

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Evaluación de las propiedades físicas - mecánicas de ladrillos de concreto a base de cáscara de café, Trujillo - La Libertad

Línea de Investigación: Ingeniería de la Construcción, Ingeniería Urbana, Ingeniería Estructural.

Sub línea de Investigación: Estructuras y Materiales.

Autores:

Becerra Flores, Blanca Elizabeth.

Vásquez Mas, Prissly Daleska.

Jurado evaluador:

Presidente: Durand Orellana, Rocío Del Pilar.

Secretario: Merino Martínez, Marcelo Edmundo.

Vocal: Chuquilin Delgado, María Florencia.

Asesor:

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo.

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

Trujillo - Perú

2023

Fecha de sustentación: 2023/12/11

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Evaluación de las propiedades físicas - mecánicas de ladrillos de concreto a base de cáscara de café, Trujillo - La Libertad

Línea de Investigación: Ingeniería de la Construcción, Ingeniería Urbana, Ingeniería Estructural.

Sub línea de Investigación: Estructuras y Materiales.

Autores:

Becerra Flores, Blanca Elizabeth.

Vásquez Mas, Prissly Daleska.

Jurado evaluador:

Presidente: Durand Orellana, Rocío Del Pilar.

Secretario: Merino Martínez, Marcelo Edmundo.

Vocal: Chuquilin Delgado, María Florencia.

Asesor:

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo.

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

Trujillo - Perú

2023

Fecha de sustentación: 2023/12/11

INFORME DE TESIS BECERRA Y VASQUEZ

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	11%	1%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	portal.mtc.gob.pe Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1%
9	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	

1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

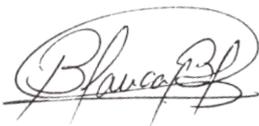


DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

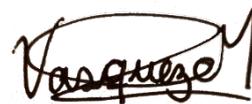
Yo, **Lucio Sigifredo Medina Carbajal**, docente del Programa de Estudios de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada “**Evaluación de las propiedades físicas - mecánicas de ladrillos de concreto a base de cáscara de café, Trujillo - La Libertad**”, de los autores **Becerra Flores, Blanca Elizabeth** y **Vásquez Mas, Prissly Daleska**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación del **10%**. Así consigna el reporte de similitud emitido por el software el día 01 de diciembre del **2023**.
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis “**Evaluación de las propiedades físicas - mecánicas de ladrillos de concreto a base de cáscara de café, Trujillo - La Libertad**”, y ni se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la universidad.

Ciudad y fecha: **Trujillo, 01 de diciembre del 2023**



Br. Becerra Flores Blanca Elizabeth
DNI: 71004345



Br. Vásquez Mas Prissly Daleska
DNI: 71776169



Ms, Medina Carbajal, Lucio Sigifredo
DNI: 40534510

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

DEDICATORIA

Lleno de regocijo, de amor y esperanza dedico esta tesis a mis seres queridos, quienes fueron pilares para poder avanzar y culminar uno de mis más grandes metas.

También a mis compañeros quienes me motivaron y acompañaron en cada proceso de la elaboración de la tesis.

Br. Becerra Flores, Blanca Elizabeth.

A Dios, por brindarme fortaleza para seguir en el camino y cumplir esta meta.

A papá, por hacerme sentir su presencia y aunque ya no esté aquí para verme en esta etapa, sé que está orgulloso y muy feliz por mí. Siempre en mi corazón.

A mamá, por su amor, trabajo, esfuerzo y sacrificio de todos estos años que nos ha permitido llegar a donde estamos.

Tito Vásquez y Marveli Mas, son mi motor y motivo, todo es gracias a ustedes.

Br. Vásquez Mas, Prissly Daleska

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme salud y los medios necesarios para concluir esta investigación a pesar de distintos obstáculos presentados.

A mis padres por su preocupación y ánimos brindados en el transcurso del proyecto.

A las personas que he ido encontrando en el camino y han brindado su conocimiento y aporte.

Br. Becerra Flores, Blanca Elizabeth.

A Dios, por guiarme y apoyarme en aquellos momentos de dificultad y debilidad.

A mis padres, por ser mis principales motores para cumplir mis sueños, por ser partícipes de este proceso y confiar en mí. Son mi inspiración y mi fortaleza.

Al Ing. Lucio Medina Carbajal, por la paciencia y guiarnos en el desarrollo del proyecto.

A todas las personas que sin conocernos nos abrieron las puertas y nos brindaron su apoyo compartiendo sus conocimientos.

Br. Vásquez Mas, Prissly Daleska.

RESUMEN

Perú es uno de los principales participantes en la industria del café a nivel mundial, Indañe – Moyobamba – San Martín abarca gran parte de esta producción, el cual genera residuos como la cáscara de café, que sus cenizas son usados en diferentes actividades como abono, combustible y aditivo.

En la presente investigación se planteó determinar el efecto de la adición de ceniza de cáscara de café en la resistencia a la compresión de ladrillos de concreto con fines de uso estructural, desarrollando una metodología experimental en donde se propuso adiciones de ceniza del 4%, 6% y 8% respecto al peso del cemento. A partir de este estudio se evaluaron sus propiedades mediante los ensayos de variación dimensional, succión, alabeo, peso específico y absorción como parte de las propiedades físicas, y la resistencia a la compresión como parte de las propiedades mecánicas.

Nuestros especímenes cumplen con lo requerido para ser considerado como Bloque Portante, de acuerdo a la norma técnica RNE E.070; no obstante, con referencia a los resultados, los ladrillos con adición de ceniza al 8% es el que obtuvo los mejores resultados respecto a la resistencia a la compresión a tal modo que supera a la resistencia de los ladrillos patrón.

Respecto a la propiedad mecánica de resistencia a la compresión, se obtuvo resultados en donde el ladrillos patrón alcanzó una resistencia de 100.29 kg/cm^2 , el ladrillo con adición del 4% alcanzó una resistencia de 86.80 kg/cm^2 , el bloque con adición del 6% alcanzó una resistencia de 94.39 kg/cm^2 y el bloque con adición del 8% alcanzó una resistencia de 107.29 kg/cm^2 .

Se finiquita que el uso de cenizas de la cáscara de café en la fabricación de ladrillos de concreto debe tener una adición máxima de 8% en función del peso del cemento, por consiguiente, se aprecia una mejora en las propiedades físicas y mecánicas en ladrillos de concreto con medidas 24x13x9 cm.

Palabras clave: Ceniza, adición, concreto, resistencia a la compresión.

ABSTRACT

Peru is one of the main participants in the coffee industry worldwide, Indañe - Moyobamba - San Martin covers a large part of this production, which generates waste such as coffee husk, whose ashes are used in different activities as fertilizer, fuel and additive.

In the present research, the effect of the addition of coffee husk ash on the compressive strength of concrete bricks for structural use was determined by developing an experimental methodology in which ash additions of 4%, 6% and 8% were proposed with respect to the weight of the cement. From this study, its properties were evaluated by means of dimensional variation, suction, warping, specific weight and absorption tests as part of the physical properties, and compressive strength as part of the mechanical properties.

Our specimens comply with the requirements to be considered as a load-bearing block, according to the technical standard RNE E.070; however, with reference to the results, the bricks with the addition of 8% ash obtained the best results with respect to compressive strength to such an extent that it surpasses the strength of the standard bricks.

Regarding the mechanical property of compressive strength, results were obtained where the standard brick reached a strength of 100.29 kg/cm^2 , the brick with 4% addition reached a strength of 86.80 kg/cm^2 , the brick with 6% addition reached a strength of 94.39 kg/cm^2 and the brick with 8% addition reached a strength of 107.29 kg/cm^2 .

It is finalized that the use of coffee husk ash in the manufacture of concrete bricks should have a maximum addition of 8% based on the weight of cement, consequently, an improvement in the physical and mechanical properties in concrete bricks with measures $24 \times 13 \times 9 \text{ cm}$ is appreciated.

Keywords: Ash, addition, concrete, compressive strength.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos del Programa de Estudios de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, es grato poner a disposición, la presente Tesis titulada: **“Evaluación de las propiedades físicas - mecánicas de ladrillos de concreto a base de cáscara de café, Trujillo - La Libertad”**; con el propósito de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

El presente informe nace del esfuerzo constante por continuar con la investigación de comportamiento del concreto adicionando porcentajes de ceniza de cáscara de café, de este modo se contribuye a investigaciones previas para constatar los distintos efectos en el uso del concreto dentro del ámbito de ingeniería civil. Asimismo, se busca posibles mejoras en sus propiedades físicas y mecánicas las cuales se vieron en nuestra presente investigación, dando uso a un material natural como la ceniza de cáscara de café.

Por lo expuesto Señores Miembros del Jurado, ponemos a su disposición el presente Informe de Tesis para su respectivo análisis y evaluación, no sin antes agradecer su gentil atención.

Atentamente,

Br. Becerra Flores, Blanca Elizabeth.

Br. Vásquez Mas, Prissly Daleska.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de investigación	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	2
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	2
1.3. Justificación del estudio	2
1.3.1. <i>Académico</i>	2
1.3.2. <i>Práctico</i>	3
1.3.3. <i>Social</i>	3
1.3.4. <i>Económico</i>	3
II. MARCO DE REFERENCIA	3
2.1. Antecedentes del estudio	3
2.1.1. <i>Internacionales</i>	3
1.1.1. <i>Nacionales</i>	4
1.1.2. <i>Locales</i>	5
2.2. Marco teórico	5
2.2.1. <i>Cenizas de la cáscara de café</i>	5
2.2.2. <i>Clasificación de cenizas volantes</i>	6
2.2.2.1. <i>Clases de cenizas volantes</i>	6
2.2.2.1.1. <i>Clase N</i>	6
2.2.2.1.2. <i>Clase F</i>	7
2.2.2.1.3. <i>Clase C</i>	7
2.2.2.2. <i>Composición química</i>	7
2.2.2.3. <i>Propiedades físicas</i>	7
2.2.3. <i>Concreto</i>	8
2.2.3.1. <i>Tipos de concreto</i>	8
1.1.2.1.1. <i>Concreto Estructural</i>	8
1.1.2.1.2. <i>Concreto Armado o Reforzado</i>	8
1.1.2.1.3. <i>Concreto Simple</i>	8
1.1.2.1.4. <i>Concreto de Peso Normal</i>	9

1.1.2.1.5. <i>Concreto Ciclópeo.</i>	9
1.1.2.1.6. <i>Concreto de Cascote.</i>	9
1.1.2.1.7. <i>Concreto Premezclado.</i>	9
2.2.3.2. Componentes del concreto	9
2.2.3.2.1. <i>Cemento Portland.</i>	9
2.2.3.2.2. <i>Agregados.</i>	10
2.2.3.2.3. <i>Agua.</i>	10
2.2.4. Estudio de agregados	10
2.2.4.1. Granulometría.	10
2.2.4.2. Contenido de humedad.	11
2.2.4.3. Peso específico y absorción.	12
2.2.4.3.1. <i>Agregado Fino.</i>	12
2.2.4.3.2. <i>Agregado Grueso.</i>	13
2.2.4.4. Peso unitario.	14
2.2.4.4.1. <i>Densidad de masa.</i>	14
2.2.4.4.2. <i>Volumen de recipiente.</i>	15
2.2.5. Componentes de la albañilería	15
2.2.5.1. Unidades de albañilería.	15
2.2.5.1.1. <i>Características Generales.</i>	15
2.2.5.1.2. <i>Clasificación para fines Estructurales.</i>	16
2.2.5.1.3. <i>Limitaciones en su Aplicación.</i>	16
2.2.5.1.4. <i>Ensayos y Pruebas.</i>	17
2.3. Marco conceptual	19
2.4. Sistema de Hipótesis	20
III. METODOLOGÍA EMPLEADA	22
3.1. Tipo y nivel de investigación	22
3.1.1. <i>De acuerdo a la orientación o finalidad</i>	22
3.2. Población y muestra de estudio	22
3.2.1. <i>Población</i>	22
3.2.2. <i>Muestra</i>	22
3.3. Diseño de investigación	22
3.3.1. <i>De acuerdo a la técnica de contrastación</i>	22
3.4. Técnicas e instrumentos de investigación	22
3.4.1. <i>Técnicas</i>	22

3.4.2.	<i>Instrumentos de investigación</i>	22
3.5.	Procesamiento y análisis de datos	23
IV.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	24
4.1.	Análisis e interpretación de resultados	24
4.1.1.	<i>Obtención de ceniza de cáscara de café</i>	24
4.1.2.	<i>Ensayo de agregados</i>	25
4.1.2.1.	Cenizas de cáscara de café.....	25
4.1.2.1.1.	<i>Granulometría</i>	25
4.1.2.1.2.	<i>Contenido de Humedad</i>	26
4.1.2.1.3.	<i>Peso Unitario</i>	26
4.1.2.2.	Agregado fino	27
4.1.2.2.1.	<i>Granulometría</i>	27
4.1.2.2.2.	<i>Contenido de Humedad</i>	28
4.1.2.2.3.	<i>Peso Específico y Absorción</i>	28
4.1.2.2.4.	<i>Peso Unitario</i>	29
4.1.2.3.	Agregado grueso	29
4.1.2.3.1.	<i>Granulometría</i>	29
4.1.2.3.2.	<i>Contenido de Humedad</i>	30
4.1.2.3.3.	<i>Peso Específico y Absorción</i>	30
4.1.2.3.4.	<i>Peso Unitario</i>	31
4.1.3.	<i>Diseño de mezcla</i>	31
4.1.3.1.	Resistencia deseada.....	31
4.1.3.2.	Información de materiales.....	31
4.1.3.3.	Resistencia requerida o calculada	32
4.1.3.4.	Tamaño máximo nominal	32
4.1.3.5.	Asentamiento slump.....	32
4.1.3.6.	Volumen unitario de agua	33
4.1.3.7.	Contenido de aire.....	33
4.1.3.8.	Relación agua cemento	34
4.1.3.9.	Contenido de cemento.....	35
4.1.3.10.	Volumen absoluto de pasta.....	35
4.1.3.11.	Porcentaje de agregado fino	36
4.1.3.12.	Volumen de agregados.....	38
4.1.3.13.	Pesos secos de agregados	38

4.1.3.14. Corrección por humedad de agregados	38
4.1.3.15. Reajuste de agua.....	39
4.1.3.16. Cálculo de pesos para la adición de ceniza de cáscara de café 39	
4.1.3.17. Nueva dosificación	40
4.1.4. Propiedades físicas	41
4.1.4.1. Variación dimensional	41
4.1.4.2. Succión	43
4.1.4.3. Alabeo	45
4.1.4.4. Peso específico y absorción	47
4.1.5. Propiedades mecánicas	51
4.1.5.1. Resistencia a la compresión	51
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Requisitos Químicos.</i>	7
Tabla 2. <i>Requisitos Físicos.</i>	8
Tabla 3. <i>Cantidad Mínima de la Muestra de Agregado Grueso o Global.</i>	10
Tabla 4. <i>Tamaño de la Muestra del Agregado.</i>	11
Tabla 5. <i>Peso Mínimo de la muestra de ensayo.</i>	13
Tabla 6. <i>Clase de Unidad de Albañilería para fines Estructurales</i>	16
Tabla 7. <i>Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.</i>	16
Tabla 8. <i>Tabla de Operacionalización de Variables.</i>	21
Tabla 9. <i>Granulometría de cenizas de cáscara de café.</i>	25
Tabla 10. <i>Contenido de humedad de cáscara de café.</i>	26
Tabla 11. <i>Peso unitario de cáscara de café.</i>	26
Tabla 12. <i>Granulometría de agregado fino.</i>	27
Tabla 13. <i>Contenido de humedad de agregado fino.</i>	28
Tabla 14. <i>Peso específico y absorción de agregado fino.</i>	28
Tabla 15. <i>Peso unitario de agregado fino.</i>	29
Tabla 16. <i>Granulometría de agregado grueso.</i>	29
Tabla 17. <i>Contenido de humedad de agregado grueso.</i>	30
Tabla 18. <i>Peso específico y absorción de agregado grueso.</i>	30
Tabla 19. <i>Peso unitario de agregado grueso.</i>	31
Tabla 20. <i>Resumen de especificaciones de materiales.</i>	31
Tabla 21. <i>Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.</i>	32
Tabla 22. <i>Consistencia y asentamiento del concreto.</i>	32
Tabla 23. <i>Volumen unitario de agua, expresado en lt/m³, para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.</i>	33
Tabla 24. <i>Agregados en lt/m³ de concreto para los tamaños máximos de agregados grueso y consistencia indicados.</i>	33
Tabla 25. <i>Relación agua/cemento de diseño de peso.</i>	34
Tabla 26. <i>Porcentaje de agregado fino.</i>	36

Tabla 27. <i>Variación dimensional ladrillos patrón.</i>	41
Tabla 28. <i>Variación dimensional ladrillos patrón + 4% ceniza de café.</i>	41
Tabla 29. <i>Variación dimensional ladrillos patrón + 6% ceniza de café.</i>	42
Tabla 30. <i>Variación dimensional ladrillos patrón + 8% ceniza de café.</i>	42
Tabla 31. <i>Resumen de ensayo de Variación dimensional.</i>	42
Tabla 32. <i>Succión de ladrillos patrón.</i>	43
Tabla 33. <i>Succión de ladrillos patrón + 4% ceniza de café.</i>	44
Tabla 34. <i>Succión de ladrillos patrón + 6% ceniza de café.</i>	44
Tabla 35. <i>Succión de ladrillos patrón + 8% ceniza de café.</i>	44
Tabla 36. <i>Resumen de ensayo de Succión.</i>	44
Tabla 37. <i>Alabeo de ladrillos patrón.</i>	45
Tabla 38. <i>Alabeo de ladrillos patrón + 4% de ceniza de café.</i>	46
Tabla 39. <i>Alabeo de ladrillos patrón + 6% de ceniza de café.</i>	46
Tabla 40. <i>Alabeo de ladrillos patrón + 8% de ceniza de café.</i>	46
Tabla 41. <i>Resumen de ensayo de Alabeo.</i>	47
Tabla 42. <i>Peso específico y absorción de ladrillos patrón.</i>	47
Tabla 43. <i>Peso específico y absorción de ladrillos patrón + 4% de ceniza de café.</i>	48
Tabla 44. <i>Peso específico y absorción de ladrillos patrón + 6% de ceniza de café.</i>	48
Tabla 45. <i>Peso específico y absorción de ladrillos patrón + 8% de ceniza de café.</i>	49
Tabla 46. <i>Resumen de Peso Específico.</i>	49
Tabla 47. <i>Resumen de ensayo de Absorción.</i>	50
Tabla 48. <i>Resistencia a la compresión de ladrillos patrón.</i>	51
Tabla 49. <i>Medidas de especímenes de ladrillos patrón.</i>	51
Tabla 50. <i>Resistencia a la compresión de ladrillos patrón + 4% de ceniza de café.</i>	52
Tabla 51. <i>Medidas de especímenes de bloque patrón + 4% de ceniza de café.</i>	52
Tabla 52. <i>Resistencia a la compresión de bloque patrón + 6% de ceniza de café.</i>	52
Tabla 53. <i>Medidas de especímenes de ladrillos patrón + 6% de ceniza de café.</i>	53

Tabla 54. <i>Resistencia a la compresión de ladrillos patrón + 8% de ceniza de café.</i>	53
Tabla 55. <i>Medidas de especímenes de bloque patrón + 8% de ceniza de café.</i>	53
Tabla 56. <i>Resumen de ensayo de Resistencia a la Compresión.</i>	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Partes del grano de Café</i>	6
Figura 2. <i>Esquema de Ensayo de Compresión</i>	17
Figura 3. <i>Curva granulométrica de ceniza de cáscara de café</i>	25
Figura 4. <i>Curva granulométrica de agregado fino</i>	27
Figura 5. <i>Curva granulométrica de agregado grueso</i>	30
Figura 6. <i>Variación dimensional entre especímenes</i>	43
Figura 7. <i>Succión entre especímenes</i>	45
Figura 8. <i>Alabeo entre especímenes</i>	47
Figura 9. <i>Peso específico entre especímenes</i>	49
Figura 10. <i>Absorción entre especímenes</i>	50
Figura 11. <i>Resistencia a la compresión entre especímenes</i>	54

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

Nuestro país cuenta con diferentes actividades económicas, el sector construcción es considerada uno de los más contaminantes. Al analizar el ciclo de vida de las edificaciones, se puede notar una gran cantidad de emisión de CO₂, que es generada por esta actividad económica.

Tras un estudio por parte del Instituto de Economía y Desarrollo Empresarial, esta viene a ser la segunda actividad con gran crecimiento durante los años 2001 – 2019 y su impacto ambiental es inmensurable. Ante tales acontecimientos, la presente investigación tiene como principal objetivo contribuir al cuidado del medio ambiente generando una construcción sostenible considerando el impacto ecológico, social y económico.

Perú es uno de los países productores de café en grandes cantidades en el mundo, es por ello que consideramos necesario el hecho de aprovechar sus beneficios en su máxima potencia, se propone un diseño de un sistema de construcción alternativo, donde se aprovechen las propiedades de este fruto en la calidad de cenizas de su cáscara. Como se sabe la cáscara de café es un residuo recuperado a partir de la molienda del fruto, pues luego de ser usado, los residuos son incinerados o desechados como basura, (Franco, 2021), señala que, dando uso a las propiedades de la cáscara de café como material adicional en el concreto, se obtiene excelentes resultados en las propiedades de la construcción.

Según investigaciones sobre el tema, se define que existen diferencias entre los ladrillos de concreto con adición de las cenizas de la cáscara de café y la cáscara entera o molida, dentro de estas diferencias está considerado como principal el costo, pues la cáscara requiere de mayor inversión que la ceniza, puesto que requiere mayor cantidad de cemento para ser cubiertas y cumplir con las especificaciones necesarias de resistencia.

Al presente, los materiales de construcción tienden a incrementarse en diferentes formas, prueba de ello se indica en el Informe Económico de la Construcción, en donde se menciona que los precios de los materiales se elevaron en un 9.1% durante los meses de noviembre del 2021 e inicios del 2023, en donde se estima que para los siguientes meses aumente en un 3.7%.

Ante esta situación planteada, se estima como solución el análisis de nuevas alternativas del uso de materias primas como parte de los materiales para la construcción, en donde ayude a sacar provecho de las propiedades de un material que al terminar su proceso de industrialización es desechado y de este modo generar construcciones ecológicas, asimismo, reducir costos de inversión, cumpliendo cabalmente las normas que implica.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el efecto de las cenizas de cáscara de café en las propiedades físicas – mecánicas en ladrillos de concreto, Trujillo – La Libertad.

1.2.2. Objetivos específicos

- Obtener la ceniza de la cáscara de café a través del proceso de quemado.
- Identificar las propiedades de la cáscara de café en el uso de concreto.
- Realizar el diseño de mezcla del concreto y caracterizar sus materiales.
- Realizar comparaciones de las variaciones del comportamiento del concreto sometido a porcentajes de cenizas de cáscara de café, con el diseño patrón.

1.3. Justificación del estudio

1.3.1. Académico

Esta investigación se justifica académicamente, porque está enfocado en el estudio específico de la influencia de la adición de las cenizas de la cáscara de café en la elaboración de ladrillos de concreto sólido con capacidad portante. En tal sentido, se considera la Norma Técnica Peruana vigente, Reglamento Nacional de Edificaciones. Manuales de Tecnología de Materiales y Concreto, con similitud y referencia al tema central.

1.3.2. Práctico

Esta investigación se justifica en la parte práctica, considerando los resultados obtenidos en los antecedentes, asimismo, será considerado como base para futuras investigaciones que serán desarrolladas en el ámbito referente a las cenizas volantes en ladrillos de concreto sólido con capacidad portante.

1.3.3. Social

Esta investigación se justifica de manera social, basándose en estudios de tecnología de materiales en ladrillos de concreto sólido, cuyos resultados hayan sido obtenidos con el uso de cenizas volantes. Los resultados obtenidos en esta investigación, será soporte y base para futuros proyectos de investigación.

1.3.4. Económico

Esta investigación se justifica económicamente, que todo el proceso investigativo será autofinanciado, con la finalidad de hacer un aporte a la sociedad, teniendo un estudio de las propiedades físicas y mecánicas de ladrillos de concreto sólido, sometido a porcentajes de cenizas de cáscara de café, con capacidad portante.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Internacionales

(Coral Patiño , 2019) en su tesis “Comportamiento del concreto con cascarilla de café y posibilidades ante textura y color – Bogotá 2019”, afirma que, ante la idea de lograr construcciones sostenibles, se requiere identificar el diseño de mezcla, para así poder someterlo a prototipos de encofrados y estampados, lo cual permitirá un análisis profundo del material en su adherencia y manejabilidad ante algún modelo arquitectónico al que sea expuesto. Concluye afirmando que el uso de este material en cantidades de 0.5% y 1.0% es posible mejorar la calidad del concreto. Esta investigación busca mejorar el comportamiento del concreto dando uso a las cenizas de la cáscara de café dando uso como adición al 4%, 6% y 8%.

(Mayorga García & Roperó Rangel, 2019), en su tesis expuesta “Evaluación de la resistencia a compresión de ladrillos de concreto con alvéolos horizontales – Bucaramanga 2019”, donde su principal explicación del concreto poroso es en pavimento, teniendo como resultado que el uso de alvéolos reduce la resistencia a la compresión del concreto en un 28.71% a la resistencia estándar indica según norma; por lo tanto, la presente investigación busca indagar el comportamiento del concreto mediante ladrillos de concreto como elemento de sistema constructivo de albañilería.

1.1.1. Nacionales

(Sandoval Meléndez & Huamán Meléndez , 2021), en su tesis “Efecto de la adición de ceniza de cáscara de café en la resistencia a la compresión de ladrillo de concreto – Jaén 2021”, después de sus estudios y ensayos previos con adiciones de la ceniza de la cáscara de café, concluye que agregando progresivamente en 5%, 10% y 15% a la elaboración de los ladrillos de concreto, de acuerdo al peso del cemento, la resistencia a la compresión del ladrillo aumenta a un $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$. Lo que hace referencia a que la proporción de las cenizas va de acuerdo con el peso del cemento que se usa por ladrillo, al aumentar el peso del cemento, aumenta el porcentaje de ceniza de la cáscara de café.

(Molocho Tiquillahuanca & Rodríguez Chumbe, 2020), en su tesis “Adición de la cascarilla de café y sus cenizas para Mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en las viviendas económicas de Moyobamba – 2020”, afirma que, para el diseño óptimo de un ladrillo que supere a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, solo adicionaron las cenizas de la cáscara de café en un 5% del peso del cemento, porque con ese porcentaje alcanzó un valor de $f'c = 218.5 \text{ kg/cm}^2$, una resistencia a la compresión superior a sus primeros diseños. Resultados que nos hacen referencia a los posibles resultados que obtendremos en los ensayos que se irán realizando de manera progresiva.

1.1.2. Locales

(Cueva Culque, 2021), en su tesis “Análisis del comportamiento de la resistencia a la compresión y consistencia del concreto estructural con aditivos naturales en Trujillo”, menciona que con el uso de los aditivos naturales se espera cumplir con las exigencias específicas necesarias, siendo eficiente durante su tiempo de vida. Concluyendo que, el uso de aditivos naturales en el concreto genera mayores beneficios en cuanto a sus propiedades mecánicas, mostrando una resistencia mayor a la compresión.

No se encontraron más antecedentes.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Cenizas de la cáscara de café

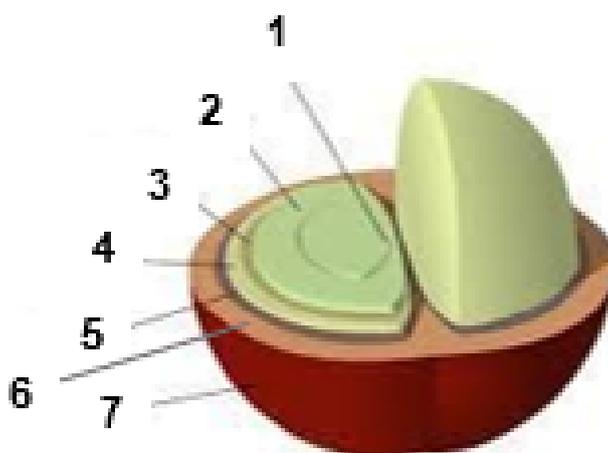
La caficultura, es una de las principales actividades agrícolas, en la selva del país, siendo las regiones de Amazonas, San Martín y Cajamarca los principales productores. Las plantaciones se cultivan y cosechan entre los 600 y 2 700 msnm, en las montañas tropicales de los Andes, mencionan (Mendieta Pisco & Salas Cortegana, 2022).

El pergamino, conocido también como cáscara o cascarilla de café, es una cubierta que se encarga de envolver el fruto, encontrándose después de la capa de mucílago, este compuesto llega a ocupar el 12% del peso total del grano y cuenta con un grosor entre 7 mm a 11 mm aproximadamente, lo define (García Sobrino & Gil Cruz, 2021), en su investigación. Sus propiedades provienen de su composición, la cual cuenta con lignina, celulosa, cenizas y sílice; estos compuestos en conjunto, permiten que cuente con condiciones para aumentar y mejorar la resistencia de los compuestos.

Según (Mendieta Pisco & Salas Cortegana, 2022), la ceniza de la cáscara del café vendría a ser el resultado del proceso donde el material es expuesto a temperaturas extremas. El resultado de este proceso estará constituido por óxidos de los minerales que estaban presentes en la cáscara antes de ser calcinados.

La adición de este compuesto, se ha llegado a convertir en una práctica muy empleada para el proceso de mejora de las propiedades físico – mecánicas del concreto, menciona (García Sobrino & Gil Cruz, 2021) en su investigación, esto se debe a que la materia de refuerzo cuenta con fibras naturales de alta valoración, que cumplen con la misma función del acero, la cual es unir y mantener cohesionada la misma mezcla.

Figura 1.
Partes del grano de Café



Nota. Esta imagen muestra cada parte de grano de café enumerada respectivamente.

- (1) Embrión.
- (2) Grano de café.
- (3) Película plateada o tegumento.
- (4) Pergamino, cáscara, cascarilla o endocarpio.
- (5) Mucílago o baba.
- (6) Pulpa o mesocarpio.
- (7) Piel exterior o pericarpio.

2.2.2. Clasificación de cenizas volantes

2.2.2.1. Clases de cenizas volantes.

2.2.2.1.1. Clase N. Según la Norma Técnica Peruana (334.104, 2011), este tipo de cenizas, son puzolanas naturales crudas o calcinadas que cumplen los requisitos aplicables para lo especificado, como pueden ser las cenizas volcánicas o pumitas, lutitas y calcinadas opalinas, tufos, entre otros

materiales que requieren de la calcinación para incluir propiedades satisfactorias.

2.2.2.1.2. Clase F. Como menciona la Norma Técnica Peruana (334.104, 2011), esta clasificación se refiere a las cenizas volantes que cumplen con los requisitos de propiedades puzolánicas.

2.2.2.1.3. Clase C. Es la ceniza volante que cumple con los requisitos puzolánicos, pero que también, cuenta con propiedades hidráulicas, según la Norma Técnica Peruana (334.104, 2011).

2.2.2.2. Composición química.

Según la Norma Técnica Peruana (334.104, 2011), la composición química de las cenizas volantes se determina por lo siguiente:

Tabla 1.

Requisitos Químicos.

COMPOSICIÓN QUÍMICA	CLASE		
	N	F	C
Dióxido de silicio (SiO ₂) + Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃) + Óxido de hierro (Fe ₂ O ₃). % mín.	70.0	70.0	50.0
Trióxido de azufre (SO ₃). % máx.	4.0	5.0	5.0
Contenido de humedad. % máx.	3.0	3.0	3.0
Pérdida por calcinación. % máx.	10.0	6.0 ^	6.0

Nota. Composición química de las cenizas volantes.

2.2.2.3. Propiedades físicas.

Según la Norma Técnica Peruana (334.104, 2011), las propiedades físicas de las cenizas volantes se determinan por lo siguiente:

Tabla 2.*Requisitos Físicos*

Requisitos	Clase		
	N	F	C
Fineza:			
Cantidad retenida en el tamizado vía húmeda en la malla de 45 μm (N° 325). % máx.	34	34	34
Con cemento Portland a 7 días. % min. del control	75 ^B	75 ^B	75 ^B
Con cemento Portland a 28 días. % min. del control	75 ^B	75 ^B	75 ^B
Demanda de agua, máx. porcentaje de control	115	105	105
Estabilidad			
Expansión o contracción en autoclave. % máx.	0.8	0.8	0.8
Requisitos de uniformidad:			
<p>La densidad y la fineza de muestras individuales no deben variar del promedio establecido por diez ensayos, o por todos los ensayos procedentes si el número es menor que diez, por más de:</p>			
Densidad máxima variación del promedio. %	5	5	5
Porcentaje retenido en 45 μm (N° 325), variación máx. puntos de porcentaje del promedio.	5	5	5

Nota. Composición física de las cenizas volantes.

2.2.3. Concreto

El concreto es un material de construcción que es el más usado a nivel mundial. Su fácil preparación, eficacia y maleabilidad lo convierten en el material ideal para exigencias contemporáneas.

De acuerdo a la norma técnica peruana....

2.2.3.1. Tipos de concreto.

1.1.2.1.1. Concreto Estructural. Usado a fines estructurales, abarcando lo que es concreto simple y reforzado.

1.1.2.1.2. Concreto Armado o Reforzado. Sin armadura de refuerzo con cantidades mínimas de acero pre – esforzado.

1.1.2.1.3. Concreto Simple. Carece de armadura de refuerzo o cuenta con refuerzo menor que el mínimo estipulado para concreto reforzado.

1.1.2.1.4. Concreto de Peso Normal. Cuenta con un peso cercano a 200 kg/cm^3 .

1.1.2.1.5. Concreto Ciclópeo. Concreto simple, del cual su masa es incorporada por piedras grandes.

1.1.2.1.6. Concreto de Cascote. Conformado por cemento, agregado fino, agua y cascotes de ladrillo.

1.1.2.1.7. Concreto Premezclado. Es dosificado en planta y puede ser mezclado en la misma mezcladora.

2.2.3.2. Componentes del concreto

2.2.3.2.1. Cemento Portland. Según la (E.060 Concreto Armado), del Reglamento Nacional de Edificaciones, se menciona que la mezcla puede ser reforzada por otro tipo de aditivos que no excedan en cantidad al 1% en peso total, donde previamente el agregado será sometido a un proceso de pulverización.

A. Clasificación: El cemento es uno de los productos más importantes y utilizados en el ámbito de obras y se considera:

- a. **Tipo I:** Es el de uso general.
- b. **Tipo II:** Se requiere moderado calor de hidratación.
- c. **Tipo III:** Considerada parte de la resistencia temprana, porque la resistencia es obtenida en 3 días.
- d. **Tipo IV:** Se requiere de bajo calor de hidratación en la etapa de fraguado, generalmente se usa en obras grandes.
- e. **Tipo V:** Contiene alta resistencia a los sulfatos.
- f. **Tipo MS:** Se denomina así debido a su moderada resistencia a sulfatos, cuya propiedad reduce alteraciones que puedan presentarse en el concreto, asimismo, cumple con la Norma Técnica Peruana 334.082 y ASTM C 1157. Es fabricado mediante una molienda conjunta de Clinker y adiciones minerales generando estructuras menos permeables con mayor resistencia química que protege del cloruro y salitre.

Propiedades:

- Moderada resistencia a los sulfatos: Esto se da debido a las adiciones de minerales que se combinan químicamente con el hidróxido de calcio liberado en la hidratación del cemento.

- Resistencia al agua de mar: A tener baja permeabilidad, la difusión de los iones de cloruro en las estructuras va a disminuir permitiendo mejor la conservación de la armadura de concreto armado.
- De moderado calor de hidratación: Desarrolla menor calor de hidratación evitando fisuraciones de origen térmico afectando considerablemente la calidad del concreto.
- Baja reactividad con agregados álcali-reativos: Las adiciones minerales de cemento anti salitre MS, fijan los álcalis del cemento antes que éstos puedan reaccionar con los agregados reactivos, evitando así la fisuración y el deterioro del concreto.

2.2.3.2.2. Agregados. Es dosificado en planta y puede ser mezclado en la misma mezcladora.

2.2.3.2.3. Agua. Es dosificado en planta y puede ser mezclado en la misma mezcladora.

2.2.4. Estudio de agregados

2.2.4.1. Granulometría.

Según la Norma Técnica Peruana (400.012, 2001), la muestra para este ensayo se debe considerar 300 g como mínimo para el agregado fino y para el agregado grueso se considera la siguiente tabla:

Tabla 3.

Cantidad Mínima de la Muestra de Agregado Grueso o Global.

Tamaño Máximo Nominal	Cantidad de la Muestra del Ensayo
Aberturas Cuadradas	Minimo
mm (pulg)	kg (lb)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 1/2)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 1/2)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 1/2)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (600)

Nota.

Esta

tabla muestra el tamaño de muestra según el tamaño máximo nominal del material.

Se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$A = \frac{W_1}{W_2} \times B$$

Donde:

A: Masa del incremento de la medida sobre la base de la muestra total.

W₁: Masa de la fracción más fina que la malla N° 4 en la muestra total.

W₂: Masa de la porción reducida de material más fino que la malla N° 4 efectivamente tamizada.

B: Masa del incremento en la porción reducida tamizada.

Para el reporte del ensayo se deberá incluir el porcentaje total que pasa por cada tamiz y el porcentaje retenido entre tamices consecutivos, considerando también el porcentaje retenido acumulado.

2.2.4.2. Contenido de humedad.

Según la Norma Técnica Peruana (339.185, 2002), para la definición del peso de muestra de este ensayo, se debe evaluar el material con la siguiente tabla:

Tabla 4.
Tamaño de la Muestra del Agregado.

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4.75 (0.187) (N°4)	0.5
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2.0
19.0 (3/4)	3.0
25.0 (1)	4.0
37.5 (1 1/2)	6.0
50.0 (2)	8.0
63.0 (2 1/2)	10.0
75.0 (3)	13.0
90.0 (3 1/2)	16.0
100.0 (4)	25.0
150 (6)	50.0

Nota.

Esta

tabla muestra el peso de la muestra que se debe usar de acuerdo al tamaño de las partículas de la muestra.

Se deja secando la muestra en el recipiente y se calcula el contenido de humedad con la fórmula.

$$p = 100 \times \left(\frac{W - D}{D} \right)$$

Donde:

p: Contenido de humedad total evaporable de la muestra de porcentaje.

W: Masa de la muestra húmeda inicial (g).

D: Masa de la muestra seca (g).

2.2.4.3. Peso específico y absorción.

2.2.4.3.1. Agregado Fino. Se da uso a 1000 g a través del método del cuarteo, según (400.022, 2002).

A. Peso Específico de masa (Pem):

$$Pem = \left(\frac{W_o}{(V - V_A)} \right) \times 100$$

B. Peso Específico de masa saturado en Superficie Seca (PeSSS):

$$PeSSS = \left(\frac{500}{V - V_a} \right) \times 100$$

C. Peso Específico Aparente (Pea):

$$Pea = \frac{(W_o)}{(V - V_a) - (500 - W_o)} \times 100$$

D. Absorción (Ab):

$$Ab = \left(\frac{500 - W_o}{W_o} \right) \times 100$$

Donde:

P_{em} : Peso Específico de masa-

W_o : Peso en el aire de la muestra secada en el horno (g).

V : Volumen del frasco (cm^3).

V_a : Peso en (g) o volumen en (cm^3) de agua añadida al frasco.

2.2.4.3.2. Agregado Grueso. Se da uso de la tabla, para determinar el peso de la muestra inicial, según (400.021, 2002).

Tabla 5.

Peso Mínimo de la muestra de ensayo.

Tamaño máximo nominal mm (pulg)	Peso mínimo de la muestra de ensayo kg (lb)
12.5 (1/2) o menos	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 1/2)	5 (11)
50.0 (2)	8 (18)
63.0 (2 1/2)	12 (26)
75.0 (3)	18 (40)
90.0 (3 1/2)	25 (55)
100.0 (4)	40 (88)
112 (4 1/2)	50 (110)
125 (5)	75 (165)
150 (6)	125 (276)

Nota. La tabla indica los pesos que se da uso, dependiendo el tamaño de las partículas.

A. Peso Específico de masa (P_{em}):

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} \times 100$$

B. Peso Específico de masa saturada con superficie seca (P_{eSSS}):

$$P_{eSSS} = \frac{B}{(B - C)} \times 100$$

C. Peso Específico Aparente (P_{ea}):

$$Pea = \frac{A}{(A - C)} \times 100$$

D. Absorción (Ab):

$$Ab = \frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso de la muestra seca en el aire (*g*).

B: Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire (*g*).

C: Peso en el agua de la muestra saturada.

2.2.4.4. Peso unitario.

Según la Norma Técnica Peruana (400.012, 2001), para calcular el peso unitario se debe tener en consideración lo siguiente:

2.2.4.4.1. Densidad de masa. Calcular la densidad de masa consiste en:

$$M = \frac{G - T}{V}$$

$$M = (G - T) \times F$$

Donde:

M: Densidad de masa del agregado kg/m^3 .

G: M, *kg*.

T: Masa del recipiente *kg*.

V: Volumen del recipiente, m^3 .

F: Factor para el recipiente, l/m^3 .

$$M_{SSS} = M \left[1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right]$$

Donde:

M_{SSS} : Densidad de masa en condición SSD, kg/m^3 .

A: Porcentaje de absorción.

2.2.4.4.2. Volumen de recipiente. Calcular el volumen del recipiente consiste en:

$$V = \frac{W - M}{D}$$

$$F = \frac{D}{W - M}$$

Donde:

V: Volumen del recipiente m^3 .

W: Masa del agua, placa de vidrio y recipiente, kg .

M: Masa de la placa de vidrio y recipiente, kg .

D: Densidad del agua para la temperatura medida, kg/m^3 .

F: Factor para el recipiente, l/m^3 .

2.2.5. Componentes de la albañilería

2.2.5.1. Unidades de albañilería.

2.2.5.1.1. Características Generales. Según la (E.070 Albañilería), se denomina como ladrillo a toda aquella unidad cuyas dimensiones y pesos permite que sea manipulada solo por una mano. Contrario a un bloque que es la unidad que, por peso y dimensión se requiere de ambas manos para poder manipularlo.

Estas unidades pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares, que pueden ser fabricadas de manera artesanal o de manera industrial, dependiendo del uso al que esté dirigido.

Según la norma (E.070 Albañilería), dichas unidades de albañilería serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y la estabilidad volumétrica requerida. En el caso de las unidades curadas en agua, el plazo como mínimo para ser utilizadas será 28 días.

2.2.5.1.2. Clasificación para fines Estructurales.

Tabla 6.

Clase de Unidad de Albañilería para fines Estructurales

TABLA CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 10 cm	Hasta 15 cm	Más de 15 cm		
	Ladrillo I	± 8	± 6		
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)
Bloque P (1)	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP (2)	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (20)

Nota. Tipos de ladrillo con resultados estándares guías, para ensayos.

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes.

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

2.2.5.1.3. Limitaciones en su Aplicación.

Tabla 7.

Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.

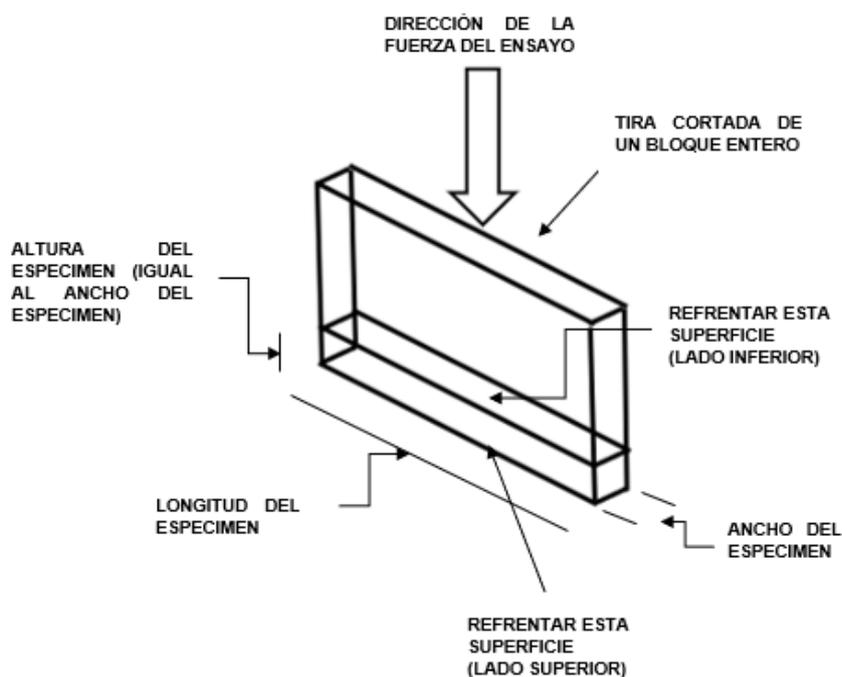
TABLA 2 LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí	Sí	Sí
	Celdas totalmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout	Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

Nota. La tabla muestra si los ladrillos de concreto cumplen con los parámetros estructurales.

2.2.5.1.4. Ensayos y Pruebas.

- A. Muestreo: Este proceso será efectuado con la cantidad necesaria, sobre las que se efectuarán las pruebas de variación de dimensiones, alabeo, compresión y absorción.
- B. Resistencia a la Compresión: Para este proceso se efectuará los ensayos de laboratorio correspondiente, indicado en las normas. Según la Norma Técnica Peruana (399.604, 2002), se indica que para este ensayo se tendrán en consideración medias unidades secas, de ancho y altura equivalente a las unidades originales, con la misma longitud y mismas dimensiones. Asimismo, los cuerpos a ensayar no deben presentar astillas ni rajaduras.

Figura 2.
Esquema de Ensayo de Compresión.



Nota. Esta imagen muestra detalladamente el proceso de rotura del ladrillo de concreto cuando está sometido a una determinada carga.

El cálculo de la resistencia a la compresión se define mediante la ecuación siguiente, con una aproximación a 0.01 MPa.

$$C = \frac{W}{A}$$

Donde:

C: Resistencia a la compresión del espécimen, MPa.

W: Máxima carga en N, indicada por la máquina del ensayo.

A: Promedio de área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen mm^2 .

- C. Variación Dimensional. Para esta prueba se seguirá el procedimiento indicado en las normas. Según (399.604, 2002), se debe realizar el proceso con una regla graduada o dando uso al Vernier. Se empieza registrando el ancho (A) en la longitud media de las superficies de apoyo superior o inferior, la altura (H) en la longitud media de cada cara y la longitud (L) en la altura media de cada cara. Se reporta el promedio del cambio de las longitudes de los cuerpos ensayados, con una aproximación a 0.001 mm .
- D. Succión. Se encarga de medir la tasa de filtración y la predisposición de quitarle agua al mortero lo que ocasiona una adherencia muy débil a la unidad, la muestra se deja en agua por un minuto, se seca y se pesa.

$$S = \frac{200x W}{L x B}$$

Donde:

W: Aumento de peso (g).

L: Largo promedio de la superficie de contacto (cm).

B: Ancho promedio de la superficie de contacto (cm).

S: Succión normalizada en (200 cm).

- E. Alabeo. Según la Norma Técnica Peruana (399.613, 2005), este ensayo se mide en mm y se da uso a una regla graduada o con una cuña de medición de 60 mm de longitud por 12.5 mm de espesor en un extremo y el que va reduciéndose hasta llegar a cero en el otro extremo. Es de

suma importancia que la cuña este totalmente graduada y numerada en divisiones de 1 *mm*.

F. Absorción. Según la Norma Técnica Peruana (399.604, 2002), en este ensayo se debe sacar y dejar ventilar los especímenes de prueba. Para la saturación se sumerge el cuerpo en agua limpia a temperatura entre 15.6 °C y 26.7 °C, por un tiempo de 24 horas.

En la parte del secado, los cuerpos deben ser ventilados en un horno a 100 °C a 115 °C por no menos de 24 horas, se empieza a considerar cuando dos pesadas sucesivas en intervalos de 2 horas muestren un avance de la pérdida no mayor a 0.2% del peso último previamente determinado del cuerpo.

El cálculo de la absorción se define mediante las siguientes ecuaciones:

$$Kg/m^3 = \left(\frac{W_s - W_d}{W_s - W_i} \right) \times 1000$$

$$\% \text{ Absorción} = 100 \times \left(\frac{W_s - W_d}{W_d} \right)$$

Donde:

W_s : Peso saturado del cuerpo (*kg*).

W_i : Peso sumergido del cuerpo (*kg*).

W_d : Peso seco al horno del cuerpo (*kg*).

2.3. Marco conceptual

- Agregado: Material natural o artificial como arena o piedra chancada, con fines de formar el concreto.
- Albañilería: Conocido también como mampostería, considerado como material estructural que está compuesto por materiales de su misma línea, que se encuentran apiladas e integradas por concreto líquido.
- Caficultura: Acción de sembrío, cosecha, producción y comercialización del café.

- Cemento portland: Producto obtenido por la pulverización del Clinker Portland, con la adición de sulfato de calcio.
- Ceniza volante: Residuo fino, obtenido de la combustión de carbón pulverizado y que previamente fue transportado por flujos gaseosos.
- Concreto: Mezcla de material aglomerante de agregado fino y grueso.
- Muro portante: Muro diseñado con la capacidad de soportar cargas de manera horizontal y vertical desde un nivel determinado hacia un nivel inferior o hacia los cimientos.
- Resistencia a la compresión: Capacidad para sufrir los efectos de una carga por unidad de área, su unidad de medida es kg/cm^3 .
- Tamaño máximo: Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso.
- Tamaño máximo nominal: Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

2.4. Sistema de Hipótesis

La adición del 8% de ceniza de la cáscara de café respecto al peso del cemento, aumenta la resistencia a la compresión de los ladrillos de concreto sólido en base al patrón.

Tabla 8.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
CENIZA DE CASCARA DE CAFÉ	Las cenizas de la cascarilla del café, es un producto natural rico en azufre, potasio, calcio, magnesio y fosforo.	Es un compuesto, que, a través de procesos químicos, se convierte en cenizas, cuyas propiedades pueden ser incluidas como agregados en la elaboración de ladrillos de concreto.	Diseño de mezclas	Agregados comunes Cenizas del café como agregado
			Propiedades físicas	Granulometría. Peso unitario de la ceniza. Contenido de humedad de la ceniza.
			Peso específico y absorción	Peso específico aparente (<i>g</i>) Porcentaje de absorción (%)
			Alabeo	Concavidad (<i>mm</i>) Convexidad (<i>mm</i>)
PROPIEDADES DE LOS LADRILLOS	Se clasifican según sus cualidades por alta duración y resistencia térmica, soportando el peso de grandes estructuras.	Las propiedades del ladrillo, cuenta con cualidades de durabilidad e impermeabilidad, lo que permite conservar las temperaturas en los ambientes.	Succión	Mide la tasa de filtración de agua (<i>g/min/cm²</i>)
			Variación dimensional	Variación dimensional por cambios de humedad y/o temperatura (<i>cm</i>)
			Resistencia a la compresión	Capacidad de resistencia a una carga puntual (<i>Kg/cm²</i>)

Tabla de Operacionalización de Variables.

Nota. Elaboración propia

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. *De acuerdo a la orientación o finalidad*

Aplicada, porque busca indagar y comprobar la teoría existente, desarrollada mediante una investigación elemental, dando así la posibilidad de dar alternativas de solución a problemáticas existentes en la rama de la investigación.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. *Población*

La población total es de 60 ladrillos, donde se ha realizado tres grupos experimentales y uno de control.

3.2.2. *Muestra*

Proporción de la población, con porcentajes de aplicación de cenizas de cáscara de café; 15 con diseño de mezcla común y 45 con diferentes porcentajes de adición al 4%, 6% y 8%, 15 ladrillos respectivamente.

3.3. Diseño de investigación

3.3.1. *De acuerdo a la técnica de contrastación*

Experimental, porque el principal objetivo es demostrar los efectos que tiene la adición de las cenizas de la cáscara de café en las propiedades físicas – mecánicas de ladrillos de concreto.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

3.4.1. *Técnicas*

- Observación.
- Análisis documental.

3.4.2. *Instrumentos de investigación*

- Ficha de observación.
- Ficha de recojo.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Para la recopilación de datos del proceso de quemado de cáscara de café, se realizó visitas a la empresa de producción y procesamiento de café MOUNTAUN COFFEE E.I.R.L., manteniendo reuniones formales y planificadas, donde se expuso los puntos importantes del proceso, dirigido por el encargado de la empresa.

Se tuvo en cuenta el desarrollo de ensayos de granulometría, contenido de humedad, peso específico y absorción y peso unitario tanto del agregado fino como del agregado grueso, para complementar información se ha desarrollado ensayos de granulometría, contenido de humedad y peso unitario de la ceniza de cáscara de café.

Para el reconocimiento de las propiedades físicas, se realizó ensayos de variación dimensional, alabeo y absorción con las muestras de ladrillos patrón, con porcentaje de ceniza de cáscara de café al 4%, 6% y 8%, con edad de curado de 28 días.

Por parte del reconocimiento de las propiedades mecánicas se ha desarrollado ensayo de resistencia a la compresión, con las muestras de ladrillos patrón, con porcentaje de ceniza de cáscara de café al 4%, 6% y 8%, con edad de curado de 28 días.

En cuanto a las variaciones de comportamiento del concreto sometido a los porcentajes de ceniza de cáscara de café al 4%, 6% y 8%, se ha considerado la comparación de resultados de dichos ladrillos con los resultados de los ladrillos patrón que dichas características se especifica en el diseño de mezcla.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Obtención de ceniza de cáscara de café

- En primer lugar, el grano de café en materia bruta llamado cafeto, ingresa al pozo de almacenamiento de pergamino.
- Seguido a eso, sube por un elevador hacia la máquina pre – limpiadora. En este paso, la máquina se encarga de limpiar las impurezas como rafia, piedras, incluyendo a la cáscara gruesa del café, entre otros componentes.
- Una vez realizado ese proceso, el material es trasladado a la máquina despedregadora, donde la máquina es encargada de sacar las piedras más pequeñas, que la máquina pre – limpiadora, no logra retener.
- Luego de que el café ha pasado este proceso de limpieza, es trasladado a la tolva apiladora por un elevador, en esta máquina se realiza el proceso de pilado del café.
- Una vez pilado el café, mediante canales pasa a la máquina ventiladora, donde el producto es separado el tamo del grano de café. El tamo a su vez, es trasladado a una tolva de almacenamiento.
- En la tolva de almacenamiento de tamo, la cascarilla del café es reutilizado para el secado del café.
- Lo que queda del proceso anterior, es trasladado a un horno de manera inmediata, donde ya empieza el proceso de quemado para obtener la ceniza, el cual es trasladado por un extractor hacia una tolva de almacenamiento de ceniza.

La cantidad que ingresa en estas máquinas, depende de los lotes de café, que varía entre 50 y 100 sacos.

Se tiene en consideración que por 1 *kg* de café, se obtiene 225 *g* de cáscara o pergamino, que equivale a 17 *g* de ceniza.

4.1.2. Ensayo de agregados

4.1.2.1. Cenizas de cáscara de café

4.1.2.1.1. Granulometría.

Tabla 9.

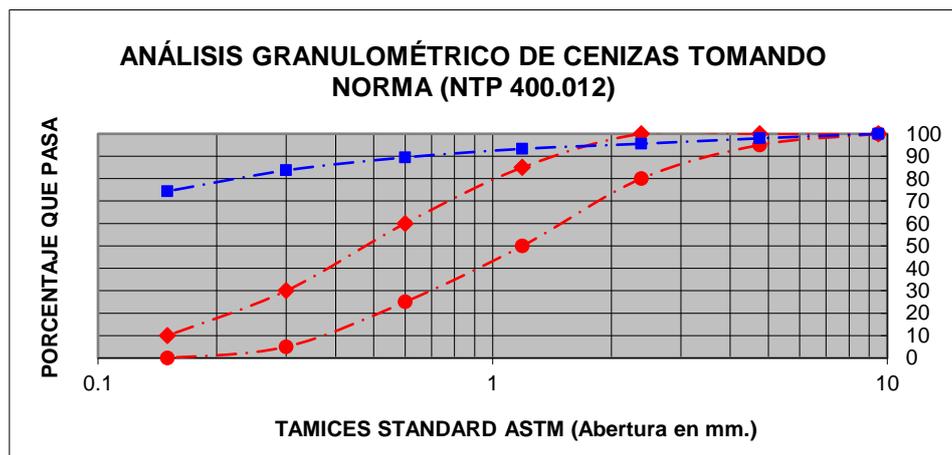
Granulometría de cenizas de cáscara de café.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA							
PESO INICIAL DE MUESTRA:		500 g					
MÓDULO DE FINEZA:		0.66					
GRANULOMETRÍA DE CENIZA							
TAMIZ	MALLA (mm)	%QUE PASA		PESO RETENIDO (g)	%PESO RETENIDO	%PESO RET. ACUMULADO	% QUE PASA
		MIN	MAX				
3/8'	9.50	100	100	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.75	95	100	10.00	2.02	2.02	97.98
8	2.38	80	100	12.00	2.43	4.45	95.55
16	1.19	50	85	11.20	2.26	6.71	93.29
30	0.60	25	60	18.90	3.82	10.54	89.46
50	0.30	5	30	28.50	5.76	16.30	83.70
100	0.15	0	10	46.10	9.32	25.62	74.38
200	0.07			295.60	59.78	85.40	14.60
Fondo				72.20	14.60	100.00	0.00
Total				494.50	100.00		
Σ				494.50	M.F.	0.66	

Nota. La tabla muestra la granulometría de la ceniza de cáscara de café, donde indica que su módulo de fineza es de 0.66.

Figura 3.

Curva granulométrica de ceniza de cáscara de café



Nota. El gráfico demuestra que la ceniza es altamente fina, sobrepasando los parámetros utilizados para el agregado fino.

4.1.2.1.2. Contenido de Humedad.

Tabla 10.

Contenido de humedad de cáscara de café.

ESPECIFICACIONES	M1	M2
Peso Recipiente	136.50	127.00
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	717.80	722.00
Peso Recipiente + Muestra Seca	692.20	695.10
Peso Agua	25.60	26.90
Peso Seco	555.70	568.10
	W% 4.61	4.74
	X	4.67

Nota. La tabla muestra el contenido de humedad de la ceniza de cáscara de café, donde indica que el porcentaje promedio es de 4.67%.

4.1.2.1.3. Peso Unitario.

Tabla 11.

ESPECIFICACIONES	SUELTO			COMPACTADO		
Peso molde	1636.50	1636.50	1636.50	1636.50	1636.50	1636.50
Peso molde + muestra	2705.50	2719.90	2693.00	2848.40	2888.90	2923.70
Peso muestra	1069.00	1083.40	1056.50	1211.90	1252.40	1287.20
Volumen molde	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso Unitario	381.43	386.57	376.97	432.42	446.87	459.29
X	381.66			446.19		

Peso unitario de cáscara de café.

Nota. La tabla muestra el peso unitario de la ceniza de cáscara de café, donde el peso suelto es de 381.66 g/cm³ y el peso compactado es de 446.19 g/cm³.

4.1.2.2. Agregado fino

4.1.2.2.1. Granulometría.

Tabla 12.

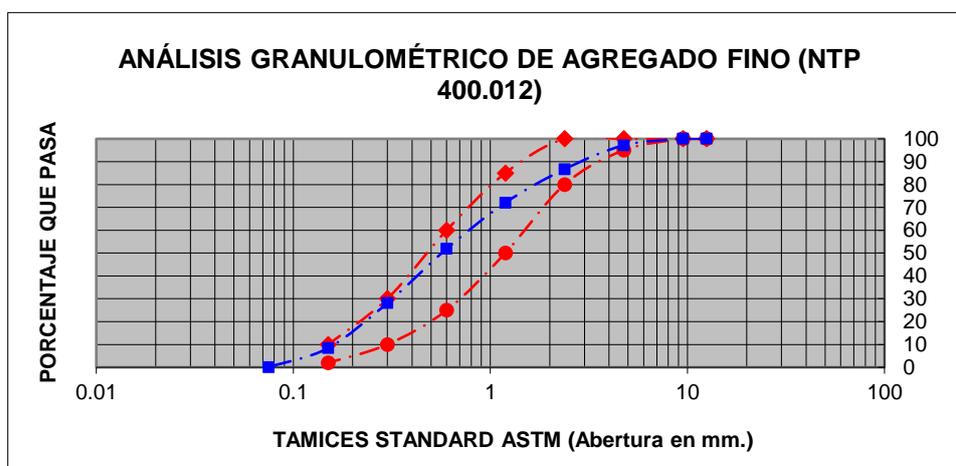
Granulometría de agregado fino.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA							
PESO INICIAL DE MUESTRA:		14339.33 g					
PESO MATERIAL QUE PASA N° 200:		0.94					
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL:		3/8'					
MÓDULO DE FINEZA:		2.56					
GRANULOMETRÍA							
TAMIZ	MALLA (mm)	%QUE PASA		PESO RETENIDO (g)	%PESO RETENIDO	%PESO RET. ACUMULADO	% QUE PASA
		MIN	MAX				
1/2'	12.50	100	100	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8'	9.50	100	100	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.75	95	100	41.21	2.86	2.86	97.14
8	2.38	80	100	150.15	10.43	13.30	86.70
16	1.19	50	85	211.45	14.69	27.99	72.01
30	0.60	25	60	290.17	20.16	48.15	51.85
50	0.30	10	30	341.56	23.73	71.88	28.12
100	0.15	2	10	283.47	19.69	91.57	8.43
200	0.08			120.38	8.36	99.93	0.07
Fondo				0.94	0.07	100.00	0.00
Total				1439.33	100.00		
Σ				1439.33	M.F.	2.56	

Nota. La tabla muestra la granulometría del agregado fino, donde indica que su módulo de fineza es de 2.56.

Figura 4.

Curva granulométrica de agregado fino



Nota. El gráfico demuestra que el agregado fino se

encuentra dentro de los parámetros utilizados para el agregado fino.

4.1.2.2.2. Contenido de Humedad.

Tabla 13.

Contenido de humedad de agregado fino.

ESPECIFICACIONES	M1	M2
Peso Recipiente (g)	106.50	104.50
Peso Recipiente + Muestra Húmeda (g)	724.30	828.70
Peso Recipiente + Muestra Seca (g)	715.80	817.34
Peso Agua (g)	8.50	11.36
Peso Seco (g)	609.30	712.84
HUMEDAD %	1.40	1.59

Nota. La tabla muestra el contenido de humedad del agregado fino, donde indica que el porcentaje promedio es de 1.49%.

4.1.2.2.3. Peso Específico y Absorción.

Tabla 14.

Peso específico y absorción de agregado fino.

CÁLCULO DE PESOS				
LETRA	DESCRIPCIÓN	MUESTRA 1 (gr.)	MUESTRA 2 (gr.)	MUESTRA 3 (gr.)
A	Peso de la muestra secada al horno	491.60	491.50	491.40
B	Peso del picnómetro aforado lleno de agua	993.70	994.20	995.60
C	Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	1186.30	1186.00	1186.20
S	Peso de la muestra saturada con superficie seca	500.00	500.00	500.00
PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
NOMBRE	CÁLCULO	RESULTADO 1	RESULTADO 2	RESULTADO 3
Peso específico de masa (Pem)	$A/(B+S-C)$	1.60	1.59	1.59
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	$S/(B+S-C)$	1.63	1.62	1.62
Peso específico aparente (Pea)	$A/(B+A-C)$	1.64	1.64	1.63
Absorción (%)	$((S-A)/A) \times 100$	1.71%	1.73%	1.75%

Nota. La tabla muestra el peso específico y la absorción del agregado fino, donde sus valores son 2564 kg/cm^3 y 1.73% respectivamente.

4.1.2.2.4. Peso Unitario.

Tabla 15.

Peso unitario de agregado fino.

ESPECIFICACIONES	SUELTO			COMPACTADO		
	1	2	3	1	2	3
Peso molde	2568.60	2568.60	2568.60	2568.60	2568.60	2568.60
Peso molde + muestra	7312.00	7308.00	7304.00	7772.00	7763.00	7781.00
Peso muestra	4743.40	4739.40	4735.40	5203.40	5194.40	5212.40
Volumen molde	2849.99	2849.99	2849.99	2849.90	2849.99	2849.99
Peso Unitario	1.66	1.66	1.66	1.83	1.82	1.83
X		1.66			1.83	
Peso Unitario Suelto:	1.66 g/cm³		1663 kg/cm³			
Peso Unitario Compactado:	1.83 g/cm⁴		1826 kg/cm³			

Nota. La tabla muestra el peso unitario del agregado fino, donde el peso suelto es de 1663 kg/m³ y el peso compactado es de 1826 kg/m³.

4.1.2.3. Agregado grueso

4.1.2.3.1. Granulometría.

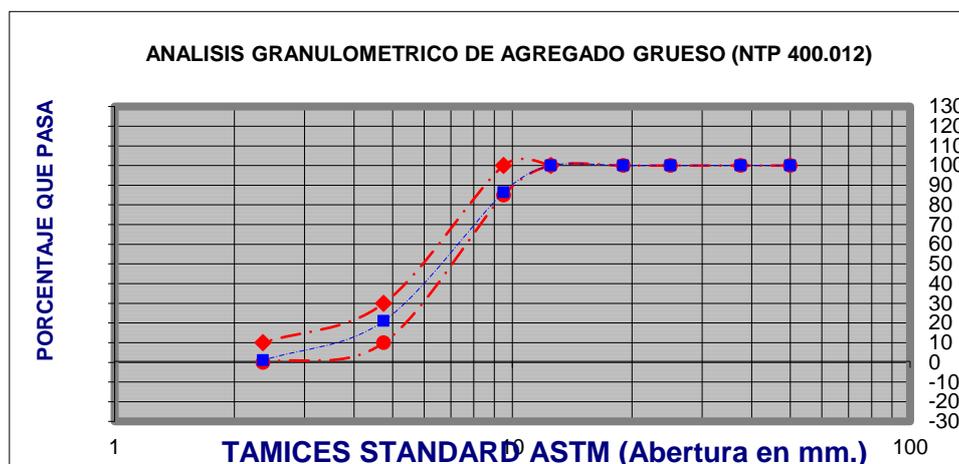
Tabla 16.

Granulometría de agregado grueso.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA							
PESO INICIAL DE MUESTRA:		2154.70 g					
TAMAÑO MÁXIMO:		1/2"					
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL:		3/8"					
GRANULOMETRÍA							
TAMIZ	MALLA (mm)	%QUE PASA		PESO RETENIDO (g)	%PESO RETENIDO	%PESO RET. ACUMULADO	% QUE PASA
		MIN	MAX				
2"	50.00	100		0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	100		0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	100		0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	100		0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	100	100	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	85	100	293.60	13.63	13.63	86.37
#4	4.75	10	30	1407.20	65.31	78.93	21.07
#8	2.36	0	10	432.10	20.05	98.99	1.01
Fondo				21.80	1.01	100.00	0.00
Total				2154.70	100.00		3/8" T.M.N

Nota. La tabla muestra la granulometría del agregado grueso, donde indica que su tamaño máximo nominal es de 3/8".

Figura 5.
Curva granulométrica de agregado grueso



Nota. El gráfico demuestra que el agregado grueso se encuentra dentro de los parámetros utilizados para el agregado fino.

4.1.2.3.2. Contenido de Humedad.

Tabla 17.
Contenido de humedad de agregado grueso.

ESPECIFICACIONES	M1	M2
Peso Recipiente	105.50	106.70
Peso Recipiente + Muestra Húmeda	866.30	714.68
Peso Recipiente + Muestra Seca	860.10	709.35
Peso Agua	6.20	5.33
Peso Seco	754.60	602.65
HUMEDAD%	0.82	0.88

Nota. La tabla muestra el contenido de humedad del agregado grueso, donde indica que el porcentaje promedio es de 0.85%.

4.1.2.3.3. Peso Específico y Absorción.

Tabla 18.
Peso específico y absorción de agregado grueso.

PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO			
NOMBRE	CÁLCULO	RESULTADO 1	RESULTADO 2
Peso específico de masa (Pem)	$A/(B-C)$	2.51	2.52
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	$B/(B-C)$	2.57	2.57
Peso específico aparente (Pea)	$A/(A-C)$	2.66	2.67
Absorción (%)	$((B-A)/A) \times 100$	2.24%	2.30%

Nota. La tabla muestra el peso específico y la absorción del agregado grueso, donde sus valores son 2514 kg/cm³ y 2.27% respectivamente.

ESPECIFICACIONES	SUELTO				COMPACTADO	
Peso molde	5392.40	5392.40	5392.40	5392.40	5392.40	5392.40
Peso molde + muestra	17453.00	17462.00	17458.00	18672.00	18694.00	18681.00
Peso muestra	12060.60	12069.60	12065.60	13279.60	13301.60	13288.60
Volumen molde	9500.65	9500.65	9500.65	9500.65	9500.65	9500.65
Peso Unitario	1.27	1.27	1.27	1.40	1.40	1.40
X	1.27				1.40	
Peso Unitario Suelto:	1.27 g/cm ³		1270 kg/cm ³			
Peso Unitario Compactado:	1.40 g/cm ⁴		1399 kg/cm ³			

4.1.2.3.4. Peso Unitario.

Tabla 19.

Peso unitario de agregado grueso.

Nota. La tabla muestra el peso unitario del agregado grueso, donde el peso suelto es de 1270 kg/m³ y el peso compactado es de 1399 kg/m³.

4.1.3. Diseño de mezcla

Realizado por el Método Walker.

4.1.3.1. Resistencia deseada

$$f'c = 100 \text{ kg/cm}^3$$

4.1.3.2. Información de materiales

Tabla 20.

Resumen de especificaciones de materiales.

N°	ESPECIFICACIONES	AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		CEMENTO	AGUA
1	Peso unitario compactado seco	1826.00	kg/m ³	1399.00	kg/m ³		
2	Peso unitario suelto seco	1663.00	kg/m ³	1270.00	kg/m ³		
3	Peso específico de masa	2564.00	kg/m ³	2514.00	kg/m ³		
4	Contenido de humedad	1.49	%	0.85	%		
5	Contenido de absorción	1.73	%	2.27	%		
6	Tamaño máximo nominal			3/8"	pulg.		
7	Módulo de fineza	2.56					
8	Tipo de cemento					MS	
9	Peso específico					3.15	g/m ³
10	Peso volumétrico					1500.00	kg/m ³

11 Fuente de agua	Potable
12 Peso específico	1000.00 kg/m ³

Nota. La tabla muestra los valores que se usarán en el diseño de mezcla.

4.1.3.3. Resistencia requerida o calculada

Se tiene en consideración la tabla 5.3 de la norma E.060 Concreto Armado del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Tabla 21.

Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$F'c < 21$	$F'cr = F'c + 7.0$
$21 < F'c < 35$	$F'cr = F'c + 8.5$
$F'c > 35$	$F'cr = 1.1 F'c + 5.0$

Nota. La tabla muestra las condiciones que aplicaremos.

$$f'rc = 100 + 70$$

$$f'rc = 170 \text{ kg/cm}^2$$

4.1.3.4. Tamaño máximo nominal

$$T.M.N = 3/8''$$

Perfil tamaño angular

4.1.3.5. Asentamiento slump

Tabla 22.

Consistencia y asentamiento del concreto.

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluido	$\geq 5''$

Nota. La tabla muestra las condiciones que aplicaremos para definir el Slump.

4.1.3.6. Volumen unitario de agua

Se tiene en consideración la tabla 10.2.2 de Walker.

Tabla 23.

Volumen unitario de agua, expresado en lt/m³, para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.

Volumen unitario de agua, expresado en lt/m ³ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados.						
Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	1" a 2"		3" a 4"		6" a 7"	
	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	204	20	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	1997
3"	136	151	151	167	163	182

Nota. La tabla muestra las condiciones que aplicaremos para definir el volumen de agua.

4.1.3.7. Contenido de aire

Se tiene en consideración la tabla 2 de ACI (Concreto sin aire incorporado).

Tamaño máximo nominal: 3/8"

Slump: 0" a 2"

Tabla 24.

Agregados en lt/m³ de concreto para los tamaños máximos de agregados grueso y consistencia indicados.

ASENTAMIENTO O SLUMP (mm)	Agregados en lt/m ³ de concreto para los tamaños máximos de agregados grueso y consistencia indicados							
	10 mm (3/8")	12.5 mm (1/2")	20 mm (3/4")	25 mm (1")	40 mm (1 1/2")	50 mm (2")	70 mm (3")	150 mm (6")
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
30 a 50 (1" a 2")	205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100 (3" a 4")	225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180 (6" a 7")	240	230	210	205	185	180	170	...

Cantidad aproximada de aire atrapado (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2	
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO									
30 a 50 (1" a 2")	180	175	165	160	145	140	135	120	
80 a 100 (3" a 4")	200	190	180	175	160	155	150	135	
150 a 180 (6" a 7")	215	205	190	15	170	165	160	...	
Contenido total de aire incorporado (%), en función del grado de exposición.	Exposición suave	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
	Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
	Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Nota. La tabla muestra específicamente las condiciones que se tomará en cuenta.

4.1.3.8. Relación agua cemento

Se tiene en tabla 3 de ACI.

Tabla 25.
agua/cemento de

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (F'_{cr}) (Kg/cm ²)	RELACION AGUA/CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	...
400	0.43	...
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

consideración la

Relación diseño de peso.

Nota. La tabla contiene información con respecto a la relación agua/ cemento.

Interpolamos datos para sacar la relación agua/cemento de concreto $f'_{cr} = 170 \text{ kg/cm}^2$.

F'_{c}

a/c

$$\begin{array}{ccc}
 \begin{array}{c} 200 \\ 170 \\ 150 \end{array} & - & \begin{array}{c} 0.70 \\ x \\ 0.80 \end{array} \\
 \curvearrowright & & \curvearrowright \\
 \end{array}$$

$$\frac{200-150}{0.70-0.80} = \frac{170-150}{x-0.80}$$

$$\frac{50}{-0.10} = \frac{20}{x-0.80}$$

$$50(x - 0.80) = 20(-0.10)$$

$$50x - 40 = -2$$

$$50x = 38$$

$$x = \frac{38}{50}$$

$$x = 0.76$$

Entonces la relación agua cemento es de 0.76

4.1.3.9. Contenido de cemento

Relación a/c: 0.76

$$\frac{a}{c} = \frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}}$$

Agua: 212 kg/cm^3

$$0.76 = \frac{212}{\text{Cemento}}$$

$$\text{Cemento} = \frac{212}{0.76} = 278.95 \text{ kg/cm}^3$$

Factor cemento:

$$\text{Factor cemento} = \frac{\text{Cemento}}{\text{Peso bolsa cemento}}$$

$$\text{Factor cemento} = \frac{278.95}{42.5} = 6.56$$

4.1.3.10. Volumen absoluto de pasta

$$1 \text{ m}^3 = \text{Vol.Total} + (\text{Vol.AF} + \text{Vol.AG})$$

Peso específico del cemento: $3.15 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 3150 \text{ kg/m}^3$

Peso específico del agua: 1000 kg/m^3

Peso de cemento: 278.95 kg/cm^3

Peso de agua: 212 kg

Peso de aire: 3%

Aplicamos:

$$Volumen = \frac{Peso}{Peso\ específico}$$

Para el cemento:

$$Vol. Cemento = \frac{278.95\ kg}{3150\ kg/m^3} = 0.089\ m^3$$

Para el agua:

$$Vol. Agua = \frac{212\ kg}{1000\ kg/cm^3} = 0.212\ m^3$$

Para el aire:

$$Vol. Aire = \frac{3}{100} = 0.03\ m^3$$

Sumamos valores:

$$Vol. Total = 0.089 + 0.212 + 0.03 = 0.331\ m^3$$

Volumen de pasta por 1 m³:

$$1\ m^3 = Vol. Total + (Vol. AF + Vol. AG)$$

$$1\ m^3 = 0.331 + (Vol. AF + Vol. AG)$$

$$Vol. AF + Vol. AG = 1 - 0.331 = 0.669\ m^3$$

4.1.3.11. Porcentaje de agregado fino

Módulo de Fineza: 2.56

Factor cemento: 6.56

T. M. N: 3/8''

Perfil tamaño angular

Se tiene en consideración la tabla 16.3.7 de Walker.

Tabla 26.

Porcentaje de agregado fino.

16.3.7. PORCENTAJE DE AGREGADO FINO								
Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Agregado Redondeado				Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico				Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico			
	5	6	7	8	5	6	7	8
Agregado Fino - Módulo de Fineza de 2.3 a 2.4								
3/8"	60	57	54	51	69	65	61	58
1/2"	49	46	43	40	57	54	51	48
3/4"	41	38	35	33	48	45	43	41
1"	40	37	34	2	47	44	42	40
1 1/2"	37	34	32	30	44	41	9	3
2"	36	33	31	29	43	40	38	36
Agregado Fino - Módulo de Fineza de 2.6 a 2.7								
3/8"	66	62	39	56	75	71	67	64
1/2"	53	50	47	44	61	58	55	53
3/4"	44	41	38	36	51	48	46	44
1"	42	39	37	35	49	46	44	42
1 1/2"	40	37	35	33	47	44	42	40
2"	37	35	33	32	45	42	40	38

Nota. La tabla muestra específicamente las condiciones que se tomará en cuenta.

Interpolamos:

$$\begin{array}{r}
 \text{Factor cemento} \qquad \text{Valores} \\
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{c}
 \curvearrowright 7 \\
 6.56 \\
 \curvearrowleft 6
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{c}
 \curvearrowright 67 \\
 x \\
 \curvearrowleft 71
 \end{array}
 \end{array}
 \end{array}$$

$$\frac{7-6}{67-76} \quad \frac{6.56-6}{x-71}$$

$$\frac{1}{-4} \quad \frac{0.56}{x-71}$$

$$x - 71 = 0.56(-4)$$

$$x - 71 = -2.24$$

$$x = -2.24 + 71$$

$$x = 68.76$$

4.1.3.12. Volumen de agregados

$$Vol. Agregados = \frac{\% agregado}{100} * (Vol. AF + Vol. AG)$$

Agregados: $Vol. AF + Vol. AG = 0.669 m^3$

% de agregado fino: 68.76%

Volumen de agregado fino: $Vol. AF = \frac{68.76}{100} * 0.669 = 0.460 m^3$

Volumen de agregado grueso: $100\% - 68.76\% = 31.24\%$

$$Vol. AG = \frac{31.24}{100} * 0.669 = 0.209 m^3$$

$$Vol. AF + Vol. AG = 0.460 + 0.209 = 0.669 m^3$$

4.1.3.13. Pesos secos de agregados

$$Peso = P. Específico * 1000 * Volumen$$

Peso específico agregado fino: $2.564 g/m^3$

Peso específico agregado grueso: $2.514 g/m^3$

Volumen agregado fino: $0.460 m^3$

Volumen agregado grueso: $0.209 m^3$

Peso de agregado fino: $Peso AF = 2.564 * 1000 * 0.46$

$$Peso AF = 1179.44 kg$$

Peso de agregado grueso: $Peso AG = 2.514 * 1000 * 0.21$

$$Peso AG = 527.94 kg$$

4.1.3.14. Corrección por humedad de agregados

Contenido de humedad agregado fino: 1.49%

Peso de agregado fino: $1179.44 kg$

Contenido de humedad agregado grueso: 0.85%

Peso de agregado grueso: $527.94 kg$

Corrección de agregado fino: $C.AF = \frac{1179.44 * 101.49}{100} = 1197.01$

Corrección de agregado grueso: $C.AG = \frac{527.94 * 100.85}{100} = 532.43$

4.1.3.15. Reajuste de agua

$$C.Agua - \text{Peso } AG * \left(\text{Cont. Hum. } AG - \% \text{Abs. } \frac{AG}{100} \right) - \text{Peso } AF * \left(\text{Cont. Hum. } AF - \% \text{Abs. } \frac{AF}{100} \right)$$

Contenido de humedad agregado fino: 1.49%

% Absorción agregado fino: 1.73%

Contenido de humedad agregado grueso: 0.85%

% Absorción agregado grueso: 2.27%

Peso de agua: 212 kg

Peso de agregado fino: 1179.44 kg

Peso de agregado grueso: 527.94 kg

$$212 - 532.43 * \left(0.85 - \frac{2.27}{100} \right) - 1197.01 * \left(1.49 - \frac{1.73}{100} \right)$$

$$212 - 532.43 * \left(-\frac{1.42}{100} \right) - 1197.01 * \left(-\frac{0.24}{100} \right)$$

$$212 + 7.560506 + 2.8728$$

$$222.4433306 = 222.43$$

4.1.3.16. Cálculo de pesos para la adición de ceniza de cáscara de café

Se calcula teniendo en consideración al peso del cemento a usar, en porcentajes al 4%, 6% y 8% de adición.

$$\text{Peso de ceniza de cáscara de café} = \frac{\text{Peso de cemento} * \% \text{ de ceniza a adicionar}}{100}$$

Peso de ceniza del 4% 11.16 kg

Peso de ceniza del 6% 16.74 kg

Peso de ceniza del 8% 22.32 kg

4.1.3.17. Nueva dosificación

Peso de cemento:	278.95 kg	-	279 kg
Peso de agregado fino:	1197.01 kg	-	1198 kg
Peso de agregado grueso:	532.43 kg	-	533 kg
Peso de agua:	222.43 kg	-	223 kg
Peso de adición de ceniza del 4%	11.16 kg	-	12 kg
Peso de adición de ceniza del 6%	16.74 kg	-	17 kg
Peso de adición de ceniza del 8%	22.32 kg	-	23 kg

Se divide todos los valores entre el peso del cemento:

Cemento:	$\frac{279}{279} = 1$
Agregado Fino:	$\frac{1197}{279} = 4.29$
Agregado Grueso:	$\frac{533}{279} = 1.91$
Agua:	$\frac{223}{279} = 0.80$
Ceniza 4%:	$\frac{12}{279} = 0.043$
Ceniza 6%:	$\frac{17}{279} = 0.061$
Ceniza 8%:	$\frac{23}{279} = 0.082$

CEMENTO : AGREGADO FINO : AGREGADO GRUESO / AGUA

1: 4.29 : 1.91 / 0.80

CEMENTO : AGREGADO FINO : AGREGADO GRUESO / AGUA + ADICIÓN DE CENIZA 4%

1: 4.29 : 1.91 / 0.80 + 0.043

CEMENTO : AGREGADO FINO : AGREGADO GRUESO / AGUA + ADICIÓN DE CENIZA 6%

1: 4.29 : 1.91 / 0.80 + 0.061

CEMENTO : AGREGADO FINO : AGREGADO GRUESO / AGUA + ADICIÓN DE CENIZA 8%

1: 4.29 : 1.91 / 0.80 + 0.082

4.1.4. Propiedades físicas

4.1.4.1. Variación dimensional

Tabla 27.

Variación dimensional ladrillos patrón.

N° ORDEN Y CODIGO DE LADRILLO		FECHA DE FABRICACION	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	DIMENSIONES DEL ESPECIMEN (cm)		
N°	DESCRIPCION				LARGO	ANCHO	ALTURA
1	BP-1	12/10/2023	9/11/2023	28	24.20	13.40	9.00
2	BP-2	12/10/2023	9/11/2023	28	23.80	13.00	8.90
3	BP-3	12/10/2023	9/11/2023	28	24.30	12.90	8.80
4	BP-4	12/10/2023	9/11/2023	28	24.00	13.20	9.40
5	BP-5	12/10/2023	9/11/2023	28	24.30	13.10	9.00
6	BP-6	12/10/2023	9/11/2023	28	24.30	13.00	8.80
7	BP-7	12/10/2023	9/11/2023	28	24.20	13.00	9.00
8	BP-8	12/10/2023	9/11/2023	28	24.00	12.90	9.10
9	BP-9	12/10/2023	9/11/2023	28	24.20	13.10	9.00
PROMEDIO					24.14	13.07	9.00
DIMENSION DEL DISEÑO					24.00	13.00	9.00
VARIACION DIMENSIONAL					0.60	0.51	0

Nota. La tabla muestra los resultados de variación dimensional en ladrillos patrón.

Tabla 28.

Variación dimensional ladrillos patrón + 4% ceniza de café.

N° ORDEN Y CODIGO DE LADRILLO		FECHA DE FABRICACION	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	DIMENSIONES DEL ESPECIMEN (cm)		
N°	DESCRIPCION				LARGO	ANCHO	ALTURA
1	BP-1 + 4% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.30	13.00	9.00
2	BP-2 + 4% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.30	12.90	8.90
3	BP-3 + 4% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	23.80	13.00	9.20
4	BP-4 + 4% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	23.90	13.10	9.10
5	BP-5 + 4% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.40	12.90	8.80
6	BP-6 + 4% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.30	13.10	9.20
7	BP-7 + 4% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.20	13.20	8.90
8	BP-8 + 4% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	23.90	13.30	9.00
9	BP-9 + 4% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.00	12.90	9.30
PROMEDIO					24.12	13.04	9.04
DIMENSION DEL DISEÑO					24.00	13.00	9.00
VARIACION DIMENSIONAL					0.51	0.34	0.49

Nota. La tabla muestra los resultados de variación dimensional en ladrillos patrón + 4% de ceniza de cáscara de café.

Tabla 29.

Variación dimensional ladrillos patrón + 6% ceniza de café.

N° ORDEN Y CODIGO DE LADRILLO		FECHA DE FABRICACION	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	DIMENSIONES DEL ESPECIMEN (cm)		
N°	DESCRIPCION				LARGO	ANCHO	ALTURA
1	BP-1 + 6% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.30	13.10	9.20
2	BP-2 + 6% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.00	13.20	9.10
3	BP-3 + 6% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.20	13.00	8.80
4	BP-4 + 6% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.40	13.20	8.90
5	BP-5 + 6% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.20	12.90	9.30
6	BP-6 + 6% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.10	13.20	9.10
7	BP-7 + 6% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	23.80	13.00	8.90
8	BP-8 + 6% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.00	12.90	8.90
9	BP-9 + 6% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.20	12.80	9.00
PROMEDIO					24.13	13.03	9.02
DIMENSION DEL DISEÑO					24.00	13.00	9.00
VARIACION DIMENSIONAL					0.56	0.26	0.25

Nota. La tabla muestra los resultados de variación dimensional en ladrillos patrón + 6% de ceniza de cáscara de café.

Tabla 30.

Variación dimensional ladrillos patrón + 8% ceniza de café.

N° ORDEN Y CODIGO DE LADRILLO		FECHA DE FABRICACION	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	DIMENSIONES DEL ESPECIMEN (cm)		
N°	DESCRIPCION				LARGO	ANCHO	ALTURA
1	BP-1 + 8% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.10	13.00	9.30
2	BP-2 + 8% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	23.90	13.20	8.90
3	BP-3 + 8% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.00	13.30	9.10
4	BP-4 + 8% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.00	12.90	8.90
5	BP-5 + 8% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.30	13.10	9.30
6	BP-6 + 8% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.20	13.20	9.10
7	BP-7 + 8% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.00	12.90	9.00
8	BP-8 + 8% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.30	13.30	8.90
9	BP-9 + 8% CENIZA	12/10/2023	9/11/2023	28	24.10	12.90	8.80
PROMEDIO					24.14	13.09	9.03
DIMENSION DEL DISEÑO					24.00	13.00	9.00
VARIACION DIMENSIONAL					0.60	0.68	0.37

Nota. La tabla muestra los resultados de variación dimensional en ladrillos patrón + 8% de ceniza de cáscara de café.

Tabla 31.

Resumen de ensayo de Variación dimensional.

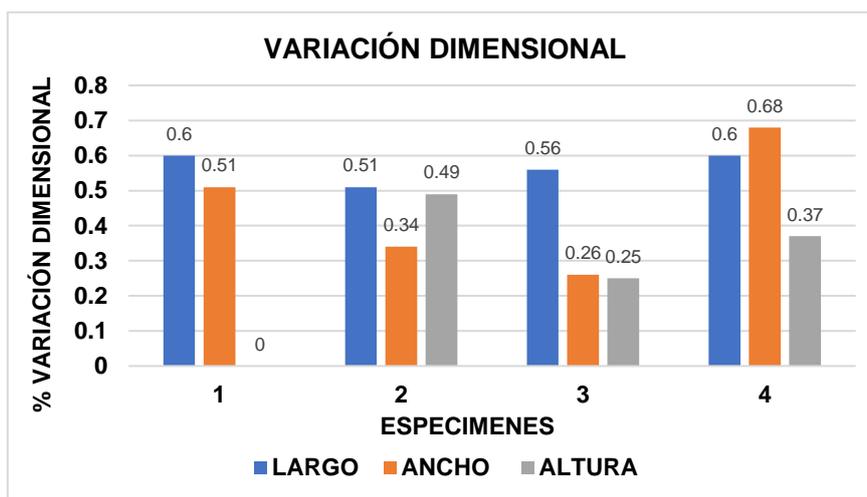
RESUMEN VARIACIÓN DIMENSIONAL			
DESCRIPCIÓN	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)
1 PATRÓN	0.60	0.51	0

2	4%	0.51	0.34	0.49
3	6%	0.56	0.26	0.25
4	8%	0.60	0.68	0.37

Nota. La tabla muestra los resultados finales de variación dimensional entre los especímenes ensayados.

Figura 6.

Variación dimensional entre especímenes



Nota. El gráfico muestra los resultados finales de variación dimensional entre los especímenes ensayados.

En la tabla 31 y gráfico 4, se puede observar los valores de la variación dimensional promedio por cada muestra que se ha considerado, en largo, ancho y altura, donde el 8% cuenta con más variación de dimensiones, sin embargo, cumple con lo estipulado en la Tabla 5.3 Clase de Unidad de albañilería para fines estructurales del RNE E.070, llegando a ser un ladrillo Tipo III.

4.1.4.2. Succión

Tabla 32.

Succión de ladrillos patrón.

N°	N° ORDEN Y CODIGO DE LADRILLO	FECHA DE FABRICACION	PESO SECO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	AREA (cm ²)	TIEMPO DE SUCCION (min)	PESO CON AGUA SUCCIONADA (gr)	SUCCION (gr/min/cm ²)
1	BP	12/10/2023	6030	24.10	12.90	310.89	1	6060	0.096
2	BP	12/10/2023	6040	24.00	13.10	314.40	1	6069	0.092
3	BP	12/10/2023	6025	21.00	12.10	254.10	1	6049	0.094

Nota. La tabla muestra los resultados de succión en ladrillos patrón.

Tabla 33.*Succión de ladrillos patrón + 4% ceniza de café.*

N° ORDEN Y CODIGO DE LADRILLO		FECHA DE FABRICACION	PESO SECO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	AREA (cm ²)	TIEMPO DE SUCCION (min)	PESO CON AGUA SUCCIONADA (gr)	SUCCION (gr/min/cm ²)
N°	DESCRIPCION								
1	BP + 4% CENIZA	12/10/2023	6100	24.10	12.80	308.48	1	6122	0.071
2	BP + 4% CENIZA	12/10/2023	6130	23.90	13.20	315.48	1	6156	0.082
3	BP + 4% CENIZA	12/10/2023	6120	24.00	13.00	312	1	6144	0.077

Nota. La tabla muestra los resultados de succión en ladrillos + 4% de ceniza de cáscara de café.

Tabla 34.*Succión de ladrillos patrón + 6% ceniza de café.*

N° ORDEN Y CODIGO DE LADRILLO		FECHA DE FABRICACION	PESO SECO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	AREA (cm ²)	TIEMPO DE SUCCION (min)	PESO CON AGUA SUCCIONADA (gr)	SUCCION (gr/min/cm ²)
N°	DESCRIPCION								
1	BP + 6% CENIZA	12/10/2023	6160	24.20	13.30	321.86	1	6178	0.056
2	BP + 6% CENIZA	12/10/2023	6170	23.90	13.40	320.26	1	6187	0.053
3	BP + 6% CENIZA	12/10/2023	6155	24.00	13.10	314.40	1	6172	0.054

Nota. La tabla muestra los resultados de succión en ladrillos + 6% de ceniza de cáscara de café.

Tabla 35.*Succión de ladrillos patrón + 8% ceniza de café.*

N° ORDEN Y CODIGO DE LADRILLO		FECHA DE FABRICACION	PESO SECO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	AREA (cm ²)	TIEMPO DE SUCCION (min)	PESO CON AGUA SUCCIONADA (gr)	SUCCION (gr/min/cm ²)
N°	DESCRIPCION								
1	BP + 8% CENIZA	12/10/2023	6210	24.00	12.80	307.20	1	6219	0.029
2	BP + 8% CENIZA	12/10/2023	6190	24.20	13.10	317.02	1	6198	0.025
3	BP + 8% CENIZA	12/10/2023	6235	23.90	13.20	315.48	1	6242	0.022

Nota. La tabla muestra los resultados de succión en ladrillos + 8% de ceniza de cáscara de café.

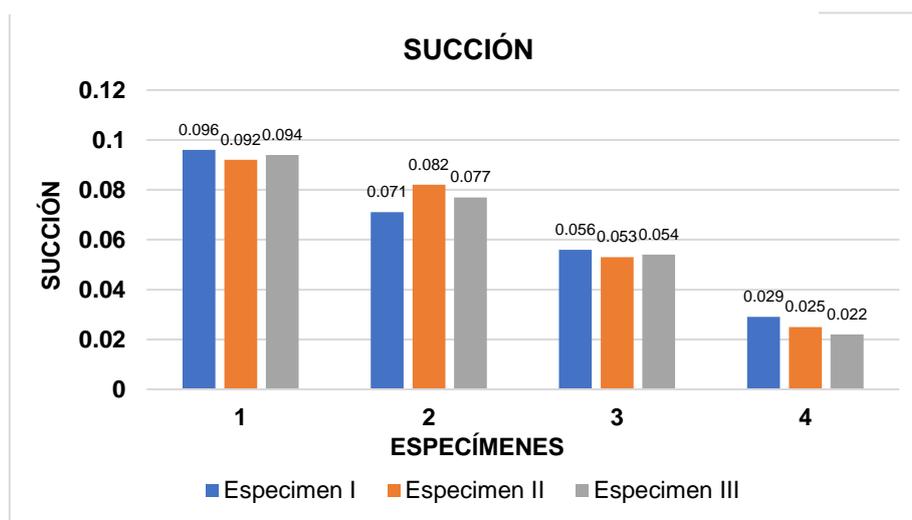
Tabla 36.*Resumen de ensayo de Succión.*

RESUMEN SUCCIÓN			
DESCRIPCIÓN	Espécimen I (gr/min/cm ²)	Espécimen II (gr/min/cm ²)	Espécimen III (gr/min/cm ²)

1	PATRÓN	0.096	0.092	0.094
2	4%	0.071	0.082	0.077
3	6%	0.056	0.053	0.054
4	8%	0.029	0.025	0.022

Nota. La tabla muestra los resultados finales de succión entre los especímenes ensayados.

Figura 7.
Succión entre especímenes



Nota. El gráfico muestra los resultados finales de succión entre los especímenes ensayados.

En la tabla 36 y gráfico 5, se observa que al adicionar las cenizas de la cáscara de café el valor de succión por cada ladrillo disminuye considerablemente, con una diferencia promedio entre el patrón y el 4% de $0.017 \text{ gr/min/cm}^2$, una diferencia promedio entre el 4% y 6% de $0.023 \text{ gr/min/cm}^2$, asimismo, entre el 6% y 8% existe una diferencia promedio de $0.029 \text{ gr/min/cm}^2$; sin embargo, entre el ladrillo patrón y el ladrillo adicionado el 8% de ceniza de cáscara de café, existe una diferencia promedio de succión de $0.069 \text{ gr/min/cm}^2$, evidenciando que la ceniza le brinda propiedades al concreto, el cual reduce la succión del mismo.

4.1.4.3. Alabeo

Tabla 37.
Alabeo de ladrillos patrón.

PATRÓN	N° ORDEN CÓDIGO DE LADRILLO	FECHA DE FAB.	CLASE	LARGO	ANCHO	ALTO	SUP. CONCAVIDAD (mm)	SUP. CONVEXIDAD (mm)
N°	DESCRIPCIÓN							
1	Bloque patrón BCD01	12/10/2023	BLOQUE P(1)	24.20	13.40	9.00	0.40	0.05
2	Bloque patrón BCD02	12/10/2023	BLOQUE P(2)	24.30	13.10	9.00	0.25	0.20
3	Bloque patrón BCD03	12/10/2023	BLOQUE P(3)	24.20	12.90	9.10	0.15	0.50

Nota. La tabla muestra los resultados de alabeo en ladrillos patrón.

Tabla 38.

Alabeo de ladrillos patrón + 4% de ceniza de café.

4%	N° ORDEN CÓDIGO DE LADRILLO	FECHA DE FAB.	CLASE	LARGO	ANCHO	ALTO	SUP. CONCAVIDAD (mm)	SUP. CONVEXIDAD (mm)
N°	DESCRIPCIÓN							
1	Bloque patrón + 4% de ceniza de café BCD1	12/10/2023	BLOQUE P (1)	24.30	12.90	8.90	0.15	0.35
2	Bloque patrón + 4% de ceniza de café BCD2	12/10/2023	BLOQUE P (2)	23.90	13.10	9.10	0.30	0.15
3	Bloque patrón + 4% de ceniza de café BCD3	12/10/2023	BLOQUE P (3)	24.20	133.20	8.90	0.25	0.05

Nota. La tabla muestra los resultados de alabeo en ladrillos patrón + 4% de ceniza de cáscara de café.

Tabla 39.

Alabeo de ladrillos patrón + 6% de ceniza de café.

6%	N° ORDEN CÓDIGO DE LADRILLO	FECHA DE FAB.	CLASE	LARGO	ANCHO	ALTO	SUP. CONCAVIDAD (mm)	SUP. CONVEXIDAD (mm)
N°	DESCRIPCIÓN							
1	Bloque patrón + 6% de ceniza de café BCD1	12/10/2023	BLOQUE P (1)	24.30	13.10	9.20	0.10	0.25
2	Bloque patrón + 6% de ceniza de café BCD2	12/10/2023	BLOQUE P (2)	24.40	13.20	8.90	0.25	0.40
3	Bloque patrón + 6% de ceniza de café BCD3	12/10/2023	BLOQUE P (3)	24.00	12.90	8.90	0.30	0.40

Nota. La tabla muestra los resultados de alabeo en ladrillos patrón + 6% de ceniza de cáscara de café.

Tabla 40.

Alabeo de ladrillos patrón + 8% de ceniza de café.

8%	N° ORDEN CÓDIGO DE LADRILLO	FECHA DE FAB.	CLASE	LARGO	ANCHO	ALTO	SUP. CONCAVIDAD (mm)	SUP. CONVEXIDAD (mm)
N°	DESCRIPCIÓN							
1	Bloque patrón + 8% de ceniza de café BCD1	12/10/2023	BLOQUE P (1)	20.20	12.30	8.30	0.25	0.45
2	Bloque patrón + 8% de ceniza de café BCD2	12/10/2023	BLOQUE P (2)	20.20	12.00	8.80	0.10	0.25
3	Bloque patrón + 8% de	12/10/2023	BLOQUE	20.00	12.20	8.90	0.35	0.15

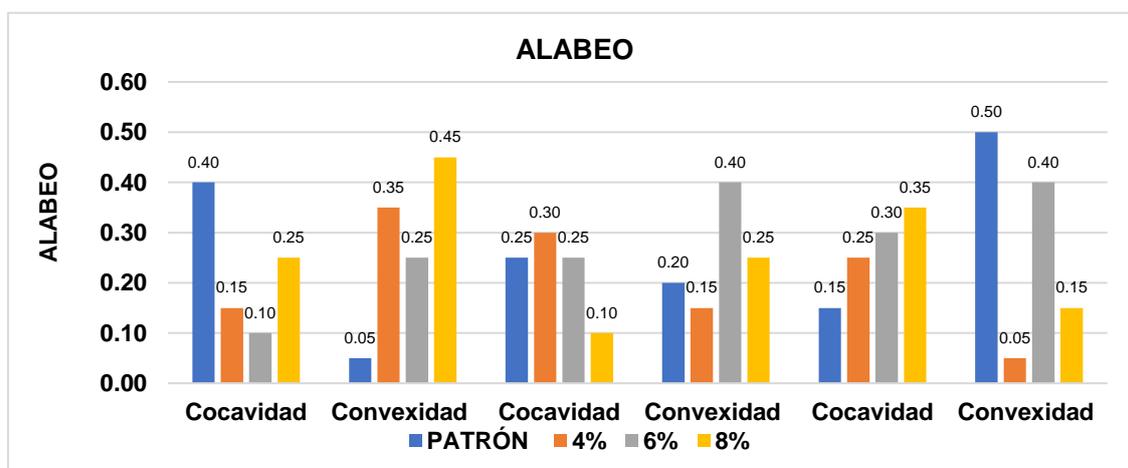
Nota. La tabla muestra los resultados de alabeo en ladrillos patrón + 8% de ceniza de cáscara de café.

Tabla 41.
Resumen de ensayo de Alabeo.

ALABEO						
DESCRIPCIÓN	Especimen I		Especimen II		Especimen III	
	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)
1 PATRÓN	0.40	0.05	0.25	0.20	0.15	0.50
2 4%	0.15	0.35	0.30	0.15	0.25	0.05
3 6%	0.10	0.25	0.25	0.40	0.30	0.40
4 8%	0.25	0.45	0.10	0.25	0.35	0.15

Nota. La tabla muestra los resultados finales de alabeo entre los especímenes ensayados.

Figura 8.
Alabeo entre especímenes



Nota. El gráfico muestra los resultados finales de alabeo entre los especímenes ensayados.

En la tabla 41 y gráfico 6, se observa que los cuerpos no siguen un esquema para definir su alabeo, lo cual evidencia que la adición de la ceniza de cáscara de café no afecta al concreto en esta propiedad física.

4.1.4.4. Peso específico y absorción

Tabla 42.
Peso específico y absorción de ladrillos patrón.

PATRÓN		DATOS		
ESPECIFICACIONES		M1	M2	M3
A: Peso en el aire de la muestra seca (g)		5950.00	6000.00	6150.00
B: Peso en el aire de la muestra saturada		6350.00	6440.00	6520.00
C: Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)		3020.00	3010.00	3140.00
CÁLCULOS				
Peso específico aparente	A/(B-C)	1.79	1.75	1.82
Peso específico aparente S.S. S	B/(B-C)	1.91	1.88	1.93
Peso específico nominal	A/(A-C)	2.03	2.01	2.04
Absorción %	100*(B-A) /A	6.72	7.33	6.02

Nota. La tabla muestra los resultados de peso específico y absorción en ladrillos patrón.

Tabla 43.

Peso específico y absorción de ladrillos patrón + 4% de ceniza de café.

4%		DATOS		
ESPECIFICACIONES		M1	M2	M3
A: Peso en el aire de la muestra seca (g)		5920.00	5830.00	5980.00
B: Peso en el aire de la muestra saturada		6270.00	6180.00	6340.00
C: Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)		2890.00	2800.00	2950.00
CÁLCULOS				
Peso específico aparente	A/(B-C)	1.75	1.72	1.76
Peso específico aparente S.S. S	B/(B-C)	1.86	1.83	1.87
Peso específico nominal	A/(A-C)	1.95	1.92	1.97
Absorción %	100*(B-A) /A	5.91	6.00	6.02

Nota. La tabla muestra los resultados de peso específico y absorción en ladrillos patrón + 4% de ceniza de cáscara de café.

Tabla 44.

Peso específico y absorción de ladrillos patrón + 6% de ceniza de café.

6%		DATOS		
ESPECIFICACIONES		M1	M2	M3
A: Peso en el aire de la muestra seca (g)		6000.00	6080.00	5950.00
B: Peso en el aire de la muestra saturada		6350.00	6410.00	6320.00
C: Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)		2850.00	2890.00	2810.00
CÁLCULOS				
Peso específico aparente	A/(B-C)	1.71	1.73	1.70
Peso específico aparente S.S. S	B/(B-C)	1.81	1.82	1.80
Peso específico nominal	A/(A-C)	1.90	1.91	1.89
Absorción %	100*(B-A) /A	5.83	5.43	6.22

Nota. La tabla muestra los resultados de peso específico y absorción en ladrillos patrón + 6% de ceniza de cáscara de café.

Tabla 45.

Peso específico y absorción de ladrillos patrón + 8% de ceniza de café.

8%		DATOS		
ESPECIFICACIONES		M1	M2	M3
A: Peso en el aire de la muestra seca (g)		5930.00	5920.00	6070.00
B: Peso en el aire de la muestra saturada		6230.00	6250.00	6400.00
C: Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)		2530.00	2680.00	2560.00
		CÁLCULOS		
Peso específico aparente	A/(B-C)	1.60	1.66	1.58
Peso específico aparente S.S. S	B/(B-C)	1.68	1.75	1.67
Peso específico nominal	A/(A-C)	1.74	1.83	1.73
Absorción %	100*(B-A) / A	5.06	5.57	5.44

Nota. La tabla muestra los resultados de peso específico y absorción en ladrillos patrón + 8% de ceniza de cáscara de café.

Tabla 46.

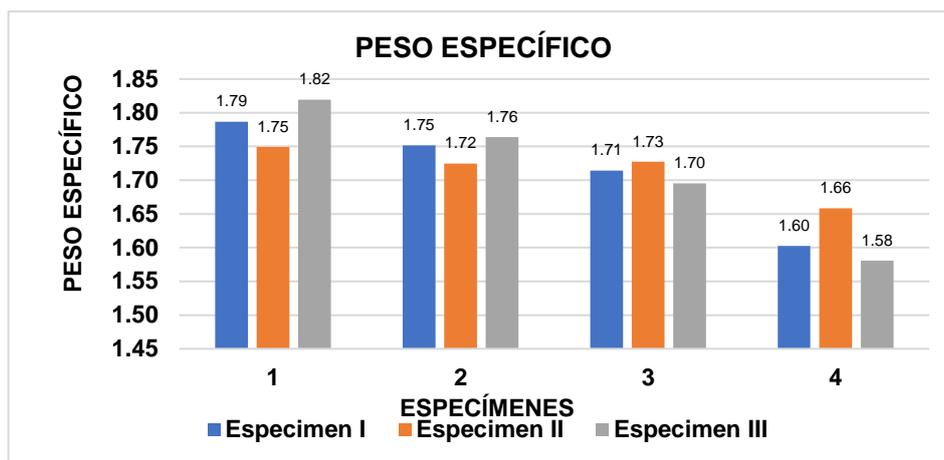
Resumen de Peso Específico.

PESO ESPECÍFICO				
DESCRIPCIÓN	Espécimen I (g)	Espécimen II (g)	Espécimen III (g)	
1 PATRÓN	1.79	1.75	1.82	
2 4%	1.75	1.72	1.76	
3 6%	1.71	1.73	1.70	
4 8%	1.60	1.66	1.58	

Nota. La tabla muestra los resultados finales de peso específico entre los especímenes ensayados.

Figura 9.

Peso específico entre especímenes



Nota.

El gráfico muestra los resultados finales de peso específico entre los especímenes ensayados.

En la tabla 46 y gráfico 7, se observa que el peso específico del espécimen añadiendo porcentajes de ceniza del 4%, 6% y 8% baja con respecto al ladrillo patrón, siendo este último el menor peso específico. Esto evidencia que a mayor porcentaje de adición de ceniza respecto al peso del cemento el peso concentrado del espécimen disminuye.

Tabla 47.

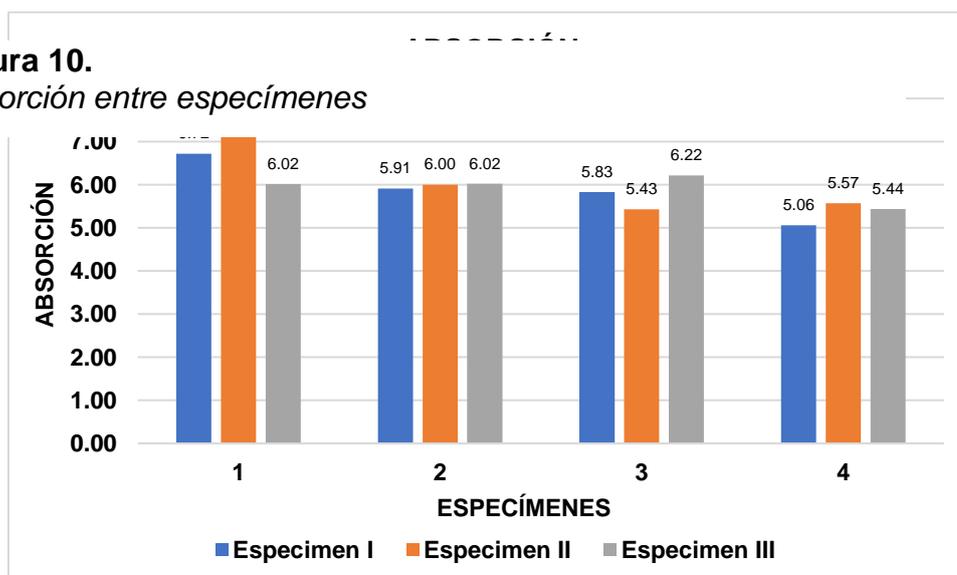
Resumen de ensayo de Absorción.

ABSORCIÓN			
DESCRIPCIÓN	Especimen I (%)	Especimen II (%)	Especimen III (%)
1 PATRÓN	6.72	7.33	6.02
2 4%	5.91	6.00	6.02
3 6%	5.83	5.43	6.22
4 8%	5.06	5.57	5.44

Nota. La tabla muestra los resultados finales de absorción entre los especímenes ensayados.

Figura 10.

Absorción entre especímenes



Nota. El gráfico muestra los resultados finales de absorción entre los especímenes ensayados.

En la tabla 54 y gráfico 7, se observa que, a menos cantidad de agregado fino, el porcentaje de absorción es más bajo, lo que demuestra que el adicionar las cenizas de cáscara de café respecto al peso del cemento hace que el ladrillo sea menos absorbente.

4.1.5. Propiedades mecánicas

4.1.5.1. Resistencia a la compresión

Tabla 48.

Resistencia a la compresión de ladrillos patrón.

Nº	Nº ORDEN Y CODIGO DE LA DRILLO DESCRIPCION	FECHA DE FABRICACION	FECHA DEL ENSAYO	EDAD EN DIAS	CLASE	CARGA KN	CARGA Kg	RESISTENCIA MAXIMA f'b (Kg/cm2)	PORCENTAJE OBTENIDO (%)
1	BP-1	12/10/2023	9/11/2023	28	P (1) BLOQUE	312.24	31839.11	102.91	102.91
2	BP-2	12/10/2023	9/11/2023	28	P (1) BLOQUE	318.94	32522.31	100.29	100.29
3	BP-3	12/10/2023	9/11/2023	28	P (1) BLOQUE	320.31	32662.01	104.20	104.20

Nota. La tabla muestra los resultados de la resistencia a la compresión en ladrillos patrón.

Tabla 49.

Medidas de especímenes de ladrillos patrón.

MUESTRA	ME-1	ME-2	ME-3
LARGO	23.8	24.2	24.3
ANCHO	13	13.4	12.9
ALTO	9	8.9	8.8
AREA BRUTA PROMEDIO	309.4	324.28	313.47

Nota. La tabla muestra los resultados de las medidas de ladrillos patrón.

Tabla 50.

Resistencia a la compresión de ladrillos patrón + 4% de ceniza de café.

N°	N° ORDEN Y CODIGO DE LA DRILLO	FECHA DE FABRICACION	FECHA DEL ENSAYO	EDAD EN DIAS	CLASE	CARGA KN	CARGA Kg	RESISTENCIA MAXIMA f' b (Kg/cm2)	PORCENTAJE OBTENIDO (%)
1	BP-1 + 4% CENIZA DE CAFÉ	12/10/2023	9/11/2023	28	P (1) BLOQUE	266.70	27195.4	86.80	86.80
2	BP-2 + 4% CENIZA DE CAFÉ	12/10/2023	9/11/2023	28	P (1) BLOQUE	272.61	27798.04	88.36	88.36
3	BP-3 + 4% CENIZA DE CAFÉ	12/10/2023	9/11/2023	28	P (1) BLOQUE	269.45	27475.82	87.39	87.39

Nota. La tabla muestra los resultados de la resistencia a la compresión en ladrillos patrón + 4% de ceniza de cáscara de café.

Tabla 51.

Medidas de especímenes de bloque patrón + 4% de ceniza de café.

MUESTRA	ME-1	ME-2	ME-3
LARGO	24.10	24.2	24.0
ANCHO	13.0	13.0	13.10
ALTO	9.0	9.0	9.10
AREA BRUTA PROMEDIO	313.30	314.60	314.40

Nota. La tabla muestra los resultados de las medidas de ladrillos patrón + 4% de ceniza de cáscara de café.

Tabla 52.

Resistencia a la compresión de bloque patrón + 6% de ceniza de café.

N°	N° ORDEN Y CODIGO DE LA DRILLO	FECHA DE FABRICACION	FECHA DEL ENSAYO	EDAD EN DIAS	CLASE	CARGA KN	CARGA Kg	RESISTENCIA MAXIMA f' b (Kg/cm2)	PORCENTAJE OBTENIDO (%)
1	BP-1 + 6% CENIZA DE CAFÉ	12/10/2023	9/11/2023	28	P (1) BLOQUE	293.45	29923.10	94.39	94.39
2	BP-2 + 6% CENIZA DE CAFÉ	12/10/2023	9/11/2023	28	P (1) BLOQUE	296.74	30258.58	95.45	95.45
3	BP-3 + 6% CENIZA DE CAFÉ	12/10/2023	9/11/2023	28	P (1) BLOQUE	294.36	30015.89	96.95	96.95

Nota. La tabla muestra los resultados de la resistencia a la compresión en ladrillos patrón + 6% de ceniza de cáscara de café.

Tabla 53.

Medidas de especímenes de ladrillos patrón + 6% de ceniza de café.

MUESTRA	ME-1	ME-2	ME-3
LARGO	24.2	24.2	24
ANCHO	13.1	13.1	12.9
ALTO	9	9.1	8.9
AREA BRUTA PROMEDIO	317.02	317.02	309.6

Nota. La tabla muestra los resultados de las medidas de ladrillos patrón + 6% de ceniza de cáscara de café.

Tabla 54.

Resistencia a la compresión de ladrillos patrón + 8% de ceniza de café.

N° ORDEN Y CODIGO DE LADRILLO		FECHA DE FABRICACION	FECHA DEL ENSAYO	EDAD EN DIAS	CLASE	CARGA KN	CARGA Kg	RESISTENCIA MAXIMA f' b (Kg/cm ²)	PORCENTAJE OBTENIDO (%)
N°	DESCRIPCION								
1	BP-1 + 8% CENIZA DE CAFÉ	12/10/2023	9/11/2023	28	P (1) BLOQUE	333.21	33977.42	107.25	107.25
2	BP-2 + 8% CENIZA DE CAFÉ	12/10/2023	9/11/2023	28	P (1) BLOQUE	339.27	34595.36	108.68	108.68
3	BP-3 + 8% CENIZA DE CAFÉ	12/10/2023	9/11/2023	28	P (1) BLOQUE	338.62	34529.08	110.21	110.21

Nota. La tabla muestra los resultados de la resistencia a la compresión en ladrillos patrón + 8% de ceniza de cáscara de café.

Tabla 55.

Medidas de especímenes de bloque patrón + 8% de ceniza de café.

MUESTRA	ME-1	ME-2	ME-3
LARGO	24	24.3	24.1
ANCHO	13.2	13.1	13
ALTO	9.1	9.1	8.9
AREA BRUTA PROMEDIO	316.8	318.33	313.3

Nota. La tabla muestra los resultados de las medidas de ladrillos patrón + 8% de ceniza de cáscara de café.

Tabla 56.

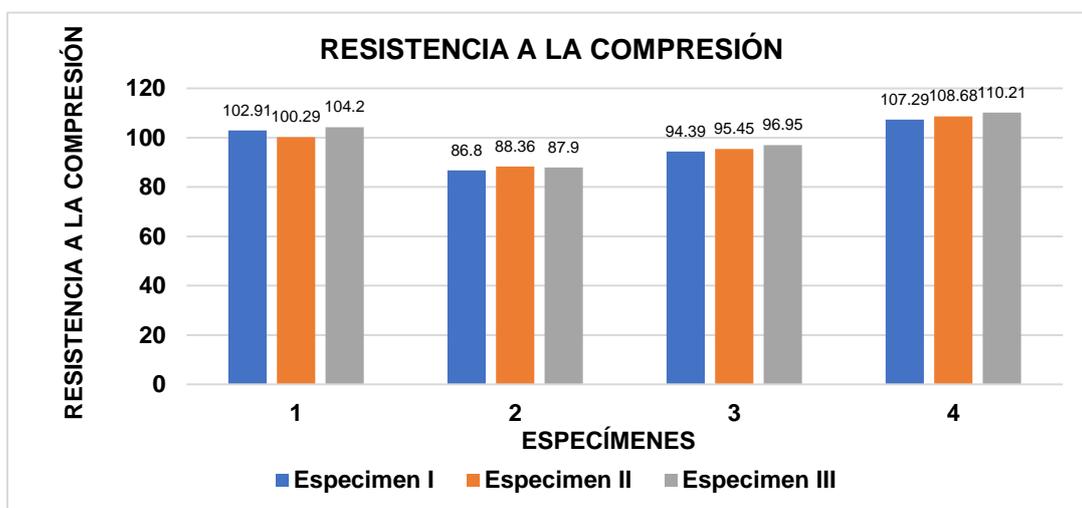
Resumen de ensayo de Resistencia a la Compresión.

		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
DESCRIPCIÓN		Espécimen I (Kg/cm ²)	Espécimen II (Kg/cm ²)	Espécimen III (Kg/cm ²)
1	PATRÓN	102.91	100.29	104.2
2	4%	86.80	88.36	87.90
3	6%	94.39	95.45	96.95
4	8%	107.29	108.68	110.21

Nota. La tabla muestra los resultados finales de resistencia a la compresión entre los especímenes ensayados.

Figura 11.

Resistencia a la compresión entre especímenes



Nota. El gráfico muestra los resultados finales de resistencia a la compresión entre los especímenes ensayados.

En la tabla 54 y gráfico 7, se observa que adicionando el 4% de ceniza la resistencia sufre un cambio negativo respecto a la resistencia deseada, sin embargo cuando se adicionó el 6% de ceniza, la resistencia empieza a subir, a tal punto de que cuando se adicionó el 8% de ceniza de cáscara de café, la resistencia aumenta ya supera a la resistencia deseada, lo que evidencia que

la ceniza de cáscara de café en porcentajes aproximados al 8% brinda propiedades que aumentan su resistencia.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- En este estudio, se ha obtenido la ceniza de la cáscara de café de manera industrial con el apoyo de la empresa Mountain Coffee E.I.R.L., y se ha trabajado netamente con este material, en cambio (Coral Patiño , 2019), en su investigación ha dado uso neto de la cáscara de café como tal, lo cual produce diferentes resultados en textura, color y propiedades físicas y mecánicas.
- Para nuestro trabajo de investigación, se realizó un diseño de mezcla el cual estuvo basado en “*Cemento – Agregado Fino – Agregado Grueso – Agua*” con valores 1 – 4.29 – 1.91 – 0.80, de acuerdo a los parámetros especificados dentro de la norma E.060 de Concreto Armado. Sin embargo, (Mayorga García & Roperó Rangel, 2019), menciona que para el concreto poroso su característica más importante es el porcentaje de vacíos, el cual deduce que la permeabilidad y el volumen va a determinar la adherencia entre las partículas del agregado grueso. Obteniendo como resultado que este tipo de concreto ofrece resistencias entre 15 *MPa* y 20 *MPa* y permeabilidad entre 0.5 *cm/s* y 5 *cm/s*.
- En cuanto a las propiedades físicas, el peso específico entre muestras de ladrillos patrón y con la adición mencionada de cenizas de cáscara de café, son muy similares, en cambio en la investigación de (Sandoval Meléndez & Huamán Meléndez , 2021), nos menciona que en sus muestras con adición del 15% de ceniza existe una variación de pesos respecto a sus muestras patrón y muestras adicionadas con el 5% y 10% de cenizas. Asimismo, la absorción de nuestras muestras es muy similar entre las muestras patrón y las muestras con adición del 4% de cenizas, en cambio las muestras con adición de 6% y 8% aumenta su porcentaje de absorción. Del mismo modo sucede con la variación dimensional, todas las muestras cuentan con valores muy similares en largo, ancho y altura. En cambio, para los resultados de succión hay ciertas diferencias en los valores, los especímenes patrón tienen menor

valor de succión y a mayor adición de ceniza, mayor es la succión. Por último, para el alabeo se puede decir que sus valores son bajos, pero también son muy aproximados entre sí; sin embargo, existe una mínima diferencia que demuestra que cuando aumenta la ceniza, aumenta la concavidad y convexidad, así como lo mencionan (Sandoval Meléndez & Huamán Meléndez , 2021), en su investigación.

- En cuanto a la propiedad mecánica, el resultado de resistencia a la compresión de nuestra muestra de ladrillo patrón es de $f'c = 100.29 \text{ kg/cm}^2$, la muestra con 4% de ceniza es de $f'c = 86.80 \text{ kg/cm}^2$, la muestra con 6% es de $f'c = 94.39 \text{ kg/cm}^2$ y la muestra con 8% de ceniza de cáscara de café llega a una resistencia de $f'c = 107.325 \text{ kg/cm}^2$, resultados que confirma la investigación de (Sandoval Meléndez & Huamán Meléndez , 2021), pues reportaron que cuando adicionaron 5% de ceniza a su mezcla patrón los resultados fueron $f'b = 173.24 \text{ kg/cm}^2$, cuando adicionaron 10% sus resultados fueron más favorables llegando a $f'b = 178.00 \text{ kg/cm}^2$, pero con la adición del 15% encuentran una disminución considerable de resistencia respecto a su ladrillo patrón $f'b = 163.00 \text{ kg/cm}^2$, lo que comprueba que la ceniza de cáscara de café brinda mayor resistencia al concreto con el uso de porcentajes entre el 8% y 15% respecto al peso del cemento.

CONCLUSIONES

- El proceso de quemado de cáscara de café por medio de la empresa industrial "Mountain Coffee E.I.R.L", genera gases que afectan al medio ambiente como el dióxido de carbono (CO_2), asimismo, esta ceniza volante puede ser reutilizado como agregado al concreto, el cual dando uso a los porcentajes adecuados se puede lograr una mayor resistencia respecto a la inicial.
- Se elaboró el diseño de mezcla de concreto para la fabricación de ladrillos, con adición de ceniza de cáscara de café en proporciones de 4%, 6% y 8%, en relación al peso del cemento utilizado para una resistencia a la compresión requerida de $f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$. Asimismo, la proporción calculada de *Cemento – Agregado Fino – Agregado Grueso – Agua*, por 1 m^3 que está dentro de los valores de $1 - 4.29 - 1.91 - 0.80$, alcanza para una cantidad de 356 ladrillos las mismas dimensiones especificadas de $9 \times 13 \times 24$.
- Se determinó las propiedades físicas de los ladrillos de concreto sometidos a la adición de porcentajes de cenizas al 4%, 6% y 8%, los cuales demostraron cambiar en el color respecto al patrón, asimismo, ha logrado una variación dimensional entre los cuerpos, en largo con un valor de 0.80 cm , en ancho 0.90 cm y en altura $\pm 0.20 \text{ cm}$, respecto a las medidas estándares.

- Los especímenes patrón llegan a una resistencia a la compresión de $f'c = 100.29 \text{ kg/cm}^2$, superando a la resistencia requerida inicial, el cual fue sometido a una carga de $C = 318.94 \text{ KN}$; en cambio los especímenes con la adición del 4% y 6% de cenizas de la cáscara de café lograron una resistencia menor a la esperada con valores de $f'c = 86.80 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 94.39 \text{ kg/cm}^2$, bajo cargas $C = 266.70 \text{ KN}$ y $C = 293.45 \text{ KN}$; no obstante, los especímenes adicionados con el 8% de ceniza de cáscara de café lograron superar a la resistencia a la compresión del patrón con un valor de $f'c = 107.325 \text{ kg/cm}^2$, bajo una carga de $C = 333.21 \text{ KN}$, lo que significa que a mayor porcentaje de ceniza de cáscara de café la resistencia a la compresión aumenta, a tal modo que supera la resistencia de la mezcla patrón.
- Las características físicas y mecánicas de los ladrillos de concreto, según la norma (E.070 Albañilería), cumple con lo estipulado para ser un ladrillo Tipo III, según lo obtenido en los ensayos de variación dimensional, alabeo y resistencia a la compresión.
- De acuerdo al ensayo de granulometría de la ceniza de cáscara de café, percibimos que en la malla #200 el porcentaje retenido es de 59.78%, por lo que se concluye que para una siguiente investigación se debe realizar el ensayo de la malla #200 a fines de obtener resultados específicos.

RECOMENDACIONES

- Fomentar el uso de cenizas volantes en ladrillos de concreto con fines estructurales, debido a que mejora la capacidad de resistencia a la compresión. Asimismo, contribuimos al cuidado del medio ambiente disminuyendo la contaminación que genera el proceso de quemado de la cáscara de café.
- Se recomienda usar agregados con porcentaje de absorción mínima respecto al contenido de humedad de los mismos, porque dichos valores afectan en el cálculo del diseño de mezcla, pues a mayor porcentaje de absorción, mayor es valor del volumen unitario del agua.

- Realizar investigaciones con otras fuentes de cenizas volantes y realizar una comparación de las propiedades físicas y mecánicas que adquiere el concreto con la adición porcentual respecto al peso del cemento.
- Según antecedentes, las cenizas de la cáscara de café aumentan la resistencia a la compresión hasta un 15% de adición respecto al peso del cemento, por lo tanto, se recomienda hacer estudios de la resistencia entre los porcentajes de 8% y 15%, de este modo lograr una concentración óptima de la ceniza y obtener mejores resultados.
- Realizar investigaciones y comprobar el comportamiento del concreto ante las adiciones de cenizas volantes y las cenizas puzolánicas.
- Esta investigación se ha basado netamente en la resistencia a la compresión como propiedad mecánica. No obstante, este cuenta con más propiedades, por lo que se recomienda ensayarlas siguiendo los patrones de adición considerados en este proyecto y comprobar el comportamiento del concreto.
- Realizar ensayo de la malla #200, para obtener resultados más específicos sobre las características físicas de la ceniza de la cáscara de café.
- Debido al peso de la unidad de albañilería, se recomienda el uso autentico en cercos perimétricos o edificaciones del primer nivel.

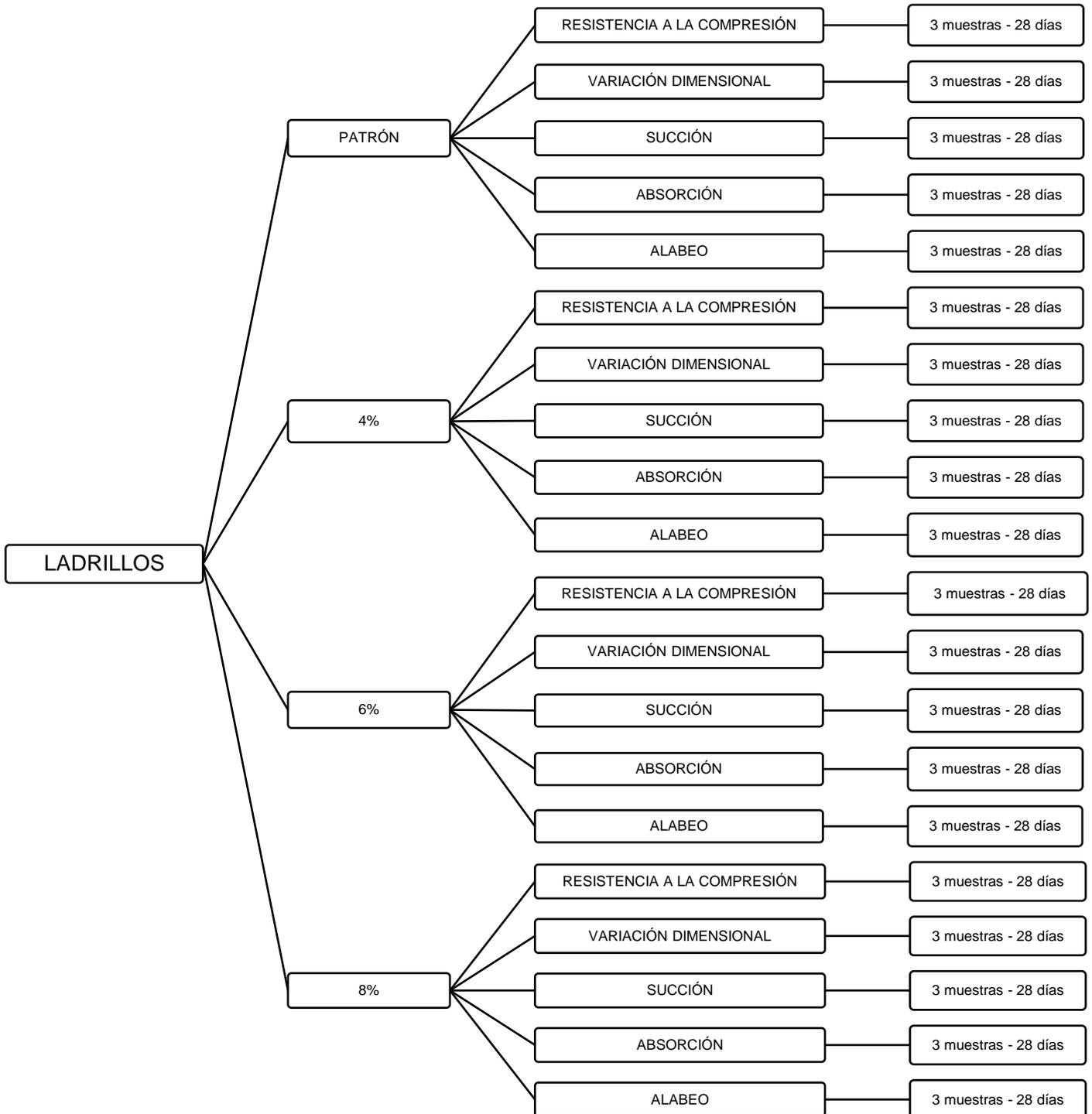
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 334.104, N. T. (2011). *Ceniza volante o puzolana natural cruda o calcinada para uso en concreto* .
- 339.034, N. T. (2015). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*.
- 39.185, N. T. (2002). *Método de ensayo normalizado para contenido total de humedad evaporable en agregados por secado*.
- 399.604, N. T. (2002). *Unidades de Albañilería, Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto*.
- 399.613, N. T. (2005). *Unidades de Albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería* .

- 400.012, N. T. (2001). *Agregados. Análisis granulométrico de agregado fino, grueso y global.*
- 400.021, N. T. (2002). *Agregados. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.*
- 400.022, N. T. (2002). *Agregados. método de ensayo normalizado para peso específico y absorción de agregado fino.*
- Coral Patiño , J. A. (2019). *Comportamiento del concreto con cascarilla de café y posibilidades ante textura y color.* Bogotá.
- Cueva Culque, I. M. (2021). *Análisis del comportamiento de la resistencia a la compresión y consistencia del concreto estructural con aditivos naturales en Trujillo.* Trujillo.
- E.060 Concreto Armado. (s.f.). En *Reglamento Nacional de Edificaciones.*
- E.070 Albañilería. (s.f.). En *Reglamento Nacional de Edificaciones.*
- Franco, A. (16 de Abril de 2021). *El Mundo.* Obtenido de <https://www.elmundo.es/ciencia-y-salud/medio-ambiente/2021/04/15/604f985121efa005758b461b.html>
- García Sobrino, J. J., & Gil Cruz, A. M. (2021). *Influencia de las cenizas de cáscara de café en las propiedades físicas - mecánicas del suelo en las vías de U.V. Casuerinas, U.V. Señor de la Justicia (Sector Norte), U.V. Héctor Aurich Soto (Sector Norte), distrito de Ferreñate, Lambayeque, 2021.* Huacho.
- Mayorga García, S. Y., & Roperó Rangel, M. A. (2019). *Evaluación de la resistencia a compresión de bloque de concreto poroso con alvéolos horizontales.* Bucaramanga.
- Mendieta Pisco, R. E., & Salas Cortegana, P. F. (2022). *Ceniza de cascarilla de café como adición para mejorar las propiedades físico - mecánicas del concreto estructural.* Lima.
- Molocho Tiquillahuanca, J., & Rodríguez Chumbe, D. M. (2020). *Adición de la cascarilla de café y sus cenizas para mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en las viviendas económicas de Moyobamba - 2020.* Moyobamba.
- Sandoval Meléndez , G., & Huamán Meléndez , M. A. (2021). *Efecto de la adición de ceniza de cáscara de café en la resistencia a la compresión de ladrillo de concreto - Jaén 2021.* Jaén.

ANEXOS

Anexo 1.



Población y muestra de especímenes a ensayar.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA							
PESO INICIAL DE MUESTRA:							
MÓDULO DE FINEZA:							
GRANULOMETRÍA DE CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ							
TAMIZ	MALLA (mm)	%QUE PASA		PESO RETENIDO (g)	%PESO RETENIDO	%PESO RET. ACUMULADO	% QUE PASA
		MIN	MAX				
3/8'	9.50	100	100				
4	4.75	95	100				
8	2.38	80	100				
16	1.19	50	85				
30	0.60	25	60				
50	0.30	5	30				
100	0.15	0	10				
Fondo							
Total							
Σ					M.F.	0.62	

Anexo 2.

Ficha de recolección de datos - Granulometría de ceniza de cáscara de café.

Anexo 3.

Ficha de recolección de datos - Contenido de humedad de ceniza de cáscara de café.

CONTENIDO DE HUMEDAD CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ	M1	M2
Peso Recipiente		
Peso Recipiente + Muestra Húmeda		
Peso Recipiente + Muestra Seca		
Peso Agua		

Peso Seco
W%
X

Anexo 4.

PESO UNITARIO CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ	SUELTO	COMPACTADO
Peso molde		
Peso molde + muestra		
Peso muestra		
Volumen molde		
Peso Unitario		
X		

Ficha de recolección de datos - Peso unitario de ceniza de cáscara de café.

Anexo 5.

Ficha de recolección de datos - Granulometría de arena gruesa.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA							
PESO INICIAL DE MUESTRA:							
PESO MATERIAL QUE PASA N° 200:							
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL:							
MÓDULO DE FINEZA:							
GRANULOMETRÍA DE AGREGADO FINO							
TAMIZ	MALLA (mm)	%QUE PASA		PESO RETENIDO (g)	%PESO RETENIDO	%PESO RET. ACUMULADO	% QUE PASA
		MIN	MAX				
1/2'	12.50	100	100				
3/8'	9.50	100	100				
4	4.75	95	100				
8	2.38	80	100				
16	1.19	50	85				
30	0.60	25	60				
50	0.30	10	30				
100	0.15	2	10				
200	0.08						
Fondo							
Total							
Σ				M.F.			

Anexo 6.

Ficha de recolección de datos - Contenido de humedad de arena gruesa.

CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO FINO	M1	M2
Peso Recipiente (g)		
Peso Recipiente + Muestra Húmeda (g)		
Peso Recipiente + Muestra Seca (g)		
Peso Agua (g)		
Peso Seco (g)		
HUMEDAD %		

Anexo 7.

Ficha de recolección de datos - Peso específico y absorción de arena gruesa.

CÁLCULO DE PESOS				
LETRA	DESCRIPCIÓN	MUESTRA 1 (gr.)	MUESTRA 2 (gr.)	MUESTRA 3 (gr.)
A	Peso de la muestra secada al horno			
B	Peso del picnómetro aforado lleno de agua			
C	Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua			
S	Peso de la muestra saturada con superficie seca			
PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
NOMBRE	CÁLCULO	RESULTADO 1	RESULTADO 2	RESULTADO 3
Peso específico de masa (Pem)				
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)				
Peso específico aparente (Pea)				
Absorción (%)	$((S-A) / A) \times 100$			

Anexo 8.

Ficha de recolección de datos - Peso unitario de arena gruesa.

Anexo 9.

Recolección de datos - Granulometría confitillo.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA							
PESO INICIAL DE MUESTRA:							
TAMAÑO MÁXIMO:							
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL:							
GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO							
TAMIZ	MALLA (mm)	%QUE PASA		PESO RETENIDO (g)	%PESO RETENIDO	%PESO RET. ACUMULADO	% QUE PASA
		MIN	MAX				
2"	50.00	100					
1 1/2"	37.50	100					
1"	25.00	100					
3/4"	19.00	100					
1/2"	12.50	100	100				
3/8"	9.50	85	100				
#4	4.75	10	30				
#8	2.36	0	10				
Fondo							
Total							T.M.N

PESO UNITARIO AGREGADO FINO	SUELTO			COMPACTADO		
	1	2	3	1	2	3
Peso molde						
Peso molde + muestra						
Peso muestra						
Volumen molde						
Peso Unitario						
X						
Peso Unitario Suelto:		g/cm3		kg/cm3		
Peso Unitario Compactado:		g/cm4		kg/cm3		

Anexo 10.

Recolección de datos - Contenido de humedad confitillo.

CONTENIDO DE HUMEDAD DE AGREGADO GRUESO	M1	M2
Peso Recipiente		

Peso Recipiente + Muestra Húmeda

Peso Recipiente + Muestra Seca

PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO	SUELTO	COMPACTADO
Peso molde		
Peso molde + muestra		
Peso muestra		
Volumen molde		
Peso Unitario		
X		
Peso Unitario Suelto:	g/cm³	kg/cm³
Peso Unitario Compactado:	g/cm⁴	kg/cm³
Peso Agua		
Peso Seco		
HUMEDAD%		

Anexo 11.

Recolección de datos - Peso específico y absorción confitillo.

PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO			
NOMBRE	CÁLCULO	RESULTADO 1	RESULTADO 2
Peso específico de masa (Pem)	$A/(B-C)$		
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	$B/(B-C)$		
Peso específico aparente (Pea)	$A/(A-C)$		
Absorción (%)	$((B-A)/A) \times 100$		

Anexo 12.

Recolección de datos - Peso unitario confitillo.

Anexo 13.

Recolección de datos - Variación dimensional de ladrillos.

N° ORDEN Y CODIGO DE LADRILLO		FECHA DE FABRICACION	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	DIMENSIONES DEL ESPECIMEN (cm)		
N°	DESCRIPCION				LARGO	ANCHO	ALTURA
1							
2							
3							
4							

5
6
7
8
9
PROMEDIO
DIMENSION DEL DISEÑO
VARIACION DIMENSIONAL

Anexo 14.*Recolección de datos - Succión de ladrillos.*

N° ORDEN Y CODIGO DE LADRILLO	FECHA DE FABRICACION	PESO SECO (gr)	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	AREA (cm2)	TIEMPO DE SUCCION (min)	PESO CON AGUA SUCCIONADA (gr)	SUCCION (gr/min/cm2)
N°	DESCRIPCION							
1								
2								
3								

Anexo 15.*Recolección de datos – Alabeo de ladrillos.*

PATRÓN	N° ORDEN CÓDIGO DE LADRILLO	FECHA DE FAB.	CLASE	LARGO	ANCHO	ALTO	SUP. CONCAVIDAD (mm)	SUP. CONVEXIDAD (mm)
N°	DESCRIPCIÓN							
1								
2								
3								

Anexo 16.*Recolección de datos - Peso específico y absorción de ladrillos.*

PATRÓN	DATOS		
ESPECIFICACIONES	M1	M2	M3
A: Peso en el aire de la muestra seca (g)			
B: Peso en el aire de la muestra saturada			
C: Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)			
CÁLCULOS			
Peso específico	A/(B-C)		

aparente	
Peso específico aparente S.S. S	$B/(B-C)$
Peso específico nominal	$A/(A-C)$
Absorción %	$100*(B-A) / A$

Anexo 17.

Recolección de datos - Resistencia a la compresión de ladrillos.

Anexo 18.

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



FICHA DE USO DEL LABORATORIO DE CONCRETO

TESIS: Evaluación de las propiedades físicas - mecánicas de ladrillos de concreto a base de ceniza de cáscara de café, Trujillo - La Libertad.

TESISTAS: Br. Becerra Flores Blanca Elizabeth
Br. Vásquez Mas, Prissy Daleska

ASESOR: Ing. Medina Carbajal Lucio Sigifredo

ASESOR LAB: Ing. Soto Leon Luis Miguel

FECHA	HORA DE INGRESO	HORA DE SALIDA	EQUIPOS	DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO
14/08	3:15 p.m	3:45 p.m		Dejar material
15/08	9:30 am	10:15 am	Bandejas, horno	PIEDRA Poner mat. al horno.
16/08	9:30 am	2:00 pm	Balanza, tamices, bandeja, brocha	Granulometría Cont. Hum., P. Esp.
17/08	3:00 pm	6:00 pm	Balanza, Molde peso unitario	Peso específico Peso unitario
18/08	10:00 am	11:00 am	balanza, bandeja	Peso específico
21/08	4:00 pm	5:00 pm	Bandeja	ARENA Poner mat. horno
22/08	9:00 am	11:30 pm	tamices, brocha balanza, bandeja	Granulometría Contenido humedad
28/08	5:15 p.m	6:00 pm		Llevar material
29/09	11:00 am	12:00 pm	Bandeja	Colocar muestra horno
30/09	8:30 am	11:00 am	tamices, bandeja brocha, balanza.	Granulometría, C.H
04/10	2:30 pm	6:00 pm	Molde peso unitario balanza	Peso específico Peso unitario
05/10	9:00 am	9:45 am	Balanza, bandeja.	Peso específico

Ing. Luis Miguel Soto Leon
Asesor de Laboratorio de Concreto

Ing. Lucio Sigifredo Medina Carbajal
Asesor de Tesis

Asistencia a laboratorio.

Anexo 20.

Obtención de cáscara de café.



Anexo 21.

Referencia de la cáscara de café.



Anexo 22.
Referencia de ceniza de cáscara de café.



Anexo 23.

Pozo de almacenamiento de café de Mountain Coffee E.I.R.L.

**Anexo 24.**

Pre limpiadora de café de Mountain Coffee E.I.R.L.



Anexo 25.

Tolva de almacenamiento de cáscara café de Mountain Coffee E.I.R.L.

**Anexo 26.**

Tolva de almacenamiento de ceniza de cáscara de café de Mountain Coffee E.I.R.L.



Anexo 27.
Obtención de agregados en cantera.



Anexo 28.
Ensayo de granulometría de la ceniza de cáscara de café



Anexo 29.

Tamices usados en la granulometría de ceniza de cáscara de café.

**Anexo 30.**

Contenido de humedad de la ceniza de cáscara de café.

Ensayo de



Anexo 31.

Ensayo de peso unitario suelo de ceniza.

**Anexo 32.**

Ensayo de peso unitario compactado de ceniza de cáscara de café.



Anexo 33.

Ensayo de granulometría de la arena gruesa.

**Anexo 34.**

Muestra de contenido de humedad de arena gruesa.



Anexo 35.

Ensayo de peso específico de arena gruesa.

**Anexo 36.**

Ensayo de absorción de arena gruesa.



Anexo 37.

Ensayo de peso unitario de arena gruesa.

**Anexo 38.**

Ensayo de granulometría de confitillo.



Anexo 39.

Muestra para contenido de humedad de confitillo.

**Anexo 40.**

Ensayo de peso específico de confitillo.



Anexo 41.

Ensayo de absorción de confitillo.

Anexo 42.

Muestra de peso unitario suelto de confitillo.



Anexo 43.

Ensayo de peso unitario compactado del confitillo.

**Anexo 44.**

Elaboración de mezcla del ladrillo.



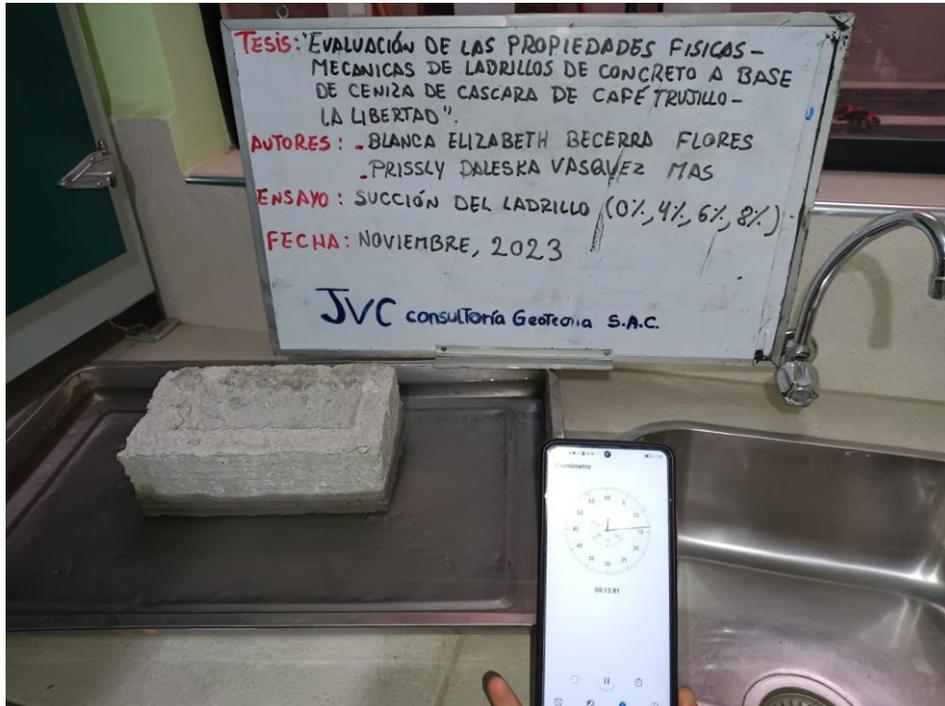
Anexo 45.
Muestras de ladrillos.



Anexo 46.
Ensayo de variación dimensional de ladrillos.



Anexo 47.
Ensayo de succión de ladrillos.



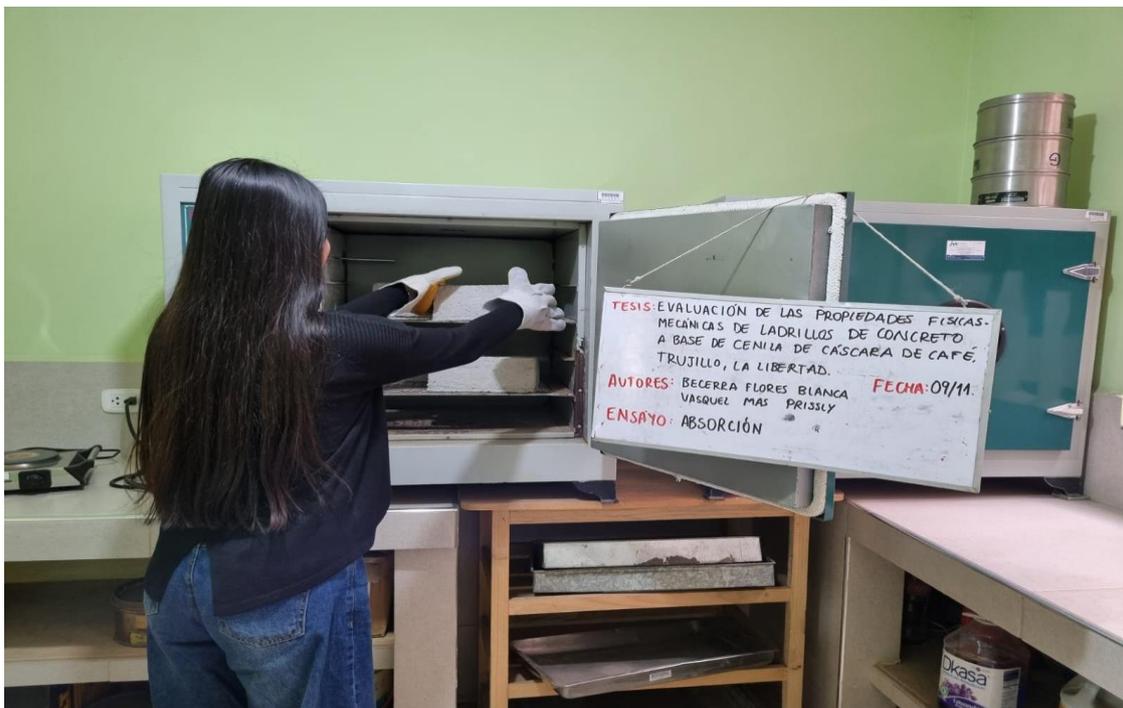
Anexo 48.



Ensayo de alabeo en ladrillos.

Anexo 49.

Ensayo de peso específico y absorción del ladrillo.



Anexo 50.

Ensayo de resistencia a la compresión del patrón.



Anexo 51.

Ensayo de resistencia a la compresión del ladrillo 4% de ceniza.

**Anexo 52.**

Ensayo de la resistencia a la compresión del ladrillo 6% de ceniza.



Anexo 53.

Ensayo de la resistencia a la compresión de ladrillos 8% ceniza.



Anexo 54.

Ficha técnica de cemento tipo MS.

OCTUBRE 2023 VI

DESCRIPCIÓN

Cemento Hidráulico de moderada resistencia a los sulfatos Tipo MS
Mochica Antisaltre es ideal para el norte peruano ya que cuenta con adiciones minerales activas que protegerán a tu construcción contra el ingreso de la humedad y el salitre.

ATRIBUTOS

- Antisaltre**
Resistencia a los suelos húmedos y salitrosos.
- Moderada resistencia a los sulfato**
Adecuada durabilidad en obras expuestas a sulfatos.

USOS

- Recomendado para estructuras en contacto con ambientes o suelos húmedos y salitrosos**

MODO DE EMPLEO

CONTROLAR

El agua en la mezcla, utilizando solo la necesaria para obtener una buena consistencia en la mezcla de concreto.

COLOCAR

Uniformemente la mezcla dentro del molde o encofrado evitando que caiga libremente desde gran altura. Compactar adecuadamente mediante varillado o vibración.

CURAR

Durante un periodo mínimo de 7 días manteniendo la superficie del concreto húmeda y protegida de temperaturas y condiciones ambientales extremas.

PRESENTACIONES



Saco regular
42.5 kg



A granel



Big Bag
(1 tonelada)

*En cumplimiento de la Norma Metrológica Peruana (NMP 002:2018)



Con respaldo

Pacasmayo



Anexo 55.

Resolución de inscripción de proyecto de tesis.



UPAO | Facultad de Ingeniería

Trujillo, 06 de julio de 2023

RESOLUCIÓN N° 1296-2023-FI-UPAO

VISTO, el informe favorable del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis, titulado: **"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO A BASE DE CÁSCARA DE CAFÉ, TRUJILLO - LA LIBERTAD"**, de los Bachilleres: **BECERRA FLORES, BLANCA ELIZABETH y VÁSQUEZ MAS, PRISLY DALESKA**, de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, y;

CONSIDERANDO:

Que, el Jurado Evaluador conformado por los señores docentes: **Ing. ROCIO DURAND ORELLANA**, Presidente; **Ing. MARCELO MERINO MATINEZ**, Secretario; **Ing. MARIA CHUQUILIN DELGADO**, Vocal; han revisado el Proyecto de Tesis, encontrándolo conforme;

Que, el Proyecto de Tesis ha sido elaborado conforme a las exigencias prescritas por el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad, el mismo que fue sometido a evaluación por el mencionado jurado evaluador, quien por acuerdo unánime recomendó su aprobación, tal como se desprende del informe elevado a la Facultad de Ingeniería;

Que, de acuerdo al Artículo 28° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, el Proyecto de Tesis se inscribe en el libro de proyectos de tesis a cargo de la Secretaría Académica de la Facultad;

Estando al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos la Universidad y a las atribuciones conferidas a éste Despacho;

SE RESUELVE:

PRIMERO: APROBAR la modalidad de titulación solicitada por los Bachilleres: **BECERRA FLORES, BLANCA ELIZABETH y VÁSQUEZ MAS, PRISLY DALESKA**, consistente en presentación, ejecución y sustentación de una **TESIS** para optar el título profesional de **INGENIERO CIVIL**.

SEGUNDO: APROBAR y DISPONER la inscripción del Proyecto de Tesis titulado: titulado: **"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS - MECÁNICAS DE LADRILLOS DE CONCRETO A BASE DE CÁSCARA DE CAFÉ, TRUJILLO - LA LIBERTAD"**.

TERCERO: COMUNICAR a los Bachilleres que tienen un plazo máximo de **UN AÑO** para desarrollar y sustentar su tesis, a cuyo vencimiento, se produce la caducidad del mismo, perdiendo el derecho exclusivo sobre el tema elegido.

REGÍSTRESE, COMUNIQUESE Y ARCHIVASE.



Dr. Ángel Alandoca Quenta
DECANO

C. Copia
 Archivo
 Programa de Estudio de Ingeniería Civil
 Interesados
 A.A.Q.ºº Kashi

Anexo 56.
Informe final de asesoramiento.

Informe Final de Asesoramiento

Señor : Ms. Ing. Jorge A. Vega Benites.
Director del Programa de Estudio de Ingeniería Civil.
Asunto: Informe Final de Asesoramiento de Tesis.
Fecha : Trujillo, 20 de noviembre del 2023.

De conformidad con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, y en cumplimiento de la **Resolución de Facultad N° 1296-2023-FI-UPAO**, el suscrito, docente asesor del Informe de Tesis titulada: **Evaluación de las propiedades físicas - mecánicas de ladrillos de concreto a base de cáscara de café, Trujillo - La Libertad**, de los bachilleres Becerra Flores Blanca Elizabeth y Vásquez Mas Prissy Daleska; cumpla con informar lo siguiente:

El informe de Tesis cumple con el cronograma y proceso de investigación de acuerdo al proyecto de tesis, asimismo informo que la tesis reúne la calidad académica exigida por el Programa de Estudio de Ingeniería Civil.

Asimismo, adjunto al presente el reporte de coincidencias generado con el software Antiplagio Turnitin firmado por el suscrito, precisando que no supera el 20%.

Atentamente,



Ms. Lucio Sigifredo Medina Carbajal
Docente asesor Registro
CIP: 76695