



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**ELABORACIÓN DE LADRILLOS TRADICIONALES CON
INCORPORACIÓN DE HOJAS DE PLÁTANO PARA MEJORAR
PROPIEDADES MECÁNICAS**

TUTOR

Mgtr. HENRY PAUL PONCE PINEDA

AUTOR

ABEL SEBASTIAN AVILA MORAN

GUAYAQUIL

2025

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Elaboración de ladrillos tradicionales con incorporación de hojas de plátano para mejorar propiedades mecánicas.

AUTOR/ES:

Avila Moran Abel Sebastian.

TUTOR:

Mgtr. Ponce Pineda Henry Paul

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN.

CARRERA:

INGENIERÍA CIVIL

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2025

N. DE PÁGS:

118

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE: Ladrillo, Arcilla, Materiales de construcción, Ensayo de materiales

RESUMEN:

El propósito de este trabajo es elaborar ladrillos tradicionales, incluidas las hojas de plátano para mejorar sus propiedades mecánicas y utilizar los beneficios de los desechos agrícolas desperdiciados para analizar el desempeño en la mezcla con la arcilla. Su propósito es determinar las propiedades mecánicas de los ladrillos con porcentaje diferentes en hojas de plátano y compararlas con ladrillos tradicionales. El método utilizado consiste en características de la arcilla prueba como: granulometría, gravedad específica y peso de volumen. También en el uso de las hojas de plátano y estudio de ladrillos en tres diseños experimentales en: 1.5%, 3% y 5% y en uno tradicional, para determinar si cumple con sus propiedades mecánicas como: ensayo a compresión y ensayo adsorción. Se

espera que esto verifique si el material está en línea con las normas vigentes y si es útil como alternativa a la construcción.		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	SI ☒	NO ☐
CONTACTO CON AUTOR/ES: Avila Moran Abel Sebastian.	Teléfono: 0986741301	E-mail: aavilamo@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	PhD. Ing. Marcial Sebastián Calero Amores Decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y construcción. Teléfono: (04) 25 96 500 Ext. 241 E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec Mgtr. Jorge Enrique Torres Rodríguez Director de la carrera de Ingeniería Civil Teléfono: (04) 25 96 500 Ext. 242 E-mail: etorresr@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUD



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

TT_2025A_AVILA

3%
Textos sospechosos

3% Similitudes
+ 1% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
+ 1% Idiomas no reconocidos (ignorado)
+ 3% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

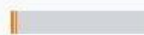
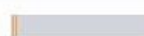
Nombre del documento: TT_2025A_AVILA.pdf
ID del documento: 1778b067711bdc371dbb7ef0d015c6d1cf4a13f
Tamaño del documento original: 11,64 MB

Depositante: KEVIN ANGEL MENDOZA VILLACIS
Fecha de depósito: 25/8/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 25/8/2025

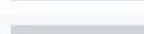
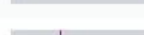
Número de palabras: 17.391
Número de caracteres: 121.987

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 repositorio.ulvr.edu.ec http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/6650/1/ULVR-5284.pdf	1%		Palabras idénticas: 1% (175 palabras)
2	 190.12.52.232 http://190.12.52.232/bitstream/44000/6053/1/1-ULVR-4933.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (128 palabras)
3	 library.ca Prototipo de ladrillo en base de mezcla de cascarilla de cacao y tierra... https://library.ca/document/yngvdlp-prototipo-ladrillo-medio-cascarilla-catao-construccion...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (78 palabras)
4	 www.ulvr.edu.ec https://www.ulvr.edu.ec/wp-content/uploads/2024/10/Formato-Caso-de-Estudio-1-1.docx	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (48 palabras)
5	 studylib.es NTS INEN 698: Análisis Granulométrico de Áridos en Ecuador https://studylib.es/doc/9359445/nte-inen-0698-áridos-análisis-granulométrico-en-los-ár...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 repositorio.uta.edu.ec Estudio de hormigones de alta resistencia y su incidencia... http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11814/1/Tesis_897_-_Salinas_Muñoz_E...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
2	 Documento de otro usuario 44e713f Viene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)
3	 www.mendeley.com Propiedades físicas y mecánicas d... preview & related info... https://www.mendeley.com/catalogue/6062b744-ae11-3f32-a118-m6d15ea160c/	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)
4	 Documento de otro usuario 468bae3 Viene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
5	 finqueslarománica.com Guía de Tipos de Ladrillos: Historia y Usos https://finqueslarománica.com/noticias/articulo/guia-del-ladrillo-12-grandes-preguntas-y-sus...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

1

 <https://www.aceromafe.com/vpropiedades-mecanicas-materiales/>

2

 <https://eos.com/es/blog/cultivo-de-platano/>

3

 <https://www.ambiente.gob.ec/wp>

4

 <https://www.f-falco.com/panelón-7x13x26cm>

5

 <https://finqueslarománica.com/noticias/articulo/guia-del-ladrillo-12>

Firmado electrónicamente por:
HENRY PAUL PONCE PINEDA
Validar únicamente con FirmaDC

iv

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante egresado ABEL SEBASTIAN AVILA MORAN, declara bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, Elaboración de ladrillos tradicionales con incorporación de hojas de plátano para mejorar propiedades mecánicas, corresponde totalmente a el suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor

Firma: 

ABEL SEBASTIAN AVILA MORAN

C.I. 1206929901

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación ELABORACIÓN DE LADRILLOS TRADICIONALES CON INCORPORACIÓN DE HOJAS DE PLÁTANO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, industria y construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: Elaboración de ladrillos tradicionales con incorporación de hojas de plátano para mejorar propiedades mecánicas, presentado por el estudiante ABEL SEBASTIAN AVILA MORAN como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.



Firma:

MGTR. HENRY PAUL PONCE PINEDA

C.C. 0929835312

AGRADECIMIENTO

En primero quiero agradecer a Dios por haber estado conmigo en este proceso, obrado en mi vida permitiéndome estudiar esta carrera y ser mi fortaleza, mi guía en las circunstancias más difíciles y colocarme gente buena en mí camino.

Quiero agradecer de todo corazón a mi madre María Moran Mejía, por seguir siendo mi pilar fundamental en esta parte de mi vida. Por estar apoyándome en mis sueños y mis metas, por los buenos valores, consejos y enseñarme a nunca darme por vencido.

A mi padre Dr. Abel Avila Portocarrero, por apoyarme en el proceso de mi carrera universitaria, ´por darme consejos y siendo apoyo en mi vida, brindándome muchos conocimientos y valores.

A mi familia, por ofrecerme apoyo y soporte mutuo en los momentos de dificultad.

Gracias a mi tutor y profesores que con sus enseñanzas y experiencias enriquecieron mis conocimientos dando eso se puede ver el trabajo de titulación.

DEDICATORIA

Dedico esto a Dios por darme la fortaleza de no rendirme ante la adversidad en este camino. También, dedico este trabajo a mis padres que con esfuerzo y amor me han apoyado siempre, con buenos consejos. A mi familia, que me motivo a seguir adelante en cada momento difícil y me acompañaron en este proceso.

Abel Sebastian Avila Moran

RESUMEN

El objetivo de este estudio es utilizar un desecho agrícola, como las hojas de plátano, para utilizarlas como elemento adicional en la producción de ladrillos tradicionales. Tradicionalmente, estas hojas no son aprovechadas y acaban desechándose en las plantaciones, por lo que su reaprovechamiento en la construcción podría ser una opción sustentable. El objetivo es evaluar si este material orgánico, al combinarse con la arcilla, puede aumentar o cambiar algunas características de los ladrillos, creando un producto que respete las regulaciones actuales de mampostería y que, de igual manera, ayude a disminuir los residuos agrícolas.

Para empezar el estudio, se propuso probar tres diseños experimentales de ladrillos que llevaban hojas de plátano en distintas cantidades: 1.5%, 3% y 5%. Obviamente, también se hizo un ladrillo tradicional para compararlo y usarlo como la referencia principal. Pero antes de mezclar la arcilla con las hojas de plátano, tuvimos que conocer bien la arcilla. Ya en el proceso de fabricación primero recolectamos, secamos y trituramos las hojas de plátano y luego hicimos la mezcla con la arcilla para formar los grupos de prueba de ladrillos. Una vez moldeados los dejamos secar al aire libre y finalmente pasaron a la cocción en un horno artesanal.

Se observaron resultados de resistencia a la compresión que el diseño con 1.5% de las hojas de plátano alcanzó el comportamiento tradicional de ladrillo y alcanzó 2.02 MPa en 28 días, en comparación con 2.40 MPa. Sin embargo, en los diseños, la resistencia del 3% y el 5% disminuyó con valores de 1.91 MPa y 1.81 MPa, respectivamente. En la prueba de absorción, el ladrillo tradicional NTE INEN 3049 con un valor de 5.88%, mientras que los ladrillos con hojas de plátano mostraron un mayor porcentaje de 1.5% más significativamente en un 25.93% y el resto más del 40%.

Palabras Claves: Arcilla, Ladrillo, Materiales de construcción, Ensayo de materiales.

ABSTRACT

The objective of this study is to use agricultural waste, such as banana leaves, as an additional component in the production of traditional bricks. Traditionally, these leaves are not utilized and end up being discarded in the plantations, so repurposing them in construction could be a sustainable option. The main objective of this work is to see if mixing this organic material with clay can improve or change some properties of the bricks, such as their strength or weight. At the same time, we seek to create a brick that meets all the building standards required today.

The research proposed three experimental brick designs that included banana leaves in various percentages (1.5%, 3% and 5%), in addition to the traditional brick used as a reference model. To carry out the study, tests were required to characterize the clay, such as granulometry, specific gravity and volumetric weight, which allowed the knowledge of its properties and the determination of the correct quantities of the mixture. The manufacturing process involved harvesting, drying and crushing of the banana leaves, working out the clay and forming the bricks into test groups. The bricks were then dried in the open air and then baked in an artisanal oven.

Compression strength results were observed that the design with 1.5% of banana leaves achieved traditional brick behavior and reached 2.02 MPa in 28 days, compared to 2.40 MPa. However, in the designs, the strength of 3% and 5% decreased with values of 1.91 MPa and 1.81 MPa, respectively. In the absorption test, the traditional brick NTE INEN 3049 with a value of 5.88%, while the bricks with banana leaves showed a higher percentage of 1.5% more significantly at 25.93% and the rest more than 40%.

Keywords: Clay, Brick, Constuction materials, materials testing

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO.....	3
ENFOQUE DE LA PROPUESTA.....	3
1.1 Tema:.....	3
1.2 Planteamiento del Problema:	3
1.3 Formulación del Problema:.....	5
1.4 Objetivo General	5
1.5 Objetivos Específicos	5
1.6 Hipótesis	6
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.	6
CAPÍTULO II.....	7
MARCO REFERENCIAL.....	7
2.1 Marco Teórico:.....	7
2.1.1 Historia	7
2.1.2 Ladrillos	8
2.1.3 Materia Prima	9
2.1.4 Plátano	10
2.1.5 Hojas de plátano.....	11
2.1.6 Desechos agrícolas	12
2.1.7 Propiedades Mecánicas	13
2.1.8 Ensayo de compresión	13
2.1.9 Ensayo de Adsorción.....	14
2.2 Marco Legal:	14
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador. Registro No. 449, 20 de octubre del 2008 (Asamblea Constituyente, 2008)	14

2.2.2 Norma técnica ecuatoriana: ladrillos cerámicos. Parte 1: términos y definiciones, clasificación y requisitos de las dimensiones modulares. INEN 3049-1.....	16
2.2.3 Norma técnica ecuatoriana: Parte 3: unidades de mampostería no estructural. Requisitos. INEN 3049-3.....	17
2.2.4 Norma técnica ecuatoriana: Parte 5: unidades de mampostería no estructural. Requisitos. INEN 3049-5.....	19
2.2.5 Norma técnica ecuatoriana: Áridos. Análisis granulométricos en ellos áridos, finos y gruesos. INEN 696	19
2.2.6 Norma técnica ecuatoriana: Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino. INEN 856	19
2.2.7 Norma técnica ecuatoriana: Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos. INEN 858.....	20
CAPÍTULO III.....	21
MARCO METODOLÓGICO	21
3.1 Enfoque de la investigación	21
3.2 Alcance de la investigación.....	21
3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos.....	21
3.3.1 Obtención de las hojas de plátano.....	22
3.3.2 Secado de las hojas de plátano.....	23
3.3.3 Triturado de las hojas de plátano.....	26
3.3.4 Obtención de la arcilla	27
3.3.5 Ensayo granulométrico	28
3.3.6 Gravedad específica.....	29
3.3.7 Peso volumétrico suelto y varillado.....	32
3.3.8 Elaboración del ladrillo.....	34
3.3.9 Dimensiones del ladrillo.....	34
3.3.10 Elaboración del ladrillo tradicional.....	34

3.3.11	Elaboración del ladrillo que incorpora hojas de plátanos	38
3.3.12	Secado	53
3.3.13	Cocción	55
3.4	Población y muestra	55
3.4.1	Muestra	55
CAPÍTULO IV		57
PROPUESTA O INFORME.....		57
4.1	Presentación y análisis de resultados	57
4.2	Ensayo de la caracterización de la arcilla	57
4.2.1	Ensayo granulométrico	57
4.2.2	Ensayo de peso volumétrico	58
4.2.3	Ensayo de gravedad específica.....	59
4.3	Ensayo a compresión	60
4.3.1	Ensayo a compresión del diseño 1	62
4.3.2	Ensayo a compresión del diseño 2	63
4.3.3	Ensayo a compresión del diseño 3	64
4.3.4	Ensayo a compresión del diseño 4	65
4.4	Ensayo de adsorción	67
4.4.1	Ensayo de adsorción del diseño 1	69
4.4.2	Ensayo de adsorción del diseño 2	70
4.4.3	Ensayo de adsorción del diseño 3	72
4.4.4	Ensayo de adsorción del diseño 4	73
4.4.5	Análisis de precio unitario	74
CONCLUSIONES		77
RECOMENDACIONES		79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		80
ANEXOS.....		84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones del ladrillo	34
Tabla 2. Dosificación para el ladrillo tradicional.....	35
Tabla 3. Dosificaciones para la elaboración de los ladrillos.....	39
Tabla 4. Dosificación del ladrillo tradicional con incorporación de hojas de plátano en 1,5%	39
Tabla 5. Dosificación del ladrillo tradicional con incorporación de hojas de plátano en 3%	42
Tabla 6. Dosificación del ladrillo tradicional con incorporación de hojas de plátano en 5%	47
Tabla 7. Tabla Granulometría	57
Tabla 8. Ensayo de peso volumétrico suelto	58
Tabla 9. Ensayo de peso volumétrico varillado	59
Tabla 10. Ensayo de gravedad específica	59
Tabla 11. Resistencia del diseño 1 a los 7 días	62
Tabla 12. Resistencia del diseño 1 a los 14 días	63
Tabla 13. Resistencia del diseño 1 a los 28 días	63
Tabla 14. Resistencia del diseño 2 a los 7 días	63
Tabla 15. Resistencia del diseño 2 a los 14 días	64
Tabla 16. Resistencia del diseño 2 a los 28 días	64
Tabla 17. Resistencia del diseño 3 a los 7 días	64
Tabla 18. Resistencia del diseño 3 a los 14 días	65
Tabla 19. Resistencia del diseño 3 a los 28 días	65
Tabla 20. Resistencia del diseño 4 a los 7 días	66
Tabla 21. Resistencia del diseño 4 a los 14 días	66
Tabla 22. Resistencia del diseño 4 a los 28 días	66
Tabla 23. Absorción del diseño 1 a los 7 días	69
Tabla 24. Absorción del diseño 1 a los 14 días	70
Tabla 25. Absorción del diseño 1 a los 28 días	70
Tabla 26. Absorción del diseño 2 a los 7 días	71
Tabla 27. Absorción del diseño 2 a los 14 días	71
Tabla 28. Absorción del diseño 2 a los 28 días	71
Tabla 29. Absorción del diseño 3 a los 7 días	72

Tabla 30. Absorción del diseño 3 a los 14 días	72
Tabla 31. Absorción del diseño 3 a los 28 días	73
Tabla 32. Absorción del diseño 4 a los 7 días	73
Tabla 33. Absorción del diseño 4 a los 14 días	73
Tabla 34. Absorción del diseño 4 a los 28 días	74
Tabla 35. Precio unitario del ladrillo tradicional	74
Tabla 36. Precio unitario del ladrillo que incorpora hojas de plátano	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Proceso de fabricación de ladrillos	10
Ilustración 2. Dimensiones de ladrillo	10
Ilustración 3. Morfología del plátano	11
Ilustración 4. Clasificación de ladrillos cerámicos.....	16
Ilustración 5. ejemplos de dimensiones modulares	17
Ilustración 7. Ejemplos de unidades macizas (M)	18
Ilustración 8. Propiedades física de unidades de mampostería no estructural	18
Ilustración 9. Recolección de hojas de plátano	22
Ilustración 10. Recolección de hojas de plátano	23
Ilustración 11. Recolección de hojas de plátano	23
Ilustración 12. Hojas de plátano expuesta al sol	24
Ilustración 13. Antes y después del secado	24
Ilustración 14. Colocación de las hojas en un horno industrial	25
Ilustración 15. Proceso de secado en el horno industrial	25
Ilustración 16. Trituración manual de hojas de plátano	26
Ilustración 17. Hojas de plátano triturada	26
Ilustración 18. Obtención de la arcilla	27
Ilustración 19. Saco de arcilla	27
Ilustración 20. Muestra usada para la granulometría.....	28
Ilustración 21. Columna de tamices	28
Ilustración 22. Muestra de arcilla sumergida en agua	29
Ilustración 23. Muestra secando en el horno.....	30
Ilustración 24. Peso de la probeta antes de colocar la arcilla	31
Ilustración 25. Peso de la probeta después de colocar la arcilla	31
Ilustración 26. Peso suelto de la arcilla	32
Ilustración 27. Peso varillado de la arcilla	33
Ilustración 28. Compactación de la arcilla en el molde	33
Ilustración 29. Peso de la arcilla para el diseño 4	35
Ilustración 30. Peso de la arcilla para el diseño 4	35
Ilustración 31. Peso del agua para el diseño 4.....	36
Ilustración 32. Colocación de la arcilla en los moldes	36
Ilustración 33. Compactación de arcilla en los moldes con una placa metálica	37
Ilustración 34. Arcilla colocada en los moldes	37

Ilustración 35. Ladrillos secando al sol.....	38
Ilustración 36. Peso de la arcilla para el diseño 1	39
Ilustración 37. Peso de la arcilla para el diseño 1	40
Ilustración 38. Peso de la hoja de plátano para el diseño 1	40
Ilustración 39. Peso del agua para el diseño 1.....	41
Ilustración 40. Arcilla colocada en los moldes del diseño 1.....	41
Ilustración 41. Peso de la arcilla para el diseño 2	42
Ilustración 42. Peso de la arcilla para el diseño 2	43
Ilustración 43. Peso de las hojas de plátano para el diseño 2	43
Ilustración 44. Peso del agua para el diseño 2.....	44
Ilustración 45. Mezcla de la arcilla con las hojas de plátano	45
Ilustración 46. Mezcla de la arcilla con las hojas de plátano	45
Ilustración 47. Molde sumergido en agua.....	46
Ilustración 48. Ladrillos del diseño 2 secando al sol.....	46
Ilustración 49. Peso de la arcilla para el diseño 3	47
Ilustración 50. Peso de la arcilla para el diseño 3	48
Ilustración 51. Peso de la hoja de plátano para el diseño 3	48
Ilustración 52. Peso de la hoja de plátano para el diseño 3	49
Ilustración 53. Peso del agua para el diseño 3.....	49
Ilustración 54. Peso del agua para el diseño 3.....	50
Ilustración 55. Mezcla de la arcilla, hojas de plátano y agua	51
Ilustración 56. Mezcla de la arcilla y la hoja	51
Ilustración 57. Preparación de los moldes.....	52
Ilustración 58. Ladrillos diseño 3 secado al sol	52
Ilustración 59. Ladrillo tradicional.....	53
Ilustración 60. Ladrillo tradicional diseño 1.....	53
Ilustración 61. Ladrillo tradicional diseño 2.....	54
Ilustración 62. Ladrillo tradicional diseño 3.....	54
Ilustración 63. Ladrillo puesto a cocción.....	55
Ilustración 64. Curva granulométrica.....	58
Ilustración 65. Ladrillos preparados para el ensayo a compresión	60
Ilustración 66. Colocación del ladrillo a la máquina para medir su resistencia .	61
Ilustración 67. Ladrillo sometido al ensayo a compresión	61
Ilustración 68. Ladrillo después de ser sometido al ensayo a compresión	62

Ilustración 69. Ladrillos antes de ser colocado a la piscina	67
Ilustración 70. Ladrillos sumergidos en la piscina	67
Ilustración 71. Ladrillos siendo retirados de la piscina después de 24h	68
Ilustración 72. Peso del ladrillo en seco	68
Ilustración 73. Peso del ladrillo saturado	69

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Triturado manual de las hojas de plátano	84
Anexo 2. Hojas de plátano triturada	84
Anexo 3. Molde de madera	85
Anexo 4. Balanza	85
Anexo 5. Cucharón	86
Anexo 6. Varilla	86
Anexo 7. Pala	87
Anexo 8. Placa metálica	87
Anexo 9. Martillo de goma	88
Anexo 10. Máquina para medir resistencia	88
Anexo 11. Piscina	89
Anexo 12. Ladrillos saturados en aire	89
Anexo 13. Análisis Granulométrico	90
Anexo 14. Gravedades Específicas	91
Anexo 15. Peso Volumétrico	92
Anexo 16. Informe de rotura del ladrillo 1,5% hojas de plátano	93
Anexo 17. Informe de rotura del ladrillo 3% hojas de plátano	94
Anexo 18. Informe de rotura del ladrillo 5% hojas de plátano	95
Anexo 19. Informe de rotura del ladrillo 0% hojas de plátano	96
Anexo 20. Informe de absorción del ladrillo 0% hojas de plátano	97
Anexo 21. Informe de absorción del ladrillo 1,5% hojas de plátano	98
Anexo 22. Informe de absorción del ladrillo 3% hojas de plátano	99
Anexo 23. Informe de absorción del ladrillo 5% hojas de plátano	100

INTRODUCCIÓN

Este trabajo surge de un objetivo sencillo que es utilizar las hojas de plátano que se acumulan como desechos en las fincas y observar qué sucede si las incorporamos en un ladrillo tradicional. En campos bananeros se producen muchas hojas y a la vez el ladrillo continúa siendo un elemento esencial en la construcción. Por esta razón, me planteé crear tres dosificaciones que incorporé hojas de plátano en: 1,5%, 3% y 5%. Con esto, evaluarlas con un ladrillo tradicional, centrándome en su resistencia a la compresión y porcentaje de absorción de agua.

El estudio se fundamenta en dos aspectos, por una parte, la presencia de este desecho agrícola que se lo recogió, luego se secó, para luego dejarlo en el horno para que pierda toda impureza y por último triturarlo. Por otra, la descripción de la arcilla que adquirí para la elaboración de los ladrillos y para eso se realizó ensayos de: granulometría, gravedad específica y pesos volumétricos. A partir de esto, elaboré las mezclas, se moldeó los ladrillos con estos tamaños de 230×110×50 mm de acuerdo a las normativas vigentes, luego de realizar los ladrillos los sequé para que le diera luz solar y para luego llevarlo a un horno artesanal tal como se realiza en el método tradicional. El objetivo es evaluar, comparar y determinar si técnicamente es apropiado utilizar hojas de plátano como complemento.

Capítulo I: El tema de este trabajo es bien claro: Elaboración de ladrillos tradicionales con incorporación de hojas de plátano para mejorar propiedades mecánicas. La idea surgió por un problema que vi en la zona. Aquí, la industria bananera es enorme y después de la cosecha se genera una cantidad gigante de desechos agrícolas, especialmente de las hojas. Me di cuenta de que este material es muy común pero casi siempre se desaprovecha y no se le da un uso productivo. Con eso en mente, me puse a investigar si esas hojas podrían servir para mejorar sus propiedades mecánicas en la fabricación de ladrillos.

Capítulo II: Resumen antecedentes sobre materiales naturales usados como aditivos en ladrillos como: bagazo de caña, cascarilla de arroz, fibras vegetales. también, los conceptos base como: la arcilla, el ladrillo tradicional y las propiedades mecánicas. En el marco legal resalto las normas que sirven de guía como: NTE INEN 3049, NTE INEN 696, NTE INEN 856 y NTE INEN 858. Este capítulo justifica

teóricamente por qué tiene sentido probar con hojas de plátano y cómo voy a evaluar los resultados.

Capítulo III: Explico el enfoque cuantitativo, el alcance es descriptivo experimental, las técnicas e instrumentos como: ensayos de caracterización de la arcilla, elaboración de ladrillos, ensayos de compresión y absorción. La muestra es grupos por dosificación e incluyendo el tradicional. Detallo el procedimiento que realicé: recolección, secado y triturado de hojas; caracterización de la arcilla como: granulometría, gravedad específica, peso volumétrico suelto y varillado. También, el diseño de mezclas con 1,5%, 3% y 5% de hojas, secado al ambiente y cocción en horno.

Capítulo IV: Las pruebas realizadas en este capítulo. Primero, las características de arcilla se muestran ya que sirven como base para el trabajo. Posteriormente, se analizan los ladrillos tradicionales y los que incluyen hojas de plátano en diferentes dosificaciones, evaluando la resistencia a la compresión y la absorción de agua. Finalmente, los resultados obtenidos se comparan entre los ladrillos tradicionales y los experimentales que resaltan las principales diferencias. El capítulo termina con conclusiones y recomendaciones de investigación generales.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Elaboración de ladrillos tradicionales con incorporación de hojas de plátano para mejorar propiedades mecánicas.

1.2 Planteamiento del Problema:

En la producción agrícola de plátano, una de las actividades más recurrentes es la poda y recolección del fruto, que genera grandes cantidades de residuos, principalmente hojas que suelen ser desechadas sin reutilización eficiente. Según Elbehri et al. (2015) “Todos los residuos orgánicos generados en esta etapa (hojas, brotes, etc.) son abandonados en la plantación con el fin de ser naturalmente degradados y contribuir a la fertilidad del suelo” (p. 114). Este desperdicio no solo representa un problema de manejo de residuos, sino también una oportunidad desaprovechada de incorporar materiales renovables en otros sectores.

En los materiales de construcción, el uso de materiales alternativos ha ganado relevancia debido a la necesidad de innovar en procesos y productos que optimicen recursos y reduzcan costos. Las hojas de plátano, por su composición fibrosa y ligera, podrían integrarse como material complementario en la fabricación de ladrillos, pero aún no existe suficiente evidencia que respalde su viabilidad técnica. Según Haro-Velasteguí et al. (2017) “la industria agrícola, de la que provienen raíces, tallos, hojas que no son utilizados; la mayoría de estos subproductos son provenientes del cultivo del arroz, café, banano, entre otros que se convierten en desechos, por no darles una adecuada utilización” (p. 510), lo que abre la posibilidad de explorar el efecto de las hojas de plátano.

Las hojas de plátano poseen propiedades que las hacen potencialmente adecuadas para su uso en la fabricación de ladrillos. Su composición fibrosa, rica en celulosa, hemicelulosa y lignina, les confiere características como flexibilidad, resistencia y ligereza. Estas propiedades pueden influir positivamente en las características mecánicas de los ladrillos, mejorando su resistencia y durabilidad. La complicación se encuentra en el desconocimiento de las características mecánicas

de la hoja de plátano y su posible uso como aditivo en la producción de ladrillos tradicionales.

En la construcción, cada vez se le da más importancia a usar materias primas naturales. En este momento, con todo el tema de la sostenibilidad, se ha vuelto más relevante que nunca. La verdad, es que tiene mucho sentido: estos materiales son renovables y se degradan, lo que los convierte en una muy buena alternativa a los materiales de siempre. Así se generan menos residuos y se apoya a que la industria de la construcción sea más ecológica. Además, lo interesante es que estos materiales naturales no solo son buenos para el planeta, sino que también pueden tener muy buenas propiedades mecánicas. He leído que, en algunos casos, son tan resistentes como los materiales tradicionales, como en el caso de la madera o el bambú, lo que los hace perfectamente viables. Por eso, en este proyecto, quiero ver si las hojas de plátano también podían tener esas características.

En este contexto, el uso de materiales alternativos en la fabricación de ladrillos ha cobrado relevancia, dado que se busca optimizar recursos. Las hojas de plátano, debido a su composición fibrosa y ligera, podrían ser un material complementario interesante en la producción de ladrillos. Sin embargo, la falta de evidencia técnica sobre su impacto en las propiedades mecánicas de los ladrillos limita su aplicación. Estudios previos han demostrado que otros residuos agrícolas pueden influir positivamente en propiedades como la resistencia y la durabilidad de los ladrillos. Por lo tanto, es fundamental investigar cómo la incorporación de hojas de plátano afecta específicamente las propiedades mecánicas de los ladrillos.

El estudio se enfoca en el aprovechamiento de las hojas de plátano, un residuo agrícola abundante que en lugar de ser desechado puede convertirse en un recurso útil para la industria de la construcción. También, el objetivo es determinar si las hojas de plátano pueden ser integradas en la composición de ladrillos tradicionales sin comprometer su calidad estructural. A través de pruebas de resistencia a la compresión y porcentaje de adsorción este estudio busca evaluar si las hojas de plátano aportan mejoras significativas o mantienen las propiedades mecánicas necesarias, demostrando su viabilidad técnica como material complementario.

La idea principal de este proyecto es generar información técnica sobre las propiedades mecánicas de las hojas de plátano y sobre todo ver cómo reaccionan cuando se las agregamos a los ladrillos. Sinceramente, fue bastante trabajo hacer todas las pruebas y medir cada detalle, pero me parece que vale la pena, porque con los resultados que obtengamos se podría generar una base para futuras investigaciones. Así, si alguien más quiere explorar el tema ya tiene un punto de partida. En el fondo, esto es mi granito de arena para ampliar lo que sabemos sobre usar materiales de la naturaleza y convertirlos en productos de construcción innovadores.

1.3 Formulación del Problema:

¿Cómo influye la incorporación de hojas de plátano en las propiedades mecánicas de los ladrillos tradicionales?

1.4 Objetivo General

Evaluar el uso de hojas de plátano en la elaboración de ladrillos tradicionales, analizando sus propiedades mecánicas. Para determinar si su incorporación mejora la resistencia a la compresión y porcentaje de absorción.

1.5 Objetivos Específicos

- Diseñar tres muestras de ladrillos tradicionales incorporando hojas de plátano en diferentes dosificaciones.
- Evaluar la resistencia a la compresión y porcentaje de absorción de las tres muestras de ladrillo tradicional con hojas de plátano.
- Comparar la resistencia a la compresión y porcentaje de absorción del ladrillo tradicional con las tres muestras ladrillos tradicional que incorpora hojas de plátano.
- Analizar los costos unitarios del ladrillo tradicional y de las tres muestras de ladrillo tradicional.

1.6 Hipótesis

Si se incorpora la hoja de plátano en la fabricación de ladrillo tradicionales, se mejorarán sus propiedades mecánicas, incrementando la resistencia a la compresión y porcentaje de absorción.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción (Universidad Laica Vicente Rocafuerte, 2025).

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico:

Este capítulo expone el marco teórico que respalda el estudio sobre la incorporación de hojas de plátano en la fabricación de ladrillos tradicionales. Dicho hecho, se muestran precedentes de investigaciones parecidas, conceptos fundamentales acerca de las propiedades mecánicas de los ladrillos y el efecto de la utilización de materiales naturales en la construcción. Además, se evalúan las propiedades de las hojas de plátano y su posible uso como recurso complementario en el sector de la construcción.

2.1.1 Historia

Este procedimiento tiene sus raíces entre los 10000 y 8000 a.C., y resultaba óptimo en zonas donde otros materiales como la madera y la piedra eran escasos. Aproximadamente en 9500 a.C. En la región que comprende partes de lo que actualmente entendemos como el Medio Oriente, que incluye zonas de los actuales Israel, Jordania, Líbano, Siria y Turquía, se observó la aparición de las primeras comunidades sedentarias que comenzaron a edificar sus viviendas y estructuras de forma más duradera. Los primeros agricultores de esta época comenzaron a emplear ladrillos cocidos, no solo debido a la escasez de materiales, sino también por su longevidad y resistencia en comparación con el adobe (Guía sobre Tipos de Ladrillos: Historia y Usos en la Construcción, 2024).

Con el inicio de la sedentarización en Mesopotamia, la mayor parte de los trabajos se realizaban con arcilla, dado que este material era abundante. Desde este lugar, se propagó a Egipto, China y poco después a Europa mediante Grecia y Roma (La Historia del ladrillo, 2023).

2.1.2 Ladrillos

Un ladrillo es una parte de la edificación, usualmente fabricado con una masa de barro cocido, que presenta una dimensión rectangular y facilita la elevación de paredes y otras construcciones. Debido a su tamaño, un albañil tiene la capacidad de montar un ladrillo con solo una mano, lo que ahorra las labores (Pérez Porto & Gardey, 2023).

El ladrillo, que se compone principalmente de arcilla cocida en hornos, es un elemento esencial en la construcción desde tiempos antiguos por su durabilidad y resistencia. En el proceso de producción, los ladrillos son moldeados y expuestos a altas temperaturas para conseguir la rigidez requerida, lo que los convierte en perfectos para la creación de edificios, paredes y otras estructuras. Su habilidad para aislar térmicamente y conservar sonido lo hace un componente adaptable y apreciado en la arquitectura (Ladrillo, s.f.).

El ladrillo tradicional se elabora artesanalmente, cocinándolo en el horno a elevadas temperaturas. Es altamente resistente tanto al fuego como a las condiciones meteorológicas severas. También, su textura y tonalidad natural aportan un atractivo estético a cualquier construcción edificada con ellos. Aunque se han desarrollado numerosos materiales actuales para la edificación, el ladrillo de arcilla tradicional continúa siendo una elección frecuente para viviendas, estructuras y obras emblemáticas a nivel global (Tipos de ladrillos y sus usos: Guía definitiva, s.f.).

El ladrillo macizo posee perforaciones horizontales en su canto, lo que permite reducir su peso sin sacrificar su resistencia. Usualmente se utilizan para elevar tabiques que no requieran una gran carga. De acuerdo con su tamaño y número de hileras (Tipos de ladrillos y sus usos, s.f.). Estos ladrillos cuentan con menor del 10% de orificios en su superficie. Son robustos y proporcionan una resistencia estructural superior. Se emplean extensamente en la edificación de muros y paredes que necesitan una mayor capacidad de soporte. (Tipos de ladrillos y sus usos: Guía definitiva, s.f.). Según Afanador García et al. (2012) “La resistencia nominal a la compresión de muros en ladrillo macizos de arcilla cocida tiene valores que oscilan entre 0.8 hasta 2.4 MPa” (p. 56)

La resistencia de un ladrillo, ya sea macizo o hueco, para aplastarse se evalúa en megapascuales (MPa). Esta medida señala el volumen de carga de compresión que el ladrillo puede soportar antes de fallar o romperse. En ladrillos Macizos, la resistencia de los ladrillos macizos para resistir el aplastamiento puede cambiar significativamente dependiendo del tipo y la calidad del ladrillo, oscilando entre 10 y 20 MPa. Por otro lado, los ladrillos Huecos suelen tener una resistencia al aplastamiento de entre 3 y 15 MPa, en función del tamaño de los orificios y el material característico del ladrillo (Guía sobre Tipos de Ladrillos: Historia y Usos en la Construcción, 2024).

Según Huilcarema Sánchez & Troya Escudero (2022) “Los ladrillos con 1,7% de agregado FBCA pudieron alcanzar los 2,48 MPa, superando satisfactoriamente a los ladrillos de control en un 33,47% y a los ladrillos comerciales en 4,03%” (p. 90).

2.1.3 Materia Prima

La arcilla usada para la fabricación de ladrillos es un componente sedimentario compuesto por partículas diminutas de silicatos hidratados de alúmina, junto con distintos minerales como la montmorillonita, el caolín y la illita. Se ha visto que el adobe como el antecesor del ladrillo, ya que se fundamenta en la idea de emplear barro arcilloso para la construcción de paredes. Sin embargo, no sufre el adobe los efectos químico-físico de la cocción. El ladrillo representa la aplicación invariable del adobe, resultado de la cocción a temperaturas elevadas (Ladrillo, s.f.).

La arcilla posee características plásticas, lo que implica que, al ser humedecida, puede ser transformada de manera sencilla. Al secar, se vuelve sólida y al exponerse a altas temperaturas, surgen composiciones químicas que, entre otras modificaciones, provocan que la arcilla se transforme en un material de rigidez inalterable, conocido como cerámica (El origen de la arcilla, s.f.).

Para la fabricación de ladrillos tradicionales tiene que seguir estos procesos:

- Extracción de la materia prima

- Colocación en el molde
- Secado al aire o cocción

Ilustración 1.

Proceso de fabricación de ladrillos



Fuente: Manufacturing (2006)

Ilustración 2.

Dimensiones de ladrillo



Fuente: FALCO Fábrica Artesanal de Ladrillos (s.f.)

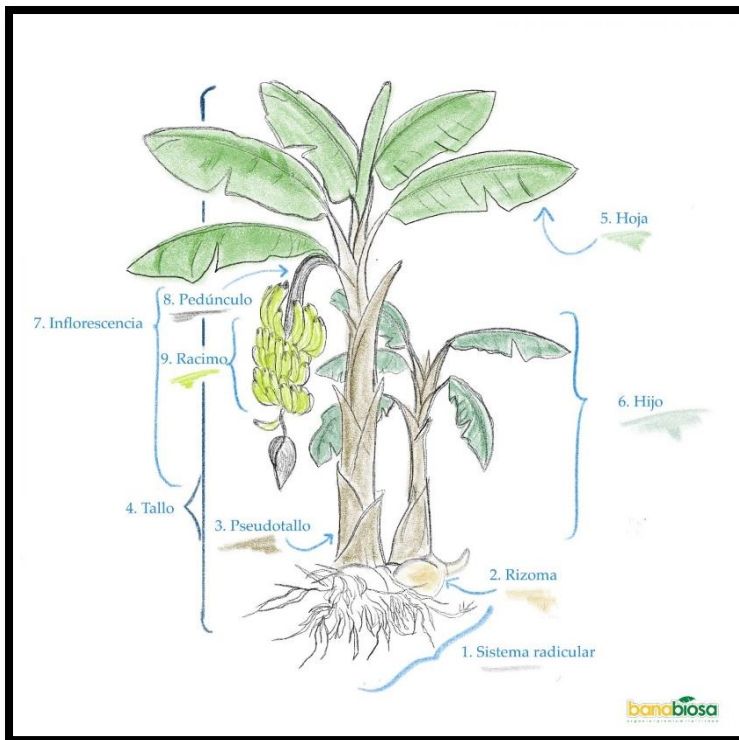
2.1.4 Plátano

Afirma Belalcázar Carvajal (1991) que “se ha considerado a la península Malaya como probable centro de origen, tanto de *Musa balbisana* como de *Musa acuminata* cuyos cruzamientos dieron origen a todas las variedades comestibles conocidas en América” (p. 45).

Según Chaverri & Cujó (1989) “El banano, plátano y guineo son cultivados por sus frutos comestibles que se utilizan crudos banano, cocidos plátano y guineo y sirven también para el engorde de los animales” (p. 96).

Ilustración 3.

Morfología del plátano



Fuente: Patricia (2022)

2.1.5 Hojas de plátano

El intervalo habitual entre el surgimiento y la recolección de un racimo es de 3 a 4 meses. Las señales de que ha llegado la hora de recolectar el plátano son el secar de las hojas superiores, la transición del color de la fruta de verde oscuro a claro y la liberación con un sencillo golpe en el extremo de la flor. La fruta se torna más pesada y se llena totalmente de relleno (Cherlinka, 2024).

El plátano también conocido como guineo es una planta herbácea que puede tener un tamaño variable a partir de las especies entre dos y cinco metros. De un rizoma o cepa emergen hojas en crecimiento cuyas ramas, repartidas en espiral, constituyen el seudotrunko, que se corona con un conjunto de hojas de longitud y anchura variadas. El meristema final de la cepa se sitúa más arriba que el nivel del suelo durante el periodo de vegetación, periodo en el que se generan entre 15 y 25 hojas funcionales; posteriormente, se forma una inflorescencia a la vez que el tallo se desarrolla dentro del seudotrunko (Chaverri & Cujó, 1989).

El proceso de crecimiento interno se prolonga durante aproximadamente tres meses, durante los cuales emergen las últimas hojas distintas y luego la yema floral. Esta última presenta primero flores con ovarios largos, conocidas como hembras, que serán las futuras manos del racimo; posteriormente surgen flores hermafroditas y finalmente las flores machos, con un ovario bastante pequeño. Las manos contienen dos filas de frutas bajo una espata o bráctea de tonalidades rojas y violetas (Chaverri & Cujó, 1989).

2.1.6 Desechos agrícolas

Los desechos agrícolas se refieren a los residuos herbáceos y leñosos derivados de la preservación de cultivos, bosques y sierras, así como de tareas como la siembra, el tratamiento y el derribo. Esta clase de desecho también se conoce como residuo forestal. Igualmente, los desechos agrícolas se refieren a los residuos de variados tipos producidos en las actividades agrícolas y ganaderas, además de los originados en la industria agroalimentaria, maderera, corchera y papelera. Hay desechos agrícolas sólidos y líquidos, tales como purines y residuos peligrosos, un caso específico de los productos fitosanitarios (Residuos agrícolas y su tratamiento, 2022).

Los desechos agrícolas incluyen, las hojas, ramas y cortezas que no se eliminan tras las tareas de deforestación o conservación de los bosques. Aunque provienen de distintos lugares, ambos tipos de desechos tienen parecidos en términos de su estructura orgánica y sus posibles usos. Los residuos agrícolas incluyen las hojas que se expulsan de los árboles. En general, se degradan de forma natural (¿Qué son los residuos agrícolas y forestales y por qué es importante su gestión?, 2024).

Según Vilorio et al. (2014) “eliminación de desechos es uno de los problemas más grandes que deben enfrentar los países; producir más no significa usar más sino reusar de manera eficiente. Los residuos agrícolas, constituidos principalmente por raíces, hojas, tallos u otras partes de plantas” (p. 286). Según Alarcón Ramírez & Burgos Álava (2022) “la fabricación del ladrillo fue favorable, ya que gracias a los componentes químico que poseen estos productos, funcionaron como materia prima

resistente al ser mezclada con la arcilla, por lo que el producto final tuvo resultados positivos” (p. 66).

2.1.7 Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas de un componente son las que influyen en su resistencia y efectividad al ser sometidos a una fuerza. En resumen, las propiedades mecánicas son las cualidades asociadas a la habilidad de un material para resistir y transmitir fuerzas o deformidades. Los ensayos de materiales evalúan las propiedades y el rendimiento de metales, cerámica o plásticos bajo diferentes circunstancias cuando son expuestos a cargas y tensiones. Las cifras recolectadas pueden emplearse para determinar la aptitud de los componentes analizados para diferentes usos o ajustarlos para un uso óptimo (Propiedades mecánicas, s.f.).

Es crucial destacar que las propiedades mecánicas de los elementos se determinan por su estructura y composición química, a fin de establecerlas se emplean ensayos. Aunque pueden cambiar bajo ciertas situaciones, ya que están relacionadas con las aplicaciones externas que se ejercen en contra de ellos. Las propiedades mecánicas de los elementos determinan su reacción frente al empleo de fuerza, con el objetivo de obtener un desempeño óptimo (Propiedades mecánicas de los materiales para su uso en la industria, s.f.).

2.1.8 Ensayo de compresión

Los estudios de compresión se emplean para evaluar la reacción de un elemento ante cargas de aplastamiento empleadas y, usualmente, se trasladan usando presión de compresión a una muestra de prueba (usualmente de geometría cúbica o cilíndrica) mediante el uso de accesorios o placas especialistas en una máquina de ensayos. En el transcurso de la prueba, se determinan y grafican diversas características del material en una gráfica de tensión-deformación. (¿Qué es un ensayo de compresión?, s.f.). Según Ponce Palafox et al. (2020) “y la resistencia a compresión de piezas estructurales, se deberán realizar ensayos para encontrar las propiedades de los materiales, tales como resistencia a tensión, módulo de elasticidad y análisis de ciclo de vida” (p. 113). Según Muñoz Pérez et al. (2021) “las cenizas de bagazo de caña de azúcar, que mejoran la resistencia a la compresión; el

polvo de acero, que mejora la resistencia a la flexión y ayuda a la permeabilidad” (p. 3).

2.1.9 Ensayo de Adsorción

Especialmente el procedimiento de prueba para establecer la habilidad de absorber agua mediante la sumersión en agua fría. Las muestras son secadas hasta alcanzar una masa constante y después se maquillan con los productos de impermeabilización, conforme a las sugerencias de los productores. Después se sumergen durante 24 horas, se registran las masas y a partir de esto se determinan los porcentajes de absorción (Burgos et al., 2020).

2.2 Marco Legal:

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador. Registro No. 449, 20 de octubre del 2008 (Asamblea Constituyente, 2008).

Art. 14.- La ley de la población se reconoce como una vida en un entorno saludable y ecológicamente equilibrado, lo que garantiza la sostenibilidad y el buen estilo de vida, Sumak Kawsay. Preservación del medio ambiente, la preservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la renovación de los espacios naturales degradados es anunciada por el interés público (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Art. 15.- La soberanía energética no se obtendrá dañando la soberanía alimentaria y no afectará el derecho al agua (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Art. 71.- Naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a integrarse para cumplir con su mantenimiento permanente y de mantenimiento y renovación, así como su importante bicicleta, estructura, función y procesos evolutivos. Todos, la sociedad, las personas o la nacionalidad pueden requerir que los poderes nacionales cumplan los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar este derecho, los principios establecidos en la Constitución, independientemente de los ingresos. El estado alentará a las entidades y grupos de

la naturaleza y legal a proteger la naturaleza y promover el respeto por todos los elementos que conforman el ecosistema (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Art. 72.- El derecho a la restauración es de la naturaleza. En situaciones de impacto ambiental severo o duradero como los provocados por la explotación de recursos naturales no renovables, el Estado definirá los procedimientos más eficientes para lograr la restauración y tomará las acciones pertinentes para eliminar o atenuar las repercusiones perjudiciales para el medio ambiente. (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Art. 74.- Las personas, las comunidades, las personas y las nacionalidades tendrán derecho a utilizar los beneficios de la riqueza ambiental y natural que les dan un buen sustento (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Art. 83.- Son obligaciones y responsabilidades de las personas y entidades ecuatorianas, además de otros establecidos en la Constitución y la legislación:

4. Salvaguardar la integridad territorial de Ecuador y sus riquezas naturales.
5. Respetar los derechos de la naturaleza, mantener un entorno saludable y emplear los recursos naturales de forma lógica, sustentable y sostenible. (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Art. 276, 4.- Para restaurar y mantener la naturaleza y mantener un entorno saludable y sostenible que garantice el acceso razonable, permanente y de alta calidad de las personas y la sociedad al agua, el aire y la tierra y los beneficios de los recursos subterráneos y los recursos patrimoniales naturales.

El derecho a la restauración es de la naturaleza. En situaciones de impacto ambiental severo o duradero como los provocados por la explotación de recursos naturales no renovables, el Estado definirá los procedimientos más eficientes para lograr la restauración y tomará las acciones pertinentes para eliminar o atenuar las repercusiones perjudiciales para el medio ambiente. (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

Art. 385, 3.- Sistema Nacional de Ciencias, tecnología, innovación y conocimiento del conocimiento, sujeto al medio ambiente, la naturaleza, la vida, la cultura y la serenidad serán su propósito (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2.2.2 Norma técnica ecuatoriana: ladrillos cerámicos. Parte 1: términos y definiciones, clasificación y requisitos de las dimensiones modulares. INEN 3049-1.

Este estándar define expresiones y definiciones, clasificaciones y módulos en unidades de ladrillo de cerámica de mampostería basadas en los principios de coordinación modular (NTE INEN 3049 Parte 1, 2018).

La absorción es "la capacidad del material para absorber y contiene agua en los poros existentes en su masa". Los valores de absorción son un indicador de cocción y durabilidad. También es un factor que ayuda a la clasificación de productos finales (NTE INEN 3049 Parte 1, 2018).

Ilustración 4.

Clasificación de ladrillos cerámicos

Tipo	Disposición de sus perforaciones y volumen
Estructural	Perforación horizontal (PH)
	Perforación vertical (PV)
	Macizas (M)
No estructural	Perforación horizontal (PH)
	Perforación vertical (PV)
	Macizas (M)
Fachadas	Perforación horizontal (PH)
	Perforación vertical (PV)
	Macizas (M)

Fuente: NTE INEN 3049 (2018)

Ilustración 5.

ejemplos de dimensiones modulares

Dimensiones modulares (mm)			Dimensiones reales (mm)		
Longitud	Ancho	Altura	Longitud	Ancho	Altura
240	120	60	230	110	50
260	130	65	250	120	55
300	150	75	290	140	65
400	200	100	390	190	90

Fuente: NTE INEN 3049 (2018)

2.2.3 Norma técnica ecuatoriana: Parte 3: unidades de mampostería no estructural. Requisitos. INEN 3049-3.

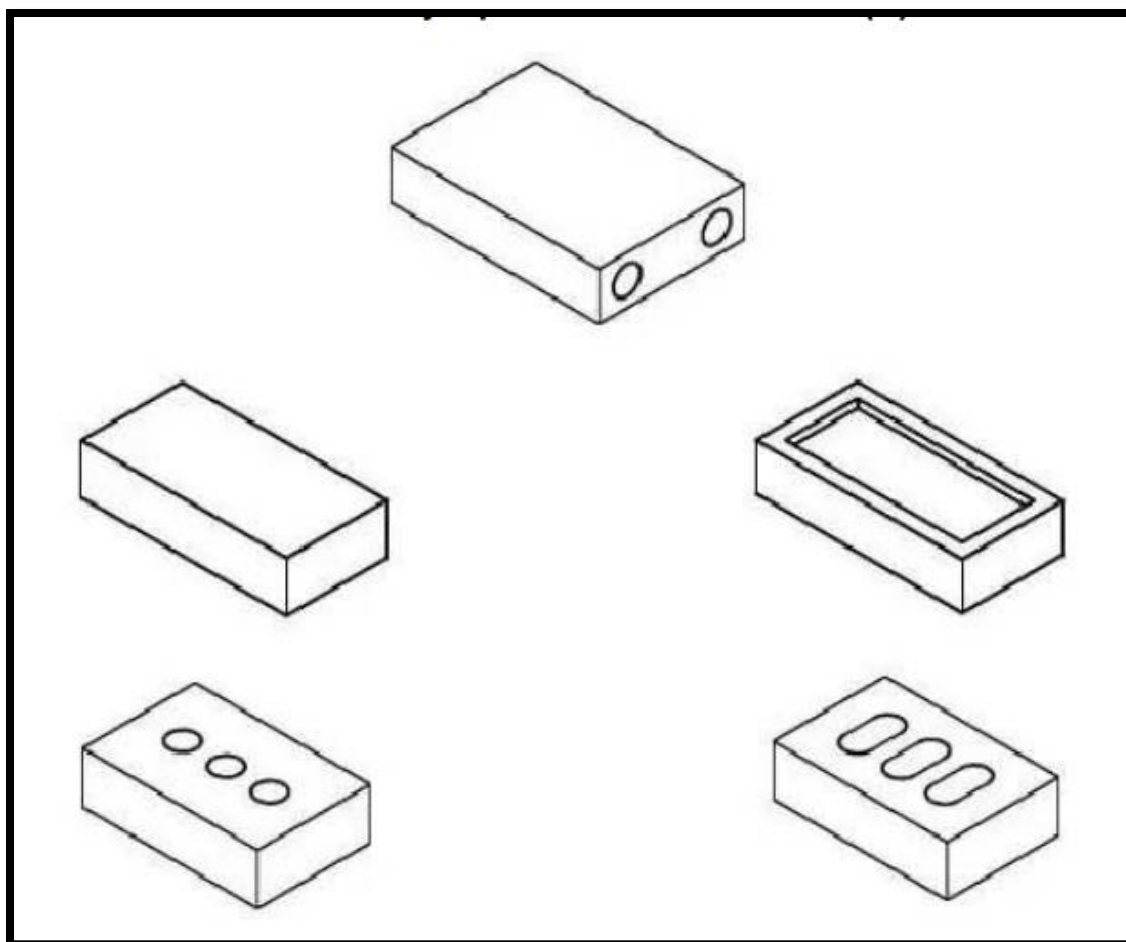
Este estándar requiere los requisitos que deben cumplir los ladrillos de arcilla que como unidades de mampostería no estructuradas, se usan en las paredes internas y un firewall no estructural o una distribución de pared exterior, que tienen un borde protector con una rosa o bufanda, carillas u otras paredes que los protegen de la acción íntima. También determina los parámetros que determinan diferentes tipos de unidades. Los requisitos para este estándar no se aplican a las paredes estructurales de firewall. Este estándar incluye ladrillos de cerámica hechos de arcilla formada y hervida. No comprenda ladrillos refractarios o hechos con materiales de silicocalcáreo (NTE INEN 3049 Parte 3, 2019).

Dispositivos fijos sin perforación. Los dispositivos macizas también se les da perforación de menos del 25% del volumen de la unidad (Servicio ecuatoriano de normalización, 2019).

La tolerancia de la cara o el borde de las unidades individuales, medidas en relación con una superficie plana o con una línea recta, no debe exceder el ± 2 % del tamaño de la cara o el borde donde se mide la distorsión. (NTE INEN 3049 Parte 3, 2019).

Ilustración 6.

Ejemplos de unidades macizas (M)



Fuente: NTE INEN 3049 (2019)

Ilustración 7.

Propiedades física de las unidades de mampostería no estructural

Tipo	Resistencia mínima a la compresión		Absorción de agua máxima en % ^{a, b}	
	MPa (kgf/cm ²)		Interior	
	Promedio 5 unidades	Unidad	Promedio 5 unidades	Unidad
PH	3,0 (30)	2,0 (20)	17	20
PV	14,0 (140)	10,0 (100)	17	20
M	14,0 (140)	10,0 (100)	17	20
Unidades livianas PH	2,0 (20)	1,5 (15)	17	20

Fuente: NTE INEN 3049 (2019)

2.2.4 Norma técnica ecuatoriana: Parte 5: unidades de mampostería no estructural. Requisitos. INEN 3049-5

Este reglamento establece los métodos de evaluación de la unidad de mampostería de cerámica. Las evaluaciones comprenden el módulo de fractura, la duración de la compresión, la absorción de agua, la relación de saturación, congelación y descongelación, drenaje, succión, masa, tamaño, alabanza, uniformidad de tamaño, área de perforación y ampliación de la humedad. Este estándar comprende ladrillos cerámicos fabricados con arcilla hervida y formada. No comprendió ladrillos refractarios o materiales de silic-calcárea. (NTE INEN 3049 Parte 5, 2019).

2.2.5 Norma técnica ecuatoriana: Áridos. Análisis granulométricos en ellos áridos, finos y gruesos. INEN 696

Este método de prueba se usa principalmente para determinar los materiales de los materiales que se utilizarán como unidades específicas o se usan como unidades para otros fines. Los resultados se utilizan para determinar la distribución granulométrica de partículas con los requisitos de las especificaciones aplicables y para proporcionar la información necesaria para controlar la producción de varios productos y mezclas comunes que contienen unidades. La información también puede ser útil en el desarrollo de relaciones para evaluar la porosidad y la colocación de partículas (NTE INEN 696, 2011).

2.2.6 Norma técnica ecuatoriana: Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino. INEN 856

Este método de prueba se utiliza para determinar la densidad de muestra promedio fino seco (sin contar la cantidad de espacios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y absorción de compilación. Dependiendo del procedimiento utilizado es la densidad (NTE INEN 856, 2010).

Expresado como: seco al horno (sh), superficialmente seco saturado (SSS) o como densidad Aparentemente. De la misma manera la densidad relativa (gravedad

especial), sin tamaño, Se expresa como SH, SSS o obviamente densidad relativa (obviamente gravedad específica) (NTE INEN 856, 2010).

La densidad SH y los brotes relativos S SH se determinan después de secar la unidad. Densidad SSS, La densidad y absorción relativa de SSS durante un período de tiempo especificado se determina después de la saturación seca en el agua específico (NTE INEN 856, 2010).

2.2.7 Norma técnica ecuatoriana: Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos. INEN 858

Este valor predeterminado determina el método de prueba para determinar la masa de la unidad (peso de volumen) Agregado, comprimido o suelto y calcule los espacios entre las partículas en los agregados: Fino, grueso o mezcla basada en la misma determinación (NTE INEN 858, 2010).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación se enmarca dentro del enfoque cuantitativo, ya que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos a través de ensayos de laboratorio. Este enfoque permite medir con precisión variables como la resistencia a la compresión y el porcentaje de absorción de agua en los ladrillos tradicionales y aquellos que incorporan diferentes proporciones de hoja de plátano. De esta manera, se busca establecer comparaciones objetivas entre las distintas muestras fabricadas, basándose en criterios técnicos y medibles que sustentan los resultados. El enfoque cuantitativo es el más adecuado, dado que se requiere evaluar de forma empírica los efectos que tiene la incorporación de la hoja de plátano en las propiedades mecánicas de los ladrillos.

3.2 Alcance de la investigación

El alcance de mi investigación es descriptivo y comparativo y en realidad no es tan complicado como suena. Es descriptivo porque me dediqué a detallar, una por una las características mecánicas de todos los ladrillos: los tradicionales y los que hicimos con las distintas proporciones de hojas de plátano. Vimos su resistencia y qué tan buena era su capacidad de absorción de agua. Y es comparativo porque el objetivo era poner todas las muestras una al lado de la otra para ver cuál porcentaje de hojas nos daba los mejores resultados técnicos. La verdad, hacer las tablas y ver cómo cambiaban los números de un ladrillo a otro fue lo más revelador. Este tipo de estudio me permitió tener un panorama claro del material, sin necesidad de meterme en explicaciones de causa y efecto sino simplemente mostrando las diferencias de desempeño.

3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

Para el desarrollo de la investigación, se aplicó una metodología experimental, mediante la cual se elaboraron ladrillos con y sin incorporación de hojas de plátano. A continuación, se detalla el procedimiento seguido:

3.3.1 Obtención de las hojas de plátano

Las hojas de plátano fueron recolectadas de manera manual en una finca agrícola ubicada en la parroquia Pimocha, provincia de Los Ríos. Donde las familias viven principalmente del cultivo de plátano y arroz. Al llegar al sitio se pudo observar que en las plantaciones había una gran cantidad de hojas de plátano ya desprendidas acumuladas en el suelo. No hubo inconvenientes para recolectarlas, ya que estas hojas suelen ser consideradas desechos debido a que con el tiempo se deterioran por la exposición al ambiente. Para la investigación se seleccionaron únicamente hojas secas, caídas de forma natural, lo que permitió evitar cualquier afectación a la producción y asegurar que el material estuviera libre de humedad reciente.

Ilustración 8.

Recolección de hojas de plátano



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 9.

Recolección de hojas de plátano



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 10.

Recolección de hojas de plátano



Elaborado por: Avila (2025)

3.3.2 Secado de las hojas de plátano

Para el proceso de secado, se trabajó con dos tipos de hojas recolectadas: las hojas verdes caídas recientemente y otras que ya estaban completamente secas en la finca. Las hojas verdes fueron secadas de forma natural, durante un periodo de aproximadamente 5 a 7 días, en un ambiente expuesto a luz solar directa, hasta asegurarse de que perdieran totalmente su humedad. Por otro lado, las hojas secas también pasaron por un proceso adicional de secado en horno eléctrico a una

temperatura constante de 50 °C durante 6 horas. Esto permitió eliminar cualquier impureza biológica o humedad residual antes de incorporarlas a la mezcla para la fabricación de los ladrillos.

Ilustración 11.

Hojas de plátano expuesta al sol



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 12.

Antes y después del secado



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 13.

Colocación de las hojas en un horno industrial



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 14.

Proceso de secado en el horno industrial



Elaborado por: Avila (2025)

3.3.3 Triturado de las hojas de plátano

Una vez finalizado el proceso de secado, se procedió al triturado de las hojas de plátano. Este paso se realizó de forma manual, utilizando las manos y herramientas básicas, hasta obtener fragmentos pequeños y uniformes. El objetivo fue facilitar su incorporación homogénea en la mezcla con la arcilla, asegurando una buena distribución del material orgánico dentro del ladrillo.

Ilustración 15.

Trituración manual de hojas de plátano



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 16.

Hojas de plátano triturada



Elaborado por: Avila (2025)

3.3.4 Obtención de la arcilla

La arcilla utilizada para la fabricación de los ladrillos fue adquirida en el local de jardinería Rancho Alegre, ubicado en la provincia del Guayas, cantón Guayaquil. En este lugar se comercializa arcilla en sacos, y cada uno tiene un peso aproximado de 25 kilogramos.

Ilustración 17.

Obtención de la arcilla



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 18.

Saco de arcilla



Elaborado por: Avila (2025)

3.3.5 Ensayo granulométrico

El objetivo de este ensayo fue conocer la distribución de tamaños de partículas de la arcilla utilizada en la elaboración de los ladrillos, con el fin de evaluar su textura, composición y comportamiento dentro de la mezcla. Para esto, se realizó una granulometría por tamizado en seco, siguiendo lo establecido por la norma NTE INEN 696.

Ilustración 19.

Muestra usada para la granulometría



Elaborado por: Avila (2025)

Primero, se seleccionó una muestra representativa de la arcilla adquirida en sacos. Esta fue secada al aire para eliminar humedad superficial y luego desmenuzada manualmente, garantizando que no haya grumos que afecten el tamizado. Posteriormente, la muestra fue pesada, obteniéndose un total de 1,224 kg.

Ilustración 20.

Columna de tamices



Elaborado por: Avila (2025)

Se preparó una columna de tamices con aberturas estándar, en orden descendente: $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200, y al final el recipiente colector. Esta torre fue colocada en una zaranda mecánica, donde se agitó la muestra durante aproximadamente 10 minutos.

Este ensayo permitió determinar que la mayor parte de la arcilla está compuesta por partículas finas lo cual es característico de los suelos arcillosos. Estos resultados son útiles para entender la trabajabilidad de la mezcla su capacidad de compactación y cómo se comportará al combinarse con las hojas de plátano.

3.3.6 Gravedad específica

Este ensayo tuvo como objetivo determinar la gravedad específica de la arcilla utilizada para la elaboración de los ladrillos. Este parámetro es fundamental para conocer la relación entre el peso del sólido y el volumen que ocupa, lo que influye directamente en el cálculo de la densidad, diseño de mezcla y comportamiento del material dentro de la matriz del ladrillo.

Ilustración 21.

Muestra de arcilla sumergida en agua



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 22.

Muestra secando en el horno



Elaborado por: Avila (2025)

La prueba se realizó en el laboratorio aplicando el método del frasco de Chapman. Para ello se utilizó una muestra representativa de arcilla previamente secada al aire y tamizada.

Se realizaron las siguientes mediciones, utilizando una balanza de precisión y un frasco volumétrico con agua destilada:

- Se secó la muestra en horno y se pesó en estado seco.
- Se colocó la muestra en una probeta volumétrico y se completó con agua hasta una marca establecida.
- Se midió el volumen desplazado por el sólido para calcular el volumen real de los granos de arcilla.

Ilustración 23.

Peso de la probeta antes de colocar la arcilla



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 24.

Peso de la probeta después de colocar la arcilla



Elaborado por: Avila (2025)

Los valores obtenidos permiten conocer las características internas del material. El valor G_{ss} (2,155) indica una densidad normal en relación con su estructura sólida, mientras que la gravedad aparente (2,514) considera también los espacios vacíos dentro de las partículas. El porcentaje de absorción elevado (12,36%) confirma que la arcilla tiene una alta capacidad de retención de agua, por lo que será importante controlar cuidadosamente la cantidad de agua en la mezcla para evitar excesos que afecten el secado o la resistencia final del ladrillo.

3.3.7 **Peso volumétrico suelto y varillado**

El ensayo de peso volumétrico tuvo como finalidad determinar la densidad aparente de la arcilla en estado suelto y compactado, lo cual permite conocer el comportamiento del material durante el almacenaje, manipulación y compactación dentro del molde para la elaboración de los ladrillos.

Se realizaron tres muestras para cada tipo de ensayo suelto y varillado con el objetivo de obtener un valor promedio más preciso. El procedimiento se llevó a cabo en el laboratorio utilizando un recipiente cilíndrico de volumen conocido y una balanza electrónica para el pesaje.

Se vertió la arcilla seca directamente en el recipiente sin aplicar ningún tipo de compactación ni vibración, llenándolo completamente hasta el borde. Luego, se alisó la superficie con una regla metálica y se procedió a pesarlo.

Ilustración 25.

Peso suelto de la arcilla



Elaborado por: Avila (2025)

En este caso, la arcilla fue vertida en dos capas, y en cada una se aplicaron 25 golpes con una varilla metálica para lograr una compactación uniforme. Además, se utilizaron golpes suaves con un martillo de goma en el exterior del recipiente, con el fin de asentar mejor la arcilla y simular el comportamiento de compactación al momento del moldeado real de los ladrillos. Se repitió el procedimiento tres veces y se calculó el promedio.

Ilustración 26.

Peso varillado de la arcilla



Elaborado por: Avila (2025)

La diferencia entre el valor suelto y varillado demuestra cómo la compactación influye directamente en la densidad del material. Este dato fue clave para el diseño de la mezcla especialmente para definir el comportamiento de la arcilla dentro del molde y calcular cuánta masa era necesaria por cada lote de ladrillos.

Ilustración 27.

Compactación de la arcilla en el molde



Elaborado por: Avila (2025)

3.3.8 Elaboración del ladrillo

Los ladrillos tradicionales se utilizan comúnmente en la construcción de mampostería y se los denomina elementos modulares debido a que su forma y dimensiones responden a medidas preestablecidas según las normativas ecuatorianas vigentes, como la NTE INEN 3049. En este proyecto, para la elaboración de los mampuestos se empleó arcilla como componente base, y se incorporó hojas de plátano como agregado experimental con el fin de evaluar su influencia en las propiedades mecánicas del ladrillo.

3.3.9 Dimensiones del ladrillo

Se utilizó un molde de madera con dimensiones de 23x11x5 cm para tres ladrillos, el cual permitió obtener ladrillos estandarizados, con base en las dimensiones estipulado por normativas ecuatoriana vigentes NTE INEN 3049.

Tabla 1.

Dimensiones del ladrillo

Ladrillos	L (m)	A (m)	H (m)	Volumen (m3)
	0,23	0,11	0,05	0,001265

Elaborado por: Avila (2025)

3.3.10 Elaboración del ladrillo tradicional

Para poder definir las cantidades correctas de arcilla que usaron en los ladrillos tradicionales, tocó hacer un montón de pruebas de moldeado al inicio. La idea era ver la consistencia de la mezcla a veces nos quedaba muy aguada, a veces se nos desmoronaba, fue un proceso de prueba y error hasta que por fin le atinamos a la proporción. Una vez que la tuvimos, preparamos un lote de 9 ladrillos usando solo arcilla, sin ningún tipo de aditivo. Se hizo con un objetivo muy claro que esos ladrillos sirvieran como nuestra base de referencia el "ladrillo tradicional", para después poder compararlos con todos los que íbamos a hacer con las hojas de plátano.

Para definir las cantidades adecuadas en la elaboración del ladrillo tradicional, se partió de una dosificación determinada de forma experimental, mediante pruebas iniciales de moldeado y evaluación de la consistencia de la mezcla. Se preparó un

lote de 9 ladrillos utilizando únicamente arcilla como materia prima, sin ningún tipo de aditivo, con el objetivo de establecer una base de referencia que sirviera luego para comparar con los ladrillos que incorporarían hojas de plátano.

Tabla 2.

Dosificación para el ladrillo tradicional

Materiales	Diseño 4	
	Cantidades (Kg)	%
Agua	3	
Arcilla	17,400	100,0%
Hojas de Plátano	0,000	0,0%

Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 28.

Peso de la arcilla para el diseño 4



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 29.

Peso de la arcilla para el diseño 4



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 30.

Peso del agua para el diseño 4



Elaborado por: Avila (2025)

Para asegurar una correcta compactación, cada ladrillo se elaboró en dos capas, aplicando 25 varilladas por capa con una varilla metálica. Además, se utilizó un martillo de goma para golpear suavemente el molde por los costados, evitando que la mezcla se pegara a las paredes del mismo. Finalmente, se niveló la superficie con una placa metálica, obteniendo ladrillos uniformes y sin deformaciones.

Ilustración 31.

Colocación de la arcilla en los moldes



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 32.

Compactación de la arcilla en los moldes con una placa metálica



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 33.

Arcilla colocada en los moldes



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 34.

Ladrillos secando al sol



Elaborado por: Avila (2025)

Este procedimiento permitió garantizar una extracción limpia del molde y una forma estable desde el primer secado. La dosificación obtenida en esta etapa se utilizó como base para las muestras experimentales con hojas de plátano, en las cuales solo se varió el porcentaje de incorporación del material orgánico.

3.3.11 Elaboración del ladrillo que incorpora hojas de plátanos

Luego de elaborar los ladrillos tradicionales, se procedió a fabricar las muestras experimentales incorporando hojas de plátano. La normativa NTE INEN 3049 no establece proporciones específicas para la adición de materiales orgánicos como aditivos. Por esta razón, se tomó como referencia la tesis de Cevallos Sánchez y Mero Chávez (2022), en la que se emplearon porcentajes de 1,7 %, 3,3 % y 5 % de bagazo de caña de azúcar. Basado en esa experiencia previa, para esta investigación se definieron tres niveles de dosificación de hojas de plátano: 1,5 %, 3 % y 5 % respecto al peso total de la mezcla.

Tabla 3.

Dosificaciones para la elaboración de los ladrillos

Tabla de Dosificación					
Diseño	Cantidad de ladrillos	Arcilla (Kg)	Hojas de plátano (kg)	Agua (Kg)	Total (Kg)
Tradicional	9	17,4	0	3	29,4
Diseño 1	9	17,139	0,261	3,5	29,9
Diseño 2	9	16,878	0,522	4	30,4
Diseño 3	9	16,530	0,870	6	32,4

Elaborado por: Avila (2025)

En este primer diseño se utilizaron 17,139 kg de arcilla y 0,261 kg de hojas de plátano trituradas. La mezcla se elaboró con 3 litros de agua aunque fue necesario hacer ajustes, ya que la incorporación de las hojas de plátano triturado modificó la consistencia original. El agua se incrementó ligeramente para alcanzar una textura plástica adecuada.

Tabla 4.

Dosificación del ladrillo tradicional con incorporación de hojas de plátano en 1,5%

Diseño 1		
Materiales	Cantidades (Kg)	%
Agua	3,5	
Arcilla	17,139	98,5%
Hojas de Plátano	0,261	1,5%

Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 35.

Peso de la arcilla para el diseño 1



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 36.

Peso de la arcilla para el diseño 1



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 37.

Peso de la hoja de plátano para el diseño 1



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 38.

Peso del agua para el diseño 1



Elaborado por: Avila (2025)

Previo al vaciado se humedeció el interior del molde con abundante agua esto con el fin de evitar que la mezcla se adhiera a las paredes metálicas y facilitar el desmoldeo posterior. La mezcla se colocó dentro del molde en dos capas. Luego de llenar parcialmente la primera capa se utilizó una varilla metálica para realizar 25 golpes de varillado distribuidos uniformemente, lo cual permitió eliminar los vacíos de aire y asegurar una compactación adecuada. Posteriormente, se colocó la segunda capa de mezcla y se repitió el proceso de varillado.

Finalizado el llenado, se usó un martillo de goma para dar ligeros golpes en los costados y base del molde, lo que ayudó a asentar la mezcla de forma uniforme y evitar burbujas de aire. Finalmente, con una placa metálica plana se niveló la parte superior del ladrillo, retirando el exceso de material y dejando una superficie lisa. Luego de completar el moldeado, los ladrillos fueron retirados cuidadosamente del molde y colocados sobre una superficie plana para su secado inicial.

Ilustración 39.

Arcilla colocada en los moldes del diseño 1



Elaborado por: Avila (2025)

En este segundo diseño se emplearon 16,878 kg de arcilla y 0,522 kg de hojas de plátano, manteniendo la masa total de 17,4 kg. La mezcla requirió 4 litros de agua, debido a que el incremento de fibra vegetal disminuye la humedad libre en la mezcla, haciendo necesario ajustar el contenido de agua para lograr la consistencia deseada.

Tabla 5.

Dosificación del ladrillo tradicional con incorporación de hojas de plátano en 3%

Diseño 2		
Materiales	Cantidades (Kg)	%
Agua	4	
Arcilla	16,878	97,0%
Hojas de Plátano	0,522	3,0%

Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 40.

Peso de la arcilla para el diseño 2



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 41.

Peso de la arcilla para el diseño 2



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 42.

Peso de las hojas de plátano para el diseño 2



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 43.

Peso del agua para el diseño 2



Elaborado por: Avila (2025)

Previo al vaciado se humedeció el interior del molde con abundante agua esto con el fin de evitar que la mezcla se adhiriera a las paredes metálicas y facilitar el desmoldeo posterior. La mezcla se colocó dentro del molde en dos capas. Luego de llenar parcialmente la primera capa, se utilizó una varilla metálica para realizar 25 golpes de varillado distribuidos uniformemente, lo cual permitió eliminar los vacíos de aire y asegurar una compactación adecuada. Posteriormente, se colocó la segunda capa de mezcla y se repitió el proceso de varillado.

Una vez que llenábamos el molde, se usó un martillo de goma para darle unos golpes suaves por los lados y la base. Esto era súper importante, porque ayudaba a que la mezcla se asentara y no se formaran burbujas de aire. Después, con una placa de metal bien plana, nivelábamos la parte de arriba, quitando el material que sobraba para que la superficie del ladrillo quedara lo más lisa posible. Pero la parte más estresante de todo el proceso era cuando tocaba sacar los ladrillos del molde; si no los quitabas con mucho cuidado, se podían romper muy fácil ya solo teníamos que colocarlos sobre una superficie plana para que comenzaran a secarse.

Ilustración 44.

Mezcla de la arcilla con las hojas de plátano



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 45.

Mezcla de la arcilla con las hojas de plátano



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 46.

Molde sumergido en agua



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 47.

Ladrillos del diseño 2 secando al sol



Elaborado por: Avila (2025)

En el diseño con mayor proporción de hojas de plátano se utilizaron 16,530 kg de arcilla y 0,870 kg de hojas trituradas. Este diseño requirió 5 litros de agua para conseguir una mezcla trabajable. Al igual que en los diseños anteriores se prepararon 9 ladrillos por lote.

Tabla 6.

Dosificación del ladrillo tradicional con incorporación de hojas de plátano en 5%

Diseño 3		
Materiales	Cantidades (Kg)	%
Agua	6	
Arcilla	16,530	95,0%
Hojas de Plátano	0,870	5,0%

Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 48.

Peso de la arcilla para el diseño 3



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 49.

Peso de la arcilla para el diseño 3



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 50.

Peso de la hoja de plátano para el diseño 3



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 51.

Peso de la hoja de plátano para el diseño 3



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 52.

Peso del agua para el diseño 3



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 53.

Peso del agua para el diseño 3



Elaborado por: Avila (2025)

Previo al vaciado se humedeció el interior del molde con abundante agua esto con el fin de evitar que la mezcla se adhiriera a las paredes metálicas y facilitar el desmoldeo posterior. La mezcla se colocó dentro del molde en dos capas. Luego de llenar parcialmente la primera capa, se utilizó una varilla metálica para realizar 25 golpes de varillado distribuidos uniformemente, lo cual permitió eliminar los vacíos de aire y asegurar una compactación adecuada. Posteriormente, se colocó la segunda capa de mezcla y se repitió el proceso de varillado.

Finalizado el llenado, se usó un martillo de goma para dar ligeros golpes en los costados y base del molde, lo que ayudó a asentar la mezcla de forma uniforme y evitar burbujas de aire. Finalmente, con una placa metálica plana se niveló la parte superior del ladrillo, retirando el exceso de material y dejando una superficie lisa. Luego de completar el moldeado, los ladrillos fueron retirados cuidadosamente del molde y colocados sobre una superficie plana para su secado inicial.

Ilustración 54.

Mezcla de la arcilla, hojas de plátano y agua



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 55.

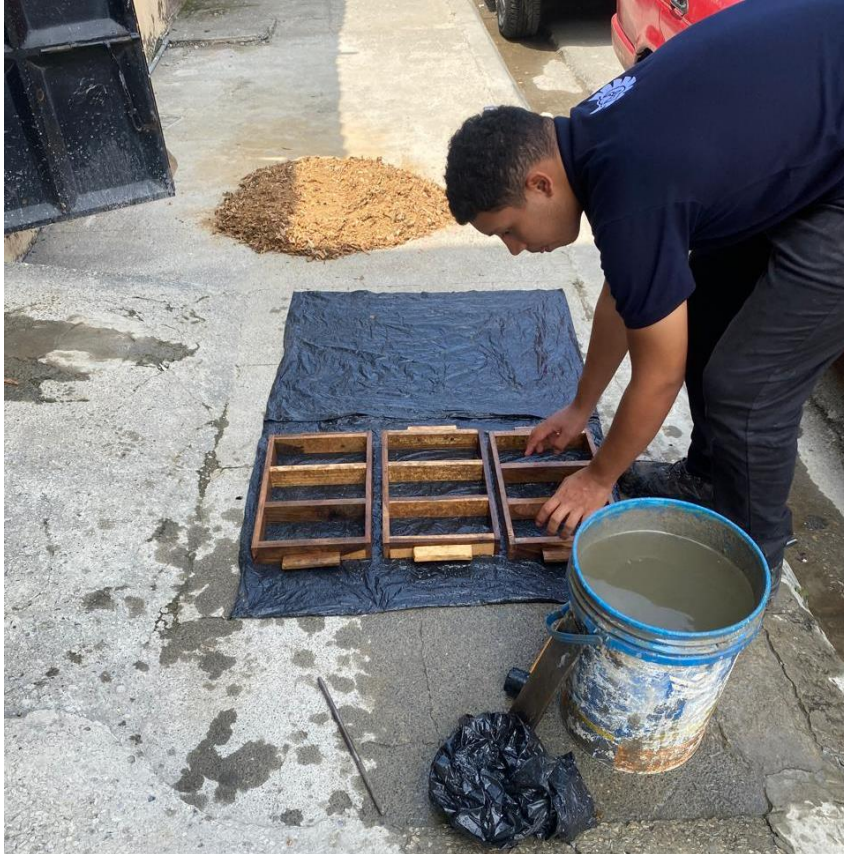
Mezcla de la arcilla y la hoja



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 56.

Preparación de los moldes



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 57.

Ladrillos diseño 3 secado al sol



Elaborado por: Avila (2025)

3.3.12 Secado

Una vez moldeados los ladrillos se los dejó secar al aire libre durante un período aproximado de 48 horas expuestos a la luz solar directa. Durante este tiempo los ladrillos fueron girados periódicamente de lado a lado para asegurar un secado uniforme en toda su superficie. Este paso es fundamental, ya que los ladrillos no deben contener humedad excesiva antes de ser sometidos a la cocción con el fin de evitar agrietamientos o fracturas durante el proceso térmico.

Ilustración 58.

Ladrillo tradicional



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 59.

Ladrillo tradicional diseño 1



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 60.

Ladrillo tradicional diseño 2



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 61.

Ladrillo tradicional diseño 3



Elaborado por: Avila (2025)

3.3.13 Cocción

Para el proceso de cocción, los ladrillos fueron trasladados a una fábrica artesanal ubicada en el cantón Daule, provincia del Guayas. Donde se elaboran ladrillos tradicionales. La cocción se realizó en un horno artesanal de gran capacidad que alcanza altas temperaturas necesarias para endurecer la mezcla. El proceso duró aproximadamente 24 horas. Posteriormente, se esperó un periodo de enfriamiento natural de tres días con el fin de evitar fisuras o daños estructurales provocados por cambios bruscos de temperatura.

Ilustración 62.

Ladrillo puesto a cocción



Elaborado por: Avila (2025)

3.4 Población y muestra

3.4.1 Muestra

En mi caso que fue un estudio más cualitativo, el muestreo no es para que la muestra sea super representativa de todos los ladrillos que existen, sino para poder profundizar en los que nos interesan. Por ejemplo, para mi tesis la población eran los ladrillos y mi muestreo fue elegir esas tres proporciones de hojas de plátano en

específico. No las escogimos al azar las seleccionamos así porque queríamos ver qué pasaba con esas cantidades.

La muestra está conformada por 72 unidades de ladrillos divididas en cuatro grupos experimentales:

- Un grupo de control con ladrillos sin incorporación de hojas de plátano (0%).
- Tres grupos experimentales con incorporación de hojas de plátano en proporciones de 1.5%, 3% y 5% en peso respecto al total de arcilla.

Cada grupo estará conformado por 18 ladrillos, distribuidos de la siguiente manera:

- 9 ladrillos para el ensayo de resistencia a la compresión.
- 9 ladrillos para el ensayo de porcentaje de absorción de agua.

Se hizo así porque era la única manera de poder controlar bien el experimento y evaluar con precisión el comportamiento de cada ladrillo, según el porcentaje de hojas de plátano que se puso. En este tipo de decisión es clave para que los resultados no se presten a confusiones. Nos permite ver claramente si el cambio en la cantidad de material orgánico realmente afecta el desempeño del ladrillo.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA O INFORME

4.1 Presentación y análisis de resultados

Este capítulo muestra los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en una variedad de muestras de ladrillo tradicionales y las que contienen hojas de plátano porcentan 1.5%, 3% y 5%. Los datos se analizan y se comparan con los valores de referencia establecidos en NTE INEN 3049.

4.2 Ensayo de la caracterización de la arcilla

Los resultados de las investigaciones de laboratorio facilitaron la identificación de las características físicas principales de la arcilla, empleada como material para la elaboración de ladrillos, analizando su granulometría, peso volumétrico y gravedad específica.

4.2.1 Ensayo granulométrico

El objetivo de este ensayo fue conocer la distribución de tamaños de partículas de la arcilla utilizada en la elaboración de los ladrillos, con el fin de evaluar su textura, composición y comportamiento dentro de la mezcla. Para esto, se realizó una granulometría por tamizado en seco, siguiendo lo establecido por la norma NTE INEN 696.

Tabla 7.

Tabla Granulometría

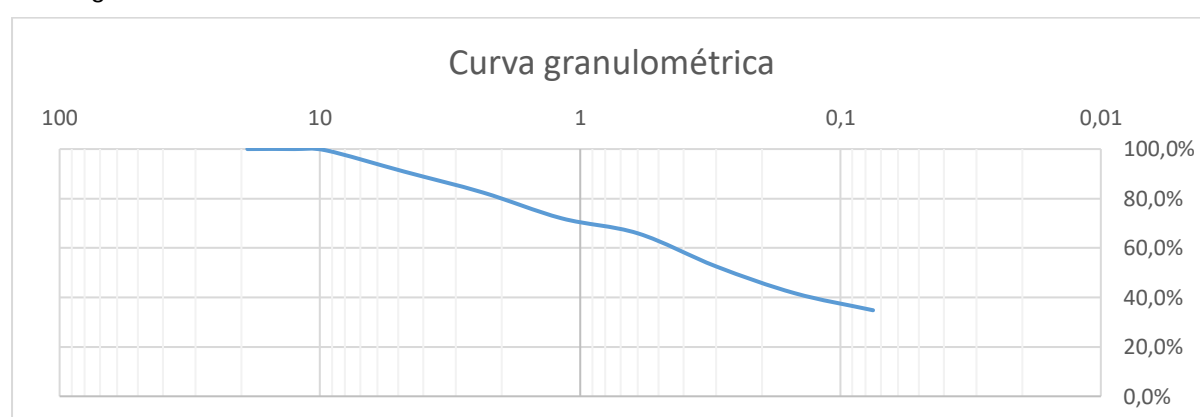
Ensayo de Granulometría de la Arcilla				
Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (Gr)	% Retenido	% Que Pasa
3/4"	19	0	0,0%	100,0%
1/2"	12,5	0	0,0%	100,0%
3/8"	9,5	6	0,5%	99,5%
No. 4	4,75	111	9,1%	90,9%
No. 8	2,36	215	17,6%	82,4%
No. 16	1,18	343	28,0%	72,0%
No. 30	0,6	417	34,1%	65,9%
No. 50	0,3	581	47,5%	52,5%
No. 100	0,15	714	58,3%	41,7%
No. 200	0,075	798	65,2%	34,8%
Pasa #200		426	34,8%	
Total		1224	100,0%	

Elaborado por: Avila (2025)

La distribución granulométrica de arcilla muestra altas concentraciones de partículas finas. El porcentaje de material transferido por un tamiz # 200 (0.075 mm) es del 34.8%. La proporción de esta gran sutileza es un rasgo característico de la arcilla y es importante para sus propiedades plásticas y aglomeración, lo cual es importante en la fabricación de ladrillos. La granulometría fina promueve una superficie específica de material más grande que afecta la demanda de agua y el mal uso de la mezcla.

Ilustración 63.

Curva granulométrica



Elaborado por: Avila (2025)

4.2.2 Ensayo de peso volumétrico

Los valores específicos para el peso volumétrico suelto (1457, 1459, 1465 Kg/m³) y varillado (1504, 1486, 1502 Kg/m³) se asemejan bastante a sus similares promedios de 1460 Kg/m³ y 1497 Kg/m³. Esta cercanía entre las mediciones insinúa una elevada uniformidad y repetición de los ensayos, lo que señala una adecuada implementación del procedimiento.

Tabla 8.

Ensayo de peso volumétrico suelto

Resultados del Peso Volumétrico Suelto y Varillado				
Peso Volumétrico Suelto				
Muestra	Peso (Kg)	Volumen (m ³)	Peso Volumétrico Suelto (Kg/m ³)	Promedio
1	1,45	0,001	1457	1460
2	1,46	0,001	1459	
3	1,47	0,001	1465	

Elaborado por: Avila (2025)

El procedimiento de varillado consiste en emplear energía para consolidar las partículas, disminuyendo el número de espacios vacíos entre ellas y consiguiendo un empaquetado más compacto, lo que resulta en una mayor masa unitaria. El peso volumétrico varillado (1497 Kg/m³) suele ser superior al peso volumétrico en sueldo (1460 Kg/m³). Esta variación de 37 Kg/m³ es una señal visible de la capacidad de compactación del material.

Tabla 9.

Ensayo de peso volumétrico varillado

Peso Volumétrico Varillado				
Muestra	Peso (Kg)	Volumen (m³)	Peso Volumétrico Suelto (Kg/m³)	Promedio
1	1,5	0,001	1504	1497
2	1,49	0,001	1486	
3	1,5	0,001	1502	

Elaborado por: Avila (2025)

4.2.3 Ensayo de gravedad específica

La gravedad de masa específica (Gm), se seca en el horno (SH) simboliza la correlación entre la masa de un volumen específico de material seco en el horno y la masa de un volumen equivalente de agua a una temperatura determinada. El coeficiente de gravedad específica S.S.S (Gsss) representa la proporción entre la masa de un volumen de material saturado superficialmente seco y la masa de un volumen equivalente de agua. La gravedad aparente específica (Ga) simboliza la proporción entre la masa del material sólido seco que se encuentra en el horno y la masa de un volumen equivalente de agua. El porcentaje de absorción mide la capacidad del material para absorber agua en sus poros permeables, manifestándose como un porcentaje de su masa seca al horno.

Tabla 10.

Ensayo de gravedad específica

Gravedad Específica	
Parámetro	Resultado (gr/cm³)
Gravedad específica de masa (Gm)	1,918
Gravedad específica s.s.s (Gsss)	2,155
Gravedad específica aparente (Ga)	2,514
% de absorción	12,36%

Elaborado por: Avila (2025)

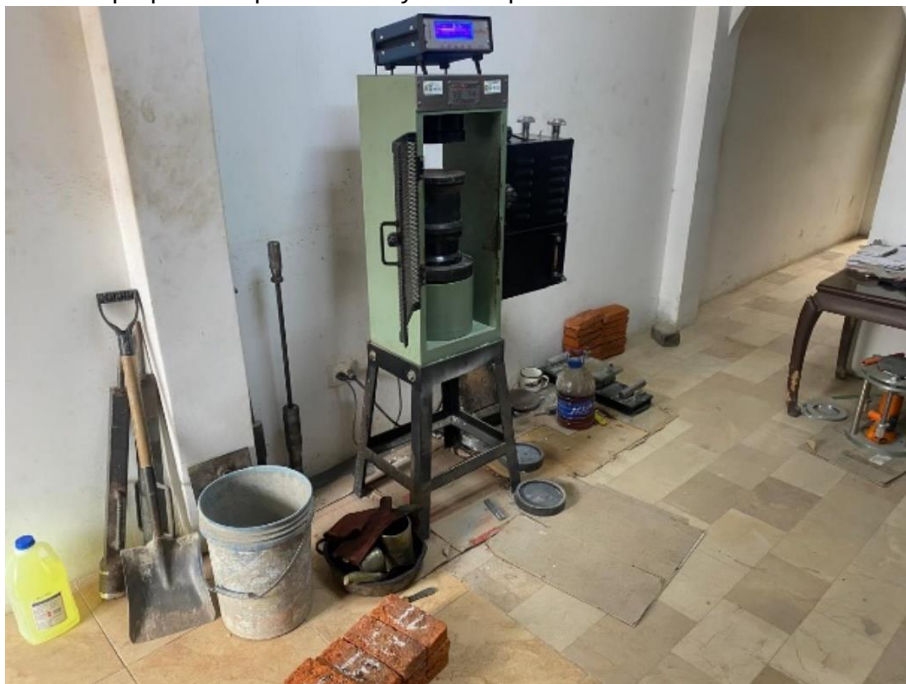
La relación evidenciada $G_a (2,514) > G_{sss} (2,155) > G_m (1,918)$ se ajusta a las evaluaciones teóricas, lo que señala que la densidad aparente se limita al volumen sólido, la G_{sss} abarca los poros permeables llenos de agua, y la G_m considera todos los poros como parte del volumen de la partícula en estado seco. Estos valores son esenciales para que la mezcla de los ladrillos quede bien. Nos ayudaron a pasar los pesos de los materiales a los volúmenes reales que ocupan. Al principio no le di tanta importancia a esos cálculos, pero me di cuenta de que, si no los hacíamos bien, la mezcla podía quedar mal y los ladrillos se nos hubieran echado a perder. Por eso, entender esos datos es la base de todo.

4.3 Ensayo a compresión

La prueba de compresión es uno de los ensayos más esenciales para determinar la resistencia de un ladrillo cuando se somete a cargas. En este ensayo, el ladrillo se sitúa en una máquina específica que ejerce presión de manera progresiva hasta que se fractura. Esto se consigue la máxima resistencia que puede resistir antes de fracasar. En mi caso, se hicieron pruebas tanto a ladrillos tradicionales como a los que llevan hojas de plátano, para comparar si la incorporación de las hojas de plátano afecta o mejora su resistencia.

Ilustración 64.

Ladrillos preparados para el ensayo a compresión



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 65.

Colocación del ladrillo a la máquina para medir su resistencia



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 66.

Ladrillo sometido al ensayo a compresión



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 67.

Ladrillo después de ser sometido al ensayo a compresión



Elaborado por: Avila (2025)

4.3.1 Ensayo a compresión del diseño 1

De todos los diseños que se hizo, el del 1.5% fue el que mejor funcionó, Ya a los 7 días se notaba la diferencia en la resistencia con un promedio de 1.75 MPa que superaba al resto de las muestras.

Tabla 11.

Resistencia del diseño 1 a los 7 días

Rotura a los 7 días			
Diseño	kN	Mpa	Promedio
Diseño 1	38,9	1,54	1,75
	43,5	1,72	
	50,2	1,98	

Elaborado por: Avila (2025)

Después a los 14 días la resistencia siguió subiendo a 2,02 MPa, y ahí supimos que la mezcla se estaba compactando bien y que las hojas de plátano sí estaban haciendo su trabajo.

Tabla 12.

Resistencia del diseño 1 a los 14 días

Rotura a los 14 días			
Diseño	kN	Mpa	Promedio
Diseño 1	51	2,02	2,02
	51,6	2,04	
	51	2,02	

Elaborado por: Avila (2025)

cuando se observó el resultado final a los 28 días que alcanzó los 2,02 MPa, el valor se mantuvo igual a los 14 días. Se pudo observar que fue una gran satisfacción confirmar que el 1.5% de hojas era la dosificación más efectiva, porque desde el principio nos dio buenos resultados.

Tabla 13.

Resistencia del diseño 1 a los 28 días

Rotura a los 28 días			
Diseño	kN	Mpa	Promedio
Diseño 1	53,5	2,11	2,02
	48,1	1,90	
	51,8	2,05	

Elaborado por: Avila (2025)

4.3.2 Ensayo a compresión del diseño 2

Con este diseño, los resultados estuvieron bien, aunque la verdad, no fueron tan altos como esperaba. A los 7 días la resistencia promedio fue de 1.69 MPa un valor aceptable, pero quedó por debajo del ladrillo tradicional.

Tabla 14.

Resistencia del diseño 2 a los 7 días

Rotura a los 7 días			
Diseño	kN	Mpa	Promedio
Diseño 2	45,2	1,79	1,69
	44,3	1,75	
	39	1,54	

Elaborado por: Avila (2025)

Con los días se notó que el ladrillo fue perdiendo firmeza a los 14 días llegó a 1.62 MPa. Se observó que fue perdiendo resistencia a los 14 días en diferencia de los 7 días que obtuvo un valor de 1,69 MPa. Ya que se observó que con el contenido de las hojas de plátano va perdiendo resistencia.

Tabla 15.

Resistencia del diseño 2 a los 14 días

Rotura a los 14 días			
Diseño	kN	Mpa	Promedio
Diseño 2	41,4	1,64	1,62
	43,9	1,74	
	37,8	1,49	

Elaborado por: Avila (2025)

Finalmente, a los 28 días alcanzó 1,91 MPa. Este valor fue distinto al de los 14 días ya que aumento su valor. Se puede decir que este porcentaje de hojas no ayudó un poco, pero no hizo una gran diferencia en el desempeño. A pesar de todo, se vio que la mezcla no fue muy estable y no tuvimos problemas de rotura irregular.

Tabla 16.

Resistencia del diseño 2 a los 28 días

Rotura a los 28 días			
Diseño	kN	Mpa	Promedio
Diseño 2	43,6	1,72	1,91
	53,4	2,11	
	47,6	1,88	

Elaborado por: Avila (2025)

4.3.3 Ensayo a compresión del diseño 3

Con este diseño de 5%, los resultados fueron los más bajos de todos. Sinceramente, fue una desilusión. A los 7 días la resistencia promedio apenas llegó a 1,58 MPa, un valor que estaba muy por debajo del resto de los diseños.

Tabla 17.

Resistencia del diseño 3 a los 7 días

Rotura a los 7 días			
Diseño	kN	Mpa	Promedio
Diseño 3	41,2	1,63	1,58

41,7	1,65
37,3	1,47

Elaborado por: Avila (2025)

Esa tendencia siguió a los 14 días subió a 1,59 MPa, aunque aumento un poco a los 7 días, pero no fue una mayor resistencia al anterior se observó que una cantidad tan alta de hojas de plátano afectaba mucho la mezcla.

Tabla 18.

Resistencia del diseño 3 a los 14 días

Rotura a los 14 días			
Diseño	kN	Mpa	Promedio
Diseño 3	39,7	1,57	1,59
	39,3	1,55	
	41,8	1,65	

Elaborado por: Avila (2025)

Y a los 28 días terminó en 1.81 MPa. Se observo que aumento un poco a los 14 días pero no fue mucho el valor. Era como si el material orgánico no dejara que todo se uniera bien, comprometiendo la firmeza del ladrillo. Con esto, confirmamos que más no siempre es mejor, y que un exceso de este aditivo es contraproducente para la resistencia final.

Tabla 19.

Resistencia del diseño 3 a los 28 días

Rotura a los 28 días			
Diseño	kN	Mpa	Promedio
Diseño 3	47,5	1,88	1,81
	43,2	1,71	
	47	1,86	

Elaborado por: Avila (2025)

4.3.4 Ensayo a compresión del diseño 4

Este diseño 4 que es el ladrillo tradicional sirvió como nuestra base de comparación. Su comportamiento fue justo el que esperábamos, ya que a los 7 días alcanzó 1.92 MPa, un valor normal para este tipo de material.

Tabla 20.

Resistencia del diseño 4 a los 7 días

Rotura a los 7 días			
Diseño	kN	Mpa	Promedio
Diseño 4	50,2	1,98	1,92
	50,3	1,99	
	44,9	1,77	

Elaborado por: Avila (2025)

Después, a los 14 días subió a 2,47 MPa. La verdad, era de esperarse, porque como no tenía ningún agregado, se mantuvo en los valores que ya conocíamos por la teoría y por la práctica. Con esto tomamos referencias para comparar las resistencias con los otros diseños.

Tabla 21.

Resistencia del diseño 4 a los 14 días

Rotura a los 14 días			
Diseño	kN	Mpa	Promedio
Diseño 4	59,7	2,36	2,47
	61,5	2,43	
	66,5	2,63	

Elaborado por: Avila (2025)

Por último los 28 días terminó en 2,40 MPa, mostrando un crecimiento estable. En este caso, nos sirvió para confirmar que el tradicional no superó al diseño con 1,5% de hojas, que fue el más fuerte en todas las pruebas. Se observó que mantiene su valor al anterior que fue a los 14 días.

Tabla 22.

Resistencia del diseño 4 a los 28 días

Rotura a los 28 días			
Diseño	kN	Mpa	Promedio
Diseño 4	62,6	2,47	2,40
	65,3	2,58	
	54,3	2,15	

Elaborado por: Avila (2025)

4.4 Ensayo de adsorción

El ensayo de absorción se utiliza para determinar la cantidad de agua que un ladrillo puede absorber. Esto es crucial ya que un ladrillo que absorbe gran cantidad de agua puede disminuir su resistencia o romperse ante las variaciones de temperatura. Para este ejercicio, inicialmente se pesan los ladrillos secos, luego se sumergen en agua durante 24 horas y posteriormente se vuelven a pesar. Se determina el porcentaje de absorción utilizando esos datos. Con esos datos se calcula el porcentaje de absorción. Así se puede ver si las hojas de plátano cambian la capacidad de absorber agua en comparación con un ladrillo tradicional.

Ilustración 68.

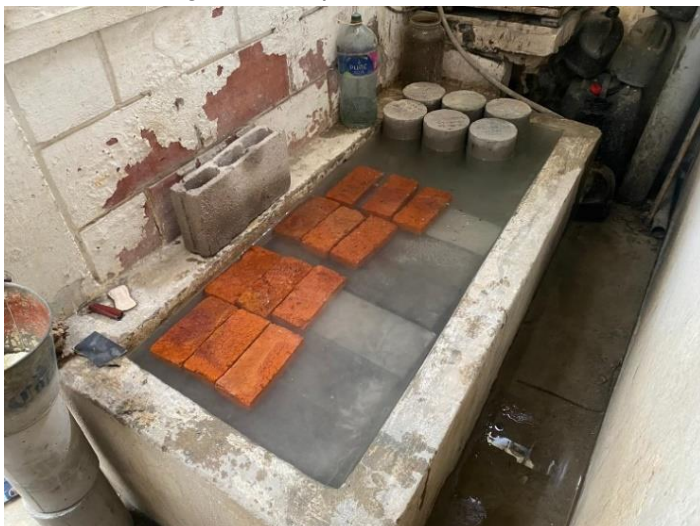
Ladrillos antes de ser colocado a la piscina



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 69.

Ladrillos sumergidos en la piscina



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 70.

Ladrillos siendo retirados de la piscina después de 24h



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 71.

Peso del ladrillo en seco



Elaborado por: Avila (2025)

Ilustración 72.

Peso del ladrillo saturado



Elaborado por: Avila (2025)

4.4.1 Ensayo de adsorción del diseño 1

Con este diseño, los resultados de absorción de agua se mantuvieron bastante controlados lo que era justo lo que esperábamos. A los 7 días el ladrillo absorbió un promedio de 24.91%, un valor normal dentro de la práctica.

Tabla 23.

Absorción del diseño 1 a los 7 días

Absorción a los 7 días				
Diseño	Peso del ladrillo al ambiente (kg)	Peso del ladrillo saturado (kg)	Absorción %	Absorción promedio %
Diseño 1	0,916	1,170	27,73	24,91
	0,853	1,054	23,56	
	0,849	1,048	23,44	

Elaborado por: Avila (2025)

A los 14 días se observó un ligero aumento, llegando a 28.41%, lo que nos indicó que el material iba ganando más adsorción a los que fue en los datos de los 7 días.

Tabla 24.

Absorción del diseño 1 a los 14 días

Absorción a los 14 días				
Diseño	Peso del ladrillo al ambiente (kg)	Peso del ladrillo saturado (kg)	Absorción %	Absorción promedio %
Diseño 1	0,855	1,096	28,19	28,41
	0,979	1,298	32,58	
	0,879	1,094	24,46	

Elaborado por: Avila (2025)

La verdad, fue interesante ver en los datos cómo, con el paso del tiempo, el ladrillo se volvía menos poroso y resistía mejor la entrada de agua, ya que a los 28 días el promedio se estabilizó en 25.93%. ya que se observó que el ladrillo se disminuyó a los datos de los 14 días.

Tabla 25.

Absorción del diseño 1 a los 28 días

Absorción a los 28 días				
Diseño	Peso del ladrillo al ambiente (kg)	Peso del ladrillo saturado (kg)	Absorción %	Absorción promedio %
Diseño 1	0,881	1,120	27,13	25,93
	0,897	1,117	24,53	
	0,888	1,120	26,13	

Elaborado por: Avila (2025)

4.4.2 Ensayo de adsorción del diseño 2

En este diseño se observó que los resultados de adsorción de agua a los 7 días tuvo un promedio de 28.55%. un dato mayor al mayor al diseño 1. Se pudo observar que el diseño 2 contiene un 3% de hojas de plátano absorbe más agua.

Tabla 26.

Absorción del diseño 2 a los 7 días

Absorción a los 7 días				
Diseño	Peso del ladrillo al ambiente (kg)	Peso del ladrillo saturado (kg)	Absorción %	Absorción promedio %
Diseño 2	0,805	1,083	34,53	28,55
	0,848	1,058	24,76	
	0,831	1,050	26,35	

Elaborado por: Avila (2025)

A los 14 días promedio bajó ligeramente a 18,09%, Aunque los resultados muestran que con el tiempo también hubo una disminución, el porcentaje sigue siendo más elevado que en los demás diseños

Tabla 27.

Absorción del diseño 2 a los 14 días

Absorción a los 14 días				
Diseño	Peso del ladrillo al ambiente (kg)	Peso del ladrillo saturado (kg)	Absorción %	Absorción promedio %
Diseño 2	0,790	1,045	32,28	28,09
	0,835	1,027	22,99	
	0,790	1,019	28,99	

Elaborado por: Avila (2025)

Por ultimo a los 28 días se observó un 48.40%. Aunque los resultados muestran que con el tiempo aumento, el porcentaje seguía siendo más elevado que el de los demás diseños. Esto nos hizo pensar que con tanta hoja se generaron más huecos en la mezcla, y eso favoreció la absorción de agua.

Tabla 28.

Absorción del diseño 2 a los 28 días

Absorción a los 28 días				
Diseño	Peso del ladrillo al ambiente (kg)	Peso del ladrillo saturado (kg)	Absorción %	Absorción promedio %
Diseño 2	0,863	1,211	40,32	43,30
	0,844	1,235	46,33	
	0,846	1,212	43,26	

Elaborado por: Avila (2025)

4.4.3 Ensayo de adsorción del diseño 3

En este diseño, los valores de absorción de agua fueron un más altos que en el del 3%. Ya a los 7 días la absorción fue de 32.86%, lo que nos dio la primera pista de que la mezcla estaba absorbiendo demasiada agua.

Tabla 29.

Absorción del diseño 3 a los 7 días

Absorción a los 7 días				
Diseño	Peso del ladrillo al ambiente (kg)	Peso del ladrillo saturado (kg)	Absorción %	Absorción promedio %
Diseño 3	0,796	1,063	33,54	32,86
	0,780	1,040	33,33	
	0,779	1,026	31,71	

Elaborado por: Avila (2025)

A los 14 días el promedio bajó ligeramente a 31.81%, un poco menos a los datos de los 7 dias casi manteniendo con el mismo promedio, pero se observó con la cantidad de hojas que presenta este diseño absorbe esa cantidad de agua.

Tabla 30.

Absorción del diseño 3 a los 14 días

Absorción a los 14 días				
Diseño	Peso del ladrillo al ambiente (kg)	Peso del ladrillo saturado (kg)	Absorción %	Absorción promedio %
Diseño 3	0,761	0,977	28,38	31,81
	0,773	1,032	33,51	
	0,769	1,027	33,55	

Elaborado por: Avila (2025)

Por ultimo a los 28 días se observó un 48.40%. Aunque los resultados muestran que con el tiempo aumento, el porcentaje seguía siendo más elevado que el de los demás diseños. Esto nos hizo pensar que con tanta hoja se generaron más huecos en la mezcla, y eso favoreció la absorción de agua.

Tabla 31.

Absorción del diseño 3 a los 28 días

Absorción a los 28 días				
Diseño	Peso del ladrillo al ambiente (kg)	Peso del ladrillo saturado (kg)	Absorción %	Absorción promedio %
Diseño 3	0,758	1,165	53,69	48,40
	0,753	1,126	49,54	
	0,784	1,113	41,96	

Elaborado por: Avila (2025)

4.4.4 Ensayo de adsorción del diseño 4

El ladrillo tradicional sirvió como nuestra referencia. A los 7 días presentó una absorción de 24.72%, un valor bastante común en este tipo de materiales. Ya que se observo que en los otros diseños fue un valor bajo.

Tabla 32.

Absorción del diseño 4 a los 7 días

Absorción a los 7 días				
Diseño	Peso del ladrillo al ambiente (kg)	Peso del ladrillo saturado (kg)	Absorción %	Absorción promedio %
Diseño 4	1,109	1,373	23,81	24,72
	1,055	1,325	25,59	
	1,050	1,310	24,76	

Elaborado por: Avila (2025)

Luego, a los 14 días el promedio se mantuvo a 24.75% mostrando un comportamiento muy estable. Y aunque sus valores eran consistentes con lo que se espera de un ladrillo tradicional, a diferencias de los otros diseños que aumentaron sus porcentajes, ya que no contiene hojas de plátano.

Tabla 33.

Absorción del diseño 4 a los 14 días

Absorción a los 14 días				
Diseño	Peso del ladrillo al ambiente (kg)	Peso del ladrillo saturado (kg)	Absorción %	Absorción promedio %
Diseño 4	1,084	1,377	27,03	24,75
	1,005	1,246	23,98	
	1,076	1,326	23,23	

Elaborado por: Avila (2025)

A los 28 días presento una adsorción de 5.88% esto fue un valor demasiado bajo al de los porcentajes anteriores de los días anteriores. Ya que se observo que en los otros diseños no se presentó esos datos, dado que en los 14 días presento una adsorción de 24.75%, se observa que este ladrillo no presenta ningún porcentaje de hojas de plátano no fue mayor, en cambio a los otros diseños no cumple por la mayor adsorción de agua que tiene.

Tabla 34.

Absorción del diseño 4 a los 28 días

Absorción a los 28 días				
Diseño	Peso del ladrillo al ambiente (kg)	Peso del ladrillo saturado (kg)	Absorción %	Absorción promedio %
Diseño 4	1,045	1,101	5,36	5,88
	1,071	1,108	3,45	
	1,020	1,110	8,82	

Elaborado por: Avila (2025)

4.4.5 Análisis de precio unitario

Cuando hice el análisis de precios unitarios, me di cuenta de que el ladrillo tradicional es un poco más económico de producir porque solo se necesita los materiales, equipos y mano de obra. En cambio, con los ladrillos que llevan hojas de plátano se agregaron algunos pasos extra, como secar y triturar las hojas, lo que subió un poco el costo en equipos. Por ejemplo, la electricidad que usamos en el horno para secarlas fue un gasto adicional.

Tabla 35.

Precio unitario del ladrillo tradicional

Análisis de Precio Unitario					
Equipos					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor 5% de M.O.					0,002
Subtotal					0,002
Mano de Obra					

Descripción	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Maestro Mayor	0,1	4,04	0,404	0,01	0,00
Peón	1	3,6	3,6	0,01	0,04
Subtotal					0,04

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
Arcilla	KG	1,93	0,08	0,15
Agua	M3	0,003	0,30	0,00
Subtotal				0,15
Costo Total				0,19

Elaborado por: Avila (2025)

Pare determinar este valor adicional que fue el aumento los equipos fue el uso de un horno eléctrico industrial que tiene 3 kW de potencia, lo cual fue colocado las hojas de plátano por 6 horas a 50 C y esto da un valor de 18 kW/h, en Ecuador el kW/h esta a 0.09 Centavos, lo que da un valor de \$ 1.62 y por un unidad de ladrillos da un valor 0.016. Pero la verdad es que la diferencia no fue tan grande. A mi parecer, el hecho de usar un residuo agrícola como las hojas de plátano justifica ese pequeño aumento, ya que el material final tiene un valor agregado ambiental y puede ser una alternativa más sostenible al ladrillo de siempre.

Tabla 36.

Precio unitario del ladrillo que incorpora hojas de plátano

Análisis de Precio Unitario					
Equipos					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Horno eléctrico industrial	1	1,62	1,62	0,01	0,016
Herramienta menor 5% de M.O.					0,002
Subtotal					0,018
Mano de Obra					

Descripción	Cantidad	Jornal/Hr	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Maestro Mayor	0,1	4,04	0,404	0,01	0,00
Peón	1	3,6	3,6	0,01	0,04
Subtotal					0,04

Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
Arcilla	KG	1,904	0,08	0,15
Hojas de plátano	KG	0,029	0,00	0,00
Agua	M3	0,003	0,30	0,00
Subtotal				0,15
Costo Total				0,21

Elaborado por: Avila (2025)

CONCLUSIONES

Se logro cumplir con los objetivos que se plantearon primero, diseñé y elaboré las tres muestras de ladrillos con diferentes porcentajes de hojas de plátano (1.5%, 3% y 5%), además del ladrillo tradicional para comparar. Se hizo los ensayos de caracterización de la arcilla. Después, pude evaluar su resistencia a la compresión y su absorción de agua en el laboratorio.

Por el lado de la caracterización de la arcilla se observo que el material era fino, porque casi todo pasó por la malla #200. Eso hacía que la arcilla fuera bastante plástica, aunque a la hora de trabajarla nos pedía más agua de la que se esperaba para poder moldearla bien. Los valores de peso volumétrico nos dieron 1460 kg/m³ en suelto y 1497 kg/m³ en varillado y en la gravedad específica nos dio 1.918 gr/cm³ en masa y 2.514 gr/cm³ en aparente. Todos estos números me confirmaron que era una arcilla bastante ligera y un poco porosa algo que se reflejó también en su absorción de agua que estuvo alrededor del 12.36%.

En los diseños de compresión con hojas de plátano se observó un comportamiento diferente. En el 1,5% la resistencia fue un poco menor al tradicional en los primeros días pero al llegar a los 28 días ya que se mostró un buen desempeño con una resistencia de 2.02 MPa teniendo una igualdad al tradicional que tuvo una resistencia de 2.40 MPa, lo que indica que en dosis bajas las hojas de plátano no afecta de manera negativa. En el 3% y 5% los resultados fueron más irregulares frente a los ladrillos tradicionales, mostrando una resistencia a los 28 días de 1.91 MPa y 1.81 MPa, ya que la mezcla pedía más agua y se notó que los ladrillos quedaban más porosos, aunque con un endurecimiento progresivo.

En los ensayos de absorción de agua los ladrillos tradicionales tuvieron valores moderados y constantes, ya que a los 28 dias se obtuvo una adsorción del 5.88% cumpliendo con normativa NTE INEN 3049. Mientras que los que tenían hojas de plátano absorbieron más agua conforme aumentaba el porcentaje de incorporación. El 1,5% todavía se mantuvo dentro de un porcentaje aceptable a los 28 dias de 25.93% pero el 3% y sobre todo el 5% mostraron un aumento significativo en la absorción, ya que el porcentaje que se obtuvo fue del 43.30% y 48.40% lo que se observa con la mayor adsorción de agua ya que contiene más hojas de plátano.

En el análisis de precios unitarios se mostró que no hay una gran diferencia entre el costo del ladrillo tradicional con un valor por unidad de \$ 0.19 y el ladrillo con hojas de plátano con un valor por unidad de \$ 0.21. La variación está sobre todo en el proceso adicional de secado y triturado de las hojas, ya que aumenta un poco el tiempo de los equipos por el uso de un horno eléctrico tradicional, pero en general sigue siendo una alternativa económica.

Este trabajo innova ya que se cumplió porque se lograron elaborar y evaluar ladrillos tradicionales con y sin hojas de plátano se compararon sus propiedades mecánicas como compresión y porcentaje de absorción. También se hizo un análisis de precios unitario que demuestra que es factible implementar este tipo de propuesta. Lo más relevante es que la investigación abre la posibilidad de aprovechar un residuo agrícola común en la zona como Pimocha donde se obtuvo las hojas de plátano y darle un uso en la construcción aportando tanto en el aspecto ambiental como en el económico.

RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de hojas de plátano en un porcentaje bajo como el 1,5%, se mantuvo porque era a la que se asemeja la resistencia y no aumentó tanta absorción de agua. Usar un porcentaje más alto como 3% o 5%, se va perdiendo resistencia porque los ladrillos se vuelven muy esponjosos.

Se recomienda realizar otro tipo de trituración de las hojas de plátano como una maquina triturada o moledora para tener una muestra más fina, para ver si mejora su compactación a la mezcla o menos adsorción de agua.

Se recomienda realizar otros tipos de ensayos como la conductividad térmica y durabilidad ya que eso daría una visión mas amplia del comportamiento de los ladrillos que incorpora hojas de plátano.

En cambio al costo no hay una gran diferencia se sugiere buscar otra manera del secado de las hojas de plátano al horno eléctrico porque esto genera un costo podría ser un método tradicional para realizar el secado de las hojas. Eso ayudaría al costo de energía.

Recomiendo explorar este tipo de material porque si bien el 1.5% fue el más aceptable el hecho simple es utilizar los beneficios de los desechos agrícolas como las hojas de plátano que ya es una inversión positiva. Si se mejora el proceso estos ladrillos pueden ser una buena oportunidad para aumentar el bajo costo en las zonas rurales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceromafe. (s.f.). Retrieved 12 de Febrero de 2025, from Aceromafe:
<https://www.aceromafe.com/propiedades-mecanicas-materiales/>
- Afanador García, N., Guerrero Gómez, G., y Monroy Sepúlveda, R. (2012). PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS MACIZOS CERÁMICOS PARA MAMPOSTERÍA. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 22(1), 43-58.
- Alarcón Ramírez, V. M., y Burgos Álava, Á. A. (2022). *Prototipo de ladrillo tradicional con cascarilla de arroz y tusa de maíz reciclados para obras civiles*. Universidad Laica Vicente Roca fuerte. Universidad Laica Vicente Roca fuerte. Retrieved 10 de Febrero de 2025, from <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5344>
- Belalcázar Carvajal, S. (1991). *El cultivo del plátano (Musa AAB Simmonds) en el trópico*. Instituto Colombiano Agropecuario.
- Burgos, L. R., Oshiro, Á., y Sastre, M. I. (2020). Variación de Absorción en ladrillos de perlita cruda. *AJEA*, 1-2. <https://doi.org/10.33414/ajea.5.693.2020>
- Chaverri, Y., y Cujó, P. (1989). *Compendio de agronomía tropical, Volumen 2*. Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture.
- Cherlinka, V. (25 de Julio de 2024). *EOS DATA ANALYTICS*. Retrieved 10 de Febrero de 2025, from EOS DATA ANALYTICS:
<https://eos.com/es/blog/cultivo-de-platano/>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Quito: Asamblea Constituyente. Retrieved 14 de Febrero de 2025, from <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador.pdf>
- Elbehri, A., Calberto, G., Staver, C., Hospido, A., Roibás, L., Siles, P., . . . Bustamante, A. (2015). *CAMBIO CLIMÁTICO Y SOSTENIBILIDAD DEL BANANO EN EL ECUADOR: Evaluación de impacto y directrices de política*. Roma, Italia: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Retrieved 4 de feb de 2025.
- Fábrica de Ladrillos FALCO. (s.f.). Retrieved 09 de Feb de 2025, from Fábrica de Ladrillos FALCO: <https://www.f-falco.com/panel%C3%B3n-7x13x26cm>

Finques la Romanica. (26 de mar de 2024). Retrieved 3 de febrero de 2025, from Finques la Romanica: <https://finqueslaromanica.com/noticias/articulo/guia-del-ladrillo-12-grandes-preguntas-y-sus-respuestas/>

Haro Velasteguí, A., Borja Arévalo, A., y Triviño Bloisse, S. (2017). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, 3(2), 506-525.
<https://doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.2.esp.506-525>

Honrados Arquitectura de Interiores. (15 de feb de 2023). Retrieved 5 de febrero de 2025, from Honrados Arquitectura de Interiores: <https://www.honra2.com/blog/la-historia-del-ladrillo#top>

Huilcarema Sánchez, J. I., y Troya Escudero, F. I. (2022). *Prototipo de ladrillo ecológico con fibras del bagazo de la caña de azúcar y arcilla para mampostería*. ULVR. Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Carrera de Ingeniería Civil. ULVR. Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Carrera de Ingeniería Civil. Retrieved 10 de Febrero de 2025, from <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5242>

INFINITIA Industrial Consulting. (s.f.). Retrieved 12 de Febrero de 2025, from INFINITIA Industrial Consulting: <https://www.infinitiaresearch.com/laboratorio-ingenieria-industrial/propiedades-mecanicas/#:~:text=Las%20propiedades%20mec%C3%A1nicas%20de%20un,y%20resistir%20fuerzas%20o%20deformaciones.>

INSTRON. (s.f.). Retrieved 12 de Febrero de 2025, from ¿Qué es un ensayo de compresión?: <https://www.instron.com/es-es/resources/test-types/compression-test>

INSTRON. (s.f.). Retrieved 12 de Febrero de 2025, from ENSAYO DE FLEXIÓN: <https://www.instron.com/es-es/resources/test-types/flexural-testing>

Ladrillera Mecanizada. (s.f.). Retrieved 08 de Feb de 2025, from Ladrillera Mecanizada: <https://www.ladrilleramecanizada.com/blog/el-origen-de-la-arcilla/>

LEANpio. (31 de Enero de 2022). LEANpio: <https://www.leanpio.com/es/blog/residuos-agricolas-tratamiento>

Manufacturing of Brick. (06 de Dic de 2006). *The Brick Industry Association*, 1-7. Retrieved 09 de Feb de 2025.

matmap.com. (s.f.). Retrieved 08 de Feb de 2025, from matmap.com:
<https://matmap.com/info/tipos-de-ladrillos-y-sus-usos/>

Muñoz Pérez, S. P., Delgado Sánchez, J. L., y Facundo Peña, L. E. (2021).
 Elaboración de ladrillos ecológicos en muros no estructurales: una revisión.
Cultura Científica y Tecnológica, 18(1), 1-9.
<https://doi.org/10.20983/culcyt.2021.1.3.1>

Patricia. (30 de Enero de 2022). *BANABIO S.A.* BANABIO S.A.:
<https://www.banabiosa.com/es/arbol-del-banano-o-planta-del-banano/#:~:text=1.,primeros%2060%20cm%20del%20suelo>.

Pérez Porto, J., y Gardey, A. (06 de Sep de 2023). *Definición.DE*. Definición.DE:
<https://definicion.de/ladrillo/>

Ponce Palafox, C., Carrillo, J., y López Montelongo, A. (4 de Abril de 2020).
 Fabricación de ladrillos con polvo-residuo de mármol en México. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 22(2), 106-113.
<https://doi.org/10.14718/revarq.2020.2554>

PROMART HOME CENTER. (s.f.). Retrieved 08 de Feb de 2025, from PROMART HOME CENTER: <https://www.promart.pe/blog/tipos-de-ladrillos?srsltid=AfmBOoqM4tQ1wuyW3EWDn3hi84ctnEsraUWcKAP2sLvO0zOZ1WwUxpp2>

QUIMICA.ES. (s.f.). Retrieved 08 de Feb de 2025, from QUIMICA.ES:
<https://www.quimica.es/enciclopedia/Ladrillo.html>

Servicio ecuatoriano de normalización . (2018). *NTE INEN 3049 Parte 1*. Quito: Norma técnica ecuatoriana.
<https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>

Servicio ecuatoriano de normalización. (2010). *NTE INEN 856*. Quito: Norma técnica ecuatoriana. Retrieved 18 de Febrero de 2025, from
<https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>

Servicio ecuatoriano de normalización. (2010). *NTE INEN 858*. Quito: Normativa técnica ecuatoriana. Retrieved 18 de Febrero de 2025, from
<https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>

Servicio ecuatoriano de normalización. (2011). *NTE INEN 696*. Quito: Norma técnica ecuatoriana. Retrieved 19 de Febrero de 2025, from
<https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>

Servicio ecuatoriano de normalización. (2019). *NTE INEN 3049 Parte 2*. Quito: Norma técnica ecuatoriana. Retrieved 14 de Febrero de 2025, from <https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>

Servicio ecuatoriano de normalización. (2019). *NTE INEN 3049 Parte 3*. Quito: Norma técnica ecuatoriana. Retrieved 14 de Febrero de 2025, from <https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>

Servicio ecuatoriano de normalización. (2019). *NTE INEN 3049 Parte 4*. Quito: Norma técnica ecuatoriana. Retrieved 14 de Febrero de 2025, from <https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>

Servicio ecuatoriano de normalización. (2019). *NTE INEN 3049 Parte 5*. Quito: Norma técnica ecuatoriana. Retrieved 14 de Febrero de 2025, from <https://apps.normalizacion.gob.ec/descarga/index.php/buscar>

StudySmarter. (s.f.). Retrieved 8 de Feb de 2025, from StudySmarter: <https://www.studysmarter.es/resumenes/estudios-de-arquitectura/construccion/ladrillo/>

Universidad Europea. (8 de Octubre de 2024). Retrieved 10 de Febrero de 2025, from Universidad Europea: <https://universidadeuropea.com/blog/residuos-agricolas-forestales/>

Universidad Laica Vicente Rocafuerte. (2025). *ULVR*. Retrieved 14 de Febrero de 2025, from ULVR: <https://www.ulvr.edu.ec/unidad-de-titulacion-2>

Viloria Romero, P., Marfisi, S., Oliveros Rondón, P., Rojas de Gáscue, B., y Peña, G. (2014). Obtención de celulosa microcristalina a partir de desechos agrícolas del cambur (*Musa sapientum*). *Obtención de celulosa microcristalina a partir de desechos agrícolas del cambur (Musa sapientum)*, 15(6), 286-300.

ZwickRoell. (s.f.). Retrieved 12 de Febrero de 2025, from ZwickRoell: <https://www.zwickroell.com/es/sectores/ensayo-de-materiales/ensayo-de-flexion/>

ANEXOS

Anexo 1.

Triturado manual de las hojas de plátano



Anexo 2.

Hojas de plátano triturada



Anexo 3.

Molde de madera



Anexo 4.

Balanza



Anexo 5.
Cucharon



Anexo 6.
Varilla



Anexo 7.

Pala



Anexo 8.

Placa metálica



Anexo 9.

Martillo de goma



Anexo 10.

Máquina para medir resistencia



Anexo 11.

Piscina



Anexo 12.

Ladrillos saturados en aire



Anexo 13.

Análisis Granulométrico

Paco Alcóser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: TESIS - ABEL AVILA

CONTRATISTA:

FISCALIZADOR

MATERIAL: ARCILLA

FECHA: 8 de julio de 2025

TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	FAJA DE TRABAJO
3"				
2 1/2"				
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"	0,0	0,0	100	
1/2"	0,0	0,0	100	
3/8"	6,0	0,5	99,5	
No. 4	111,0	9,1	90,9	
Pasa el No. 4				
No. 8	215,0	17,6	82,4	
No. 10				
No. 16	343,0	28,0	72,0	
No. 20				
No. 30	417,0	34,1	65,9	
No. 40				
No. 50	581,0	47,5	52,5	
No. 60				
No. 80				
No. 100	714,0	58,3	41,7	
No. 200	798,0	65,2	34,8	
Pasa el No. 200	426,0	34,8		
TOTAL	1.224,0			

Peso Total del Lavado

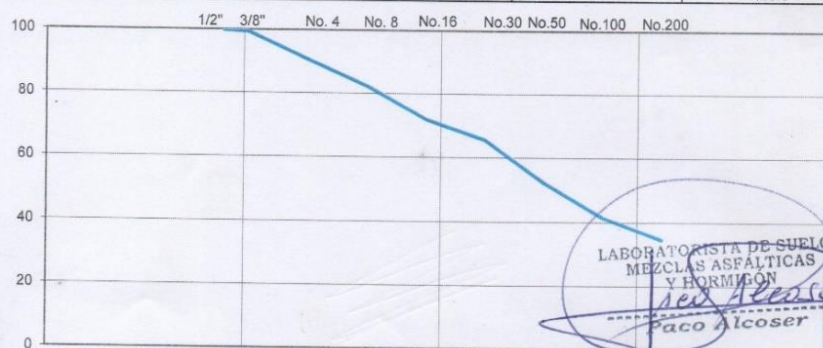
1.224,0

Peso antes del lavado

Peso Total despues del Lavado

Modulo de Finura

Capsula No.	Peso Cap. + Suelo Humedo	Peso Cap. + Suelo Seco	Peso Capsula	W %
A9	166,6	160,2	8	4,20%



CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

Anexo 14.

Gravedades Específicas

Paco Alcóser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

GRAVEDADES ESPECIFICAS

PROYECTO: TESIS - ABEL AVILA
CONTRATISTA:
FISCALIZADOR:
MATERIAL: ARCILLA
FECHA: 8 de julio de 2025

GRAVEDADES ESPECIFICAS

AGREGADO GRUESO

Material que pasa el tamiz 1" y es retenido en el tamiz # 4

A : Peso en el aire de la muestra secada al horno :	0,00 gr
B : Peso en el aire de la muestra saturada :	0,00 gr
C : Peso en el agua de la muestra saturada :	0,00 gr
Gravedad Especifica de masa	0,000 gr/cm3
Gravedad Especifica de s.s.s.	0,000 gr/cm3
Gravedad Especifica aparente	0,000 gr/cm3
% de absorción	0,00%

GRAVEDADES ESPECIFICAS

ARCILLA

Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el tamiz # 200

A : Peso en el aire de la muestra secada al horno :	445,00 gr
V : Volumen de la Probeta :	500,00 gr
W : Peso en gramos o volumen en ml. del agua añadida :	268,00 gr
Gravedad Especifica de masa	1,918 gr/cm3
Gravedad Especifica de s.s.s.	2,155 gr/cm3
Gravedad Especifica aparente	2,514 gr/cm3
% de absorción	12,36%

LABORATORISTA DE SUELOS
MEZCLAS ASFALTICAS
Y HORMIGON
Paco Alcóser

CDLA. LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

Peso Volumétrico Suelo Varillado del
Agregado Grueso

Proyecto : TESIS - ABEL AVILA

Fecha: 8 de julio de 2025

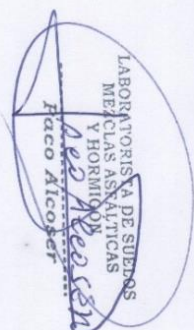
Material : ARCILLA

Contratista:
Fiscalizador:

PESO VOLUMÉTRICO SUELO (PVS)				
Ensayo	#	1	2	3
Volumen de Molde	m ³	0,002776	0,002776000	0,002776000
Peso de Molde	Kg	3,820	3,820	3,820
Peso del Agregado + Molde	Kg	7,865	7,870	7,888
Peso del Agregado	Kg	4,045	4,050	4,068
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1457	1459	1465
Promedio			1460	Kg/m ³

PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO (PVV)				
Ensayo	#	1	2	3
Volumen de Molde	m ³	0,002776000	0,002776000	0,002776000
Peso de Molde	Kg	3,820	3,820	3,820
Peso del Agregado + Molde	Kg	7,996	7,944	7,989
Peso del Agregado	Kg	4,176	4,124	4,169
Peso Unitario Suelto	Kg/m ³	1504	1486	1502
Promedio			1497	Kg/m ³

Observaciones: Normas de Referencia: ASTM C29 ; AASHTO T19



Anexo 16.
Informe de rotura del ladrillo 1,5% hojas de plátano

Ing. Oscar
Laboratorio de Suelos
y Materiales

INFORME ROTURA DE LADRILLOS A COMPRESION

ASTM C - 39

Proyecto:

Tutor:

Estudiante:

TESIS - UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
"ELABORACION DE LADRILLOS TRADICIONALES CON INCORPORACION DE HOJAS DE PLATANO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECANICAS"

Ing. HENRY PAUL POYER FANEDA

ABEL SEBASTIAN AVILA MORA



Ladrillo #	Fecha de toma	Fecha de Rotura	Edad (Días)	D1 (mm)	D2 (mm)	D Promedio (mm)	Fuerza De Rotura (kn)	Resistencia (Kg/Cm2)	% De Resistencia De Diseño	Observaciones
INFORME 13 de agosto de 2025										
1	13/07/2025	22/07/2025	7	253.0	253.0	253.0	38.9	1.54		LEVA DIFICILICACION DISEÑO 1.5% DE HOJAS DE PLATANO DISEÑO 1.5% DE HOJAS DE PLATANO DISEÑO 1.5% DE HOJAS DE PLATANO DISEÑO 1.5% DE HOJAS DE PLATANO DISEÑO 1.5% DE HOJAS DE PLATANO DISEÑO 1.5% DE HOJAS DE PLATANO DISEÑO 1.5% DE HOJAS DE PLATANO DISEÑO 1.5% DE HOJAS DE PLATANO DISEÑO 1.5% DE HOJAS DE PLATANO
2	13/07/2025	29/07/2025	14	253.0	253.0	253.0	51.0	2.02		
3	13/07/2025	12/08/2025	28	253.0	253.0	253.0	53.5	2.11		
1	13/07/2025	22/07/2025	7	253.0	253.0	253.0	43.5	1.72		
2	13/07/2025	29/07/2025	14	253.0	253.0	253.0	51.6	2.04		
3	13/07/2025	12/08/2025	28	253.0	253.0	253.0	48.1	1.90		
1	13/07/2025	22/07/2025	7	253.0	253.0	253.0	30.2	1.98		
2	13/07/2025	29/07/2025	14	253.0	253.0	253.0	51.0	2.02		
3	13/07/2025	12/08/2025	28	253.0	253.0	253.0	51.8	2.05		

LABORATORISTA DE SUELOS
MEZCLAS ASFALTICAS
Y HORMIGON
FACIO ALICOFET

Anexo 17.
Informe de rotura del ladrillo 3% hojas de plátano

Beto Herrer
Laboratorio de Suelos
y Mecánica Hidráulica

INFORME ROTURA DE LADRILLOS A COMPRESION

ASTM C - 39

Proyecto: TESIS - UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAPUENTE
Tutor: "ELABORACION DE LADRILLOS INUNDACIONALES CON INCORPORACION DE HOJAS DE PLATANO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECANICAS"
Estudiante: MGR. HENRY PAUL PONCE PUNEZA
ABEL SEBASTIAN AVILA MONAM



Ladrillo #	Fecha de toma	Fecha de Rotura	Edad (Días)	D1 (mm)	D2 (mm)	D Promedio (mm)	Fuerza De Rotura (kn)	Resistencia (Kg/Cm2)	% De Resistencia De Diseño	Observaciones
INFORME 13 de agosto de 2025										
1	15/07/2025	22/07/2025	7	253.0	253.0	253.0	45.2	1.79		DISEÑO 3% DE HOJAS DE PLATANO
2	15/07/2025	29/07/2025	14	253.0	253.0	253.0	41.4	1.64		DISEÑO 3% DE HOJAS DE PLATANO
3	15/07/2025	12/08/2025	28	253.0	253.0	253.0	43.6	1.72		DISEÑO 3% DE HOJAS DE PLATANO
1	15/07/2025	22/07/2025	7	253.0	253.0	253.0	44.3	1.75		DISEÑO 3% DE HOJAS DE PLATANO
2	15/07/2025	29/07/2025	14	253.0	253.0	253.0	43.9	1.74		DISEÑO 3% DE HOJAS DE PLATANO
3	15/07/2025	12/08/2025	28	253.0	253.0	253.0	53.4	2.11		DISEÑO 3% DE HOJAS DE PLATANO
1	15/07/2025	22/07/2025	7	253.0	253.0	253.0	39.0	1.54		DISEÑO 3% DE HOJAS DE PLATANO
2	15/07/2025	29/07/2025	14	253.0	253.0	253.0	37.8	1.49		DISEÑO 3% DE HOJAS DE PLATANO
3	15/07/2025	12/08/2025	28	253.0	253.0	253.0	47.6	1.88		DISEÑO 3% DE HOJAS DE PLATANO

LABORATORISTA DE SUELOS
MEZCLAS ASFALTICAS
Y HORMIGON
Paco Alcocer

INFORME ROTURA DE LADRILLOS A COMPRESION

ASTM C - 39

TESIS - UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

Proyecto:

MGT. HENRY PAUL PONCE PINEDA

Estudiante:

ABDEL SEBASTIAN AVILA MORAN

Ladrillo #	Fecha de toma	Fecha de Rotura	Edad (Días)	D1 (mm)	D2 (mm)	D Promedio (mm)	Fuerza De Rotura (kn)	Resistencia (Kg/Cm2)	% De Resistencia De Diseño	Observaciones
INFORME 13 de agosto de 2025										
1	15-07-2025	22-07-2025	7	253.0	253.0	253.0	41.2	1.63		SEÑAL DISEÑO 5% DE AGUAS DE PLANTANO
2	15-07-2025	29-07-2025	14	253.0	253.0	253.0	39.7	1.57		DISEÑO 5% DE AGUAS DE PLANTANO
3	15-07-2025	12-08-2025	28	253.0	253.0	253.0	47.5	1.88		DISEÑO 5% DE AGUAS DE PLANTANO
1	15-07-2025	22-07-2025	7	253.0	253.0	253.0	41.7	1.65		DISEÑO 5% DE AGUAS DE PLANTANO
2	15-07-2025	29-07-2025	14	253.0	253.0	253.0	39.3	1.55		DISEÑO 5% DE AGUAS DE PLANTANO
3	15-07-2025	12-08-2025	28	253.0	253.0	253.0	43.2	1.71		DISEÑO 5% DE AGUAS DE PLANTANO
1	15-07-2025	22-07-2025	7	253.0	253.0	253.0	37.3	1.47		DISEÑO 5% DE AGUAS DE PLANTANO
2	15-07-2025	29-07-2025	14	253.0	253.0	253.0	41.8	1.65		DISEÑO 5% DE AGUAS DE PLANTANO
3	15-07-2025	12-08-2025	28	253.0	253.0	253.0	47.0	1.86		DISEÑO 5% DE AGUAS DE PLANTANO

LABORATORIA DE SUELOS
MEZCLAS ASFÁLTICAS
Y HORMIGÓN
Paco Aldoser

Anexo 18.

Informe de rotura del ladrillo 5% hojas de plátano

INFORME ROTURA DE LADRILLOS A COMPRESION ASTM C - 39

TESIS - UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

Proyecto:

"ELABORACION DE LADRILLOS TRADICIONALES CON INCORPORACION DE HOJAS DE PLATANO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECANICAS"

Tutor:

Mgtr. HENRY PAUL PONCE PIEDRA

Estudiante:

ABRI SEBASTIAN AVILA MORAN



Ladrillo #	Fecha de toma	Fecha de Rotura	Edad (Días)	D1 (mm)	D2 (mm)	D Promedio (mm)	Fuerza De Rotura (kn)	Resistencia (Kg/Cm2)	% De Resistencia De Diseño	Observaciones
INFORME 13 de agosto de 2025										
1	13/07/2025	22/07/2025	7	253.0	253.0	253.0	50.2	1.98		DISEÑO 0% DE HOJAS DE PLATANO
2	13/07/2025	29/07/2025	14	253.0	253.0	253.0	62.7	2.36		DISEÑO 0% DE HOJAS DE PLATANO
3	13/07/2025	12/08/2025	28	253.0	253.0	253.0	62.6	2.17		DISEÑO 0% DE HOJAS DE PLATANO
1	13/07/2025	22/07/2025	7	253.0	253.0	253.0	50.3	1.99		DISEÑO 0% DE HOJAS DE PLATANO
2	13/07/2025	29/07/2025	14	253.0	253.0	253.0	61.5	2.43		DISEÑO 0% DE HOJAS DE PLATANO
3	13/07/2025	12/08/2025	28	253.0	253.0	253.0	65.3	2.58		DISEÑO 0% DE HOJAS DE PLATANO
1	13/07/2025	22/07/2025	7	253.0	253.0	253.0	41.9	1.77		DISEÑO 0% DE HOJAS DE PLATANO
2	13/07/2025	29/07/2025	14	253.0	253.0	253.0	66.5	2.63		DISEÑO 0% DE HOJAS DE PLATANO
3	13/07/2025	12/08/2025	28	253.0	253.0	253.0	54.3	2.15		DISEÑO 0% DE HOJAS DE PLATANO

ATO DOSIFICACION



INFORME DE ADSORCIÓN DE LADRILLOS

NTE INEN 3049

TESIS – UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

Proyecto: “ELABORACIÓN DE LADRILLOS TRADICIONALES CON INCORPORACIÓN DE HOJAS DE PLÁTANO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS”

Tutor: Mgr. HENRY PAUL PONCE PINEDA

Estudiante: ABEL SEBASTIAN AVILA MORAN

INFORME 13 de agosto de 2025

Probeta #	% Hojas de plátano	Fecha de toma	Fecha de absorción	EDAD (Días)	Peso del ladrillo al ambiente (kg)	Peso del ladrillo saturado (kg)	Peso del ladrillo saturado en agua (kg)	Absorción %	Absorción promedio %	Densidad aparente (g/cm ³)	Densidad aparente promedio (g/cm ³)
1	0%	15/7/2025	22/7/2025	7	1,109	1,170	1,373	0,507	0,50	1,65	1,22
2		15/7/2025	29/7/2025	14	1,084	1,054	1,377	0,508		1,03	
3		15/7/2025	12/8/2025	28	1,045	1,048	1,101	0,476		1,00	
1		15/7/2025	22/7/2025	7	1,055	1,083	1,325	0,475	0,46	1,70	1,22
2		15/7/2025	29/7/2025	14	1,005	1,058	1,246	0,443		0,95	
3		15/7/2025	12/8/2025	28	1,071	1,050	1,108	0,468		1,02	
1	0%	15/7/2025	22/7/2025	7	1,050	1,063	1,310	0,433	0,46	1,74	1,26
2		15/7/2025	29/7/2025	14	1,076	1,040	1,326	0,475		1,03	
3		15/7/2025	12/8/2025	28	1,020	1,026	1,110	0,473		0,99	

LABORATORISTA DE SUELOS
MEZCLAS ASFÁLTICAS
Y HORMIGÓN
Paco Alcoser

CIDA, LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

INFORME DE ADSORCIÓN DE LADRILLOS

NTE INEN 3049

TESIS – UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

Proyecto: "ELABORACIÓN DE LADRILLOS TRADICIONALES CON INCORPORACIÓN DE HOJAS DE PLÁTANO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS"

Tutor: Mgtr. HENRY PAUL PONCE PINEDA

Estudiante: ABEL SEBASTIAN AVILA MORAN

INFORME 13 de agosto de 2025

Probeta #	% Hojas de plátano	Fecha de toma	Fecha de absorción	EDAD (Días)	Peso del ladrillo al ambiente (kg)	Peso del ladrillo saturado (kg)	Peso del ladrillo saturado en agua (kg)	Absorción %	Absorción promedio %	Densidad aparente (g/cm ³)	Densidad aparente promedio (g/cm ³)
1	1,5%	15/7/2025	22/7/2025	7	0,916	1,170	0,380	27,73	27,68	1,16	1,17
2		15/7/2025	29/7/2025	14	0,855	1,096	0,357	28,19		1,16	
3		15/7/2025	12/8/2025	28	0,881	1,120	0,391	27,13		1,21	
1		15/7/2025	22/7/2025	7	0,853	1,054	0,376	23,56		1,26	1,22
2		15/7/2025	29/7/2025	14	0,979	1,298	0,433	32,58	26,89	1,13	
3		15/7/2025	12/8/2025	28	0,897	1,117	0,405	24,53		1,26	
1		15/7/2025	22/7/2025	7	0,849	1,048	0,368	23,44		1,25	1,25
2		15/7/2025	29/7/2025	14	0,879	1,094	0,395	24,46	24,68	1,26	
3		15/7/2025	12/8/2025	28	0,888	1,120	0,408	26,13		1,25	

LABORATORISTA DE SUELOS
MEZCLAS ASFÁLTICAS
Y HORMIGÓN
Paco Alcoser

CIDA, LAS ORQUIDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

INFORME DE ADSORCIÓN DE LADRILLOS

NTE INEN 3049

TESIS – UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

Proyecto: "ELABORACIÓN DE LADRILLOS TRADICIONALES CON INCORPORACIÓN DE HOJAS DE PLÁTANO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS"

Tutor: Mgr. HENRY PAUL PONCE PINEDA

Estudiante: ABEL SEBASTIAN AVILA MORAN

INFORME 13 de agosto de 2025

Probeta #	% Hojas de plátano	Fecha de toma	Fecha de absorción	EDAD (Días)	Peso del ladrillo al ambiente (kg)	Peso del ladrillo saturado (kg)	Peso del ladrillo saturado en agua (kg)	Absorción %	Absorción promedio %	Densidad aparente (g/cm ³)	Densidad aparente promedio (g/cm ³)
1	3%	15/7/2025	22/7/2025	7	0.805	1.083	0.371	34.53	35.71	1.13	1.08
2		15/7/2025	29/7/2025	14	0.790	1.045	0.291	32.28		1.05	
3		15/7/2025	12/8/2025	28	0.863	1.211	0.405	40.32		1.07	
1		15/7/2025	22/7/2025	7	0.848	1.058	0.311	24.76	31.36	1.14	1.13
2		15/7/2025	29/7/2025	14	0.835	1.027	0.371	22.99		1.27	
3		15/7/2025	12/8/2025	28	0.844	1.235	0.381	46.33		0.99	
1		15/7/2025	22/7/2025	7	0.831	1.050	0.308	26.35	32.87	1.12	1.09
2		15/7/2025	29/7/2025	14	0.790	1.019	0.338	28.99		1.16	
3		15/7/2025	12/8/2025	28	0.846	1.212	0.348	43.26		0.98	

LABORATORIO DE SUELOS
MEZCLAS ASFÁLTICAS
Y HORMIGÓN
Paco Alcoser

CLDA. LAS ORQUÍDEAS MZ. 1037 VILLA. 30
CELULAR: 0998629004 - 042897136

INFORME DE ADSORCIÓN DE LADRILLOS

NTE INEN 3049

TESIS – UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

Proyecto: "ELABORACIÓN DE LADRILLOS TRADICIONALES CON INCORPORACIÓN DE HOJAS DE PLÁTANO PARA MEJORAR PROPIEDADES MECÁNICAS"

Tutor: Mgr. HENRY PAUL PONCE PINEDA

Estudiante: ABEL SEBASTIAN AVILA MORAN

INFORME 13 de agosto de 2025

Probeta #	% Hojas de plátano	Fecha de toma	Fecha de absorción	EDAD (Días)	Peso del ladrillo al ambiente (kg)	Peso del ladrillo saturado (kg)	Peso del ladrillo saturado en agua (kg)	Absorción %	Absorción promedio %	Densidad aparente (g/cm ³)	Densidad aparente promedio (g/cm ³)
1	5%	15/7/2025	22/7/2025	7	0.796	1.063	0.334	33.54	38.54	1.09	1.00
2		15/7/2025	29/7/2025	14	0.761	0.977	0.284	28.38		1.10	
3		15/7/2025	12/8/2025	28	0.758	1.165	0.218	53.69		0.80	
1		15/7/2025	22/7/2025	7	0.780	1.040	0.299	33.33		1.05	
2		15/7/2025	29/7/2025	14	0.773	1.032	0.244	33.51		0.98	
3		15/7/2025	12/8/2025	28	0.753	1.126	0.253	49.54	38.79	0.86	0.97
1		15/7/2025	22/7/2025	7	0.779	1.026	0.299	31.71		1.07	
2		15/7/2025	29/7/2025	14	0.769	1.027	0.271	33.55		1.02	
3		15/7/2025	12/8/2025	28	0.784	1.113	0.260	41.96	35.74	0.92	1.00

LABORATORISTA DE SUELOS
MEZCLAS ASFÁLTICAS
Y HORMIGÓN
Paco Alcoser