2023	14	159.54	75.97
07	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	21/12/2023	28	180.57	85.99
08	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	21/12/2023	28	182.52	86.91
09	EXPERIMENTAL	-	23/11/2023	21/12/2023	28	174.76	83.22

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos por el interesado a este laboratorio.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Anexo 11. Panel Fotográfico



Foto 01: Peso de muestra de agregado grueso para contenido de humedad



Foto 02: Secado de agregado grueso para contenido de humedad



Foto 03: Peso de muestra de agregado fino para contenido de humedad



Foto 04: Secado de agregado fino para contenido de humedad



Foto 05: Peso unitario de agregado grueso



Foto 06: Peso unitario de agregado fino



Foto 07: Cuarteado de la muestra de agregado grueso para granulometria



Foto 08: Cuarteado de la muestra de agregado fino para granulometria



Foto 09: Tamizado del agregado gureso



Foto 10: Resultado del tamizado del agregado gureso



Foto 11: Tamizado del agregado fino



Foto 12: Resultado del tamizado del agregado fino



Foto 13: Preparacion del concreto patron



Foto 14: Medida del Slump en concreto patron



Foto 15: Probetas de concreto patron



Foto 16: Mezclado de las proporciones de las combinaciones I, II y III



Foto 17: Mezclado de los concretos de las combinaciones I, II y III



Foto 18: Medida del Slump del concreto con la combinacio I



Foto 19: Medida del Slump del concreto con la combinacio II



Foto 20: Medida del Slump del concreto con la combinacio III



Foto 21: Probetas de los concretos de las combinaciones I, II y III



Foto 22: Curado las probetas del concreto patron y de los concretos de las combinaciones I, II y III

Anexo 12. Formato de Repositorio Institucional Digital

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor			
Valentin Rosas Saul Bequer	74049808	saulbequer@gmail.com	
Apellidos y Nombres	DNI	Correo Electrónico	
2. Tipo de Documento de Investigación			
<input checked="" type="checkbox"/> Tesis	<input type="checkbox"/> Trabajo de Suficiencia Profesional	<input type="checkbox"/> Trabajo Académico	<input type="checkbox"/> Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional ¹			
<input type="checkbox"/> Bachiller	<input checked="" type="checkbox"/> Título Profesional	<input type="checkbox"/> Título Segunda Especialidad	<input type="checkbox"/> Maestría <input type="checkbox"/> Doctorado
4. Título del Documento de Investigación			
Resistencia a la compresión de concreto $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz - 2023			
5. Programa Académico			
Ingeniería Civil			
6. Tipo de Acceso al Documento			
<input checked="" type="checkbox"/> Abierto o Público ³ (info.eu-repo/semantics/openAccess)	<input type="checkbox"/> Acceso restringido ⁴ (info.eu-repo/semantics/restrictedAccess) ^(*)		
(*) En caso de restringido sustentar motivo			

A. Originalidad del Archivo Digital

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

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS⁵

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




Firma

Lugar	Día	Mes	Año
Chimbote	22	11	24

Importante

1. Según Resolución de Consejo Directivo N° 039-2016-SUNEDU-CO, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 2, inciso 2.2.
2. Ley N° 30325 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 006-2015-PCM.
3. Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.
4. En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2016-CD/CYTEC-DEGC (Numerales 5.2 y 6.7) que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital.
5. Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otros. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.
6. Según el inciso 12.2 del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales-RENATI, "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital-RENATI, a través del Repositorio AUDA".

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

Anexo 13. Reporte de Turniting

Resistencia a la compresión de concreto $f'c$ 210 kg/cm² con sustitución del cemento por la combinación de ceniza de carbón y cáscara de huevo - Huaraz – 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

29%	28%	%	12%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	13%
2	1library.co Fuente de Internet	4%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
4	publicaciones.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
6	core.ac.uk Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%

9	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1 %
10	repositorio.usanpedro.pe Fuente de Internet	1 %
11	Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota Trabajo del estudiante	<1 %
12	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
14	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
16	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	<1 %
17	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repository.ucc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %

20	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1 %
21	Submitted to PSB Academy (ACP eSolutions) Trabajo del estudiante	<1 %
22	Submitted to Skutt Catholic High School Trabajo del estudiante	<1 %
23	Submitted to Swinburne University of Technology Trabajo del estudiante	<1 %
24	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD Trabajo del estudiante	<1 %
25	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.upeu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 6 words

Excluir bibliografía

Activo