

Universidad de las Américas
MASTER EN DISEÑO ARQUITECTÓNICO AVANZADO

MADAA 2022-2024

PANELES DIVISORIOS

Caso de estudio: Lufa Cylindrica, como material biodegradable

Luis David Bravo Valarezo

Año 2024

PANELES DIVISORIOS

Caso de estudio: Lufa Cylíndrica, como material biodegradable

Luis David Bravo Valarezo

Línea de especialización Operaciones

Sergio del Castillo Tello

luis.bravo.valarezo@udla.edu.ec / luisdavidhalo@hotmail.com

ES

RESUMEN: El desarrollo de la construcción en el Ecuador es uno de los aspectos más relevantes de la economía, por lo tanto, es importante generar procesos constructivos eficientes y con nueva tecnología, brindando soluciones amigables con el medio ambiente. A través de la Lufa Cylíndrica, una fibra natural con características mecánicas de alta resistencia, se puede alcanzar este objetivo mediante la creación de paneles compuestos que puedan emplearse como paredes divisorias y mamparas, ya sean espontáneas o fijas, en espacios internos de tipo social. Este sistema es el foco de la presente investigación, que se basa en la investigación aplicada, caracterizada por el análisis de las cualidades del material y su comportamiento mediante la experimentación en laboratorio.

PALABRAS CLAVE: Paneles divisorios, comportamiento de la lufa, división de espacios internos, área social, método experimental.

EN

ABSTRACT: The development of construction in Ecuador is one of the most relevant aspects of the economy, therefore, it is important to generate efficient construction processes with new technology, providing environmentally friendly solutions. Through cylindrical Lufa, a natural fiber with high resistance mechanical characteristics, this objective can be achieved by creating composite panels that can be used as dividing walls and screens, whether spontaneous or fixed, in internal social spaces. This system is the focus of this research, which is based on applied research, characterized by the analysis of the qualities of the material and its behavior through laboratory experimentation.

KEYWORDS: Divider panels, lufa behavior, division of internal spaces, social area, experimental method.

MASTER EN DISEÑO ARQUITECTÓNICO AVANZADO

MADAA 2022-2024

PANELES DIVISORIOS

Caso de estudio: Luf a Cylindrica, como material biodegradable

Luis David Bravo Valarezo



Sergio del Castillo Tello

Fecha: 29 de mayo de 2024

DIRECTOR: Sergio del Castillo Tello

Agradecimiento

Quiero expresar mi agradecimiento a mis compañeros y profesores, quienes compartieron cada momento en este periodo académico. Su apoyo y colaboración fueron invaluable durante todo el proceso. Mi gratitud extendida a la Universidad Técnica Particular de Loja por brindarme la oportunidad de realizar los estudios necesarios para mi trabajo de fin de master. Asimismo, quiero agradecer especialmente a los encargados de los departamentos de prototipado y de biopolímeros de la UTPL, quienes generosamente proporcionaron los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación. Agradezco de todo corazón a mi familia y amigos por su constante apoyo y comprensión.

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico principalmente a Amado Bravo y María Valarezo, mis padres, quienes me han inculcado valores para seguir adelante y cumplir con cada uno de los desafíos que se presentan en la vida. También dedico este trabajo a mi familia y a mi fiel acompañante por estar cada instante junto a mí.

Muchas gracias.

INDICE

CAPITULO 0 - FUNDAMENTOS Y PERSPECTIVAS	1
0.1 Introducción.....	3
0.1 Objetivos.....	4
0.2 Estado de la cuestión.....	5
0.3 Metodología.....	5
CAPITULO 1 - INTRODUCCIÓN A LA LUFFA CONCEPTOS CLAVE.....	8
1.1 Arquitectura biomimética.....	10
1.2 Parametrización.....	10
1.2.1 Aplicación del diseño paramétrico.....	11
1.3 Que es la luffa cilíndrica.....	11
1.3.1 Características de la luffa.....	11
1.3.1.1 Clima.....	11
1.3.1.2 Lugar.....	12
1.3.1.3 Importación y exportación.....	12
1.3.2 Rasgos botánicos.....	12
1.3.3 Propiedades mecánicas.....	12
1.3.4 Beneficios de uso de la luffa.....	13
1.3.5 La luffa aplicada al diseño arquitectónico.....	13
1.4 Paneles prefabricados.....	14
1.4.1 Espacios en los que se aplican.....	14
CAPITULO 2 - EXPLORACIÓN PRACTICA DE PANELES	15
2.1 Paneles de gypsum.....	17
2.2 Paneles de fibrocemento.....	17
2.3 Paneles de osb.....	17
CAPITULO 3 - LA LUFFA COMO MATERIA PRIMA	19
3.1 Identificación de las partes de la luffa.....	21
3.2 Morfología estructural de la luffa.....	22
3.3 Preparación de la luffa.....	23
3.4 Preparación del biopolímero.....	24
3.5 Preparación de muestras.....	25
CAPITULO 4 - PROPIEDADES Y APLICACIONES DE LA LUFFA	27
4.1 Reacción al agua	29
4.2 Tensión.....	31
4.3 Compresión.....	35

4.4 Propiedades al fuego.....	35
4.5 Ensamblado.....	35
4.6 Experimentación 1: Biopolímero aplicado al luf a.....	36
4.7 Experimentación 2: Biopolímero aplicado al luf a.....	38
4.8 Experimentación 3: Biopolímero aplicado al luf a.....	40
4.9 Experimentación 4: Proceso de deslignificación del luf a.....	42
4.10 Experimentación 5: Proceso de tinturado del luf a por medio del biopolímero.....	45
4.11 Experimentación 6: Proceso de tinturado del luf a continte vegetal.....	53
CAPITULO 5 - APLICACIÓN PRÁCTICA DE RESULTADOS	57
5.1 Panel divisorio a base de luf a cylindrica realizados en laboratorio.....	59
5.2 Diseño de paneles divisorios a base de luf a cylindrica	59
5.2.1 Panel rojo aplicado.....	60
5.2.2 Panel natural aplicado.....	63
5.3 Aplicación de panel rojo y panel natural en división de espacios.....	64
5.4 Panel rojo aplicado a espacio urbano.....	70
5.5 Panel natural aplicado a división de espacios.....	74
CAPITULO 6 - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
6.1 Conclusiones.....	79
6.2 Recomendaciones.....	80
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de la luf a.....	21
Figura 2. Morfología de la luf a.....	22
Figura 3. Corte de la luf a.....	23
Figura 4. Medidas de la luf a.....	23
Figura 5. Cantidad de biopolímero.....	24
Figura 6. Obtención de lámina de muestra de la luf a.....	25
Figura 7. Obtención de prototipo de panel a base de la luf a.....	25
Figura 8. Experimentación sobre la memoria de forma de la luf a.....	30
Figura 9. Probetas de luf a.....	31
Figura 10. Probetas de luf a que experimentaron la tensión.....	32
Figura 11. Gráfica de tensión vs deformación.....	32
Figura 12. Gráfica de fuerza vs deformación.....	32
Figura 13. Proceso de tensión en luf a.....	33
Figura 14. Gráfica de fuerza vs deformación.....	34
Figura 15. Gráfica de tensión vs deformación.....	34
Figura 16. Exposición de luf a a diversas temperaturas.....	35
Figura 17. Obtención de panel con biopolímero a base de gelatina.....	36
Figura 18. Prototipo de panel con biopolímero a base de gelatina.....	37
Figura 19. Prueba 1, panel.....	38
Figura 20. Características de prueba 1, panel.....	39
Figura 21. Recolección de luf as.....	40
Figura 22. Aplicación de biopolímero.....	40
Figura 23. Proceso de prensado de la luf a.....	41
Figura 24. Prueba 2, panel.....	41
Figura 25. Experimentación sobre eliminación de color en la luf a.....	42
Figura 26. Extracción de probeta del agua.....	43
Figura 27. Resultado de la luf a después de 15 min expuesta a una temperatura de 20°C.....	43
Figura 28. Resultado de probetas y el agua resultante después de la experimentación.....	43
Figura 29. Proceso de lavado de probeta de la luf a.....	44
Figura 30. Tonalidad entre probetas.....	45
Figura 31. Tonalidad de biopolímero.....	45
Figura 32. Obtención de biopolímero con centrifugadora.....	46

Figura 33. Mezcla de biopolímero con tinte vegetal y pintura acrílica.....	46
Figura 34. Obtención de muestras de tintes.....	47
Figura 35. Proceso de prensado.....	47
Figura 36. Muestras sometidas a temperatura.....	48
Figura 37. Obtención de biopolímero más tinte vegetal.....	49
Figura 38. Agregado de sulfato de cobre.....	49
Figura 39. Obtención de láminas de luf a.....	50
Figura 40. Aplicación de biopolímero a base de tinte vegetal.....	51
Figura 41. Obtención de panel a base de luf a con tinte vegetal.....	52
Figura 42. Mezcla para tinturar.....	53
Figura 43. Proceso de tinturado.....	54
Figura 44. Resultado de paneles.....	59
Figura 45. Prototipo de panel tipo 2.....	63
Figura 46. Unión de paneles mediante accesorios.....	63
Figura 47. Despiece de hojas.....	64
Figura 48. Detalle de bisagras y zapatas.....	64
Figura 49. Planta única / estado actual of cinas de marketing digital.....	65
Figura 50. Sección A - A' estado actual.....	66
Figura 51. Sección B - B' estado actual.....	66
Figura 52. Barrido fotográfico estado actual of cinas de marketing digital.....	66
Figura 53. Planta única / propuesta of cinas de marketing digital.....	67
Figura 54. Sección A - A' propuesta.....	68
Figura 55. Sección B - B' propuesta.....	68
Figura 56. 3D propuesta of cinas de marketing digital.....	68
Figura 57. Render con panel tipo 1.....	69
Figura 58. Render con panel tipo 2.....	69
Figura 59. Proceso de creación de algoritmo para pabellón.....	72
Figura 60. Proceso de ensamblaje de pabellón.....	72
Figura 61. Proceso de creación de algoritmo para división de ambientes.....	75
Figura 62. Proceso de ensamblaje de división de ambientes.....	76



FUNDAMENTOS Y PERSPECTIVAS

CAPÍTULO 0

El presente capítulo se caracteriza por contener toda la información relevante para el inicio de la experimentación con la Luf a cilíndrica.

Con esto se pretende obtener la base informativa necesaria para entender la realidad de la construcción en cuanto a los paneles compuestos, el porqué de obtener un nuevo panel como complemento adecuado y la metodología necesaria para llevar a cabo una investigación experimental.

0.1 INTRODUCCIÓN

En 2023, Maldonado ha concluido que la biomímesis se basa en el entendimiento de la actuación de los organismos en la naturaleza y su capacidad de evolucionar para resolver conflictos debido al avance del medio en donde se desplazan y su capacidad de adaptación al mismo. La información obtenida de la naturaleza se utiliza como base para crear nuevos ejemplares efectivos que solucionen problemas humanos y sean amigables con el medio ambiente. Asimismo, se entiende que las microestructuras pueden crear elementos de bioconstrucción que el ser humano puede desarrollar con los avances tecnológicos y la materia prima que lo rodea, continuando de esta manera con su adaptación al entorno en el que se desarrolla, mientras evolucionan conjuntamente. Por ende, para la presente investigación se analiza la Lufa cilíndrica, estableciendo como precedente el estudio de fibras naturales para la creación de un panel divisorio que cumpla con estándares adecuados en el ámbito de la construcción. De esta manera, se aporta con un objeto amigable con el medio ambiente, funcional y con características óptimas para su implementación en espacios de área social.

Para realizar la experimentación con las fibras, se entiende que estas mantienen características especiales según su origen: vegetal, animal o mineral. Es necesario comprender que estas se pueden aplicar a escala micro y nanométrica para reforzar sus matrices poliméricas, fortaleciendo así sus propiedades mecánicas y estabilidad térmica de los materiales compuestos.

En el grupo de las fibras naturales, se ha podido identificar a la Lufa cilíndrica, una planta subtropical perteneciente a la familia de las curbitáceas, que produce un fruto vascular fibroso caracterizado por mantener un sistema tipo panel en forma de red. Este está compuesto de celulosa, hemicelulosa y lignina, lo que le confiere mayor durabilidad. Estas características le otorgan un gran potencial para ser utilizado como material alternativo a los materiales celulares artificiales, con la finalidad de buscar soluciones biodegradables utilizando nuevos materiales.

Los resultados de Shen (2010) indican que en las propiedades mecánicas de las fibras de Lufa, se subrayan, su resistencia, ligereza y absorción de energía como cualidades esenciales. Mediante los procesos de estudio, se han realizado una serie de pruebas de compresión sobre la columna de la Lufa, obteniendo como resultado curvas de deformación de tensión casi constantes. Durante las pruebas, las propiedades mecánicas de la Lufa cilíndrica son influenciadas por el grado de humedad presente en el interior de la fibra, y su deformación constante es ideal para la absorción de energía (Shen, 2012).

Por lo tanto, su resistencia, rigidez y absorción de energía son comparables con algunos materiales celulares metálicos, teniendo un rango de densidad similar al del aluminio, acero y cobre (Gibson, 1997). Como resultado de estos estudios, los objetivos planteados buscan no solo profundizar en la comprensión de las propiedades físicas de la Lufa, sino también en su aplicabilidad práctica en la fabricación de paneles compuestos.

Para ello, nos apoyaremos en el método de investigación aplicada de Hedrick (2018), el cual se basa en dar un enfoque práctico específico a una investigación, obteniendo conexión directa entre la teoría y la práctica, buscando resultados que tengan impactos directos y significativos en la realidad actual.

A través de este riguroso proceso de investigación y acción, se busca obtener resultados que contribuyan al avance en el campo de los materiales sostenibles, midiendo sus características en términos físicos y mecánicos, además de analizar su viabilidad para aplicaciones prácticas y su contribución al desarrollo de soluciones biodegradables.

De esta manera, como contribución a esta investigación, se establece una primera fase en la que se desarrolla toda la información requerida a partir de documentación realizada por expertos sobre la materia prima a usar. En esta fase, se consideran los tipos de arquitectura aplicables en la experimentación con un producto natural y las herramientas tecnológicas empleadas para la fabricación de visualización 3D y objetos, además de entender el funcionamiento de paneles ya existentes empleados en áreas sociales.

En una segunda fase, se analizan los paneles ya creados, obteniendo información necesaria sobre la naturaleza constructiva del ser humano. Es importante para el desarrollo de la tesis tener bases de conocimiento tanto del fruto natural como del creado, para dar las características óptimas a los paneles divisorios que se desean crear.

En una tercera fase, se realizan las exploraciones propias al material a intervenir, conociendo el manejo a aplicar y generando compuestos con los que funciona, un proceso realizado con el acompañamiento del Ing. Químico Paul Cuenca.

En una cuarta fase, se obtiene el conocimiento de la materia prima con tecnología aplicada a través de pruebas de laboratorio, las cuales son necesarias para entender el manejo de las fibras naturales y su comportamiento ante diferentes acciones.

Finalmente, se obtiene un objeto elaborado a partir del conocimiento sobre el estado natural de un fruto que funciona con microestructuras y resuelve una necesidad, logrando lo que principalmente requiere la biomímesis. El panel divisorio creado es aplicado a un área social, demostrando su funcionalidad en el ámbito del diseño de espacios internos y constructivo, como un buen ejemplo de soluciones óptimas a la necesidad de obtener privacidad variable de un usuario.

Aunque se ha planteado la creación de paneles divisorios, surge la pregunta: ¿por qué no dar la posibilidad de crear muros divisorios? En realidad, sí se puede realizar según los experimentos realizados, pero es importante mencionar que la creación de un panel requiere de una cantidad menor de materia prima para su producción en comparación con un bloque, lo cual indica mayor financiamiento y un proceso de fabricación más prolongado.

Esto es importante, ya que el fin de esta investigación es crear un objeto que sea amigable con el medio ambiente. Por lo tanto, un proceso de producción más rápido reduce el tiempo de uso de máquinas que, de alguna forma, utilizan recursos que podrían afectar este propósito.

En Ecuador, el avance de los materiales biodegradables no se da con frecuencia, debido a la falta de conocimiento y el planteamiento social hacia los diversos métodos constructivos. Por ello, la presente investigación plantea como objetivo principal evaluar el potencial de la Lufa cilíndrica como materia prima para la obtención de un panel para la subdivisión de espacios internos.

Además, para su fabricación, se proponen las actividades necesarias para alcanzar los objetivos como parte del material investigativo, que son:

- Caracterizar las propiedades físicas de la fibra de la Lufa cilíndrica para establecer su idoneidad como material de refuerzo en los paneles compuestos.
- Diseñar una fórmula compuesta, considerando la disposición adecuada de la fibra de Lufa cilíndrica con biopolímero y otros posibles aditivos para mejorar las propiedades del panel.
- Evaluar los parámetros de fabricación para la producción eficiente de paneles compuestos a escala piloto, considerando factores como la temperatura, presión y tiempo de curado.

0.2 ESTADO DE LA CUESTIÓN

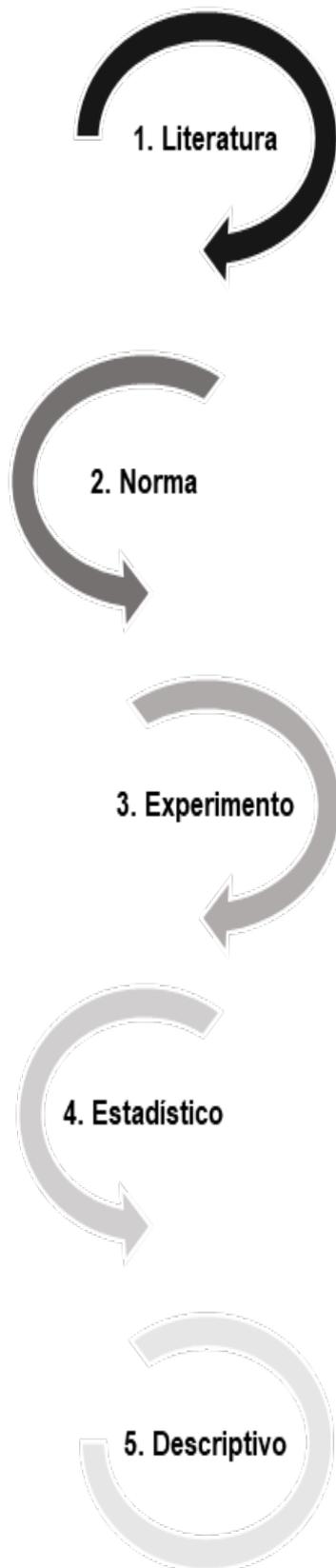
Según la Cámara de la Industria de la Construcción del Ecuador, existen varios tipos de paneles compuestos que se aplican como divisores de espacios. Algunos de estos están conformados por materiales nocivos para el medio ambiente y otros fabricados con materiales reciclables o componentes naturales de alta resistencia mecánica, que buscan disminuir el alto impacto de contaminación. Frente a este análisis, se plantea la creación de un panel de bajo impacto ambiental basado en un material con alta posibilidad de moldeado y características mecánicas y absorbentes de alto índice; por ello, el material seleccionado es la Lufa cilíndrica, el cual actualmente es poco aplicado a este tipo de composiciones. Se realizará el estudio de su constitución, creación y aplicación, logrando determinar el funcionamiento correcto de estos paneles y comprobar la veracidad de las investigaciones ya realizadas. Mediante este estudio, se podrá determinar si la Lufa cilíndrica es un material con características adecuadas para obtener el ejemplar deseado, con el objetivo de lograr acabados de formas orgánicas y viabilidad técnica. Dada la generación de investigaciones propuestas, se pueden obtener datos sobre la composición de la Lufa cilíndrica, desde su estado puro como fruto, su cuidado, cosecha y el proceso para obtenerlo como material de aplicación (Navarrete, 2009); así como también el resultado obtenido de la mezcla de este material con otros compuestos (Fuentes, 2019).

La Lufa cilíndrica, material biodegradable, ha sido manipulada en investigaciones previas, por ejemplo, en módulos fabricados para el aislamiento de sonido (Fuentes, 2019) y en deformaciones que pueden resultar en la Lufa a partir de moldes para el análisis de comportamiento de materiales existentes (Molina, 2021).

Entonces, ¿cuál es la viabilidad y eficiencia de utilizar paneles compuestos por la Lufa cilíndrica en comparación con materiales convencionales en términos de resistencia, durabilidad y sostenibilidad para aplicaciones específicas, como la división de espacios internos de tipo social?

0.3 METODOLOGÍA

El enfoque que se llevará a cabo en el proceso de creación de paneles compuestos a base de Lufa cilíndrica será mixto, cualitativo y cuantitativo. Al establecer la investigación de esta manera, se podrá manipular la información obtenida para reorientar la dirección del proyecto en caso de ser necesario. Además, se establece que el método de investigación para el desarrollo de los paneles compuestos de Lufa será experimental y aplicado, tomando como guía la metodología Hedrick (2018), que se estructura en cinco apartados: literatura, norma, experimento, estadístico y descriptivo.



FASE 1

Tiempo de duración: 1 mes

- Se establece por medio de la comparación y el análisis, es decir, se lleva a cabo la recopilación de la información existente o antecedentes sobre la Luf a cylindrical.

FASE 2

Tiempo de duración: 1 mes

- Se refiere al modelo o dimensiones con las que se pueda contar previamente. En este punto, se determinarán las dimensiones de los paneles compuestos reconocidos como ejemplares para la creación del nuevo a partir de la Luf a.

FASE 3

Tiempo de duración: 1 mes

- Se manifiesta el proceso de adecuación de la materia prima para la obtención del producto deseado.

FASE 4

Tiempo de duración: 2 meses

- Al llegar a este punto, se realiza la exposición de los valores y comparaciones de los datos obtenidos, estableciendo los puntos más relevantes para obtener la viabilidad técnica del objeto planteado.

FASE 5

Tiempo de duración: 1 mes

- Se realizan las pruebas de laboratorio, llegando a un resultado en donde se generará la comparación con paneles existentes y datos relacionados.

Diagrama 1. Fases de metodología
Fuente Propia

Cada uno de los pasos en el proceso de la metodología ayudará a que la investigación tenga la dirección correcta para el planteamiento de la creación de paneles a base de una fibra natural, manteniendo los objetivos planteados.

Cada uno de los apartados consiste en recopilar la información necesaria para establecer la guía adecuada que permita cumplir con la propuesta.

La metodología establecida será aplicada con aspectos a moldear de acuerdo con la investigación planteada, ya que, al ser un proceso experimental, puede tener cambios a lo largo de la aplicación.

Tal como se expresa en Sampieri (2004), el proceso exploratorio se basa en examinar temas que han tenido poco o nulo estudio, como es el caso de la aplicación de la Lufa cilíndrica para la elaboración de paneles.



INTRODUCCIÓN A LA LUFFA CONCEPTOS CLAVE

CAPÍTULO 1

El análisis y estudio de la fibra vegetal *Luffa cylindrica*, implementada en la arquitectura y la bioconstrucción; proporciona la información base para el conocimiento sobre los elementos y tipos de arquitectura aplicables al proceso proyectado en la creación de un panel compuesto. Por ello, se establece el marco teórico planteado a continuación, en donde se definen y describen las características que componen a cada elemento, comenzando por el elemento primario.

1.1 Arquitectura Biomimética

Dentro de la biomímesis, la función y característica principal es establecer nuevos métodos en el campo de la arquitectura, incluyendo constructivos o nuevas formas, basándose en la capacidad de la naturaleza para crear estrategias que solucionen problemas que se presenten, según lo establece Maldonado (2023) en "Envolvente Cinético". Uno de los objetivos de este método es obtener avances significativos e innovadores en todos los campos a los que se aplique; tal es el caso de la arquitectura, para crear nuevas estructuras, tipos de ensamblajes, materiales, entre otras aplicaciones, que se basen en el desarrollo de la naturaleza para crear formas o estructuras funcionales y acordes al entorno donde se plantean.

El diseño biomimético puede ofrecer una reseña suficientemente adecuada y específica de los componentes que la naturaleza utiliza para la fabricación de soluciones prácticas por medio de un proceso de diseño (Biomimicry, 2015). Además, se establece que para obtener una solución biomimética óptima, se deberían implementar seis pasos en el proceso de diseño: definir, biologizar, abstraer, emular, evaluar y, finalmente, volver a establecer la definición de la solución biomimética obtenida.

De esta manera, podemos desarrollar procesos de diseño en los cuales se pueden crear construcciones con eficiencia energética y confort, logrando ecosistemas contruidos por el hombre que se mimeticen con los existentes naturalmente.

Con base en los objetivos de la biomimética, la implementación para la creación de un panel compuesto se basa principalmente en establecer la naturaleza del material primario a utilizar y la estructura que define su composición, basándose en lo que la naturaleza proporciona. Con esto, se crearía un elemento funcional y nuevo en su campo, con características que permitan plantear soluciones de privacidad en espacios flexibles que requieren soluciones rápidas y prácticas. Cabe resaltar que el objetivo es la creación de un objeto dentro del campo constructivo, sin llevar a cabo un proyecto de edificación, por lo que se toma la base relativa de este tipo de arquitectura.

1.2 Paramétrización

Morales en Legado (2012) establece que "El parametricismo como proceso hace propaganda explícita de un nuevo tipo de expresión estética hecha posible gracias al poder del software de modelado". La arquitectura paramétrica comprende una base de información contenida en parámetros o algoritmos, que deben emitir o compartir datos para lograr una geometría o modelado en tres dimensiones; lo que a su vez permite obtener una base de diseño paramétrico, generando así una técnica diferente de diseño arquitectónico.

De la misma forma, se ha establecido que la arquitectura puede basarse en la estructura biológica de algunas especies, las cuales evolucionan constantemente para dar soluciones en su medio. Como ya se ha visto en la arquitectura biomimética, la arquitectura paramétrica busca adaptarse a formas que no siguen un patrón lineal o que requieren variaciones, implicando métodos para crecer o decrecer, además de patrones de ramaje que ayuden a interactuar los diferentes elementos. Por ello, se han creado sistemas de programación donde el proyectista puede controlar y generar elementos o formas basándose en parámetros.

Si bien ya se ha enfatizado que la arquitectura biomimética ayuda a establecer la creación de un panel compuesto por fibras vegetales, la arquitectura paramétrica logrará definir la creación de este panel en visualización 3D, obteniendo un diseño predeterminado con longitudes aplicables, esclareciendo la idea en una tercera dimensión.

1.2.1 Aplicación del diseño paramétrico

“La base del diseño paramétrico es la generación de geometría a partir de la definición de una familia de parámetros iniciales y la programación de las relaciones formales que guardan entre ellos” (Morales, 2012). Además, explica que la utilización de los parámetros implica el uso de variables y algoritmos que crean relaciones tanto geométricas como matemáticas, las cuales proporcionan varias posibles soluciones según las variables aplicadas a cada parámetro. Es importante mencionar que la posibilidad de facilitar el proceso de diseño es una de las cualidades positivas de la arquitectura paramétrica, ya que es más fácil alterar el objeto para obtener múltiples variantes, proporcionando varias opciones de diseño.

Por ello, la aplicación de este tipo de arquitectura ayuda a la realización de este panel, ya que, mediante la aplicación de parámetros, se obtienen varias posibles soluciones en su creación, permitiendo variables en cuanto a su forma, crecimiento o decrecimiento, hablando de las longitudes a aplicar.

1.3 Que es La Luffa Cylíndrica

La Luffa cylíndrica pertenece a la familia de las cucurbitáceas. Se caracterizan por ser originarias del continente americano mayormente, y su diversidad genética se distribuye en diversas características, donde se ha podido identificar que existen especies adaptadas a regiones tropicales, subtropicales, áridas y templadas. La mayoría de las cucurbitáceas se encuentran en regiones templadas y cálidas porque son sensibles a las heladas. Dentro de esta especie hay familias anuales y perennes. Son plantas herbáceas con un crecimiento prostrado, pudiendo ser trepadoras. Algo característico es que sus hojas son alternas, sin estípulas, simples y lobuladas. La mayoría de las cucurbitáceas son dioicas, monoicas o andromonoicas. A nivel mundial existen diferentes especies que se cultivan con mayor interés, como la sandía, melón, pepino, calabaza, Luffa cylíndrica y Luffa acutángula.

1.3.1 Características de la luffa

1.3.1.1 Clima

Según se menciona en “Caracterización preliminar del estropajo Luffa cylíndrica como posible materia prima para construcción”, el cultivo del fruto de la Luffa cylíndrica es preferible en temperaturas elevadas, pero también se puede adaptar a climas templados. Cabe resaltar que las propiedades de elasticidad y resistencia varían en esos casos. Las temperaturas ideales a las cuales mejor se adapta este fruto se encuentran entre los 20°C y 25°C, siendo estos climas cálidos tropicales.

1.3.1.2 Lugar

Según el artículo “Caracterización preliminar del estropajo Luf a cylindrical como posible materia prima para construcción” (Navarrete, Martínez & Duarte, 2009), el crecimiento y cultivo del fruto de la Luf a cylindrical se puede realizar en suelos húmedos con mayor porcentaje de materia orgánica, que cuenten con un sistema de drenaje adecuado y contengan abundante nitrógeno y fósforo. Cabe mencionar que no es recomendable cultivarla en áreas cercanas al mar.

1.3.1.3 Importación y exportación

A pesar de que la Luf a cylindrical no cuenta con un mayor rango de estudio o aplicación, existe un mercado variado de productos en donde se ha aplicado como material adicional o como materia prima para su obtención; productos que son de comercialización elevada, tal como se muestra en diversos estudios. Su fibra es uno de los elementos más utilizados, como se menciona en “Propuesta de la Luf a cylindrical como absorbente acústico aplicable a recintos con fenómenos de reverberación” (Fuentes & Sánchez, 2019), en objetos como esponjas de baño, rellenos de mobiliario y algunos textiles, filtros para piscina, además de su uso a gran escala como filtros para calderas de buques, locomotoras y otras máquinas, y como aislante acústico. En la mayoría del mundo, la comercialización de productos a menor escala, como esponjas de baño, se encuentra en tiendas comerciales, además de su uso a gran escala como amortiguador de ruidos para máquinas.

1.3.2 Rasgos botánicos

En la actualidad, es conocida como estropajo. Esta planta pertenece a la familia de las cucurbitáceas, donde se han podido identificar siete especies de Luf a cylindrical. Se caracteriza por tener hojas alternas y palmadas, con una superficie lisa y bordes dentados, generando una flor de color amarillo. Según Ricardo Pereira (2017) en “Aspectos botánicos y labores de cultivo del estropajo”, la Luf a posee un fruto con una cabeza lisa, oblonga en forma de cilindro con una dimensión de 40 a 70 cm de longitud, exhibiendo líneas verticales en su exterior. En su mesocarpio se identifica la formación de una intrincada red de fibras construida por lignocelulosa, que es la parte útil de la planta (Saade, 2001). Actualmente, se han desarrollado una serie de investigaciones que analizan la morfología de la Luf a, identificando una homogeneidad en las dimensiones de sus fibras con propiedades absorbentes y mecánicas. Estas fibras superponen tres capas de fibras, flexibles y resistentes, que se unen longitudinalmente a su tallo central, formando una ramificación de fibras de mayor diámetro (Cifuentes & Pataquiva, 2013). Las fibras de la capa externa tienen una longitud media de 1 mm que se extiende hacia el eje del fruto, mientras que las fibras del tallo central tienen una longitud de 5 mm, extendiéndose desde el centro hacia la capa exterior, pasando por una capa intermedia de conexión.

1.3.3 Propiedades mecánicas

La estructura de la Luf a cylindrical es similar a la de los materiales espumados, con un sistema

vascular fibroso y membranas que se entrelazan en serie; este material se compone de “una raíz principal, raíces secundarias con capilaridades absorbentes, tallos sólidos y huecos al madurar” (Fuentes & Sánchez, 2019). Según “Propiedades mecánicas de la esponja Luffa” (Shen, Xie, Huang, Zhou & Ruan, 2012), “los frutos de la Luffa cilindrica contienen un sistema vascular fibroso similar a una red, que cuando se secan, sirve como material de espuma de célula abierta”. Por ende, este es un material que posee propiedades absorbentes y, gracias a su porosidad, es maleable, pero cuenta con una estructura lo suficientemente fuerte como para no romperse con facilidad, gracias al entramado de sus fibras, lo que es relevante para el uso de la Luffa.

1.3.4 Beneficios del uso de la luffa

Como se menciona en “Uso de Luffa cilindrica para aplicaciones en el diseño a base de fibras naturales” (Molina, Heredia, Garduño & Monroy, 2021), en los últimos años, la contaminación en el planeta ha aumentado de manera significativa por diversos factores, incluyendo la fabricación de objetos de material plástico derivado del petróleo y de materiales de construcción que, debido a sus compuestos, son altamente contaminantes. Los plásticos son uno de los mayores contaminantes que terminan generalmente en los mares, donde “se exponen a condiciones biológicas, químicas y físicas que los deterioran y fragmentan, generando impactos ambientales alarmantes”.

De los materiales de construcción mencionados, se destaca que actualmente existen diversas investigaciones y aplicaciones que buscan minimizar el impacto ambiental. Por ello, se busca, por medio del diseño y el uso de materia prima como las fibras naturales, crear nuevos elementos que puedan ser implementados en la nueva generación de sistemas constructivos, destacando la bioconstrucción.

1.3.5 La luffa aplicada al diseño arquitectónico

En la actualidad, la aplicación de la Luffa se utiliza en diversos campos en su estado natural; sin embargo, existen pocas investigaciones relacionadas con este material. Una de ellas es “Caracterización preliminar del estropajo Luffa cilindrica como posible materia prima para construcción” (2009), donde se establecen características de este material y su comercialización. Además, se describen procesos experimentales realizados con la Luffa para determinar sus propiedades y factibilidad como materia prima para su aplicación en la construcción.

También hay estudios sobre aislamiento acústico en los que se ha aplicado la Luffa cilindrica tratada con diversos componentes, utilizando métodos experimentales para crear módulos con suficiente capacidad aislante de sonido, tal como se establece en Parra (2019).

Según Fernández (2019), como guía y a partir de los estudios previos realizados en estas investigaciones, se plantean las características básicas de la esponja vegetal Luffa cilindrica, recopilando antecedentes de procesos experimentales sobre su capacidad absorbente de sonido, mezcla con diversos materiales y su reacción a los mismos, capacidad de deformación y aplicación de métodos de diseño mediante la fabricación de moldes para generar nuevas formas, entre otras capacidades del material.

Entonces, ¿será posible que el material seleccionado como materia prima, al ser trabajado y procesado con componentes que ayuden a su estabilidad, logre crear un panel compuesto que cumpla con las

características necesarias para obtener un ejemplar eficiente?

1.4 Paneles prefabricados

Existen varios tipos de construcción a nivel nacional que se han implementado de acuerdo al conocimiento de cada profesional y al alcance económico de cada usuario. Dentro de estos sistemas, con el objetivo de comprender la funcionalidad y las propiedades de la Lufa en comparación con los sistemas actuales de construcción, se realiza un análisis de tres tipos de materiales con aplicaciones a nivel de división de espacios y facilidad de manipulación, tales como el gypsum, paneles de fibrocemento y paneles de OSB.

1.4.1 Espacios en los que se aplican

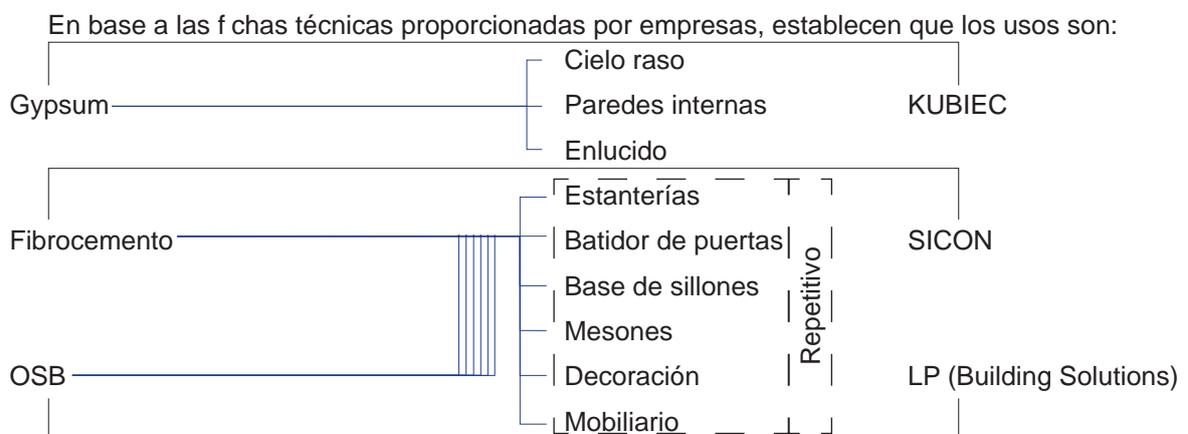


Diagrama 2. Espacios de uso de paneles

Fuente Propia/con referencia en fichas técnicas proporcionadas por KUBIEC, SICON y LP.

Aunque los espacios o usos en los que se aplican los paneles seleccionados son repetitivos en el sentido de aplicación decorativa, además de la subdivisión que ocasionalmente se puede emplear, se aprecia que solamente en cuanto al gypsum se trata, la ficha técnica establece que se puede colocar como cielo raso, enlucido y paredes internas.

De esta manera, entre los tres tipos, solo uno se cataloga como directamente relacionado al uso en el que va dirigido el panel divisorio creado a partir de Lufa cilíndrica, siendo aplicable en espacios de área social, ya que en estos se usan con mayor frecuencia para proporcionar un nivel de privacidad media. Se sabe que en espacios flexibles enfocados a áreas sociales es donde se aplican subdivisiones para proporcionar privacidad espontánea, ya que son de uso múltiple. Por ello, se opta por la creación de un panel eficiente, con características de fácil manipulación, propiedades mecánicas óptimas y aspecto estéticamente funcional para aplicación de diseño en espacios internos.



EXPLORACIÓN PRÁCTICA DE PANELES

CAPÍTULO 2

En este capítulo se exponen las propiedades de los paneles seleccionados, que son los más reconocidos en el medio de la construcción, obteniendo las medidas predimensionadas con las que cuentan para su correcto funcionamiento y aplicación. De esta manera, se pretende plantear un estándar de medidas con el cual se puede experimentar en el panel a crear, estableciendo medidas óptimas propias en las que pueda trabajar el panel propuesto.

2.1 Paneles de Gypsum

		Características	
		Espeores y peso	
Gypsum		9.5 mm	6.4 kg/m ²
		11 mm	6.5 kg/m ²
		12.7 mm	6.8 kg/m ²
		15.9 mm	11.1 kg/m ²
	Dimensiones estándar	12220 mm x 2440 mm	
	Ambientes a emplear	Cielos rasos, paredes interiores, revoque en seco	
	Acabado	Liso	
	Colocación	Es necesario estructura para su colocación	
Corte	Manual cúter		

Realizada en base a ficha técnica ofertada por:
KUBIEC

Tabla 1. Tabla técnica Gypsum
Fuente Propia

2.2 Paneles de Fibrocemento

		Características	
		Espeores y pesos	
Fibrocemento		4 mm	18.12 kg
		6 mm	27.18 kg
		8 mm	32.7 kg
		10 mm	45.31 kg
		15 mm	67.5 kg
		17 mm	71.98 kg
		20 mm	84.83 kg
	Dimensiones estándar	12220 mm x 2440 mm	
	Ambientes a emplear	Construcción. Esteras. Bastidor de puertas. Base de sillones. Mesones. Decoración. Mobiliario	
	Acabado	Un lado Liso y otro rugoso	
Colocación	Es necesario estructura para su colocación en mampostería		
Corte	Forma mecánica		

Realizada en base a ficha técnica ofertada por:
SICON

Tabla 2. Tabla técnica Fibrocemento
Fuente Propia

2.3 Paneles de OSB

		Características	
		Espeores y peso	
OSB		9.5 mm	21.1 kg
		11.1 mm	24.1 kg
		15.1 mm	32.7 kg
		18.3 mm	38.9 kg
	Dimensiones estándar	12220 mm x 2440 mm	
	Ambientes a emplear	Construcción. Esteras. Bastidor de Puertas. Base de Sillones. Mesones. Decoración. Mobiliario	
	Acabado	Rugoso	
	Colocación	Es necesario estructura para su colocación en mampostería	
Corte	De forma mecánica		

Realizada en base a ficha técnica ofertada por:
LP Building Solutions

Tabla 3. Tabla técnica OSB
Fuente Propia

Los casos establecidos son especificaciones técnicas proporcionadas por las comercializadoras de cada material ubicadas en la ciudad de Loja, con propósitos de estudio dentro de la localidad donde se realizan las pruebas para la creación del panel a base de Luffa. Se seleccionan aquellas fichas que proporcionan información sobre los paneles ya existentes en el campo de la construcción, además de los estándares bajo los cuales han sido estudiados. Estos se especifican según los posibles ambientes en donde se emplean, sus acabados, dimensiones y tipo de ejecución, logrando establecer la factibilidad que podría tener el panel a base de Luffa cilíndrica.

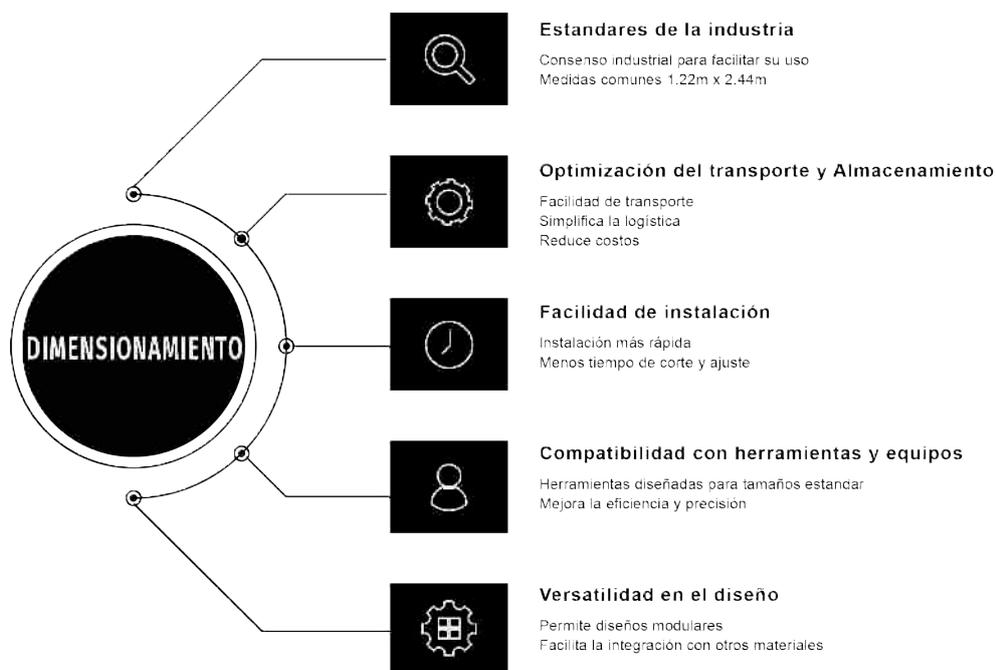


Diagrama 3. Dimensionamiento a nivel de características favorables entre paneles de gypsum, fibrocemento, osb y a base de luffa cilíndrica
 Fuente Propia/con referencia en fichas técnicas proporcionadas por kubiec, sicon y LP.

Propiedad	OSB	Fibrocemento	Gypsum	Luffa cilíndrica
Material	Virutas de madera y resina	Cemento y fibras de celulosa	Yeso y papel	Fibra de Luffa cilíndrica
Resistencia	Alta	Muy alta	Adecuada	Moderada
Durabilidad	Buena (sin humedad)	Excelente	Moderada	Buena (tratada)
Aislamiento térmico	Moderado	Moderado	Moderado	Alto
Aislamiento acústico	Moderado	Bueno	Bueno	Alto
Peso	Ligero	Pesado	Ligero a moderado	Ligero
Costo	Relativamente bajo	Moderado a alto	Bajo	Variable
Sostenibilidad	Depende de la fuente de madera	Moderado	Moderado	Alta
Aplicaciones	Techos, paredes, suelos	Revestimientos, tabiques	Tabiques interiores, techos	Paredes divisorias, Aislamiento acústico

Tabla 4. Tabla comparativa entre materiales
 Fuente Propia



LA LUFFA COMO MATERIA PRIMA

CAPÍTULO 3

En el presente capítulo se realiza el tratamiento de la materia prima, conociendo por experimentación y observación propia las características de la Luf a y el tratamiento a aplicar. Además, se establece la experimentación del tipo de biopolímero a colocar en las láminas de Luf a para reconocer su comportamiento ante el mismo. Cabe resaltar que los procedimientos se elaboran con el apoyo de personal capacitado en el ámbito de la experimentación con el tipo de materia prima aplicada.

La materia prima para esta investigación se puede obtener de vendedores ambulantes que cuentan con el producto, ya que no existen sembríos cercanos en la localidad. Para el propósito de este experimento y el tiempo estimado, no es viable realizar un proceso de obtención del producto desde cero. Por ende, al ser un producto altamente comercializado como esponjas de baño, también se encuentra en centros comerciales de alta demanda, en este caso, los existentes en la ciudad de Loja, lo cual permite lograr los objetivos propuestos en el tiempo estipulado.

La Luf a Cylindrica a ser utilizada en las experimentaciones para la fabricación de paneles, es cultivada en la provincia de Ambato. La empresa Luf an es la responsable de este cultivo, además se dedica a la producción de esponjas exfoliantes para el cuerpo basadas en este fruto, siendo la suministradora a diversos supermercados como supermarxi y super mercado Aki, entre otros.

Al tener una composición porosa, el producto comercializado no tiene mayor intervención por parte de la empresa proveedora, ya que se puede observar en su estado natural, con etiqueta y un color obtenido a base de cloro líquido al 4% durante 60 minutos para mejorar su apariencia, tornándola más blanca.

Para su procesamiento en la presente investigación, se procede con el desglosado de la Luf a de acuerdo a lo requerido para la elaboración del panel, realizando pruebas con secciones pequeñas para conocer su comportamiento ante diferentes acciones a las que se someta el fruto.

Es importante conocer la materia prima con la cual se va a trabajar, ya que de esta manera se pueden plantear aglomerantes, aditivos o polímeros con los que pueda funcionar, encontrando el mejor complemento para la Luf a en cuanto a la creación del panel. Dependiendo de si se desea más porosidad en el material, más rigidez, más espesor, entre otros componentes, se procede a:

3.1 Identificación de las partes de la luffa

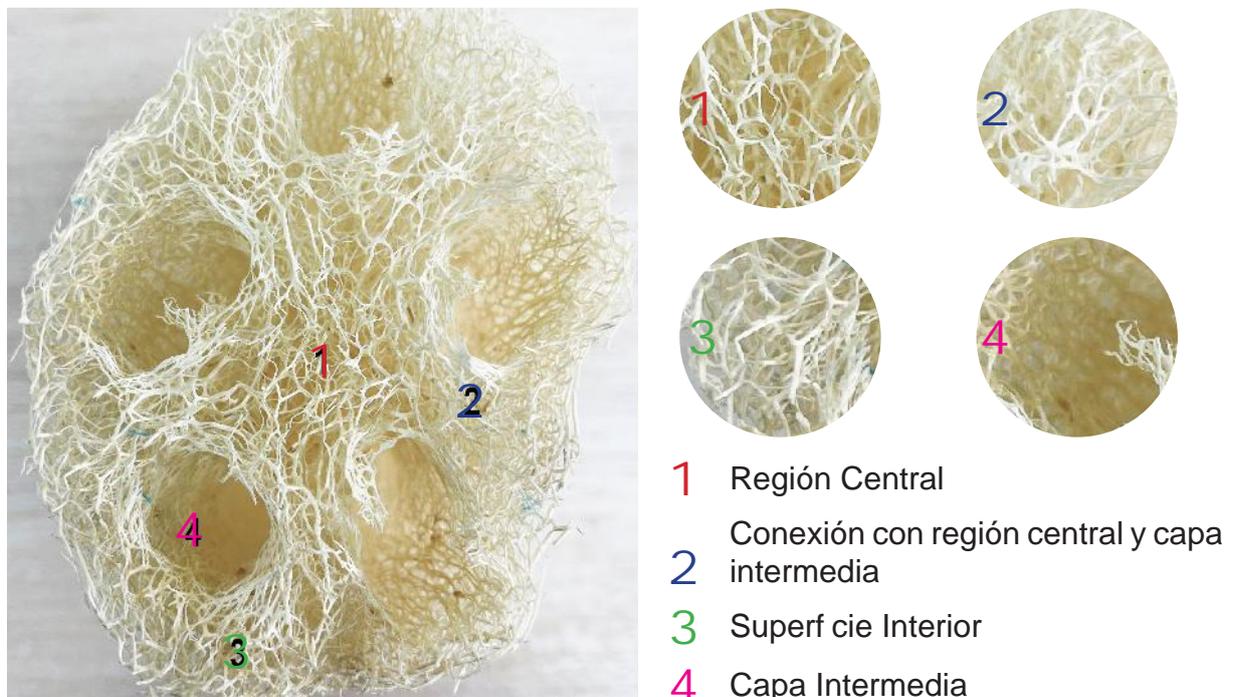


Figura 1. Partes de la luffa
Fuente Propia

Al realizar un corte horizontal en la Luf a, se pueden observar sus partes esenciales, formadas por una región central donde se aprecia un conglomerado de f bras que se entrelazan y conforman todo el fruto. Además, se observan las conexiones de la región central con la capa intermedia, la cual también está compuesta por las f bras características de la Luf a, en este caso con mayor unión, donde el poro no es mayormente visible.

La conformación de la capa intermedia, siendo otra de las partes esenciales de la Luf a, está compuesta por las mismas f bras, pero con la particularidad de tener agujeros de tamaño considerable, formando una secuencia de cinco aberturas en toda la longitud del fruto. Esta particularidad ayuda a que el fruto mantenga su forma cónica, además, la cáscara que lo envuelve y cumple su función de molde natural cuenta con el mismo tipo de forma.

Finalmente, se observa la superf cie interior, que se compone de f bras más separadas con una porosidad notoria, formando una capa lo suf cientemente ancha para mantener una estructura superf cial necesaria para dar forma al fruto e iniciar la distribución de las capas ya mencionadas anteriormente (f gura 1).

3.2 Morfología estructural de la luffa

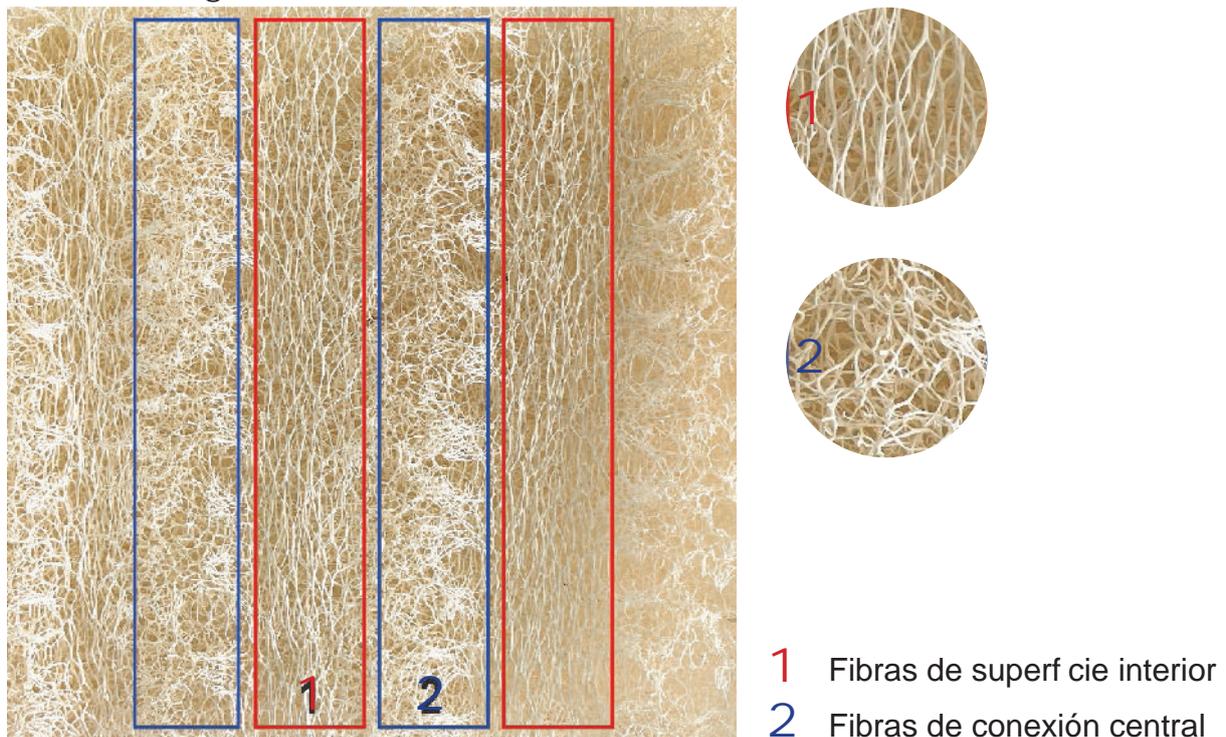


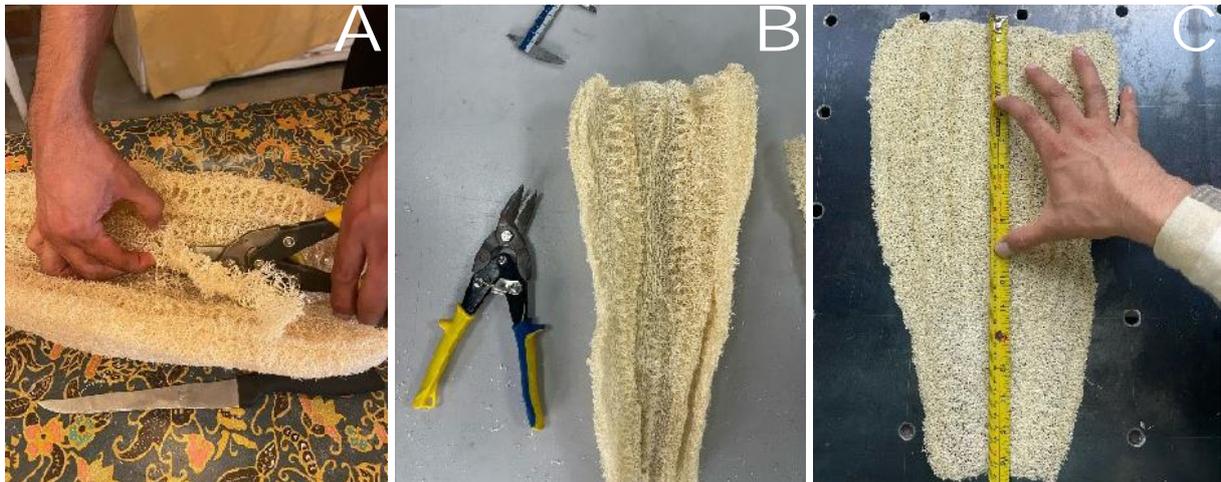
Figura 2. Morfología de la luffa
Fuente Propia

Existen dos partes en la morfología de la Luf a que permiten que mantenga su forma natural tipo cono. Para el objeto deseado se requiere una forma cuadrada de la materia prima, por lo que se procede a realizar secciones en los frutos para obtener aberturas y romper el entrelazado de sus f bras. Al realizar la sección en la parte central del fruto, se obtiene una Luf a con una longitud más amplia, en donde todas sus capas se exponen de forma longitudinal, con dos tipos de superf cie: la primera, compuesta por las f bras de la superf cie interior en segundo plano, que se observan más unidas y con

porosidad densa; y las fibras de conexión central en primer plano, que tienen fibras más distantes entre sí, con pequeños agujeros y porosidad más abierta.

De esta manera, obtenemos una plancha de Luffa irregular, con dimensiones no establecidas, ya que cada fruto varía de acuerdo a su crecimiento natural. Por lo tanto, para objetos de estudio se determinan secciones óptimas para el trabajo en las máquinas de laboratorio disponibles.

3.3 Preparación de la luffa



A: Corte
B: Luffa seccionada
C: Dimensión

Figura 3. Corte de la luffa
Fuente Propia

El fruto a trabajar se caracteriza por tener una apariencia de esponja; sin embargo, el corte se realiza con dificultad, ya que las fibras que lo componen se encuentran fuertemente entrelazadas. Por lo tanto, se realiza un corte en la parte central de la Luffa para extraer todas las fibras irregulares posibles (Figura 3).

Como se ha mencionado anteriormente, la Luffa tiene una forma cónica, por lo tanto, sus dimensiones presentan grandes diferencias en sus lados, y cada una de ellas difiere en tamaño (refiérase a Figura 4). Para la elaboración de un panel, es necesario seleccionar los frutos con la mayor similitud posible en cuanto a tamaño; de esta manera, se puede extraer un ejemplar con forma cuadrada, minimizando desperdicios.



D: Dimensión ancho lado mínimo 1.05cm
E: Dimensión ancho lado máximo 2.41cm
F: Dimensión ancho lado centro 1.93cm

Figura 4. Medidas de la luffa
Fuente Propia

3.4 Preparación del Biopolímero

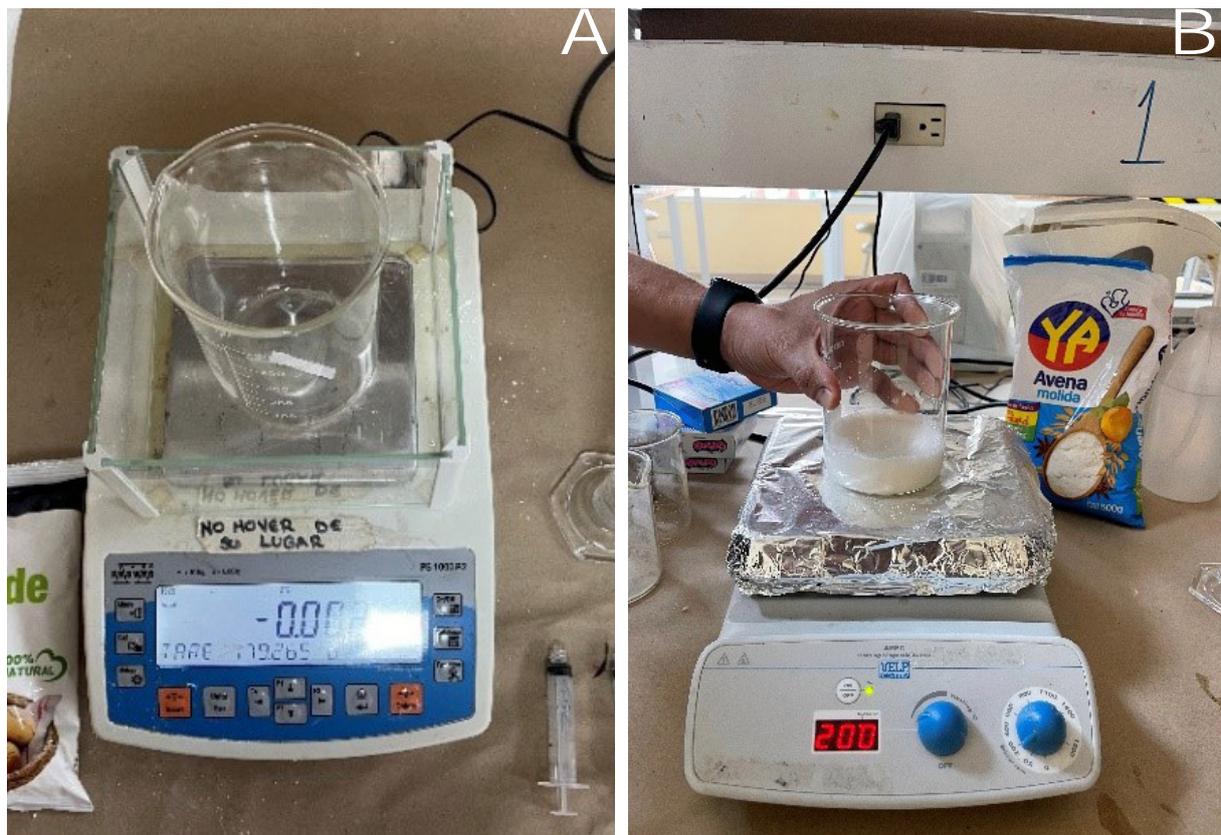
Este proceso se realizará mediante el uso de biopolímeros, como es el caso del almidón de yuca. Para su aplicación, se prepara la receta cuatro veces para conseguir una cantidad de 250 ml de biopolímero, una cantidad adecuada para dos Luf as.

Para el presente proceso se utilizan 3.75 gr. de almidón, 23 ml de agua, 2.5 ml de ácido acético y 0.05 ml de glicerina. Además, se emplean una báscula, jeringuilla, vaso precipitado, probeta, estufa y un imán.

Una vez organizadas las cantidades y los materiales, se procede a colocar el agua, la glicerina y el ácido acético en el vaso precipitado (figura 5A), el cual se colocará sobre una estufa a 200°C para mezclar continuamente. Se utiliza un imán que mezcla los componentes a una vibración de 200 rpm.

A los 12 minutos de estar sobre la estufa, se empieza a notar una masa elástica del biopolímero. Por este motivo, se añaden 50 ml de agua adicional para mantener una mayor ligereza del material. El biopolímero hierve sobre la estufa durante una hora, removiendo constantemente la mezcla para evitar la segregación de los compuestos en ciertas zonas.

Al culminar, se obtiene una mezcla homogénea, con alta viscosidad y de color blanco (figura 5B), que al secarse se tornará incolora.



A: Inicio de biopolimero

B: Biopolimero

Figura 5. Cantidad de biopolímero
Fuente Propia

3.5 Preparación de Muestras



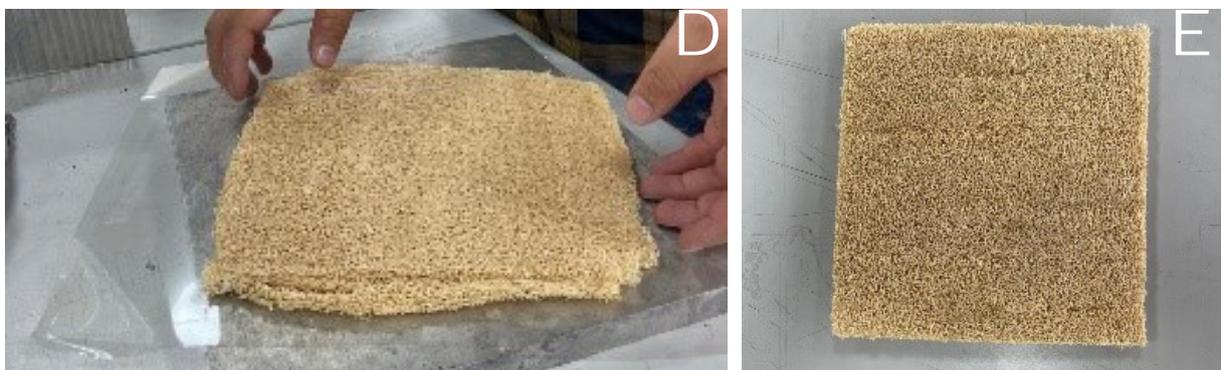
- A: Luffa completa**
- B: Luffa sin núcleo**
- C: Lámina de luffa**

Figura 6. Obtención de lámina de muestra de la luffa
Fuente Propia

A: Para la obtención de las muestras, se realiza la sección del fruto convenientemente para generar medidas aplicables en las pruebas, aclarando que las Luffas no cuentan con medidas estándar al ser un producto natural.

B: Principalmente, se genera la extracción del núcleo del fruto, obteniendo una plancha que, aunque ya se ha generado un pre estándar, aún continúa con la forma cónica que describe a la Luffa cilíndrica.

C: Posterior a la extracción del núcleo, se aplica una ligera presión a la pre muestra, obteniendo una plancha de Luffa. Este procedimiento se realiza con el número de Luffas necesarias según el grosor requerido. Con fines de estudio y pruebas de laboratorio para esta investigación, se han adquirido 100 frutos como punto de partida en la obtención del panel.



- D: Copilación de luffas**
- E: Prensado de luffas**

Figura 7. Obtención de prototipo de panel a base de la luffa
Fuente Propia

D: Una vez adquiridas el número requerido de Luffas, en este caso 3, se procede a colocarlas una sobre otra para ser expuestas a la prensa, donde reciben una fuerza mayor que las compacta, logrando obtener un solo cuerpo de la materia prima a utilizar.

E: Luego de haber pasado por la prensa, se obtiene un cuerpo compacto con mayor grosor, en el cual se realizan cortes, obteniendo un desperdicio mínimo del ejemplar inicial. De esta manera, se obtiene una plancha con forma cuadrada y medidas regulares entre sí, que establecen una muestra de cuerpo de panel para ser procesado.

RESUMEN DE CONOCIENDO LA MATERIA PRIMA

TIPO DE APLICACIÓN	MATERIAL	RESULTADOS
Partes de la Luf a Cylindrica	Luf a Cylindrica Tijeras de corte	La Luf a Cylindrica cuenta con cuatro partes, siendo la primera la región central, la segunda la conexión entre región central y capa intermedia, la tercera la superf cie interior, y la cuarta la capa intermedia. Todas con f bras que se encuentran conectadas entre si; y para obtener la lámina de luf a se desprenden la primera y segunda región.
Morfología estructural	Luf a Cylindrica Tijeras de corte	El fruto se encuentra compuesto por f bras naturales, las que se encuentran en la superf cie interior y las de conexión central. Por lo que se determina que es mejor retirar las f bras de conexión central para la obtención de la lámina de luf a, ya que estas presentan mayor facilidad para retirarlas gracias a su porosidad mas abierta y y f bras más distantes entre si.
Preparación de la Luf a	Luf a Cylindrica Tijeras de corte Regla	Se realiza la sección de la Luf a Cylindrica extrayendo todas las f bras irregulares que se puedan identif car. Se realiza una selección de los frutos más similares en medida para poder una cantidad de desperdicio mínima.
Preparación del biopolímero	Almidón de yuca Agua Ácido acético Glicerina Bascula Jeringuilla Vaso precipitado Probeta Estufa Imán	La densif cación correcta para que el biopolímero actuae adecuadamente será de mezcla homogénea, con alta viscosidad y de color blanco que al secarse se torna incolora. Si resulta de otra manera, se tendrá que volver a repetir el proceso para su fabricación ya que si no es de esta manera, su aplicación se torna con dif cultad y no actua como el complemento de compactación entre luf as.
Preparación de muestras para panel a base de Luf a Cylindrica	Luf a Cylindrica Bipolímero Termo prensa Láminas de acetato	Luego de establecer el complemento que ayudará a la unión entre luf as, se realiza el proceso de compactado de tres luf as que resultan en la favorable obtención de un módulo.

Tabla 5. Resumen de capitulo
Fuente Propia



PROPIEDADES Y APLICACIONES DE LA LUFFA

CAPÍTULO 4

Una vez que se ha realizado el reconocimiento del producto a tratar, se emplean pruebas de experimentación que permiten desarrollar la investigación con un enfoque más práctico y de aprendizaje propio. Por lo tanto, en este capítulo se aplican diversas pruebas que ayudarán a entender el comportamiento de la Luf a como materia prima frente a diferentes agentes. Además, se obtienen los dos primeros prototipos del panel divisorio a base de Luf a cylindrica, los cuales serán sometidos a los agentes empleados en la materia prima.

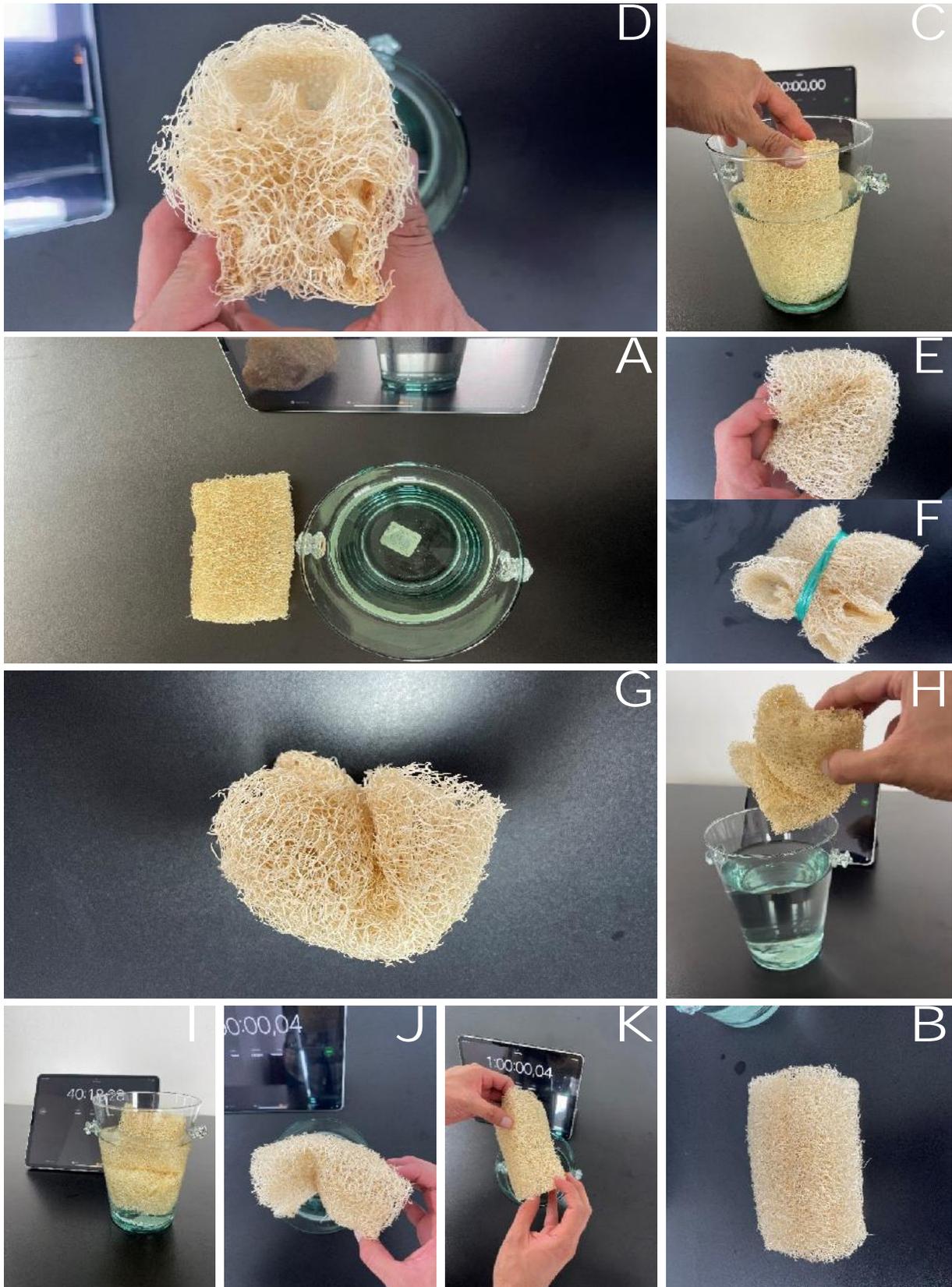
4.1 Reacción al agua

Se evidenció que al colocar la Lufa en agua, esta pierde resistencia en sus fibras. Esto se observó mediante la prueba de sumergirla durante una hora y aplicarle fuerza, deformando su apariencia principal. La Lufa permaneció durante 24 horas sometida a la fuerza aplicada, manteniendo la forma en la que se había colocado; estos procesos se pueden observar en la figura 8.

Posteriormente, se realiza la extracción de la fuerza aplicada mediante una cuerda, para luego sumergir la Lufa deformada en el recipiente de agua, para observar si vuelve a su forma original. Se notó que, a los 40 minutos, comenzó a retomar su forma. Después de una hora, se retiró del recipiente y la Lufa mantenía suavidad y había recuperado su forma en un 40%.

Se procedió a moldearla aplicando fuerza mínima sobre la superficie, logrando el retorno de su forma original. Durante 24 horas se volvió a sumergir en agua para establecer si pierde fuerza al estar dentro del agua o si mantiene una densidad más alta; el resultado fue que mantuvo su forma y la misma resistencia.

Las herramientas a utilizar para este proceso serán: un recipiente de vidrio, agua, cronómetro, Lufa y una cuerda; estos materiales y herramientas ayudarán a establecer las reacciones de la materia prima a utilizar, sometida a acciones que probablemente puedan ser experimentadas ya aplicadas a un panel divisorio. Cabe resaltar que esta experimentación se realiza para obtener conocimiento básico para generar un elemento funcional y poder realizar diferentes tipos de experimentación posteriormente.



A: Luf a, vaso, agua
B: Luf a

D: Extracción de luf a
E: Aplicación de fuerza
F: Fuerza sostenida

G: Secado de luf a 24h
H: Reincorporación
I: Proceso de mojado 1h

J: Extracción de luf a 1h
K: Deformación de luf a en tensión

Figura 8. Experimentación sobre la memoria de forma de la luffa
Fuente Propia

4.2 Tensión

Las pruebas de tracción se realizan mediante un método estándar, similar al aplicado al plástico, pero en este caso se aplican a la Luf a, debido a que no existen hasta el momento pruebas de tracción para materiales orgánicos. Estas pruebas se basan en los conocimientos proporcionados por el Ing. Paul Cuenca, químico, en el departamento de prototipado de la UTPL.

Este método de prueba se aplica a láminas delgadas (probeta) de la Luf a, las cuales se preparan en base a lo que establece la norma ISO 52-1 (figura 9).

Nota: este método de prueba no pretende cubrir procedimientos físicos precisos. Se reconoce que, por la falta de información para la generación de las probetas en materiales orgánicos, se utilizan las pruebas de tracción aplicadas a materiales con medidas similares a las probetas que se pueden extraer de la Luf a, tal es el caso del plástico.

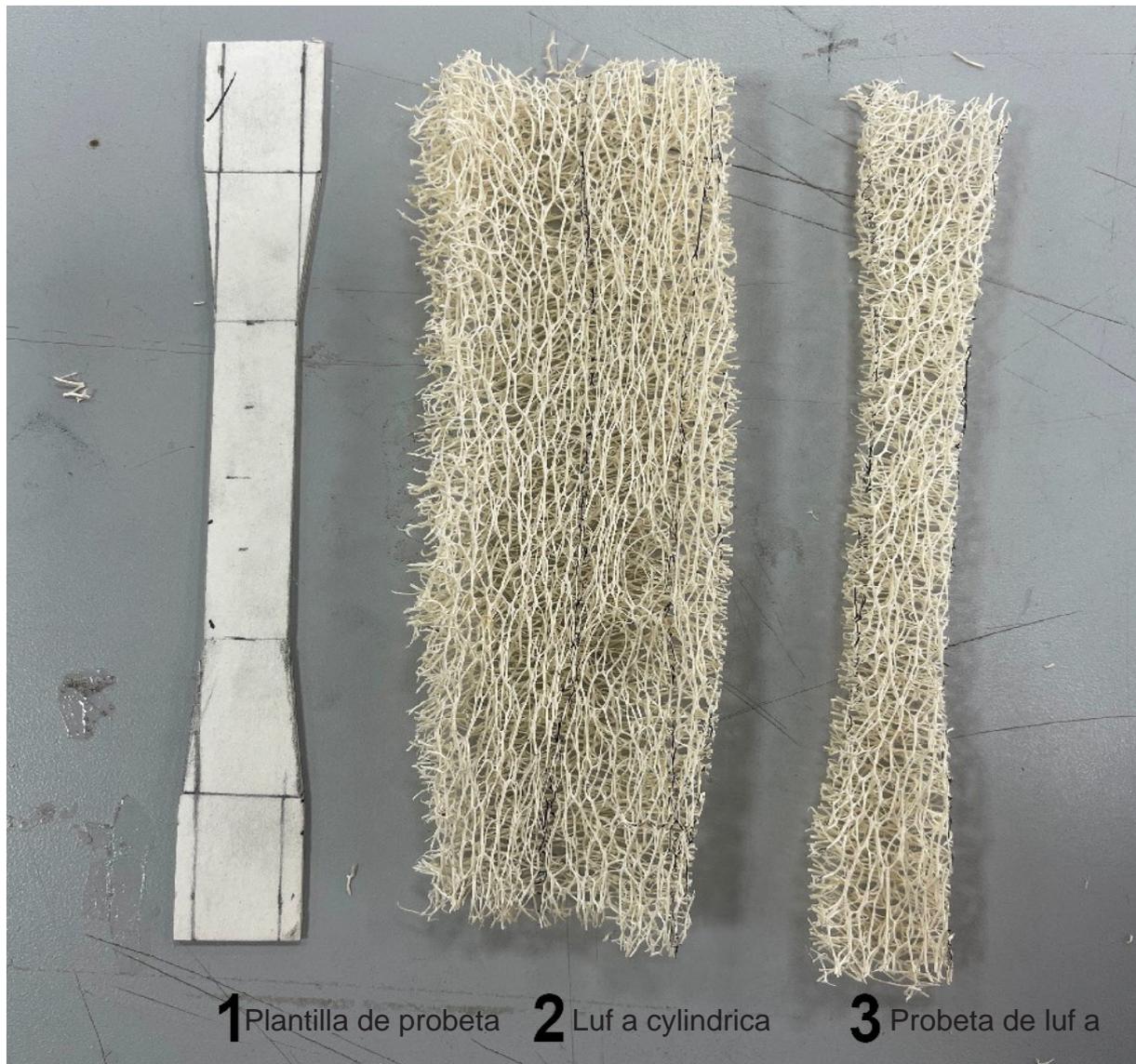


Figura 9. Probetas de luffa
Fuente Propia



Figura 10. Probetas de luffa que experimentaron la tensión
Fuente Propia

Para elaborar la prueba de tensión se extraen diecisiete probetas de frutos diferentes, debido a que cada Luffa es diferente, por tal motivo al someter cada probeta al tensionador, se obtuvieron seis ejemplares que presentaron la ruptura en la parte superior y seis en la parte inferior.

La figura 11 y 12, representan los resultados de las pruebas realizadas a las diecisiete probetas.

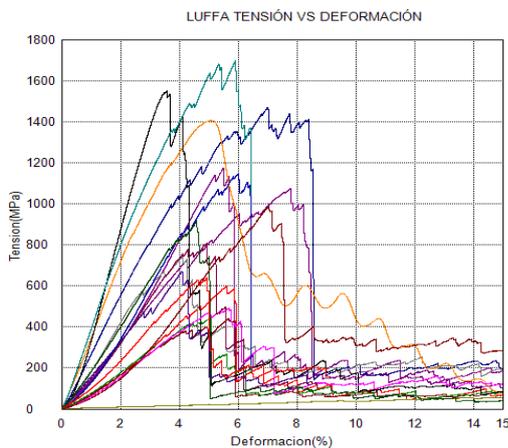


Figura 11. Gráfica de tensión vs deformación
Fuente Propia

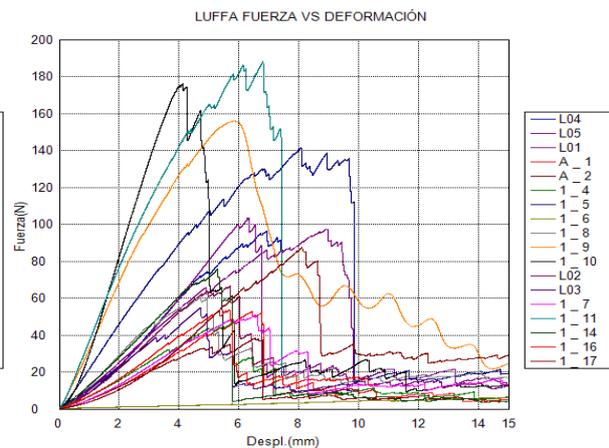
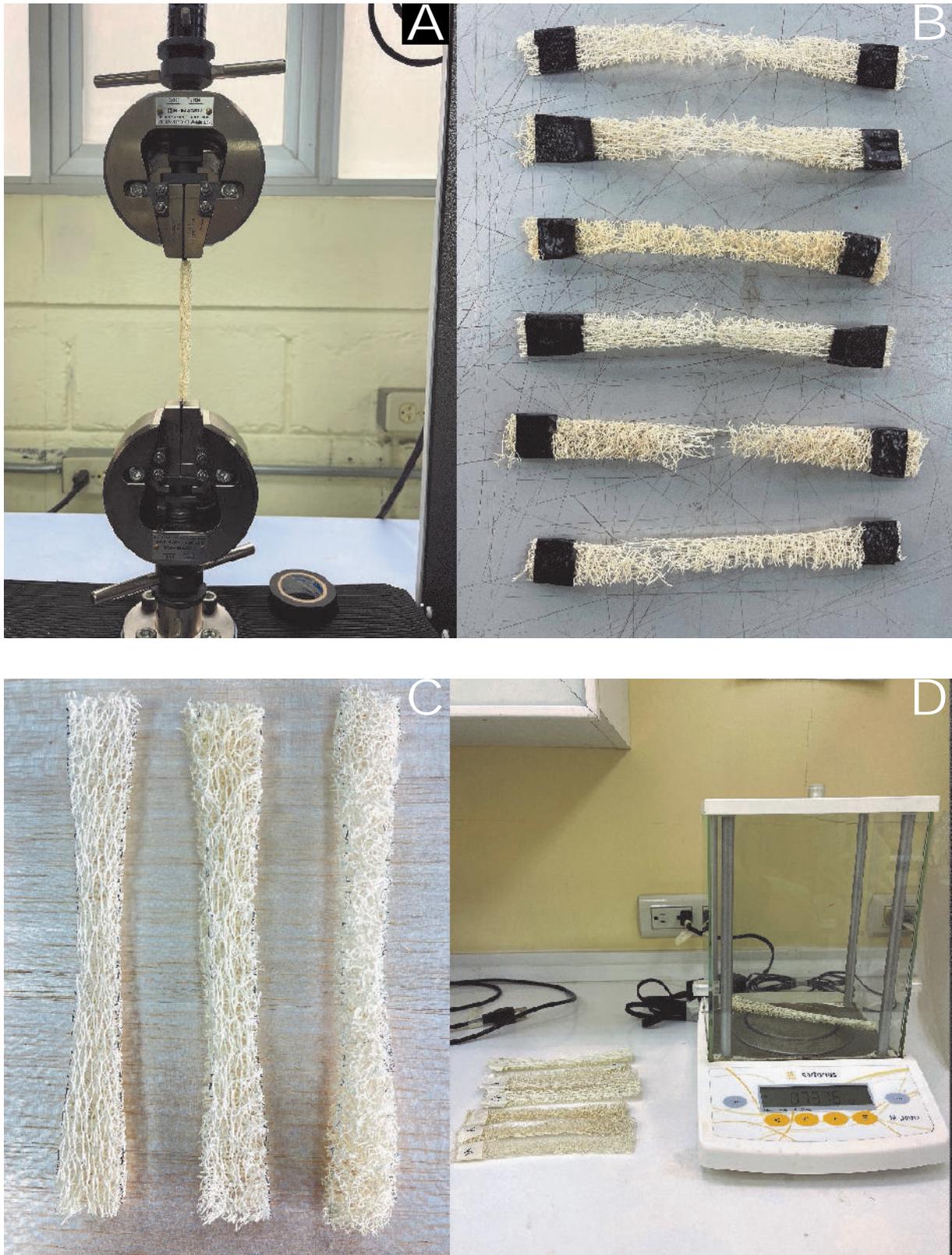


Figura 12. Gráfica de fuerza vs deformación
Fuente Propia

Del total de ejemplares se obtuvieron cinco muestras adecuadas por mantener su ruptura en la parte céntrica; se hace el uso de estas porque debido a la ubicación de la ruptura se puede generar un valor constante en el resultado.

Sin embargo cabe destacar que la Luffa Cylindrica al ser un material orgánico y natural siempre obtendrá resultados variables; es por esto que en este caso se han extraído un número adecuado para la extracción de probetas.

Una vez realizada la prueba de tensión, se pudo evidenciar que en tres probetas se obtiene una elasticidad considerable, sin mayor observación de ruptura; tal como se puede apreciar en las probetas de la imagen C de la figura 13, manteniendo los picos más altos a diferencia de las demás.



A: Generación de probetas para ejercicio de tracción
B: Peso de probetas
C: Proceso de tensión mediante equipo (tensionador)

D: Resultado de las probetas a máxima tensión

Figura 13. Proceso de tensión en luffa
Fuente Propia

Resultados gráficos de tensión:

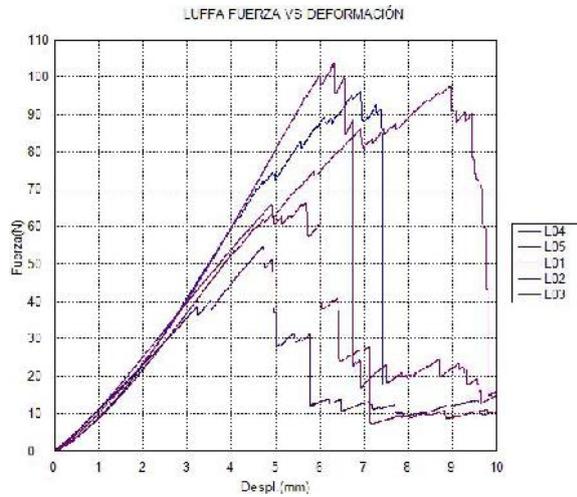


Figura 14. Gráfica de fuerza vs deformación
Fuente Propia

Desplazamiento

Se obtuvieron cinco resultados que evidencian el comportamiento mecánico, con una deformación máxima de desplazamiento de 8.95510 mm y una mínima de 4.72097 mm, manteniendo una media de 6.51963 mm.

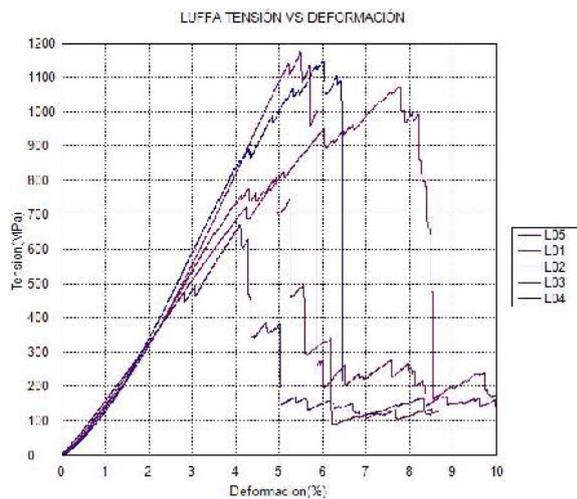


Figura 15. Gráfica de tensión vs deformación
Fuente Propia

Deformación

Se mantiene una variación en la deformación entre los cinco resultados, con una máxima de 7.78704%, una mínima de 4.10519% y una media de 5.66925%.

Nombre	M. Elástico (MPa)	Rotura fuerza (N)	Max. Tensión (MPa)	Rotura de tensión (MPa)	Max. Desplazamiento (mm)
L01	17554.7	43.2007	1072.15	475.900	8.95510
L02	18479.1	---	8009.109	---	5.69513
L03	16698.2	---	670.545	---	4.72097
L04	19706.5	861867	1146.75	1028.35	6.92433
L05	17780.2	80.7722	1175.39	916.465	6.30263
Media	18043.7	70.0532	974.789	806.905	6.51963
Maximo	19706.5	86.1867	1175.39	1028.35	8.95510
Mínimo	16698.2	43.2007	670.545	475.900	4.72097
Cf. Variación	0.006	0.334	0.228	0.36196	0.24321

Tabla 7. Resultados pruebas de tensión
Fuente Propia

4.3 Compresión

En el trabajo de investigación realizado por el Centro de Estructuras y Materiales Innovadores de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad RMIT de Australia (Huang, Min, Zhou, Xie, Ruan & Jianhu, 2012), se determina que la Luffa se ve influenciada por la humedad. Por tal motivo, se controla dentro del laboratorio para evitar alteraciones en los resultados.

Durante las pruebas de compresión, se mantiene un intervalo de desplazamiento de 1.5 mm de velocidad de la prueba, con un acoplamiento axial, aplicado a una Luffa de 51.3 mm. Se determina que la Luffa mantiene una deformación uniforme hasta los 3.5 mm; posteriormente, se observa una deformación en la parte central, formándose una banda multipastante a los 19 mm, llegando a una máxima densificación a los 27.5 mm.

4.4 Propiedades al fuego

En el presente apartado se ha tomado como referencia la experimentación que ya ha sido realizada en la investigación “Luffa cylindrica como posible materia prima para construcción” (Navarrete, 2009), en donde se describe el proceso de quemado de la Luffa, obteniendo como resultado que las fibras que la conforman podrían ser materia prima para estructuras livianas.

También se establece que la Luffa contiene una mayor resistencia a temperaturas altas, por lo que su nivel de adición con reactivos en solución puede lograrse positivamente.

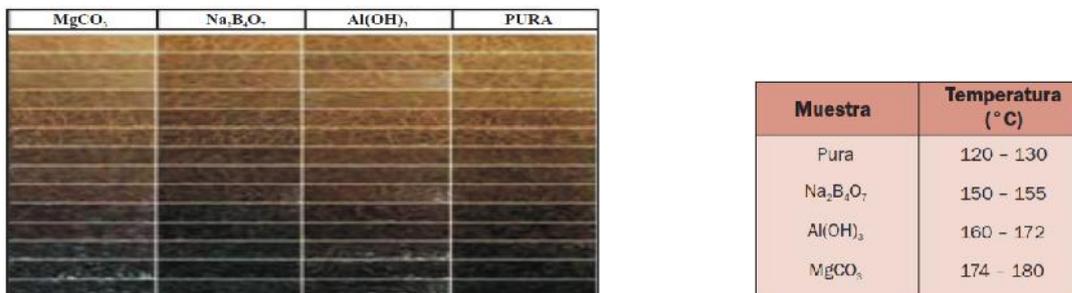


Figura 16. Exposición de luffa a diversas temperaturas

Fuente Navarrete, 2019 en Luffa cylindrica como posible materia prima para construcción

4.5 Ensamblado

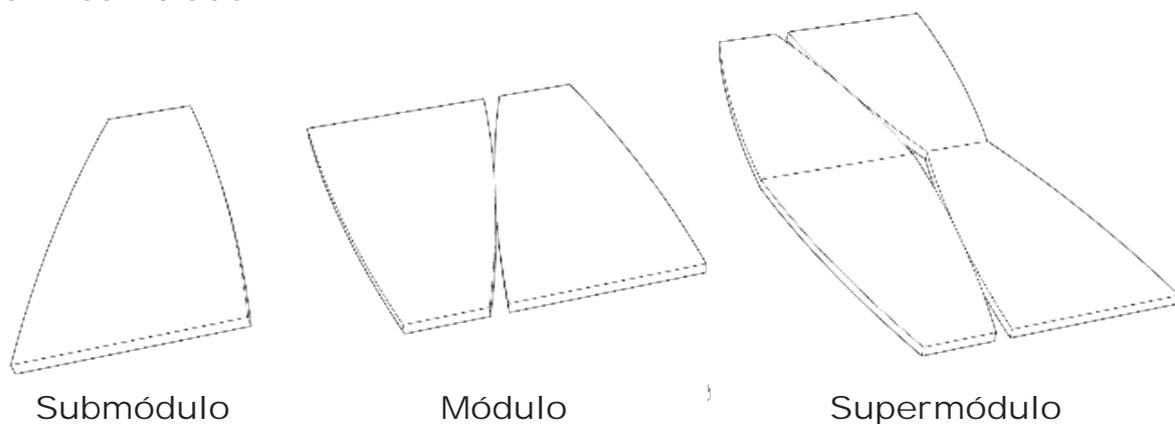


Diagrama 4. Ensamble de luffa

Fuente Propia

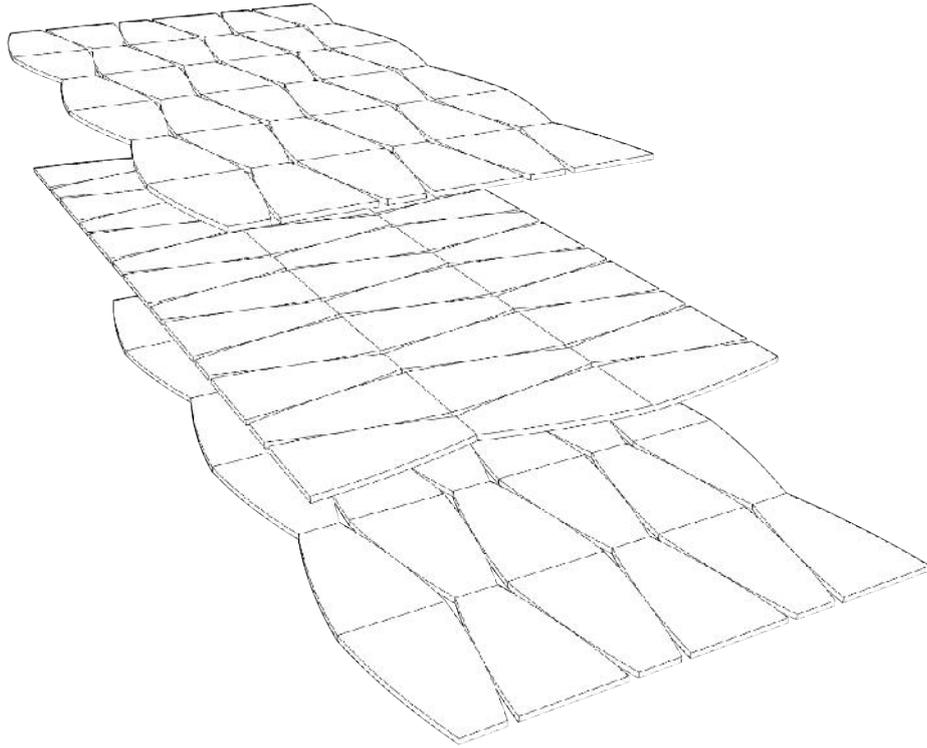


Diagrama 5. Aparejo entre luffa
Fuente Propia

Para realizar un ensamble correcto de la Luffa, se ha dispuesto un supermódulo que ayuda a mejorar la unión entre ellas; siendo así, se establece un submódulo refiriéndose a una lámina de Luffa. Luego, se colocan en disposiciones contrarias para generar un módulo y, finalmente, ensamblar el supermódulo. Este proceso se realiza con el objetivo de tener mayor firmeza y resistencia en la unión entre Luffas y obtener un panel mejor compuesto (diagrama 4).

Por lo tanto, para generar el panel se procede a obtener varios submódulos que conformen una gran plancha de Luffas, las cuales serán dispuestas en tres capas con diferentes disposiciones de aparejo de las Luffas, con la intención de que las capas se traslapen, proporcionando mayor resistencia en las uniones y en la composición del panel (diagrama 5).

4.6 Experimentación 1: Biopolímero aplicado a luffa



Figura 17. Obtención de panel con biopolímero a base de gelatina
Fuente Propia

En este proceso, como una primera fase, se realiza el corte de la Luf a y la extracción de las fibras centrales que sean materia prima extra sin uso. Una vez obtenidas las láminas de Luf a, se pasa a una segunda fase en donde se crea un biopolímero a base de gelatina sin sabor combinado con ácido acético y glicerina. Estos compuestos, una vez agregados al recipiente, se diluyen en la estufa hasta alcanzar la mezcla adecuada.

Una vez diluido el biopolímero, se vacía en un recipiente en el cual se sumerge la Luf a en su totalidad. Debido a la estructura que la compone, se colocan unas pesas para que toda la lámina se encuentre sumergida (figura 17).

Se coloca el producto en el congelador durante 15 minutos para luego retirar el recipiente y comprobar que la estructura de la Luf a mantiene buena flexibilidad y es maleable, aunque no tiene suficiente resistencia, concluyendo que el biopolímero forma una capa muy débil para la correcta función del panel divisorio deseado.

Luego de encontrarse a temperatura ambiente, se observa que el biopolímero se diseca, manteniendo una alta resistencia, lo que genera deformación en el estado original de la Luf a (figura 18).

Por tal motivo, este procedimiento no es aconsejable para la creación del biopolímero, debido a que no se cumplen los requerimientos deseados para la creación del panel con las funciones adecuadas.

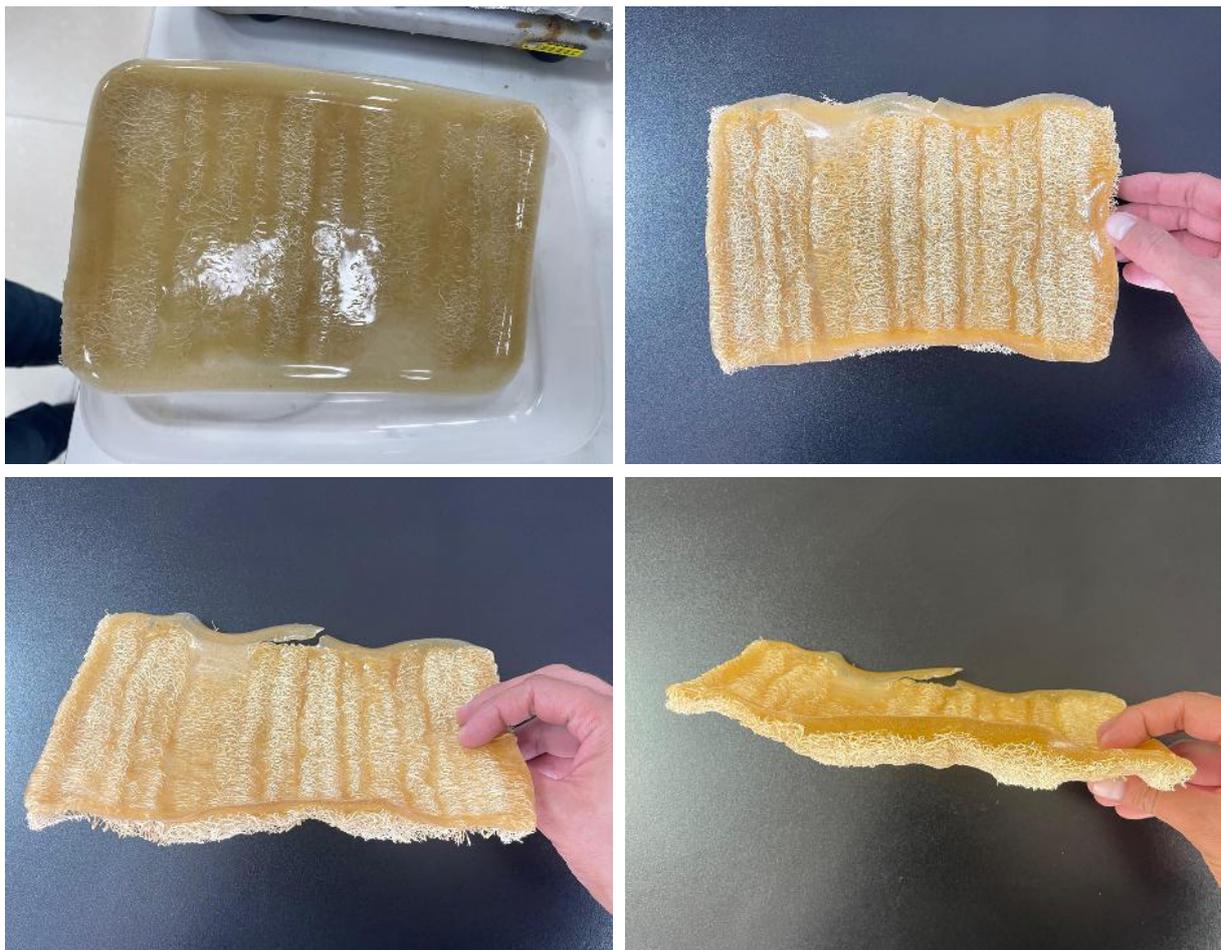


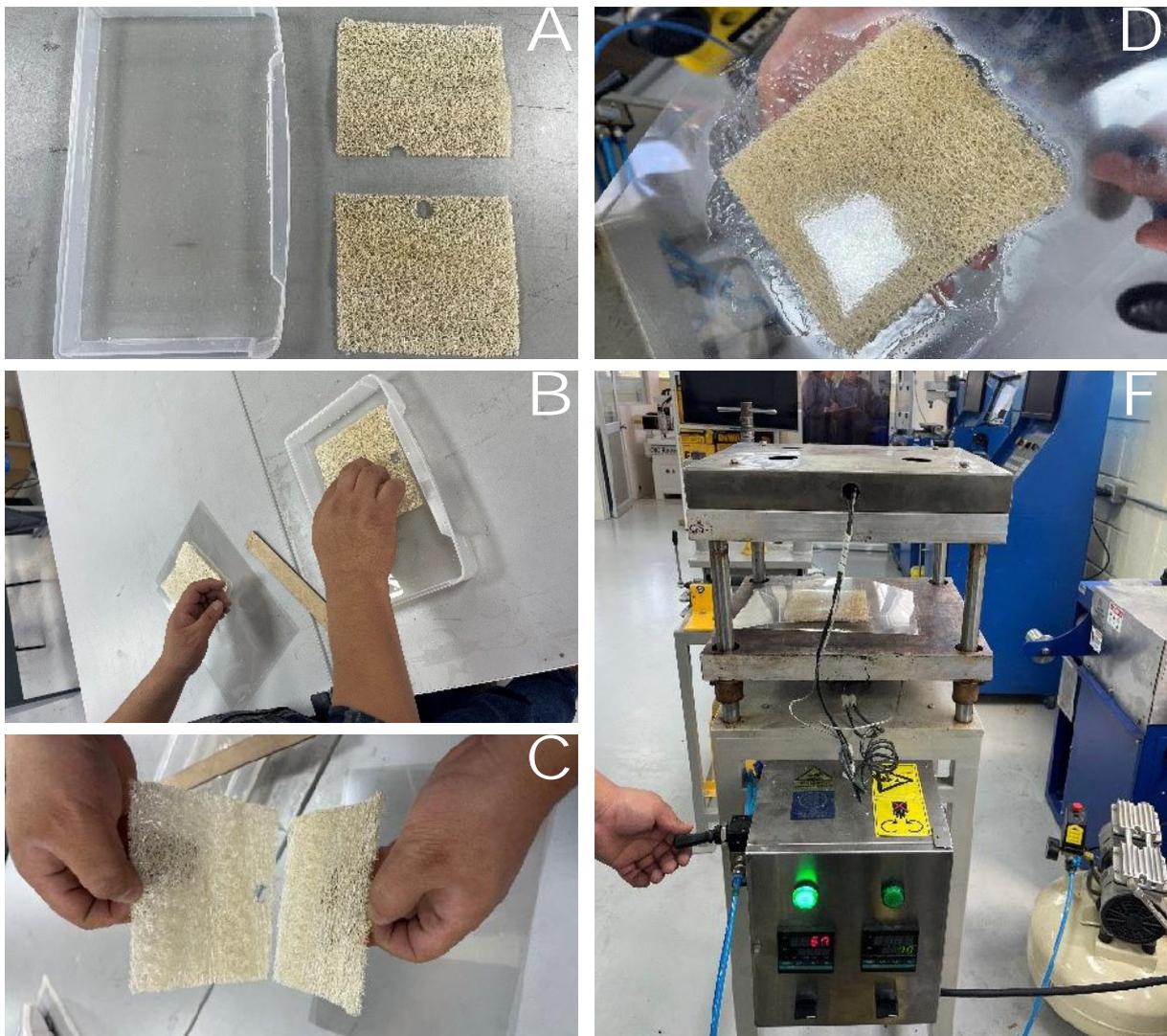
Figura 18. Prototipo de panel con biopolímero a base de gelatina
Fuente Propia

4.7 Experimentación 2: Biopolímero aplicado a luffa

Para la aplicación del biopolímero, se sumerge la Luffa en el biopolímero para que se adhiera por toda la superficie. De la misma manera, se procede a distribuirlo por toda la superficie de la Luffa con una paleta.

A continuación, se procede a unir las Luffas, que mantienen una dimensión de 15x12 cm. Se utilizaron dos láminas. Estas se envuelven en láminas de acetato para evitar el derrame del biopolímero en los equipos. Asimismo, se colocan en la termo prensa a una temperatura de 70°C con una presión de 80 psi.

Luego de 20 minutos en la termo prensa, se pudo evidenciar la evaporación y el esparcimiento del biopolímero.



A: Muestras de luffa y biopolímero

B: Aplicación de biopolímero

C: Adhesión de luffas

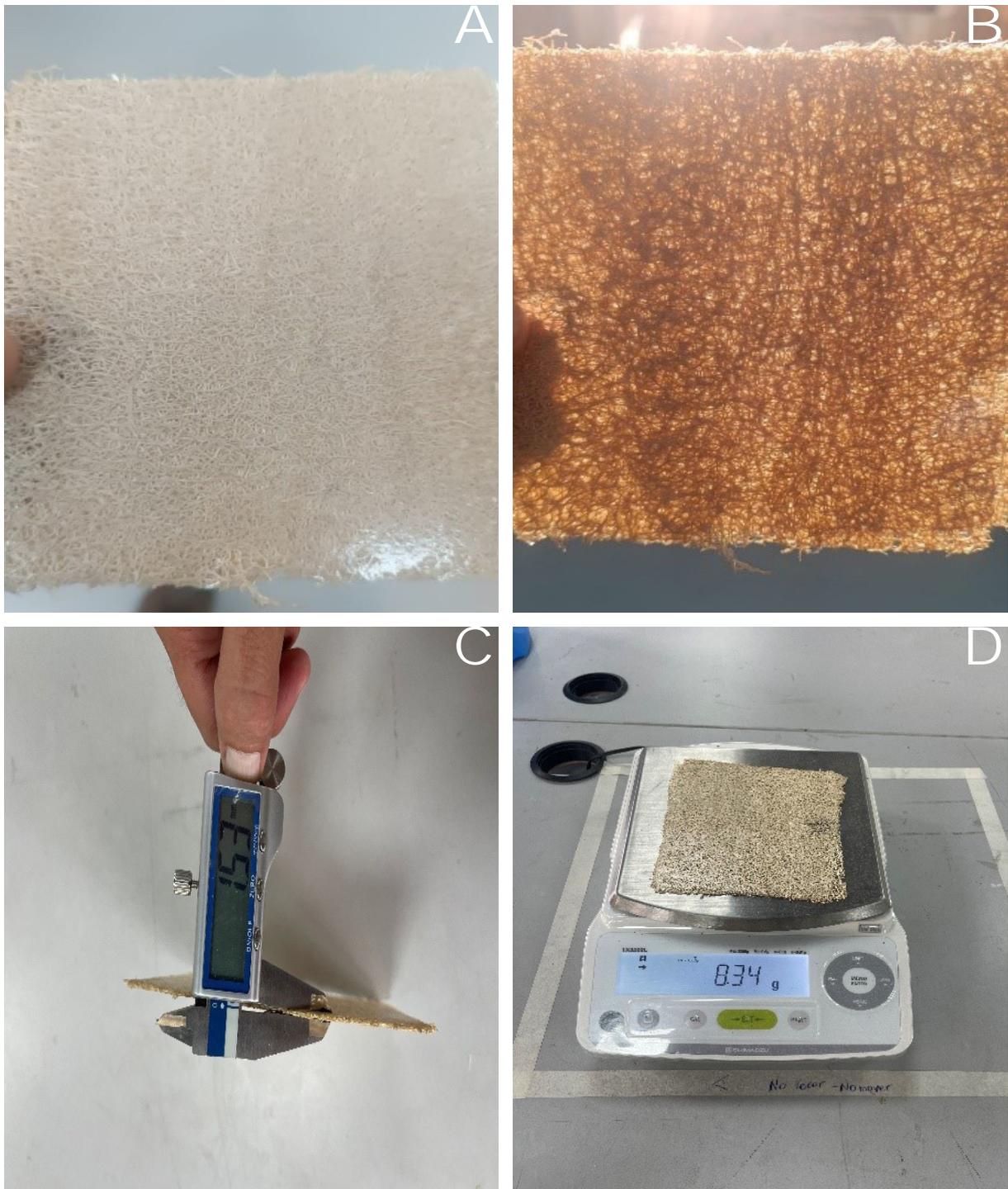
D: Prueba 1 muestra de panel

E: Prensado de luffa

Figura 19. Prueba 1, panel

Fuente Propia

Además de esto, se procedió a mantenerla durante 5 horas continuas en la termo prensa, pero no se observó ningún cambio en cuanto a la absorción y secado del biopolímero. Por tal motivo, se aumentó la temperatura a 120°C, y en un lapso de 5 minutos, el biopolímero se secó por completo.



A: Prueba 1, panel de luf a
B: Prueba 1, panel de luf a aplicado con luz
C: Grosor de prueba 1
D: Peso de prueba 1

Figura 20. Características de prueba 1, panel
Fuente Propia

Por tal motivo, se pudo evidenciar que la presión de la termo prensa mantuvo una lámina de un espesor de 1.53 mm, donde se puede ver que está totalmente recubierta con biopolímero, manteniendo una transparencia. Debido a la estructura de la Luf a, se disminuye la intensidad de la luz.

4.8 Experimentación 3: Biopolímero aplicado a la luffa

Se procede a generar cuatro láminas de luf a, que se ordenan a manera de sánduche.



A: Prueba 1, panel de luf a
B: Prueba 1, panel de luf a aplicado con luz
C: Grosor de prueba 1

Figura 21. Recolección de luffas
Fuente Propia

Para la realización de la experimentación 2, se requiere un número mayor de Luf as con el objetivo de aumentar el grosor del prototipo. Por ende, se procede a la extracción del núcleo de cuatro frutos, obteniendo láminas que serán unidas como un solo objeto.

El peso de las láminas se determina para un manejo adecuado del prototipo, ya que, como se ha observado en los paneles de referencia, el peso y el grosor están directamente relacionados.

La colocación del biopolímero en cada cara de las Luf as a unir se realiza con una paleta que ayuda a la aplicación uniforme. Todas las láminas se colocan una sobre otra de tal forma que se establezcan como un solo objeto con mayor grosor (f igura 22C).



A: Aplicación del biopolímero
B: Unión de luf as
C: Conjunto de luf as para prueba 2

Figura 22. Aplicación de biopolímero
Fuente Propia

Se coloca en la termo prensa a una temperatura de 120°C y una presión de 80 psi. Se utilizan separadores de 150 mm de MDF para mantener el mismo espesor, durante un tiempo de 20 minutos.



- A: Aplicación del biopolímero**
- B: Unión de luf as**
- C: Conjunto de luf as para prueba 2**

Figura 23. Proceso de prensado de la luffa
Fuente Propia



- A: Prueba de panel 2**
- B: Grosor de prueba 2**

Figura 24. Prueba 2, panel
Fuente Propia

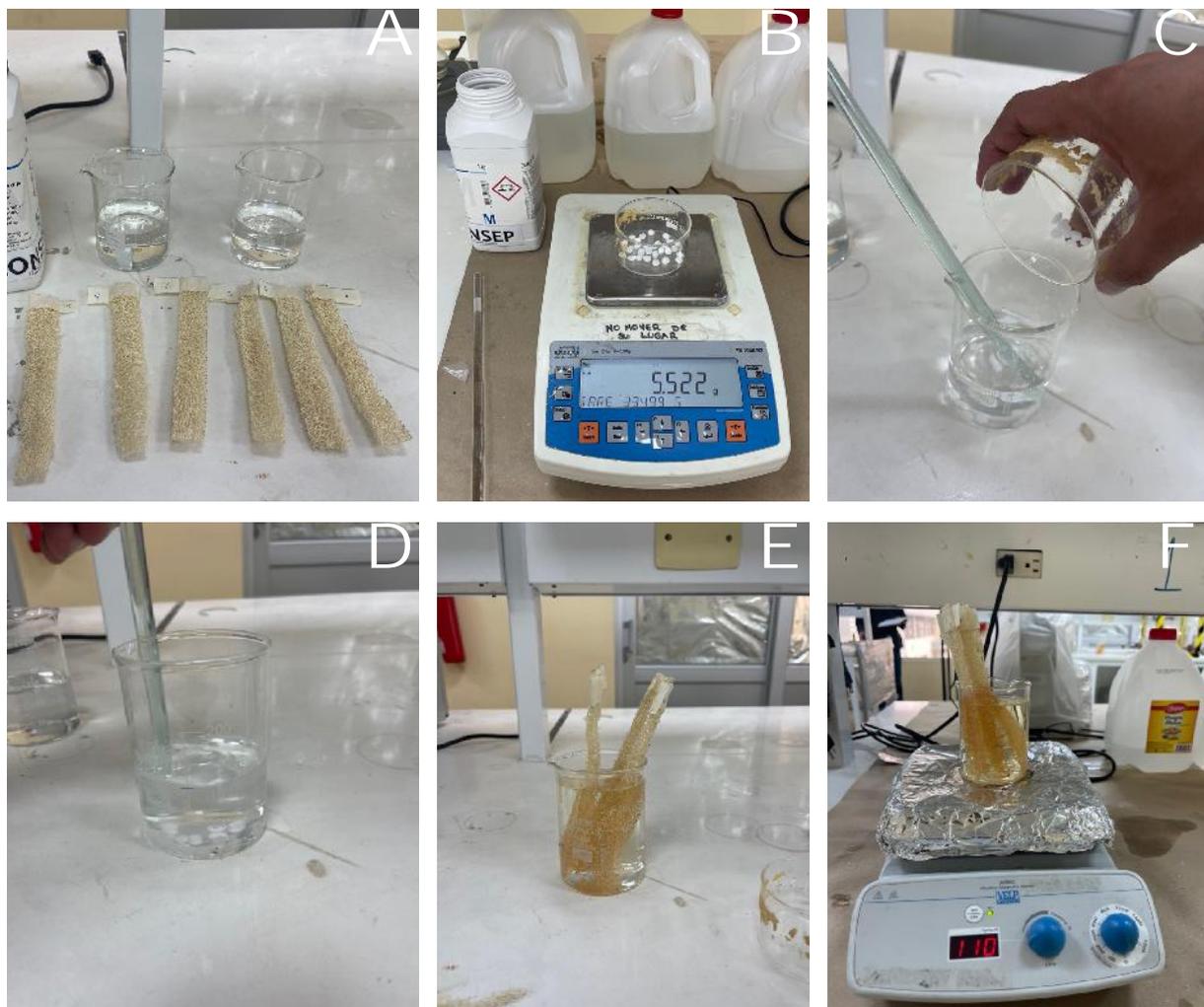
Se pudo evidenciar que, al pasar 24 horas, se presentó una reducción en su espesor, dado que con los separadores debía mantener los 15 mm.

4.9 Experimentación 4: Proceso de deslignificación de la luffa

Este proceso se realiza con la intención de eliminar la lignina, componente que la Luffa contiene según el estudio del método Kraft. Chávez-Sifontes y Domine (2013) plantean que presenta altos niveles de la misma, siendo el compuesto que genera el cambio de color en la Luffa al pasar algunos días.

Por lo tanto, en el proceso se realizaron seis probetas de secciones de Luffa (figura 25A), las cuales serán sumergidas en carbonato de sodio. Para una experimentación más amplia sobre la reacción que tendrán estas probetas, se exponen tres de ellas a agua fría y tres a agua caliente, cada una a diferentes medidas: 15 mm, 30 mm y 60 mm.

Los materiales a utilizar para el presente proceso de experimentación serán: 6 probetas, hidróxido de sodio en una cantidad de 5.5 g, 220 ml de agua destilada, 2 vasos precipitados, 1 báscula, 1 estufa y 1 varilla de vidrio.



A: Probetas de luffa y agua destilada

B: Hidróxido de sodio a utilizar

C: Aplicación de hidróxido de sodio en agua

D: Hidróxido de sodio disuelto

E: Probetas en agua a 20°C

F: Probetas en agua a 110°C

Figura 25. Experimentación sobre eliminación de color en la luffa
Fuente Propia

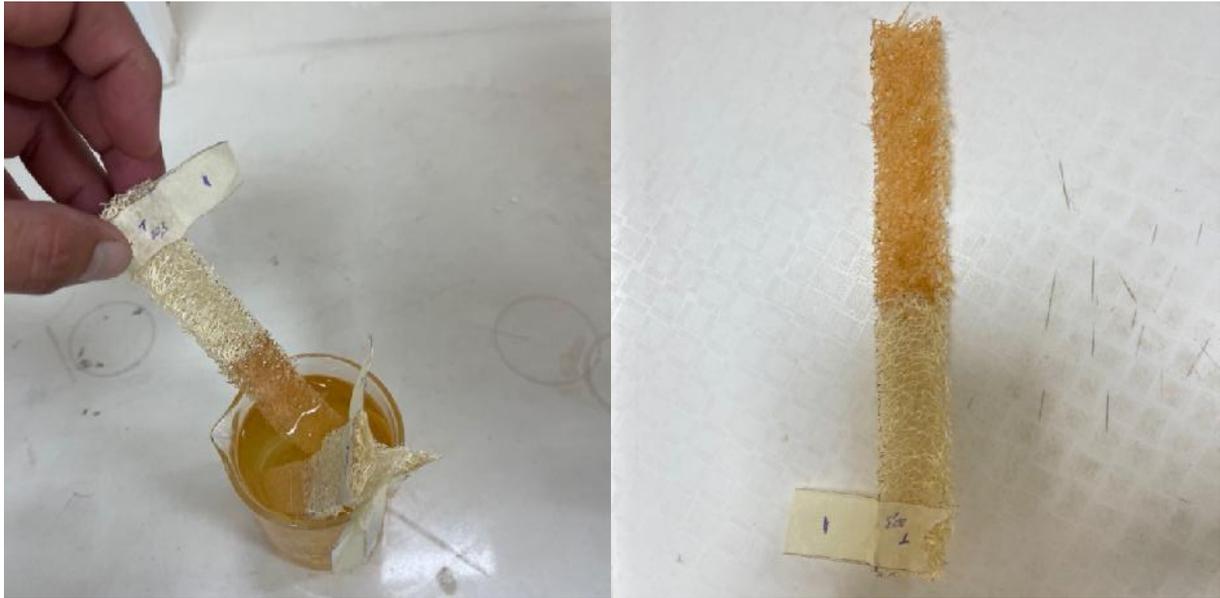


Figura 26. Extracción de probeta del agua Fuente Propia

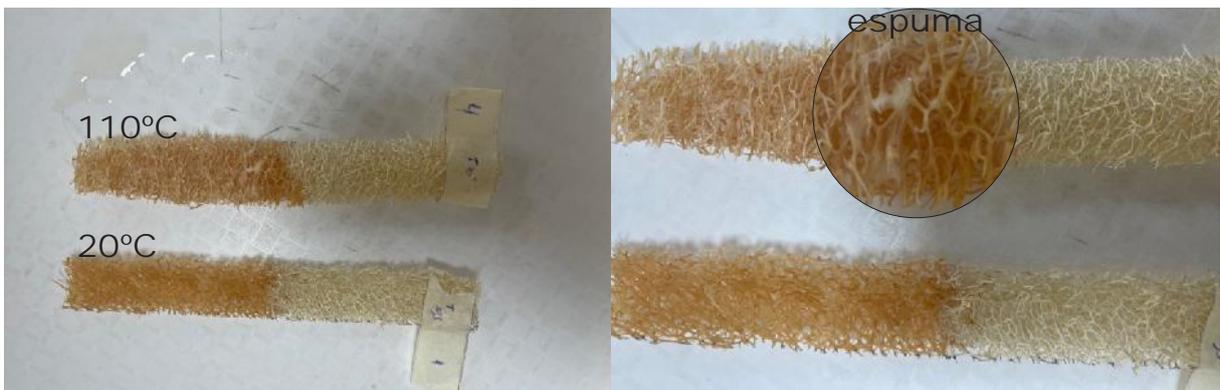


Figura 27. Resultado de luffa después de 15 min expuesta a una temperatura de 20°C Fuente Propia

Se realiza una extracción de la probeta expuesta a 110°C, en la cual se evidencia que se ha generado una espuma dispersa en ciertos lugares. Además, la tonalidad es más clara en comparación con la probeta expuesta a 20°C.

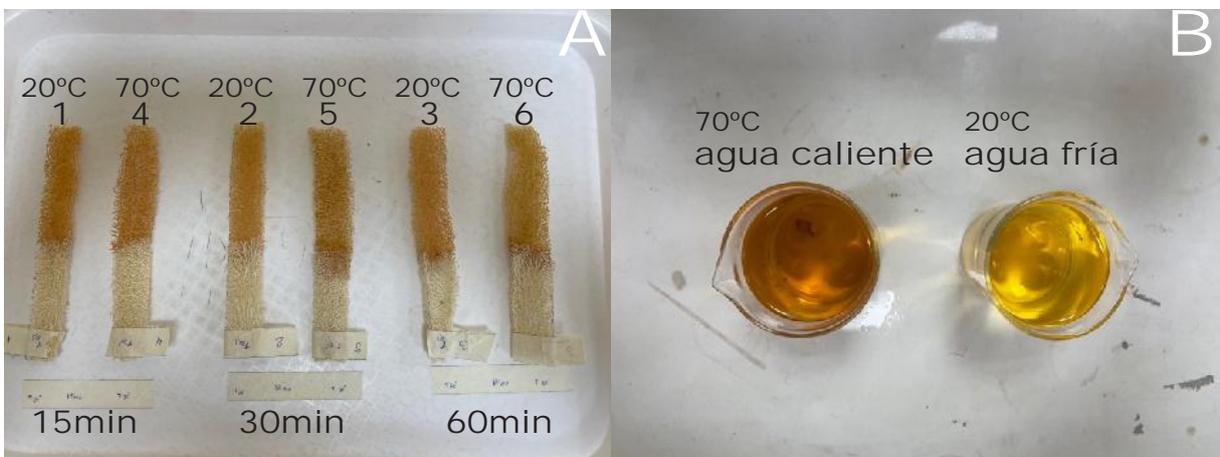


Figura 28. Resultado de probetas y el agua resultante después de la experimentación Fuente Propia

Pasados 15 minutos de sumergir las probetas 1 en agua fría y 4 en agua caliente, se realiza su extracción y se observa un cambio mínimo de tonalidad tanto en agua caliente como fría (ref érase a f gura 28B). Al extraer las probetas 2 y 5, tras 30 minutos, se nota que la probeta 5, expuesta a agua caliente, tiene una coloración más clara que la probeta 2, expuesta a agua fría (ref érase a f gura 28A).

Asimismo, se procede a extraer las probetas 3 y 6 tras 60 minutos, expuestas tanto a agua caliente como fría. Se puede establecer que la probeta 6, que permaneció a 70°C (agua caliente), es la que tiene una tonalidad más clara (ref érase a f gura 28A).

Cabe resaltar que al comparar las seis probetas expuestas a la experimentación, se nota una diferencia de tonalidad entre las que se sumergieron en agua fría y agua caliente, siendo las expuestas al agua caliente las que tienen una tonalidad más clara (ref érase a f gura 28A).

Además, se observa por el resultado de la experimentación con los dos tipos de agua, tanto fría como caliente, la presencia de pigmentación. Para ejemplif car esto, se ha tomado el agua que recibió las probetas 3 y 6 durante 60 minutos, el mayor tiempo de exposición. Se puede notar una mayor diferencia de tonalidad (ref érase a f gura 28B).

El agua a 70°C (agua caliente) es la que contiene mayor cantidad de pigmento expulsado por la probeta de Luf a, obteniendo así la tonalidad clara que se ha mencionado anteriormente.



Figura 29. Proceso de lavado de probeta de luffa
Fuente Propia

Luego de realizar la experimentación en exposición al agua caliente durante 60 minutos, se procede a lavar la probeta con abundante agua y jabón líquido, logrando eliminar las impurezas y lignina presentes sobre las f fbras de la Luf a. Se puede identif car (referirse a la f gura 29C) que la sección expuesta al agua caliente pierde propiedades de resistencia y se obtienen f fbras débiles en comparación con la sección sin exposición a la experimentación.

Las seis probetas que han sido expuestas a la experimentación con agua se lavan y se dejan secar durante 24 horas, obteniendo un resultado más claro sobre el cambio de tonalidad. Se establece que las probetas sumergidas en agua caliente son las que pierden mayor cantidad de pigmentación y tienden a ser más claras.



Figura 30. Tonalidad entre probetas
Fuente Propia

4.10 Experimentación 5: Proceso de tinturado de luffa por medio del biopolímero

Para este proceso, como primera fase, se realiza la creación del biopolímero, que al igual que en las anteriores experimentaciones, se elabora a base de almidón de yuca, manteniendo la dosificación establecida anteriormente (ref érase al apartado 3.4, capítulo 3), obteniendo una cantidad de 1500 ml.

Cabe resaltar que el biopolímero debe mantener una tonalidad translúcida para que funcione correctamente. Sin embargo, si se obtiene una tonalidad lechosa, esto se debe a un mayor tiempo de agitación y hervido, por lo que es necesario ajustar el tiempo para mantener la tonalidad adecuada del biopolímero.

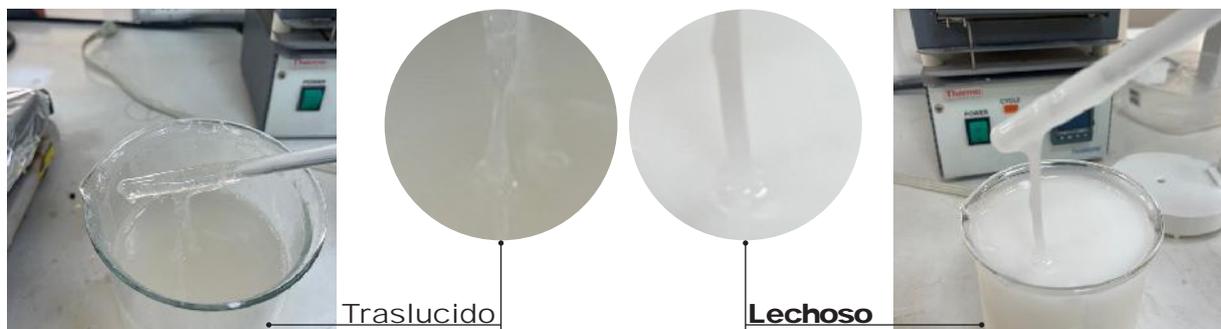


Figura 31. Tonalidad de biopolímero
Fuente Propia

Este proceso se realiza utilizando agua caliente con la intención de que el almidón de yuca se integre correctamente con el agua. Durante la experimentación, surgieron dificultades debido al encapsulamiento del almidón, impidiendo que se diluya conjuntamente con el agua. Ante esta complicación, se procede a integrar estos dos elementos por medio de una centrifugadora (figura 32).

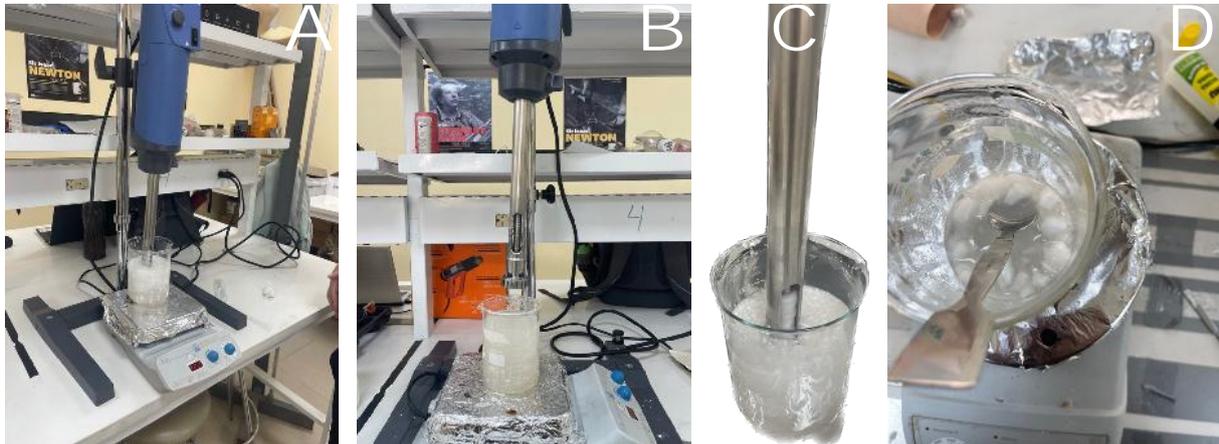


Figura 32. Obtención de biopolímero con centrifugadora
Fuente Propia

Para proceder a la pigmentación del biopolímero, se toman dos muestras del mismo: una será mezclada con pintura acrílica y la otra con colorante vegetal. Para realizar este proceso, se utilizan dos cajas Petri, 20 ml de biopolímero por cada caja, 1 ml de pintura acrílica color gris y 0.5 g de tinte vegetal color rojo (figura 33A).

Una vez aplicado en cada recipiente, se mezcla con la ayuda de una cuchara, obteniendo compuestos más homogéneos. Después de esto, se deja en proceso de secado a temperatura ambiente durante 24 horas (figura 33B).

Pasado el tiempo de secado establecido, se evidencia que el tinte vegetal logra una mayor combinación, ya que presenta mayor consistencia. Por el contrario, el biopolímero con la pintura acrílica permanece fresco y pastoso (figura 34).

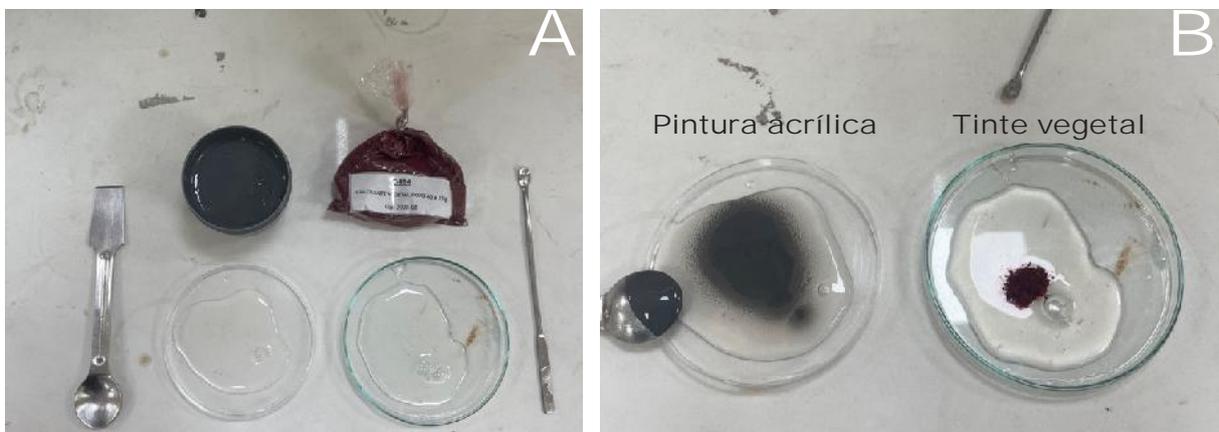


Figura 33. Mezcla de biopolímero con tinte vegetal y pintura acrílica
Fuente Propia

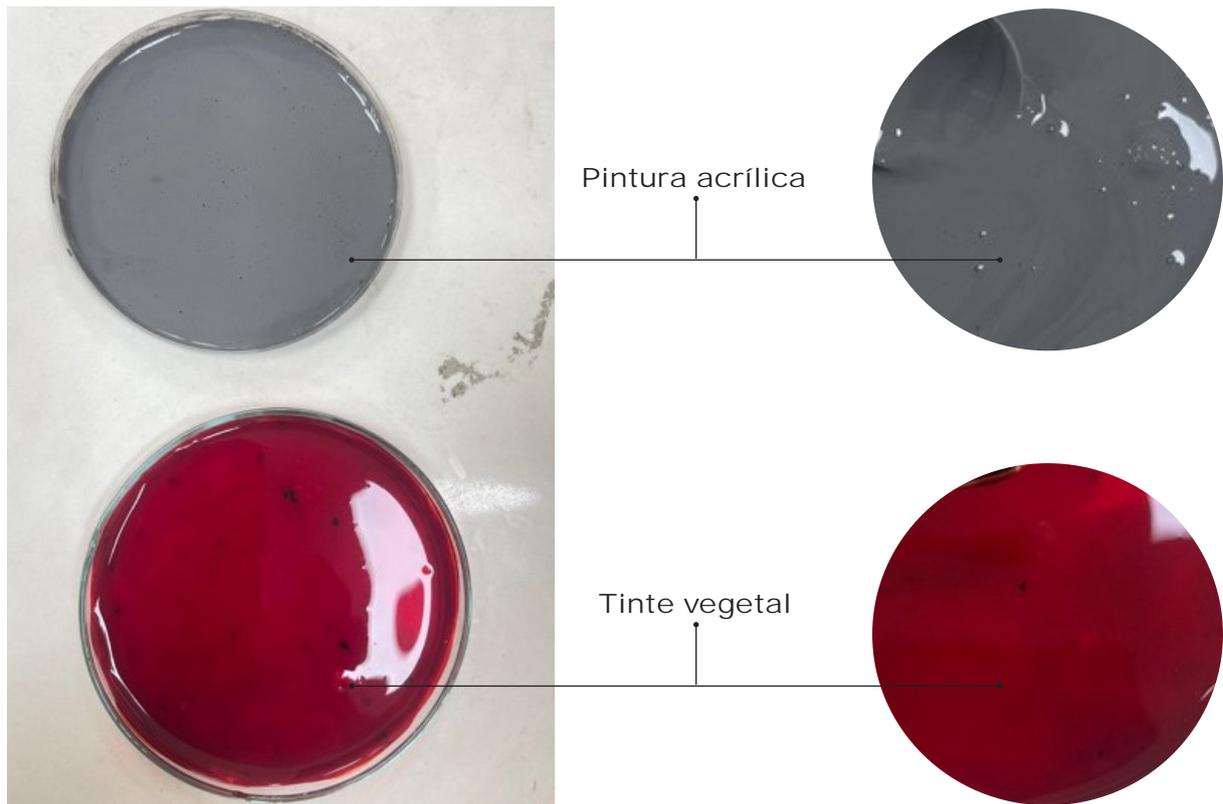


Figura 34. Obtención de muestras de tintes
Fuente Propia

Seguidamente, se procede a realizar una prueba a una temperatura de 120°C, acelerando el proceso de secado y observando la reacción del biopolímero. Para realizar la prueba, se colocan las muestras sobre láminas de acetato, con un separador de 6 milésimas. Luego, se colocan en la termoprensa (figura 35C). Después de ser retiradas, se evidencian los efectos generados en cada muestra.

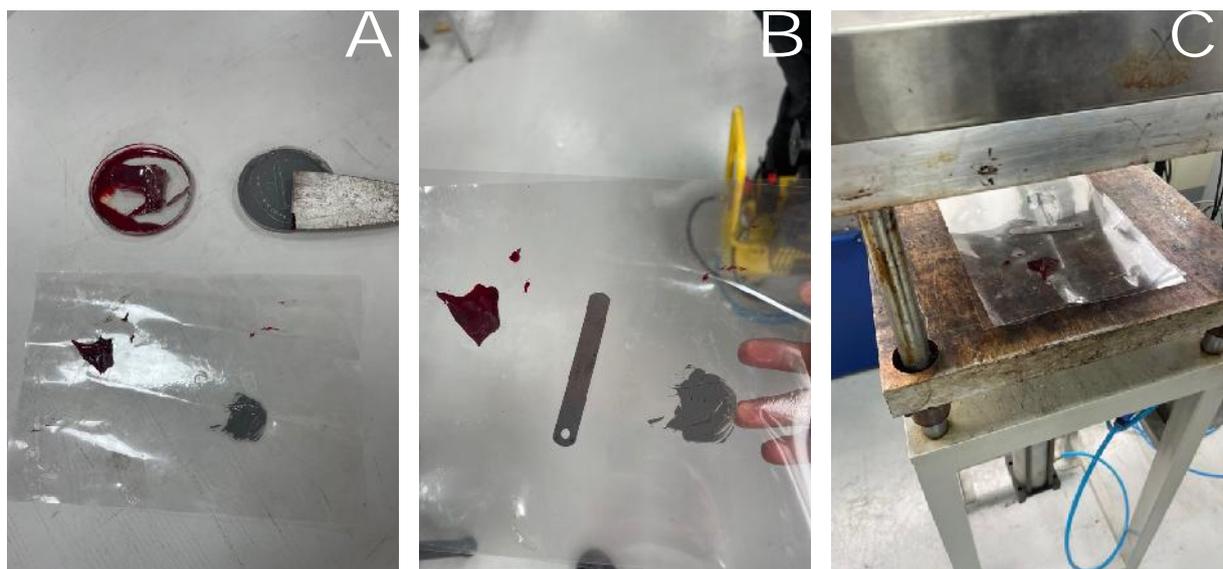
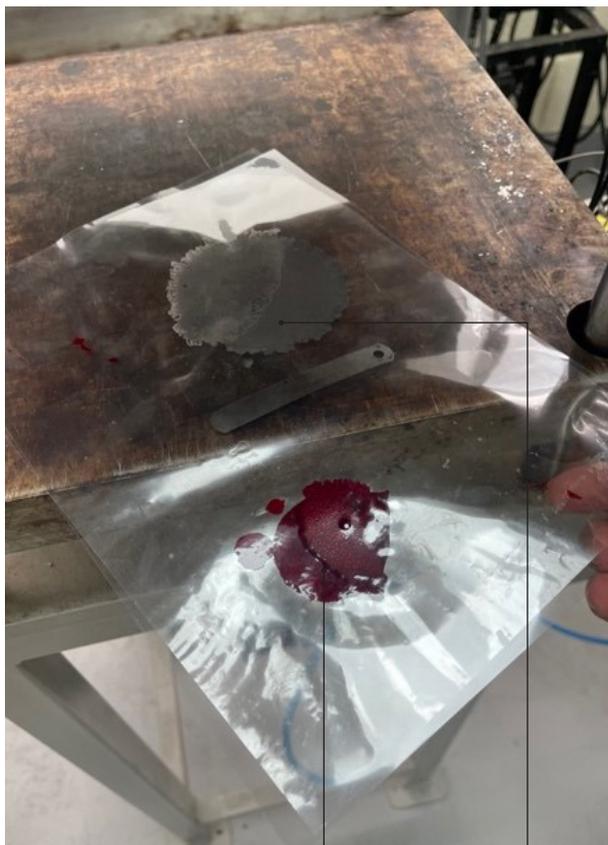


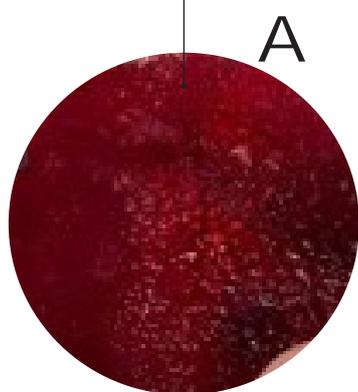
Figura 35. Proceso de prensado
Fuente Propia



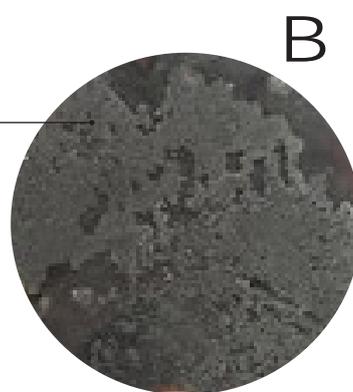
Seguidamente, se procede a realizar una prueba a una temperatura de 120°C, acelerando el proceso de secado y observando la reacción del biopolímero. Para realizar la prueba, se colocan las muestras sobre láminas de acetato, con un separador de 6 milésimas, y luego se colocan en la termoprensa. Después de ser retiradas, se evidencian los efectos generados en cada muestra (figura 36).

Se observa que las muestras mantienen su pigmentación después de estar en la termoprensa durante 5 minutos y logran un secado total. Sin embargo, al momento de desprenderlas, se evidencia una rotura en las muestras.

Cabe resaltar que la muestra con pintura acrílica se presenta terrosa y sólida, con fisuras en toda la superficie (figura 36B), mientras que la muestra con tinte vegetal se presenta más firme (figura 36A).



Tinte vegetal



Pintura acrílica

Figura 36. Muestras sometidas a termoprensa
Fuente Propia

Una vez desarrollado el proceso de secado, se opta por seleccionar el tinte vegetal para proceder con la pigmentación del biopolímero, el cual será aplicado como colorante y adherente en la unión de las Lufas. Para esto, se procede a realizar una mayor cantidad de biopolímero con pigmentación basada en tinte vegetal.

Una vez obtenido el biopolímero con el tinte correcto para su pigmentación, se procede con la producción de una nueva prueba del panel a base de Lufa. Para esta prueba, se utilizaron 400 ml de biopolímero por cada vaso precipitado y una cantidad de 1 g de tinte vegetal.



Para la producción del complemento para la pigmentación de las Lufas, se mezcla el biopolímero expuesto en el apartado 3.4, capítulo 3, con el tinte vegetal seleccionado anteriormente basado en las pruebas realizadas.

Para la obtención del biopolímero tinturado, estos dos componentes deben mezclarse durante 5 minutos.

Cabe resaltar que al agregar tinte vegetal en la Lufa, este puede empezar a generar hongos con el tiempo al contacto con la humedad. Por lo tanto, se deberá agregar un nuevo componente que evite este problema en la creación del panel, ya que uno de los objetivos es que sea funcional y óptimo para aplicar en áreas sociales donde el usuario lo disponga.

Figura 37. Obtención de biopolímero más tinte vegetal
Fuente Propia

Como ya se ha mencionado, la producción del biopolímero con tinte vegetal puede llegar a crear hongos en las Lufas. Para evitar esta situación, se agrega sulfato de cobre, lo cual permite anular el crecimiento de bacterias y hongos al contacto con la humedad. Se ha agregado una cantidad de 1 g, diluyéndolo en la preparación con una varilla.

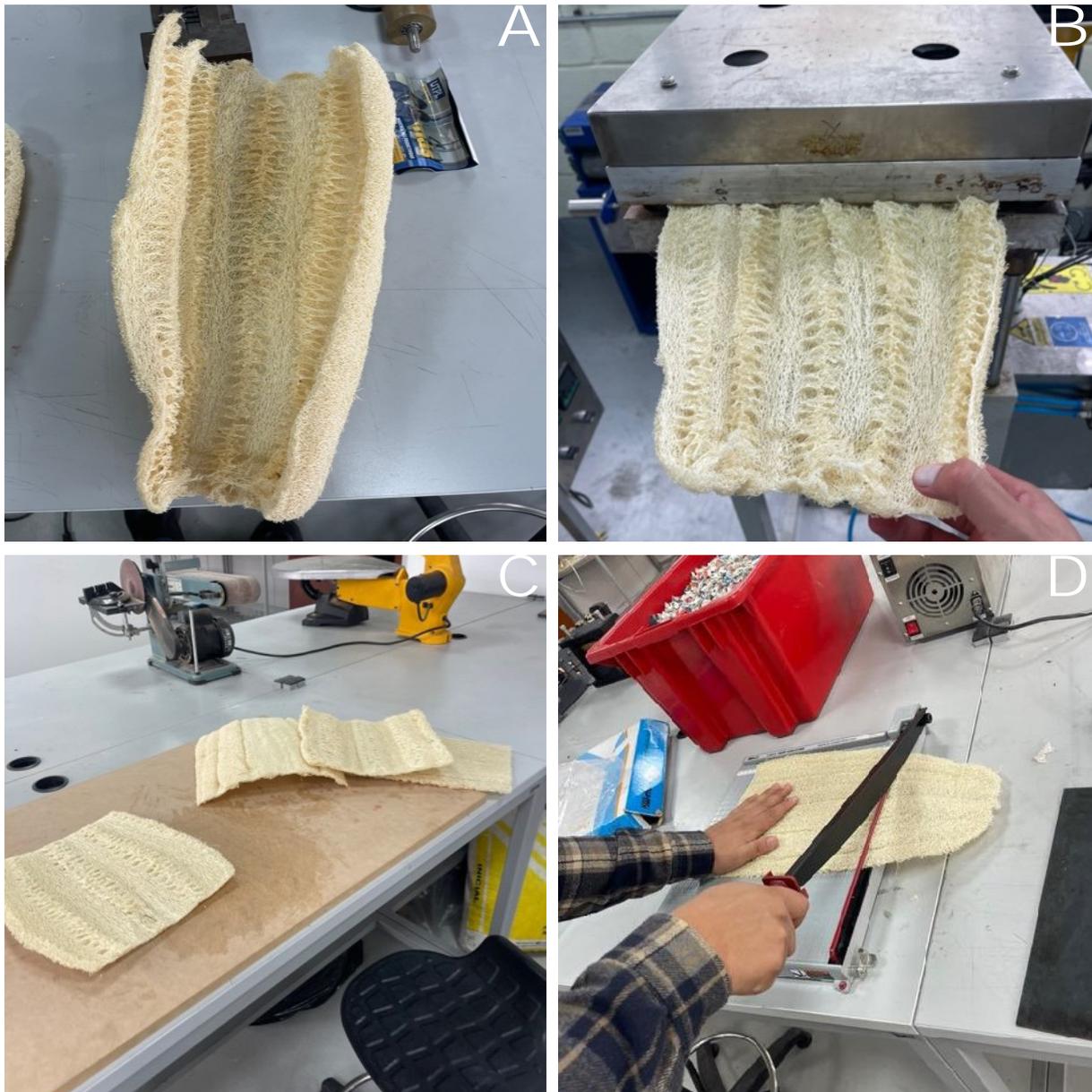


Figura 38. Agregado de sulfato de cobre
Fuente Propia

Una vez preparado el biopolímero pigmentado, se procede a dar el tratamiento correcto a las Luf as para poder obtener un solo elemento a partir de varias de ellas, tal como se realizó en el apartado 4.9, capítulo 4.

Se utilizan cuatro Luf as que han sido seccionadas y depuradas para obtener las láminas necesarias, las cuales serán colocadas en la termoprensa para adquirir la forma correcta y crear el panel (f gura 39A).

Aplanadas las Luf as (f gura 39B), se procede a darles una forma regular de 30x30 cm mediante un corte realizado con guillotina (f gura 39D). De esta manera, se obtienen medidas estándar que optimizan el trabajo al unir las Luf as y crear un solo elemento, componiendo así una prueba de panel.



A: Sección de luf a

B: Luf a aplanada en termoprensa

C: Láminas de luf a

D: Corte de luf a

Figura 39. Obtención de láminas de la luffa
Fuente Propia

Una vez que las láminas de Luf a están preparadas, se procede con la aplicación del biopolímero sobre su superficie, realizándolo con una brocha para tinturar lo más posible las Luf as (f gura 40B).

Una vez realizado este proceso, se preparan las Luf as para ser colocadas sobre láminas de acetato, con el objetivo de evitar que se adhieran impurezas. Además, para ser colocadas en la termoprensa, se ubican entre dos placas metálicas a manera de sándwich para evitar manchar la máquina (f gura 40E). Al ser colocadas en la termoprensa, se mantienen a una temperatura de 120°C, con el objetivo de aplicar el proceso de secado y compactación de las láminas de Luf a. Cabe mencionar que, debido a que la máquina no mantiene una regulación de presión, se colocan separadores de 15 mm de espesor (f gura 40F).



A: Pigmentación de luf a

B: Aplicación de biopolímero

C: Peso de luf a

D: Aplicación de acetato

E: Colocación de placas metálicas

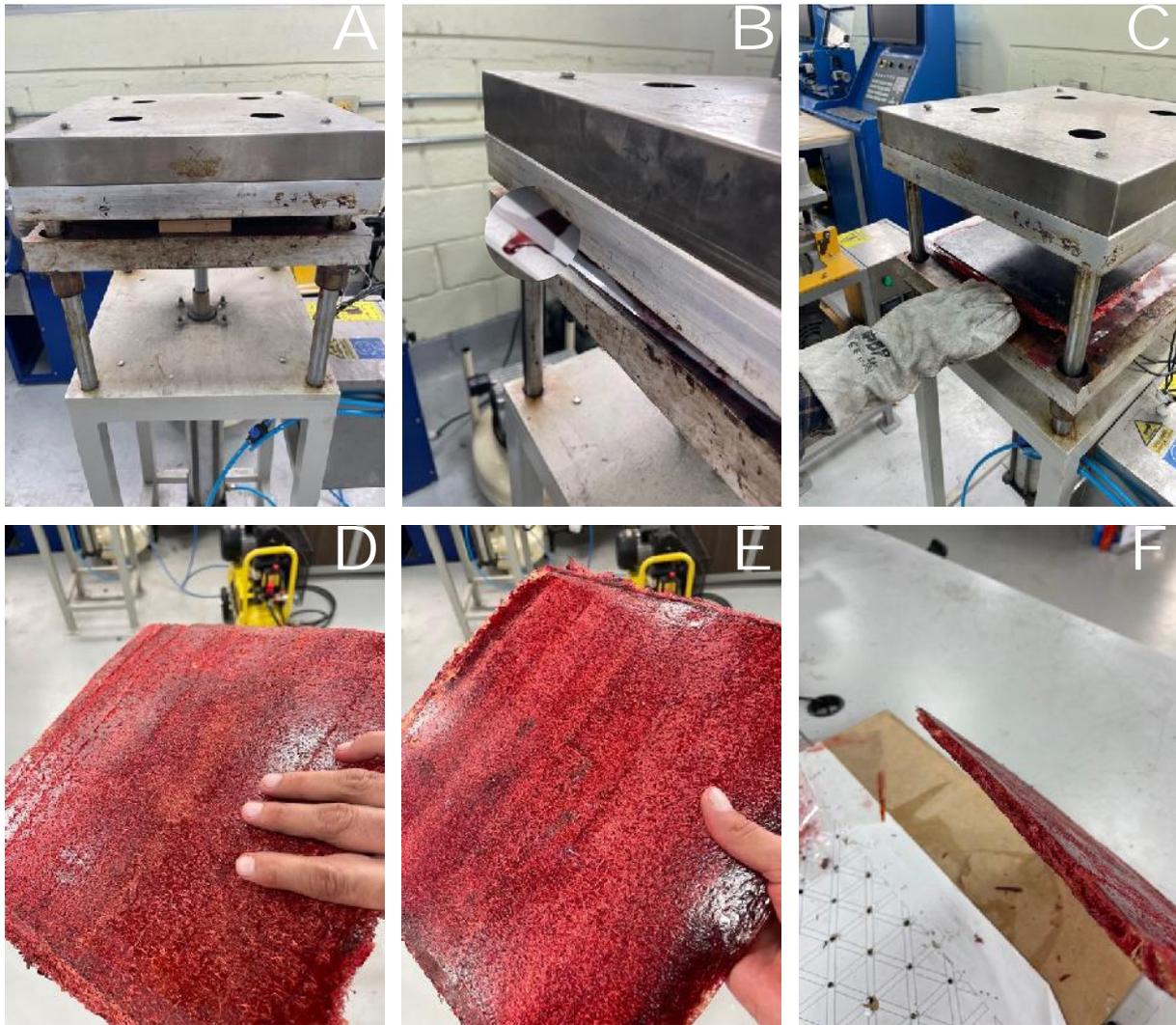
F: Colocación en termoprensa

Figura 40. Aplicación de biopolímero a base de tinte vegetal
Fuente Propia

Una vez colocada en la termoprensa, se evidencia que el biopolímero, al ser un compuesto líquido, se evapora y comienza a desleírse por los extremos de la máquina (f gura 41B). A consecuencia de ello, y para mantener el biopolímero disperso en las fibras de la Luf a, se realizan cambios de lado cada cinco minutos (f gura 41C).

Durante este proceso, se observa la evolución del secado de las láminas de Luf a. Pasados los treinta minutos, se procede a la extracción y reposo a temperatura ambiente durante 10 minutos, observándose que las láminas de Luf a han conservado la tonalidad deseada, con ciertas acumulaciones de tinte en secciones de la lámina (f gura 41E).

Debido a la cantidad de biopolímero utilizado para la tinturación completa de las Luf as, este desciende hacia las superficies, formando una capa delgada de tinte que aporta rigidez al panel y provoca la pérdida de la flexibilidad deseada (f gura 41F).



A: Prensaado de luf a

B: Derramamiento de biopolímero

C: Cmabio de lado

D: Cara 1 de panel

E: Cara 2 de panel

F: Grosor de panel

Figura 41. Obtención de panel a base de luffa con tinte vegetal
Fuente Propia

Para obtener una muestra de panel a base de Luffa en su totalidad, se procede a cortar las puntas, evidenciándose que la compactación de las láminas de Luffa se da de forma correcta, ya que al ser cortada por la sierra no se deforma ni se desprende una de la otra.

En base a la experimentación realizada, se observa que el panel, al ser fusionado con el biopolímero, mantiene su rigidez. Sin embargo, no es favorable tinturar las Luffas con el biopolímero mezclado con tinte vegetal, ya que su coloración no se da de manera homogénea.

Si bien el panel mantiene una alta rigidez a consecuencia de la capa generada por la gran cantidad de biopolímero aplicado, no es el resultado del nivel de flexibilidad deseado. Por lo cual, se propone realizar un biopolímero con mayor viscosidad, limitando la cantidad de agua a aplicar.

4.11 Experimentación 6: Proceso de tinturado de luffa con tinte vegetal

La presente experimentación se realiza con 20 litros de agua, 2 onzas de tinte vegetal y 3 Luf as; al igual que en los anteriores procesos de tinturado, se debe preparar la Luf a mediante la extracción de las fibras ubicadas en la región central (refiérase a la figura 1, apartado 3.1, capítulo 3).

Una vez preparada la materia prima, se procede con la obtención de la mezcla adecuada para generar la tinturación. Para ello, se vierten los 20 litros de agua en un recipiente amplio. Seguidamente, se aplica el tinte vegetal mientras se revuelve, con la intención de mejorar su incorporación. Esto se realiza hasta que el tinte esté completamente diluido (figura 42).



Figura 42. Mezcla para tinturar
Fuente Propia

Una vez obtenida la mezcla para tinturar, se procede a sumergir las Luf as en el recipiente donde se ha disuelto el tinte vegetal. Pasadas las 24 horas, se retiran las Luf as de la preparación para proceder al proceso de secado (figura 43E).

El proceso de secado se realiza a temperatura ambiente, colocando las Luf as verticalmente en espacios amplios para que las fibras puedan secarse lo suficiente sin retener el tinte por secciones (figura 43F). Una vez secas, se procede a realizar el proceso de obtención de panel con aplicación de biopolímero, refiriéndose al apartado 4.9, capítulo 4, experimentación 2, donde se colocan las Luf as en la prensa para obtener un solo elemento con la unión de las 4 láminas de Luf a.

Se puede evidenciar que se obtiene un resultado satisfactorio, ya que el biopolímero adhiere las capas de luf a y mantiene su homogeneidad en cuanto a la coloración deseada.



A: Luf a seccionada

B: Luf a en remojo

C: Proceso de tinturado

Figura 43. Proceso de tinturado

Fuente Propia

D: Cara 1 de luf a tinturada

E: Cara 2 de luf a tinturada

F: Luf a en proceso de secado

RESUMEN DE APLICACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN

TIPO DE APLICACIÓN	MATERIAL	RESULTADOS	
Reacción al agua	Agua Luf a Cylindrica Vaso de vidrio Cronómetro Cuerda	La resistencia de las fibras en la luf a cylindrica se pierde al contacto con el agua. Si se ejerce presión constante sobre la luf a, esta se deforma, pero puede volver a su forma original al contacto con el agua y una ligera presión.	
Tensión	17 Probetas de luf a cylindrica Tensionador Cinta aislante	La resistencia de las fibras en la luf a cylindrica al ser sometidas al tensionador se presentan con un nivel de alta resistencia, por lo que se puede concluir que el material es lo suficientemente resistente para elaborar un panel divisorio.	
Ensamblado	Láminas de Luf a Cylindrica Apoyo de programa (Sketchup) para visualización 3D Computador	Debido a la forma que tienen las láminas de la luf a, la visualización 3D ayuda a generar módulos que funcionen a acoplar las luf a entre sí y poder generar una gran masa de este material.	
Nº DE EXPERIMENTACIÓN	MATERIAL	RESULTADOS	IMÁGEN
Experimentación 1 Biopolímero aplicado a luf a A base de gelatina sin sabor	Gelatina sin sabor Ácido acético Glicerina Láminas de Luf a Cylindrica Estufa Recipiente plástico Pesas Congelador	El biopolímero aplicado no es aconsejable, ya que a pesar de que contiene la resistencia deseada, este hace que la lámina de luf a se deforme y además se generan hongos al pasar del tiempo a causa de los componentes que contiene el biopolímero.	
Experimentación 2 Biopolímero aplicado a luf a A base de almidón de yuca	Biopolímero Láminas de Luf a Cylindrica Láminas de acetato Recipiente plástico Paleta Termo prensa	El proceso llevado a cabo resulta efectivo, sin embargo la lámina de luf a se presenta como una capa demasiado delgada como para funcionar correctamente como panel divisorio. La experimentación es efectiva y puede servir para otro tipo de alcances.	
Experimentación 3 Biopolímero aplicado a luf a A base de almidón de yuca	Biopolímero Láminas de Luf a Cylindrica Láminas de acetato Pesa Paleta Termo prensa Separadores de 150mm	El resultado es efectivo en consideración a ser aplicado en paneles divisorios, ya que se obtiene una correcta compactación de las láminas de luf a por medio de la aplicación del biopolímero y la presión ejercida por la termo prensa.	
Experimentación 4 Proceso de deslignificación de la Luf a Cylindrica	Hidróxido de sodio Agua destilada Probetas de Luf a Probeta Vaso precipitado Báscula Estufa Varilla de vidrio	Las probetas expuestas al agua caliente y secado durante 24h, son las que pierden mayor cantidad de pigmentación. Por lo que se determina que se puede aclarar las láminas de luf a por medio de esta experimentación; sin embargo no se aplica ya que pierde características de resistencia.	

<p>Experimentación 5 Proceso de tinturado de la Luf a Cylindrica por medio del biopolímero creado a base de almidón de yuca + pintura acrílica ó + tinte vegetal</p>	<p>Biopolímero Pintura Acrílica Tinte Vegetal Báscula Caja petri Cuchara Termo prensa Gillotina Láminas de luf a</p>	<p>La textura obtenida en la combinación del biopolímero con pintura acrílica, no se da correctamente ya que se presenta pastosa y no es apta para la aplicación a la luf a. La textura del biopolímero con tinte vegetal se presenta líquida sin alteración mayor en su composición, por lo que se puede aplicar a la luf a.</p>	
<p>Experimentación 6 Proceso de tinturado de la Luf a Cylindrica por medio del biopolímero creado a base de almidón de yuca + tinte vegetal</p>	<p>Biopolímero Agua Tinte vegetal Láminas de Luf a Cylindrica Recipiente plástico</p>	<p>Se obtiene un resultado satisfactorio, ya que el biopolímero no pierde su funcionalidad al agregarle tinte vegetal; y además se logra la pigmentación adecuada en las láminas de luf a. Las características adecuadas para la funcionalidad del panel son las deseadas.</p>	

Tabla 6. Resumen de capítulo
Fuente Propia



APLICACIÓN PRÁCTICA DE RESULTADOS

CAPÍTULO 5

En este capítulo se exponen los resultados de la investigación práctica experimental. El resultado del panel obtenido se emplea en un espacio de área social, con aplicación de diseño interior y observación de su funcionalidad.

5.1 Panel divisorio a base de luffa cylindrica realizados en laboratorio



A: Panel rojo a base de luf a cylindrica con tinte vegetal
B: Panel natural a base de luf a cylindrica

Figura 44. Resultado de paneles
Fuente Propia

La intención de dar color a los paneles es generar un contraste en el lugar donde se deseen colocar, proporcionando mayor posibilidad de diseño mediante colorimetría con una forma idónea de tinturado.

Es importante resaltar que la resistencia entre el panel a base de Luf a natural y el panel a base de Luf a con tinte vegetal no presentó ninguna alteración en cuanto a su rigidez y resistencia.

5.2 Diseño de paneles divisorios a base de luffa cylindrica

Una vez generados los paneles mediante la experimentación, se han obtenido dos tipos, en los cuales la variable es la pigmentación. Por ende, se plantean dos prototipos posibles que podrían ser aplicados al diseño, demostrando de esta manera que se pueden generar variantes a partir de las experimentaciones realizadas, resaltando que pueden cambiar en color, tipo de ensamble, forma y figura.

Cabe resaltar que el alcance de esta investigación es la creación de los ejemplares del panel a base de la materia prima, la Luf a Cylindrica; de los resultados obtenidos en las experimentaciones expuestas en el capítulo anterior, se a podido evidenciar que cada panel posee diferentes carectrísticas, las mismas que pueden ser aprovechadas en diferentes situaciones.

Sin embargo como para esta investigación se a planteado el crear paneles divisorios en ambientes sociales, se realiza la siguiente aplicación de diseño que determinan que los paneles generados podrían ser aplicados como paneles divisorios, ya sea en un ambiente social dentro de una edificación, como en espacios urbanos sociales a manera de pabellón.

Para esto se a elaborado escenarios hipotéticos mediante herramientas digitales como grasshopper y rhinoseros con apoyo de plugins que en la medida de ser requeridos en la fase de diseño y montaje de los paneles, serán aplicados.

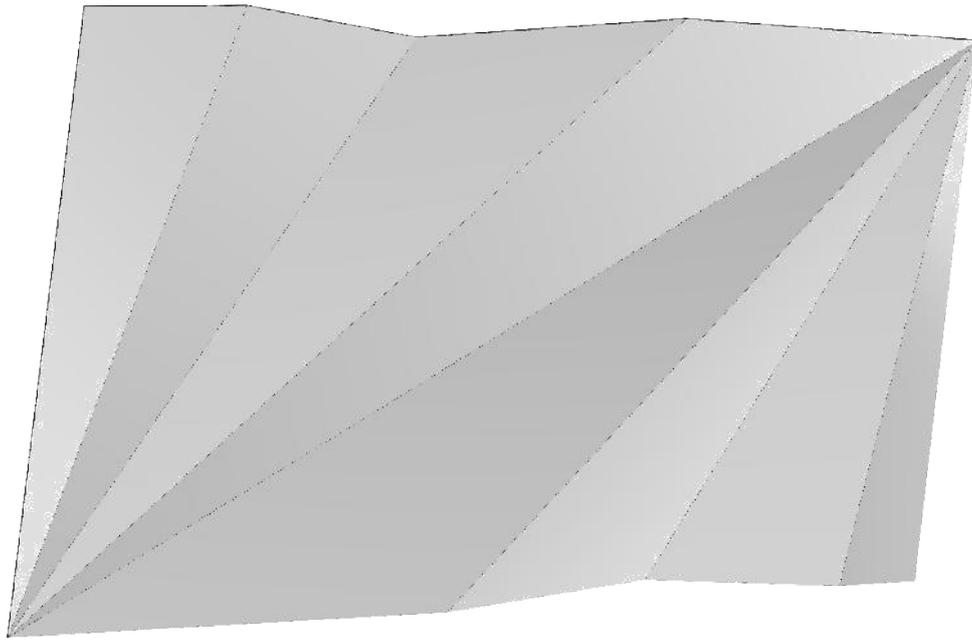


Diagrama 6. Panel tipo 1
Fuente Propia

Para este proceso, se utilizó el software Rhinoceros – Grasshopper, empleando dos plugins:

Crane, que permite simular el doblado de una superficie

Timber Plate Structures, que genera los machihembrados de cada una de las piezas.

En el diagrama 6 se puede observar el panel creado con el plugin Crane, que ayudó a crear el doblado y la forma triangular.

En el diagrama 7, se usa el Timber Plate Structures, en donde ya se crean los valles y montañas.

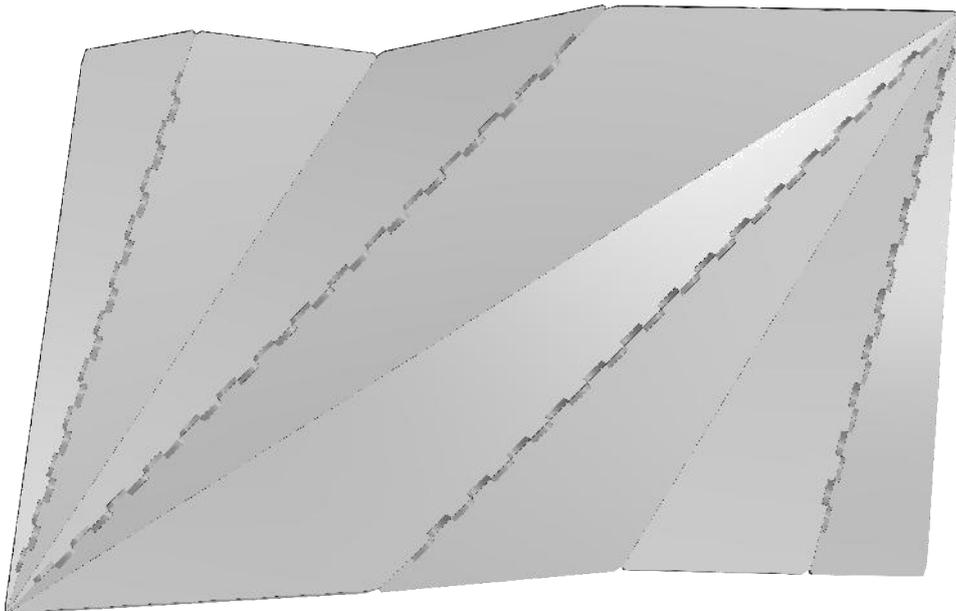


Diagrama 7. Proceso de ensamble mediante machimbrado
Fuente Propia

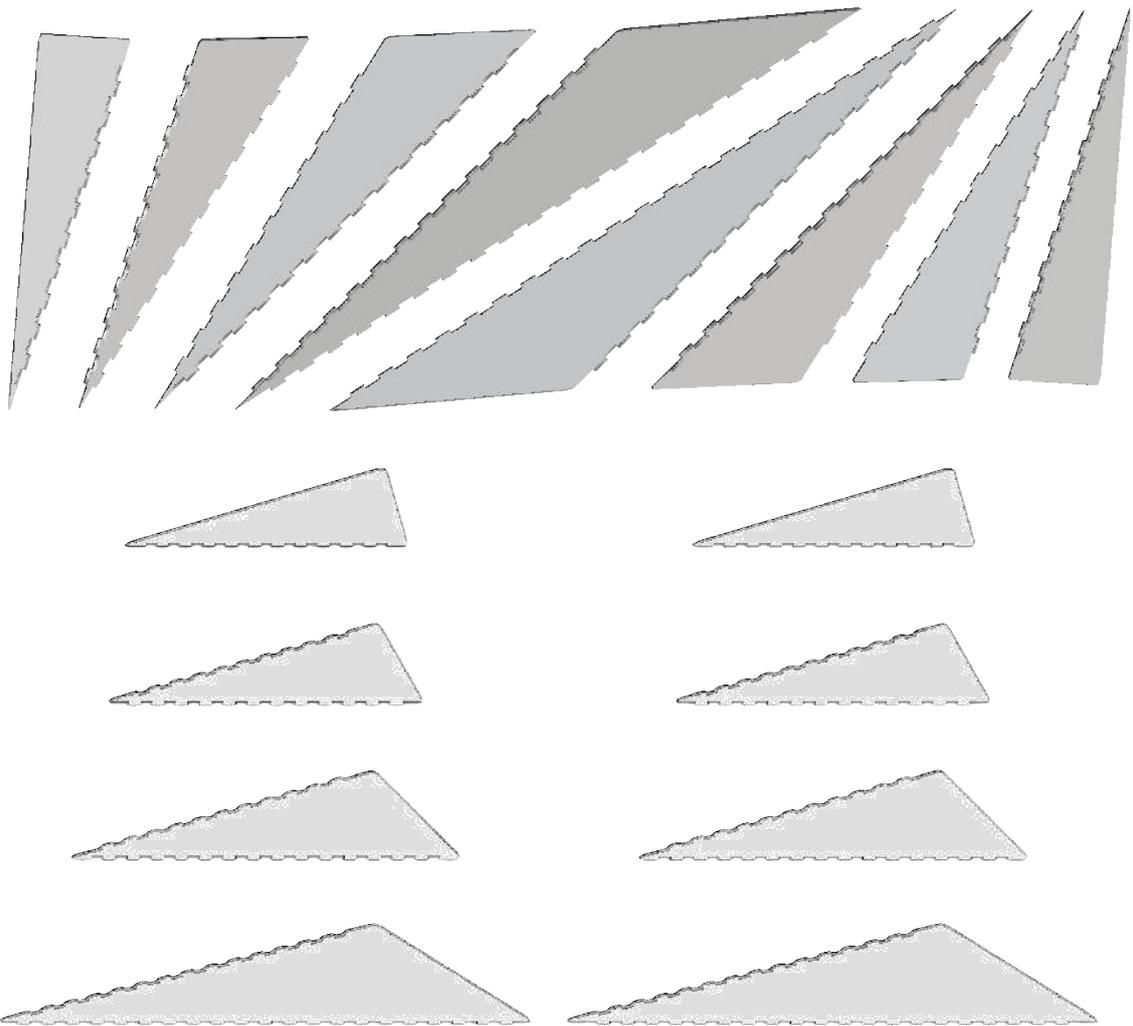


Diagrama 8. Despiece de hojas
Fuente Propia

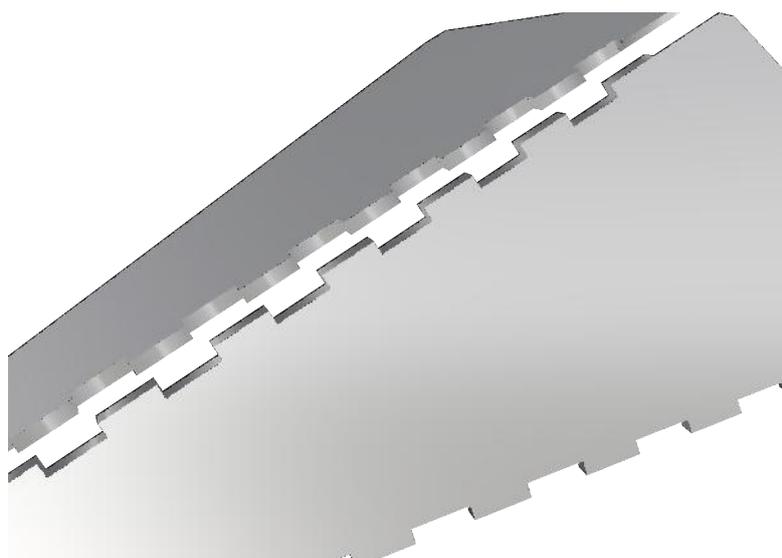


Diagrama 9. Detalle de machimbrado
Fuente Propia

5.2.2 Panel natural aplicado

Se busca que, a partir de una forma geométrica básica, se pueda generar una subdivisión entre espacios, manteniendo una secuencia y conexiones entre ellos, buscando una forma más idónea de manipulación que permita la apertura y cierre de un espacio.

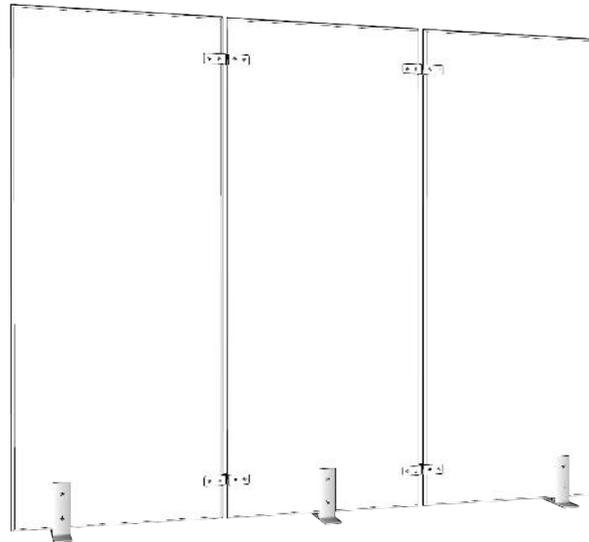


Figura 45. Prototipo de panel tipo 2
Fuente Propia

Para poder hacer la conexión entre paneles, se aplicaron bisagras, permitiendo una movilidad entre paneles de 120° . Además, para mantenerse de pie, se colocaron soportes tipo zapata para mantener la estabilidad sobre una superficie plana.

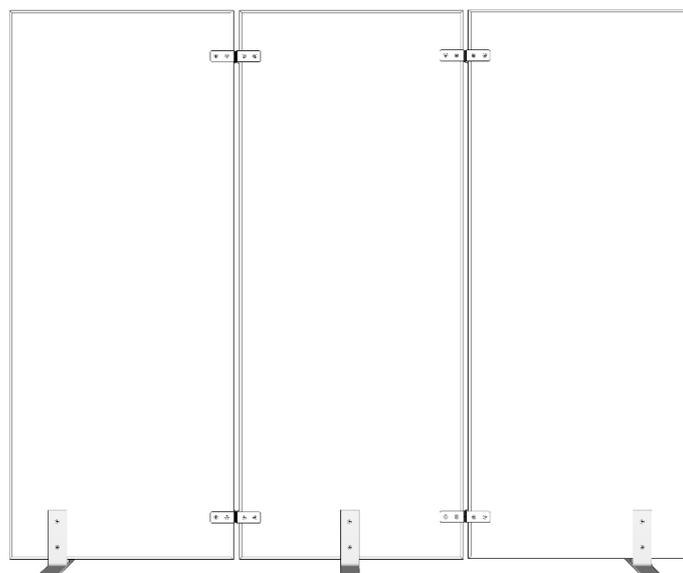


Figura 46. Unión de paneles mediante accesorios
Fuente Propia

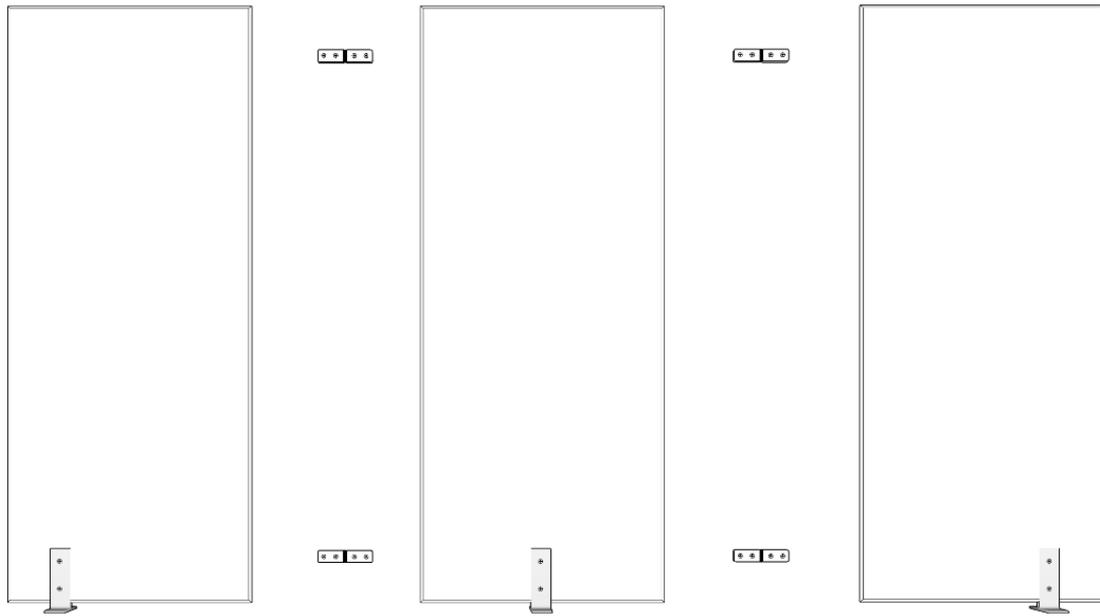


Figura 47. Despiece de hojas
Fuente Propia

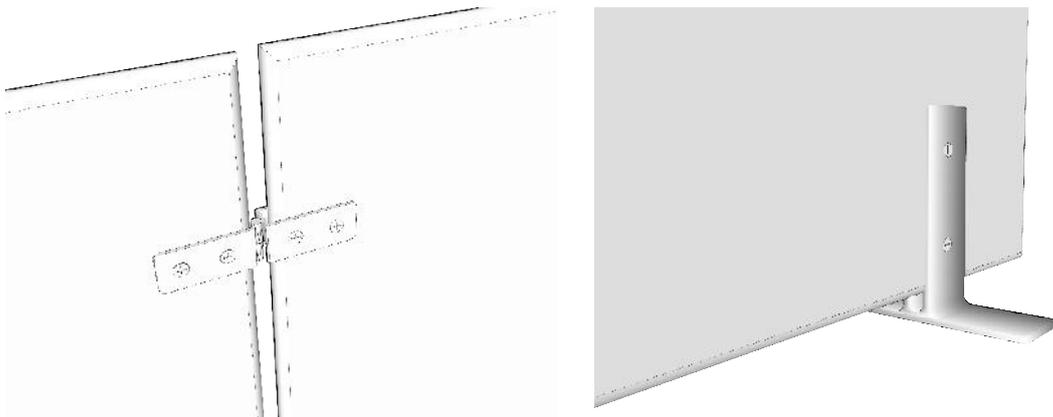


Figura 48. Detalle de bisagras y zapatas
Fuente Propia

5.3 Aplicación de panel rojo y panel natural en división de espacios

Intervención y diseño de paneles divisorios en oficina dedicada al marketing, ubicada en la ciudad de Loja.

- **Planteamiento de las necesidades del propietario**

Se requiere un espacio multifuncional que permita configuraciones rápidas y sencillas para adaptarse a diversos servicios, manteniendo la privacidad entre usuarios.

- Estado actual

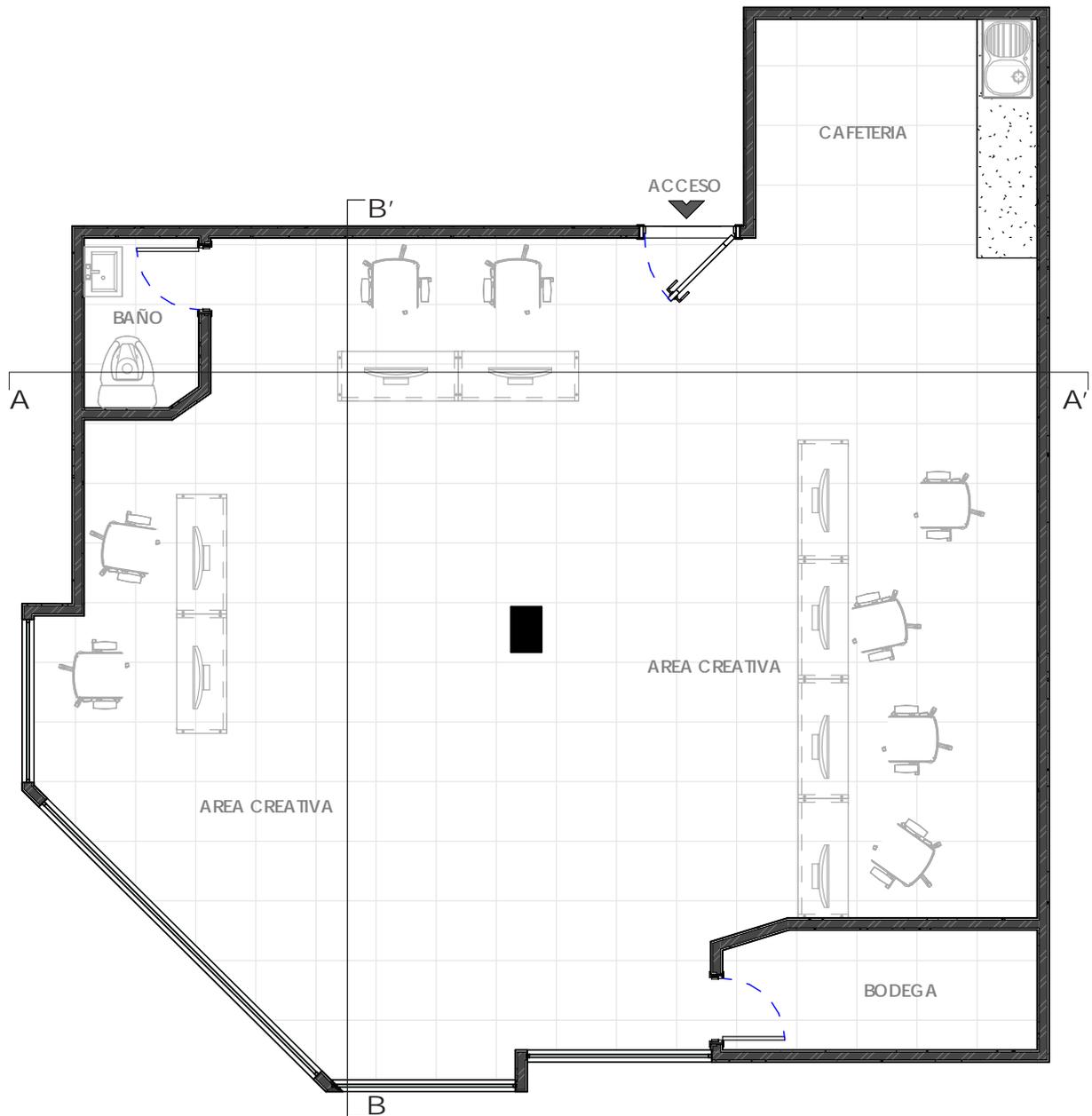


Figura 49. Planta única /estado actual of cinas de marketing digital
Fuente Propia

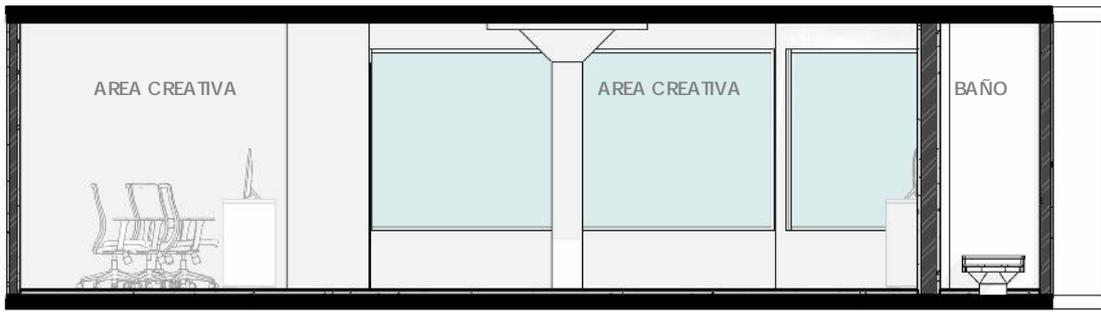


Figura 50. Sección A - A' estado actual
Fuente Propia

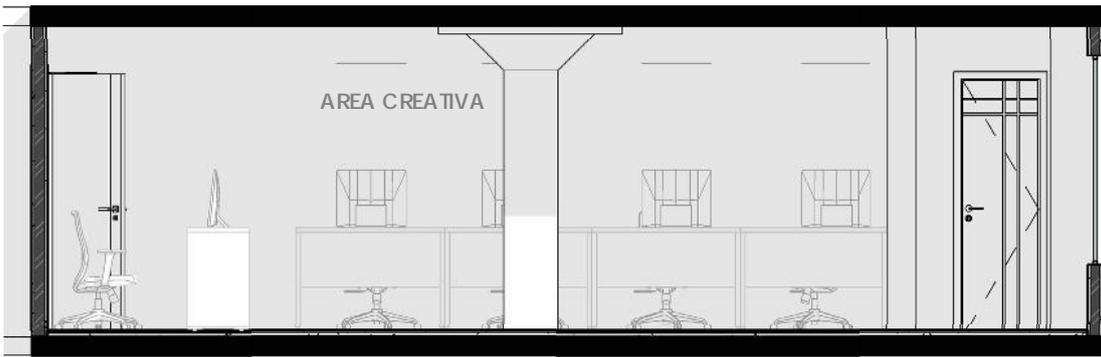


Figura 51. Sección B - B' estado actual
Fuente Propia

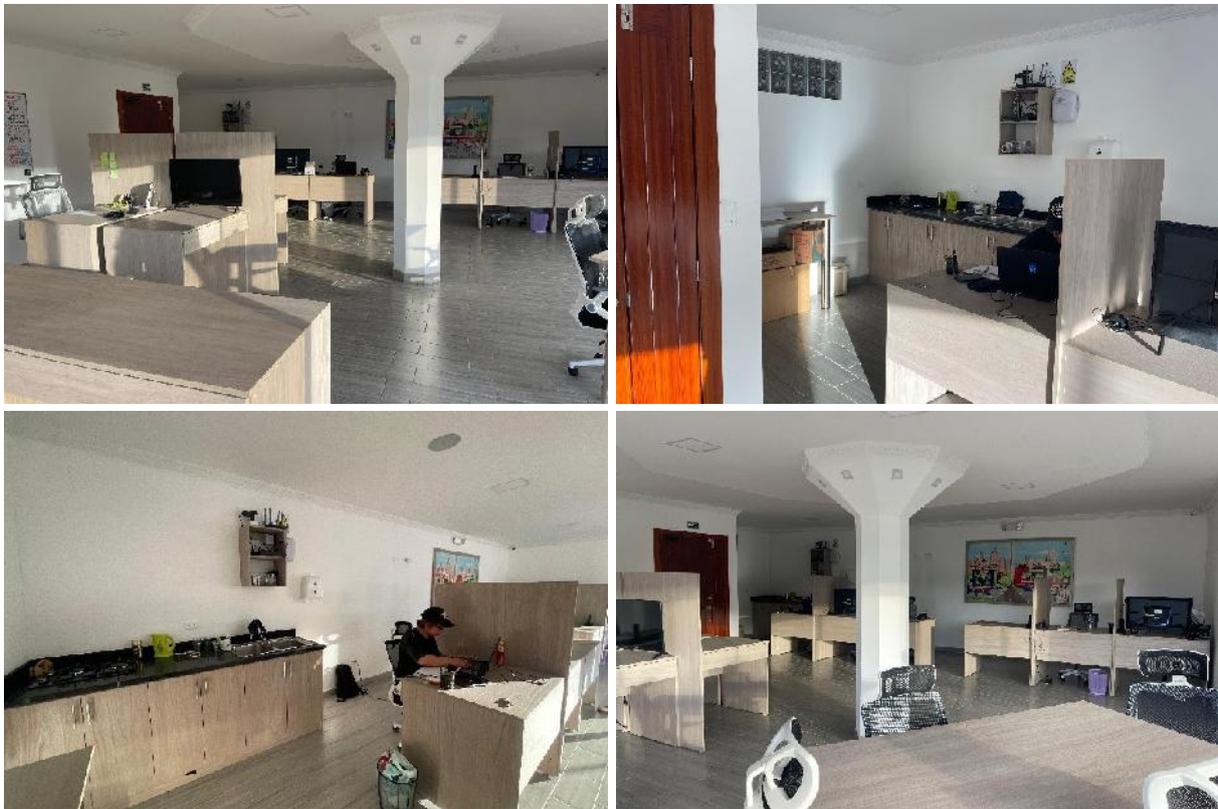


Figura 52. Barrido fotográfico estado actual of cinas de marketing digital
Fuente Propia

- Propuesta

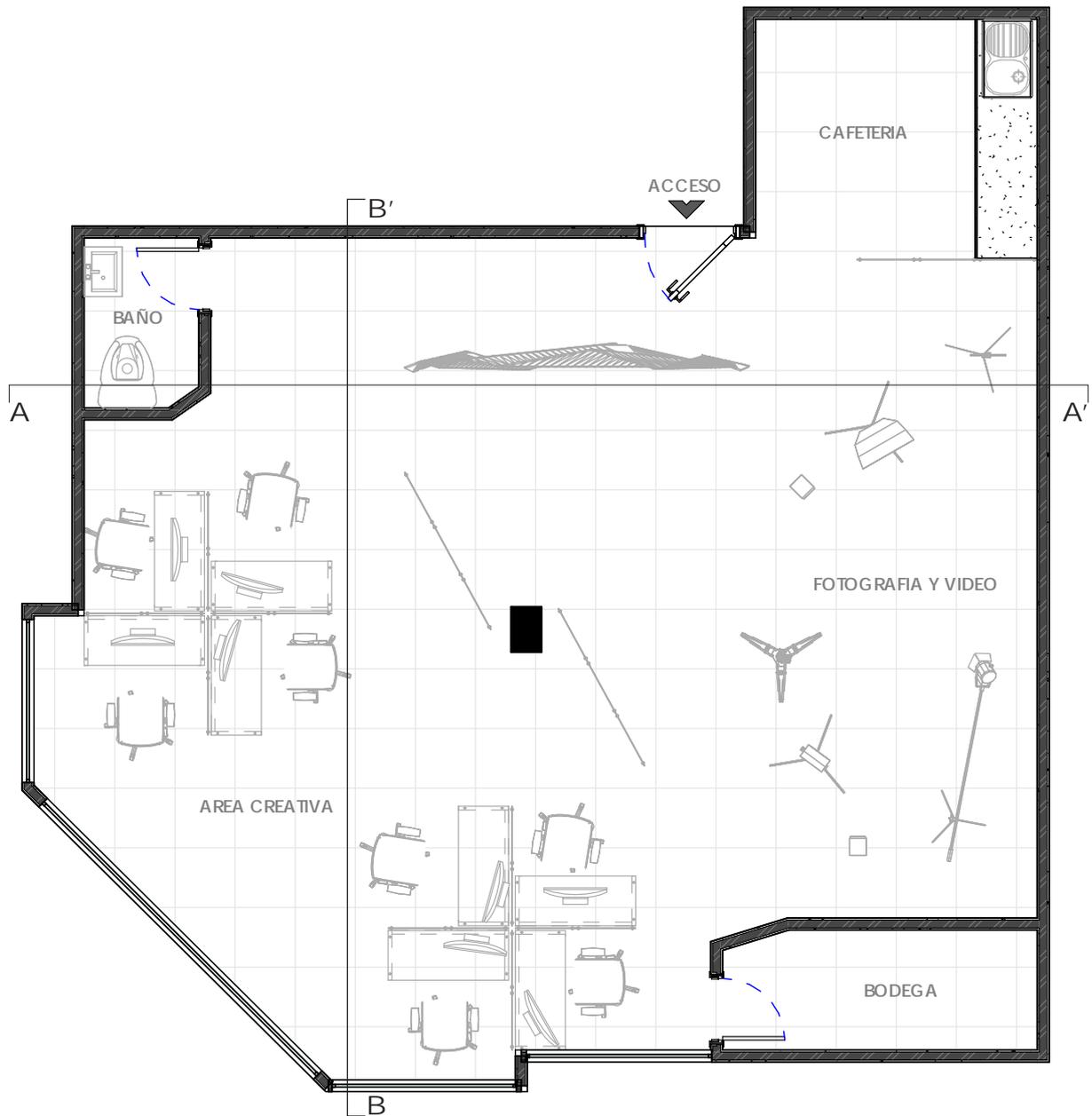


Figura 53. Planta única /propuesta of cinas de marketing digital
Fuente Propia



Figura 54. Sección A - A' propuesta
Fuente Propia

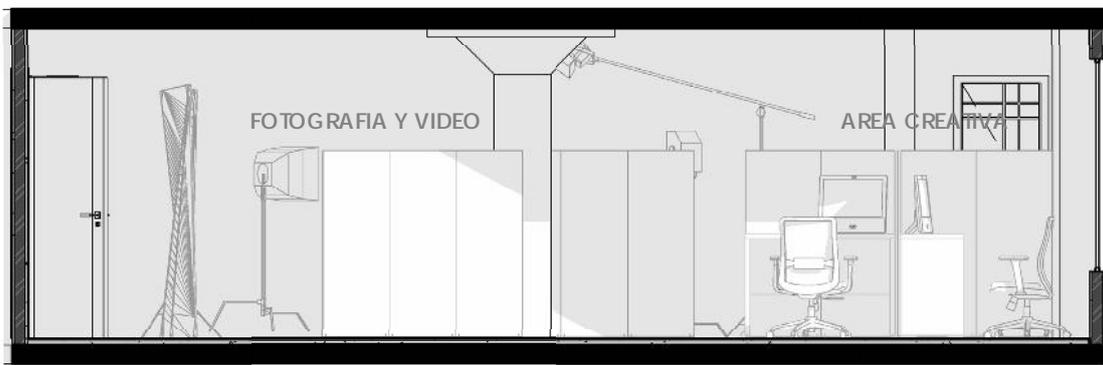


Figura 55. Sección B - B' propuesta
Fuente Propia

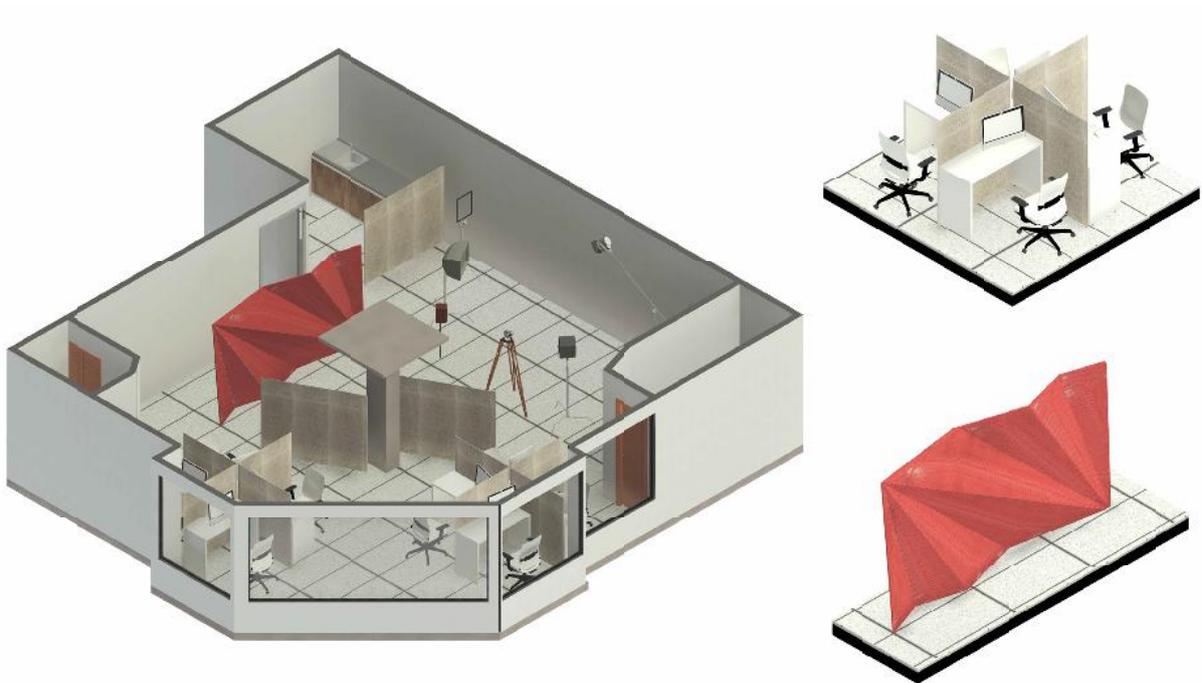


Figura 56. 3D propuesta of cinas de marketing digital
Fuente Propia

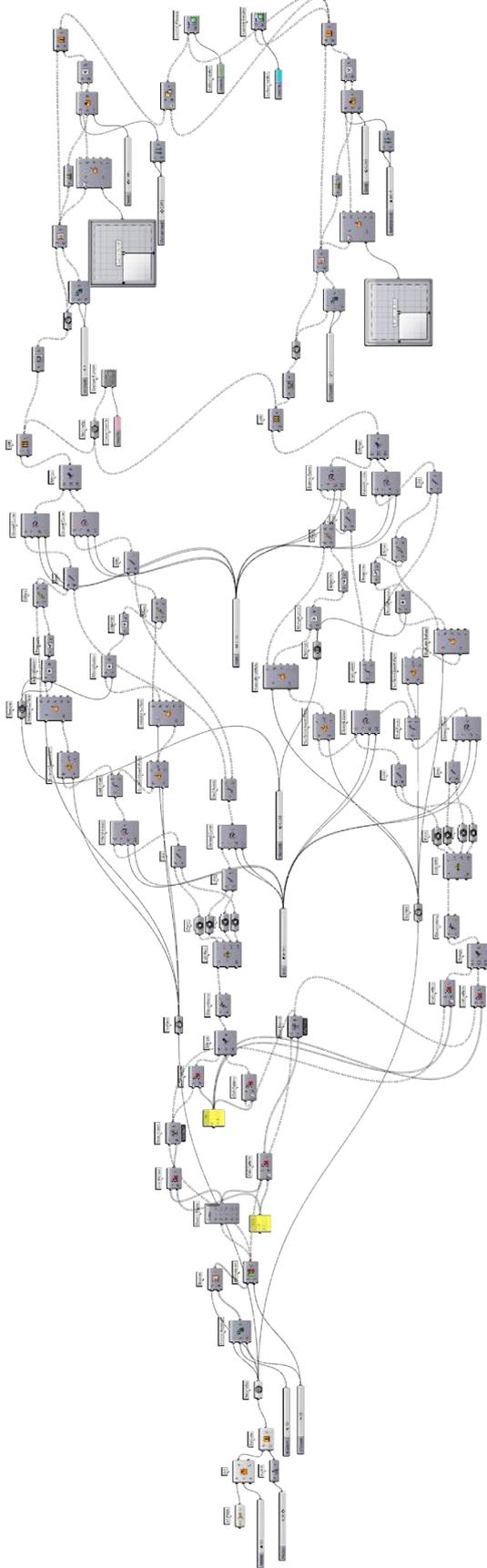


Figura 57. Render con panel tipo 1
Fuente Propia

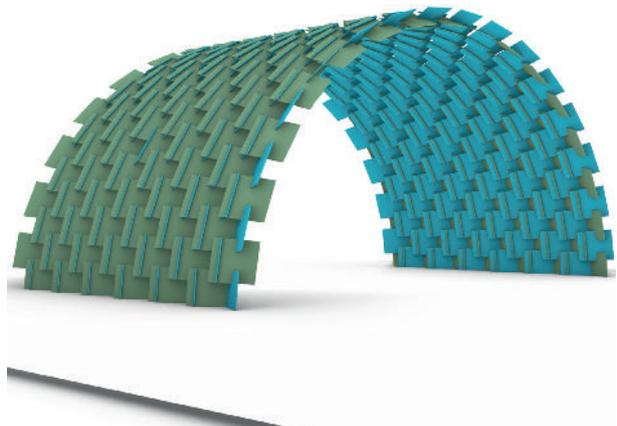


Figura 58. Render con panel tipo 2
Fuente Propia

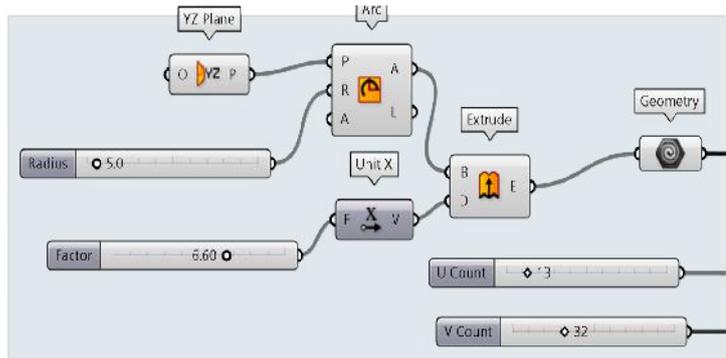
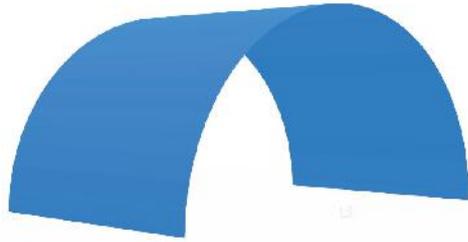
5.4 Panel rojo aplicado a espacio urbano



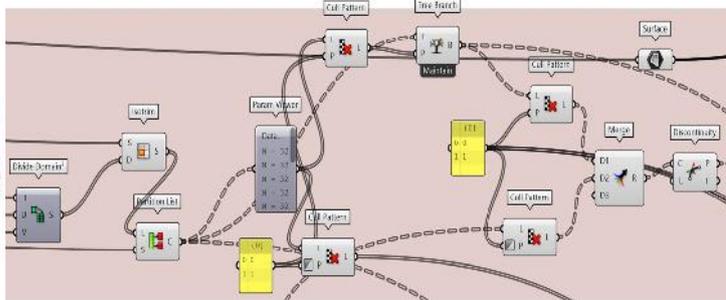
Basado en el resultado del panel tinturado obtenido, se propone el diseño de un pabellón que aprovecha las propiedades de resistencia de los paneles. El pabellón se caracteriza por la interconexión de paneles, partiendo de un submódulo hasta alcanzar un supermódulo. Gracias al incremento de la cantidad de polímero en los paneles, se logra una notable mejora en su resistencia y rigidez.



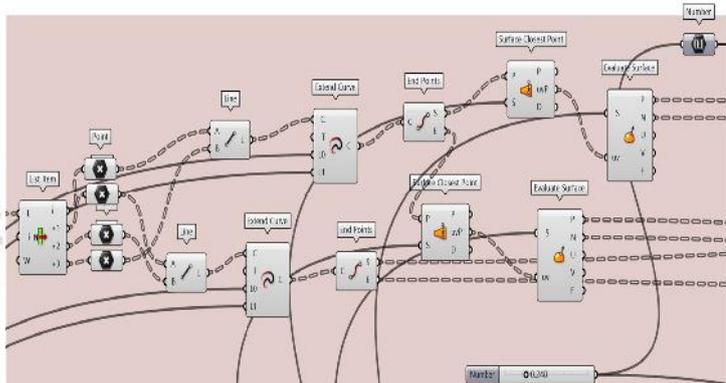
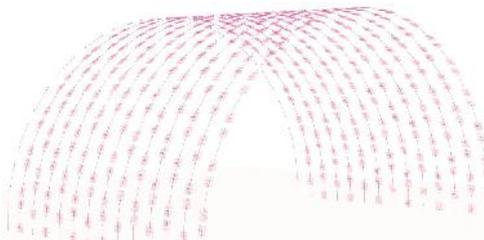
PASO 1: Se procede a la generación de un arco.



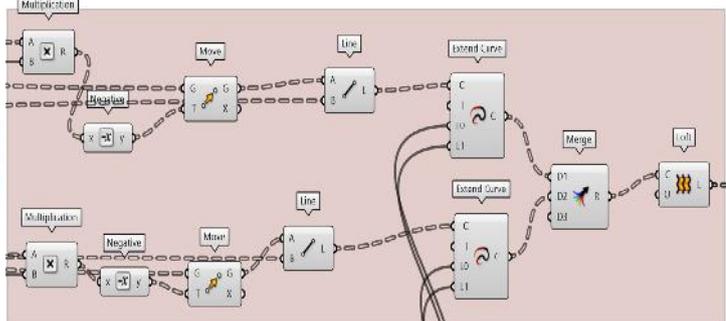
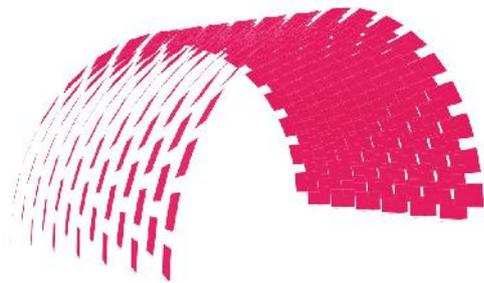
PASO 2: Se realiza la subdivisión del arco en una malla en donde se procede a sacar el centro de cada una de las caras.

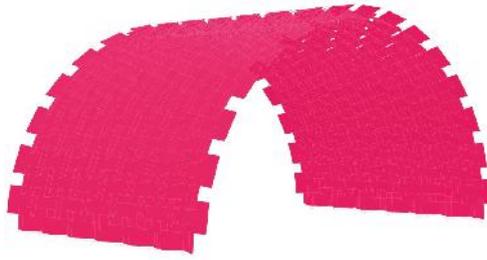


PASO 3: Una vez identificado cada centro se procede a generar un plano a partir de los centros.

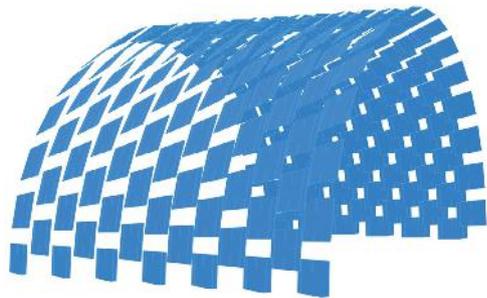
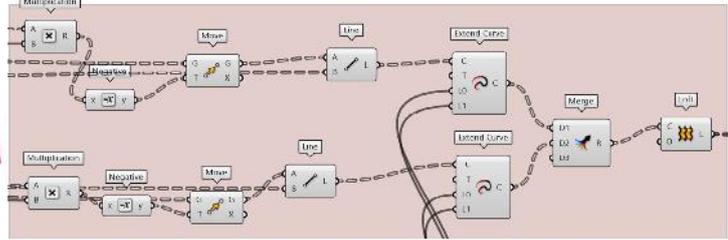


PASO 4: En cada plano se genera una superficie plana, la misma que se distribuye de forma paralela al arco generado en el primer paso.





PASO 5: Se realiza un mirror de las caras generadas en el paso 4. para que se puedan intersecar un lado con otro.



PASO 6: Una vez creada la intersección se procede a hacer una endadura a cada una de las superficies, lo cual aportada para la interconexión de los paneles entre si.

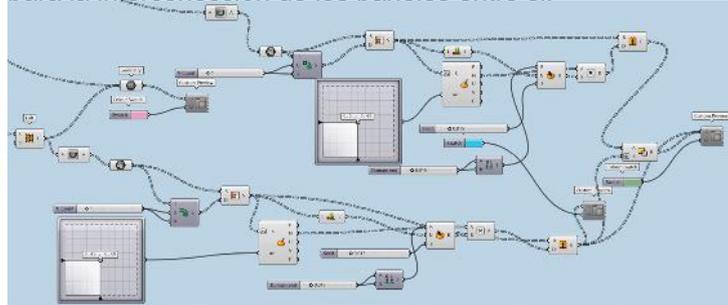


Figura 59. Proceso de creación de algoritmo para pabellón
Fuente Propia

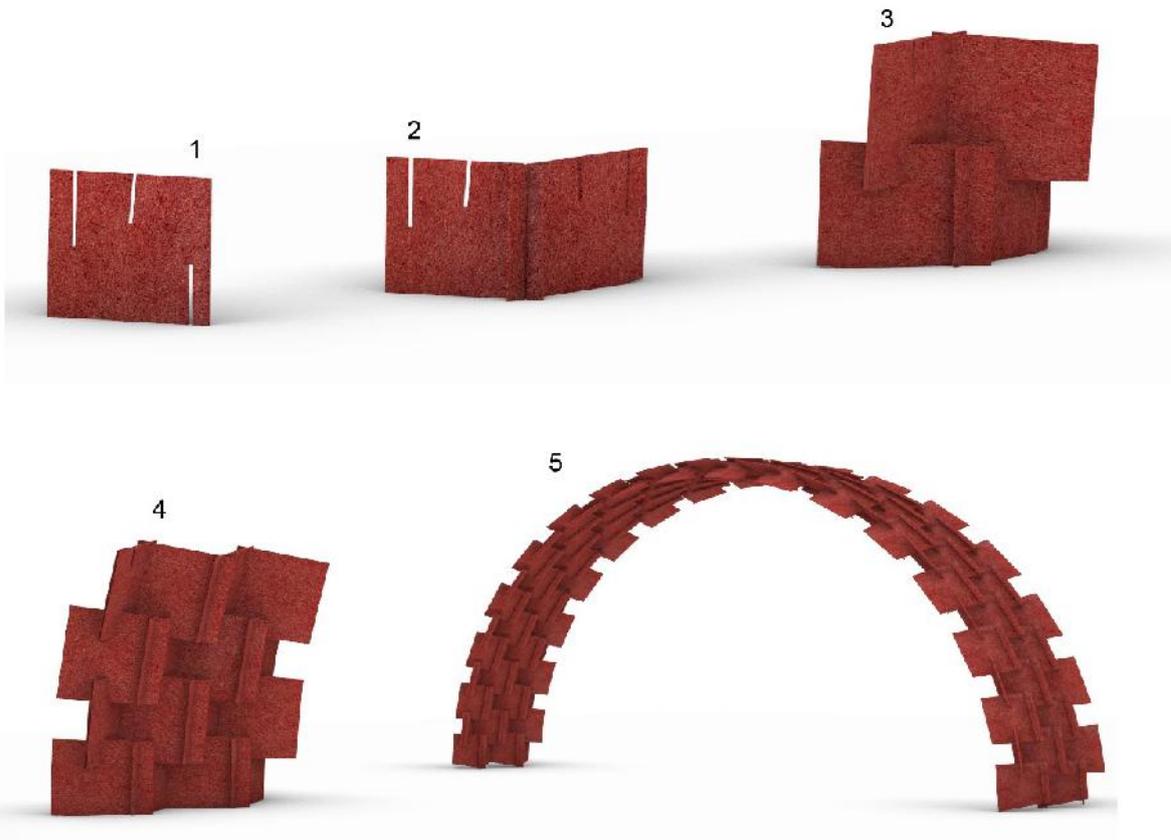
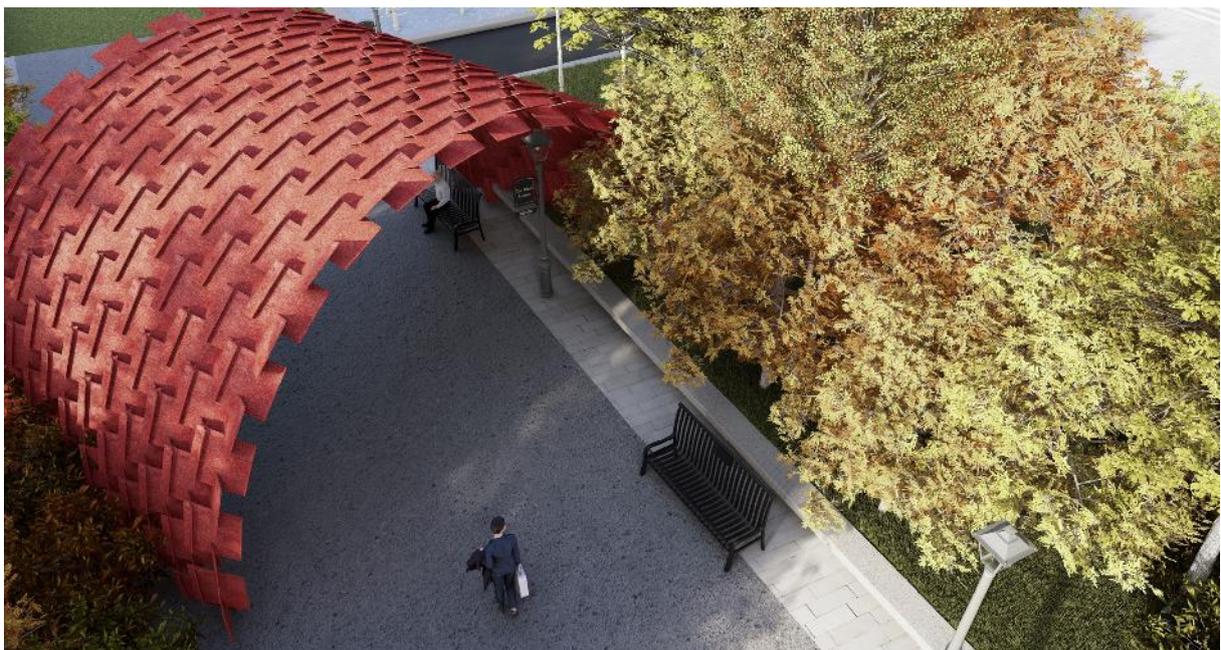
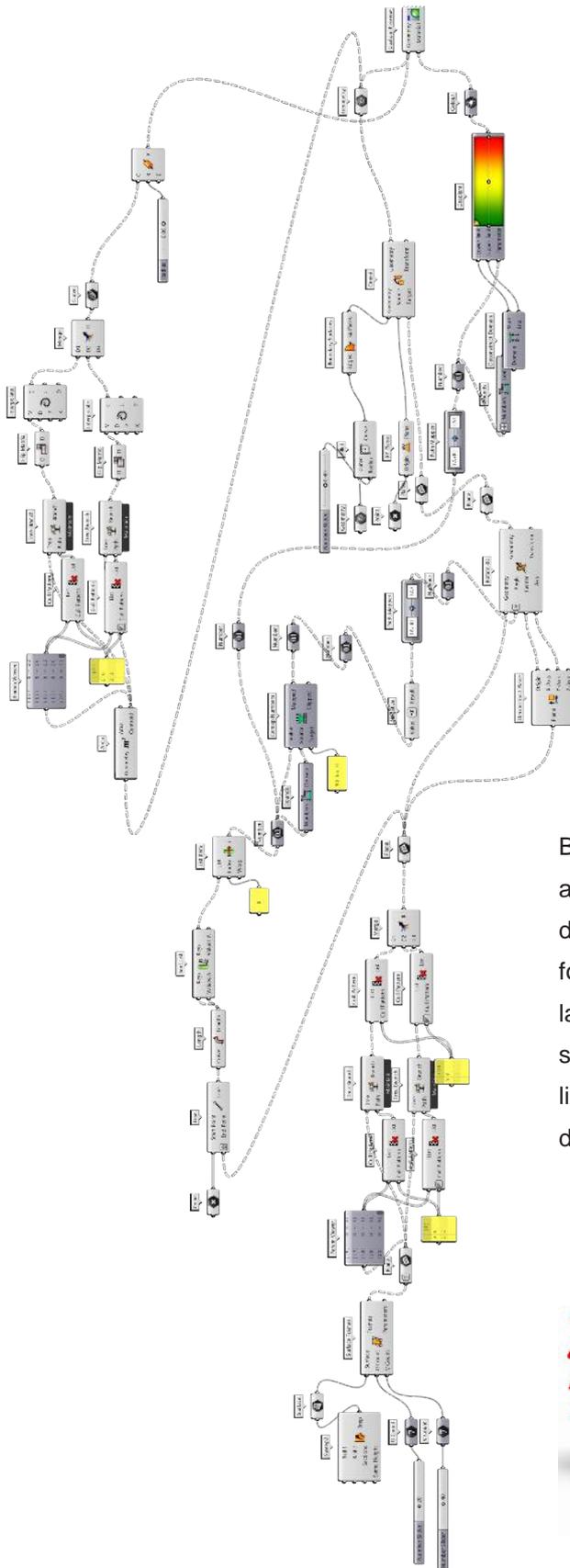


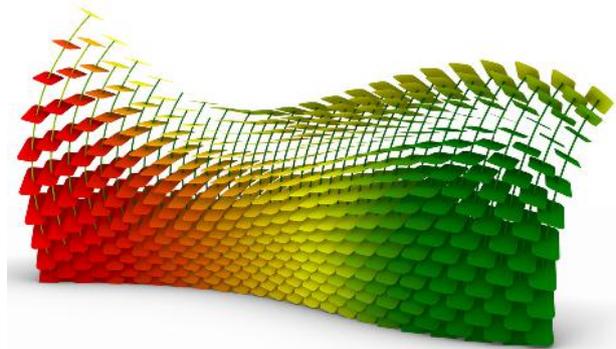
Figura 60. Proceso de ensamblaje de pabellón
Fuente Propia



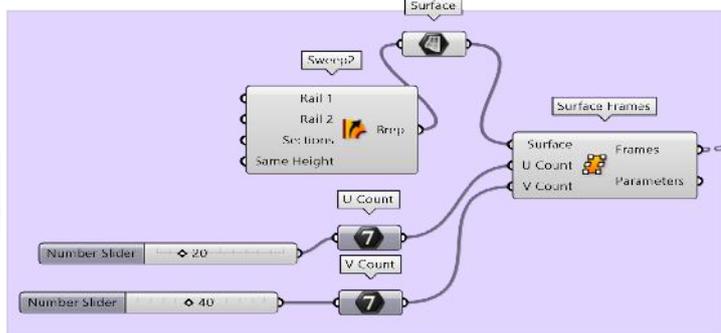
5.5 Panel natural aplicado a división de espacios



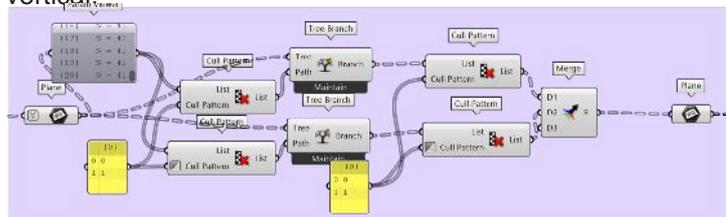
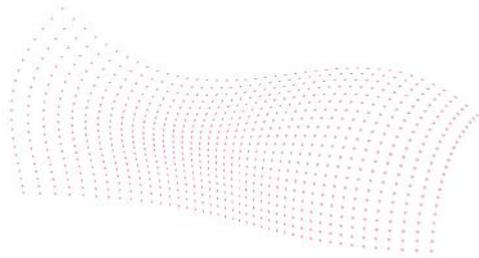
Basado en los resultados obtenidos con el panel a base de Lufa a Cylindrica natural, se propone el diseño de una pared divisoria de ambientes; su forma aprovecha las propiedades de resistencia de las láminas obtenidas en los resultados, las cuales se caracterizan por mantener una gran resistencia, ligereza y flexibilidad, permitiendo generar un sin fin de formas.



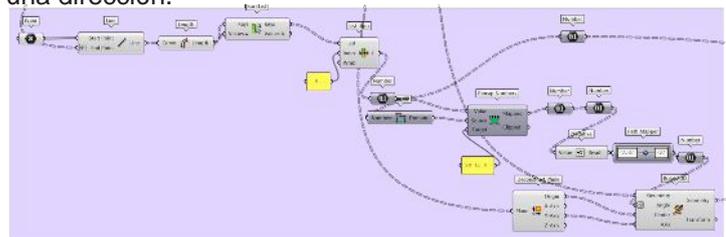
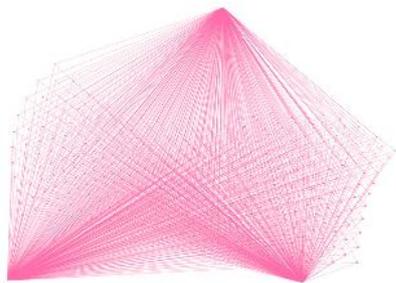
PASO 1: Generación de una superficie a partir de tres curvas.



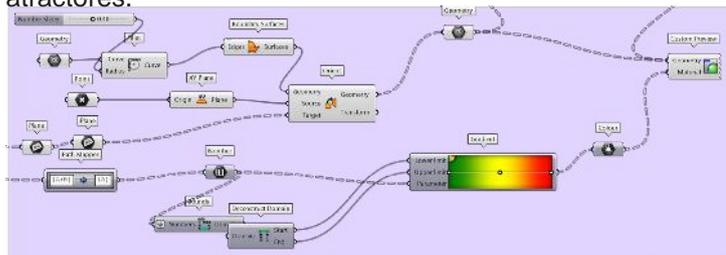
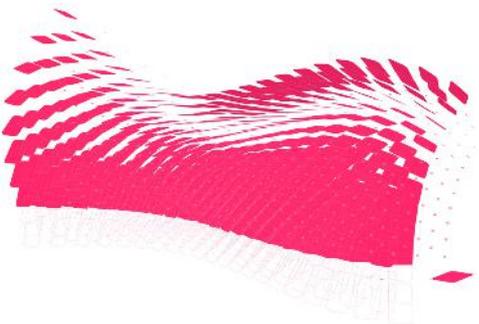
PASO 2: Se realiza una subdivisión de superficie a través de planos los cuales se distribuyen de manera horizontal y vertical.



PASO 3: Se genera un enlace de puntos atractores para dar una dirección.



PASO 3: Inserción de superficies en todos los planos en donde cada superficie toma su dirección en base a los puntos atractores.



PASO 5: Se crean pilares de soporte a partir de los planos según el paso 1.

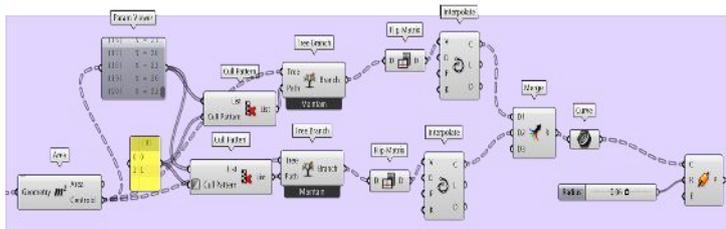
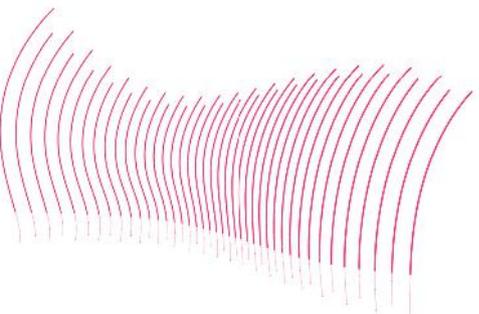


Figura 61. Proceso de creación de algoritmo para división de ambientes
Fuente Propia

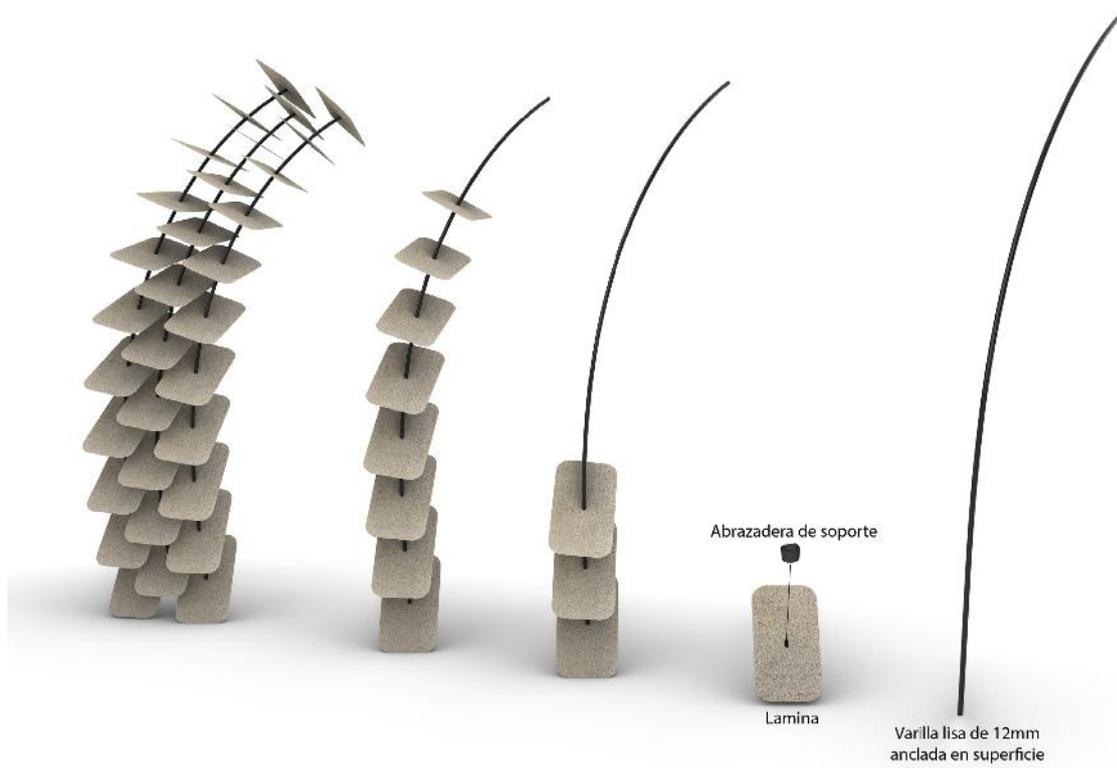


Figura 62. Proceso de ensamble de división de ambientes
Fuente Propia





CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 6

PANELES DIVISORIOS

Caso de estudio: Lufa Cylindrica, como material biodegradable

6.1 CONCLUSIONES

- La lufa cilíndrica posee características físicas y mecánicas que la hacen una materia prima viable para la fabricación de paneles para la subdivisión de espacios internos gracias a su estructura fibrosa que proporciona una buena relación entre resistencia y peso, siendo un material idóneo para la construcción.
- Mediante las pruebas de laboratorio se pudo evidenciar que la lufa cilíndrica presenta una alta resistencia a la tracción y una rigidez moderada, siendo idónea como material de refuerzo en paneles. Por lo tanto, su comportamiento bajo condiciones de humedad y variaciones de temperatura requiere de un análisis más detallado para asegurar su estabilidad en diversas condiciones ambientales.
- La generación del biopolímero permite la adherencia entre lufas, creando un material con propiedades mejoradas, proporcionando resistencia mecánica y estabilidad.
- Se ha logrado una optimización eficiente para la conformación de los paneles, permitiendo una buena adhesión entre la fibra y el biopolímero con uniformidad en las propiedades del panel.
- La investigación ha revelado el excepcional potencial de la lufa, destacando su alta resistencia a la compresión, flexión y calor, lo cual la convierte en un material sostenible y versátil, es ideal para una amplia gama de aplicaciones, desde paneles divisorios hasta aislantes térmicos y acústicos, maximizando su utilidad para explorar mejoras como mayor resistencia al agua y a la intensidad solar sin pérdida de color. Además, su dimensionalidad adaptable permite una variedad de usos, desde tabiques hasta muros. Es fundamental continuar la investigación en nuevos tratamientos avanzados para mejorar su durabilidad y explorar su compatibilidad con otros materiales para potenciar su uso efectivo en diversas aplicaciones constructivas.

PANELES DIVISORIOS

Caso de estudio: Lufa Cylindrica, como material biodegradable

6.2 RECOMENDACIONES

- Continuar con pruebas a mayor escala para validar los resultados obtenidos a nivel piloto, analizando estudios en cuanto a su costo y evaluando la viabilidad económica de la producción a gran escala.
- Realizar estudios adicionales sobre la durabilidad y comportamiento de los paneles bajo diferentes condiciones ambientales, incluyendo la exposición prolongada a la humedad y cambios de temperatura, permitiéndonos una mejor comprensión de su comportamiento a largo plazo y su aplicabilidad en diversas regiones climáticas.
- Investigar la inclusión de otros aditivos naturales que puedan mejorar aún más las propiedades del panel, tales como la resistencia al fuego, el aislamiento térmico y acústico.
- Continuar afinando los parámetros de fabricación mediante la implementación de técnicas de manufactura avanzada, como el uso de prensas hidráulicas y sistemas de control de temperatura más precisos, para mejorar la consistencia y calidad de los paneles producidos.
- Evaluar el impacto ambiental en el proceso de fabricación y los materiales utilizados, promoviendo el uso de aditivos ecológicos, además de considerar el reciclaje de paneles al final de su vida útil para minimizar el impacto ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

- Barroso, V. C. (2006). Las cucurbitáceas: bases para su mejora genética. *Producción de fruta y Hortaliza*, 21.
- Bickman, L., & Rog, D. (2009). *Applied Research Design: A Practical Approach*.
- Cifuentes, B. &. (2013). Universidad de la Sabana. Obtenido de Pretratamiento fotocatalítico para la obtención de alcohol celulósico a partir de Luf a cylindrical: [http://intellectum.unisabana.edu.co:8080/jspui/bitstream/10818/10755/1/LAURA%20PATAQUIVA%20\(T\)%20TESIS.pdf](http://intellectum.unisabana.edu.co:8080/jspui/bitstream/10818/10755/1/LAURA%20PATAQUIVA%20(T)%20TESIS.pdf).
- Chávez-Sifontes, M., & Domine, M. E. (2013). Lignina, estructura y aplicaciones: métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial lignin, structure and applications: depolymerization methods for obtaining aromatic derivatives of industrial interest. *Av. Cien. Ing*, 4(4), 15–46. http://www.exeedu.com/publishing.cl/av_cienc_ing/15
- Envases, S. i. (2019). *Envaselia blog*. Obtenido de <https://www.envaselia.com/blog/que-es-biodegradable-id17.htm>
- Ezminoza De La Grecca, L. (2019). *Arquitectura Biomimética*. Obtenido de <https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Arquitextos/article/view/1980>
- Fernández, N. A. (2019). Evaluación de la aislación térmica, Acústica y resistencia ignífuga de un sistema de aislación a base de la luf a.
- Fuentes, P. (2019). Propuesta de la luf a cylindrical como absorbente acústico.
- Gibson, L. (1997). *Structure and properties*. Cambridge University Press.
- Hedrick, T. B. (1993 de 1993). *Applied Research Design* (1st ed.). SAGE Publications. Nueva York: SAGE Publications, Inc; 1.ª edición (11 de enero de 1993). Obtenido de <https://www.perlego.com/book/2800615/applied-research-design-pdf> (Original work published 1993)
- Hedrick, T. E. (2018). *Applied Research Design: Practical guide*. Terry E. Hedrick.
- Jianhu, S., Yi Min, X., Xiaodong, H., Shiwei, Z., & Dong, R. (2012). Mechanical properties of luf a sponge. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/>

article/pii/S1751616112001993

- Luis, A., & Morales Pacheco, A. (2012). Arquitectura paramétrica aplicada en envolventes complejas con base en modelos de experimentación en el diseño arquitectónico. *Legado de Arquitectura y Diseño*, 7(12), 23–34. <https://legadodearquitecturaydiseno.uaemex.mx/article/view/14045>
- Maldonado Morales, J. D. (2023). Envolvente Cinético: Diseño de estructura envolvente basada en la naturaleza que regule el confort térmico y visual del edificio de la Universidad Internacional del Ecuador de la ciudad de Loja. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/15145>
- Molina, H. G. (2021). Uso de luf a cylindrical para aplicaciones en el diseño.
- Mora, D. M., Carrillo, E. I. H., García, C. G., & Dosta, M. del C. M. (2021). Uso de Luf a cylindrical para aplicaciones en el diseño a base de fibras naturales. *Tecnología & Diseño*, 16, 43–53. <https://revistatd.azc.uam.mx/index.php/rtd/article/view/123>
- Parra, D. F. (2019). “Propuesta de la luf a cylindrical como absorbente acústico aplicable a recintos como fenómenos de resverberación. 131.
- Pereira Martínez, R. I., Muñoz Paredes, J., & Peluffo Ordoñez, D. H. (2017). Empleo del estropajo común (Luf a cylindrical) en la remoción de contaminantes.
- Puebla Alvarez, C. A. (2023). Micelio, material biodegradable y de diseño arquitectónico. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/15140>
- Saade, R. L. (2001). Cucurbitaceae., (pág. 120). Mexico.
- Sampieri, F. B. (2004). Científica, Metodología de la Investigación. Mexico.
- Sánchez, F. y. (2019).
- Shen, J. V. (2010). Compressive behaviour of closedcell aluminium foams at high strain rates. *Composites Part B- Engineering* 41,.
- Siqueira, G. B. (2010). Luf a Cylindrical as a lignocellulosic source of fiber, microfibrillated cellulose, and cellulose nanocrystals. *BioResources*, 740.

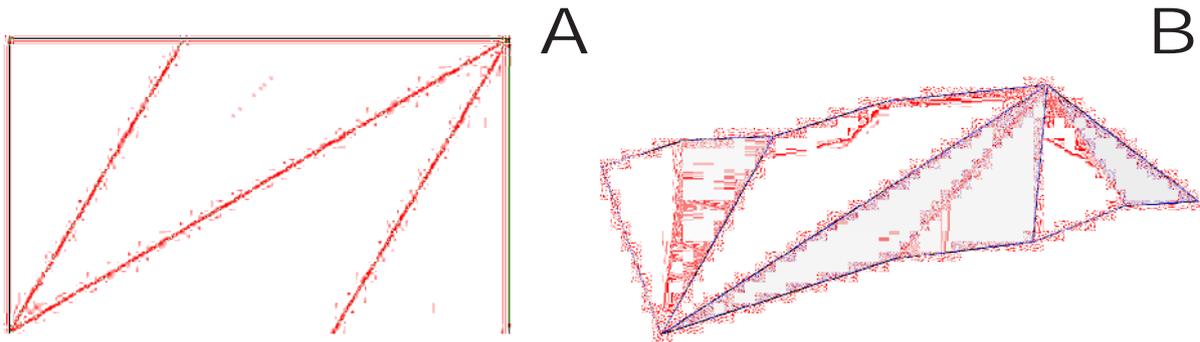
ANEXOS

Anexo 1

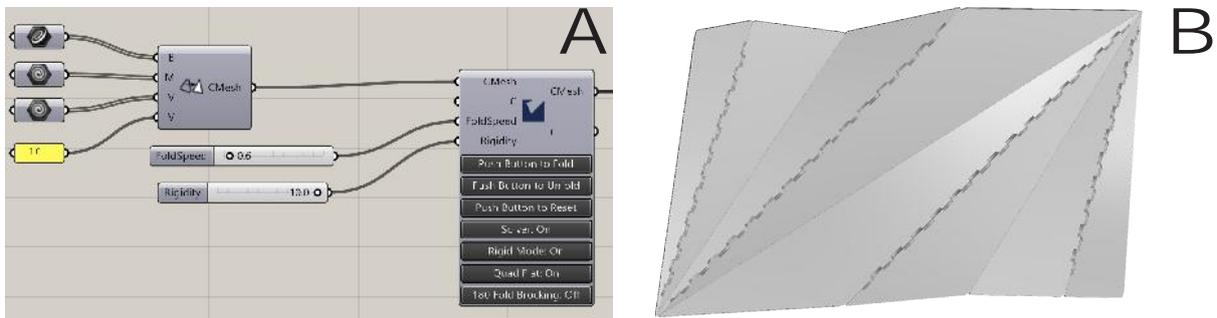
Algoritmo de generación de panel tipo 1

Mediante rhinoceros - grasshopper con plugin crane y timber plate structures

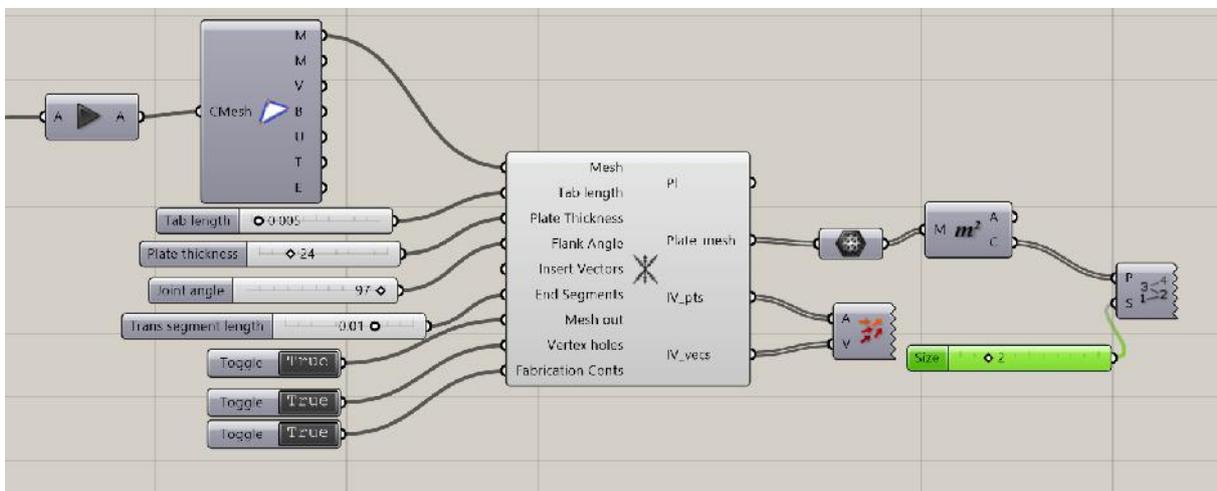
- A: Forma inicial
- B: Aplicación de plugin crane



- A: Algoritmo de crane
- B: Aplicación de plugin plate structures



- Algoritmo de plugin timber plate structures

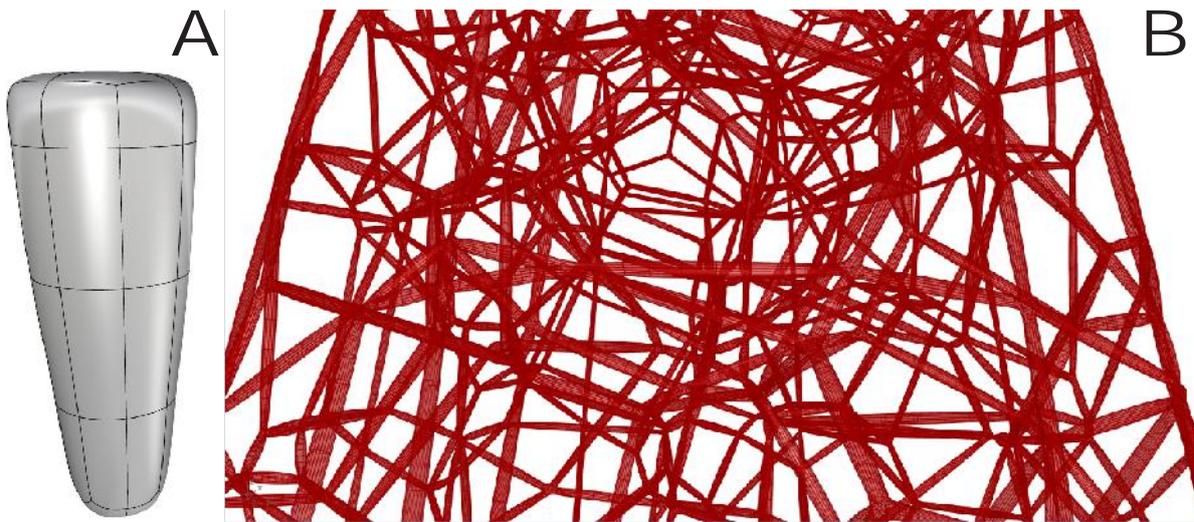


Anexo 2

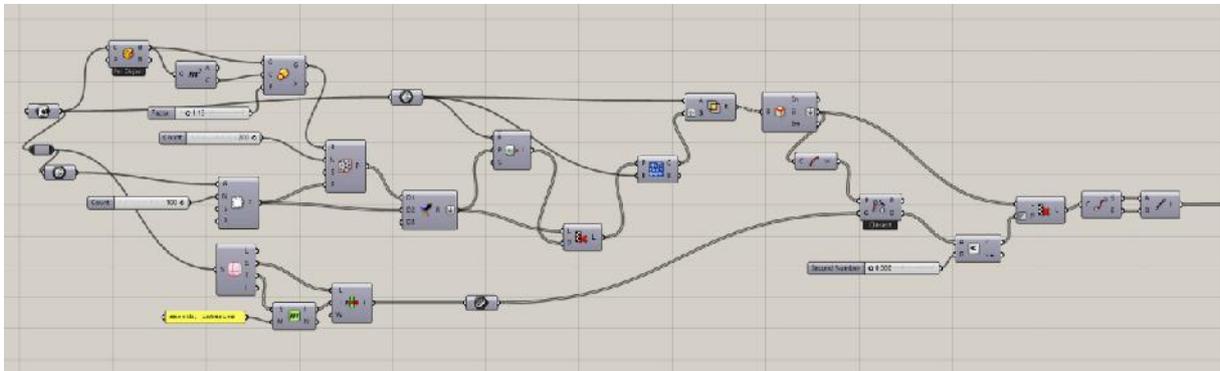
Diagrama de estructura de la luf a

Mediante rhinoceros - grasshoper con plugin crane y timber plate structures

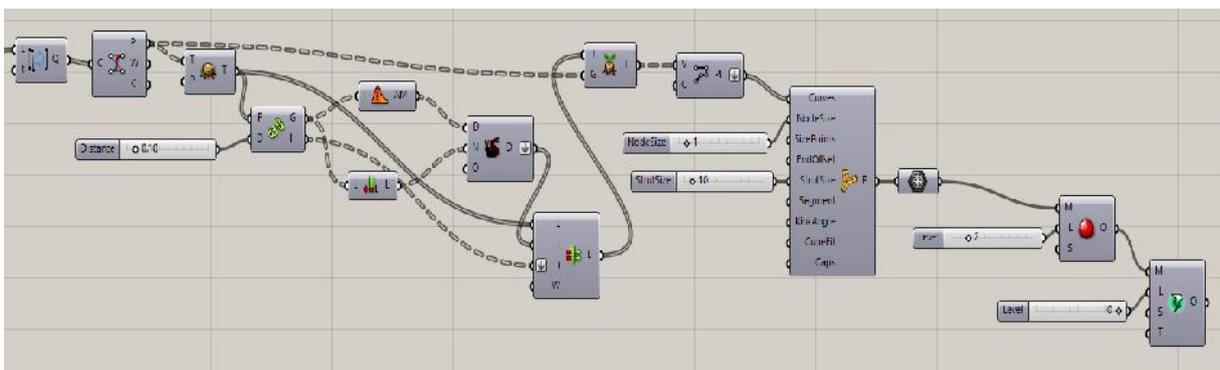
- A: Forma inicial, se parte de una forma similar a la luf a
- B: Aplicación de algoritmo a forma



- Algoritmo primera parte



- Algoritmo segunda parte



Universidad de las Américas
MASTER EN DISEÑO ARQUITECTÓNICO AVANZADO

MADAA 2022-2024

Año 2024