



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE
GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCION
CARRERA DE ARQUITECTURA**

**TRABAJO DE TITULACION
PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE ARQUITECTO**

**TEMA
PROTOTIPO DE PLANCHAS DE TUMBADO DE YESO
REFORZADO CON CAL, CASCARILLA DE ARROZ, FIBRA
DE COCO Y FIBRA DE PLÁTANO**

**TUTOR
Mgtr. Eddie Efrén Echeverría Maggi**

**AUTORES
Roxana Jazmín Mosquera Bonilla
Naomi Elisa Ronquillo Urgiles**

GUAYAQUIL – ECUADOR

2025



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGIA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TITULO Y SUBTITULO: Prototipo de planchas de tumbado de yeso reforzado con cal, cascarilla de arroz, fibra de coco y fibra de plátano	
AUTOR/ES: Roxana Jazmín Mosquera Bonilla Naomi Elisa Ronquillo Urgiles	TUTOR: Mgtr. Eddie Efrén Echeverria Maggi
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Roca fuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Arquitecto
FACULTAD: INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	CARRERA: ARQUITECTURA
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2025	N. DE PÁGS: 117
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción.	
PALABRAS CLAVE: Desperdicio agrícola; Fibra; Materiales de construcción; Innovación científica.	
RESUMEN: La presente investigación tiene como objetivo, la elaboración de un prototipo de plancha de tumbado de yeso reforzado con cal, cascarilla de arroz y fibras naturales de plátano y banano. Estas fibras son obtenidas de desechos agrícolas que al ser añadidas a la mezcla conseguimos que el yeso tradicional mejore sus propiedades. El proceso se lo obtuvo mediante la creación de siete prototipos con diferentes dosificaciones, se evaluamos diferentes parámetros como la resistencia y flexibilidad. Los resultados de estas pruebas dieron como resultado que al agregar las fibras naturales se incrementó la resistencia mecánica y se redujo su fragilidad. Este prototipo no solo promueve la explotación de los desechos orgánicos, sino que también la creación de un nuevo material de construcción más ecológico e innovador. Esta alternativa reduce el impacto ambiental animando el uso de recursos que se pueden renovar.	
N. DE REGISTRO (En base de datos):	N. DE CLASIFICACION:
DIRECCIÓN URL (Web):	

ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Mosquera Bonilla Roxana Jazmín Ronquillo Urgiles Naomi Elisa	Teléfono: 0978630415 0967983496	E-mail: roxjamb@hotmail.com nronquillou@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Pdh. Marcial Calero Amores Decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción. Teléfono: 2596500 Ext. 241 Email: mcalero@ulvr.edu.ec Mgtr. Fernando Peñaherrera Mayorga Director de la Carrera de Arquitectura Teléfono: 2596500 Ext. 209 Email: fpenaherreram@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUD



PROTOTIPO DE PLANCHAS DE TUMBADO DE YESO REFORZADO CON CAL, CASCARILLA DE ARROZ, FIBRA DE COCO Y FIBRA DE PLÁTANO



Nombre del documento: TT_2025A_MOSQUERA-RONQUILLO.pdf
 ID del documento: 1d6d3db477d88b376b854636ee01a96da95440d6
 Tamaño del documento original: 3,01 MB
 Autor: Naomi - Roxana Ronquillo - Mosquera

Depositante: Naomi - Roxana Ronquillo - Mosquera
 Fecha de depósito: 25/8/2025
 Tipo de carga: url_submission
 fecha de fin de análisis: 25/8/2025

Número de palabras: 21.101
 Número de caracteres: 160.791

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/44000/3900/7/IT-ULVR-3259.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (138 palabras)
2	repositorio.ulvr.edu.ec http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/4579/1/IT-ULVR-3720.pdf 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (91 palabras)
3	repositorio.ulvr.edu.ec http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/5592/1/IT-ULVR-4542.pdf 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (92 palabras)
4	repositorio.ulvr.edu.ec http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/7630/1/IT-ULVR-5731.pdf 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (79 palabras)
5	repositorio.ulvr.edu.ec http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/7177/1/IT-ULVR-5450.pdf 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (78 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	oa.upm.es Escayola aditivada con residuos de cáscara de arroz https://oa.upm.es/54716/1/MARIA_JOSEFA_LEIVA_AGUILERA.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
2	repositorio.continental.edu.pe https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11556	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
3	doi.org https://doi.org/10.7764/RIC.00128.21	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (17 palabras)
4	dialnet.unirioja.es https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7927005&pdf#---text=Aprovechamiento de la casc...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (21 palabras)
5	axioma.pucesl.edu.ec https://axioma.pucesl.edu.ec/index.php/axioma/article/download/803/728	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://doi.org/10.17515/resm2024.458me0920rs>
- <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.E42211/ASSET/2150E459-00F0-4982-8F22>
- https://www.researchgate.net/publication/381802828_Estudio_bibliografico_sobre_la_p
- <https://doi.org/10.23857/pc.v6i4.2572>
- <https://www.cepal.org/es/proyectos/euroclima/Iniciativas>

Firma:

MGTR. EDDIE ECHEVERRÍA MAGGI CI.
 0917941882

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados ROXANA JAZMIN MOSQUERA BONILLA y NAOMI ELISA RONQUILLO URGILES, declaramos bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, Prototipo de planchas de tumbado de yeso reforzado con cal, cascarilla de arroz y fibra de plátano, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autores

Firma:



ROXANA JAZMIN MOSQUERA BONILLA

C.I. 0922107362

Firma:



NAOMI ELISA RONQUILLO URGILES

C.I. 0944033505

CERTIFICACION DE ACEPTACION DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación, Prototipo de planchas de tumbado de yeso reforzado con cal, cascarilla de arroz y fibra de plátano, 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: Prototipo de planchas de tumbado de yeso reforzado con cal, cascarilla de arroz y fibra de plátano, presentado por los estudiantes ROXANA JAZMIN MOSQUERA BONILLA y NAOMI ELISA RONQUILLO URGILES, como requisito previo, para optar al Título de ARQUITECTO, encontrándose apto para su sustentación.

Firma: 

EDDIE EFREN ECHEVERRIA MAGGI

C.I. 0917941882

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fuerza, la salud y la perseverancia para continuar, incluso en los momentos más difíciles. A mis queridas hermanas, que, a pesar de la distancia, han estado siempre presentes con su apoyo incondicional y palabras de aliento. A mi pequeña hija Milagros, por ser mi mayor motivación y la luz que guía cada uno de mis pasos; este logro es, en gran parte, para ti.

Y muy especialmente, a mi tutor de tesis, Mg. Arq. Eddie Echeverría, por su guía, paciencia y compromiso a lo largo de todo el proceso. Su acompañamiento académico fue fundamental para el desarrollo de este proyecto.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a mi hija Milagros, la razón de mi esfuerzo y dedicación. Quiero demostrarte que los sueños se alcanzan, que jamás te rindas, y comprende que lo que hoy parece difícil, mañana podrá convertirse en un logro.

A mis queridas hermanas, a pesar de la distancia siempre han estado conmigo apoyándome, alentándome y dándome todo su cariño. Gracias por el respaldo que me dieron especialmente en los momentos más complicados, sin condiciones, simplemente por amor y fe en mí.

A mis padres, Mario y Petita, por su amor incondicional, sus sacrificios y por enseñarme el valor del esfuerzo y la honestidad. Gracias por ser el pilar de mi vida y por creer en mí incluso en los momentos en que yo dudé.

A mi yo del pasado por no decaer ni rendirte, gracias por seguir soñando incluso cuando todo estaba de cabezas. A mi yo del presente por transformar cada dificultad en una oportunidad para aprender y avanzar.

Y finalmente, a todos los que, de alguna manera formaron parte de este proceso, esta meta también es de ustedes.

Roxana Jazmín Mosquera Bonilla

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por el valor, por los errores y las victorias, por el darme siempre la fuerza para levantarme y seguir adelante. Gracias a mi familia por el apoyo incondicional, por ser fuertes por mi muchas veces, por darme la mano cuando lo necesitaba, las palabras de aliento que aquellos momentos me sirvieron de consuelo, y que hoy agradezco profundamente.

Gracias a mi tutor de tesis, el Arq. Eddie Echeverría, por estar en este proyecto apoyándonos en cada paso.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto en primer lugar a Dios que me ha dado fuerzas en todo momento, seguido de mis padres, Julia Urgiles y Fernando Ronquillo quienes han sido de gran apoyo en toda mi carrera, siendo guía para tener pensamientos claros y ver mi futuro, por nunca dudar en que podía lograrlo y darme valores los cuales me han servido para siempre mantenerme recta a pesar de encontrarme con obstáculos en el camino.

A mi novio Juan David quien ha sido la fuerza en momentos en los que dude de mi y de lo que estaba haciendo, gracias por siempre ser ese apoyo incondicional en momentos complicados dando siempre tu respeto y amor.

Finalmente doy gracias a mi persona quien no se ha dejado vencer, quien se mantuvo de pie en momentos de angustia y sentía que todo estaba perdido, eres fuerte, valiente y tu proceso para llegar a esta meta a sido parte de la recompensa que tendrás.

A todos los que fueron parte de este proceso, sus consejos son parte de lo que soy ahora, muchas gracias.

Naomi Elisa Ronquillo Urgiles

RESUMEN

El presente estudio expone el desarrollo de un prototipo de plancha de tumbado de yeso reforzado con cascarilla de arroz y fibra de plátano, como una alternativa sostenible a los materiales convencionales empleados en la construcción. Aunque en los últimos años ha crecido de manera significativa el cuidado y conservación del medio ambiente, no se ha tomado en cuenta la problemática que existe debido a la generación de desechos agrícolas que se originan en el proceso de la cosecha y se acumulan sin un manejo adecuado. La acumulación de estos residuos tiene un impacto negativo en diferentes áreas. Por un lado, afecta la calidad del suelo y del agua, deteriorando el ecosistema y también impacta la salud de las personas que dependen de esos recursos.

Con este prototipo, planeamos sustituir parcialmente los materiales tradicionales de construcción, como el cemento, mediante la incorporación de biocompuestos, específicamente la cascarilla de arroz y fibras vegetales como la del plátano y el coco, que son abundantes, de bajo costo y poseen propiedades mecánicas favorables. Estas fibras funcionan como refuerzo del yeso, aumentando la resistencia y durabilidad del panel, igualmente contribuyen a la eficiencia energética de los edificios al mejorar el aislamiento térmico.

Este trabajo planea una solución innovadora frente a los desafíos ambientales y de construcción, combinando técnicas artesanales tradicionales con materiales sostenibles, orientada a reducir la huella de carbono y fomentar la eficiencia energética en edificaciones.

(Palabras Claves – Keywords de TESAURO – UNESCO)

Desperdicio agrícola; Fibra; Materiales de construcción; Innovación científica.

ABSTRACT

This study presents the development of a prototype gypsum ceiling panel reinforced with rice husk and banana fiber, as a sustainable alternative to conventional materials used in construction. Although in recent years there has been significant progress in environmental care and conservation, little attention has been given to the issue of agricultural waste generated during the harvesting process, which often accumulates without proper management. The accumulation of this waste has a negative impact in several areas. On the one hand, it affects soil and water quality, deteriorating ecosystems, and on the other, it impacts the health of people who depend on these resources.

With this prototype, we aim to partially replace traditional construction materials, such as cement, by incorporating biocomposites, specifically rice husk and plant fibers such as banana and coconut. These materials are abundant, low-cost, and possess favorable mechanical properties. The fibers serve as reinforcement for gypsum, increasing the panel's strength and durability, while also contributing to the energy efficiency of buildings by improving thermal insulation.

This work proposes an innovative solution to both environmental and construction challenges, combining traditional artisanal techniques with sustainable materials, with the goal of reducing the carbon footprint and promoting energy efficiency in buildings.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

CAPÍTULO I	2
1.1 Tema:.....	2
1.2 Planteamiento del Problema:.....	2
1.3 Formulación del Problema:	4
1.4 Objetivo General.....	4
1.5 Objetivos Específicos	5
1.6 Hipótesis	5
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad	5
CAPÍTULO II	6
2.1 Marco Contextual	6
2.1.1 Historia.....	11
2.1.2 Propiedades Morfológicas y Elementales de las Fibras de Coco.....	18
2.2 Marco teórico.....	22
2.3 Mapeo de Proyectos	35
2.3.1 Análisis de casos individuales	36
2.3.2 Comparación y Resultados de Comparación de Criterios.....	46
2.4 Marco Conceptual.....	47
2.4.1 Desechos Agrícolas	48
2.4.2 Yeso	49
2.4.3 Cal.....	50
2.5 Marco Legal.....	52
2.5.1 Normativas Arquitectónicas	52
2.5.2 Normativas Estructurales.....	52
2.5.3 Normativas Medioambientales.....	53
CAPÍTULO III	54
MARCO METODOLÓGICO	54
3.1 Enfoque de la Investigación:	54
3.2 Alcance de la Investigación:	54
3.3 Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos	55
3.4 Población y Muestra	55
3.5 Tipos de muestra en investigación cuantitativa	55

CAPÍTULO IV	56
Propuesta o Informe	56
4.1 Presentación y Análisis de Resultados	56
4.1.1 Descripción de la Propuesta.	56
4.1.2 Flujograma de la Elaboración de la Propuesta	57
4.2 Recolección de la Materia Prima	57
4.2.1 Extracción de Fibra del Pseudotallo del Banano.	59
Extracción de Fibra de la Fibra de Coco	61
Extracción de la Cascarilla de Arroz	62
4.3 Limpieza de las Fibras y Cascarilla.	63
4.3.1 Procedimiento de Limpieza de la Materia Prima.....	63
4.4 Secado de la Materia Prima	65
4.5 Dosificación de Residuos Agrícolas	66
4.5.1 Detalle Gráfico de Marco Estructural a Base de Caña Chancada.....	67
4.5.1.1 Detalle por Materiales del Panel Propuesto.	68
4.6 Elaboración del Nuevo Material	68
4.6.1 Materiales	68
4.6.2 Herramientas	69
4.6.3 Pasos para Elaborar el Panel Propuesto.	70
4.6.4 Análisis de Mezclas	73
4.6.4.1 Análisis – Mezcla 1:	73
4.6.4.2 Análisis – Mezcla 2:	74
4.6.4.3 Análisis – Mezcla 3:	75
4.6.4.4 Análisis – Mezcla 4:	76
4.6.4.5 Análisis – Mezcla 5:	77
4.6.4.6 Análisis – Mezcla 6:	78
4.6.4.7 Análisis – Mezcla 7:	79
4.6.5 Conclusión.....	80
4.7 Dosificaciones para Probetas	80
4.7.1 Probetas 4x4x4 – Dosificación	81
4.7.2 Probetas 4x4x16 – Dosificación	82
4.7.3 Probetas 15x15x5 – Dosificación	83
4.8 Secado de prototipos	84
4.8.1 Condiciones iniciales de secado.....	84

4.8.2 Secado natural	84
4.9 Pruebas de laboratorio	85
4.9.1 Ensayo: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	86
4.9.2 Ensayo: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.....	86
4.9.3 Conclusión de los ensayos de Flexión y Compresión	87
4.9.4 Ensayo de absorción al agua por inmersión	87
4.10 Cuadro Comparativo	89
4.11 Manual Instalación.....	89
CONCLUSIONES.....	90
RECOMENDACIONES.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Impacto ambiental de la agricultura	8
Tabla 2 Producción de arroz	9
Tabla 3 Gestión de residuos agrícolas e industriales (INIAP, 2020)	10
Tabla 4 Cultivos transitorios de arroz	12
Tabla 5 Características químicas de Fibra de Plátano	13
Tabla 6 Impacto económico del banano en Ecuador.....	14
Tabla 7 Aplicación de fibras naturales, especialmente la fibra de coco	15
Tabla 8 Aprovechamiento de residuos del coco	16
Tabla 9 Aprovechamiento de residuos industriales y uso sostenible del yeso en la construcción	17
Tabla 10 Uso histórico y sostenible de morteros estructurales a base de cal y yeso	19
Tabla 11 Uso de cal y biocompuestos con fibras agrícolas.....	21
Tabla 12 Biocompuestos de yeso reforzados con fibras de palmera datilera para edificaciones sostenibles	22
Tabla 13 Evaluación de compuestos epóxicos con fibras de yute y coco.....	23
Tabla 14 Evaluación de paneles de fibra de coco como aislante térmico	24
Tabla 15 Desarrollo de biocompuesto de fibra de coco con aglutinante biológico.....	25
Tabla 16 Desarrollo de aislante térmico a base de celulosa y cáscara de arroz	26
Tabla 17 Compuesto epóxico reforzado con fibras híbridas de residuos agrícolas	27
Tabla 18 Concreto reforzado con fibras vegetales	28
Tabla 19 Concreto verde con residuos de fibra de coco y ceniza de cascarilla de arroz	29
Tabla 20 Concreto reforzado con estopa de coco y penca de atún	30
Tabla 21 Biocompuesto con fibra de plátano, cáscara de maní y poliestireno reciclado	31
Tabla 22 Elaboración de panel de construcción con fibra de plátano y cáscara de maní recicladas	32
Tabla 23 Elaboración de panel de construcción con fibra de plátano y cáscara de maní recicladas	33
Tabla 24 Evaluación del yeso reforzado con fibra de coco	34
Tabla 25 Comparación y resultados de modelos.....	46
Tabla 26 Normativas Arquitectónicas	52
Tabla 27 Normativas Estructurales	52
Tabla 28 Normativas Estructurales	53
Tabla 29 Opciones de secado	66
Tabla 30 Dosificación de panel tradicional convencional	67
Tabla 31 Prototipo 1	73
Tabla 32 Prototipo 2.....	74
Tabla 33 Prototipo 3.....	75
Tabla 34 Prototipo 4.....	76
Tabla 35 Prototipo 5.....	77
Tabla 36 Prototipo 6.....	78
Tabla 37 Prototipo 7.....	79
Tabla 38 Dosificación 1 (4x4x4).....	81
Tabla 39 Dosificación 2 (4x4x4).....	81
Tabla 40 Dosificación 3 (4x4x4).....	81
Tabla 41 Dosificación 1 (4x4x16).....	82
Tabla 42 Dosificación 2 (4x4x16).....	82
Tabla 43 Dosificación 3 (4x4x16).....	82
Tabla 44 Dosificación 1 (15x15x5).....	83
Tabla 45 Dosificación 2 (15x15x5).....	83
Tabla 46 Dosificación 3 (15x15x5).....	83
Tabla 47 Resistencia a la Compresión	86
Tabla 48 Resistencia a la flexión	87
Tabla 49 Dosificación Elegida.....	87
Tabla 50 Cuadro Comparativo	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Producción arroz en Ecuador	12
Figura 2 SEM de fibra de Coco.....	18
Figura 3 Mapeo de Proyectos	35
Figura 4 Construcción de viviendas sismo resistentes	36
Figura 5 Proyecto Mi Abrigo.....	37
Figura 6 Proyecto Casa en Playa del Carmen.....	38
Figura 7 Proyecto de Templo Tulum.....	39
Figura 8 Proyecto de Pabellón Ecológico En Alsace.....	40
Figura 9 Terminal del Aeropuerto Madrid-Barajas.....	41
Figura 10 Bastidor de Monasterio de Jetvana en India	42
Figura 11 Las casas de Shirakawa-go.....	43
Figura 12 Proyecto de Casa de playa Tierra Quemada	44
Figura 13 Proyecto de las cabañas vernáculas africanas	45
Figura 14 Fibra de Plátano.....	47
Figura 15 Flujograma Elaboración Prototipo	57
Figura 16 Desechos agrícolas/ Pseudotallo del plátano.....	58
Figura 17 Desecho agrícola / Coco.	58
Figura 18 Recolección de la Cascarilla de arroz.	58
Figura 19 Corte Pseudotallo	59
Figura 20 Retirode Pseudotallo del.....	59
Figura 21 Retiro de la pulpa del pseudotallo del banano	60
Figura 22 Fibra extraída, sin pulpa	61
Figura 23 Recolección de cascara de coco.	61
Figura 24 Fibra de coco	62
Figura 25 Cascarilla de arroz	62
Figura 26 Materiales de limpieza	63
Figura 27 Procedimiento de limpieza.....	64
Figura 28 Vaciado de materia prima	64
Figura 29 Control de Temperatura.....	64
Figura 30 Secado al aire libre	65
Figura 31 Secado de la materia prima en el horno.....	65
Figura 32 Materia prima seca	66
Figura 33 Detalle de estructura de caña chancada	67
Figura 34 Detalle de composición del panel.....	68
Figura 35 Materiales del prototipo	68
Figura 36 Figura 38 Materiales del prototipo (Desechos Agrícolas)	69
Figura 37 Herramientas	69
Figura 38 Llenado de Moldes.....	70
Figura 39 Primera capa.....	70
Figura 40 Segunda capa.....	71
Figura 41 Tercera capa.....	71
Figura 42 Estructura de plancha	72
Figura 43 Prototipo plancha de Tumbado.....	72
Figura 44 Prototipo 1	74
Figura 45 Prototipo 2.....	75
Figura 46 Prototipo 3.....	76
Figura 47 Prototipo 4.....	77
Figura 48 Prototipo 5.....	78
Figura 49 Prototipo 6.....	79
Figura 50 Prototipo 7.....	80

Figura 51 Dosificaciones (4x4x4).....	82
Figura 52 Dosificaciones (4x4x16).....	83
Figura 53 Dosificaciones (15x15x5).....	84
Figura 54 Equipo de Laboratorio "MUE"	85
Figura 55 Pruebas de Compresión	86
Figura 56 Pruebas de Flexión	86
Figura 57 Ensayo de absorción de agua	88
Figura 58 Ensayo de absorción de agua	88
Figura 59 Manual de instalación	89

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Prueba Resistencia a la compresión.....	96
ANEXO 2 Prueba Resistencia a la flexión	97
ANEXO 3 elaboración de Prototipo	98
ANEXO 4 Elaboracion de Prototipo	98
ANEXO 5 Resultado	98
ANEXO 6 Prueba Laboratorio	99
ANEXO 7 APU Tumbado Prototipo	100
ANEXO 8 APU Tumbado Tradicional	101

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación se centra en el desarrollo de prototipos de planchas de tumbado de yeso reforzado con cascarilla de arroz y fibra de plátano, como una alternativa sostenible a los materiales convencionales de construcción. La problemática abordada surge del alto impacto ambiental del sector construcción, que contribuye significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y del manejo inadecuado de los residuos agrícolas en Ecuador, cuyo aprovechamiento podría generar materiales de construcción innovadores y sostenibles.

A nivel local, la investigación se realizó considerando la disponibilidad de desechos agrícolas, como cascarilla de arroz, fibra de plátano y fibra de coco, y la necesidad de mejorar la eficiencia energética de los edificios mediante materiales de bajo impacto ambiental. La propuesta es relevante porque ofrece una alternativa técnica, económica y ambientalmente responsable, promoviendo la reutilización de recursos locales y contribuyendo a la economía circular, a la vez que genera materiales de mayor resistencia y durabilidad.

El contenido del trabajo se organiza de la siguiente manera:

Capítulo 1: Planteamiento del problema, formulación de objetivos, hipótesis y relevancia del estudio.

Capítulo 2: Marco teórico, donde se analizan antecedentes sobre biocompuestos, propiedades de fibras agrícolas y materiales de construcción sostenible.

Capítulo 3: Metodología, detallando la recolección de materias primas, preparación de mezclas, fabricación de prototipos y procedimientos de ensayo.

Capítulo 4: Resultados y discusión, donde se presentan las propiedades físicas y mecánicas de los paneles, así como su comparación con materiales tradicionales. Conclusiones y recomendaciones, evaluando la viabilidad técnica, económica y ambiental del prototipo y proponiendo futuras aplicaciones y mejoras.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Prototipo de planchas de tumbado de yeso reforzado con cal, cascarilla de arroz, fibra de coco y fibra de plátano.

1.2 Planteamiento del Problema:

En los últimos años, los efectos del cambio climático se han hecho cada vez más indudables y se reconocen como un fenómeno sin precedentes en la historia reciente (IPCC, 2021). Este proceso está directamente relacionado con el incremento de los gases de efecto invernadero (GEI) originado a partir de la revolución industrial, lo cual genera riesgos significativos para los ecosistemas y para las sociedades humanas. Sin embargo, la comunidad científica y política coincide en que dichos impactos pueden atenuarse mediante la aplicación de acciones orientadas tanto a la reducción de emisiones como a la adaptación frente a las nuevas condiciones climáticas (IPCC, 2021)

En distintos niveles (regional, nacional y local), se han implementado iniciativas con el objetivo de disminuir la liberación de GEI y enfrentar los desafíos que conllevan. En este contexto, el Programa EUROCLIMA, liderado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), busca fomentar la incorporación de medidas de mitigación y adaptación en distintas escalas en América Latina. Este programa se enfoca en acciones relacionadas con sectores de alta prioridad nacional que, además, generarán beneficios adicionales (CEPAL, 2025).

En Ecuador, un tercio de la población enfrenta inseguridad alimentaria moderada, y más de dos millones de personas padecen subalimentación, una situación agravada por la pandemia. En este contexto, el sector agrícola, aunque esencial para la economía nacional y responsable de cerca del 10% del PIB, enfrenta importantes desafíos relacionados con el manejo inadecuado de los residuos. Aunque el sector agropecuario ha mostrado resiliencia, con un crecimiento promedio anual del 3,6% desde el año 2000 y representando el 50% de los ingresos por exportaciones de bienes en 2020, el manejo deficiente de los residuos agrícolas contribuye significativamente a la emisión de Gases de efecto invernadero (GEI). La quema de estos residuos no solo aumenta las emisiones de carbono, sino que también limitan

el potencial de aprovechamiento energético y sostenible de estos subproductos (FAO, 2022).

En el caso de Ecuador, el sector agrícola se ubica como el tercer mayor contribuyente de gases de efecto invernadero (GEI), con una participación del 18,03% de las emisiones nacionales, lo que corresponde a 14.515,94 Gg de CO₂-eq reportados en 2010. Una práctica frecuente dentro de este sector es la quema de residuos agrícolas tras los ciclos de cultivo, la cual libera pequeñas cantidades de CH₄, CO₂, N₂O y NO_x. Para ese mismo año, estas emisiones fueron calculadas en 53,75 Gg de CO₂-eq, equivalentes al 0,37% del total agrícola (Ministerio del ambiente, 2020).

El incremento sostenido del CO₂ atmosférico ha acelerado el calentamiento global, donde los sectores residencial y comercial desempeñan un papel importante. Una de las estrategias más efectivas para mitigar este impacto es optimizar la eficiencia energética en edificaciones, principalmente a través de sistemas de aislamiento mejorados. Sin embargo, los materiales convencionales de construcción presentan una elevada huella de carbono, lo que limita los beneficios ambientales de estas medidas. En este contexto, los biocompuestos han surgido como una alternativa viable y sostenible; fibras agrícolas como paja de trigo, corteza de eucalipto, tallos de maíz, cáscara de arroz y cáscara de nuez se destacan por su potencial en la elaboración de materiales aislantes (Ríos et al., 2024).

A nivel global, el sector de la construcción concentra aproximadamente el 37% de las emisiones de GEI, principalmente por la producción de insumos como cemento, acero y aluminio. Si bien las emisiones operativas asociadas a calefacción, refrigeración e iluminación han disminuido de un 75% a un 50% proyectado, las emisiones embebidas en los materiales aún representan un desafío considerable. Según el informe del PNUMA y Yale CEA, elaborado en el marco de la Alianza Global para Edificios y Construcción, es fundamental aplicar estrategias como reducir la producción innecesaria, promover el uso de materiales renovables y descarbonizar los convencionales. Dichas medidas son esenciales para avanzar hacia el objetivo de cero emisiones netas en el sector de la construcción hacia mediados del siglo XXI (ONU, 2023b).

En la industria de la construcción, los materiales convencionales como el cemento ¿son ampliamente utilizados debido a su disponibilidad y desempeño técnico. Sin embargo, estos materiales están asociados con un alto impacto ambiental, derivado de procesos de producción intensivos en energía y generadores de emisiones de carbono. A medida que la necesidad de adoptar prácticas más sostenibles se vuelve apremiante, surge la interrogante de cómo incorporar materiales alternativos que combinen un buen desempeño técnico, una menor huella de carbono y el aprovechamiento de residuos agrícolas.

Con el propósito de dar una respuesta a esta problemática, se plantea el diseño de un prototipo de planchas de yeso para tumbado, reforzadas con cascarilla de arroz y fibras de plátano y coco. Esta alternativa constituye una propuesta innovadora orientada a disminuir los impactos ambientales generados por la industria de la construcción. El empleo de subproductos agrícolas no solo favorece la reducción de desechos, sino que también contribuye a la disminución de la huella de carbono de un sector considerado entre los principales emisores de gases de efecto invernadero a nivel mundial. La incorporación de estos biocomponentes, caracterizados por su abundancia y bajo costo, optimiza de manera notable las propiedades mecánicas del yeso, incrementando su resistencia y durabilidad, lo que amplía sus posibilidades de uso en proyectos de construcción sostenible. Además, este planteamiento impulsa la economía circular mediante la reutilización de recursos locales y se presenta como una opción factible frente a los materiales convencionales, en coherencia con las metas globales de descarbonización y el desarrollo de insumos renovables.

1.3 Formulación del Problema:

¿Es viable técnica, económica y ambientalmente desarrollar planchas de tumbado de yeso reforzado con cascarilla de arroz y fibra de plátano como alternativa sostenible a los materiales tradicionales en la construcción?

1.4 Objetivo General

Desarrollar un prototipo de planchas de tumbado de yeso reforzado con cascarilla de arroz y fibra de plátano, evaluando su viabilidad técnica, económica y ambiental como una alternativa sostenible a los materiales convencionales en la construcción.

1.5 Objetivos Específicos

- Analizar el estado del arte sobre el uso de biocompuestos en la construcción, con énfasis en la aplicación de cascarilla de arroz y fibra de plátano como materiales de refuerzo en yeso, para entender sus propiedades mecánicas y ambientales.
- Determinar las propiedades de la materia prima que se utilizará en la formación del nuevo material.
- Evaluar las propiedades del material compuesto mediante los ensayos físicos y mecánicos.
- Detallar el sistema de implementación en obra de las planchas de cielo raso

1.6 Hipótesis

La incorporación de cascarilla de arroz y fibra de plátano en la elaboración de paneles de yeso permitirá obtener un material compuesto con propiedades aislantes mejoradas. Este material será aplicable como cielo raso en edificaciones, contribuyendo a la reducción de la transferencia térmica en interiores. El uso de estos subproductos agrícolas incrementa la resistencia mecánica y la cohesión del panel, sin comprometer su durabilidad. Además, se anticipa que su implementación favorecerá la eficiencia energética de los edificios, reduciendo la demanda de sistemas de calefacción y refrigeración. Por tanto, el desarrollo de este biocompuesto ofrece una alternativa sostenible y de bajo costo, promoviendo la economía circular y disminuyendo la huella de carbono asociada a la construcción convencional.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Tecnologías de construcción y materiales innovadores

CAPÍTULO II MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Contextual

El sector de la construcción es responsable del 37% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, principalmente por el uso de materiales como cemento, acero y aluminio. Si bien las emisiones operativas, derivadas de la calefacción, refrigeración e iluminación, han disminuido del 75% al 50% proyectado, el impacto ambiental de los materiales sigue siendo un desafío pendiente. Un informe del PNUMA y Yale CEA, en colaboración con la Alianza Global para Edificios y Construcción, destaca la necesidad de adoptar estrategias clave: reducir la producción innecesaria, fomentar el uso de materiales renovables y descarbonizar los convencionales. Estas acciones son esenciales para alcanzar la meta de cero emisiones netas en el sector a mediados del siglo XXI (ONU, 2023b).

La refrigeración desempeña un papel relevante en el incremento del calentamiento global. En la actualidad, gran parte de los sistemas utilizan hidrofluorocarbonos como agentes refrigerantes, compuestos que poseen un alto potencial de efecto invernadero y requieren gran cantidad de energía, intensificando así su impacto climático. Aunque la Enmienda de Kigali del Protocolo de Montreal contempla la eliminación progresiva de estas sustancias, si no se implementan soluciones alternativas, se estima que las emisiones generadas por la refrigeración y el aire acondicionado podrían duplicarse hacia el 2030 y triplicarse para el 2050, superando el 7% del total mundial. Paradójicamente, mientras más buscamos enfriar nuestro entorno, más contribuimos al calentamiento del planeta. Para revertir esta tendencia, es necesario transformar la forma en que se lleva a cabo la refrigeración (ONU, 2023a). Mark Radka (MR) advierte que, de mantenerse las tendencias actuales, para el año 2050 aproximadamente 1.000 ciudades experimentarán temperaturas promedio de 35°C durante el verano, casi triplicando las 350 ciudades afectadas en la actualidad. Además, la cantidad de habitantes urbanos expuestos a estas condiciones extremas se incrementará en un 800%, llegando a 1.600 millones a mediados del siglo XXI.

El uso de refrigeración, dependiente de redes eléctricas basadas en combustibles fósiles, representará el 18% del aumento global de emisiones de CO₂

entre 2016 y 2050 (Naciones Unidas, 2023). Las cargas máximas, frecuentemente cubiertas por generación fósil, agravan aún más el impacto del sector energético.

Aunque la transición a energías limpias ha reducido la intensidad de emisiones de la red, la Agencia Internacional de la Energía estima que las emisiones indirectas por refrigeración casi se duplicarán, pasando de 1.135 millones de toneladas en 2016 a 2.070 millones en 2050. Esto sin considerar las emisiones directas de los refrigerantes. De mantenerse esta tendencia, el aire acondicionado en edificios residenciales podría contribuir hasta 0,5 °C al calentamiento global para 2100 (UNEP, 2021).

Ecuador forma parte del reducido grupo de doce naciones consideradas megadiversas, al concentrar entre el 60% y el 70% de la biodiversidad del planeta. Esta riqueza natural constituye un pilar esencial para el desarrollo económico, social, cultural y productivo del país. Sin embargo, la estructura agraria evidencia una fuerte desigualdad entre la Agricultura Empresarial (AE) y la Agricultura Familiar Campesina (AFC). La AE, pese a abarcar únicamente el 15% de las Unidades de Producción Agrícola (UPAs), controla alrededor del 80% de la tierra cultivable, consume el 63% del agua de riego y se orienta principalmente a la agroexportación mediante un uso intensivo de agroquímicos y energía.

En oposición, la AFC representa el 84,5% de las UPAs, aunque dispone solo del 20% de la tierra y del 37% del agua destinada al riego; su producción se dirige en gran medida al abastecimiento interno. Más del 64% de la producción agrícola nacional procede de pequeños agricultores, quienes garantizan el 60% de los alimentos que se consumen en el país. Además, la AFC tiene un rol relevante en las exportaciones: concentra aproximadamente el 80% de las UPAs dedicadas al cacao y el 93% de las vinculadas al café.

Durante los últimos años, las exportaciones provenientes de la producción campesina han experimentado un crecimiento importante. No obstante, los cultivos destinados a la exportación son los que más demandan recursos hídricos, mientras que los cultivos de ciclo corto, que en su mayoría corresponden a la AFC, no logran cubrir ni la mitad de sus requerimientos de agua. A pesar de estas disparidades, el sector agropecuario continúa siendo clave: ocupa al 38% de la Población

Económicamente Activa (PEA) y, en el año 2010, aportó el 17,3% al Producto Interno Bruto (PIB) nacional (FAO, 2024)

Tabla 1 Impacto ambiental de la agricultura

Tema: Impacto ambiental de la agricultura y sostenibilidad en el uso del suelo y recursos hídricos a nivel mundial	
	<p>Tipo: Agricultura</p> <p>Año: 2020</p> <p>Categoría: Artículo científico</p>
Descripción	<p>Según el informe de la FAO (2020), la agricultura representa la principal actividad humana en términos de uso del suelo, ocupando el 37% de la superficie cultivable y consumiendo dos tercios del agua utilizada por la humanidad. Esta actividad es la mayor fuente de contaminación del agua con nitratos, fosfatos y plaguicidas, y contribuye significativamente a las emisiones de metano y óxido nitroso, gases de efecto invernadero. Además, afecta negativamente a los ecosistemas, acelera la pérdida de biodiversidad, y compromete su propia sostenibilidad mediante la degradación del suelo, salinización, y reducción de la diversidad genética agropecuaria (FAO, 2020).</p> <p>Se destaca que prácticas agrícolas sostenibles pueden revertir parte de este impacto, promoviendo el almacenamiento de carbono, la mejora del ciclo hídrico y la conservación de la biodiversidad. No obstante, la quema de biomasa vegetal sigue siendo una fuente importante de contaminación atmosférica, con el 90% de los incendios atribuidos a actividades humanas (FAO, 2020).</p>
Palabras claves	<p>Agricultura</p> <p>Uso del suelo</p> <p>Agua</p> <p>Contaminación</p> <p>Sostenibilidad</p>

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 2 Producción de arroz

<p>Tema: Producción de arroz, emisiones de gas metano y sostenibilidad agrícola en Ecuador</p>	<p>Tipo: Agricultura</p> <p>Año: < 5 años (2020–2024)</p>	<p>Categoría</p> <p>Artículo técnico / informe institucional</p>
<p>Descripción</p>	<p>El cultivo de arroz en sistemas inundados representa cerca del 20% de las emisiones agrícolas de metano a nivel mundial. Aunque se prevé un aumento del 10% en la superficie dedicada a este cultivo para 2030, las emisiones podrían disminuir mediante prácticas más eficientes de riego y nutrientes, así como con variedades mejoradas que emiten menos metano (FAO, 2020).</p> <p>En Ecuador, el arroz constituye uno de los alimentos esenciales dentro de la canasta básica, con un consumo promedio anual de 50 kg por persona. El Ministerio de Agricultura y Ganadería forma parte del Clúster del Arroz, una iniciativa que reúne a los principales actores de la cadena de valor con el objetivo de fortalecer la competitividad y la sostenibilidad del sector. Esta industria abarca a más de 65.000 productores, 10 empresas de semillas, 40 proveedores de insumos agrícolas y más de 700 piladoras. En promedio, el país destina 309.000 hectáreas al cultivo de arroz, generando cerca de 778.680 toneladas métricas de arroz pilado cada año (MAG, 2024).</p>	
<p>Palabras claves</p>	<p>Arroz Metano Agricultura sostenible Emisiones Cadena de valor</p>	

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 3 Gestión de residuos agrícolas e industriales (INIAP, 2020)

<p>Tema: Gestión de residuos agrícolas e industriales: potencial de la cascarilla de arroz (RHA) y cenizas volantes (FA) en la ingeniería civil</p>		<p>Tipo: Agricultura</p>	<p>Categoría</p>
		<p>Año: < 5 años (2021–2025)</p>	<p>Artículo técnico / Informe científico</p>
<p>Descripción</p>	<p>Se estima que la producción mundial de cascarilla de arroz (RHA) alcanzó los 149 millones de toneladas en 2010, lo que permitiría generar aproximadamente 37 millones de toneladas de ceniza mediante incineración (FAO, 2020). En países como Vietnam, la RHA carece de aplicaciones industriales y es frecuentemente desechada, generando contaminación. A su vez, la producción de cenizas volantes (FA) provenientes de plantas termoeléctricas alcanzó 480 millones de toneladas en el año 2000 (ECOBA/NTPC, 2025). Esto plantea desafíos ambientales urgentes. La cascarilla de arroz, subproducto del proceso de molienda, presenta una composición rica en sílice amorfa (95–98%) y componentes orgánicos como celulosa, hemicelulosa y lignina. Su densidad es de 1125 kg/m³, tiene un poder calorífico de 3300 kcal/kg, y contiene un 6,62% de humedad. Su estructura externa presenta papilas simples y una alta superficie específica (272,50 m²/g). Químicamente, está compuesta por un 39,1% de carbono, 5,2% de hidrógeno, 0,6% de nitrógeno y 17,8% de cenizas (Cedeño et al., 2021).</p>		
<p>Palabras claves</p>	<p>Arroz Gas metano Emisiones Cadena de valor</p>		

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

2.1.1 Historia

El cultivo de arroz en sistemas inundados es una de las principales fuentes agrícolas de metano, representando cerca del 20% de las emisiones generadas por actividades humanas. Se estima que la superficie dedicada a este cultivo aumentará en un 10% para 2030. No obstante, el crecimiento de las emisiones podría ser más moderado, ya que una mayor proporción del arroz se producirá bajo un manejo más eficiente del riego y los nutrientes, además de la incorporación de variedades que generen menores niveles de metano (FAO, 2015).

En Ecuador, el arroz es un alimento esencial dentro de la canasta básica, ya que constituye una de las principales fuentes de carbohidratos. El consumo anual por persona ronda los 50 kilogramos. Debido a su relevancia y la participación de diversos sectores, el Ministerio de Agricultura y Ganadería forma parte del Clúster del Arroz, una iniciativa que busca fortalecer la cadena productiva, fomentar la cooperación comercial y mejorar la competitividad del sector. Este clúster reúne a actores clave, incluyendo asociaciones de productores, agroindustrias y piladoras, proveedores de semillas e insumos, entidades bancarias, universidades, centros de investigación y comercializadores del grano. Su objetivo es desarrollar estrategias que optimicen la eficiencia y competitividad del cultivo de arroz en el país.

Actualmente, el sector arrocero involucra a aproximadamente 65.000 productores, 10 empresas de semillas, cerca de 40 proveedores de agroinsumos, 711 piladoras y un número indeterminado de comercializadoras. En los últimos años, Ecuador ha destinado un promedio de 309.000 hectáreas al cultivo de arroz, con una producción anual de 1.545.000 sacos de arroz en cáscara, lo que equivale a 778.680 toneladas métricas de arroz pilado (MAG, 2024)

La producción de arroz en Ecuador se realiza de manera continua durante todo el año, siguiendo un sistema escalonado de siembra y cosecha que permite mantener el suministro constante del grano. En determinadas zonas agrícolas, es posible realizar hasta tres ciclos de cultivo anuales, optimizando el uso del suelo y aumentando la productividad. Según datos del año 2021, la superficie total sembrada a nivel nacional alcanzó las 342.967 hectáreas, evidenciando la relevancia del cultivo para la seguridad alimentaria y la economía del país.

La mayor concentración de la producción se encuentra en la provincia del Guayas, la cual aporta aproximadamente el 62,53 % de la superficie sembrada, lo que refleja su papel estratégico dentro del sector agrícola ecuatoriano (ESPAC, 2021). Esta concentración geográfica no solo responde a condiciones climáticas y de suelo favorables, sino también a la existencia de infraestructura de riego, transporte y comercialización que facilita la eficiencia del cultivo. Además, la producción escalonada y la diversificación de ciclos permiten a los agricultores mitigar riesgos asociados a plagas, sequías o lluvias intensas, asegurando una oferta estable de arroz durante todo el año y contribuyendo al desarrollo socioeconómico de las comunidades rurales involucradas.

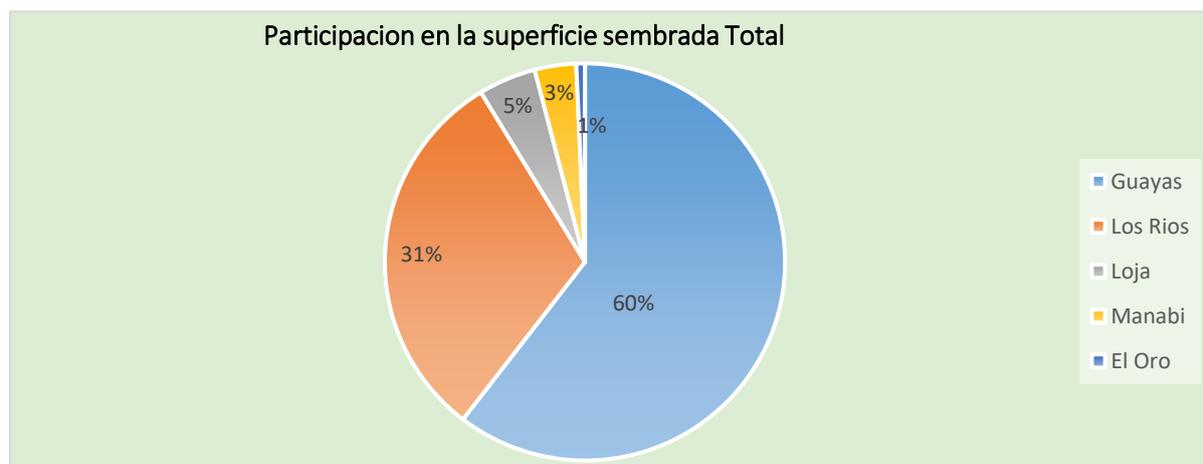
Tabla 4 Cultivos transitorios de arroz

AÑO	SUPERFICIE (HAS)		PRODUCCION	VENTAS (1M)
	Plantada	Cosechada		
2019	261,770	257,273	1,099,686	1,054,862
2020	315,023	312,876	1,336,502	1,305,990
2021	342,967	340,281	1,504,214	1,446,282

Fuente: ESPAC, (2021)

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 1 Producción arroz en Ecuador



Fuente: ESPAC, (2021)

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

La cascarilla de arroz es la capa externa del grano que se retira durante la molienda y posee una composición de aproximadamente 35-40% de celulosa, 15-20% de hemicelulosa y 20-25% de lignina. Presenta baja densidad, volumen considerable y está formada por capas estructurales, fibrosas, esponjosas y celulares. Su fracción inorgánica contiene principalmente sílice hidratada amorfa (95-98%), y químicamente se compone de carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, azufre y cenizas (Cedeño Alfredo et al., 2021).

A nivel mundial, la producción de cáscaras de arroz ha ido en aumento, alcanzando cifras cercanas a 149 millones de toneladas en 2010, lo que permitiría generar grandes cantidades de RHA mediante incineración. En algunos países, como Vietnam, este subproducto se desecha en ríos, causando contaminación. De manera similar, la ceniza volante (FA), generada principalmente por centrales termoeléctricas, alcanza cientos de millones de toneladas anuales. Por ello, el manejo eficiente de estos residuos se ha vuelto prioritario, impulsando al sector de la ingeniería civil a desarrollar materiales sostenibles que incorporen de manera segura estos subproductos (Hwang & Huynh, 2015).

Tabla 5 Características químicas de Fibra de Plátano

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	PORCENTAJE
Características	Biodegradable
Celulosa	73.50%
Cenizas	6-8%
Ceras, grasas, resinas	11.79%
Elongación de la ruptura	No se quiebra fácilmente
Hemicelulosa	6-8%
Lignina (polímero de la pared celular de la fibra)	12.99%
Recuperación de la humedad	9.86%

Fuente: (Torres, 2013)

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 6 Impacto económico del banano en Ecuador

<p>Tema: Impacto económico del banano en Ecuador y aprovechamiento sostenible de la fibra de plátano</p>		<p>Tipo: Agricultura</p>	<p>Categoría Artículo técnico / Informe científico</p>
		<p>Año: < 5 años (2024)</p>	
<p>Descripción</p>	<p>El cultivo de banano (<i>Musa AAA</i>) es el principal motor agrícola de la economía ecuatoriana. En 2010, Ecuador exportó 4,83 millones de toneladas, representando un tercio del mercado mundial, con ingresos de 1.900 millones de dólares (AEBE, 2010). El sector genera el 3,84% del PIB nacional y el 50% del PIB agrícola. Más de un millón de familias dependen de esta industria (INIAP, 2020).</p> <p>A pesar de su relevancia en la alimentación, gran parte del plátano no se aprovecha comercialmente, alcanzando solo un 12% de uso efectivo, mientras que el 88% termina como residuo. Este material desechado puede ser transformado en un recurso útil mediante la extracción de fibra de plátano, especialmente de la variedad <i>Musa textilis</i> o plátano de Manila. La fibra obtenida destaca por su resistencia, durabilidad y carácter ecológico, siendo utilizada en la confección de ropa sostenible y cómoda, así como en la elaboración de papel reciclado para filtros y embalajes.</p> <p>Su uso reduce el impacto ambiental al sustituir fibras sintéticas y fomentar la economía circular (Arias, 2024). En conclusión, la fibra de plátano es un recurso versátil y sostenible con aplicaciones en sectores como la industria textil, la construcción y la producción de papel</p>		
<p>Palabras claves</p>	<p>Musa Fibra natural Sostenibilidad Aprovechamiento de residuos</p>		

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 7 Aplicación de fibras naturales, especialmente la fibra de coco

<p>Tema: Aplicación de fibras naturales, especialmente la fibra de coco, en aislamiento térmico y acústico para edificaciones sostenibles</p>		<p>Tipo: Agricultura</p>	<p>Categoría</p> <p>Artículo científico / Revisión técnica</p>
		<p>Año: < 5 años (2024-2025)</p>	
<p>Descripción</p>	<p>Las fibras naturales y residuos agroindustriales, en combinación con aglutinantes biológicos, se están posicionando como alternativas viables para desarrollar materiales de aislamiento térmico y acústico sostenibles. Dehdashti et al. (2024) y Mohammadi et al. (2024) destacan que el comportamiento de las fibras depende de características como su densidad, espesor, morfología y capacidad de resistir el flujo de aire. Aun así, ciertos aspectos, como la absorción de humedad y la pobre adhesión a matrices poliméricas, limitan su efectividad. No obstante, el desarrollo de tecnologías como la inteligencia artificial, la simulación por computadora y la impresión 3D está abriendo caminos prometedores para mejorar y ampliar las aplicaciones de estos materiales. Entre las fibras destacadas, la fibra de coco se presenta como una opción muy prometedora por su resistencia natural, durabilidad, baja densidad y alta resistencia a la tracción. Obtenida del mesocarpio del coco, esta fibra posee un alto contenido de lignina y celulosa, lo que le confiere propiedades mecánicas y térmicas ideales para la construcción sostenible (Figueiredo et al., 2025).</p>		
<p>Palabras claves</p>	<p>Fibras naturales Fibra de coco Aislamiento térmico Aislamiento acústico Sostenibilidad Agroindustria Construcción ecológica</p>		

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 8 Aprovechamiento de residuos del coco

<p>Tema: Aprovechamiento de residuos del coco, especialmente la fibra, para productos textiles sostenibles y resistentes</p>		<p>Tipo: Materiales naturales / Economía circular</p>	<p>Categoría Artículo científico / Revisión técnica</p>
		<p>Año: < 5 años (2020)</p>	
<p>Descripción</p>	<p>Anualmente se generan aproximadamente 12,75 toneladas de residuos lignocelulósicos secos derivados del coco (<i>Cocos nucifera</i>), incluyendo partes como el raquis, la raquilla, hojas, espata, raíz, pecíolos, cáscara y especialmente la fibra de coco. Esta última resalta por su alto contenido de lignina, que le proporciona rigidez, durabilidad y resistencia al deterioro.</p> <p>Gracias a su capacidad para resistir la humedad, soportar condiciones climáticas adversas y mantener los colorantes, la fibra de coco se ha convertido en un material ampliamente utilizado en la elaboración de alfombras, esteras, felpudos, cuerdas, cordeles y cepillos. Su naturaleza biodegradable y amigable con el medio ambiente la destaca como un recurso fundamental para la creación de textiles sostenibles (Jayavani et al., 2020)</p>		
<p>Palabras claves</p>	<p>Residuos del coco Fibra de coco Lignina Productos textiles Sostenibilidad Materiales biodegradables</p>		

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 9 Aprovechamiento de residuos industriales y uso sostenible del yeso en la construcción

<p>Tema: Aprovechamiento de residuos industriales para la obtención y uso sostenible del yeso en la construcción</p>	
	<p>Tipo: Materiales inorgánicos / Economía circular</p> <p>Categoría Artículo científico / Revisión técnica</p> <p>Año: 2024</p>
<p>Descripción</p>	<p>El yeso ha sido utilizado en la construcción durante milenios como uno de los tres principales aglutinantes inorgánicos, junto con el cemento y la cal. Se distingue por su bajo impacto ambiental y el reducido consumo energético en el procesamiento de la materia prima. La producción de yeso mediante calcinación contribuye con aproximadamente 0,11 toneladas de CO₂ por cada tonelada procesada, lo que equivale a apenas una fracción de las emisiones generadas por la cal o el clínker de cemento. En la actualidad, los residuos sólidos industriales se han convertido en una fuente estratégica para obtener este material, y su manejo eficiente es indispensable debido a su gran disponibilidad. Los productos derivados del yeso se valoran por sus propiedades funcionales, destacando su capacidad de resistir el fuego y ofrecer aislamiento tanto térmico como acústico. Además, implementar prácticas de reciclaje de yeso no solo protege el medio ambiente, sino que también fomenta un desarrollo económico sostenible. A pesar de estas ventajas, el yeso presenta limitaciones propias, como su fragilidad y la disminución de resistencia cuando entra en contacto con el agua (Xu et al., 2024).</p>
<p>Palabras claves</p>	<p>Yeso Residuos industriales Aislante térmico y acústico Reciclaje de materiales Sostenibilidad</p>

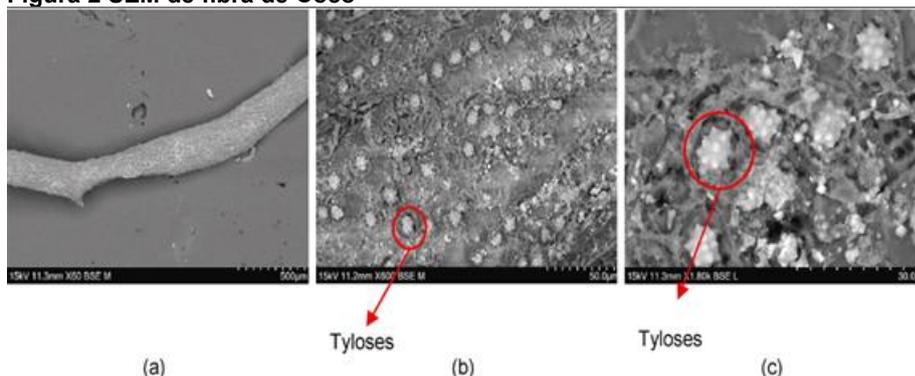
Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

2.1.2 Propiedades Morfológicas y Elementales de las Fibras de Coco

De acuerdo a sus propiedades físico – estructurales, las fibras de coco presentan variaciones significativas en su capacidad de retención de agua y aireación en función del grosor de sus filamentos. Las fibras de coco de estructura fina, caracterizadas por su elevada capilaridad y mayor superficie específica, muestran una notable capacidad de retención hídrica, lo que las convierte en un sustrato ideal para cultivos que requieren condiciones de alta humedad. En contraste, las fibras de mayor grosor, como las estándar y las gruesas, poseen una estructura menos compacta y más porosa, lo que promueve una mayor aireación del sistema radicular y facilita el drenaje del exceso de agua. Esta diferenciación en la estructura física influye directamente en la conductividad hidráulica del sustrato, afectando tanto la disponibilidad de agua para las plantas como la oxigenación radicular, parámetros fundamentales para un desarrollo vegetal óptimo en sistemas de cultivo sin suelo.

Las micrografías revelan la morfología superficial de las fibras de coco, las cuales presentan una textura exterior rugosa con pequeñas estructuras globulares de tílosas distribuidas a lo largo de la fibra (Fig. 3(a)). En las imágenes de las Fig. 3(b) y 3(c), se puede apreciar un patrón de distribución ordenada de estas tílosas dentro de la estructura interna de las fibras (Figueiredo et al., 2025).

Figura 2 SEM de fibra de Coco



Fuente: Figueiredo et al., (2025)

Tabla 10 Uso histórico y sostenible de morteros estructurales a base de cal y yeso

Tema: Uso histórico y sostenible de morteros estructurales a base de cal y yeso	Tipo: Materiales tradicionales / Construcción sostenible Año: 2022-2024	Categoría Artículo científico / Revisión técnica
Descripción	<p>Los morteros estructurales han sido fundamentales para unir elementos en construcciones de mampostería. Durante gran parte de la historia hasta el siglo XIX, la cal y el yeso fueron los principales materiales empleados en morteros. La civilización romana impulsó el uso de la cal gracias a la identificación de aglutinantes de alto rendimiento, fomentando su adopción en diversos territorios. La calidad de los morteros dependía de los recursos y tradiciones locales, donde los áridos y aditivos jugaban un papel decisivo. Por su parte, los morteros de yeso se utilizaron especialmente en zonas con abundantes yacimientos, apreciándose por su rápido fraguado, fuerte adherencia, bajo consumo energético y resistencia al fuego.</p> <p>La cal ha sido valorada por su bajo impacto ambiental, ya que su producción emite menos carbono y endurecida ayuda a la captura de CO₂. Las edificaciones históricas construidas con cal requieren mantenimiento especializado para conservar su integridad estructural y estética. Este estudio promueve su valoración y aplicación en construcciones sostenibles contemporáneas (Hapeshi et al., 2022; Vitti, 2024).</p>	
Palabras claves	Mortero de cal Mortero de yeso Construcción histórica Bajo impacto ambiental Captura de carbono Conservación patrimonial	

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

A pesar de su bajo costo y su reconocimiento como un material ecológico, el yeso tiene un uso relativamente limitado en la construcción actual. Su aplicación más común sigue siendo en revoques y placas de yeso para interiores. No obstante, su potencial va mucho más allá de estas aplicaciones. Por ejemplo, los bloques de yeso pueden emplearse en exteriores como elementos estructurales si se les aplica un tratamiento hidrofugante adecuado. Otra posibilidad prometedora es la creación de yeso ligero, que puede obtenerse en forma de pasta espumada con una estructura porosa generada mediante aditivos químicos o mediante el uso de agregados livianos (Vimmrová et al., 2011).

El yeso, compuesto por sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ha sido un material fundamental en la construcción durante siglos y sigue desempeñando un papel clave en la actualidad. En 2011, su producción global alcanzó aproximadamente 148 millones de toneladas, situándolo como el séptimo recurso más extraído a nivel mundial, detrás de los áridos, el mineral de hierro, la cal, la sal, la bauxita y el fosfato.

En 2020, en la Unión Europea (UE) se consumieron 57 millones de toneladas, principalmente en la fabricación de placas de yeso y productos de construcción. La industria del yeso es una de las más relevantes dentro del sector de la construcción en la UE, con ingresos estimados en 7,7 mil millones de euros y generando empleo directo para más de 28.000 personas.

Sin embargo, debido a su alto nivel de consumo, existe la posibilidad de que en el futuro se enfrente a una escasez global. Para abordar esta creciente demanda, que en la UE se proyecta con un aumento anual del 0,5 % al 2 % hasta 2030, se están explorando alternativas basadas en residuos industriales. Entre ellas, destacan el yeso fosforado (PG) y el yeso de desulfuración de gases de combustión (FGD), los cuales ofrecen soluciones tanto para la gestión de residuos como para el desarrollo de nuevas oportunidades (Charai et al., 2023).

Tabla 11 Uso de cal y biocompuestos con fibras agrícolas

<p>Tema: Uso de cal y biocompuestos con fibras agrícolas para una construcción sostenible y de baja huella de carbono</p>	<p>Tipo: Materiales tradicionales y Construcción sostenible Año: 2024</p>	<p>Categoría Artículo científico / Revisión técnica</p>
<p>Descripción</p>	<p>La cal es una roca sedimentaria que, tras ser calcinada, se convierte en óxido de calcio y al mezclarse con agua se transforma en un aglutinante útil en la construcción. A través del proceso de carbonatación, la cal endurecida absorbe CO₂ del ambiente, formando carbonato de calcio estable, lo cual la convierte en un material con capacidad de captura de carbono. Esta propiedad ha despertado interés en su uso en la construcción moderna. Además, la incorporación de bioaditivos ha mejorado sus propiedades mecánicas, permitiendo la creación de estructuras más resistentes y longevas, similares a las construcciones históricas (Hapeshi et al., 2022).</p> <p>Por otro lado, el aumento de emisiones de CO₂ derivado del sector de la construcción ha motivado la búsqueda de soluciones más sostenibles. Entre ellas, los biocompuestos fabricados a partir de fibras agrícolas como corteza de eucalipto, paja de trigo o cáscara de arroz representan una alternativa ecológica a los materiales convencionales con alta huella de carbono. Estos materiales favorecen el aislamiento térmico y contribuyen a la eficiencia energética de los edificios (Ríos et al., 2024).</p>	
<p>Palabras claves</p>	<p>Carbonatación Fibras agrícolas Biocompuestos Aislamiento sostenible Huella de carbono</p>	

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

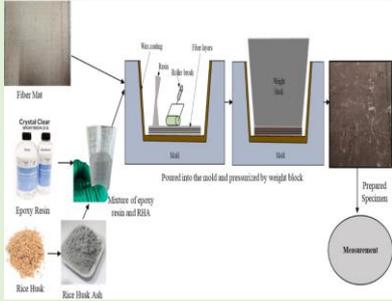
2.2 Marco teórico

Tabla 12 Biocompuestos de yeso reforzados con fibras de palmera datilera para edificaciones sostenibles

Tema: Biocompuestos de yeso reforzados con fibras de palmera datilera para edificaciones sostenibles	Tipo: Materiales compuestos / Construcción sostenible Año: 2024	Categoría Artículo científico / Revisión técnica
Descripción	<p>Este estudio realizado en África evalúa el uso de fibras derivadas de residuos de la palmera datilera como refuerzo en un biocompuesto a base de yeso. El objetivo es mejorar sus propiedades térmicas, físicas y mecánicas, ofreciendo una alternativa ecológica frente a la quema de estos desechos. Se ensayaron biocompuestos con fibras de diferentes tamaños (0,08, 0,315 y 0,5 mm) y proporciones (5, 10, 15 y 20 % en masa), comparándolos con yeso convencional. Aunque la resistencia mecánica disminuyó con la adición de fibras, se obtuvo una mejora significativa en el aislamiento térmico debido a la reducción de la conductividad. También se observó una menor densidad y absorción de agua. Análisis microestructurales (SEM, EDS) y químicos (FT-IR) confirmaron la interacción entre fibras y matriz. El estudio demuestra el potencial de estos residuos agrícolas para ser reutilizados como materiales sostenibles en construcción, y subraya la importancia de optimizar la proporción y tamaño de las fibras para lograr un equilibrio entre resistencia y aislamiento (Sahraoui et al., 2024).</p>	
Palabras claves	Palmera datilera Residuos agrícolas Aislante térmico Construcción sostenible Conductividad térmica	

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 13 Evaluación de compuestos epóxicos con fibras de yute y coco

<p>Tema: Evaluación de compuestos epóxicos con fibras de yute y coco reforzados con RHA para aislamiento térmico sostenible</p>	<p>Tipo: Materiales compuestos / Construcción sostenible</p> <p>Año: 2024</p>	<p>Categoría Artículo científico / Revisión técnica</p>
<p>Descripción</p>  <p>The diagram illustrates the manufacturing process. It starts with 'Epoxy Resin' and 'Rice Husk Ash' (RHA) being mixed. This mixture is then 'Poured into the mold and pressurized by weight block'. 'Fiber Mats' are applied to the mold. The process continues through 'Vacuuming' and 'Curing' in a 'Boiler tank'. The final step is 'Prepared Specimens' which are then subjected to 'Measurement'.</p>	<p>Este estudio investiga el comportamiento mecánico y térmico de compuestos epóxicos reforzados con fibras naturales (yute y coco) y diferentes proporciones de ceniza de cáscara de arroz (RHA). Se fabricaron siete tipos de laminados manuales conforme a normas ASTM. Los mejores resultados se obtuvieron con fibra de yute y 3 % de RHA, alcanzando una resistencia a la tracción de 50,07 MPa y un módulo de elasticidad de 2,85 GPa. Además, esta combinación mostró una baja conductividad térmica (0,03697 W/mK), ideal para aislamiento de paredes. En contraste, los compuestos con fibra de coco redujeron su resistencia mecánica y aumentaron su conductividad térmica al añadir más RHA. El estudio concluye que el biocompuesto con yute y 3 % de RHA ofrece una combinación óptima de propiedades térmicas y estructurales, promoviendo el uso de residuos agrícolas en la construcción sostenible, con beneficios económicos y ambientales (Akhter et al., 2025).</p>	
<p>Palabras claves</p>	<p>Fibras de yute Fibra de coco Ceniza de cáscara de arroz (RHA) Compuestos epóxicos Aislamiento térmico</p>	

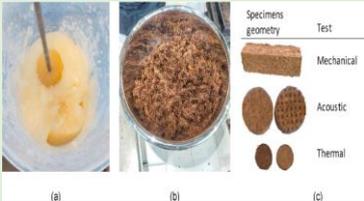
Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 14 Evaluación de paneles de fibra de coco como aislante térmico

Tema: Evaluación de paneles de fibra de coco como aislante térmico sostenible para techos en climas cálidos	Tipo: Materiales compuestos / Construcción sostenible Año: 2020	Categoría Artículo científico / Evaluación de desempeño térmico
<p style="text-align: center;">Descripción</p> 	<p>El estudio analiza el uso de fibra de coco como material aislante en techos de viviendas de bajo costo en Malasia, país con clima ecuatorial y altas temperaturas. La investigación busca reducir el uso de sistemas de enfriamiento artificial mediante la incorporación de paneles tratados con pintura retardante de fuego. Se realizaron pruebas de conductividad térmica, absorción de agua y densidad. Los resultados mostraron que un panel de 10 mm de espesor reduce el flujo de calor a 0.225 W, siendo más eficiente que materiales convencionales de mayor grosor. La absorción de agua fue del 11.20 %, y la densidad de 74.23 kg/m³, indicando un material ligero y resistente. El tratamiento químico con NaOH y NaCl mejoró las propiedades estructurales y térmicas del material. Se concluye que la fibra de coco representa una opción sostenible, eficiente y económica para mejorar el confort térmico en zonas cálidas y reducir el impacto ambiental del sector construcción (Omar et al., 2020).</p>	
<p style="text-align: center;">Palabras claves</p>	<p>Aislante térmico Materiales livianos Eficiencia energética Construcción sostenible</p>	

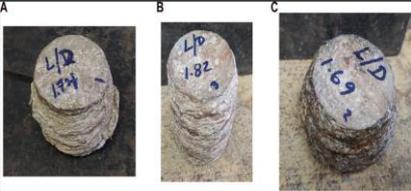
Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 15 Desarrollo de biocompuesto de fibra de coco con aglutinante biológico

Tema: Desarrollo de biocompuesto de fibra de coco con aglutinante biológico para aislamiento térmico y acústico	Tipo: Biocompuesto vegetal / Aislante térmico-acústico Año: 2025	Categoría Artículo científico / Evaluación de propiedades físicas y mecánica
<p style="text-align: center;">Descripción</p> 	<p>El estudio presenta un biocompuesto innovador desarrollado en Brasil, basado en fibras de coco y un aglutinante biológico, diseñado como alternativa sostenible a la lana mineral. Los resultados mostraron una resistencia a la flexión de 1 N/mm² y a la compresión de 1.13 N/mm² con una deformación del 10 %, superando el desempeño de aislantes convencionales. La conductividad térmica obtenida fue de 0,091 W/m·K, adecuada para aislamiento térmico. En aislamiento acústico, el coeficiente de absorción sonora (SAA) alcanzó valores entre 0,46 y 0,62, siendo la geometría superficial tipo "Rotated" la más eficiente (NRC: 0,59, SAA: 0,62). Además, mostró una mejora del 60 % en pérdida de transmisión de sonido frente a la lana mineral, especialmente en bajas frecuencias. El estudio concluye que este biocompuesto representa una alternativa ecológica, con buenas propiedades acústicas y térmicas para la construcción sostenible, y recomienda continuar con investigaciones sobre su durabilidad y adaptabilidad ambiental (Figueiredo et al., 2025).</p>	
<p style="text-align: center;">Palabras claves</p>	Fibra de coco Materiales livianos Eficiencia energética Absorción sonora Construcción sostenible	

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 16 Desarrollo de aislante térmico a base de celulosa y cáscara de arroz

Tema: Desarrollo de aislante térmico a base de celulosa y cáscara de arroz	Tipo: Desarrollo de aislante térmico a base de celulosa y cáscara de arroz Año: 2023	Categoría Artículo científico / Evaluación de propiedades físicas y mecánica
<p style="text-align: center;">Descripción</p> 	<p>El estudio aborda la producción de materiales aislantes térmicos a partir de residuos reciclados, específicamente celulosa y cáscara de arroz. Se destaca su viabilidad técnica y ambiental en la industria de la construcción como una alternativa sostenible frente a materiales convencionales. El biocompuesto mostró una conductividad térmica comparable a la de aislantes comerciales, buenas propiedades mecánicas y estabilidad frente a la humedad, lo que garantiza su durabilidad. Además, se resaltan su bajo impacto ambiental y costo reducido debido al uso de materias primas recicladas. Este material promueve la economía circular y contribuye a la eficiencia energética en edificaciones al disminuir la necesidad de climatización artificial. El estudio concluye que representa una solución eficaz, ecológica y económicamente viable para proyectos de construcción sostenible (Marín et al., 2023).</p>	
<p style="text-align: center;">Palabras claves</p>	Celulosa Cáscara de arroz Eficiencia energética Construcción sostenible Residuos agrícolas Economía circular	

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 17 Compuesto epóxico reforzado con fibras híbridas de residuos agrícolas

Tema: Compuesto epóxico reforzado con fibras híbridas de residuos agrícolas	Tipo: Biocompuesto / Compuesto epóxico Año: 2024	Categoría Artículo científico / Evaluación de propiedades mecánicas
<p style="text-align: center;">Descripción</p> 	<p>El artículo presenta el desarrollo de un material compuesto sostenible basado en una matriz epóxica reforzada con fibras híbridas de plátano, cáscara de arroz y cáscara de huevo. Se investigaron varias proporciones y se identificó una formulación óptima: 15% fibra de plátano, 10% cáscara de huevo y 20% cáscara de arroz. Esta combinación mostró mejoras significativas en las propiedades mecánicas: 64,7% más en resistencia a la flexión, 9,3% en tracción y 39,84% en impacto, en comparación con la muestra de control. El estudio destaca su aplicabilidad en sectores como la industria automotriz (paneles de puertas, tableros), gracias a su capacidad de absorción de impactos y menor impacto ambiental frente a materiales sintéticos. Se recomienda continuar la investigación para explorar nuevas configuraciones y usos en construcción y fabricación industrial (Adediran et al., 2024).</p>	
<p style="text-align: center;">Palabras claves</p>	Fibras híbridas Cáscara de arroz Fibra de plátano Compuesto epóxico Residuos agrícolas Economía circular	

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 18 Concreto reforzado con fibras vegetales

Tema: Concreto reforzado con fibras vegetales	Tipo: Biocompuesto / Concreto modificado Año: 2024	Categoría Artículo científico / Estudio experimental
<p style="text-align: center;">Descripción</p> 	<p>La investigación desarrollada en Perú evaluó el impacto de la adición de fibras vegetales de coco, yute y cáscara de arroz en las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Se realizaron pruebas sobre 429 muestras con proporciones de fibras de 0,1 %, 0,2 %, 0,3 % y 0,4 %, analizando resistencia a la compresión, flexión, tracción y módulo de elasticidad. La fibra de yute presentó los mejores resultados, incrementando significativamente la resistencia mecánica y reduciendo la propagación de grietas. La fibra de coco también mejoró la resistencia y la ductilidad, aunque en menor grado. Las fibras permitieron una mejor distribución de esfuerzos y un comportamiento más dúctil frente a cargas dinámicas. El estudio concluye que la incorporación de fibras vegetales mejora la cohesión, retrasa la aparición de fisuras y favorece la sostenibilidad al reutilizar residuos agrícolas, promoviendo la construcción con menor impacto ambiental (Villa et al., 2024).</p>	
<p style="text-align: center;">Palabras claves</p>	Concreto reforzado Fibras naturales Fibra de coco Fibra de yute Cáscara de arroz Materiales alternativos Residuos agrícolas Economía circular	

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 19 Concreto verde con residuos de fibra de coco y ceniza de cascarilla de arroz

Tema: Concreto verde con residuos de fibra de coco y ceniza de cascarilla de arroz	Tipo: Biocompuesto / Concreto modificado Año: 2024	Categoría Artículo científico / Estudio experimental
<p style="text-align: center;">Descripción</p> 	<p>El estudio analiza el uso de residuos agroindustriales, específicamente fibra de coco y ceniza de cascarilla de arroz (RHA), en la producción de concreto verde. Se evaluaron propiedades físicas y químicas de estos residuos utilizando SEM y DRX para entender su influencia en la microestructura del concreto. Los resultados mostraron que una combinación óptima de 5 % de RHA y 0.5 % de fibra de coco mejora la resistividad eléctrica, la trabajabilidad y la durabilidad frente a ambientes con sulfatos, aunque incrementa la absorción de agua y puede disminuir ligeramente la resistencia a la compresión. El estudio concluye que el uso de estos desechos agroindustriales contribuye a la sostenibilidad al reducir el impacto ambiental, fomentar la economía circular y ofrecer un material competitivo y durable para la construcción, alineado con objetivos globales de descarbonización (Morato et al., 2024).</p>	
<p style="text-align: center;">Palabras claves</p>	<p> Concreto reforzado Concreto verde Fibra de coco Ceniza de cascarilla de arroz (RHA) Materiales sostenibles Materiales alternativos Residuos agrícolas Economía circular </p>	

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 20 Concreto reforzado con estopa de coco y penca de atún

Tema: Concreto reforzado con estopa de coco y penca de atún	Tipo: Concreto modificado con fibras naturales Año: 2021	Categoría Artículo científico / Estudio experimental
<p>Descripción</p> 	<p>La investigación evalúa el efecto de la incorporación de fibras de estopa de coco y penca de atún en concreto con resistencia de diseño de 210 kg/cm². Se realizaron ensayos de trabajabilidad, resistencia a la compresión y flexión a 28 días. Los resultados mostraron que los tratamientos con 1.5 % y 2.0 % de fibras mejoraron la resistencia a la compresión hasta 319.20 kg/cm² y la flexión hasta 44.57 kg/cm². La prueba ANOVA confirmó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Las fibras de estopa de coco reducen microfisuras y aumentan la ductilidad, mientras que la penca de atún, gracias a su mucílago, mejora la cohesión y la hidratación del cemento. Esto no solo mejora el desempeño mecánico, sino también la sostenibilidad, durabilidad y accesibilidad económica del material. Se concluye que esta combinación de fibras naturales constituye una solución ecológica y efectiva para construcciones en zonas rurales o con bajos recursos, fomentando la economía circular y reduciendo el uso de aditivos sintéticos (Medina et al., 2021).</p>	
<p>Palabras claves</p>	<p> Estopa de coco Penca de atún Fibras naturales Materiales sostenibles Residuos agrícolas Economía circular </p>	

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 21 Biocompuesto con fibra de plátano, cáscara de maní y poliestireno reciclado

Tema: Biocompuesto con fibra de plátano, cáscara de maní y poliestireno reciclado	Tipo: Biocompuesto a base de residuos agrícolas y plásticos reciclados	Categoría Artículo científico / Investigación aplicada
Año: 2025		
<p style="text-align: center;">Descripción</p> 	<p>El estudio se enfoca en el desarrollo de un biocompuesto utilizando residuos agrícolas (fibra de plátano y cáscara de maní) de la provincia de Manabí, combinados con poliestireno expandido reciclado. Se evaluaron propiedades mecánicas, térmicas y de durabilidad del material en comparación con opciones convencionales. Los resultados indicaron mejoras en resistencia y capacidad de aislamiento térmico sin comprometer la integridad estructural del compuesto. Además, el uso de residuos agrícolas y materiales reciclados promueve la sostenibilidad, reduce la dependencia de recursos no renovables y apoya la economía circular. El estudio también resalta la viabilidad económica del biocompuesto como material de construcción de bajo costo. Se sugiere optimizar su composición con aditivos naturales para ampliar sus aplicaciones en sectores como la construcción, el diseño industrial y la fabricación de elementos prefabricados sostenibles (Echeverría et al., 2025).</p>	
<p style="text-align: center;">Palabras claves</p>	<p>Biocompuesto Fibra de plátano Cáscara de maní Poliestireno expandido Economía circular Sostenibilidad</p>	

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 22 Elaboración de panel de construcción con fibra de plátano y cáscara de maní recicladas

Tema: Elaboración de panel de construcción con fibra de plátano y cáscara de maní recicladas	Tipo: Panel de construcción sostenible a partir de residuos agroindustriales Año: 2021	Categoría Tesis Pregrado
<p style="text-align: center;">Descripción</p> 	<p>El estudio aborda el diseño y elaboración de un panel de construcción utilizando fibra de plátano y cáscara de maní, como solución ecológica ante el manejo de residuos agrícolas. Se analizaron las propiedades físicas, térmicas y mecánicas de los componentes, así como su comportamiento estructural una vez combinados. La investigación evaluó la viabilidad técnica del panel frente a productos convencionales, destacando su resistencia, durabilidad y sostenibilidad. Se identificó a la fibra de plátano como responsable de aportar resistencia y flexibilidad, mientras que la cáscara de maní funcionó como aglutinante natural. Los resultados mostraron que el panel es adecuado para aplicaciones en interiores de viviendas, ofreciendo una alternativa económica y de bajo impacto ambiental. El proceso completo — desde la recolección de residuos hasta su conversión en material de construcción— se alinea con los principios de economía circular, eficiencia de recursos y construcción sostenible (Minaya Ana & Echeverría Eddie, 2021).</p>	
<p style="text-align: center;">Palabras claves</p>	Panel ecológico Fibra de plátano Cáscara de maní Material sostenible Construcción verde Innovación en materiales	

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 23 Elaboración de panel de construcción con fibra de plátano y cáscara de maní recicladas

Tema: Elaboración de panel de construcción con fibra de plátano y cáscara de maní recicladas	Tipo: Panel de construcción sostenible a partir de residuos agroindustriales Año: 2021	Categoría Tesis Pregrado
<p style="text-align: center;">Descripción</p> 	<p>El estudio aborda el diseño y elaboración de un panel de construcción utilizando fibra de plátano y cáscara de maní, como solución ecológica ante el manejo de residuos agrícolas. Se analizaron las propiedades físicas, térmicas y mecánicas de los componentes, así como su comportamiento estructural una vez combinados. La investigación evaluó la viabilidad técnica del panel frente a productos convencionales, destacando su resistencia, durabilidad y sostenibilidad. Se identificó a la fibra de plátano como responsable de aportar resistencia y flexibilidad, mientras que la cáscara de maní funcionó como aglutinante natural. Los resultados mostraron que el panel es adecuado para aplicaciones en interiores de viviendas, ofreciendo una alternativa económica y de bajo impacto ambiental. El proceso completo — desde la recolección de residuos hasta su conversión en material de construcción— se alinea con los principios de economía circular, eficiencia de recursos y construcción sostenible (Minaya Ana & Echeverría Eddie, 2021).</p>	
<p style="text-align: center;">Palabras claves</p>	Panel ecológico Fibra de plátano Cáscara de maní Material sostenible Construcción verde Innovación en materiales	

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

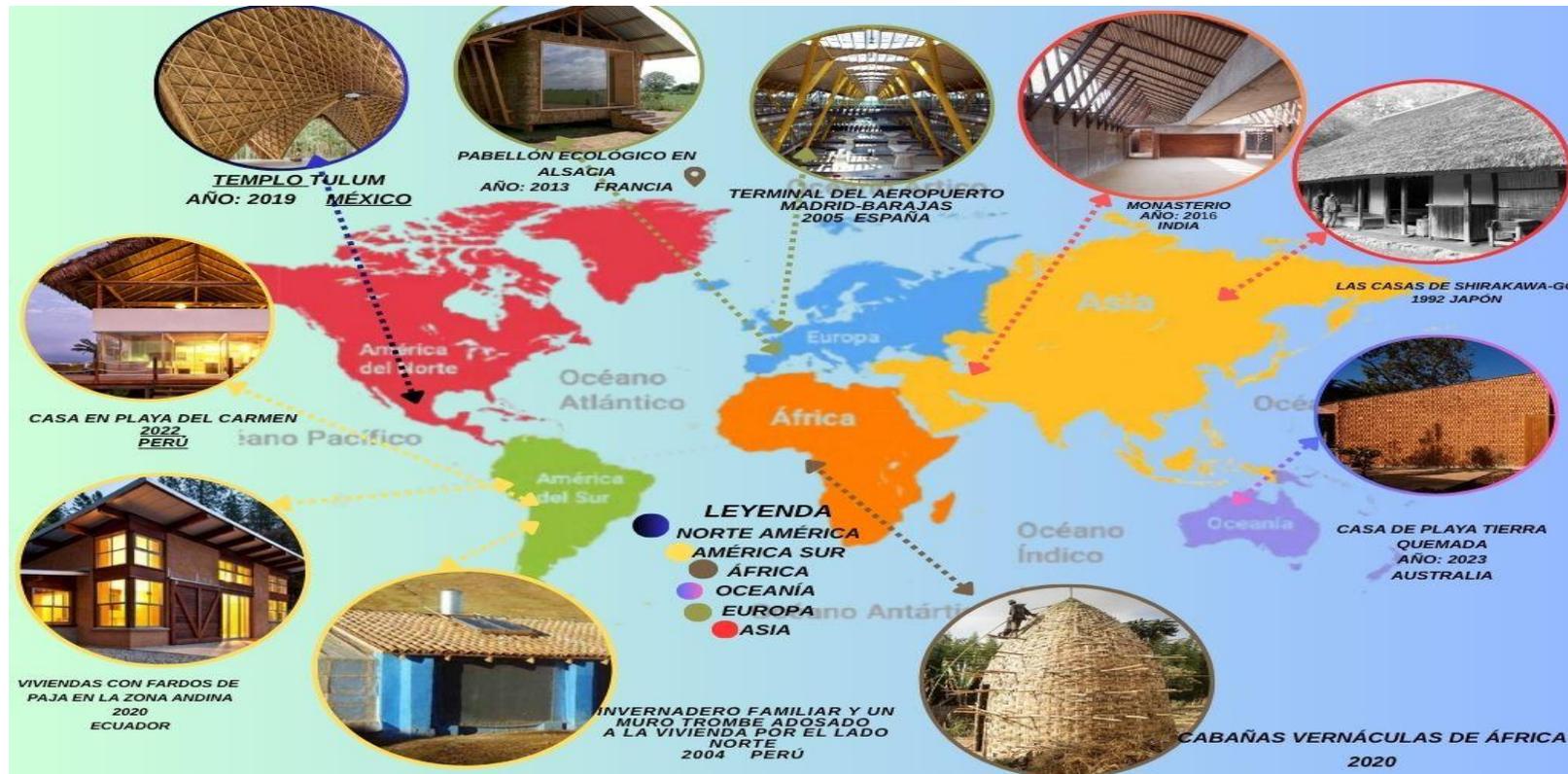
Tabla 24 Evaluación del yeso reforzado con fibra de coco

Tema: Evaluación del yeso reforzado con fibra de coco	Tipo: Material compuesto sostenible para construcción Año: 2024	Categoría Tesis Pregrado
<p>Descripción</p> 	<p>El estudio analiza el comportamiento mecánico y térmico del yeso al incorporar fibra de coco como refuerzo natural. Se elaboraron cinco prototipos con diferentes proporciones de fibra y yeso, evaluando sus propiedades mediante ensayos de flexión, compresión y transmitancia térmica. Los prototipos II y IV destacaron por su mejor desempeño estructural, con resistencias a la flexión de 2.4 kg/cm² y 2.1 kg/cm² respectivamente, frente a solo 1.2 kg/cm² del testigo sin fibra. En compresión, el prototipo II alcanzó 4 kg/cm², seguido del IV con 3.5 kg/cm², también superiores al testigo (2 kg/cm²). En cuanto a la transmitancia térmica, los prototipos III y IV lograron una conductividad de 0.09 W/mK y 0.08 W/mK, significativamente menor que la del testigo (0.149 W/mK). La inclusión de fibra de coco no solo mejora la elasticidad del yeso y su capacidad de carga, sino que también incrementa sus propiedades aislantes al reducir la transferencia térmica. Esto convierte al yeso reforzado con coco en una alternativa eficiente y sostenible para edificaciones bioclimáticas y sistemas de aislamiento térmico de bajo costo (Vidal, 2024).</p>	
<p>Palabras claves</p>	<p>Yeso reforzado Fibra de coco Bioclimática Material sostenible Innovación en materiales</p>	

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

2.3 Mapeo de Proyectos

Figura 3 Mapeo de Proyectos



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

2.3.1 Análisis de casos individuales

Figura 4 Construcción de viviendas sismo resistentes

ANÁLISIS DE PROYECTO

NOMBRE:

CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS SISMO RESISTENTES EN LA ZONA ANDINA DEL ECUADOR
UBICACIÓN: ECUADOR

ARQUITECTO: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FECHAS: 2016

MOVIMIENTO: ARQUITECTURA ECOLÓGICA Y SISMO-RESISTENTE DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL, ENFOCADA EN LA AUTOCONSTRUCCIÓN Y LA SOSTENIBILIDAD RURAL.

MATERIALIDAD: PAJA TOQUILLA, TIERRA, MADERA Y PAJA



Este estudio analiza la viabilidad técnica y social de construir viviendas sismo-resistentes con fardos de paja en la zona andina del Ecuador, respondiendo a la necesidad de soluciones habitacionales sostenibles y resilientes. Se investigan propiedades térmicas, estructurales y de adaptabilidad cultural del material en contextos rurales. La propuesta busca integrar conocimientos tradicionales con enfoques contemporáneos de diseño y construcción sustentable.

CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS

- SISTEMA ESTRUCTURAL: MUROS PORTANTES HECHOS CON FARDOS DE PAJA COMPACTADA, CONFINADOS EN MARCOS DE MADERA.
- AISLAMIENTO TÉRMICO: ALTA EFICIENCIA GRACIAS A LA CAPACIDAD AISLANTE NATURAL DE LA PAJA, ADECUADA PARA CLIMAS FRIOS ANDINOS.
- DETALLES CONSTRUCTIVOS: REVESTIMIENTO CON BARRO O CAL PARA PROTECCIÓN CONTRA HUMEDAD Y FUEGO; FUNDACIONES SUPERFICIALES DE PIEDRA O CEMENTO CICLÓPEO ADAPTADAS AL TERRENO.
- SISTEMA ESTRUCTURAL: MUROS PORTANTES HECHOS CON FARDOS DE PAJA COMPACTADA, CONFINADOS EN MARCOS DE MADERA.
- AISLAMIENTO TÉRMICO: ALTA EFICIENCIA GRACIAS A LA CAPACIDAD AISLANTE NATURAL DE LA PAJA, ADECUADA PARA CLIMAS FRIOS ANDINOS.
- DETALLES CONSTRUCTIVOS: REVESTIMIENTO CON BARRO O CAL PARA PROTECCIÓN CONTRA HUMEDAD Y FUEGO; FUNDACIONES SUPERFICIALES DE PIEDRA O CEMENTO CICLÓPEO ADAPTADAS AL TERRENO.



EL USO DE FARDOS DE PAJA COMO SISTEMA CONSTRUCTIVO EN LA ZONA ANDINA DEL ECUADOR REPRESENTA UNA ALTERNATIVA VIABLE, ECOLÓGICA Y SISMO-RESISTENTE PARA VIVIENDAS RURALES. ESTA TÉCNICA APROVECHA RECURSOS LOCALES, REDUCE EL IMPACTO AMBIENTAL Y MEJORA EL CONFORT TÉRMICO DE LOS ESPACIOS HABITABLES. ADEMÁS, SU IMPLEMENTACIÓN FORTALECE LA IDENTIDAD CULTURAL Y PROMUEVE PROCESOS DE AUTOCONSTRUCCIÓN COMUNITARIA SOSTENIBLES Y RESILIENTES.

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 5 Proyecto Mi Abrigo

ANÁLISIS DE PROYECTO

NOMBRE:

Mi Abrigo

UBICACIÓN: PERÚ

ARQUITECTO: BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO

FECHAS: 2021

MOVIMIENTO: ARQUITECTURA ECOLÓGICA Y BIOCLIMÁTICA RURAL

MATERIALIDAD: PAJA, BARRO Y CAÑA



Este estudio analiza las estrategias constructivas del Programa “Mi Abrigo” en zonas altoandinas, evaluando su impacto en la mejora térmica de viviendas rurales expuestas a heladas. Se investiga cómo integrar soluciones bioclimáticas, materiales locales y participación comunitaria en el proceso. El objetivo es proponer mejoras técnicas y sociales para una implementación más eficiente y sostenible.

CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS

- TIPOLOGÍAS DE VIVIENDA RURAL COMPACTA CON TECHOS INCLINADOS.
- INCORPORACIÓN DE ELEMENTOS PASIVOS COMO MUROS TROMBE Y VENTANAS ORIENTADAS AL NORTE.
- OPTIMIZACIÓN DE LA FORMA ARQUITECTÓNICA PARA CONSERVAR CALOR Y PROTEGER DEL VIENTO.



DETALLES CONSTRUCTIVOS:

- AISLAMIENTO TÉRMICO CON PANELES DE POLIESTIRENO, FIBRA DE VIDRIO O MATERIALES LOCALES COMO ICHU.
- REFUERZO ESTRUCTURAL DE MUROS EXISTENTES PARA MEJORAR LA RESISTENCIA SÍSMICA.
- USO DE DOBLES VENTANAS, SELLADO DE FILTRACIONES Y COCINAS MEJORADAS PARA EFICIENCIA ENERGÉTICA.



LA GUÍA DESTACA LA IMPORTANCIA DE INTEGRAR CRITERIOS TÉCNICOS Y SOCIALES EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA “MI ABRIGO”. AL MEJORAR LA FOCALIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO, SE BUSCA UNA EJECUCIÓN MÁS EFICIENTE Y ADAPTADA A LAS NECESIDADES DE LAS COMUNIDADES ALTOANDINAS, CONTRIBUYENDO A REDUCIR LA VULNERABILIDAD FRENTE A LAS HELADAS.

Figura 6 Proyecto Casa en Playa del Carmen

ANÁLISIS DE PROYECTO

NOMBRE:

Casa en Playa del Carmen

UBICACIÓN: PERÚ

ARQUITECTO: YUPANA ARQUITECTOS

FECHAS: 2014

MOVIMIENTO: ARQUITECTURA MODULAR Y SOSTENIBLE DE
INSPIRACIÓN VERNÁCULA

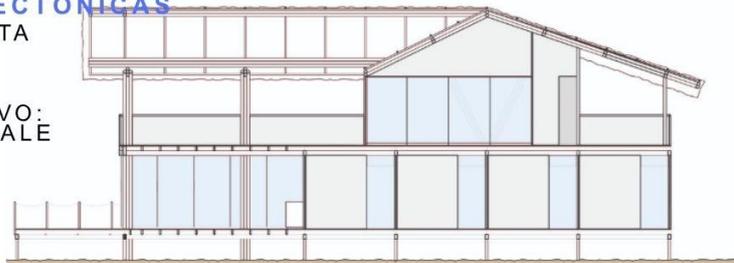
MATERIALIDAD: CUBIERTA DE PALMA Y ESTRUCTURA MODULAR



La Casa en Playa del Carmen de YUPANA Arquitectos representa una propuesta de arquitectura bioclimática y vernácula que responde al clima cálido y húmedo de la costa peruana mediante estrategias pasivas y el uso de materiales naturales como madera, caña y palma. El proyecto se concibe con un enfoque modular y ligero, elevándose del suelo para evitar la humedad, mejorar el confort térmico y adaptarse a futuros crecimientos. Su diseño prioriza la ventilación cruzada, la sombra natural y la integración con el paisaje, retomando saberes constructivos tradicionales para una vivienda sostenible y culturalmente arraigada.

CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS

- POLOGÍA, MODULAR Y ABIERTA
- ELEVACIÓN SOBRE PILOTES
- ESPACIOS INTEGRADOS AL ENTORNO:
- DISEÑO BIOCLIMÁTICO PASIVO:
- USO DE MATERIALES NATURALES



DETALLES CONSTRUCTIVOS

- **ESTRUCTURA MODULAR:** LOS PÓRTICOS Y ESTRUCTURAS SE ORGANIZAN EN UNA GRILLA QUE FACILITA LA PREFABRICACIÓN Y EL ENSAMBLAJE EN SITIO.
- **CORREDORES VENTILADOS:** LOS ESPACIOS SE ARTICULAN MEDIANTE CORREDORES EXTERIORES CON CELOSÍAS DE BAMBÚ, QUE PERMITEN LA VENTILACIÓN NATURAL Y LA INTEGRACIÓN CON EL PAISAJE.
- **ELEVACIÓN DEL BASAMENTO:** LA CASA SE ELEVA SOBRE PILOTES DE MADERA PARA PROTEGERLA DE LA HUMEDAD DEL SUELO Y MEJORAR SU COMPORTAMIENTO TÉRMICO.
- **CUBIERTA DE PALMA:** LA CUBIERTA A DOS AGUAS DEL SEGUNDO NIVEL PROPORCIONA SOMBRA Y VENTILACIÓN, CREANDO UN ESPACIO SOCIAL ABIERTO Y CONFORTABLE.



LA GUÍA DESTACA LA IMPORTANCIA DE INTEGRAR CRITERIOS TÉCNICOS Y SOCIALES EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA "MI ABRIGO". AL MEJORAR LA FOCALIZACIÓN Y DIAGNÓSTICO, SE BUSCA UNA EJECUCIÓN MÁS EFICIENTE Y ADAPTADA A LAS NECESIDADES DE LAS COMUNIDADES ALTOANDINAS, CONTRIBUYENDO A REDUCIR LA VULNERABILIDAD FRENTE A LAS HELADAS.

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 7 Proyecto de Templo Tulum

ANÁLISIS DE PROYECTO

NOMBRE:

Templo Tulum,

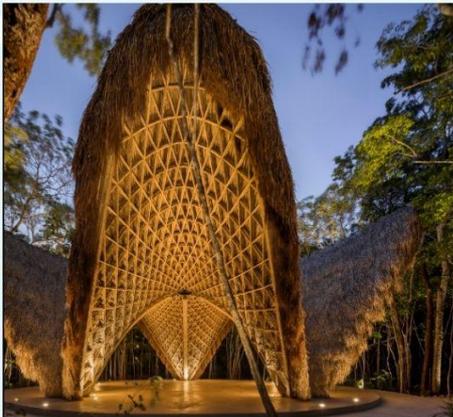
UBICACIÓN: MEXICO

ARQUITECTO: CO-LAB DESIGN OFFICE

FECHAS: 2019

MOVIMIENTO: ARQUITECTURA ECOLÓGICA Y BIOCLIMÁTICA

MATERIALIDAD: BAMBÚ, TIERRA Y PIEDAR



El Templo Luum, diseñado por CO-LAB Design Office en Tulum, México, es un pabellón de bambú concebido como un espacio comunitario para actividades como yoga, meditación y talleres. Ubicado en el corazón de la selva nativa dentro del desarrollo Luum Zamá, el templo se integra armónicamente con su entorno natural, promoviendo la reflexión y la conexión con la naturaleza. El proyecto destaca por su enfoque sostenible, utilizando materiales locales y técnicas de construcción tradicionales combinadas con diseño paramétrico moderno.

CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS

- **ESTRUCTURA DE CINCO ARCOS CATENARIOS:** INSPIRADA EN LAS FORMAS PARABÓLICAS DE FÉLIX CANDELA, LA ESTRUCTURA SE COMPONE DE CINCO ARCOS DE BAMBÚ QUE SE ENTRELAZAN, CREANDO UN ESPACIO ABIERTO Y FLUIDO.
- **DISEÑO BIOCLIMÁTICO:** LA ESTRUCTURA ABIERTA PERMITE LA VENTILACIÓN CRUZADA Y LA ENTRADA DE LUZ NATURAL, CREANDO UN AMBIENTE CONFORTABLE EN EL CLIMA TROPICAL DE TULUM.
- **INTEGRACIÓN CON EL ENTORNO:** EL TEMPLO SE SITUA EN UNA ZONA DE SELVA PRESERVADA, ACCESIBLE SOLO A PIE, LO QUE REFUERZA SU CONEXIÓN CON LA NATURALEZA Y MINIMIZA EL IMPACTO AMBIENTAL.



DETALLES CONSTRUCTIVOS



USO DE BAMBÚ SOSTENIBLE: EL BAMBÚ, COSECHADO DE MANERA SOSTENIBLE EN CHIAPAS, SE UTILIZÓ COMO MATERIAL PRINCIPAL POR SU RESISTENCIA, FLEXIBILIDAD Y BAJO IMPACTO AMBIENTAL.

TEJIDO ESTRUCTURAL: LOS ARCOS DE BAMBÚ SE ENSAMBLARON EN EL SITIO Y SE REFORZARON CON UN PATRÓN TRIANGULAR Y CAPAS ENTRELAZADAS DE BAMBÚ PARA BRINDAR ESTABILIDAD ESTRUCTURAL.

CUBIERTA DE ZACATE: EL TÉCHO SE COMPONE DE ZACATE, UNA PAJA LOCAL QUE PROTEGE DE LA LLUVIA Y PERMITE QUE LA ESTRUCTURA RESPIRE, ADECUADA PARA EL CLIMA HÚMEDO DE LA REGIÓN.



ESTE PROYECTO EJEMPLIFICA CÓMO LA COMBINACIÓN DE DISEÑO CONTEMPORÁNEO, MATERIALES LOCALES Y TÉCNICAS TRADICIONALES PUEDE DAR LUGAR A UNA ARQUITECTURA SOSTENIBLE Y CULTURALMENTE SIGNIFICATIVA.

Figura 8 Proyecto de Pabellón Ecológico En Alsace

ANÁLISIS DE PROYECTO

NOMBRE:

Pabellón Ecológico En Alsace

UBICACIÓN: FRANCIA

ARQUITECTO: STUDIO 1984

FECHAS: 2012

MOVIMIENTO: ARQUITECTURA VERNÁCULA

MATERIALIDAD: MADERA Y PAJA



El Pabellón Ecológico en Alsace, diseñado por Studio 1984 y ubicado en Muttersholtz, Francia, es una obra que reinterpreta las construcciones agrícolas tradicionales mediante una arquitectura de bajo impacto ambiental. Concebido como un "nido" humano, el proyecto utiliza materiales locales y técnicas vernáculas para integrarse armónicamente en el paisaje rural. Su diseño busca fomentar una relación respetuosa y sostenible entre el ser humano y su entorno natural.

CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS

- **INSPIRACIÓN VERNÁCULA:** LA FORMA Y TEXTURA DEL PABELLÓN EVOCAN LAS GRANJAS TRADICIONALES DE LA REGIÓN, RINDIENDO HOMENAJE AL PATRIMONIO RURAL.
- **DISEÑO COMPACTO Y EFICIENTE:** CON UNA SUPERFICIE DE 25 M², EL ESPACIO ESTÁ OPTIMIZADO PARA OFRECER CONFORT TÉRMICO Y ACÚSTICO, DEMOSTRANDO QUE ES POSIBLE HABITAR DE MANERA SOSTENIBLE EN ESPACIOS REDUCIDOS.
- **INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA:** LA CONSTRUCCIÓN SE ADAPTA AL ENTORNO NATURAL, UTILIZANDO TÉCNICAS TRADICIONALES PARA MINIMIZAR SU IMPACTO VISUAL Y ECOLÓGICO.



DETALLES CONSTRUCTIVOS

- **ESTRUCTURA DE MADERA:** SE EMPLEA MADERA LOCAL COMO ESQUELETO PRINCIPAL, PROPORCIONANDO ESTABILIDAD Y SOSTENIBILIDAD.
- **MUROS DE FARDOS DE PAJA:** LOS MUROS ESTÁN CONSTRUCCIONADOS CON FARDOS DE PAJA COMPACTADOS, OFRECIENDO UN EXCELENTE AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO.
- **REVESTIMIENTOS NATURALES:** LOS FARDOS DE PAJA SE PROTEGEN CON CAPAS DE ARCILLA, MORTERO O CAL, MATERIALES QUE PERMITEN LA TRANSPIRACIÓN DE LAS PAREDES Y PROTEGEN CONTRA LA HUMEDAD.
- **CUBIERTA INCLINADA:** EL TECHO INCLINADO FACILITA EL ESCURRIMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA Y SE INTEGRA ESTÉTICAMENTE CON EL ENTORNO RURAL.



ESTE PROYECTO EJEMPLIFICA CÓMO LA ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA PUEDE APRENDER DE LAS TÉCNICAS TRADICIONALES PARA CREAR ESPACIOS SOSTENIBLES, CONFORTABLES Y EN ARMONÍA CON LA NATURALEZA.

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 9 Terminal del Aeropuerto Madrid-Barajas

ANÁLISIS DE PROYECTO

NOMBRE:

Terminal del Aeropuerto Madrid-Barajas

UBICACIÓN: ESPAÑA

ARQUITECTO: ESTUDIO LAMELA, ROGERS STIRK + PARTNERS

FECHAS: 2005

MOVIMIENTO: ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA

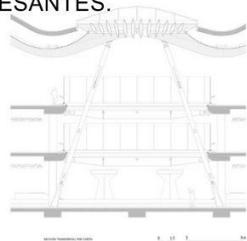
MATERIALIDAD: ACERO, BAMBÚ



La Terminal 4 (T4) del Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas, diseñada por Estudio Lamela en colaboración con Rogers Stirk Harbour + Partners, es un ejemplo destacado de arquitectura aeroportuaria contemporánea que combina funcionalidad, sostenibilidad y diseño innovador. Inaugurada en 2005, la T4 ha sido reconocida internacionalmente por su enfoque en la experiencia del pasajero y su integración con el entorno.

CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS

- **ORGANIZACIÓN MODULAR:** LA TERMINAL SE COMPONE DE TRES EDIFICIOS PRINCIPALES: UN APARCAMIENTO DE 310,000 M² CON CAPACIDAD PARA 9,000 VEHÍCULOS, EL EDIFICIO TERMINAL PARA VUELOS NACIONALES Y SCHENGEN, Y EL EDIFICIO SATÉLITE PARA VUELOS INTERNACIONALES NO SCHENGEN. ESTA DISPOSICIÓN PERMITE UNA GESTIÓN EFICIENTE DE LOS FLUJOS DE PASAJEROS Y OPERACIONES AEROPORTUARIAS.
- **DISEÑO BIOCLIMÁTICO:** LA ESTRUCTURA INCORPORA "CAÑONES" O GRANDES PATIOS LINEALES DE LUZ QUE PERMITEN LA ENTRADA DE LUZ NATURAL A LOS NIVELES INFERIORES, REDUCIENDO LA DEPENDENCIA DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL Y MEJORANDO LA CALIDAD DEL ESPACIO INTERIOR.
- **ESTÉTICA FLUIDA Y NATURAL:** EL TECHO ONDULADO DE BAMBÚ Y EL USO DE COLORES SUAVES CREAN UN AMBIENTE RELAJANTE, DESAFIANDO LA PERCEPCIÓN TRADICIONAL DE LOS AEROPUERTOS COMO ESPACIOS ESTRESANTES.



DETALLES CONSTRUCTIVOS



- **ESTRUCTURA Y MATERIALES:** LA TERMINAL UTILIZA UNA COMBINACIÓN DE ACERO Y BAMBÚ EN SU ESTRUCTURA, PROPORCIONANDO RESISTENCIA Y UNA ESTÉTICA CÁLIDA.
- **SISTEMAS DE ILUMINACIÓN NATURAL:** LOS LUCERNARIOS Y LAS ABERTURAS CIRCULARES EN EL TECHO PERMITEN LA ENTRADA DE LUZ NATURAL, MEJORANDO LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CREANDO UN AMBIENTE AGRADABLE PARA LOS PASAJEROS.
- **TECNOLOGÍA AVANZADA:** LA TERMINAL ESTÁ EQUIPADA CON SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE TRATAMIENTO DE EQUIPAJES (SATE) Y UN TRANSPORTADOR DE PASAJEROS (APM) QUE CONECTA EL EDIFICIO TERMINAL CON EL EDIFICIO SATÉLITE A TRAVÉS DE UN TUNEL SUBTERRÁNEO.

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 10 Bastidor de Monasterio de Jetvana en India

ANÁLISIS DE PROYECTO

NOMBRE:

MONASTERIO JETAVAN

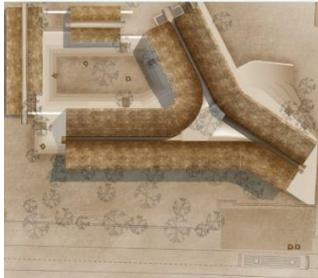
UBICACIÓN: INDIA

ARQUITECTO: SAMEEP PADORA & ASSOCIATES

FECHAS: 2016

MOVIMIENTO: ARQUITECTURA REGIONALISTA CRÍTICA

MATERIALIDAD: PIEDRA, MADERA, BARRO Y ESTIERCOL



El Centro Jetavan, diseñado por Sameep Padora & Associates, es un ejemplo destacado de arquitectura sostenible y contextual en Sakharwadi, Maharashtra, India. Concebido como un centro espiritual y de desarrollo de habilidades para la comunidad budista local, el proyecto se integra armoniosamente en un entorno boscoso sin talar ningún árbol, distribuyendo seis edificios entre los claros del bosque y conectándolos mediante patios que fomentan la interacción comunitaria .



CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS

- **DISEÑO SENSIBLE AL ENTORNO:** LOS EDIFICIOS ESTÁN ESTRATÉGICAMENTE UBICADOS ENTRE LOS ÁRBOLES EXISTENTES, RESPETANDO LA VEGETACIÓN Y APROVECHANDO LA SOMBRA NATURAL PARA MEJORAR EL CONFORT TÉRMICO.
- **CUBIERTAS INVERTIDAS TIPO MARIPOSA:** LAS CUBIERTAS PRESENTAN UN VALLE CENTRAL Y BORDES ELEVADOS, FACILITANDO LA VENTILACIÓN CRUZADA Y PERMITIENDO LA ENTRADA DE LUZ NATURAL, ADEMÁS DE CONECTAR VISUALMENTE LOS ESPACIOS INTERIORES CON EL FOLLAJE CIRCUNDANTE.
- **ESPACIOS COMUNITARIOS ABIERTOS:** LOS PATIOS CENTRALES ACTÚAN COMO NÚCLEOS DE REUNIÓN, PROMOVRIENDO LA INTERACCIÓN SOCIAL Y ACTIVIDADES COMUNITARIAS AL AIRE LIBRE



DETALLES CONSTRUCTIVOS

- **MUROS DE CARGA DE PIEDRA BASÁLTICA APISONADA:** UTILIZANDO POLVO DE PIEDRA DE UNA CANTERA CERCANA MEZCLADO CON CENIZAS VOLANTES, SE CREAN MUROS QUE OFRECEN EXCELENTE AISLAMIENTO TÉRMICO Y REDUCEN EL IMPACTO AMBIENTAL.
- **ESTRUCTURA DE TECHUMBRE CON MADERA REUTILIZADA:** SE EMPLEA MADERA RECUPERADA DE ANTIGUOS BUQUES PARA LAS VIGAS DEL TECHO, COMBINADA CON ROLLOS DE BARRO COMO AISLAMIENTO Y TEJAS DE ARCILLA PROVENIENTES DE EDIFICIOS DEMOLIDOS.
- **PISOS TRADICIONALES DE BARRO Y ESTIÉRCOL:** ELABORADOS POR MIEMBROS DE LA COMUNIDAD LOCAL, ESTOS PISOS POSEEN PROPIEDADES ANTISEPTICAS Y REFLEJAN TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS ANCESTRALES



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 11 Las casas de Shirakawa-go

ANÁLISIS DE PROYECTO

NOMBRE:

LAS CASAS DE SHIRAKAWA-GO

UBICACIÓN: JAPÓN

ARQUITECTO: ARQUITECTURAS REVERSIBLES DE JAPÓN

FECHAS: 1992

MOVIMIENTO: ARQUITECTURA VERNACULAR JAPONESA

MATERIALIDAD: MADERA, PAJA. FIBRAS NATURALES, PIEDRAS Y BARRO



Las casas de Shirakawa-go, en las regiones de Gifu y Toyama, representan la arquitectura tradicional Gasshō-zukuri, desarrollada desde el siglo XI para enfrentar climas extremos y aislamiento montañoso. Estas viviendas son reversibles: diseñadas para desmontarse, trasladarse y reinstalarse fácilmente, integrando movilidad y durabilidad en su esencia

CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS

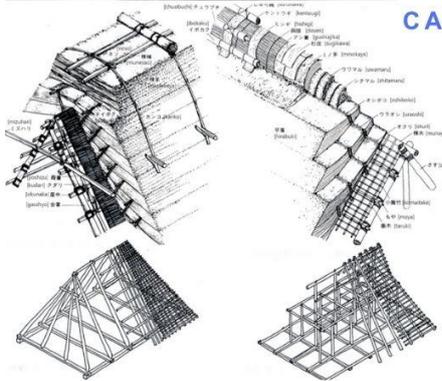
TECHOS A DOS AGUAS EXTREMADAMENTE INCLINADOS (ESTILO GASSHŌ-ZUKURI) QUE PERMITEN EVACUAR LA NIEVE EN INVIERNO.

ESTRUCTURA DE MADERA CON JUNTAS TRADICIONALES, ENSAMBLADAS SIN CLAVOS, FACILITANDO EL DESMONTAJE Y LA REPARACIÓN.

GRANDES ESPACIOS INTERIORES ABIERTOS QUE PERMITEN ÁREAS MULTIFUNCIONALES.

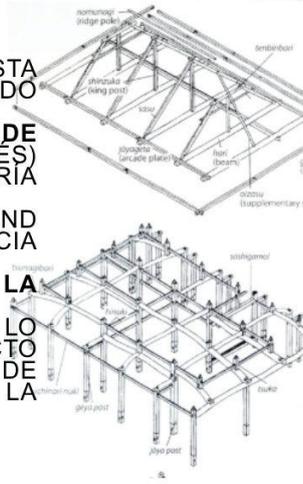
VENTANAS Y PARTICIONES CORREDERAS QUE PERMITEN ADAPTARSE A DIFERENTES ESTACIONES.

ORIENTACIÓN Y EMPLAZAMIENTO ESTRATÉGICO: UBICADAS EN VALLES, CON VISTAS AL ENTORNO Y PROTECCIÓN CONTRA VIENTOS FRÍOS.



DETALLES CONSTRUCTIVOS

- **TEJADOS DE PAJA DE ARROZ DE HASTA 50 CM DE ESPESOR, PROPORCIONANDO AISLAMIENTO TÉRMICO Y DURABILIDAD.**
- **ESTRUCTURA DE POSTES Y VIGAS DE MADERA (ZELKOVA O CIPRÉS JAPONÉS) CON TÉCNICAS DE CARPINTERÍA TRADICIONAL.**
- **MUROS DE BAMBÚ Y BARRO (WATTLE AND DAUB), QUE MEJORAN LA INERCIA TÉRMICA Y CONTROLAN LA HUMEDAD.**
- **CIMIENTOS DE PIEDRA QUE AISLAN LA MADERA DEL SUELO HÚMEDO.**
- **MATERIALES LOCALES Y NATURALES, LO QUE GARANTIZA BAJO IMPACTO AMBIENTAL Y LA POSIBILIDAD DE MANTENIMIENTO CON RECURSOS DE LA ZONA.**



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 12 Proyecto de Casa de playa Tierra Quemada

ANÁLISIS DE PROYECTO

NOMBRE:

CASA DE PLAYA TIERRA QUEMADA

UBICACIÓN: AUSTRALIA

ARQUITECTO: WARDLE

FECHAS: 2023

MOVIMIENTO: ARQUITECTURA CONTEXTUAL Y SOSTENIBLE

MATERIALIDAD: MADERA Y LADRILLOS



La casa reemplaza una antigua cabaña en Anglesea (Victoria, Australia), transformando un sitio familiar en un hogar multigeneracional. El diseño sigue el contorno del terreno y la sombra del eucalipto al norte como punto de partida, logrando una fuerte conexión entre la vivienda, la vegetación y el paisaje costero

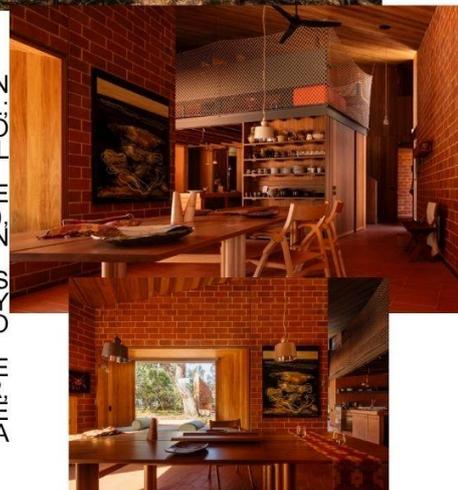
CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS

- **PLAN EN CRUZ:** LA PLANTA CRUCIFORME CENTRA LA COCINA COMO NÚCLEO SOCIAL Y PERMITE VISTAS Y CIRCULACIÓN EFICIENTE HACIA EL NORTE Y SUR .
- **MATERIALIDAD COHERENTE CON EL PAISAJE:** LOS LADRILLOS DE TERRACOTA, ARTESANALES Y CRUDOS, EVOCAN LAS TONALIDADES ROJIZAS DE LOS ACANTILADOS LOCALES
- **CONFORT TÉRMICO Y VISUAL:** SE UTILIZAN PERSIANAS OPERABLES, SHADING COLECTIVO Y ORIENTACIÓN PRECISA PARA CONTROLAR LUZ, CALOR Y VISTAS AL OCEANO



DETALLES CONSTRUCTIVOS

- **LADRILLO TERRACOTA ARTESANAL:** HECHO EN COLABORACIÓN CON UN ARTESANO LOCAL; SUPERFICIE RUGOSA CON VARIACIONES DE VIDRIADO EN VERDE Y MARRÓN PARA ARMONIZAR CON EL ENTORNO
- **REVESTIMIENTOS INTERIORES Y PISOS:** BALDOSAS DE TERRACOTA IMPORTADAS DE ITALIA (COTTO MANETTI), NATURALMENTE TÉRMICAS, COMPLEMENTADAS CON AISLAMIENTO RIGUROSO EN MUROS Y LOSA
- **MADERA DE EUCALIPTO:** UTILIZADA EN PISOS RECICLADOS, CHAPAS EN CARPINTERÍA Y ESTRUCTURAS EXPUESTAS, APORTANDO EXPRESIVIDAD MATERIAL Y DURABILIDAD
- **SISTEMAS SOSTENIBLES:** CASA TOTALMENTE ELÉCTRICA CON SISTEMA DE INTERCAMBIO DE CALOR, CALEFACCIÓN HIDRAULICA Y PANELES SOLARES; SE POTENCIA EL SHADING DINÁMICO PARA EFICIENCIA ENERGÉTICA



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 13 Proyecto de las cabañas vernáculas africanas

ANÁLISIS DE PROYECTO

NOMBRE:

LAS CABAÑAS VERNÁCULAS DE ÁFRICA

UBICACIÓN: ÁFRICA

ARQUITECTO: COMUNIDAD

FECHAS: 2015

MOVIMIENTO: ARQUITECTURA VERNÁCULA AFRICANA

MATERIALIDAD: MADERA, BARRO, ARCILLA Y CAÑA



Las cabañas africanas tejidas demuestran cómo la técnica constructiva, el clima y la comunidad convergen en un solo sistema. Las formas cónicas y circulares, junto con materiales naturales como cañas, hierbas y bambú, generan estructuras flexibles y eficientes que permiten ventilación cruzada y confort pasivo. Además, la construcción colectiva fortalece tanto la estabilidad estructural como la cohesión social, ofreciendo lecciones valiosas para la arquitectura contemporánea comprometida con la sostenibilidad.

CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS

- **FORMAS CIRCULARES Y CÚPULAS TEJIDAS:** LAS PLANTAS CÓNICAS O SEMIESFÉRICAS CREAN VOLÚMENES EFICIENTES PARA CONTROLAR EL CLIMA INTERIOR, ESPECIALMENTE EN ZONAS EXTREMAS.
- **RED COMUNITARIA EN EL ENSAMBLAJE:** LA CONSTRUCCIÓN ES UN PROCESO SOCIAL RITUALIZADO DONDE HOMBRES Y MUJERES COLABORAN; EL TEJIDO REFUERZA TANTO LA ESTRUCTURA COMO EL SENTIDO DE PERTENENCIA.
- **ARQUITECTURA CLIMÁTICA ACTIVA:** ESTRUCTURAS PERMEABLES PERMITEN VENTILACIÓN CRUZADA, REGULACIÓN TÉRMICA E INCLUSO MANEJO DE HUMO, ADAPTÁNDOSE AL CALOR DEL DÍA Y AL FRÍO NOCTURNO O LA HUMEDAD .



DETALLES CONSTRUCTIVOS



- **POSTES DE MADERA FLEXIBLES:** EN CHOSA ZULÚ SE DOBLAN HACIA EL CENTRO FORMANDO ARCOS, LUEGO SE TEJEN CON HIERBAS SECAS, CANAS O BAMBU, CREANDO UN ESQUELETO RESISTENTE.
- **TEJIDO DE BAMBU EN CABAÑAS DORZE:** SE DIVIDE, APLANA Y TEJE ENTRE POSTES, ALCANZANDO ALTURAS DE MÁS DE 7M; SU MALLA ESTRUCTURAL ADMITE CONTRACCIÓN GRADUAL Y RENOVACIÓN PERIÓDICA.
- **ESTERAS MODULARES EN CASA NAMA:** PANELES DE CAÑA SE TEJEN EN ESTERAS DESMONTABLES, LO QUE PERMITE MOVILIDAD Y ADAPTACIÓN, EXPANDIENDO O DESMONTANDO LA CABAÑA SEGUN NECESIDAD

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

2.3.2 Comparación y Resultados de Comparación de Criterios

Tabla 25 Comparación y resultados de modelos

Proyecto	Madera	Bambú	Paja (fardos/zacate)	Piedra	Ladrillo terracota	Barro/arcilla	Acero	Material reciclado
Viviendas sismo-resistentes con fardos de paja (Ecuador)	X		X			X		
Casa en Playa del Carmen (Perú)	X	X						
Templo Luum (México)		X	X					
Pabellón Ecológico en Alsace (Francia)	X		X			X		
Terminal 4 Madrid (España)		X					X	
Centro Jetavan (India)	X			X		X		X
Casas Gasshō-zukuri (Japón)	X	X	X	X				
Casa Playa Tierra Quemada (Australia)	X				X			X
Cabañas Vernáculas de África	X	X	X			X		

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

2.4 Marco Conceptual

El incremento de las emisiones de CO₂ ha acelerado el calentamiento global, con una contribución significativa de los sectores residencial y comercial. Disminuir las emisiones de carbono en los edificios requiere aislamientos más eficientes. Los materiales tradicionales, sin embargo, limitan este objetivo debido a su alta huella ambiental. Los biocompuestos aparecen como alternativa ecológica, empleando fibras agrícolas como corteza de eucalipto, paja de trigo o cáscara de arroz (Ríos Alejandro et al., 2024). El desarrollo sostenible se ha convertido en un eje fundamental del progreso humano. La producción de materiales respetuosos con el medio ambiente exige tecnologías avanzadas que combinen eficiencia económica, confort para los usuarios y bajo impacto ambiental. Las fibras naturales refuerzan los polímeros de manera notable: son renovables, biodegradables y poseen alta relación resistencia-peso. Esto mejora las propiedades mecánicas de los compuestos y contribuye a reducir los residuos (Chandra Dubey et al., 2021).

A nivel mundial, los sectores industrial, agrícola y urbano generan enormes volúmenes de residuos. Su manejo inadecuado provoca riesgos ambientales importantes. La creciente población incrementa la cantidad y diversidad de aguas residuales, muchas de las cuales permanecen en el entorno durante largos períodos. Esta acumulación desordenada ha creado una crisis de gestión de desechos, especialmente respecto a los sólidos provenientes de la industria y la agricultura, representando un desafío crítico para la sociedad.

Figura 14 Fibra de Plátano



Fuente: Minaya, A. (2021)

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

2.4.1 Desechos Agrícolas

El manejo de los desechos agrícolas se ha convertido en una preocupación creciente debido al aumento de la población mundial. En muchos países, estos residuos sólidos suelen ser desechados o incinerados de manera inadecuada en espacios públicos, lo que genera contaminación del aire, del suelo y la emisión de humo.

Además, algunos desechos pueden infiltrarse en fuentes de agua, afectando su calidad y alterando el ecosistema acuático. Para reducir su impacto ambiental, estos residuos pueden ser triturados y utilizados como agregados finos y gruesos en la producción de hormigón o quemados.

Para enfrentar los desafíos ambientales de la construcción, se desarrollará un prototipo de paneles de yeso que incorpora cáscara de arroz y fibras de plátano como refuerzos naturales. Esta propuesta transforma subproductos agrícolas en recursos útiles, contribuyendo a la reducción de residuos y disminuyendo la huella de carbono de un sector altamente emisor de gases de efecto invernadero.

Los biocomponentes seleccionados, por su disponibilidad y bajo costo, optimizan las propiedades mecánicas del yeso, aumentando tanto su resistencia como su durabilidad, lo que permite ampliar sus aplicaciones en proyectos sostenibles. Además, este enfoque apoya la economía circular al priorizar el uso de recursos locales y constituye una alternativa viable frente a los materiales tradicionales.

Su implementación se alinea con las estrategias globales de descarbonización y fomenta la producción de materiales renovables, integrando eficiencia ambiental, funcionalidad estructural y sostenibilidad económica en un solo diseño innovador.

Fibras Naturales

En la búsqueda de materiales de aislamiento de alto rendimiento, se ha comenzado a integrar fibras naturales junto con subproductos agroindustriales y aglutinantes de origen biológico. Esta combinación no solo proporciona una alternativa sostenible a las materias primas convencionales, sino que también permite mejorar las propiedades funcionales de los aislantes, aumentando su eficiencia y

reduciendo el impacto ambiental de su fabricación. Su amplia disponibilidad y propiedades técnicas los convierten. Dehdashti et al. (2024) analizaron el uso de fibras naturales en el aislamiento térmico y la absorción acústica en edificaciones, determinando que factores como el espesor y la densidad de las muestras, la resistividad al flujo de aire y las características geométricas de las fibras influyen significativamente en su desempeño.

Por otro lado, Mohammadi et al. (2024) exploran las tendencias recientes en materiales acústicos basados en fibras naturales, señalando desafíos como la baja resistencia térmica, la absorción de humedad y la adherencia deficiente entre las fibras y las matrices poliméricas, lo que puede afectar negativamente su rendimiento.

A pesar de estas limitaciones, los investigadores identifican varias oportunidades de desarrollo futuro, como el uso de herramientas computacionales avanzadas para modelado mediante aprendizaje automático, aprendizaje profundo y algoritmos genéticos. Además, destacaron el potencial de la fabricación aditiva en 3D para producir estructuras acústicas complejas y la integración de dispositivos inteligentes que permiten una absorción de ruido adaptable a estímulos (Figueiredo et al., 2025a).

2.4.2 Yeso

Desde la antigüedad, el yeso ha sido un material clave en la construcción. Forma parte de los principales aglutinantes inorgánicos junto con la cal y el cemento, destacando por su bajo impacto ambiental y su consumo energético reducido durante la producción.

La calcinación de una tonelada de yeso libera aproximadamente 0,11 toneladas de CO₂, lo que representa solo una octava parte de las emisiones asociadas a la cal o al clínker de cemento. Actualmente, los residuos sólidos industriales funcionan como una fuente estratégica de este material, y su manejo adecuado es esencial dada su abundancia y distribución. Los paneles y productos derivados del yeso ofrecen propiedades favorables, incluyendo resistencia al fuego y capacidad de aislamiento térmico y acústico. Su reciclaje no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también impulsa un desarrollo económico más

responsable. Sin embargo, el yeso tiene limitaciones inherentes, como su fragilidad y la disminución de su resistencia al contacto con agua (Xu et al., 2024).

El yeso, compuesto por sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ha sido un material fundamental en la construcción durante siglos y sigue desempeñando un papel clave en la actualidad. En 2011, su producción global alcanzó aproximadamente 148 millones de toneladas, situándolo como el séptimo recurso más extraído a nivel mundial, detrás de los áridos, el mineral de hierro, la cal, la sal, la bauxita y el fosfato. En 2020, en la Unión Europea (UE) se consumieron 57 millones de toneladas, principalmente en la fabricación de placas de yeso y productos de construcción. La industria del yeso es una de las más relevantes dentro del sector de la construcción en la UE, con ingresos estimados en 7,7 mil millones de euros y generando empleo directo para más de 28.000 personas.

Sin embargo, debido a su alto nivel de consumo, existe la posibilidad de que en el futuro se enfrente a una escasez global. Para abordar esta creciente demanda, que en la UE se proyecta con un aumento anual del 0,5 % al 2 % hasta 2030, se están explorando alternativas basadas en residuos industriales. Entre ellas, destacan el yeso fosforado (PG) y el yeso de desulfuración de gases de combustión (FGD), los cuales ofrecen soluciones tanto para la gestión de residuos como para el desarrollo de nuevas oportunidades (Charai et al., 2023).

2.4.3 Cal

A lo largo de los siglos, la cal ha sido el alma silenciosa de innumerables construcciones, adaptándose a técnicas diversas y entornos variados para otorgar durabilidad y estabilidad a las estructuras. Los morteros de cal funcionan como “sumideros de carbono”, ya que su producción genera mínimas emisiones y, una vez endurecidos, capturan CO_2 del ambiente.

Este estudio se centró en analizar estas propiedades únicas, con la intención de impulsar futuras investigaciones. Las edificaciones históricas que emplean cal requieren un mantenimiento meticuloso, preservando tanto su resistencia estructural

como su belleza estética, garantizando la supervivencia de un patrimonio arquitectónico invaluable (Hapeshi et al., 2022).

Desde sus orígenes, la cal ha sido un aglutinante accesible y fácil de procesar, permitiendo erigir estructuras robustas y longevas. Su origen es doble: restos orgánicos como conchas, corales y algas, y procesos químicos naturales que generan carbonato de calcio en cuerpos de agua dulce o salada. Ha sido el principal aglutinante a lo largo de la historia y continúa empleándose junto al cemento en la construcción moderna. En épocas antiguas, la mínima transformación de los materiales permitió que las edificaciones cubrieran necesidades humanas sin perturbar significativamente el entorno (Frankeová & Koudelková, 2020).

Tras la calcinación, la cal se convierte en óxido de calcio y puede actuar como aglutinante al mezclarse con agua. Durante su endurecimiento, absorbe dióxido de carbono del aire mediante carbonatación, transformándose en carbonato de calcio estable. Esta capacidad de captura de CO₂ la convierte en un material único para la construcción contemporánea. La adición de bioaditivos potencia su desempeño mecánico, permitiendo estructuras tan resistentes y duraderas como las construcciones históricas (Hapeshi et al., 2022).

En la actualidad, la sostenibilidad se ha erigido como un pilar del desarrollo humano. La creación de materiales respetuosos con el medio ambiente requiere tecnología avanzada capaz de equilibrar eficiencia económica, confort del usuario y bajo impacto ambiental.

Las fibras naturales empleadas como refuerzo en compuestos actúan como “huesos vivos” dentro del material: biodegradables, renovables y con alta relación resistencia-peso. Su integración en polímeros no solo mejora las propiedades mecánicas, sino que también reduce residuos y supera en desempeño a los materiales convencionales, ofreciendo un camino hacia la construcción verdaderamente sostenible (Chandra Dubey et al., 2021).

2.5 Marco Legal

2.5.1 Normativas Arquitectónicas

Tabla 26 Normativas Arquitectónicas

Norma INEN	Descripción
NTE INEN 2505:2004	Regula la instalación de cielos rasos suspendidos, incluyendo materiales, métodos de instalación, y requisitos de seguridad. Establece condiciones para garantizar durabilidad, resistencia estructural, aislamiento térmico y acústico (INEN, 2015).
INEN 3110:2016	Establece los criterios de calidad aplicables a los tableros de partículas de madera aglomerada sin revestimiento, incluyendo características como la resistencia a la flexión, la cohesión interna y la respuesta frente a la humedad. Además, clasifica estos tableros en categorías de P1 a P7 según su uso específico (INEN, 2016).
UNE-EN 312:2010 (2021)	La norma europea UNE-EN 312:2010 (2021) regula el uso de tableros de partículas tanto para aplicaciones estructurales como no estructurales. Establece parámetros físicos y mecánicos esenciales, como densidad, resistencia a la tracción y a la flexión, así como comportamiento frente a la humedad, sirviendo como guía para la fabricación de mobiliario y elementos arquitectónicos.

Fuente: INEN (2016; 2021)

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

5.1.2 Normativas Estructurales

Tabla 27 Normativas Estructurales

Norma INEN	Descripción
NTE INEN 804:2013	Define el procedimiento para evaluar la resistencia al fuego de elementos como techos y cielos rasos. Evalúa el comportamiento de materiales ante altas temperaturas, garantizando la seguridad y desempeño estructural en caso de incendio (INEN, 2014).

Fuente: INEN (2016; 2021)

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

5.1.3 Normativas Medioambientales

Tabla 28 Normativas Estructurales

Norma INEN	Descripción
NEC-HS-EE (2018)	Parte de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Regula criterios para eficiencia energética y confort térmico. Promueve el uso de materiales y sistemas constructivos que reduzcan el consumo energético y favorezcan la ventilación natural (NEC, 2018).
ODS 9 - Desarrollo Sostenible (ONU)	Promueve la construcción de infraestructura resiliente, la industrialización sostenible y la innovación como base para el progreso social y económico (Naciones Unidas & Desarrollo sostenible, 2021).
ODS 11 - Ciudades sostenibles (ONU)	Busca ciudades inclusivas, seguras y sostenibles. La meta 11.6 establece la reducción del impacto ambiental urbano per cápita, con enfoque en mejorar la calidad del aire y la gestión de residuos (Naciones Unidas & Desarrollo sostenible, 2021).

Fuente: Naciones Unidas (2021)

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la Investigación:

La investigación adopta un enfoque cuantitativo, caracterizado por su rigurosidad secuencial y su orientación hacia la comprobación empírica. Este enfoque sigue un proceso estructurado que se inicia con la delimitación del tema, la definición de objetivos y preguntas de investigación, y una revisión exhaustiva de la literatura existente, lo que permite construir un marco teórico sólido. A partir de las preguntas formuladas, se establecen hipótesis y variables clave, seguidas de un diseño metodológico detallado.

La recolección de datos se basa en mediciones numéricas, y el análisis se lleva a cabo mediante herramientas estadísticas que permiten validar hipótesis, identificar patrones y sustentar teorías. A través del procesamiento y análisis cuantitativo de la información, se busca obtener resultados precisos y fundamentados (Hernández, 2020).

En este estudio, este enfoque se aplica para evaluar la eficacia de los Prototipo de planchas de tumbado de yeso reforzado con cal, cascarilla de arroz, fibra de coco y fibra de plátano, garantizando un análisis objetivo y respaldado por datos.

3.2 Alcance de la Investigación:

El estudio del prototipo de plancha de tumbado de yeso reforzado con cal, cáscara de arroz, fibra de coco y fibra de plátano se realizará mediante un enfoque integral que combina análisis descriptivo y experimental. La fase descriptiva se centrará en identificar y caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del material, proporcionando un panorama detallado de su comportamiento estructural. Paralelamente, la fase experimental aplicará metodologías y ensayos específicos para recolectar datos precisos sobre su desempeño en condiciones controladas (Hernández, 2020). El propósito principal de la investigación será evaluar la resistencia física y mecánica de la plancha y analizar los resultados obtenidos para determinar su viabilidad en aplicaciones constructivas sostenibles.

3.3 Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos

En investigaciones cuantitativas, se utilizan herramientas especializadas para medir y evaluar las variables relacionadas con las hipótesis planteadas o, en su defecto, aquellas consideradas relevantes para el estudio. La medición implica vincular conceptos abstractos con indicadores empíricos, permitiendo obtener datos concretos y verificables. Un instrumento de medición es el medio a través del cual el investigador recolecta información precisa sobre las variables analizadas. La validez y confiabilidad de la medición dependen de la capacidad del instrumento para representar con exactitud las características evaluadas (Hernández, 2020). En este estudio, se aplicaron técnicas de observación y ensayos de laboratorio para analizar el comportamiento y las propiedades mecánicas de las planchas de tumbado de yeso reforzado con cal, cascarilla de arroz, fibra de coco y fibra de plátano, asegurando la obtención de datos objetivos y relevantes.

3.4 Población y Muestra

La población del estudio estará conformada por planchas de tumbado de yeso reforzado con cal, cascarilla de arroz, fibra de coco y fibra de plátano, incluyendo determinado número de prototipos fabricados bajo estas especificaciones.

3.5 Tipos de muestra en investigación cuantitativa

Dentro del estudio cuantitativo, se seleccionará un subconjunto estratégico de prototipos, asegurando la representación de diversas proporciones de materiales y otras variables críticas. Esta selección permitirá aplicar ensayos y mediciones precisas, así como realizar análisis detallados de las propiedades físicas y mecánicas de las planchas. Los datos obtenidos ofrecerán información confiable sobre su comportamiento y viabilidad para ser utilizadas en proyectos de construcción, facilitando la toma de decisiones fundamentadas sobre su implementación.

CAPÍTULO IV

Propuesta o Informe

4.1 Presentación y Análisis de Resultados

4.1.1 Descripción de la Propuesta.

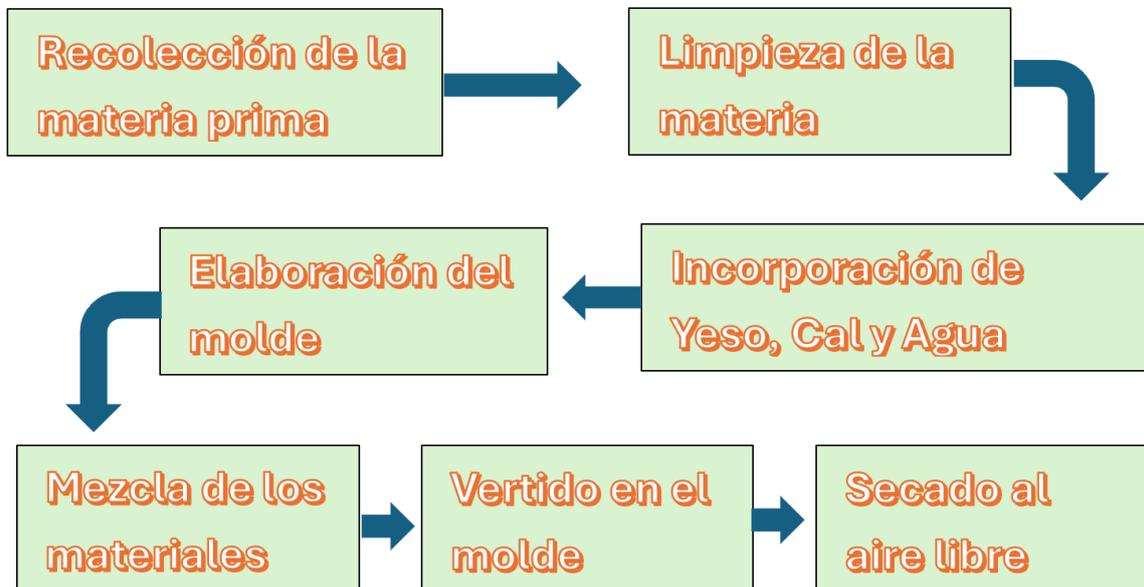
El panel de yeso común es tradicional y artesanal, está hecho de una mezcla de yeso, agua, cabuya y una estructura de caña chancada, las cuales son tiras de caña de 1 centímetro de espesor. Este tiene unas medidas de 1,21m x 0,60m x 5mm. Estas dimensiones corresponden a los moldes de vidrio liso o con textura de algún diseño que el encofrado de madera o aluminio le proporcione en la fábrica de paneles de yeso que se utilizarán en su fabricación. En el proyecto a continuación se elaborará un panel de yeso siguiendo especificaciones dimensionales, el proceso que se realizara viene de lo tradicional, los materiales a utilizar son de bajo presupuesto y provienen de desechos agrícolas como la cascarilla de arroz, fibra de coco y la fibra de plátano, además de contribuir al medio ambiente aprovecharemos las propiedades de estos materiales para el beneficio del prototipo.

Se realizarán diferentes dosificaciones que permita llegar a una adecuada que cumpla con las normas establecidas y una resistencia mayor gracias a las fibras que utilizaremos. Hemos decidido mantener la misma estructura mediante el uso de caña chancada ya que goza de buenos resultados, características y antecedentes como elemento estructural. Se elaborarán varios tipos de mezclas tomando en cuenta el porcentaje de diferentes cantidades de cada uno de los materiales a utilizar con el propósito de evaluar el comportamiento de cada uno de éstos, para seleccionar la dosificación óptima y la masa más homogénea. Se empleará la mezcla que presente un mejor desempeño y mayor uniformidad para llevar a cabo los ensayos de laboratorio correspondientes, siguiendo procedimientos dirigidos por especialistas, asegurando la precisión del componente propuesto.

De este modo, se verificará que el panel cumpla con todas las especificaciones requeridas, siendo así adecuado para su implementación en obra.

4.1.2 Flujograma de la Elaboración de la Propuesta

Figura 15 Flujograma Elaboración Prototipo



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.2 Recolección de la Materia Prima

Los residuos agrícolas utilizados en este prototipo —cascarilla de arroz, fibra del tallo de plátano y fibra de coco— fueron recolectados en distintas zonas de la región costera del Ecuador. La fibra de coco se obtuvo en un establecimiento dedicado a la venta de cocos y productos derivados, denominado “Coco Loco”, ubicado en el sur de Guayaquil. La fibra de plátano provino de una finca situada en la ciudad de Milagros, mientras que la cascarilla de arroz se recolectó de varias apiladoras donde se encontraba acumulada en montículos. En las fincas, los tallos de plátano eran cortados y dejados sobre el suelo hasta descomponerse, ya que se consideraban desechos; de manera similar, la cáscara de coco y, en muchos casos, la cascarilla de arroz era quemada para eliminar el desperdicio, generando un impacto ambiental negativo. Como se puede observar en las imágenes, no existe un sistema de disposición final adecuado para este tipo de residuos.

Figura 16 Desechos agrícolas/ Pseudotallo del plátano.



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 17 Desecho agrícola / Coco.



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 18 Recolección de la Cascarilla de arroz.



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.2.1 Extracción de Fibra del Pseudotallo del Banano.

Tras la cosecha de los racimos de banano, se procede al corte del pseudotallo desde su base con un machete o herramientas agrícolas idóneas. La precisión en el corte es fundamental para facilitar su manipulación posterior. Una vez seccionado, el pseudotallo se transporta de inmediato al área destinada para su procesamiento, ya que, por su carácter altamente perecedero, se deteriora rápidamente si permanece en contacto directo con el suelo

Figura 19 Corte Pseudotallo



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 20 Retirode Pseudotallo del



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Antes de procesar el pseudotallo, se realiza una clasificación estratégica de sus secciones según su grosor, considerando que la estructura de las fibras varía dentro de la planta. Las capas externas actúan como “huesos de resistencia”, con fibras largas, fuertes y altamente lignificadas, ideales para soportar cargas y garantizar estabilidad mecánica. En contraste, las capas internas funcionan como “relleno flexible”, con fibras más cortas y mayor proporción de tejido parenquimático, aptas para usos complementarios o secundarios. Esta organización permite aprovechar al máximo el material y asegurar la calidad del producto final.

Una vez seleccionadas, las secciones se someten a un raspado controlado, que puede ser manual o semimecanizado, empleando cuchillos, espátulas u otras herramientas diseñadas para separar lo fibroso de lo blando. Con cada pasada, la pulpa parenquimática y los tejidos no fibrosos se eliminan de manera gradual, revelando la fibra contenida en la matriz vegetal y transformando el pseudotallo en un recurso listo para su aplicación constructiva.

Figura 21 Retiro de la pulpa del pseudotallo del banano



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

En la etapa inicial de extracción, se obtiene un primer conjunto de fibras que, aunque saturadas de humedad, actúan como el “esqueleto húmedo” sobre el cual se desarrollará el procesamiento posterior. Estas fibras conservan fragmentos de tejido parenquimático adherido, lo que hace necesario someterlas a procedimientos de limpieza y secado que garanticen su uniformidad y pureza. La precisión en el raspado no solo asegura la integridad estructural de cada fibra, sino que también preserva sus propiedades físico-mecánicas, convirtiéndolas en un recurso fiable para la elaboración de biocompuestos sostenibles con alto potencial de aplicación.

Figura 22 Fibra extraída, sin pulpa



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Extracción de Fibra de la Fibra de Coco

- Se obtiene el mesocarpo fibroso del coco (cubierta marrón o verde), una vez retirada la pulpa comestible.
- Aquí podemos clasificar a los cocos por medio de sus cascaras:
- Coco verde (inmaduro): Sus fibras son más suaves, elásticas y menos lignificadas.
- Coco marrón (maduro): Las fibras en cambio son más largas, resistentes y rígidas, con mayor contenido de lignina.

Figura 23 Recolección de cascara de coco.



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

- Las cáscaras recogidas se cortaran en partes más pequeñas para facilitar la manipulación.
- Se elimina la parte más dura del endocarpo leñoso, para posteriormente separar la porción fibrosa.

- Después procedemos con el desfibrado, el cual consiste en golpear y raspar la cáscara con herramientas metálicas para extraer las fibras.

Figura 24 Fibra de coco



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Extracción de la Cascarilla de Arroz

Luego de haber cosechado el arroz, su grano limpio pasa a la etapa de descascarillado mecánico, aquí separamos la cascarilla. Para esto se utilizan máquinas descascaradoras las cuales tienen rodillos de goma que rompen la cubierta externa sin dañar el grano. Como resultado, se obtiene una mezcla de: Grano integral (arroz pilado) y Cascarilla de arroz (Tamo)

Esta mezcla, pasa por separadores neumáticos que utilizan corrientes de aire para apartar la cascarilla (más ligera) del grano (más pesado). La cascarilla se acumula en tolvas, lista para su uso

Figura 25 Cascarilla de arroz



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.2 Limpieza de las Fibras y Cascarilla.

En la fase de limpieza preparamos a las fibras para convertirlas en componentes eficaces de biocompuestos. En el caso del pseudotallo de banano y la cascarilla de arroz, este proceso remueve impurezas, restos orgánicos, polvo y partículas de sílice suelta que podrían dificultar su adhesión.

El procedimiento combina un lavado controlado, con agua corriente y soluciones específicas, seguido de un secado meticuloso, logrando fibras uniformes y libres de contaminantes. Una correcta limpieza potencia la durabilidad, estabilidad dimensional y rendimiento mecánico del biocompuesto, asegurando su funcionalidad en aplicaciones sostenibles.

Figura 26 Materiales de limpieza



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.3.1 Procedimiento de Limpieza de la Materia Prima

Para iniciar la limpieza, se prepara una solución reactiva, y para esto, mezclaremos 3 gramos de Lejía Sello Rojo por cada litro de agua, asegurando una disolución homogénea como se aprecia en la imagen 26. En este procedimiento, se utilizaron 7 litros de agua combinados con 21 gramos de lejía. Las fibras se sumergen cuidadosamente en esta solución, comenzando su proceso de purificación, tal como se observa en la imagen 27. La mezcla se mantiene en ebullición controlada durante 1 hora a 40 °C, vigilando la temperatura de manera constante (imagen 28). Una vez transcurrido este tiempo, las fibras se dejan enfriar.

Figura 27 Procedimiento de limpieza



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 28 Vaciado de materia prima



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 29 Control de Temperatura



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.4 Secado de la Materia Prima

Luego del tiempo transcurrido para la correcta limpieza de los materiales se deben secar para poder ser utilizados en el experimento, hay dos formas de secado validas, la primera es al aire libre como se observa en la imagen 29, mientras que se puede realizar también un secado en el horno para agilizar el proceso como se observa en la imagen número 30.

Ambos métodos resultan adecuados, y su selección depende de la disponibilidad de tiempo, recursos y de las especificaciones experimentales requeridas.

Figura 30 Secado al aire libre



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 31 Secado de la materia prima en el horno



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Una vez culminado el proceso de secado, los materiales presentan el siguiente resultado:

Figura 32 Materia prima seca



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

El procedimiento de secado llevado a cabo de manera natural, mediante exposición directa al ambiente, requirió aproximadamente siete días para completarse. Este resultado estuvo bajo radiación solar y por una temperatura media registrada en torno a los 27 °C.

Por otro lado, la opción de secado al horno, permitió reducir drásticamente el tiempo de secado a solo una hora. Aquí se aplicó un régimen de calor moderado y controlado, lo cual favoreció la eliminación de agua retenida en el material.

Tabla 29 Opciones de secado

	SECADO AL AIRE LIBRE	SECADO AL HORNO
Tiempo de secado	1 semana a 27°	1 hora a temperatura baja
Condición del material	Excelente condición	Se observa un poco más rígido

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.5 Dosificación de Residuos Agrícolas

Para el análisis de la investigación se fabrican prototipos partiendo de la dosificación del panel de yeso convencional, se realizarán 7 donde se variará las

proporciones de los elementos para obtener diferentes tipos de mezcla, sustituyendo la cabuya con cal, fibra de plátano, fibra de coco y cascarilla de arroz.

Los artesanos utilizan porciones empíricas para preparar el estuco, se procede a pesar y dosificar de manera individual con su respectiva unidad de medida cada material, para así tener un punto de partida y poder tener datos técnicos que podamos comparar.

El tamaño será de 121 x 60 para observar su resistencia a simple vista.

Tabla 30 Dosificación de panel tradicional convencional

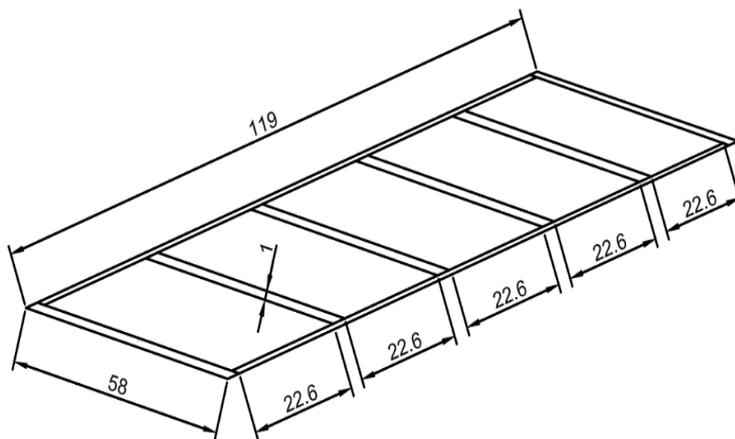
MATERIAL	Dosificación	Unidad
YESO	3858	g
CEMENTO	1286	g
AGUA	44	l
CABUYA	375	g
CAÑA	5.86	m

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.5.1 Detalle Gráfico de Marco Estructural a Base de Caña Chancada.

Marco estructural a base de caña con dimensiones de 0,58m y 1,19m en forma de rejilla con divisiones de 22.6cm.

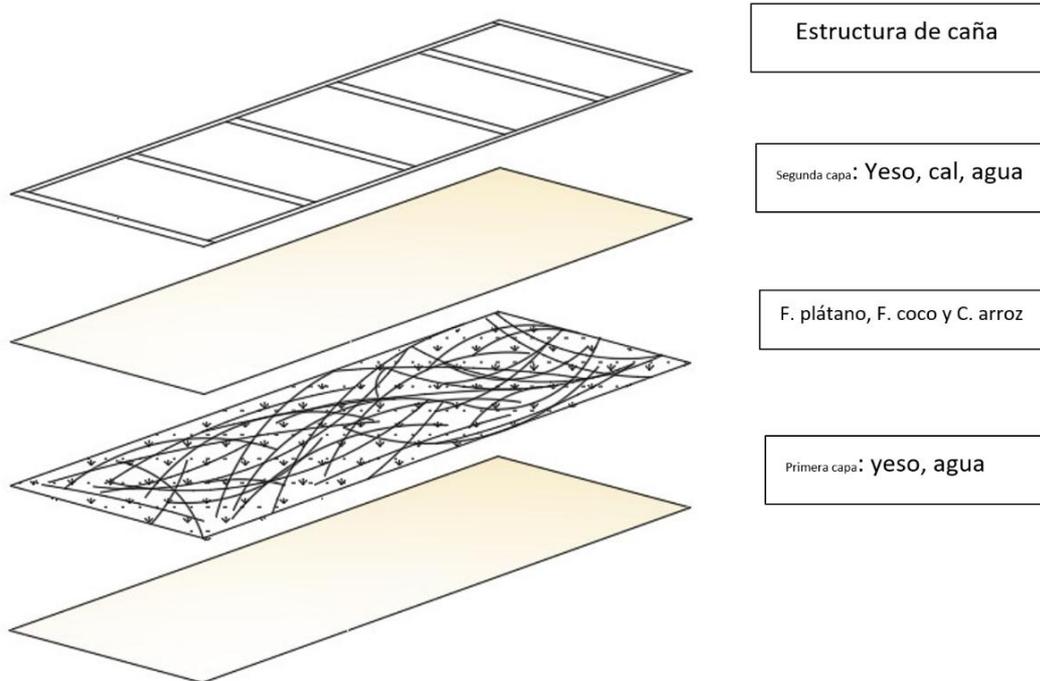
Figura 33 Detalle de estructura de caña chancada



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.5.1.1 Detalle por Materiales del Panel Propuesto.

Figura 34 Detalle de composición del panel.



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.6 Elaboración del Nuevo Material

4.6.1 Materiales

Para realizar el experimento es necesario contar con materiales tales como: yeso, cal, agua, los desechos agrícolas elegidos los cuales son la cascarilla de arroz, fibra de coco y fibra de plátano los cuales ya deben haber pasado por la correcta limpieza.

Figura 35 Materiales del prototipo



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 36 Figura 38 Materiales del prototipo (Desechos Agrícolas)



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.6.2 Herramientas

- Balanza
- Medidores
- Recipientes
- Molde de vidrio con encofrado de aluminio

Figura 37 Herramientas



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025).

4.6.3 Pasos para Elaborar el Panel Propuesto.

El proceso de fabricación del panel tiene una duración aproximada de 5 a 7 minutos, siguiendo los pasos detallados a continuación:

1. Preparación del molde: Se coloca el molde de vidrio, que puede ser liso o texturizado, asegurándolo para garantizar estabilidad durante el vaciado de la mezcla.

Figura 38 Llenado de Moldes



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

2. Aplicación de la primera capa de mezcla: Se vierte la mezcla de yeso y agua sobre el molde, cubriendo la totalidad de manera uniforme.

Figura 39 Primera capa



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

3 Incorporación de fibras y cascarilla de arroz: Colocamos la fibra de plátano, fibra de coco y cascarilla de arroz sobre la mezcla de yeso hundiéndola en su totalidad formándose así una sola capa, esta capa tiene la función de malla y evita que la plancha se parta y se separe el yeso en el proceso secado.

Figura 40 Segunda capa



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4. Aplicación de la segunda capa de mezcla: Se procede a colocar una segunda capa compuesta de yeso, agua y cal, cubriendo el molde y las fibras anteriormente agregadas, para la uniformidad y unión de la estructura.

Figura 41 Tercera capa



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

5. Colocación del marco estructural de caña: Se coloca la caña que debe estar envuelta con fibra de plátano, en cada plancha de estuco entran 2 tiras de caña chancada de 1,19 metros y 6 tiras de 58 centímetros.

Figura 42 Estructura de plancha



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

6. Desencofrado del panel: Una vez pasado el tiempo de secado inicial, entre 5 y 7 minutos, se procede a desencofrar el panel, asegurando que conserve su estructura y forma final.

Figura 43 Prototipo plancha de Tumbado



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.6.4 Análisis de Mezclas

- Para tener una mejor noción de las dosificaciones se ha separado en dos partes la mezcla, el 75% la base que se compone de yeso, cal y agua y el 25% restante de los desechos agrícolas.
- Se ha remplazado en la base el cemento por la cal para observar su reacción y determinar si cumple con la resistencia esperada.
- En el caso de las fibras se ha remplazado la cabuya por 3 desechos agrícolas que juntos compensan la cantidad extraída en diferentes porcentajes para observar su reacción en los diferentes prototipos.

4.6.4.1 Análisis – Mezcla 1:

En esta primera mezcla nuestra base de 75% se divide en yeso, agua y cal, esta base se repite en todas las mezclas y tendrán una variación, con el 25% restante, hemos priorizado la fibra de plátano como fibra principal dándole un 15% que equivale a 225 g, mientras que el resto de los desechos tienen un 5% cada uno que equivale a 75g.

Tabla 31 Prototipo 1

MATERIAL	%	1 CAPA	2 CAPA	3 CAPA	TOTAL
YESO		2572 g		1286 g	3858 g
CAL	75%			1286 g	1286 g
AGUA		22 l		22 l	22 l
FIBRA PLATANO	15%		225 g		225 g
CASCARILLA / ARROZ	5%		75 g		75 g
FIBRA COCO	5%		75 g		75 g
CAÑA				5.86 m	5.86 m

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Conclusión - Mezcla 1:

La mezcla tuvo buenos resultados, al desmoldar salió intacto y se observa a simple vista una buena resistencia.

Figura 44 Prototipo 1



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.6.4.2 Análisis – Mezcla 2:

En esta segunda mezcla nuestra base de 75% se divide en yeso, agua y cal, con el 25% restante, le hemos dado a la fibra de plátano un 10% que equivale a 15.3 g, a la cascarilla de arroz 5% que equivale a 75g y a la fibra de coco igual que la fibra de plátano un 10%.

Tabla 32 Prototipo 2

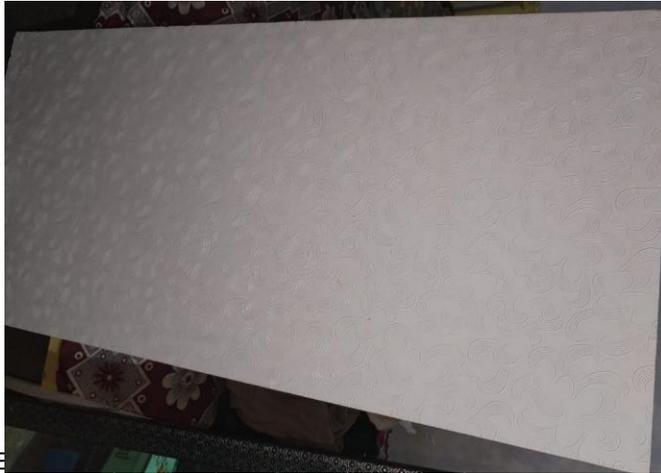
MATERIAL	%	1 CAPA	2 CAPA	3 CAPA	TOTAL
YESO		2572 g		1286 g	3858 g
CAL	75%			1286 g	1286 g
AGUA		22 l		22 l	22 l
FIBRA PLATANO	10%		15.3 g		15.3 g
C. DE ARROZ	5%		75 g		75 g
FIBRA COCO	10%		15.3 g		15.3 g
CAÑA				5.86 m	5.86 m

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Conclusión - Mezcla 2:

Los resultados de esta dosificación han sido favorables puesto que no se visualizó fragilidad al momento de desmoldarlo.

Figura 45 Prototipo 2



4.6.4.3 Análisis – Mezcla 3:

En esta tercera mezcla nuestra base de 75% se divide en yeso, agua y cal, pero esta vez la cantidad de cal va a ser la predominante tomando 2 partes de 4, teniendo así la 3 capa mucha más cantidad que la primera, con el 25% restante, hemos priorizado la fibra de plátano como fibra principal dándole un 15% que equivale a 225 g, mientras que el resto de los desechos tienen un 5% cada uno que equivale a 75g.

Tabla 33 Prototipo 3

MATERIAL	%	1 CAPA	2 CAPA	3 CAPA	TOTAL
YESO	75%	1286 g		1286 g	1286 g
CAL				2572 g	2572 g
AGUA		22 l		22 l	22 l
FIBRA PLATANO	15%		225 g		225 g
C. DE ARROZ	5%		75 g		75 g
FIBRA COCO	5%		75 g		75 g
CAÑA				5.86 m	5.86 m

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Conclusión - Mezcla 3:

Esta dosificación en donde se prioriza la cal como base salió negativa, al levantar la plancha luego de su tiempo de secado se vio afectada por la ligera presión que se realiza al levantarla, no presenta un buen aspecto visual y a su vez pierde las características físicas que buscamos.

Figura 46 Prototipo 3



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.6.4.4 Análisis – Mezcla 4:

En esta cuarta mezcla nuestra base de 75% se divide en yeso, agua y cal, con el 25% restante, le hemos dado a la fibra de plátano un 5% que equivale a 75 g, en este caso vamos a priorizar la cascarilla de arroz con un 15% que equivale a 225g y a la fibra de coco igual que la fibra de plátano un 5%.

Tabla 34 Prototipo 4

MATERIAL	%	1 CAPA	2 CAPA	3 CAPA	TOTAL
YESO		2572 g		1286 g	3858 g
CAL	75%			1286 g	1286 g
AGUA		22 l		22 l	22 l
FIBRA PLATANO	5%		75 g		75 g
C. DE ARROZ	15%		225 g		225 g
FIBRA COCO	5%		75 g		75 g
CAÑA				5.86 m	5.86 m

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Conclusión - Mezcla 4:

Los resultados son negativos, el priorizar la cascarilla de arroz no le dio su resistencia adecuada a la plancha pues esta al desmoldarla presento fisuras, se evidencia el poco porcentaje de fibra, no es apta para su uso.

Figura 47 Prototipo 4



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.6.4.5 Análisis – Mezcla 5:

En esta quinta mezcla nuestra base de 75% se divide en yeso, agua y cal el cual llevara 2 partes de 4 en la capa 3, con el 25% restante, le hemos dado a la fibra de plátano un 2.5% que equivale a 37.5 g, a la cascarilla de arroz de igual manera un 37.5% que equivale a 37.5g y a la fibra de coco le daremos prioridad con un 20%.

Tabla 35 Prototipo 5

MATERIAL	%	1 CAPA	2 CAPA	3 CAPA	TOTAL
YESO	75%	1286 g		1286 g	2572 g
CAL				2572 g	2572 g
AGUA		22 l		22 l	22 l
FIBRA PLATANO	2.5%		37.5 g		37.5 g
C. DE ARROZ	2.5%		37.5 g		37.5 g
FIBRA COCO	20%		300 g		75 g
					5.86 m

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Conclusión - Mezcla 5:

La dosificación tuvo resultados negativos, a pesar de esta vez priorizar una de las fibras se observó debilidad por la cantidad de cal priorizada, al desmoldar se observó partes débiles y sin cubrir.

Figura 48 Prototipo 5



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.6.4.6 Análisis – Mezcla 6:

En esta sexta mezcla nuestra base de 75% se divide en yeso, agua y cal, con el 25% restante, le hemos dado a la fibra de plátano un 2.5% que equivale a 37.5 g, a la cascarilla de arroz tendrá un 20% que equivale a 300g y a la fibra de coco igual que la fibra de plátano un 2.5%

Tabla 36 Prototipo 6

MATERIAL	%	1 CAPA	2 CAPA	3 CAPA	TOTAL
YESO		2572 g		1286 g	3858 gr
CAL				1286 g	1286 gr
AGUA		22 l		22 l	22 l
FIBRA PLATANO	2.5%		37.5 g		225 gr
C. DE ARROZ	20%		300 g		75 gr
FIBRA COCO	2.5%		37.5 g		75 gr
CAÑA				5.86 m	5.86 m

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Conclusión - Mezcla 6:

La mezcla 6 a pesar de tener la cantidad de yeso que adecuada se mantuvo débil al momento de desmoldarla, la cascarilla de arroz no puede ser predominante en las planchas puesto que no alcanza a su resistencia adecuada por falta de fibras.

Figura 49 Prototipo 6



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.6.4.7 Análisis – Mezcla 7:

En esta séptima mezcla nuestra base de 75% se divide en yeso, agua y cal, con el 25% restante, le hemos dado a la fibra de plátano un 10% que equivale a 15.3g, la cascarilla de arroz con un 10% que equivale a 15.3g y la fibra de coco un 5%.

Tabla 37 Prototipo 7

MATERIAL	%	1 CAPA	2 CAPA	3 CAPA	TOTAL
YESO	75%	2572 g		1286 g	3858 g
CAL				1286 g	1286 g
AGUA		22 l		22 l	22 l
FIBRA PLATANO	10%		15.3 g		15.3 g
C. DE ARROZ	10%		15.3 g		15.3 g
FIBRA COCO	5%		7.5 g		7.5 g
CAÑA				5.86 m	5.86 m

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Conclusión - Mezcla 7:

Los resultados de esta dosificación han sido positivos puesto que se visualizó gran resistencia al desmoldarlo, esta plancha es un modelo favorable.

Figura 50 Prototipo 7



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.6.5 Conclusión

Se han observado en los 7 prototipos diferentes reacciones con respecto a sus dosificaciones, por ende, con respecto a el análisis hecho se ha llegado a la conclusión de que la mezcla 1,2 y 7 son favorables por los que partiendo de estas dosificaciones se llevaran a cabo los ensayos correspondientes para evaluar sus propiedades y verificar que cumplan con respecto a la normativa la resistencia adecuada.

4.7 Dosificaciones para Probetas

- Se realizaron 3 probetas por cada dosificación de Compresión, Flexión y Tracción, el total de dosificaciones son 3 por ende habrá 9 prototipos por cada probeta, para realizar los ensayos correspondientes y evaluar cual prototipo es el mejor y el que cumple con las normativas establecidas.
- Se utilizarán 3 tipos de probetas de diferentes medidas, la primera de 4x4x4, la segunda de 4x4x16 y la ultima de 15x15x5.
- Para tener una mejor noción de las dosificaciones se ha separado en dos partes la mezcla, el 75% la base que se compone de yeso, cal y agua y el 25% restante de los desechos agrícolas.

4.7.1 Probetas 4x4x4 – Dosificación

Tabla 38 Dosificación 1 (4x4x4)

MATERIAL	%	Gramos
YESO	75%	39 g
CAL		13 g
AGUA		44 ML
FIBRA PLATANO	15%	0.022 g
C. DE ARROZ	5%	0.008 g
FIBRA COCO	5%	0.008 g

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 39 Dosificación 2 (4x4x4)

MATERIAL	%	Gramos
YESO	75%	39 g
CAL		13 g
AGUA		44 ML
FIBRA PLATANO	10%	0.015 g
C. DE ARROZ	5%	0.008 g
FIBRA COCO	10%	0.015 g

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 40 Dosificación 3 (4x4x4)

MATERIAL	%	Gramos
YESO	75%	39 g
CAL		13 g
AGUA		44 ML
FIBRA PLATANO	10%	0.015 g
C. DE ARROZ	10%	0.015 g
FIBRA COCO	5%	0.008 g

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 51 Dosificaciones (4x4x4)



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.7.2 Probetas 4x4x16 – Dosificación

Tabla 41 Dosificación 1 (4x4x16)

MATERIAL	%	Gramos
YESO	75%	153 g
CAL		51 g
AGUA		180 ML
FIBRA PLATANO	15%	0.090 g
C. DE ARROZ	5%	0.003 g
FIBRA COCO	5%	0.003 g

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 42 Dosificación 2 (4x4x16)

MATERIAL	%	Gramos
YESO	75%	153 g
CAL		51 g
AGUA		180 ML
FIBRA PLATANO	10%	0.061 g
C. DE ARROZ	5%	0.003 g
FIBRA COCO	10%	0.061 g

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 43 Dosificación 3 (4x4x16)

MATERIAL	%	Gramos
YESO	75%	153 g
CAL		51 g
AGUA		180 ML
FIBRA PLATANO	10%	0.061 g
C. DE ARROZ	10%	0.061 g
FIBRA COCO	5%	0.003 g

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 52 Dosificaciones (4x4x16)



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.7.3 Probetas 15x15x5 – Dosificación

Tabla 44 Dosificación 1 (15x15x5)

MATERIAL	%	Gramos
YESO	75%	678.24 g
CAL		226.08 g
AGUA		770 ML
FIBRA PLATANO	15%	4 g
C. DE ARROZ	5%	1.32 g
FIBRA COCO	5%	1.32 g

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 45 Dosificación 2 (15x15x5)

MATERIAL	%	Gramos
YESO	75%	678.24 g
CAL		226.08 g
AGUA		770 ML
FIBRA PLATANO	10%	2.69 g
C. DE ARROZ	5%	1.32 g
FIBRA COCO	10%	2.69 g

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 46 Dosificación 3 (15x15x5)

MATERIAL	%	Gramos
YESO	75%	678.24 g
CAL		226.08 g
AGUA		770 ML
FIBRA PLATANO	10%	2.69 g
C. DE ARROZ	5%	2.69 g
FIBRA COCO	10%	1.32 g

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Figura 53 Dosificaciones (15x15x5)



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.8 Secado de prototipos

Una vez finalizados los procesos de conformado y elaboración de los prototipos, estos serán sometidos a un período de curado y secado controlado con una duración mínima de veintiocho (28) días. Este lapso corresponde al tiempo universalmente establecido en la normativa técnica internacional, ya que se considera que transcurridos dichos 28 días se alcanza aproximadamente entre el 90% y 95% de la resistencia mecánica final del material.

4.8.1 Condiciones iniciales de secado

Una vez desencofrados, tras el fraguado inicial de 5 a 7 minutos, los especímenes fueron trasladados a un ambiente controlado, con condiciones de temperatura y humedad relativa reguladas. En esta fase, el objetivo fue eliminar progresivamente la humedad interna de la matriz de yeso y cal, así como la presente en las fibras vegetales (fibra de plátano, fibra de coco y cascarilla de arroz).

Se mantuvo una temperatura ambiente de 23 ± 2 °C y una humedad relativa del 50 ± 5 %, siguiendo lineamientos de acondicionamiento establecidos en normas como la ASTM D618 e ISO 291, aplicadas para materiales compuestos y probetas de laboratorio.

4.8.2 Secado natural

Durante las primeras 24 horas, los paneles fueron sometidos a secado natural al aire libre en ambiente controlado, lo que permitió la evaporación inicial de la

humedad superficial sin generar tensiones internas bruscas. Este procedimiento evitó la aparición de fisuras tempranas y permitió una distribución uniforme del proceso de pérdida de agua.

Un secado o curado prematuro afectaría negativamente este proceso, produciendo materiales con fisuras internas, menor durabilidad y pérdida significativa de capacidad portante.

Transcurrido el período reglamentario de 28 días, y asegurada la estabilización de las propiedades físico-mecánicas, los especímenes serán trasladados al laboratorio para la ejecución de los ensayos correspondientes. Dichas pruebas permitirán caracterizar su comportamiento estructural y verificar el cumplimiento de los requisitos normativos en cuanto a resistencia a la compresión, absorción de agua, densidad aparente, porosidad y durabilidad.

4.9 Pruebas de laboratorio

Las pruebas se realizaron en la Universidad Espol, en el laboratorio de Geotecnia y Construcción ubicado en Guayaquil, Ecuador. El equipo utilizado para las pruebas de resistencia de compresión y flexión fue el equipo de nombre "MUE" marca SHIMADZU F500KNX, No. Serie I250555J0071, las cuales se realizarán bajo las normas NOM-018 ENER-2011 (México) y la norma internacional ASTM C-1396.

Figura 54 Equipo de Laboratorio "MUE"



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.9.1 Ensayo: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Se han llevado al laboratorio 3 muestras por cada dosificación, las cuales han sido ensayadas para tener un promedio de cada una que pueda darnos resultados más exactos de la resistencia obtenida.

Figura 55 Pruebas de Compresión



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 47 Resistencia a la Compresión

DOSIFICACIÓN	Fuerza (N)	Compresión (MPa)
1	1683.79	1.05
2	2645.09	1.65
3	1877.94	1.17

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.9.2 Ensayo: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Figura 56 Pruebas de Flexión



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Tabla 48 Resistencia a la flexión

DOSIFICACIÓN	P (N)	Sf (MPa)
1	33.14	0.093
2	55.32	0.154
3	71.45	1.4

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.9.3 Conclusión de los ensayos de Flexión y Compresión

Luego de haber realizado los ensayos de compresión y flexión se ha llegado a la conclusión de que la mejor dosificación es la numero 3 (10-10-5) que cuenta con 10% de fibra de plátano, 10% de cascarilla de arroz y 5% de fibra de coco, ya que con respecto a las pruebas existe un promedio que permite que esta dosificación sea aprobada, la normativa ASTM C1396 nos indica que la prueba de flexión es una de más relevantes para este producto y es en la que la dosificación 3 (10-10-5) obtuvo una mayor resistencia.

Tabla 49 Dosificación Elegida

MATERIAL	%	1 CAPA	2 CAPA	3 CAPA	TOTAL
YESO	75%	2572 g		1286 g	3858 g
CAL				1286 g	1286 g
AGUA		22 l		22 l	22 l
FIBRA PLATANO	10%		15.3 g		15.3 g
C. DE ARROZ	10%		15.3 g		15.3 g
FIBRA COCO	5%		7.5 g		7.5 g
CAÑA				5.86 m	5.86 m

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.9.4 Ensayo de absorción al agua por inmersión

Se realizo una muestra de dimensiones: 0,5m x 0,5m x 0,09m para este ensayo, se utilizó la dosificación 3 (10- 10- 5) para observar cómo se comporta la placa seleccionada, se tomó el peso inicial del prototipo el cual es 22g y se procedió a sumergirlo por 24 horas, tal como nos indica la norma ya mencionada, cabe recalcar

que los paneles propuestos son de uso interior como tumbado, estos no deben tener contacto con el agua.

Figura 57 Ensayo de absorción de agua



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

Transcurridas las 24 horas se sacó la muestra del recipiente, se limpió el agua superficial y se registró el peso nuevamente, se registró un peso de 34g, luego de haber realizado el ensayo se calculó que la absorción de agua del panel es 36.36%.

$$C = \frac{P_{sat.} - P_{seco.}}{P_{seco.}} \times 100$$

$$C = \frac{30 - 22}{22} \times 100$$

$$C = \frac{30 - 22}{22} \times 100$$

$$C = 36.36\%$$

Figura 58 Ensayo de absorción de agua



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.10 Cuadro Comparativo

El análisis comparativo de precios entre el tumbado tradicional y el tumbado propuesto, evidencia diferencias significativas, no solo en su costo unitario sino también en su rentabilidad

Tabla 50 Cuadro Comparativo

Descripción	Tumbado Tradicional	Prototipo Propuesto
Precio Unitario (USD/U)	\$1.63	\$1.36
Precio Venta	\$2.40	\$2.04
Utilidad unitaria	\$0.33	\$0.59
Margen de ganancia (%)	20 %	43%

Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

4.11 Manual Instalación

Figura 59 Manual de instalación



Manual de Instalación



Descripción del producto



Proceso de Instalación

Prototipo de planchas de tumbado de yeso reforzado con cal, cascarilla de arroz, fibra de coco y fibra de plátano

Planchas compuestas por cascarilla de arroz y fibras vegetales, como las provenientes del plátano y el coco que promueven una alternativa sostenible en el ámbito de la construcción, sustituyendo parcialmente el uso de cemento por los biocompuestos. Sus bordes son rectos y la modulación puede ser de 120cm x 60 cm o de 60cm x 60cm

Estructura 

Su perfilería es de acero galvanizado y su sistema es básicamente un entramado visto constituido por:

- Angulo perimetral
- Perfil T Primario
- Perfil T Secundario

- Colocación del perfil perimetral en las paredes. Marcar la altura del tumbado con la ayuda de un nivel, donde será instaladas las planchas.
- Fijación de los perfiles perimetrales a la pared con tornillos, distanciados cada 300 mm como máximo.
- Marcar los ejes de replanteo con ayuda de una piola. Ajusta la modulación de la estructura de manera que las placas deban recortarse queden en el perímetro.
- Con ayuda de un flexómetro, marcar en el perfil perimetral la ubicación de los Primarios y secundarios
- Colocar Alambre N.12 que servirán para templar y nivelar la estructura
- Encajar los perfiles secundarios en las ranuras de los primarios para terminar de formar la cuadrícula. Verificar y corregir el nivel de la perfilería
- Colocar las placas, empezando con las enteras del centro y terminado con las recortadas del perímetro, apoyando todo su perímetro en la estructura.



Elaborado por: Mosquera y Ronquillo (2025)

CONCLUSIONES

Mediante este proyecto de prototipo del panel de yeso reforzado con cal, cascarilla de arroz y fibra de coco puede ser utilizado como cielo raso en viviendas o edificaciones, ya que cuenta con excelentes características, como la resistencia a la flexión, compresión, no inflamabilidad, se reportó una excelente reacción a la adsorción al agua, todo esto se fundamenta con ensayos y se respalda con ensayos de laboratorio los cuales fueron probados con el análisis, este tumbado dará una mayor estética a las viviendas, dándoles confort a los habitantes y estética interna.

Estos desechos agrícolas como la fibra de plátano, cascarilla de arroz y fibra de plátano son una fuente aprovechable como agregados, cada uno de estos residuos tienen componentes que benefician al material sin comprometer su aspecto físico, ni consistencia, estos elementos ayudan a que la plancha sea más liviana y mejora el modulo de rotura por flexión.

Se comprobó que la plancha que hemos propuesto tendrá un 43% de ganancia a comparación de el 20% de ganancia que tiene la plancha tradicional, el tiempo de elaboración del panel con desechos agrícolas es igual y no afecta a la producción o elaboración de cada panel.

Aprovechamos estos materiales que se encuentran de forma masiva en diferentes partes Ecuador, puesto que no cuentan con un lugar específico de almacenamiento con esto se plantea ayudar al medio ambiente y se busca preservar el proceso de elaboración artesanal y estructura de la caña chancada que se ha utilizado por sus propiedades positivas en el panel dando una mejor resistencia.

RECOMENDACIONES

El panel propuesto de yeso reforzado con cal, fibra de plátano, cascarilla de arroz y fibra de plátano fabricados en el presente proyecto de investigación el cual promueve la utilización de la materia prima que se obtiene a partir de desechos agrícolas para crear materiales de construcción, utilizando como materia prima estos desechos dañinos para el planeta, se recomienda:

Se recomienda crear normas aplicables para este panel, para así comenzar con la innovación y producción de este nuevo material de construcción demostrando que se puede crear un producto a partir de desechos.

Recomendar a los constructores utilizar este nuevo material sostenible en sus obras ya que estaría ayudando al medio ambiente y también les resultaría mucho más económico que el panel convencional.

Se incentiva la preservación del proceso de elaboración ancestral, estos paneles de yeso elaborados artesanalmente dan resultados positivos partiendo de la dosificación propuesta, seguir expandiendo la investigación en diferentes usos como rosetones, paredes o elementos decorativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adediran, A. A., Ogundipe, O. L., Adekanye, T. A., Okolie, I. C., Ihimekpen, B. E., Aogo, O. A., Ogunsemi, B. T., & Ikubanni, P. P. (2024). Mechanical properties of hybrid banana fibre, rice husk, and eggshell reinforced epoxy composite. *Res. Eng. Struct. Mat.* <https://doi.org/10.17515/resm2024.458me0920rs>
- Akhter, Mondal, Debnath, Islam, & Rabbi. (2025). Evaluation of mechanical and thermal performance of jute and coconut fiber-reinforced epoxy composites with rice husk ash for wall insulation applications. *Heliyon*, 11(3), e42211. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2025.E42211/ASSET/2150E459-00F0-4982-8F22-A9A94A20ED03/MAIN.ASSETS/GR16.JPG>
- Arias. (2024). (PDF) *Estudio bibliográfico sobre la producción de materiales compuestos reforzados con fibra de cáscara de plátano.* https://www.researchgate.net/publication/381802828_Estudio_bibliografico_sobre_la_produccion_de_materiales_compuestos_reforzados_con_fibra_de_cascara_de_platano
- Cedeño, Alcívar, & Zambrano. (2021). *Aprovechamiento de la cascarilla de arroz (Oryza sativa) para la obtención de fibras de celulosa Use of rice husk (Oryza sativa) for the production of cellulose fibres Uso de casca de arroz (Oryza sativa) para obtenção de fibras de celulose Ciências de naturais Artículo de revisión.* 6, 415–437. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i4.2572>
- CEPAL. (2025). *Iniciativas | Comisión Económica para América Latina y el Caribe.* <https://www.cepal.org/es/proyectos/euroclima/iniciativas>
- Charai, M., Mghazli, M. O., Channouf, S., El hammouti, A., Jagadesh, P., Moga, L., & Mezrhab, A. (2023). Lightweight waste-based gypsum composites for building temperature and moisture control using coal fly ash and plant fibers. *Construction and Building Materials*, 393, 132092. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2023.132092>
- Echeverría, Flores, & Martin. (2025). BIOCOMPOSITE OF BANANA FIBER, PEANUT SHELLS FROM MANABÍ (ECUADOR), AND RECYCLED EXPANDED POLYSTYRENE. *Habitat Sustentable*, 14(2), 112–121. <https://doi.org/10.22320/07190700.2024.14.02.09>
- ESPAC. (2021). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2021.*

- FAO. (2020). *Agricultura mundial: hacia los años 2020/2030*.
<https://www.fao.org/4/y3557s/y3557s11.htm>
- FAO. (2022). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Roma*. www.fao.org/publications/es
- FAO. (2024). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: Ecuador en una mirada | FAO en Ecuador | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/ecuador/fao-en-ecuador/ecuador-en-una-mirada/es/>
- Figueiredo, Ascensão, Vettorazzi, Vicente, & Oliveira. (2025). Development of an innovative biocomposite using coconut fibres and bio-based binder for thermal and acoustic applications in buildings. *Journal of Cleaner Production*, 491, 144834.
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2025.144834>
- Hapeshi, E., Cannilla, C., Bonura, G., Manoharan, A., & Umarani, C. (2022). Lime Mortar, a Boon to the Environment: Characterization Case Study and Overview. *Sustainability* 2022, Vol. 14, Page 6481, 14(11), 6481. <https://doi.org/10.3390/SU14116481>
- Hernández. (2020). *Metodología_de_la_Investigacion_Sampieri*.
- INEN. (2014). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 804:2013 Primera revisión PREVENCIÓN DE INCENDIOS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS. MÉTODO DE ENSAYO Primera Edición FIRE PREVENTION. DETERMINATION OF FIRE RESISTANCE OF BUILDING CONSTRUCTION ELEMENTS. TEST METHOD First Edition*.
- INEN. (2015). *RTE 025 \ (2R\)*. www.normalizacion.gob.ec
- INEN. (2016). *RTE-243*. www.normalizacion.gob.ec
- INIAP. (2020). *Banano, plátano y otras musáceas – Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias*. <https://www.iniap.gob.ec/banano-platano-y-otras-musaceas/>
- IPCC. (2021). *Bases físicas Resumen para responsables de políticas*.
- Jayavani, Deka, Varghese, & Nayak. (2020). Recent development and future trends in coir fiber-reinforced green polymer composites: Review and evaluation. *Polymer Composites*, 37(11), 3296–3309. <https://doi.org/10.1002/PC.23529>

- MAG. (2024). *MAG forma parte del Clúster del Arroz, para mejorar la competitividad del sector – Ministerio de Agricultura y Ganadería*. <https://www.agricultura.gob.ec/mag-forma-parte-del-cluster-del-arroz-para-mejorar-la-competitividad-del-sector/>
- Marín, González, & James. (2023). Thermal insulation material produced from recycled materials for building applications: cellulose and rice husk-based material. *Frontiers in Built Environment*, 9, 1271317. <https://doi.org/10.3389/FBUIL.2023.1271317/BIBTEX>
- Medina, Pérez, & Luya. (2021). Influencia fibra de estopa de coco al de 1.5 % - 2 % y penca de tuna 1.5 % - 2 % en la trabajabilidad, las resistencias a la compresión y flexión del concreto F'C=210 kg/cm², Huancayo - Junín 2021. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11556>
- Minaya Ana, & Echeverría Eddie. (2021). *Elaboración de un panel mediante el reciclaje de la fibra de plátano y cáscara de maní*. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4579>
- Ministerio del ambiente. (2020). *PRIMERA CONTRIBUCIÓN DETERMINADA A NIVEL NACIONAL PARA EL ACUERDO DE PARÍS BAJO LA CONVENCION MARCO DE NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO*.
- Morato, Santos, Barbosa, & Nunes. (2024). *INFLUENCE OF COCONUT FIBER WASTE AND RICE HUSK ASH ON GREEN CONCRETE*. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n3-033>
- Naciones Unidas. (2023). *Causas y efectos del cambio climático | Naciones Unidas*. <https://www.un.org/es/climatechange/science/causes-effects-climate-change>
- Naciones Unidas, & Desarrollo sostenible. (2021). *Infraestructura - Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>
- NEC. (2018). *Ing. Adrián David Sandoya Unamuno*.
- Omar, M. F., Abdullah, M. A. H., Rashid, N. A., Abdul Rani, A. L., & Illias, N. A. (2020). The Application of Coconut Fiber as Insulation Ceiling Board in Building Construction. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 864(1), 012196. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/864/1/012196>
- ONU. (2023a). *Los aires acondicionados exacerbaban la crisis climática. ¿Cómo la naturaleza puede ayudar?* <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/los-aires-acondicionados-exacerbaban-la-crisis-climatica-como-la>

- ONU. (2023b). *Materiales de construcción y el clima: Construyendo un nuevo futuro* | UNEP - UN Environment Programme. <https://www.unep.org/es/resources/informe/materiales-de-construccion-y-el-clima-construyendo-un-nuevo-futuro>
- Ríos, Navidad, & González. (2024). The potential of using chilean biomass to develop insulating biocomposite material. *Revista Ingeniería de Construcción*, 39(Special Issue), 1–11. <https://doi.org/10.7764/RIC.00128.21>
- Sahraoui, A., Djoudi, T., & Hecini, M. (2024). Investigating the impact of date palm fiber waste on the properties of a novel gypsum-based bio-composite. *Construction and Building Materials*, 457, 139419. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2024.139419>
- UNE-EN 312:2010. (2021). *UNE-EN 312:2010 Tableros de partículas. Especificaciones*. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0046341>
- UNEP. (2021). *Cómo combatir el calor: manual de refrigeración sostenible para ciudades | Proyecto de acción NDC*. <https://www.unep.org/ndc/resources/report/beating-heat-sustainable-cooling-handbook-cities>
- Vidal. (2024). *Elaboración de un tumbado aislante térmico de yeso reforzados con fibra de coco*. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/7177>
- Villa, Arcio, Diaz, Gesner, & Pérez. (2024). Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del concreto incorporando fibras vegetales: coco, yute y cáscara de arroz. *Repositorio Institucional - USS*. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/13493>
- Vimmrová, A., Keppert, M., Svoboda, L., & Černý, R. (2011). Lightweight gypsum composites: Design strategies for multi-functionality. *Cement and Concrete Composites*, 33(1), 84–89. <https://doi.org/10.1016/J.CEMCONCOMP.2010.09.011>
- Vitti, P. (2024). Lime and Gypsum Mortars in Historic Construction. *Encyclopedia of Archaeology (Second Edition)*, 531–543. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90799-6.00064-1>
- Xu, R., Lu, S., Miao, J., Tang, C., & Yu, J. (2024). Fiber-reinforced gypsum composites with ultra high ductility: Investigation of physical and mechanical properties. *Construction and Building Materials*, 457, 139285. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2024.139285>

ANEXOS

ANEXO 1 Prueba Resistencia a la compresión



Laboratorio de Geotecnia y Construcción

INFORME DE RESULTADOS

Código: LABGC-IR-012-2025

Ensayo: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CUBOS DE MORTERO					
Información de contacto del cliente					
Nombre del solicitante: Srta Naomi Ronquillo			Empresa: Srta. Roxanna Mosquera		
Dirección: Orquídeas			Ciudad: Guayaquil		
Teléfono: +593 97 863 0415			Correo electrónico: rmosquerab@ulvr.edu.ec		
Información de la muestra					
Código: ver ID			Proforma: LABGC-COT-012-2025		
Descripción: Cubos de yeso y fibra			Preparación: Cortados por el cliente		
Fecha de recepción: 8- ago - 2025			Cantidad recibida: 5		
Obra: No Especifica			Ubicación: No Especifica		
Información del ensayo					
Norma de referencia: ASTM C 109			Fecha de emisión del reporte: 19 - ago - 2025		
Fecha de ejecución: 08 - ago - 2025			Técnico responsable: DF		
Identificación del equipo utilizado en la ejecución del ensayo					
Código	Nombre	Marca/Modelo	No. Serie	Calibración	
210783	MUE	SHIMADZU F500KNX	I250555J0071	OCT. 2024	
108000	PIE DE REY	ELE	NO ESPECIFICA	OCT. 2024	
Determinación de la resistencia a la compresión					
ID	a (mm)	l (mm)	Área (mm ²)	Fuerza (N)	Compresión (MPa)
1_1	40.00	40.00	1600.00	2652.17	1.66
1_2	40.00	40.00	1600.00	715.42	0.45
2_1	40.00	40.00	1600.00	1519.04	0.95
2_2	40.00	40.00	1600.00	3771.15	2.36
3_1	40.00	40.00	1600.00	1877.94	1.17
<p>_____</p> <p>Ing. Daniel Falquez T.</p>					
Observaciones					
* El ensayo ha sido realizado con la muestra e información provista por el cliente					
* Sin la aprobación del laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad					
Dirección: Guayaquil- Ecuador ; Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral – Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción. (+593 4) 2269428					





Ensayo: RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN MORTEROS				
Información de contacto del cliente				
Nombre del solicitante: Srta Naomi Ronquillo		Empresa: Srta. Roxanna Mosquera		
Dirección: Orquídeas		Ciudad: Guayaquil		
Teléfono: +593 97 863 0415		Correo electrónico: rmosquerab@ulvr.edu.ec		
Información de la muestra				
Código: ver ID		Proforma: LABGC-COT-012-2025		
Descripción: Cubos de yeso y fibra		Preparación: Cortados por el cliente		
Fecha de recepción: 8- ago - 2025		Cantidad recibida: 5		
Obra: No Especifica		Ubicación: No Especifica		
Información del ensayo				
Norma de referencia: ASTM C 109		Fecha de emisión del reporte: 19 - ago - 2025		
Fecha de ejecución: 08 - ago - 2025		Técnico responsable: DF		
Identificación del equipo utilizado en la ejecución del ensayo				
Código	Nombre	Marca/Modelo	No. Serie	Calibración
210783	MUE	SHIMADZU F500kNX	I250555J0071	OCT. 2024
108000	PIE DE REY	ELE	NO ESPECIFICA	OCT. 2024
Determinación de la resistencia a la flexión				
	ID	P (N)	Sf (Mpa)	
	1_1	36.40	0.102	
	1_2	29.88	0.084	
	2_1	34.81	0.097	
	2_2	75.82	0.212	
	3_1	46.01	0.129	
	3_2	96.88	0.271	
Notación				
$S_f = \text{Resistencia a la flexión}$ $P = \text{Carga máxima}$ $S_f = 0.0028 * P$				
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/> Ing. Daniel Falquez T.				
Dirección: Guayaquil- Ecuador ; Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral – Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción. (+593 4) 2269428				

ANEXO 3 elaboración de Prototipo



ANEXO 4 Elaboracion de Prototipo



ANEXO 5 Resultado



ANEXO 6 Prueba Laboratorio



ANEXO 7 APU Tumbado Prototipo

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: Tumbado de yeso - Sostenible

Unidad: unidad

Detalle:

Código: 2743

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor (5% MO)					0.0233
Subtotal M					0.0233
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Instalador de revestimiento en general	1	4.19	4.19	0.11111	0.4656
Subtotal N					0.4656
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Caña chancada	m	5.86	0.08	0.4688	
Cal	kg	2.57	0.12	0.3084	
Fibra de coco	g	225	0	0.0000	
Fibra de Platano	g	75	0	0.0000	
Cascarilla de arroz	g	75	0	0.0000	
Agua..	lt.	22	0.001	0.0220	
Yeso	l	2.83	0.1	0.2830	
Subtotal O					1.0822
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P					0.0000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.5711
INDIRECTOS 0 %					0.0000
UTILIDAD 30 %					0.4713
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2.0424
VALOR OFERTADO					2.0400

Son: Dos dólares con cuatro centavos

ANEXO 8 APU Tumbado Tradicional

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Rubro: Tumbado de yeso - Tradicional

Unidad: unidad

Detalle:

Código: 2742

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Herramienta menor (5% MO)					0.0233
Subtotal M					0.0233
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Instalador de revestimiento en general	1	4.19	4.19	0.11111	0.4656
Subtotal N					0.4656
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Caña chancada	m	5.86	0.08	0.4688	
Cabuya	lb	0.82	0.18	0.1476	
Agua..	lt.	44	0.001	0.0440	
Yeso	l	8.5	0.1	0.8500	
Subtotal O					1.5104
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P					0.0000
TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)					1.9993
INDIRECTOS 0 %					0.0000
UTILIDAD 20 %					0.3999
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2.3991
VALOR OFERTADO					2.4000

Son: Dos dólares con cuarenta centavos