



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA**  
**INSTITUTO DE DISEÑO**

**TESIS**

**CARACTERIZACIÓN MECÁNICA PRELIMINAR DE UN AGLOMERADO ECOLÓGICO A  
BASE DEL PSEUDOTALLO DE PLÁTANO (*MUSA X PARADISIACA*) Y SU APLICACIÓN  
EN UNA CELOSÍA MODULAR PARA INTERIORES**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO EN DISEÑO**

PRESENTA:  
**ANDRÉS ARTURO MONTERO REYES**

DIRECTORA DE TESIS:  
**MTRA. DULCE MARÍA CLEMENTE GUERRERO**

CODIRECTORA DE TESIS:  
**DRA. ORQUÍDEA SÁNCHEZ LÓPEZ**

HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA, MÉXICO.  
MARZO DE 2021



## DEDICATORIA

Para esas 2 personas que me dieron la vida, protegieron  
y me brindaron amor y cariño; muchos de mis logros  
se los debo a ustedes entre los que incluyo este.  
me formaron con reglas y con algunas  
libertades, pero al final de cuentas,  
me motivaron constantemente  
para alcanzar mis metas

He aquí parte de mi esfuerzo, dedicación y paciencia  
Con mucho cariño para ti mamá y papá



## AGRADECIMIENTOS

Mtra. Dulce María Clemente Guerrero gracias por darme tan maravillosa oportunidad de trabajar en tu línea de investigación y desarrollar proyectos que son únicos los cuales tendrán un gran impacto, un verdadero placer el poder colaborar contigo y sacar este proyecto adelante; gran parte de tus conocimientos se ven reflejados en el desarrollo de esta tesis, una de las mejores maestras que he tenido en mi formación académica muchas gracias por el conocimiento, tiempo, dedicación y amistad brindada para poder pulir y concluir este proyecto; una gran historia que contar juntos.

Dr. Orquídea Sánchez López de una u otra forma la fabulosa rama de la química y sus diseños de experimentos estuvieron presentes en el inicio de mi carrera universitaria y en el final de la misma; gracias por todo su apoyo y asesoría brindada, toda una experiencia el poder haber trabajado con usted, una maestra excelente y comprometida con su trabajo.

A mis padres por su apoyo brindado en toda mi formación académica y personal.

Un agradecimiento especial al LDI. Luis Alberto Camacho Luyando y a su equipo del FABLAB de la Universidad Iberoamericana Puebla, por haberme permitido ingresar a sus instalaciones y poder utilizar su máquina universal de ensayos para la realización de las pruebas mecánicas utilizadas en el desarrollo de esta tesis.

A los revisores que participaron en la revisión de la presente tesis, y a todas las personas que de una u otra forma se vieron involucradas en este proyecto, Don Floro perdón por desviarlo de sus actividades de jardinería y que de esta forma me pudiera proporcionar la materia prima necesaria (residuo agroindustrial), se le agradece enormemente su disposición mostrada cada vez que se le solicitaba algo.

Adrián (Polar), muchas gracias por todo tu apoyo brindado quien diría que por ti comenzó esto; una vivencia compartida la cual me dejó mucho aprendizaje. Tú y tu familia ocupan un lugar muy especial en mi vida, gracias totales.

Miss Paty gracias por su amistad y todo su apoyo brindado en el cambio de universidad, una gran fotógrafa, amiga y excelente diseñadora gráfica.

A, Armando Rosas, Luz Palacios y Carmen, gracias por brindarme su apoyo y amistad los cuales hicieron que mi estadía en Huajuapán fuera muy amena, Luz y Carmen no voy a olvidar esos viajes en carretera.

Finalmente agradezco a la UNISTMO & UTM por haber albergado mi formación académica universitaria, excelentes universidades cada una en su propia área.



# ÍNDICE GENERAL

## **Capítulo 1. Marco de Referencia ..... 17**

---

1.1 Introducción .....	19
1.2 Antecedentes .....	20
1.3 Planteamiento del problema .....	25
1.4 Justificación .....	27
1.5 Objetivo general .....	28
1.6 Objetivos específicos y metas .....	28
1.7 Metodología .....	29

## **Capítulo 2. Marco Teórico..... 33**

---

2.1 Aglomerados .....	35
2.2 Materiales compuestos .....	35
2.3 Caracterización mecánica .....	36
2.4 Fibras naturales .....	36
2.4.1 Fibra de plátano .....	36
2.5 Aglutinantes .....	37
2.6 Estrategias de diseño y mejoras ambientales .....	38
2.6.1 Ecodiseño .....	38
2.6.2 Análisis del ciclo de vida (ACV) .....	38
2.6.3 Aspectos ambientales .....	39
2.6.4 Impactos ambientales .....	39
2.6.5 Estrategias ambientales .....	40
2.7 Diseño de experimentos .....	40
2.7.1 Experimento .....	40
2.7.2 Unidad experimental .....	40
2.7.3 Diseño de experimento con un sólo factor .....	41
2.8 Diagrama de operaciones de proceso .....	41
2.9 Propiedades mecánicas y ensayo de materiales .....	41
2.9.1 Ensayo de flexión .....	42
2.9.2 Ensayo de compresión .....	42

2.10 Celosías .....	43
2.11 Modularidad .....	43
2.12 Arquitectura del producto .....	43
2.13 Análisis morfológico .....	43
2.14 Rastreles .....	44

## **Capítulo 3. Desarrollo de la Metodología ..... 45**

---

3.1 Etapa 1 “Investigación” .....	47
3.1.1 Preparación del proyecto .....	47
3.1.2 Estudio de mercado .....	50
3.1.3 Aspectos ambientales .....	52
3.1.4 Ideas de mejora .....	56
3.2 Etapa 2 “Experimentación” .....	57
3.2.1 Diseño experimental I .....	58
3.2.1.1 Desarrollo de experimentos .....	58
3.2.1.2 Proceso para la obtención del aglomerado .....	58
3.2.1.3 Proceso para la obtención de probetas .....	59
3.2.2 Diseño experimental II .....	62
3.2.2.1 Análisis de probetas .....	62
3.2.2.2 Prueba de flexión .....	63
3.2.2.3 Prueba de compresión .....	63
3.2.2.4 Prueba de absorción de agua .....	64
3.2.3 Análisis de resultados .....	65
3.2.3.1 Resultados de la prueba de flexión .....	66
3.2.3.2 Resultados de la prueba de compresión .....	70
3.2.3.3 Resultados de la prueba de absorción de agua .....	73
3.2.4 Elección de la formulación .....	74
3.3 Etapa 3 “Desarrollo del producto” .....	74
3.3.1 Desarrollo del concepto .....	75
3.3.1.1 Requerimientos del usuario .....	75
3.3.1.2 Alternativas de concepto .....	80
A) Alternativa 1 “Grecas prehispánicas” .....	81
B) Alternativa 2 “Caracol prehispánico” .....	82
C) Alternativa 3 “Mariposa” .....	83



3.3.2 Diseño en nivel sistema .....	85
3.3.2.1 Elementos básicos de la arquitectura del producto .....	85
3.3.2.2 Propuestas de Diseño .....	86
A) Propuesta de diseño 1 .....	87
B) Propuesta de diseño 2 .....	88
C) Propuesta de diseño 3 .....	90
3.3.3 Diseño a detalle .....	92
<b>Capítulo 4. Evaluación y Conclusiones .....</b>	<b>97</b>
<hr/>	
4.1 Esquema del ICV de la celosía eco-diseñada .....	99
4.2 Construcción del prototipo y evaluación .....	103
4.3 Conclusiones .....	108
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>115</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resultados de las pruebas de dureza a la penetración y absorción de agua .....	21
<b>Tabla 2.</b> Datos estadísticos del SIAP de la producción de plátano y desperdicio generado en Oaxaca durante el año 2019 .....	26
<b>Tabla 3.</b> Integración de las metodologías .....	30
<b>Tabla 4.</b> Descripción de cada una de las etapas de la metodología propuesta .....	31
<b>Tabla 5.</b> Clasificación y tipos de aglutinantes .....	37
<b>Tabla 6.</b> Estrategias del Ecodiseño .....	40
<b>Tabla 7.</b> Diseño de experimentos de un sólo factor .....	41
<b>Tabla 8.</b> Un campo morfológico de cinco parámetros .....	44
<b>Tabla 9.</b> Principales cultivos agrícolas en el estado de Oaxaca .....	48
<b>Tabla 10.</b> Composición química del pseudotallo .....	49
<b>Tabla 11.</b> Principales marcas productoras de celosías, para el análisis comparativo de mercado .....	51
<b>Tabla 12.</b> Identificación de los aspectos e impactos ambientales de la celosía de referencia, por cada una de las etapas del CV .....	55
<b>Tabla 13.</b> Ideas y medidas propuestas para el diseño del nuevo producto .....	57
<b>Tabla 14.</b> Porcentajes en peso de fibra y aglutinante formuladas para la elaboración de las probetas .....	58
<b>Tabla 15.</b> Resultados de las muestras de ensayo de la Formulación 1 .....	66
<b>Tabla 16.</b> Resultados de las muestras de ensayo de la Formulación 2 .....	67
<b>Tabla 17.</b> Resultados de las muestras de ensayo de la Formulación 3 .....	68
<b>Tabla 18.</b> Medias y desviación estándar de los datos analizados en cada formulación ...	69
<b>Tabla 19.</b> Resultados de la prueba de compresión de la Formulación 2 .....	70
<b>Tabla 20.</b> Resultados de la prueba de compresión de la Formulación 3 .....	71
<b>Tabla 21.</b> Medias y desviación estándar de los datos analizados en cada formulación ...	73
<b>Tabla 22.</b> Peso, absorción de agua e incremento de espesor de la probeta .....	73
<b>Tabla 23.</b> Población total de las principales ciudades del estado de Oaxaca .....	75
<b>Tabla 24.</b> Clasificación de la población de acuerdo al nivel socioeconómico .....	75
<b>Tabla 25.</b> Tabla de necesidades del usuario y requerimientos .....	80
<b>Tabla 26.</b> Tabla morfológica base para definir los conceptos de diseño .....	81
<b>Tabla 27.</b> Matriz morfológica de la alternativa de diseño 1 .....	81
<b>Tabla 28.</b> Matriz morfológica de la alternativa de diseño 2 .....	82
<b>Tabla 29.</b> Matriz morfológica de la alternativa de diseño 3 .....	83

<b>Tabla 30.</b> Ventajas y desventajas de la propuesta de diseño 1 .....	88
<b>Tabla 31.</b> Ventajas y desventajas de la propuesta de diseño 2 .....	89
<b>Tabla 32.</b> Ventajas y desventajas de la propuesta de diseño 3 .....	91
<b>Tabla 33.</b> Escala de calificaciones .....	92
<b>Tabla 34.</b> Matriz de decisión .....	92
<b>Tabla 35.</b> Cuadro comparativo de las entradas y salidas de los esquemas ICV de la celosía de referencia vs celosía eco-diseñada .....	102
<b>Tabla 36.</b> Escala de calificaciones .....	107
<b>Tabla 37.</b> Resultados obtenidos por parte de los usuarios .....	107

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Laminados obtenidos a partir de la fibra del pseudotallo de plátano .....	20
<b>Figura 2.</b> Producto final, madera con diferentes laminados .....	20
<b>Figura 3.</b> Gráfica esfuerzo-deformación obtenida en los ensayos de flexión. CO: comercial, GU: guasca, TP: tripeperro, PE: pasto elefante .....	22
<b>Figura 4.</b> Celosía para interiores, diseño inspirado en la naturaleza .....	22
<b>Figura 5.</b> Celosía modular de hormigón modelo “Círculo2” .....	23
<b>Figura 6.</b> Celosía modular modelo “CR-CIRCLE” .....	23
<b>Figura 7.</b> Celosía modular modelo “CO-TRIANGLE” .....	23
<b>Figura 8.</b> Celosía para interiores fabricada con material Duralmond .....	24
<b>Figura 9.</b> Matas de plátano cortadas una vez cosechado el fruto .....	25
<b>Figura 10.</b> Criterios del manual práctico de ecodiseño del IHOBE .....	30
<b>Figura 11.</b> Pasos de la metodología de Ulrich y Eppinger .....	30
<b>Figura 12.</b> Clasificación de los materiales compuestos .....	35
<b>Figura 13.</b> Morfología de la planta de plátano .....	37
<b>Figura 14.</b> Clasificación de aglutinantes naturales .....	38
<b>Figura 15.</b> Concepto de la perspectiva del ACV y sus fases .....	39
<b>Figura 16.</b> Rastreles de madera de pino .....	44
<b>Figura 17.</b> Producto de referencia .....	53
<b>Figura 18.</b> Esquema del ICV de la celosía de referencia .....	54
<b>Figura 19.</b> Diagrama de procesos de operación para la obtención del nuevo material .....	59
<b>Figura 20.</b> Diseño de probeta para la prueba de flexión .....	59
<b>Figura 21.</b> Diseño de probeta para la prueba de compresión .....	60
<b>Figura 22.</b> Molde terminado para la probeta utilizada en el ensayo de flexión .....	60
<b>Figura 23.</b> Elaboración de moldes con yeso cerámico para la probeta utilizada en el ensayo de compresión .....	60
<b>Figura 24.</b> Aplicación de presión para compactar las probetas y retirar el excedente de agua .....	61
<b>Figura 25.</b> Proceso de secado de las probetas .....	61
<b>Figura 26.</b> Probetas finales para la prueba de flexión .....	62
<b>Figura 27.</b> Probetas finales para la prueba de compresión .....	62
<b>Figura 28.</b> Máquina universal de esfuerzos .....	62
<b>Figura 29.</b> Visualización del software que utiliza la máquina universal de esfuerzos .....	62

<b>Figura 30.</b> Mordazas colocadas y listas en la máquina universal de esfuerzos para la prueba de flexión .....	63
<b>Figura 31.</b> Probeta colocada simétricamente entre las mordazas .....	63
<b>Figura 32.</b> Ruptura de la probeta y fin de la prueba mecánica .....	63
<b>Figura 33.</b> Mordazas colocadas y listas para la prueba de compresión .....	64
<b>Figura 34.</b> Colocación de la probeta en la máquina universal de esfuerzos .....	64
<b>Figura 35.</b> Ruptura del material debido a la carga aplicada, lo cual indica el fin de la prueba .....	64
<b>Figura 36.</b> Probetas cortadas a la medida que establece la norma para esta prueba .....	65
<b>Figura 37.</b> En la figura a) se aprecian las probetas sumergidas en agua y en la figura b) se visualizan las probetas después de haber estado sumergidas en agua durante 24 horas .....	65
<b>Figura 38.</b> Gráfica esfuerzo-deformación de los resultados obtenidos de las probetas correspondientes a la Formulación 1 .....	66
<b>Figura 39.</b> Gráfica esfuerzo-deformación de los resultados obtenidos de las probetas correspondientes a la Formulación 2 .....	67
<b>Figura 40.</b> Gráfica esfuerzo-deformación de los resultados obtenidos de las probetas correspondientes a la Formulación 3 .....	68
<b>Figura 41.</b> Gráfica esfuerzo-deformación de los promedios de cada formulación .....	69
<b>Figura 42.</b> Resultados de la prueba de flexión de las muestras por cada formulación establecida .....	70
<b>Figura 43.</b> Gráfica esfuerzo-deformación de la prueba de compresión correspondiente a la Formulación 2 .....	71
<b>Figura 44.</b> Gráfica esfuerzo-deformación de la prueba de compresión correspondiente a la Formulación 3 .....	72
<b>Figura 45.</b> Gráfica esfuerzo-deformación de los promedios de cada formulación .....	72
<b>Figura 46.</b> Resultados de la prueba de flexión de las muestras por cada formulación establecida .....	73
<b>Figura 47.</b> Porcentaje de los encuestados en cuanto a las opciones de separar espacios	76
<b>Figura 48.</b> Dimensiones de celosías .....	77
<b>Figura 49.</b> Porcentaje de los encuestados en cuanto a su material de preferencia para la elaboración de una celosía .....	77
<b>Figura 50.</b> Porcentaje de los encuestados considerado el tipo de celosía que prefieren	78
<b>Figura 51.</b> Porcentaje de los encuestados eligiendo el método de unión entre los módulos .....	78

<b>Figura 52.</b> Porcentaje de los encuestados eligiendo el concepto de diseño de su preferencia .....	79
<b>Figura 53.</b> Porcentaje de los encuestados dando su aceptación al producto realizado en este trabajo de tesis .....	79
<b>Figura 54.</b> Boceto de la alternativa de diseño 1 .....	82
<b>Figura 55.</b> Boceto de la alternativa de diseño 2 .....	83
<b>Figura 56.</b> Boceto de la alternativa de diseño 3 .....	84
<b>Figura 57.</b> Porcentaje de los encuestados refiriéndose a la aceptación sobre los conceptos de diseño .....	85
<b>Figura 58.</b> Elementos básicos de la arquitectura de la celosía .....	86
<b>Figura 59.</b> Detalle de la “Propuesta de diseño 1” a manera de infografía .....	87
<b>Figura 60.</b> Detalle de la “Propuesta de diseño 2” a manera de infografía .....	89
<b>Figura 61.</b> Detalle de la “Propuesta de diseño 3” a manera de infografía .....	90
<b>Figura 62.</b> Vistas y render del módulo principal .....	93
<b>Figura 63.</b> Render de 1 m <sup>2</sup> de la celosía eco-diseñada .....	93
<b>Figura 64.</b> Explosivo de las piezas .....	94
<b>Figura 65.</b> Vistas y render de la pieza opcional .....	94
<b>Figura 66.</b> Aplicación de las celosías separando la sala y el comedor de una casa-habitación .....	95
<b>Figura 67.</b> Propuesta de la celosía en el interior de un restaurante .....	95
<b>Figura 68.</b> Propuesta de la celosía dividiendo una oficina de trabajo .....	96
<b>Figura 69.</b> Esquema del ICV del producto eco-diseñado .....	100
<b>Figura 70.</b> Probetas siendo enterradas .....	101
<b>Figura 71.</b> Probetas en estado de biodegradación .....	101
<b>Figura 72.</b> Proceso a manera de infografía para la fabricación de módulos .....	104
<b>Figura 73.</b> Construcción de 1 m <sup>2</sup> de celosía, armada y con sus acabados finales .....	105
<b>Figura 74.</b> Trama completa en pie, el usuario 3 realiza los ajustes a las pijas para que estén perfectamente atornilladas .....	106
<b>Figura 75.</b> Usuario 2 terminando de unir el último módulo de la trama .....	106
<b>Figura 76.</b> Colocación de pletinas al reverso de los módulos por el usuario 1 .....	106







# **Capítulo I**

## **Marco de Referencia**



## 1.1 Introducción

Los residuos agroindustriales como el algodón, lino, yute, sisal, bambú, abacá, piña, coco, plátano y cascarilla de arroz constituyen una fuente importante de contaminación, su excesiva acumulación se relaciona con el aumento de la población, debido a que se destinan grandes extensiones de tierra a su cultivo, del cual se deriva una gran cantidad de fibra como desecho, sin aporte de valor agregado significativo; ocasionando su acumulación en basureros improvisados o que sean quemados al aire libre.

Actualmente, se están utilizando fibras naturales en la fabricación de papel, artesanías y madera por sus ventajas productivas (fácil adquisición y bajo costo de procesamiento), físicas (baja densidad, características de aislamiento y resistencia estructural) y bioquímicas (inocuidad, fácil degradación), con lo que se justifica el uso de fibras vegetales en el reforzamiento de la matriz polimérica en materiales compuestos.

La planta de plátano contiene fibras vegetales que están siendo estudiadas y utilizadas hoy en día, de nombre científico *Musa x paradisiaca*, el cual se hace referencia en este documento con el nombre coloquial de plátano. El presente tema de investigación aborda los puntos antes mencionados sintetizándolos en una caracterización preliminar de un aglomerado a base de fibra del pseudotallo de plátano, es decir, se realizó un primer acercamiento y exploración del aglomerado dejando así, abierta la posibilidad de desarrollar otras investigaciones a futuro. La presente tesis forma parte del proyecto de investigación “Diseño y elaboración de productos con fibras naturales del estado de Oaxaca” que se desarrolla en el Instituto de Diseño de la Universidad Tecnológica de la Mixteca; este proyecto de investigación tiene como objetivo principal; “Diseñar y elaborar con fibras naturales laminados de papel y el desarrollo de productos utilitarios”.

En el Capítulo 1, se presenta el marco de referencia en el que se describe el planteamiento del problema, la justificación del presente trabajo de investigación y la metodología a seguir.

En el Capítulo 2 se describe el marco teórico, apartado que contiene toda la investigación y consulta bibliográfica que se realizó para sustentar el presente proyecto, como el conocer los principales cultivos que generan gran parte de los residuos agroindustriales en el estado de Oaxaca, los tipos de aglutinantes y pruebas mecánicas para caracterizar de manera preliminar el nuevo aglomerado. Por otra parte, en el Capítulo 3 se presenta todo el desarrollo de la metodología; en este apartado se obtiene y caracteriza preliminarmente el aglomerado (algunos datos involucrados en este apartado no se mencionan por cuestiones reservadas de la investigación), se pasa por un proceso de diseño en donde se idea y conceptualiza el diseño de la celosía modular para interiores, para que finalmente se realicen modelados, renders y planos

constructivos. Por último, en el Capítulo 4 se presenta el producto final construido y se abordan las conclusiones, así como los trabajos futuros que se puedan realizar de la presente investigación.

## 1.2 Antecedentes

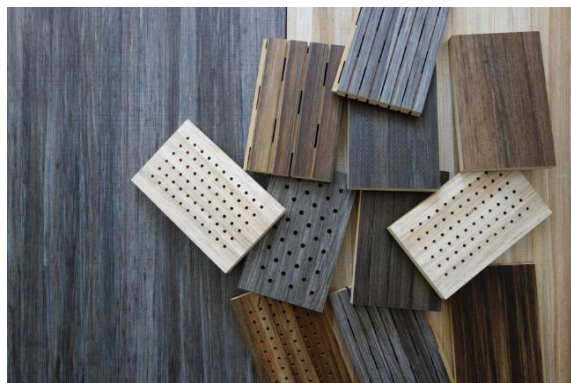
La fibra del pseudotallo del plátano es un material muy versátil de gran disponibilidad y fácil obtención. Es utilizado en la artesanía y como materia prima para diversos productos, es muy resistente y fácil de trabajar (Mannise, 2016). Dentro de la información revisada sobre la fibra del plátano en el área de la investigación y desarrollo de productos destacan los siguientes proyectos:

En septiembre del año 2011 en la ciudad de Granada, Nicaragua, concretamente en el molino “Los Ángeles” dentro de los proyectos culturales que lleva a cabo la fundación ArtSur fabricaron papel utilizando el pinzote (parte de la planta que sostiene el fruto), debido a que este, es una parte de la planta con buena densidad de fibra, es posible utilizarlo como materia prima para la obtención de celulosa, con la que se fabrica el papel (Eskulan, 2011). Las ventajas que presenta la fibra del pseudotallo del plátano ha llevado a diseñadores franceses a probar su uso como sustituto de la madera laminada tradicional, el producto se denominó la Green Blade y es 100% natural, la idea era determinar el valor de un recurso poco explorado y rápidamente renovable; el proceso de fabricación fue diseñado para generar el menor impacto posible al medio ambiente; un punto importante es el uso de materia prima abundante, en este caso un residuo agroindustrial.

La empresa no utiliza pegamento ni agua durante el proceso de transformación, la energía utilizada en la fábrica es totalmente obtenida a partir de paneles fotovoltaicos, el resultado es un laminado muy similar al tradicional como se muestra en la Figura 1; se producen hojas de 1.25 m x 2.5 m y se pueden utilizar para la fabricación de diversos productos como papel, artesanías y recubrimientos laminados similares a la madera. En la Figura 2 se pueden apreciar algunos productos con el laminado final aplicado (Mannise, 2016).



**Figura 1.** Laminados obtenidos a partir de la fibra del pseudotallo del plátano (Mannise, 2016).



**Figura 2.** Producto final, madera con diferentes laminados (Mannise, 2016).

Un tablero aglomerado de partículas lignocelulósicas es un material del tipo composite que generalmente está conformado por una resina (matriz), aglutinada con una fibra o ripio de madera (refuerzo) (ASTM, 1986). Los autores Gaitán, Fonthal & Ariza-Calderón (2016) hacen referencia a la obtención de aglomerados fabricados con partículas lignocelulósicas de plantas encontradas en la región del Quindío-Colombia, como lo son la “guasca de plátano”, el “tripeperro” y el “pasto de elefante” y los comparan con aglomerados comerciales de madera.

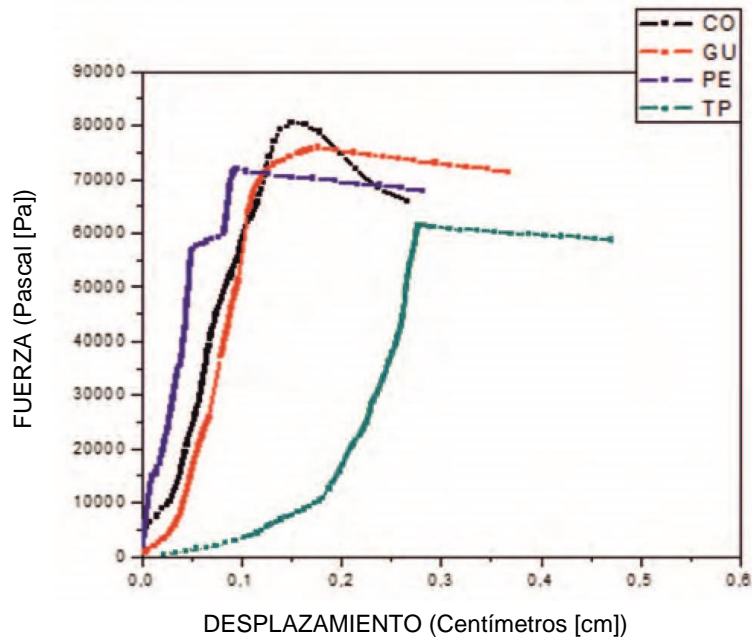
Dicho aglomerado fue sometido a pruebas y análisis mecánicos de flexión, compresión, dureza a la penetración y absorción de agua con base en las normas de la Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTM) para tableros de partículas de madera. Para hacer los tableros, el material fue sometido durante 10 minutos a una temperatura de moldeo de 160 °C y con una presión de 107 psi. La composición de las probetas fue 14 g de fibra vegetal y 28 ml de urea formaldehído.

Para las pruebas y análisis de flexión y compresión se consideró la norma ASTM 1037 (1992), el de dureza a la penetración se rigió bajo la norma ASTM F 1306 (1990) y el de absorción de agua con la norma ASTM D 1037 (1992). Se obtuvieron resultados favorables en el aglomerado hecho con la fibra de “guasca de plátano” en cuanto a la dureza, ya que presentó una penetración con una profundidad de 0.82 mm utilizando un indentador con diámetro de 1.46 mm; también es el más impermeable debido a que solo incrementó su espesor 0.02 mm en comparación con los otros aglomerados. En la Tabla 1, se muestran los resultados de dicha prueba.

**Tabla 1.** Resultados de las pruebas de dureza a la penetración y absorción de agua (Gaitán, Fonthal, & Ariza-Calderón, 2016).

Especie	Dureza a la penetración		Absorción de agua			
	Diámetro (mm)	Profundidad (mm)	Espesor inicial (cm)	Espesor final (cm)	Incremento de espesor (cm)	Porcentaje de absorción
Comercial	5.34	1.19	0.50	0.61	0.11	86%
Tripeperro	3.08	0.89	0.50	0.54	0.04	50%
Pasto elefante	3.57	0.94	0.50	0.59	0.09	55.3%
Guasca de plátano	1.46	0.82	0.50	0.52	0.02	30%

Mientras que, la respuesta mecánica a la flexión, el aglomerado con fibra de guasca de plátano dio resultados similares al aglomerado comercial, en la Figura 3 se puede observar la gráfica de esfuerzo-deformación de los datos obtenidos en el ensayo mecánico a flexión (Gaitán, Fonthal, & Ariza-Calderón, 2016).



**Figura 3.** Gráfica esfuerzo-deformación obtenida en los ensayos de flexión. CO: comercial, GU: guasca, TP: tripeperro, PE: pasto elefante (Gaitán, Fonthal, & Ariza-Calderón, 2016).

Por otra parte, las celosías son estructuras elaboradas principalmente con aglomerados por su bajo costo y fácil adquisición; aunque pueden ser fabricadas de otros materiales como madera, metal, PVC e incluso aluminio, sirven para delimitar espacios interiores o exteriores y son importantes como elemento decorativo en jardines y terrazas (DURMI, 2016). La empresa “Mouk” ofrece una amplia variedad de diseños de celosías, las fabrican según las especificaciones del cliente, sus medidas estándar son de 1 m de ancho, con alturas de 2.3 m, 2.4 m y 2.5 m y con grosores de 1.8 cm, 2.5 cm y 3 cm; produciéndolas en diversos materiales adaptándose a los requerimientos del proyecto. En la Figura 4 se presenta uno de sus productos, es una celosía para interiores con diseño inspirado en la naturaleza (Mouk, 2016).



**Figura 4.** Celosía para interiores, diseño inspirado en la naturaleza (Mouk, 2016).

En el aspecto de celosías modulares, se encontró una celosía modular que está hecha de hormigón tal como se muestra en la Figura 5; es el modelo “circulo2” diseñado por Mireya Duart. Utilizado para el vallado de urbanizaciones, balcones y fachadas de edificaciones. Al ser modular se puede adaptar a distintas longitudes de vallados; el tamaño presentado es de 50 cm x 50 cm, pero se pueden realizar en otras medidas y con distintos dibujos, dependiendo de la cantidad de metros lineales que se requieran cubrir (Duart, 2016).



**Figura 5.** Celosía modular de hormigón modelo “circulo2” (Duart, 2016).

En la Figura 6 se muestra la celosía “CR-CIRCLE”, cuya presentación son círculos de 25 cm de diámetro, mientras que la Figura 7 hace referencia a la celosía “CO-TRIANGLE”, compuesta por módulos cuadrangulares de 45 cm x 45 cm, ambas celosías presentan la característica de ser modulares, cumplen con su función decorativa y de separar espacios, son colgantes, el modo de ensamble entre cada uno de los módulos es por medio de sujeción a base de anillos de metal y todo el conjunto está adaptado al techo, la principal desventaja que presentan es la estabilidad, ya que al estar sujetas de un solo lado, son susceptibles al constante movimiento que las personas o el aire puedan ocasionar.



**Figura 6.** Celosía modular modelo “CR-CIRCLE” (Mouk, 2016).



**Figura 7.** Celosía modular modelo “CO-TRIANGLE” (Mouk, 2016).

En el área de desarrollo de celosías con residuos agroindustriales se encontró que la empresa “CONILLAS *exteriors*” fabrica celosías para exterior e interior, uno de sus productos las celosías Duralmond se pueden utilizar para conseguir profundidad, para separar ambientes, para tamizar la luz solar o simplemente decorar interiores y exteriores, con una gran diversidad de acabados.

Duralmond es un material compuesto que se obtiene al mezclar resinas sintéticas, cáscara de almendra triturada y otros aditivos. Debido a su sistema de fabricación, convierten un residuo vegetal como la cáscara de almendra, en una serie de objetos biodegradables y reciclables que, durante su proceso de fabricación, pueden adquirir formas y mimetizar texturas. Es ideal para zonas húmedas, aislamiento acústico, resistencia frente al fuego, están hechas con material ligero y amigable con el medio ambiente, son de fácil instalación, no requieren mantenimiento posterior a su instalación, es un material mimético y con densidad variable (Duralmond, 2014). En la Figura 8 se puede visualizar una celosía hecha con material Duralmond.



**Figura 8.** Celosía para interiores fabricada con material Duralmond (Duralmond, 2014).

Con base en lo mencionado anteriormente, la fibra de plátano está siendo utilizada en el desarrollo de nuevos productos y materiales compuestos, dejando ver su viabilidad de uso; desde la fabricación de madera, tableros aglomerados y papel. Con respecto a las celosías se encontró que la mayoría son fabricadas en tableros de madera de grandes dimensiones, lo cual propicia que al ser maquinado se desperdicie material, además su diseño es de una sola pieza, cumpliendo con la medida solicitada por el cliente. Hay escasa información referente a celosías modulares, sin embargo, se están desarrollando modelos nuevos como es el caso de la celosía modelo “CO-TRIANGLE” (Mouk, 2016).



### 1.3 Planteamiento del problema

En el mundo se llevan décadas utilizando productos fabricados con aglomerados, materiales constituidos por fragmentos o polvo de una o varias sustancias prensadas y endurecidas con un aglutinante. Un ejemplo de ellos son los tableros de partículas: aglomerados, los cuales se desarrollan a partir de la necesidad de aprovechar el aserrín, las virutas y el particulado en general, producidos por la industria maderera, en su proceso de producción se le añaden resinas sintéticas, presión y calor (Nutsch, 2000). El problema que estos aglomerados presentan es que al utilizar resinas sintéticas en la fabricación sus residuos no son biodegradables. Además, el 90% de la industria del aglomerado utiliza un adhesivo derivado del petróleo llamado urea formaldehído, sustancia química tóxica sobre la que existen limitaciones respecto a los niveles de exposición. Organismos como la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer la ha clasificado como carcinógena en seres humanos (Hernández, 2015).

Por otra parte, la agricultura es una de las principales fuentes de generación de residuos agroindustriales en el mundo. La gran mayoría de estos desechos están compuestos principalmente por tallos, raíces, hojas y otras partes de las plantas que generalmente son apartados como inútiles (Eskulan, 2011). Uno de ellos es la planta de plátano, tal y como se presenta en la Figura 9, donde se observan las matas de plátano cortadas una vez cosechado el fruto, el cual se considera comercializable, representando el 12% de toda la planta, el otro 88% se convierte en un residuo agroindustrial (GINUMA, 2000). El tiempo de cosecha del plátano es entre los 9 y 12 meses después de la siembra, una vez que el fruto está maduro, los agricultores tienen que cortar la mata, de esto quedan 60 kg de pseudotallo; en una hectárea aproximadamente hay 2,600 matas de desperdicio (CONACYT, 2016).



**Figura 9.** Matas de plátano cortadas una vez cosechado el fruto (Eskulan, 2011).

De acuerdo con estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en el año 2019 a nivel mundial se produjeron 20.2 millones de toneladas de plátano, lo que representó un incremento del 5% en comparación con el 2018. La SADER informó que en 2019, en México se obtuvo un volumen de 2,399,490 toneladas de fruto, lo anterior en una superficie de 79,593 hectáreas, generando un desperdicio de 206.941 millones de matas de plátano. Para calcular el desperdicio de matas de plátano se multiplica el número de hectáreas sembrada por la cantidad de matas que se generan en una hectárea. A nivel estatal, Oaxaca tiene distintos municipios dedicados a la producción de plátano, sin embargo, el SIAP (2020) los ha agrupado en cuatro distritos para el análisis de la producción de esta fruta. En la Tabla 2, se muestran los datos estadísticos de superficie sembrada y producción por distrito; obtenidos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2020), en la cuarta columna se indica la cantidad de matas de desperdicio generadas en la producción de plátano.

**Tabla 2.** Datos estadísticos del SIAP de la producción de plátano y desperdicio generado en Oaxaca durante el año 2019 (SIAP, 2020).

Distrito	Superficie sembrada (Ha)	Producción (Ton)	Desperdicio de matas (Pseudotallos)
Costa	969.50	28,784.56	2,520,700
Huajuapán de León	415.20	2,180.85	1,079,520
Tuxtepec	2,335.00	47,237.08	6,071,000
Valles Centrales	65.25	621.67	169,650
<b>Total:</b>	<b>3,784.95</b>	<b>78,824.16</b>	<b>9,840,870</b>

Con base en los datos de la Tabla 2, obtenidos del cierre de la producción agrícola durante el año 2019 en el SIAP, Oaxaca destinó 3,784.95 hectáreas a la producción de plátano generando desperdicios por 9.840 millones de matas de plátano, se observa que el alcance de este proyecto podría impactar en los cuatro distritos señalados.

A partir de lo anterior, se observan dos puntos con los que se origina el planteamiento del problema de este proyecto de tesis; el primero es la contaminación derivada de los desechos del aglomerado al no ser amigables con el medio ambiente ni con el ser humano por utilizar resinas sintéticas durante su fabricación, a pesar de las nuevas investigaciones para desarrollar materiales ecológicos utilizando los desperdicios agroindustriales que se generan; el segundo punto tiene que ver con el volumen de desperdicio de matas de plátano por la falta de aprovechamiento de las fibras de la planta una vez cosechado el fruto. Una alternativa para utilizar el desperdicio de matas de plátano es aprovechar su fibra en la elaboración de una celosía. El diseño de la celosía es un sistema modular, que da la opción de adaptarlo a distintas dimensiones y a su vez poder reemplazarlas sin necesidad de sustituir toda la celosía en general como se haría con una de tipo convencional. Este producto está destinado a diversas áreas como pueden

ser: la sala, recámara o estudio de una casa-habitación, restaurantes, museos, escuelas y oficinas, excepto en zonas donde exista contacto directo con el agua, lo anterior con respecto a espacios.

El usuario final será aquel que tenga dicha necesidad y que se encuentren en algunos de los siguientes niveles socioeconómicos A/B (Clase Alta), C+ (Clase Media Alta), C (Clase Alta) y D+ (Clase Media Baja) (INEGI, 2019). El producto propuesto, es una celosía como alternativa para los usuarios que estén interesados en su funcionalidad por medio de módulos así como también, en productos amigables con el medio ambiente.

#### **1.4 Justificación**

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) informó que en 2019 México generó un volumen de 2,399,490 toneladas de fruto lo anterior en una superficie de 79,593 hectáreas. Campeche, Colima, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán son los principales productores de plátano (SADER, 2020), destinan grandes extensiones de tierra para su cultivo, del cual se deriva una gran cantidad de fibra como desecho sin aporte de un valor agregado significativo en la mayoría de sus usos. Una vez cosechado el fruto el resto de las plantas forman grandes depósitos que tardan en degradarse, y de cierta manera contribuyen en forma directa al aumento de la contaminación del medio ambiente debido a que es un desecho orgánico proveniente del sector agroindustrial (Balam-Cocom, Duarte-Aranda, & Canché-Escamilla, 2006).

Por lo tanto, surge la necesidad de una solución para reutilizar dichos desechos orgánicos. Además, de la factibilidad de obtener la materia prima para la elaboración del aglomerado y su aplicación del producto final. En este proyecto se pretende elaborar un aglomerado utilizando el pseudotallo del plátano y algún aglutinante natural, dentro de los cuales destacan las resinas orgánicas, baba de nopal y restos de origen animal. Para su posterior caracterización preliminar mediante las pruebas y análisis de flexión, compresión y absorción de agua con base en las normas ASTM 1037(1992), ASTM F 1306(1990) y ASTM D 1037(1992) para tableros de partículas de madera, respectivamente (Gaitán, Fonthal, & Ariza-Calderón, 2016), ya que no existe una norma específica para este tipo de materiales; y en los requerimientos solicitados por el taller de Manufactura Avanzada del Instituto de Diseño e Innovación Tecnológica (IDIT) de la Universidad Iberoamericana Puebla.

Dicho aglomerado se puede utilizar en la carpintería, mobiliario y construcción; específicamente para la elaboración de algunos productos tales como puertas delgadas, muebles, divisorios y

mamparas, rodapiés, falsos techos, base de cubiertas, prefabricados, base de suelos, paneles multicapa y además en la fabricación de envases y embalajes de grado no alimenticio, como contenedores.

Este trabajo de tesis se enfoca en la fabricación de una celosía modular para interiores utilizando el aglomerado como materia prima. De esta manera se pretende reutilizar el desecho de la planta de plátano, lo que contribuirá en la reducción de la contaminación ambiental con ayuda de algunas herramientas del ecodiseño, ya que se obtendrá un aglomerado que es amigable con el medio ambiente. Posteriormente, se caracterizará de manera preliminar el material para conocer sus propiedades mecánicas y físicas mediante la realización de las pruebas antes mencionadas. Al final de la investigación se aportan datos técnicos, características mecánicas del aglomerado con el propósito de tener resultados para futuras aplicaciones, manufactura en la industria y desarrollo de investigaciones.

## **1.5 Objetivo general**

Caracterizar un aglomerado ecológico a base del pseudotallo del plátano por medio de pruebas mecánicas, aplicándolo en el desarrollo de una celosía modular para interiores.

## **1.6 Objetivos específicos y Metas**

### **Objetivos específicos - Etapa 1**

- Investigar bibliografía para sustentar el proyecto de investigación.
  - ✓ Informe de las propiedades de la fibra del pseudotallo del plátano.
  - ✓ Informe de los principales aglutinantes naturales.
- Investigar normas sobre las pruebas para llevar a cabo la caracterización del material.
  - ✓ Informe de las normas aplicables para las pruebas de flexión, compresión y absorción de agua, así como las especificaciones de las probetas de ensayo.
- Conocer las celosías existentes en el mercado.
  - ✓ Informe con características de materiales, dimensiones y sistemas de fijación de celosías para interior existentes en el mercado.
- Identificar y evaluar aspectos ambientales considerando el ciclo de vida.
  - ✓ Tabla de aspectos ambientales en cada etapa del ciclo de vida del aglomerado.
  - ✓ Informe de acciones de mejora para el desarrollo del producto referente a los aspectos ambientales (consumo de materiales, consumo de sustancias peligrosas y generación de residuos ambientales).

## **Objetivos específicos - Etapa 2**

- Establecer las mezclas variando fibra-aglutinante para la obtención del aglomerado.
  - ✓ Tabla en donde se especifiquen las formulaciones diseñadas para la obtención del aglomerado.
  - ✓ Elaborar entre 2 y 5 probetas para cada formulación con base a las especificaciones de las normas y requerimientos de laboratorio.
- Caracterizar de manera preliminar el material compuesto.
  - ✓ Aplicación de las pruebas mecánicas a las probetas elaboradas.
  - ✓ Informe del análisis de los resultados de pruebas mecánicas realizadas, mediante los cuales se seleccionará la formulación recomendada.

## **Objetivos específicos – Etapa 3**

- Desarrollo del producto.
  - ✓ Identificación de los requerimientos del usuario.
  - ✓ Desarrollo de 3 bocetos de alternativas de conceptos.
  - ✓ Selección de una alternativa de concepto.
  - ✓ Esquema de la arquitectura del producto.
  - ✓ Desarrollo de 3 alternativas variando los elementos.
  - ✓ Matriz de selección de alternativa.
  - ✓ Planos generales y por pieza.
  - ✓ Modelado en software CAD de la propuesta generada.
  - ✓ Renders de la celosía.

## **Objetivos específicos – Etapa 4**

- Construir el prototipo.
  - ✓ Elaboración de una celosía con área de 1 m<sup>2</sup> para evaluar la manipulación, facilidad del ensamble y resistencia mediante la interacción del usuario-producto.
  - ✓ Informe de conclusiones.

## **1.7 Metodología**

La metodología utilizada para este trabajo de tesis está basada en el Ecodiseño, la Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco, Español (IHOBE) desarrollo un manual en el que indican criterios y la aplicación de herramientas para que las organizaciones empiecen a incorporar aspectos ambientales en el diseño de sus productos. La Figura 10, presenta los 7 criterios que dicho manual maneja (Vasco, 2000).

Por otra parte, el desarrollo de un producto es la secuencia de pasos o actividades utilizadas para concebir, diseñar y comercializar un producto, para el desarrollo de la celosía se retomará la metodología de Ulrich y Eppinger (2013). En la Figura 11 se muestran las 6 etapas que conforman dicha metodología.



**Figura 10.** Criterios del manual práctico de ecodiseño del IHOBE (Vasco, 2000).



**Figura 11.** Pasos de la metodología de Ulrich y Eppinger (Ulrich y Eppinger, 2013).

En la Tabla 3, se muestran las etapas de cada metodología que se utilizarán para el desarrollo de este trabajo de tesis. La metodología propuesta se caracteriza por incluir aspectos del diseño de producto y ambientales, así como una fase experimental para la etapa de caracterización.

**Tabla 3.** Integración de las metodologías (Elaboración propia).

Metodología de Diseño Ulrich & Eppinger	Metodología de Ecodiseño	Fase experimental	Metodología propuesta
Planeación	Preparación del proyecto	Investigación	<b>Investigación</b>
Desarrollo del concepto	Aspectos ambientales	Fase experimental 1	<b>Experimentación</b>
Diseño en nivel sistema	Ideas de mejora	Fase experimental 2	
Diseño de detalle	Desarrollo de conceptos		<b>Desarrollo del producto</b>
Pruebas y refinamiento	Producto en detalle		<b>Evaluación y discusión de resultados</b>

En la Tabla 4 se describen cada una de las etapas de la metodología propuesta.

**Tabla 4.** Descripción de cada una de las etapas de la metodología propuesta (Elaboración propia).

Etapa	Nombre	Actividades	Acciones
1	Investigación	Preparación del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar la investigación bibliográfica sobre los principales desechos agroindustriales y aglutinantes naturales del estado de Oaxaca.</li> <li>Investigar la normativa para la realización de las pruebas de caracterización.</li> <li>Realizar una investigación de mercado acerca de las celosías comerciales sobre características (materiales, dimensiones, ventajas y desventajas, procesos y formas) para seleccionar el producto de referencia.</li> </ul>
		Aspectos ambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar aspectos ambientales del producto considerando su ciclo de vida.                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Consumo de materiales.                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Disminución de recursos naturales</li> </ul> </li> <li>✓ Consumo de sustancias peligrosas                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ Disminución de sustancias peligrosas.</li> <li>➢ Contaminación de suelo y disposición incontrolada de residuos.</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>✓ Generación de residuos ambientales.</li> </ul>
		Ideas de mejora	<ul style="list-style-type: none"> <li>Generar ideas de mejora ambiental (selección y generación) durante las etapas extracción y adquisición de la materia prima y producción del ciclo de vida.</li> </ul>
2	Experimentación	Desarrollo de conceptos experimentales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Recolectar la materia prima.</li> <li>Aplicación de un diseño experimental considerando variaciones en las formulaciones.</li> <li>Elaborar las probetas.</li> </ul>
		Caracterización preliminar del material	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar las pruebas de flexión, compresión y absorción de agua bajo normas.</li> <li>Analizar los resultados obtenidos.</li> <li>Seleccionar el material con las propiedades recomendadas para la celosía.</li> </ul>
3	Desarrollo del producto	Desarrollo del concepto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar los requerimientos del usuario.</li> <li>Desarrollar 3 conceptos de diseño (función, modulación, estética).</li> <li>Selección de la propuesta final por medio de una encuesta aplicada a los usuarios.</li> </ul>
		Diseño en nivel sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar los elementos básicos de la arquitectura del producto.</li> <li>Proponer 3 alternativas diferentes del concepto seleccionado anteriormente.</li> <li>Seleccionar una propuesta de diseño mediante una matriz de decisión.</li> <li>Determinar la forma del ensamble.</li> <li>Definir la geometría de las piezas.</li> </ul>
		Diseño en detalle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar los planos generales y de pieza.</li> <li>Realizar modelado 3D.</li> <li>Elaborar renders.</li> </ul>
4	Evaluación y discusión de resultados	Discusión y análisis de los resultados obtenidos en la investigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construir el prototipo con un área de 1 m<sup>2</sup> para su evaluación, considerando aspectos como manipulación, facilidad del ensamble y resistencia mediante la interacción del usuario - producto.</li> <li>Realizar las conclusiones.</li> </ul>







# Capítulo II

## Marco Teórico



En este capítulo, se presenta la información bibliográfica que sustenta este trabajo de tesis, obtenida en libros, artículos y páginas científicas. Se inicia presentando lo referente a aglomerados y la clasificación de materiales compuestos. Posteriormente, se aborda de manera general el tema de fibras y específicamente la fibra de plátano, ya que dicha fibra es el material considerado en la elaboración del aglomerado. Además, se presenta información acerca de los principales aglutinantes naturales. También se maneja información acerca de propiedades mecánicas de los materiales, así como de las pruebas correspondientes que se realizan para la caracterización mecánica; se describen aspectos del ecodiseño, tales como las estrategias de diseño con sus respectivas mejoras ambientales, finalizando con conceptos relacionados al desarrollo del producto propuesto en este trabajo.

## 2.1 Aglomerados

Los aglomerados son materiales constituidos por fragmentos o polvo de una o varias sustancias prensadas y endurecidas con un aglutinante. Ejemplo de ellos son los tableros de partículas: aglomerados los cuales se desarrollan a partir de la necesidad de aprovechar el aserrín, las virutas y el particulado en general, producidos por la industria maderera, en su proceso de producción se le añaden resinas sintéticas, presión y calor (Nutsch, 2000).

## 2.2 Materiales compuestos

Es un sistema de materiales compuestos por dos o más fases distintas físicamente cuya combinación produce propiedades agregadas diferentes de las de sus componentes (Groover, 2007). En la Figura 12, se muestra su clasificación en 2 grupos principales, los de tipo de matriz y aquellos que poseen algún refuerzo.

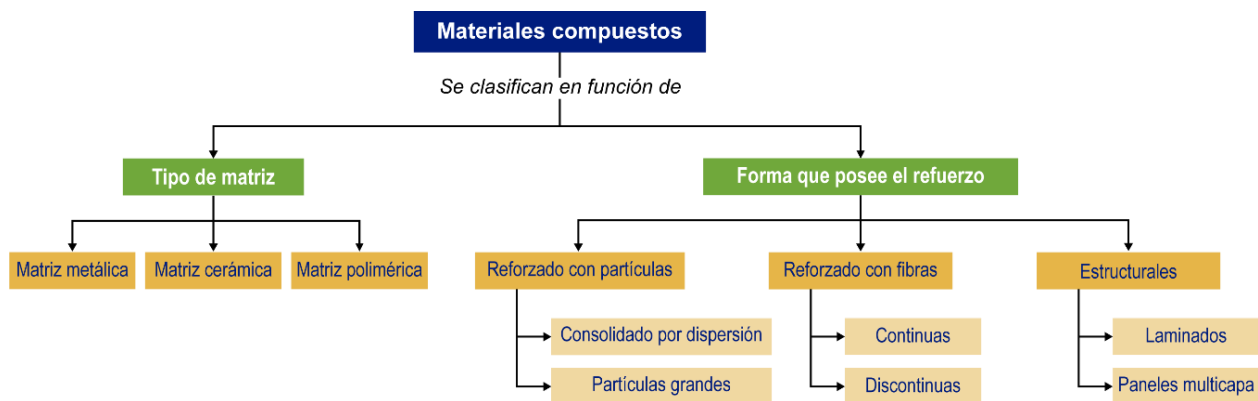


Figura 12. Clasificación de los materiales compuestos (Groover, 2007).

## 2.3 Caracterización mecánica

Se le llama caracterización de materiales a la obtención de información a partir de la respuesta de un material al ser perturbado por una señal. En la ingeniería de los materiales es necesario conocer o predecir las propiedades de un material y así valorar su utilidad en diversas aplicaciones, la caracterización nos permite obtener información sobre la composición, estructura, topología, morfología, propiedades (color,  $T_m$ , etc.) de un material (Rodríguez García, 2016).

Los ensayos mecánicos nos permiten la caracterización de materiales metálicos, cerámicos, polímeros y compuestos mediante la determinación de propiedades mecánicas. Todos los ensayos se realizan siguiendo la normativa existente, pueden realizarse a escala micro y macro. Se tienen distintos tipos de ensayos para determinar las características mecánicas de los materiales, estos se pueden clasificar en estáticos y dinámicos.

- **Ensayos estáticos:** en este tipo de ensayos la velocidad de aplicación de las fuerzas no influye en el resultado del análisis. Las fuerzas son aplicadas como cargas permanentes o bien varían de forma muy lenta; los ensayos de este tipo son los de compresión, flexión, tracción, fluencia, fractura, torsión y dureza estática.
- **Ensayos dinámicos:** la aplicación de las cargas supera en varios órdenes de magnitud la velocidad con que se aplican en los ensayos. Con ellos se puede valorar la resistencia de los materiales a las cargas de impactos; los ensayos de este tipo son el ensayo de resistencia, dureza dinámica y fatiga (Rodríguez García, 2016).

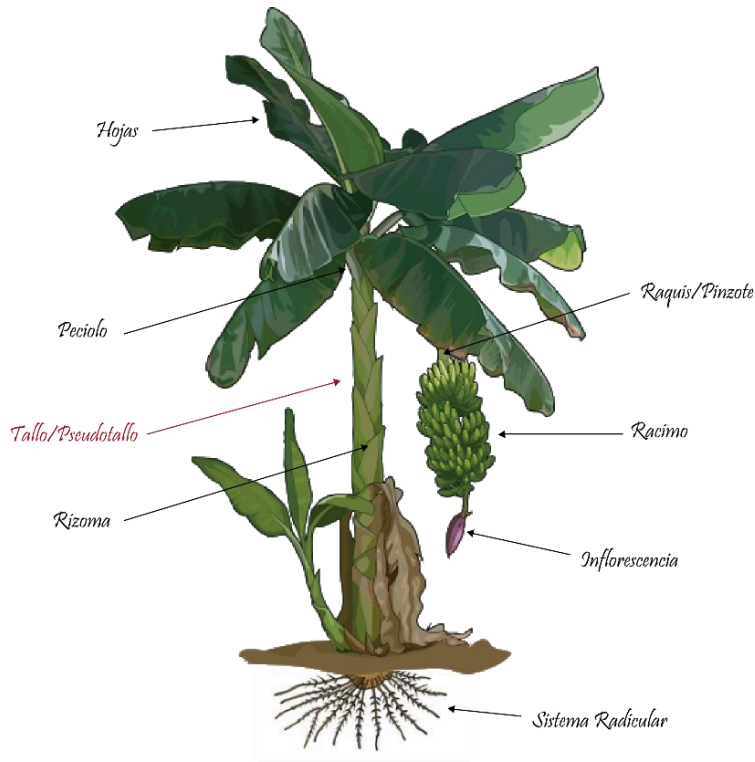
## 2.4 Fibras naturales

Se llaman “fibras” a los filamentos que conforman los tejidos orgánicos de origen vegetal o animal y pueden definirse como una serie de unidades elementales de materia alargadas, cuya longitud es como mínimo alrededor de cien veces superior a su diámetro y estructura, la cual se orienta en sentido longitudinal (García Nieto, 1982).

### 2.4.1 Fibra de plátano

La planta de plátano es una hierba perenne de gran tamaño. Se le considera una hierba porque sus partes aéreas mueren y caen al suelo cuando termina la estación de cultivo, y es perenne porque de la base de la planta surge un brote llamado hijo, que reemplaza a la planta madre. El término utilizado para referirse a la planta madre, sus hijos y el rizoma subterráneo es mata y lo que parece ser un tronco, en realidad, es un pseudotallo (Robinson & Saúco, 2010). La planta de plátano está conformada por diversas partes, en la Figura 13 se muestra cada una de ellas, las

cuales son: hojas, racimo, pinzote, inflorescencia, rizoma, peciolo y el pseudotallo, siendo esta última la parte de la planta que se utilizará como materia prima en el aglomerado.



**Figura 13.** Morfología de la planta de plátano (Elaboración propia).

## 2.5 Aglutinantes

El aglutinante es una sustancia más o menos líquida y pegajosa que reúne las condiciones de aglutinar y adherir las partículas del pigmento sobre la superficie donde se aplica. El aglutinante ideal, será aquel absolutamente inerte a cualquier reacción química o física, que por cierto no existe, por lo que es fundamental el conocimiento de los aglutinantes para que sean resistentes al paso del tiempo (Huertas Torrejón, 2010). En la Tabla 5, se presenta la clasificación y tipos de aglutinantes generales. En la Figura 14, se presenta la descripción de la clasificación de los aglutinantes naturales.

**Tabla 5.** Clasificación y tipos de aglutinantes (Huertas Torrejón, 2010).

Colas	Resinas	Oleorresinas y bálsamos	Gomas	Ceras
-Colas y aglutinantes de origen animal -Colas de origen vegetal -Colas sintéticas	-Naturales duras -Naturales blandas -Resinas sintéticas	-Oleorresinas -Bálsamos	-Arábica	-Abeja

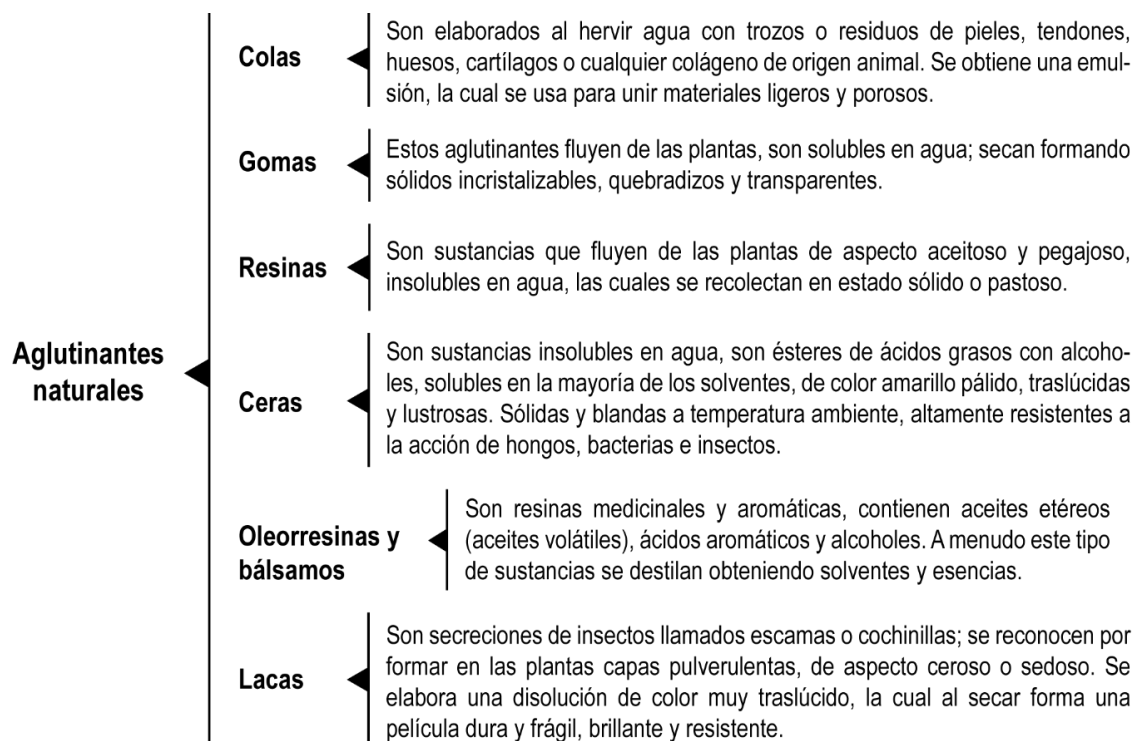


Figura 14. Clasificación de aglutinantes naturales (Elaboración propia).

## 2.6 Estrategias de diseño y mejoras ambientales

### 2.6.1 Ecodiseño

El diseño ambiental de productos y servicios también denominados ecodiseño consiste en incorporar criterios ambientales en la fase de concepción y desarrollo de cada producto o servicio, tratando de tomar medidas preventivas con el objetivo de disminuir los impactos ambientales en las diferentes fases de su CV, desde la producción hasta la eliminación del mismo. Con ello, se logra considerar el factor ambiental como un requisito más del producto y con la misma importancia que puedan tener otros factores como costos, seguridad o calidad (IHOBE, 2000).

### 2.6.2 Análisis del ciclo de vida (ACV)

El ACV es una herramienta metodológica que sirve para medir el impacto ambiental de un producto, proceso o sistema a lo largo de su Ciclo de Vida (CV), desde que se obtiene la materia prima hasta su fin de vida. Se basa en la recopilación y análisis de las entradas y salidas del sistema para obtener resultados que muestran sus impactos ambientales potenciales, el objetivo es determinar estrategias para la reducción de los mismos. La principal característica de esta herramienta es su enfoque holístico, es decir, que se basa en la idea de que todas las propiedades de un sistema no pueden ser determinadas o explicadas de manera individual por las partes que lo componen, es necesaria la integración total de todos los aspectos que participan; de ahí el

concepto de tener en cuenta todo el CV del sistema. Los elementos que se consideran dentro del ACV, se conoce comúnmente como inputs/outputs (entradas/salidas):

- **Inputs/entradas:** Uso de recursos, materias primas, partes y productos, transporte, electricidad, energía, entre otros, que se consideran en cada proceso del sistema.
- **Outputs/Salidas:** Emisiones al aire, al agua y al suelo, así como los residuos y los subproductos que se tienen en cuenta en cada proceso del sistema.

La manera en la que se recopilan estas entradas/salidas se conoce como Inventario del ciclo de vida (ICV), y es la fase del ACV que implica la recopilación y la cuantificación de entradas/salidas en un sistema durante su CV (IHOBE, 2009). En la Figura 15, se presenta el esquema del ICV y las fases del ACV que se toman en cuenta para poder llevar a cabo este análisis.

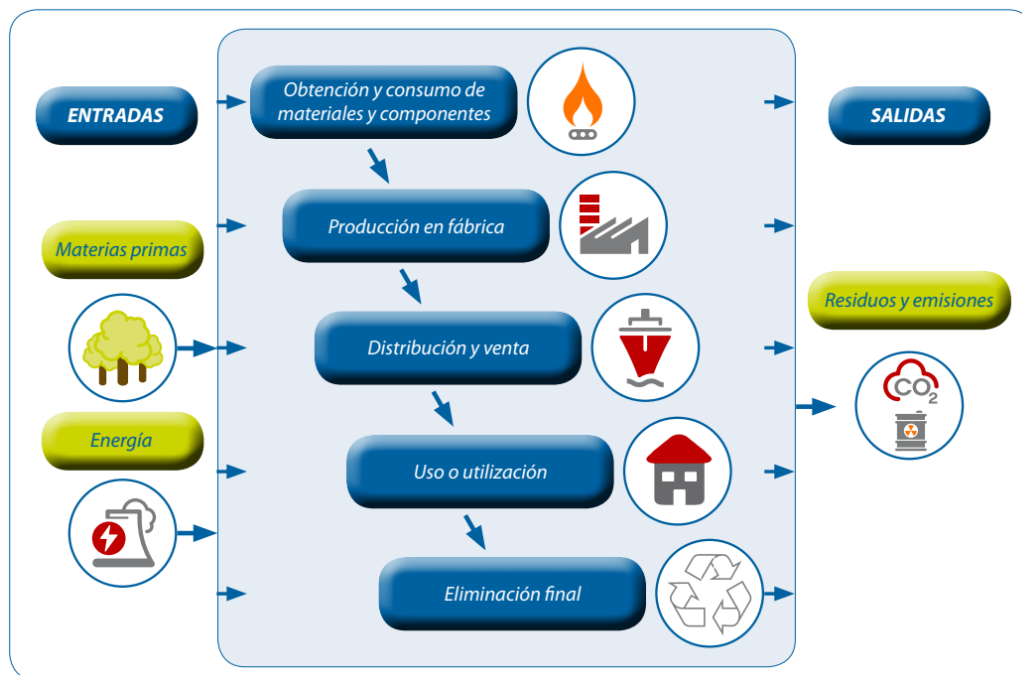


Figura 15. Concepto de la perspectiva del ACV y sus fases (IHOBE, 2009).

### 2.6.3 Aspectos ambientales

Según la norma ISO 14001, es todo elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente; está asociado por tanto directamente con el producto (IHOBE, 2009).

### 2.6.4 Impactos ambientales

Es cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante en todo o en parte de las actividades, productos y servicios de una organización; por lo que está asociado directamente al medio ambiente global (IHOBE, 2009).

## 2.6.5 Estrategias ambientales

La identificación de puntos de mejora y consideraciones ambientales detectadas en el análisis ambiental de un producto, deben traducirse en acciones concretas que lo mejoren. Cualquier acción de mejora se puede clasificar en una de las 8 estrategias de ecodiseño presentadas en la Tabla 6 y que se relacionan con las diferentes etapas del CV del producto.

**Tabla 6.** Estrategias del Ecodiseño (Elaboración propia).

Etapas del ciclo de vida	Estrategias
Nuevas ideas	1. Mejorar el concepto del producto
Obtención de las materias y componentes	2. Selección de materiales de bajo impacto
	3. Reducción del uso de materiales
Producción	4. Optimización de las técnicas de producción
Distribución	5. Optimización del sistema de distribución
Uso	6. Reducción del impacto durante el uso
	7. Incremento de la vida útil del producto
Fin de vida	8. Optimización al final de la vida útil del producto

## 2.7 Diseño de experimentos

El diseño de experimentos es la aplicación del método científico para generar conocimiento acerca de un sistema o proceso, por medio de pruebas planeadas adecuadamente. Esta metodología se ha ido consolidando como un conjunto de técnicas estadísticas y de ingeniería, que permiten entender mejor las situaciones complejas de relación causa-efecto (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008).

### 2.7.1 Experimento

Un experimento es un cambio en las condiciones de operación de un sistema o proceso, que se hace con el objetivo de medir el efecto del cambio sobre una o varias propiedades del producto o resultado (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008).

### 2.7.2 Unidad Experimental

La unidad experimental es la pieza(s) o muestra(s) que se utiliza para generar un valor que sea representativo del resultado del experimento o prueba. En cada diseño de experimentos es importante definir de manera cuidadosa la unidad experimental, ya que ésta puede ser una pieza o muestra de una sustancia o un conjunto de piezas producidas, dependiendo del proceso que se estudia (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008).



### 2.7.3 Diseño de experimentos con un sólo factor

Un diseño con un sólo factor se utiliza cuando el objetivo es comparar más de dos tratamientos. En algunos casos es de interés comparar tres o más máquinas, diversos materiales, cuatro procesos, tres proveedores, tres formulaciones, etcétera. Al realizar este diseño de experimentos, el objetivo es realizar una comparación entre los tratamientos en cuanto a las medias poblacionales o varianzas de la variable de respuesta (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008). Los datos generados por un diseño que considera un sólo factor se pueden escribir como el mostrado en la Tabla 7. El elemento  $Y_{ij}$  es la  $j$ -ésima observación realizada en el tratamiento  $i$ ;  $n_i$  es el tamaño de la muestra del tratamiento  $i$ . El número de tratamientos  $k$  es establecido por el investigador y depende del problema particular bajo estudio.

**Tabla 7.** Diseño de experimentos de un sólo factor (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2008).

Tratamientos				
$T_1$	$T_2$	$T_3$	...	$T_k$
$Y_{11}$	$Y_{21}$	$Y_{31}$	...	$Y_{k1}$
$Y_{12}$	$Y_{22}$	$Y_{32}$	...	$Y_{k1}$
$Y_{13}$	$Y_{23}$	$Y_{33}$	...	$Y_{k1}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
$Y_{1n_1}$	$Y_{2n_2}$	$Y_{3n_3}$	...	$Y_{kn_k}$

### 2.8 Diagrama de operaciones de proceso

Este diagrama indica las operaciones e inspecciones, presentes en un determinado proceso; desde la toma de la materia prima hasta el empaque del producto terminado. Es importante señalar el tiempo de cada actividad y los materiales utilizados. Para elaborar un diagrama de esta clase se utilizan dos símbolos: un círculo y un cuadrado, para representar una operación y una inspección, respectivamente. Una operación es la transformación intencional de una pieza. Una inspección hace referencia a la comparación de una pieza con una norma o estándar para determinar su calidad. El diagrama une los símbolos con líneas rectas, las verticales indican la secuencia del proceso y las horizontales, que entroncan con las primeras, indican el material entrante al proceso (Meyers, 2000).

### 2.9 Propiedades mecánicas y ensayo de materiales

Las propiedades mecánicas de un material determinan su comportamiento cuando se le sujeta a esfuerzos mecánicos. Estas propiedades incluyen el módulo de elasticidad, ductilidad, dureza y distintas medidas de resistencia. Las propiedades mecánicas son importantes en el diseño, debido al funcionamiento y rendimiento de un producto depende de su capacidad para resistir la

deformación ante los esfuerzos a que se le somete durante su uso (Groover, 2007). Las propiedades mecánicas que tienen los materiales son las siguientes:

- Cohesión: Es la fuerza de atracción de los átomos.
- Elasticidad: Capacidad para deformarse y recuperar su forma.
- Plasticidad: Resistencia al rayado o penetraciones.
- Resistencia: A la rotura.
- Tenacidad: Capacidad de soportar fuerzas sin deformarse ni romperse.
- Fragilidad: Contrario a la tenacidad. Rompe fácilmente al choque.
- Resiliencia: Método de ensayo. Energía absorbida por unidad de sección por un material al ser roto de un golpe.
- Fatiga: Romperse a esfuerzos variables y repetitivos.

Los ensayos de los materiales nos proporcionan la siguiente información:

- Características físicas y químicas.
- Aptitud para su conformación por deformación.
- Grado de homogeneidad de su estructura.
- Resistencia mecánica.
- Comportamiento en servicio.

Estos ensayos se realizan sobre probetas o trozos de material normalizados.

### **2.9.1 Ensayo de flexión**

La resistencia a la flexión es la capacidad de un material de soportar fuerzas aplicadas perpendicularmente a su eje longitudinal. El objetivo del ensayo de flexión es determinar las propiedades mecánicas de los materiales relacionadas con los esfuerzos y deformaciones en los puntos máximo y de rotura, y módulo elástico en flexión teniendo en cuenta la separación entre apoyos calculada a partir de la probeta. El ensayo de flexión se realiza en una máquina universal de esfuerzos, la cual también es empleada en pruebas de tracción y compresión (Aimplas, 2019).

### **2.9.2 Ensayo de compresión**

El ensayo de compresión se realiza para determinar las propiedades de un material frente a una fuerza axial negativa, la cual pretende comprimir la probeta de ensayo. El fin del ensayo de compresión puede determinar las propiedades de un material o el comportamiento de un componente o sistema completo frente a una fuerza externa (Inbertest, 2019).

## **2.10 Celosías**

Las celosías son estructuras elaboradas principalmente con aglomerados por su bajo costo y fácil adquisición; aunque pueden ser fabricadas de otros materiales como madera, metal, PVC e incluso aluminio, sirven para delimitar espacios interiores o exteriores, son un importante elemento decorativo en jardines y terrazas (DURMI, 2016).

## **2.11 Modularidad**

El diseño modular es el diseño basado en la modulación reticular de espacios que permiten optimizar el tiempo de construcción. Debido a que son transportables, desarmables y reorganizables impulsan múltiples funcionalidades y su reutilización al generar un nuevo uso diferente al que fueron fabricados. Un sistema modular se puede caracterizar por su partición funcional en discretos módulos escalables y reutilizables que consiste en aislados, autónomos elementos funcionales, además de la reducción en los costos (debido a una menor personalización, y menos tiempo de fabricación) (COMMONS, 2012).

## **2.12 Arquitectura del producto**

Según Ulrich y Eppinger (2013), la arquitectura del producto es el esquema donde los elementos funcionales del producto se acomodan en trozos físicos y por medio del cual éstos interactúan. De manera general, es la asignación de los elementos funcionales del producto a los elementos de construcción físicos de éste. La arquitectura del producto se considera en términos de:

1. Los elementos funcionales de un producto: Operaciones y transformaciones individuales que contribuyen a su rendimiento general. Por ejemplo, para una impresora algunos de estos elementos son “almacenar papel” y “comunicarse con su computadora central”.
2. Los elementos físicos de un producto: Son las partes, componentes y subconjuntos que en su última estancia ponen en práctica las funciones del producto. Los elementos físicos se definen a medida que avanza el desarrollo, algunos son dictados por el concepto del producto y otros se definen durante la fase del diseño de detalles (Ulrich & Eppinger, 2013).

## **2.13 Análisis morfológico**

Con el término “morfología” se hace mención a las relaciones estructurales entre diferentes partes o aspectos de un objeto (Álvarez & Ritchey, 2015). El análisis morfológico es una técnica combinatoria de ideación creativa consistente creado por Fritz Zwickyen. Su objetivo es descomponer un concepto o problema en sus elementos esenciales o estructuras básicas.

Con sus rasgos o atributos se construye una matriz que permite multiplicar las relaciones entre tales partes. Así pues, en su forma más básica, el análisis morfológico no es más que la generación de ideas por medio de una matriz. El método comienza identificando y definiendo los elementos más importantes de un problema complejo a investigar y se asigna a cada uno un rango de rasgos o atributos más relevantes. En la Tabla 8, se muestra un campo morfológico de cinco parámetros en donde las celdas sombreadas definen una de las posibles configuraciones.

**Tabla 8.** Un campo morfológico de cinco parámetros (Elaboración propia).

Parámetro A	Parámetro B	Parámetro C	Parámetro D	Parámetro E
Condición A1	Condición B1	Condición C1	Condición D1	Condición E1
Condición A2	Condición B2	Condición C2	Condición D2	Condición E2
Condición A3	Condición B3		Condición D3	Condición E3
Condición A4	Condición B4			Condición E4

El objetivo es examinar todas las configuraciones, para establecer cuáles de ellas son posibles, viables, prácticas, etcétera, y cuáles no. La solución de un campo morfológico consiste en el subconjunto de todas las configuraciones posibles que satisfacen algunos criterios (Álvarez & Ritchey, 2015).

## 2.14 Rastreles

De acuerdo con la Real Academia (2020), un rastrel es un listón grueso de madera que sirve de base para clavar o fijar otros elementos de revestimiento de una pared, suelo, techo, entre otros. En la Figura 16, se pueden observar rastreles de madera de pino sin tratar.



**Figura 16.** Rastreles de madera de pino (Rodríguez, 2020).



# **Capítulo III**

## **Desarrollo de la Metodología**



En este capítulo, se presenta la implementación de la metodología planteada, la cual se divide en tres etapas. La Etapa 1: Investigación, comprende toda la fundamentación teórica, abarcando tres puntos importantes: la preparación del proyecto, aspectos ambientales e ideas de mejora, siendo estos dos últimos aspectos retomados del ecodiseño; ya que dieron la pauta para identificar los impactos ambientales del producto de referencia y con base en esto, seleccionar las estrategias de mejora a implementar en el nuevo producto a proponer. Por otra parte, la Etapa 2: Experimentación, se divide en el “Desarrollo de conceptos experimentales”, donde se recolectó la materia prima y se realizó un diseño experimental dando como resultado la elaboración de probetas. La segunda parte fue la “Caracterización del material”, en donde se realizaron las pruebas mecánicas para su posterior análisis, y con base en los datos obtenidos elegir la formulación recomendada a utilizar en la elaboración de la celosía.

Finalmente en la Etapa 3, “Desarrollo de producto”, se retomaron aspectos importantes del diseño de productos como: desarrollo del concepto, diseño a nivel sistema y el diseño en detalle, dando como resultado los planos a detalle y de pieza, así como los renders, para concretar la elaboración y evaluación final de la celosía modular.

### **3.1 Etapa 1 “Investigación”**

La etapa inicial se centró en la fundamentación teórica realizada para este proyecto, tomando puntos de referencia importantes como: ¿el por qué utilizar un residuo agroindustrial en un material compuesto?, ¿la sustitución de la urea formaldehído por un aglutinante natural?, ¿por qué trabajar con el pseudotallo del plátano? Determinar un producto de referencia para detectar los aspectos e impactos ambientales y con base en esto, proponer y aplicar ideas de mejora en el desarrollo del nuevo material y producto.

Las preguntas y puntos anteriores fueron abordados al realizar los siguientes objetivos: investigación sobre los principales cultivos agrícolas generadores de residuos agroindustriales en el estado de Oaxaca y principales aglutinantes naturales, informe de las propiedades del pseudotallo del plátano, consulta de las principales pruebas mecánicas para la caracterización del aglomerado y, por último, un análisis de mercado de celosías para obtener un producto de referencia y además conocer las características de las celosías que ofrecen estas empresas.

#### **3.1.1 Preparación del proyecto**

Se identificaron los principales cultivos agrícolas generadores de residuos agroindustriales en el estado de Oaxaca, debido a que es el área de estudio establecida. De acuerdo con el SIAP (2020), se informa que los principales cultivos son los que se presentan en la Tabla 9; en donde

se visualizan datos referentes al tipo de cultivo, nombre científico y su respectiva producción en lo que respecta al año 2019.

**Tabla 9.** Principales cultivos agrícolas en el estado de Oaxaca (Elaboración propia).

Cultivo agrícola	Nombre Científico	Producción (Ton)
Agave	Agave angustifolia	149,404.21
Café	Coffea	75,829.23
Caña de azúcar	Saccharum officinarum	3,890,992.44
Maíz	Zea mays	633,798.37
Papaya	Carica papaya	323,614.43
Piña	Ananas comusus	145,417.34
Plátano	Musa x paradisiaca	78,824.16

Uno de los cultivos agrícolas que figuró en la investigación por la cantidad de desecho agroindustrial que genera fue el plátano, de acuerdo con estadísticas de la FAO, en el 2019 el cultivo de plátano incrementó un 5% en comparación con el 2018. Mientras que para el 2019 México produjo 2,399,490 toneladas de fruto, en una superficie de 79,593 hectáreas generando un desperdicio de 206.941 millones de matas de plátano. A nivel estado, en Oaxaca se generó 9.840 millones de desperdicio agroindustrial, el cual no es tratado de manera adecuada. Como consecuencia de su descomposición se liberan gases de efecto invernadero y se producen lixiviados que contaminan las aguas subterráneas.

Al aprovechar este residuo agroindustrial en la producción del aglomerado se está proponiendo una alternativa para reutilizarlo. Una vez cortado el fruto, el residuo está conformado por las hojas, pinzote y el pseudotallo, siendo este último el de mayor volumen y con gran contenido de fibra. Los residuos del plátano tienen diferentes aplicaciones y usos; con base en los antecedentes descritos en el Capítulo 1, por ejemplo, las hojas son utilizadas en la gastronomía como envoltorio natural de alimentos (Gómez, 2019), el pinzote en la elaboración de papel artesanal (Eskulan, 2011), en diferentes investigaciones de carácter científico e industrial el pseudotallo está siendo utilizado en la fabricación de láminas para recubrimiento (Mannise, 2016), fibras para elaborar textiles y en la elaboración de materiales compuestos (Gaitán, Fonthal, & Ariza-Calderón, 2016).

Estas investigaciones, incluyendo la presente han optado por utilizar este residuo agroindustrial y en específico la parte del pseudotallo, porque:

- Las capas que componen el pseudotallo contienen una gran cantidad de agua, lo cual facilita que la fibra sea procesada (molida); a diferencia de otras fibras naturales como lo son: el agave, la caña de azúcar o el bambú (GINUMA, 2000).



- Estudios sobre la pulpa y papel realizados en los laboratorios de la Universidad de Ciencia y Tecnología del Sur de China descubrieron que la estructura interna del pseudotallo (microfibrillas), propone nuevas ideas de investigación en el área de nanotecnología, como la funcionalización de fibras con nanopartículas creando materiales con nuevas aplicaciones.
- El pseudotallo tiene una morfología única. Los haces de fibras están cubiertos por una membrana no celulósica y están contruidos por dos tipos de fibras: las elementales con un diámetro de 10-15  $\mu\text{m}$  y fibras estrechas con diámetros de 3-4  $\mu\text{m}$ ; no hay una fibra elemental en la médula del plátano (Kun, Shiyu, Huaiyu, Zhan & Lucian, 2010).
- El pseudotallo tiene potencial en la fabricación de papel debido a su contenido aceptable de celulosa y el bajo contenido de lignina de holocelulosa, estos datos son presentados en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Composición química del pseudotallo (Kun, Shiyu, Huaiyu, Zhan & Lucian, 2010).

%	Celulosa	Holocelulosa	Lignina Klason	Lignina soluble en ácido	Contenido de cenizas	Extractos
<b>Pseudotallo del plátano</b>	39.12	72.71	8.88	1.90	8.20	3.05

Otra parte fundamental en la elaboración del aglomerado es la utilización de un aglutinante, ya que este tiene la función de brindar adherencia entre todos los elementos que componen el aglomerado, el más común en el ámbito comercial es la urea formaldehído, la cual es altamente tóxica para el medio ambiente y la salud humana, siendo esta la razón para considerar aglutinantes naturales con la finalidad de disminuir el impacto en el medio ambiente y la salud, que conlleva un aglomerado convencional.

Como resultado de la documentación bibliográfica y con base en el marco teórico del Capítulo 2, los principales aglutinantes naturales son las colas, las cuales son factibles para unir materiales ligeros y porosos, gomas y resinas que son obtenidas de las plantas, ceras que por su gran resistencia a las bacterias, hongos e insectos son utilizadas en la industria alimenticia como conservador, las oleorresinas y bálsamos cuya composición les permiten tener propiedades medicinales y aromáticas; y por último se tienen a las lacas producidas de las secreciones de insectos, las cuales forman una película resistente y brillante como acabado. Por estas propiedades que presentan los aglutinantes de tipo natural se consideró su utilización en el desarrollo del aglomerado, y así dar una solución alternativa al uso de la urea formaldehído. Lo anterior con la finalidad de asegurar que el nuevo material sea amigable con el medio ambiente, para que al momento de llegar a su fin de vida este pueda degradarse.

### 3.1.2 Estudio de mercado





Se realizó un análisis comparativo de mercado, con el objetivo de identificar características específicas de los productos como son: medidas, sistemas de fijación y materiales; este último aspecto ayudó a saber si alguna de las marcas analizadas ha incursionado en la utilización de materiales ecológicos. Este estudio de mercado permitió seleccionar un producto de referencia y, posteriormente, se generó su esquema de ICV, se determinaron los impactos ambientales y se propusieron las estrategias de mejora.

Se analizaron cuatro empresas productoras de celosías, una de ellas trabaja sólo con celosías modulares y las otras tres restantes, celosías convencionales; las cuales fueron seleccionadas por ser las que sobresalen dentro de la industria de las celosías. Estas manejan una gran gama de diseños, tamaños y materiales. La información presentada se obtuvo directamente de las páginas de los proveedores.

En la Tabla 11, se describen las características de los productos que fueron analizados de acuerdo con la marca que los fabrica. En la primera fila de la tabla se presenta la imagen del producto, en la segunda fila se describe el tipo de celosía ya que con base en la bibliografía las celosías se clasifican como de tipo interior y exterior, cabe mencionar que la celosía que se desarrolló es del tipo interior. En la tercera fila se muestran los materiales que manejan las distintas marcas, entre los cuales están la madera, aluminio y acero.

En las filas cuatro y cinco se muestran las dimensiones, incluyendo grosores, la anchura y altura de los paneles. Siguiendo el orden de la Tabla 11, el sistema de fijación fue el siguiente aspecto a considerar, para identificar los mecanismos de sujeción, ya que estos juegan un papel importante para mantener estable a la celosía. La penúltima fila indica el proceso de fabricación utilizado para obtener los diseños que ofrecen. Finalmente, en la fila ocho se muestra si las marcas están implementando materiales ecológicos en la elaboración de sus celosías.

**Tabla 11.** Principales marcas productoras de celosías, para el análisis comparativo de mercado (Elaboración propia).

	Mouk	Infiniti Panel Decore	Aedena	SPK Laboratorio Mexicano de Fabricación Digital
<b>Producto</b>				
<b>Tipo de celosía</b>	Interiores / Exteriores	Interiores / Exteriores	Interiores / Exteriores	Interiores / Exteriores
<b>Materiales</b>	Composite de PVC, madera, MDF y paneles de aluminio.	Acero inoxidable, aluminio y acero negro.	MDF, MDF premium y enchapado, valchromat, triplay de abedul ruso, duralmon, HD foam y madera.	MDF, MDF natural, triplay de abedul, MEF con melaminas y materiales plásticos y aceros.
<b>Espesor</b>	3 y 4 mm	12, 15, 19, 25, 34 y 47 mm	6, 12, 15, 19 y 25 mm	6, 12, 15, 19 y 25 mm
<b>Dimensiones</b>	(45 x 45), (25 x 25) y (35 x 13) cm	Estándar (120 x 240 cm) Personalizado (300 x 120 cm)	120 x 240 cm	120 x 240 cm
<b>Sistema de fijación</b>	Fijación al techo, y entre celosías mediante argollas.	Hechos a la medida, estabilidad mediante fijación al suelo con taquetes, unión entre celosías utilizando soldadura de gas o arco.	Fijación al suelo y techo, mediante fijaciones puntuales escuadradas.	Fijación al suelo y techo mediante tornillos y/o taquetes / pueden ser enmarcadas.
<b>Proceso de fabricación</b>	Los diseños se obtienen mediante el proceso de corte láser y fresadoras CNC.	Los diseños se obtienen mediante el proceso de corte láser y fresadoras CNC.	Los diseños se obtienen mediante el proceso de corte láser y fresadoras CNC.	Los diseños se obtienen mediante el proceso de corte láser y fresadoras CNC.
<b>Utilización de materiales ecológicos</b>	No	No	Sí	No

Con base en el análisis comparativo de mercado se concluye lo siguiente:

- Las empresas analizadas manejan dos tipos de celosías, para uso interior y exterior. El material más utilizado para la fabricación de las celosías es el MDF, debido a su bajo costo y fácil maquinado. Sin embargo, dicho material es considerado poco amigable con el medio ambiente y altamente tóxico para el ser humano.
- El tamaño de las celosías que más manejan las empresas es de 120 cm x 240 cm, debido a que estas son las dimensiones de una hoja de MDF convencional, mientras que los espesores van de los 3 mm hasta los 25 mm dependiendo del material utilizado. Por otro lado, la empresa Mouk ha empezado a desarrollar celosías colgantes y modulares, cuyo módulo más grande es de 45 cm x 45 cm y el más pequeño de 25 cm x 25 cm.
- Con respecto a los sistemas de fijación, las empresas tienen distintas maneras de colocar y mantener estables a las celosías, en su mayoría están sujetas al techo y piso para lograr la estabilidad, para lo cual utilizan fijaciones puntuales, tornillos, taquetes. Las celosías hechas de metal se fijan por medio de soldadura de gas y arco, y en el caso de la empresa Mouk utilizan argollas para mantener unido módulo con módulo y, éstas se fijan al techo.
- Dentro del proceso de fabricación todas utilizan cortadoras láser y fresadoras CNC, para lograr los diseños que el cliente solicite, y es que con este tipo de máquinas la precisión de los cortes se controla con mayor exactitud.
- Se puede observar que las empresas no utilizan materiales más amigables con el medio ambiente para la fabricación de sus celosías. La empresa Aedena es la única que está incursionando en el desarrollo y utilización de materiales ecológicos, al desarrollar Duralmon; material que utiliza el residuo de la cáscara de almendra. Sin embargo, no es 100% ecológico al seguir usando resinas tóxicas y otros químicos para su fabricación.

### **3.1.3 Aspectos ambientales**

El diseñar un producto considerando al medio ambiente implica la reducción de los impactos ambientales que este ocasione. Para empezar a aplicar el concepto de aspectos ambientales, por el cual se entiende como toda interacción de la celosía con el medio ambiente considerando todas las etapas de su CV; es necesario seleccionar un producto de referencia a eco-diseñar, en este caso es una celosía para interiores, fabricada de MDF (este material se eligió debido a que posee características similares al material ecológico que se desarrolló en esta investigación), de espesor 25 mm y dimensiones de 1.22 m x 2.44 m; la representación de la celosía se muestra en la Figura 17 y corresponde a un modelo de la empresa Mouk.

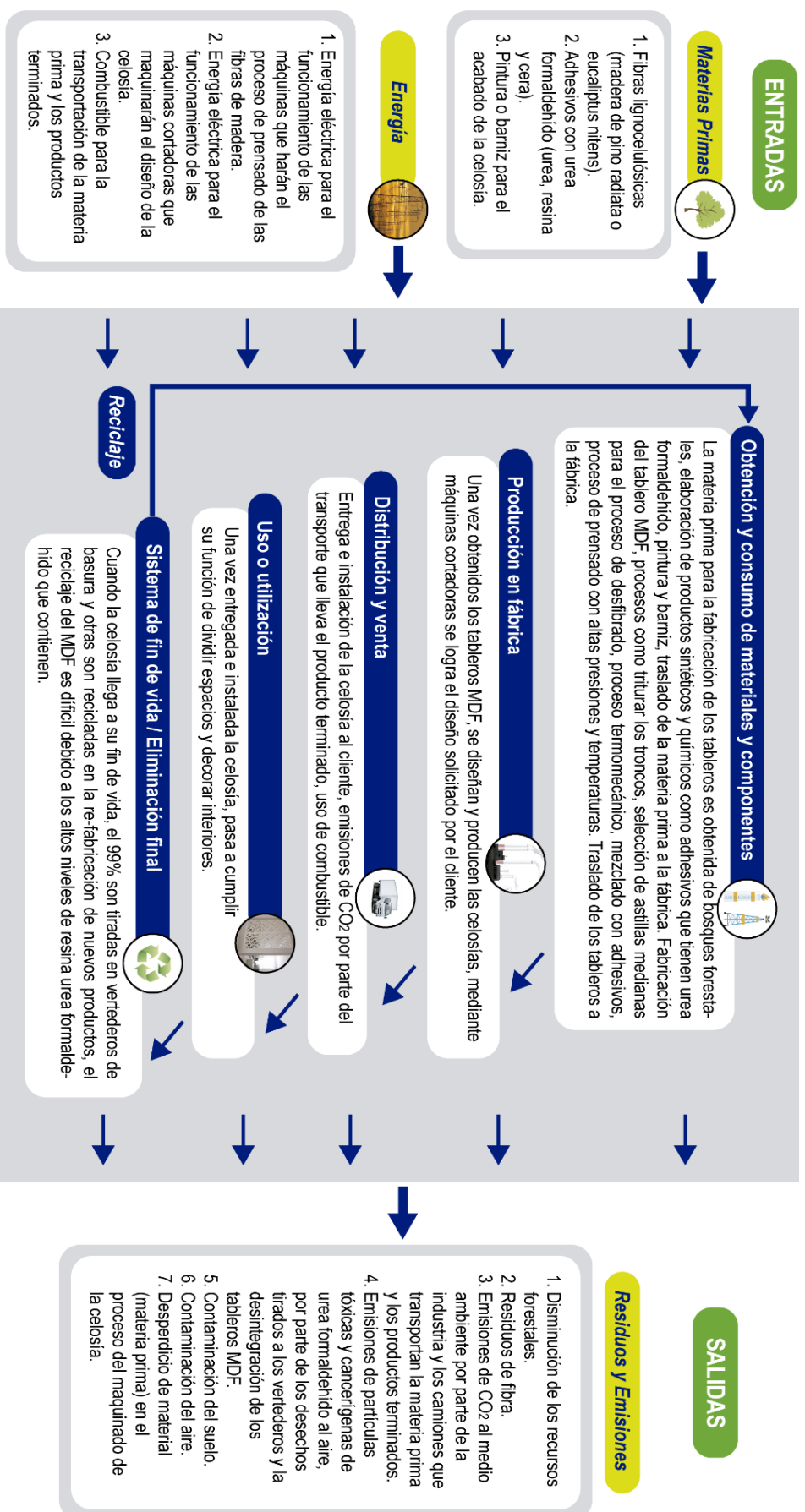
Se tomó como referencia esta celosía debido a que el 75% de las empresas analizadas en el estudio de mercado dan como referencia y similitud, un producto con estas características. Cabe mencionar que el diseño de la celosía puede variar, sin embargo, las características técnicas antes mencionadas no.



**Figura 17.** Producto de referencia (Mouk, 2016).

Como primer paso, se utilizó la herramienta de ICV en la celosía de referencia, esto con la finalidad de identificar sus entradas, procesos, salidas, factores y materiales que intervienen en cada una de las etapas del CV, el cual se muestra en la Figura 18. Esta herramienta también se utilizará como un parámetro importante para tener una comparación de referencia y visualizar la disminución de los impactos ambientales, al compararla con el esquema de la celosía fabricada con material ecológico desarrollada en este proyecto.

**Figura 18.** Esquema del ICV de la celosía de referencia (Elaboración propia).



Analizando el esquema, hay un total de seis entradas de las cuales tres corresponden a las materias primas y tres a energía, la etapa donde se suscitan más actividades es en la primera, ya que está implicada la obtención y fabricación del MDF. Después pasa a producción por medio de máquinas como fresadoras y cortadoras láser para dar forma (conformado) al diseño de la celosía, por último, se aplica un acabado de barniz o pintura, para la distribución y venta; llegando así al usuario final para que cumpla con su función de dividir espacios y decorar interiores. Cuando se llega a la etapa de fin de vida el 99% son tiradas en vertederos de basura porque el reciclaje del MDF es difícil por los altos niveles de resina que contiene. Todas estas etapas del CV generan un total de siete salidas catalogadas como residuos y emisiones; en donde están implicados aspectos como la disminución de recursos naturales, emisiones de partículas tóxicas y contaminación del suelo y aire, por sólo mencionar algunas.

Otra herramienta del ecodiseño se presenta en la Tabla 12, la cual mantiene una relación estrecha con el esquema del ICV, ya que el análisis realizado da la facilidad de identificar los aspectos ambientales involucrados en cada etapa del CV para su posterior relación con los impactos ambientales generados, los cuales se presentan en la columna tres. Se toman en cuenta únicamente cuatro etapas del CV para el análisis eliminando la etapa de “Uso o Utilización”, debido a que la celosía de referencia no involucra ningún aspecto ambiental en esa etapa, por ende, no genera ningún impacto ambiental.

**Tabla 12.** Identificación de los aspectos e impactos ambientales de la celosía de referencia, por cada una de las etapas del CV (Elaboración propia).

Etapas del CV	Aspectos ambientales	Impactos ambientales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtención y consumo de materiales y componentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de madera.</li> <li>• Consumo de productos químicos y sintéticos (urea formaldehído).</li> <li>• Consumo de energía eléctrica.</li> <li>• Consumo de combustibles.</li> <li>• Generación de CO<sub>2</sub>.</li> <li>• Generación de disolventes.</li> <li>• Generación de vertidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de recursos forestales (árboles).</li> <li>• Contaminación de suelo y deposición incontrolada de residuos.</li> <li>• Generación de smog, lluvia ácida (contaminación del aire) y reducción de la capa de ozono.</li> <li>• Contaminación del agua.</li> <li>• Impacto en la salud humana.</li> <li>• Cambios drásticos en el paisaje natural.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción en fábrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de energía eléctrica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de recursos naturales.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribución y venta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de combustibles.</li> <li>• Consumo de energía eléctrica en los aparatos utilizados en la instalación.</li> <li>• Generación de CO<sub>2</sub>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de recursos naturales.</li> <li>• Efecto invernadero.</li> <li>• Generación de smog, lluvia ácida y reducción a la capa de ozono.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de fin de vida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de residuos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación del aire, suelo y deposición incontrolada de residuos.</li> </ul>

Se puede observar que al igual que en el esquema del ICV la etapa en donde se ven involucrados más aspectos e impactos ambientales es la etapa 1. Por lo que se convierte en uno de los puntos considerados de mayor atención para poder reducir el número de impactos ambientales que se ocasionan, por ende, en este proyecto se le pone énfasis a esta etapa con el desarrollo de un nuevo material ecológico.

### **3.1.4 Ideas de mejora**

Con base en la Tabla 12 en donde se definen los aspectos ambientales e identificaron los impactos que estos generan, se realizó una lluvia de ideas la cual está representada en la Tabla 13, en donde la columna dos contiene de manera muy general las ideas de mejora y en la columna tres están las medidas propuestas que se tomaron en cuenta para el diseño de la celosía como requerimientos técnicos, siendo esta última parte de la tabla la aportación del presente proyecto. Para la etapa de las ideas de mejora se consideraron únicamente tres etapas del CV, las cuales se muestran en la Tabla 13 eliminando la etapa de distribución y venta al no trabajar con esta etapa del CV en el producto eco-diseñado.

Las medidas propuestas están ligadas a los impactos ambientales, ejemplo de ello es: para enfrentar la disminución de recursos forestales se propone utilizar un residuo agroindustrial para la elaboración del aglomerado. Para reducir los aspectos ambientales del consumo de energía eléctrica y combustibles que impactan a la disminución de recursos naturales en la etapa de producción en fábrica, se proponen ideas de mejora como la utilización de técnicas de producción ambientalmente eficientes dando paso a las medidas propuestas como la implementación de un proceso manual (artesanal) de elaboración para disminuir el consumo de energía; de igual forma, el uso de energías renovables como lo es la energía solar para el secado de los moldes y módulos.

En los problemas de contaminación del aire, suelo y deposición incontrolada de residuos en la etapa del sistema de fin de vida de la celosía de referencia, se propone que el material a utilizar en la celosía eco-diseñada sea de fácil biodegradación con el medio ambiente, esto se lograra al utilizar materiales ecológicos, como el pseudotallo del plátano y aglutinantes completamente naturales eliminado así la urea formaldehído y otras resinas altamente tóxicas que producen cáncer (NIH, 2011) y que por lo tanto son dañinas para el ser humano. Las medidas propuestas en cada etapa del CV antes descritas, son sólo algunas que serán aplicadas en las etapas de Experimentación, al obtener el aglomerado y en el Desarrollo del producto, al desarrollar la celosía.



**Tabla 13.** Ideas y medidas propuestas para el diseño del nuevo producto (Elaboración propia).

Etapas del ciclo de vida	Ideas de mejora	Medidas propuestas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Obtención y consumo de materiales y componentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seleccionar materiales de bajo impacto ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso de un residuo agroindustrial (fibra de pseudotallo de plátano) para sustituir las virutas de madera tradicional utilizadas en el aglomerado.</li> <li>Uso de aglutinantes naturales, para la sustitución de la urea formaldehído.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir el uso de material.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al no utilizar el proceso de cortado por CNC, se evitará el desperdicio de material en la fabricación de la celosía.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Producción en fábrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seleccionar técnicas de producción ambientalmente eficientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eliminación de resinas altamente tóxicas que producen cáncer.</li> <li>Proceso manual (artesanal) de elaboración, para disminuir en gran medida el consumo de energía.</li> <li>Utilización de energía solar para el secado.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de fin de vida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimizar el ciclo de vida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La celosía al ser modular será de fácil reposición, ya que si un módulo se daña solo se reemplaza, alargando la vida de todo el conjunto de celosías.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimizar el sistema de fin de vida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Material de fácil biodegradación en el medio ambiente.</li> <li>Reducción en la contaminación generada al medio ambiente por parte del residuo agroindustrial de la mata de plátano.</li> </ul>

Por lo tanto, este proyecto considera herramientas de ecodiseño como aspectos ambientales e ideas de mejora, que la mayoría de las empresas analizadas en el estudio de mercado no toman en cuenta al desarrollar sus celosías. Por lo que esta investigación tiene una aportación importante en esta área, mostrando que estas herramientas se implementan en las primeras fases del diseño y conceptualización del mismo. La finalidad de realizar este análisis al inicio del proyecto es lo que permitirá obtener un producto realmente ecológico. Realizar este análisis tiene su grado de complejidad debido a que se debe tener una visión muy amplia para poder detectar todos los procesos involucrados en cada una de las etapas del CV, tener criterio y observar detenidamente cada aspecto para poder detectar los impactos ambientales, seleccionar las ideas y generar nuevas propuestas.

### 3.2 Etapa 2 “Experimentación”

A continuación, se describen las condiciones de procesamiento a las cuales se sometieron la fibra de plátano (elemento de refuerzo mecánico), el aglutinante natural y la matriz (celulosa reciclada) para obtener el aglomerado, así como las técnicas y normativas que se aplicaron para los ensayos preliminares de flexión, compresión y absorción de agua, con el fin de obtener un resultado favorable. Cabe mencionar que la etapa de Experimentación se dividió en 2 partes, la primera es la “Etapa experimental I”; en el cual se detalla el proceso de obtención del material compuesto al procesar la fibra de plátano y los demás componentes, de igual forma se describe

el proceso para la generación de las probetas. En la segunda parte llamada “Etapa experimental 2”, se describe la aplicación de las pruebas mecánicas preliminares y el respectivo análisis de los resultados obtenidos. Cabe mencionar que algunos datos no se mencionan por cuestiones reservadas de la presente investigación.

### 3.2.1 Diseño experimental I

#### 3.2.1.1 Desarrollo de experimentos

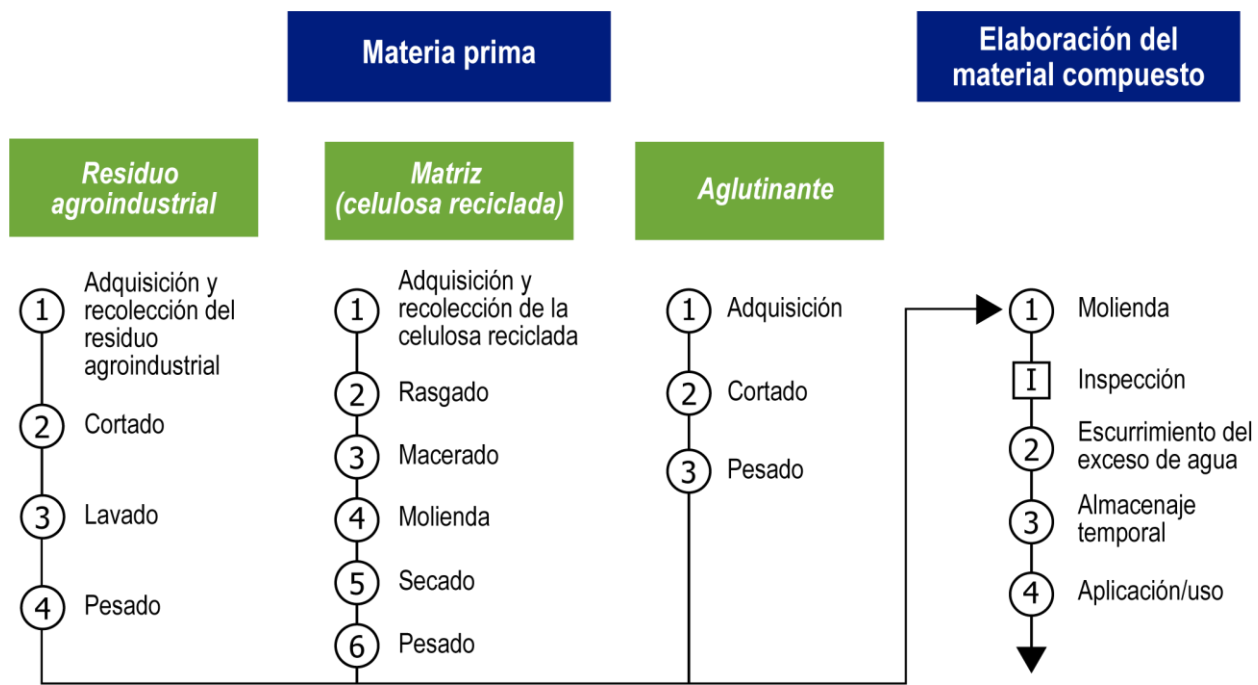
Para analizar el efecto que tiene el tipo de formulación en la fuerza máxima a la flexión, fuerza máxima a la compresión y el porcentaje de absorción de agua, se realizó un diseño de experimentos, considerando como única variable el tipo de formulación, en cada formulación se estableció un porcentaje de fibra y un porcentaje de aglutinante estableciendo así tres formulaciones, las cuales se presentan en la Tabla 14. Cabe hacer mención que las condiciones involucradas en el diseño de experimentos como lo son: presión utilizada y el tiempo de aplicación de la misma, longitud de fibra, temperatura, tiempo de molienda, equipo utilizado, proceso de obtención de la fibra, aglutinante natural y de la celulosa reciclada, se mantuvieron constantes, logrando así establecer y controlar dichas condiciones en el proceso para que no hubiese una variación durante la elaboración del aglomerado y de las probetas.

**Tabla 14.** Porcentajes en peso de fibra y aglutinante formuladas para la elaboración de las probetas (Elaboración propia).

Formulación	Fibra (pseudotallo de plátano)	Aglutinante natural	Matriz (celulosa reciclada)
1	30%	70%	Constante
2	50%	50%	Constante
3	70%	30%	Constante

#### 3.2.1.2 Proceso para la obtención del aglomerado

Se elaboró el diagrama de procesos de operación para la obtención del aglomerado mostrado en la Figura 19; en primer lugar, se desglosan las acciones que son requeridas para preparar las materias primas (desecho agroindustrial, matriz y aglutinante). Posteriormente, se especifican las actividades que son necesarias para su elaboración, las cuales incluyen cuatro operaciones y una inspección, esta última para verificar que la pasta resultante de la molienda sea la correcta y esté completamente homogénea. Se recalca que el proceso es casi el mismo para cada una de las formulaciones, lo único que varía es la proporción de fibra y aglutinante. Cabe señalar que, para este proceso, la totalidad de actividades, manejo de sustancias y maquinaria se realizó bajo normas aplicables de higiene y seguridad.

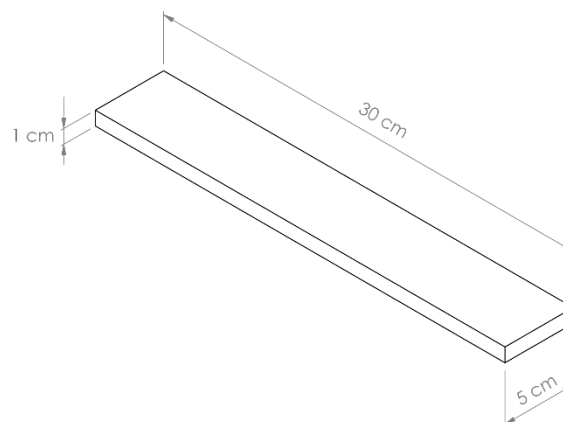


**Figura 19.** Diagrama de procesos de operación para la obtención del nuevo material (Elaboración propia).

### 3.2.1.3 Proceso para la obtención de probetas

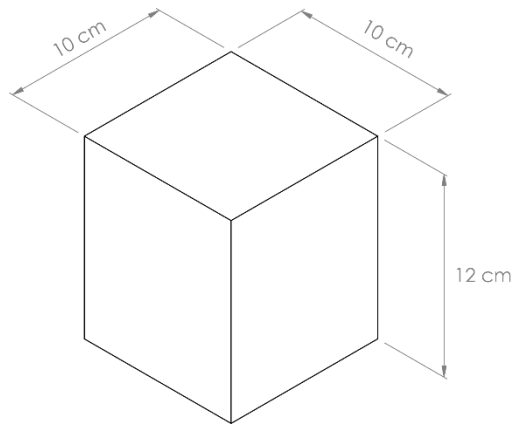
Los moldes utilizados para la elaboración de los especímenes de cada formulación se realizaron en las instalaciones del Taller de Vidrios, de la Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM). Sin embargo, las medidas para su elaboración fueron proporcionadas por el Laboratorio de Manufactura Avanzada del Instituto de Diseño e Innovación Tecnológica (IDIT) de la Universidad Iberoamericana Puebla, lugar donde se realizaron las pruebas mecánicas; a continuación, se describen las dimensiones de dichas probetas.

**Prueba de flexión:** Las dimensiones de las probetas fueron de 30 cm x 5 cm x 1 cm. En la Figura 20 se aprecia el modelo representativo de la probeta.



**Figura 20.** Diseño de probeta para la prueba de flexión (Elaboración propia).

**Prueba de compresión:** Las dimensiones de las probetas fueron de 10 cm x 10 cm x 12 cm. En la Figura 21, se observa a manera de modelo la probeta correspondiente a esta prueba.



**Figura 21.** Diseño de probeta para la prueba de compresión (Elaboración propia).

Los moldes ocupados para elaborar las probetas utilizadas en la prueba de flexión fueron hechos con material trovicel y una malla metálica fina, tal y como se ve en la Figura 22.



**Figura 22.** Molde terminado para la probeta utilizada en el ensayo de flexión (Elaboración propia).

Por otro lado, el molde de las probetas para las mediciones de compresión fue elaborado con yeso cerámico y su proceso fue más complejo, como se puede observar en Figura 23.



**Figura 23.** Elaboración de moldes con yeso cerámico para la probeta utilizada en el ensayo de compresión (Elaboración propia).

Una vez terminados los moldes, se preparó la mezcla del aglomerado de acuerdo con cada una de las formulaciones establecidas y se siguieron los pasos del diagrama de procesos. En la Figura 24, se muestra el llenado de los moldes con la mezcla correspondiente, sometiéndoles bajo una presión de 10 kg durante un tiempo establecido de 5 minutos para compactar y escurrir el excedente de agua. De esta forma, se logró establecer y controlar los parámetros del proceso para que no hubiese una variación durante su elaboración.



**Figura 24.** Aplicación de presión para compactar las probetas y retirar el excedente de agua (Elaboración propia).

Después de aplicar presión y haber quitado el excedente de agua a las probetas, estas se secaron a temperatura ambiente y bajo los rayos del sol aprovechando de esta forma una fuente de energía limpia aplicando una de las ideas de mejora propuestas, tal y como se muestra en la Figura 25, este último proceso tardó aproximadamente de 2 a 3 días, y dependió de las condiciones climatológicas y de las dimensiones de la probeta.



**Figura 25.** Proceso de secado de las probetas (Elaboración propia).

Con la elaboración de las probetas finalizó la primera parte de la Etapa de Experimentación, cuyo resultado final fue la obtención de 15 probetas (5 por cada formulación) en total para la prueba de flexión y 4 para las pruebas de compresión (2 por cada formulación); en las Figuras 26 y 27 se aprecia un conjunto de probetas finales elaboradas con el material compuesto, listas para ser utilizadas en las pruebas mecánicas para la caracterización del material.



**Figura 26.** Probetas finales para la prueba de flexión (Elaboración propia).



**Figura 27.** Probetas finales para la prueba de compresión (Elaboración propia).

### 3.2.2 Diseño experimental II

#### 3.2.2.1 Análisis de probetas

Los ensayos de flexión y compresión realizados a cada una de las probetas, se llevaron a cabo en el Laboratorio de Manufactura Avanzada ubicado en las instalaciones del IDIT, de la Universidad Iberoamericana Puebla. Se empleó una máquina universal de esfuerzos marca SHIMADZU, de la serie AGS-X con una capacidad máxima de carga de 250 KN (Figura 28). Los ensayos se realizaron a temperatura ambiente. La Figura 29 muestra el equipo de cómputo, donde se aprecia el software TRAPEZIUM (Materials Testing Operation Software), que facilitó el procesamiento de los datos obtenidos en las pruebas.



**Figura 28.** Máquina universal de esfuerzos (Elaboración propia).



**Figura 29.** Visualización del software que utiliza la máquina universal de esfuerzos (Elaboración propia).

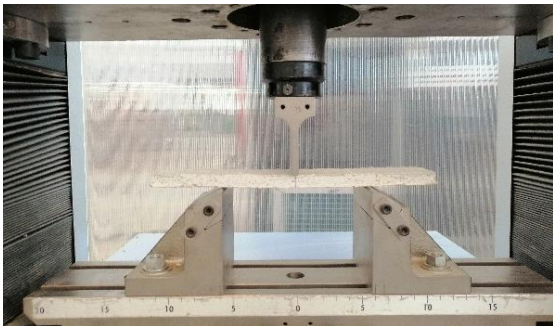
### 3.2.2.2 Prueba de flexión

Esta prueba se rigió bajo la norma ASTM 1037 (1992), la cual indica que primero se deben colocar y preparar las mordazas en la máquina para la prueba pertinente tal y como se muestra en la Figura 30.

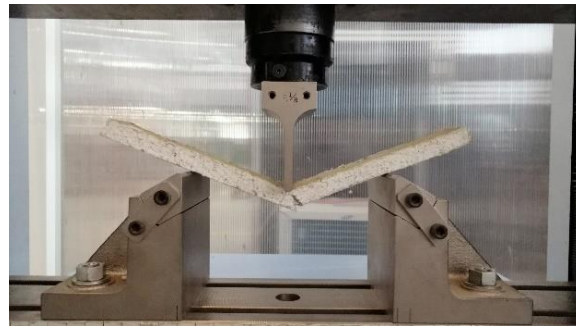


**Figura 30.** Mordazas colocadas y listas en la máquina universal de esfuerzos para la prueba de flexión (Elaboración propia).

Posteriormente, la probeta fue colocada simétricamente sobre dos soportes de apoyo, lo que se muestra en la Figura 31, para después aplicarle al centro del claro una fuerza concentrada y distribuida uniformemente en el ancho de la probeta, a una velocidad constante de 5 mm/min hasta que se presente un rompimiento, tal como se observa en la Figura 32, se realizó la prueba por triplicado para cada una de las formulaciones establecidas.



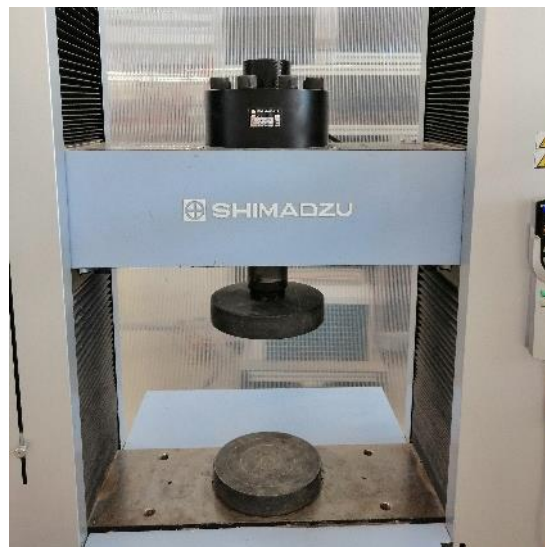
**Figura 31.** Probeta colocada simétricamente entre las mordazas (Elaboración propia).



**Figura 32.** Ruptura de la probeta y fin de la prueba mecánica (Elaboración propia).

### 3.2.2.3 Prueba de compresión

Al igual que en la prueba anterior, se cambiaron las mordazas, para esta prueba fue necesario utilizar las placas de compresión como se observa en la Figura 33, cabe mencionar que las pruebas se realizaron considerando una velocidad de 5 mm/min con base en la norma ASTM 1037 (1992).



**Figura 33.** Mordazas colocadas y listas para la prueba de compresión (Elaboración propia).

Enseguida, se colocó la probeta como se ilustra en Figura 34, se inicia la prueba y cuando se presenta la primera ruptura se detiene la máquina, tal y como se aprecia en la Figura 35.



**Figura 34.** Colocación de la probeta en la máquina universal de esfuerzos (Elaboración propia).



**Figura 35.** Ruptura del material debido a la carga aplicada, lo cual indica el fin de la prueba (Elaboración propia).

#### **3.2.2.4 Prueba de absorción de agua**

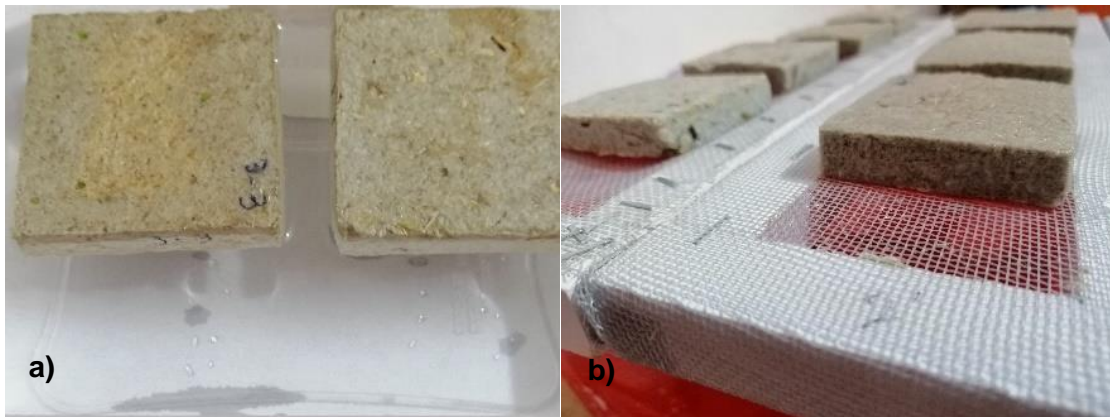
Las dimensiones de las probetas utilizadas en esta prueba fueron de 4.5 cm x 4.0 cm x 0.5 cm, establecidas con base en la norma ASTM D 1037. En la Figura 36 se presentan las probetas de cada formulación utilizadas en esta prueba.





**Figura 36.** Probetas cortadas a la medida que establece la norma para esta prueba (Elaboración propia).

Para la realización de esta prueba, se sumergió en agua a temperatura ambiente cada una de las tres probetas de las formulaciones, tal y como se muestra en la Figura 37. Primeramente, durante 2 horas y se registró la primera medición de datos, después se volvieron a sumergir durante 24 horas para obtener el segundo registro de datos, con la finalidad de analizar la resistencia a la absorción de agua que presenta el aglomerado.



**Figura 37.** En la figura a) se aprecian las probetas sumergidas en agua y en la figura b) se visualizan las probetas después de haber estado sumergidas en agua durante 24 horas (Elaboración propia).

### 3.2.3 Análisis de resultados

De acuerdo a los procesos, pruebas y estudios descritos en la etapa Experimentación de la metodología realizados en este trabajo de investigación, se obtuvieron los resultados que a continuación se presentan.

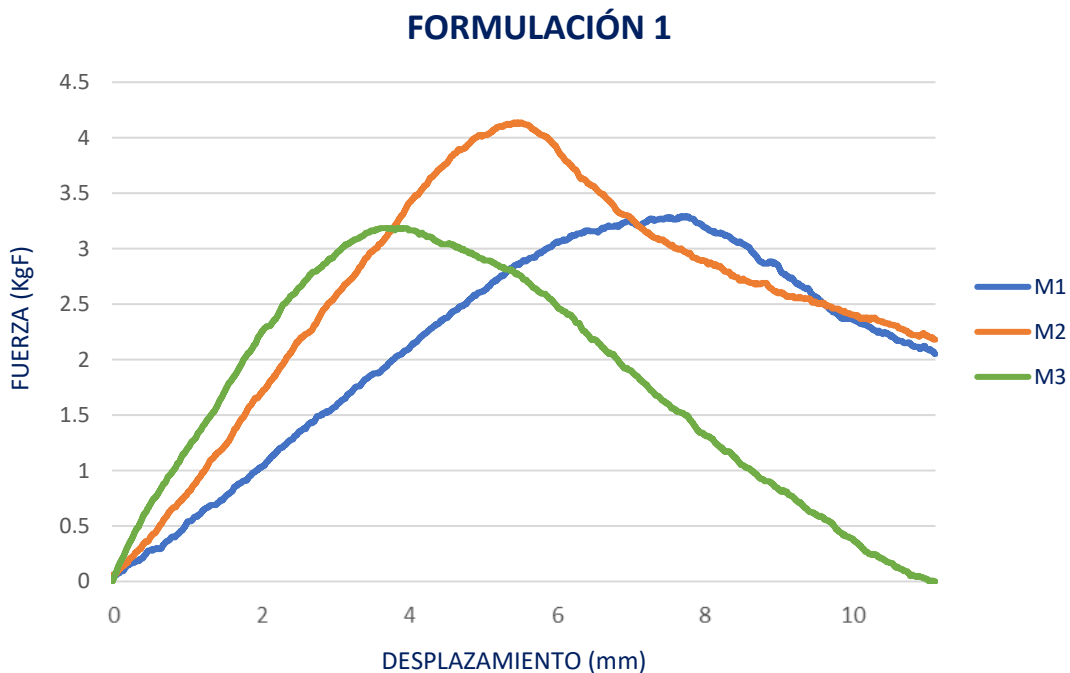
### 3.2.3.1 Resultados de la prueba de flexión

En la Tabla 15, se presentan los datos obtenidos de las pruebas a flexión realizadas a las muestras de ensayo de la Formulación 1, en términos de la máxima fuerza a flexión. Se observa que la máxima fuerza a la flexión promedio es de 3.537 KgF.

**Tabla 15.** Resultados de las muestras de ensayo de la Formulación 1 (Elaboración propia).

Formulación 1		
Muestra	Máxima fuerza a la flexión (KgF)	Media (KgF)
1	3.290	3.537
2	4.137	
3	3.184	

Se construyó un intervalo con un nivel de confianza del 95%, el cual indica que los valores a la máxima fuerza para las muestras de ensayo de la Formulación 1 están entre 2.241 KgF y 4.833 KgF. En la Figura 38, se presenta la gráfica esfuerzo-deformación de los resultados, en donde la muestra de ensayo número 2 fue la que obtuvo mayor fuerza con 4.137 KgF.



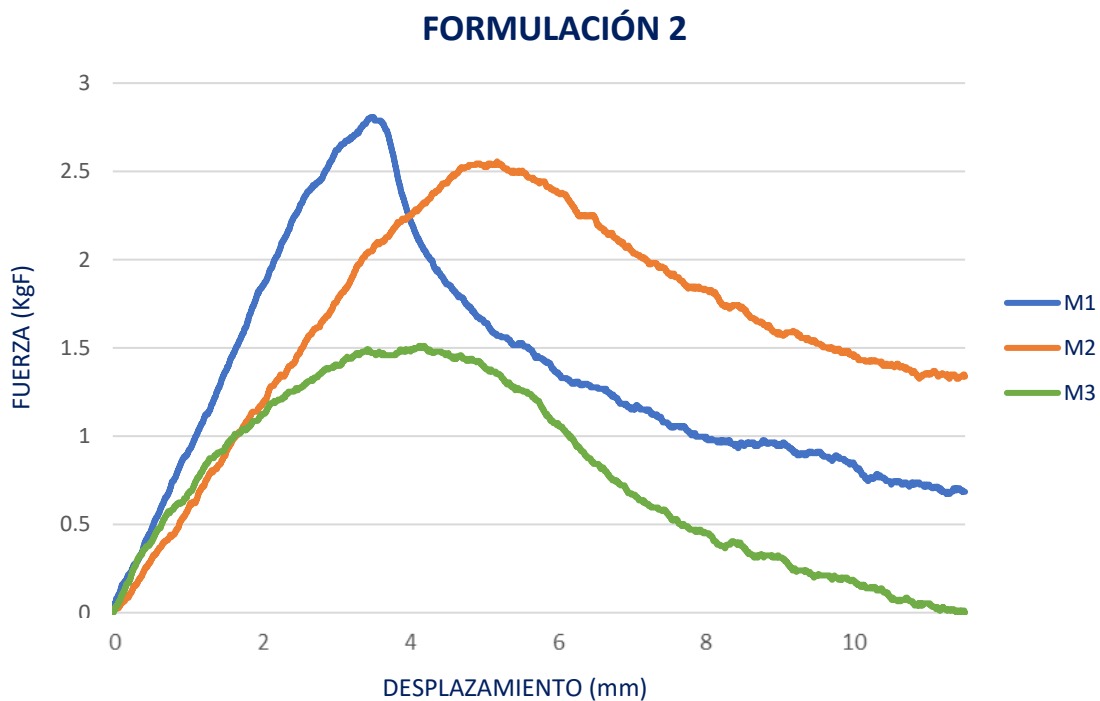
**Figura 38.** Gráfica esfuerzo-deformación de los resultados obtenidos de las probetas correspondientes a la Formulación 1 (Elaboración propia).

En la Tabla 16, se presentan los resultados para las muestras de ensayo de la Formulación 2, en términos de la Máxima Fuerza a Flexión. Se observa que la máxima fuerza a la flexión promedio es de 2.292 KgF.

**Tabla 16.** Resultados de las muestras de ensayo de la Formulación 2 (Elaboración propia).

Formulación 2		
Muestra	Máxima fuerza a la flexión (KgF)	Media (KgF)
1	2.808	2.292
2	2.556	
3	1.511	

Los valores a la máxima fuerza para las muestras de ensayo de la Formulación 2 están entre 0.589 KgF y 3.995 KgF con un nivel de confianza del 95%. En la Figura 39 está representada la gráfica de esfuerzo-deformación en donde la muestra de ensayo 1, registró la mayor resistencia a la ruptura por flexión soportando 2.808 KgF.



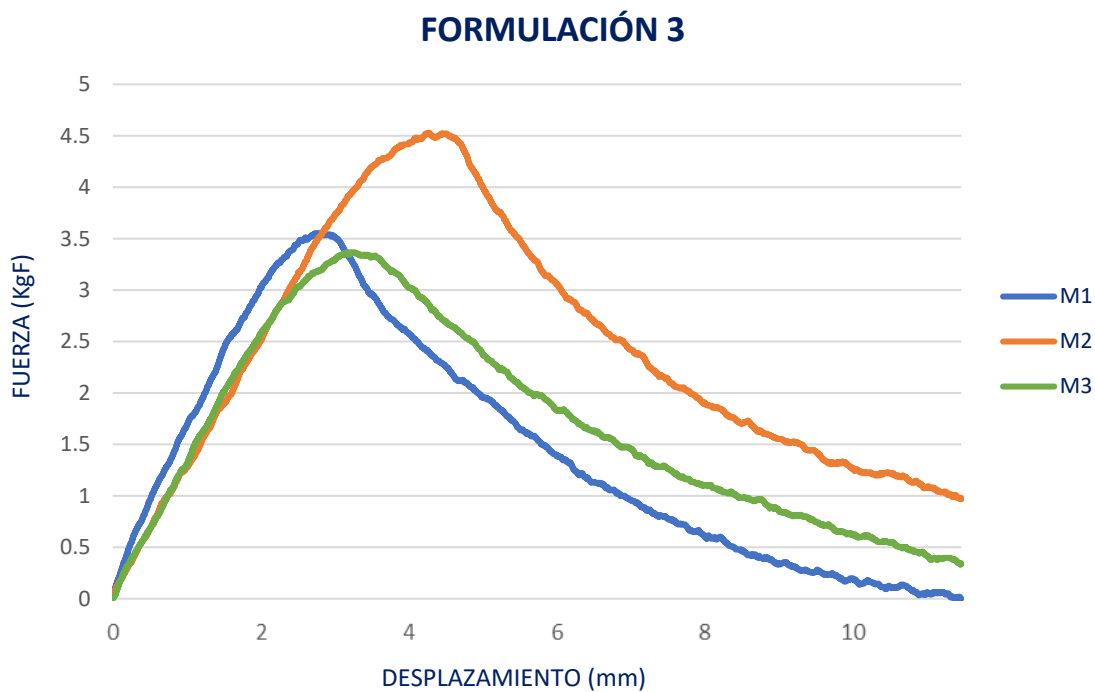
**Figura 39.** Gráfica esfuerzo-deformación de los resultados obtenidos de las probetas correspondientes a la Formulación 2 (Elaboración propia).

Por último, en la Tabla 17 se muestran los resultados para las muestras de ensayo de la Formulación 3, en términos de la máxima fuerza a flexión. Se observa que la máxima fuerza a la flexión promedio es de 3.816 KgF.

**Tabla 17.** Resultados de las muestras de ensayo de la Formulación 3 (Elaboración propia).

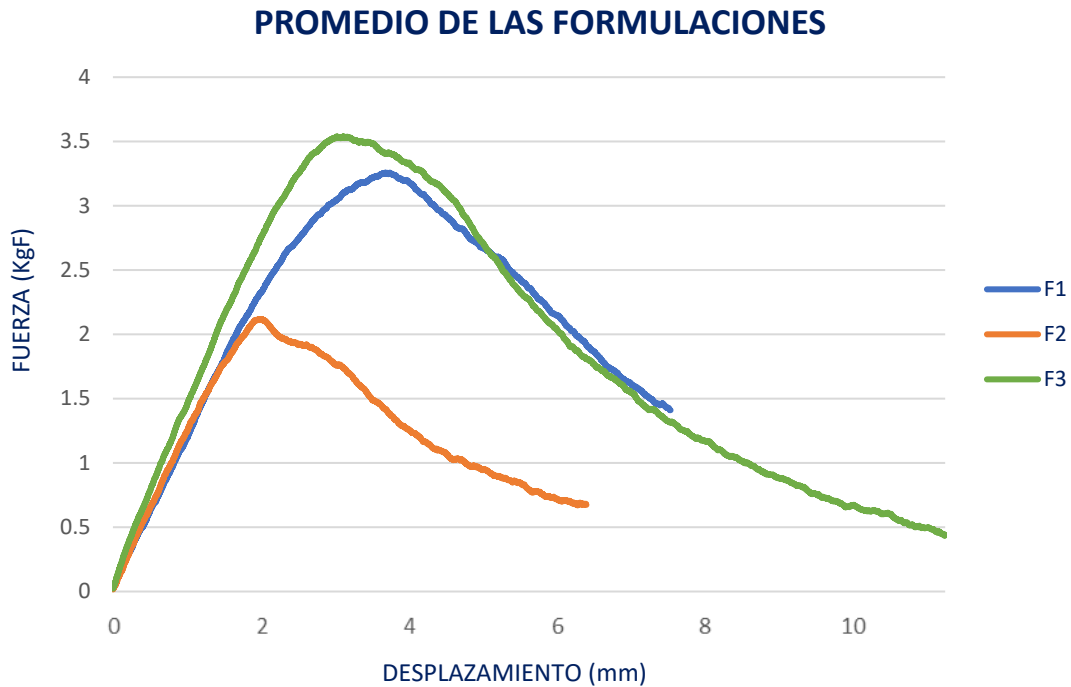
Formulación 3		
Muestra	Máxima fuerza a la flexión (KgF)	Media (KgF)
1	3.553	3.816
2	4.530	
3	3.367	

Los valores a la máxima fuerza para las muestras de ensayo de la Formulación 3 están entre 2.267 KgF y 5.365 KgF con un nivel de confianza del 95%. En la Figura 40, se presentan los resultados obtenidos de las probetas correspondientes a la Formulación 3; en donde claramente se puede observar que la muestra de ensayo número 2, es la que presenta el mejor resultado soportando 4.530 KgF.



**Figura 40.** Gráfica esfuerzo-deformación de los resultados obtenidos de las probetas correspondientes a la Formulación 3 (Elaboración propia).

Las tres figuras anteriores presentan de manera específica los resultados de cada una de las muestras en su respectiva formulación; sin embargo, para un análisis general en la Figura 41, se visualiza la gráfica de la máxima fuerza a la flexión promedio de cada formulación. En donde se puede apreciar claramente que la Formulación 3 es la que tuvo una mayor fuerza a la flexión.



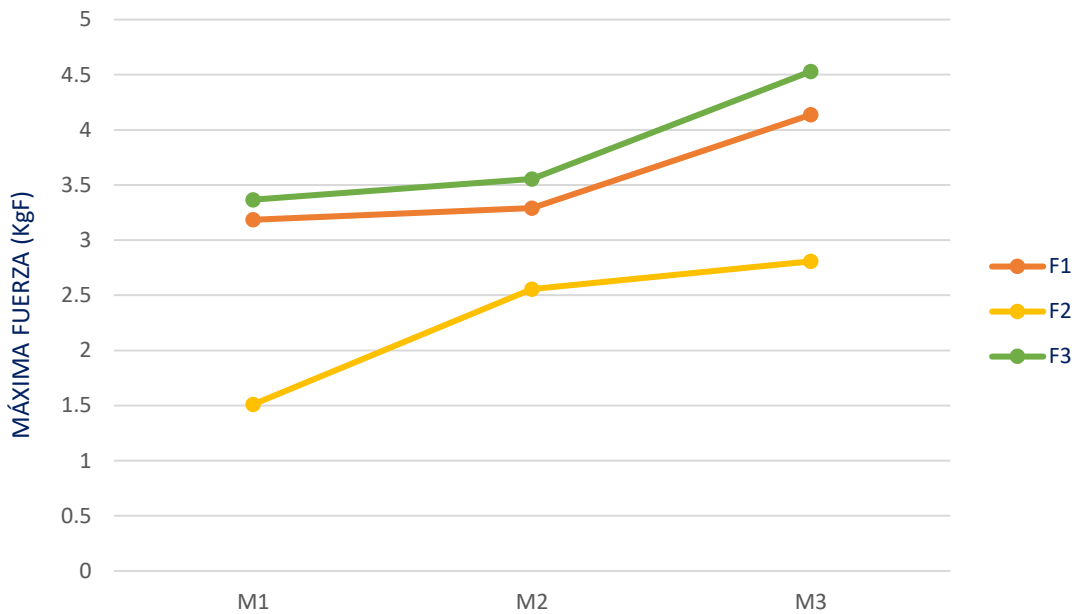
**Figura 41.** Gráfica esfuerzo-deformación de los promedios de cada formulación (Elaboración propia).

A continuación, en la Tabla 18 y Figura 42; se visualiza el resultado estadístico de la prueba de flexión de 3 puntos realizada a cada una de las formulaciones planteadas.

**Tabla 18.** Medias y desviación estándar de los datos analizados en cada formulación (Elaboración propia).

Formulación	Media (KgF)	Desviación estándar (KgF)
1	3.537	0.522
2	2.292	0.688
3	3.817	0.625

La Figura 42, presenta una comparación entre las tres formulaciones con sus respectivas muestras; donde se ve claramente que las probetas de la Formulación 3 son las que tuvieron una mayor fuerza a la flexión, seguidas por las de la Formulación 1 y 2, respectivamente.



**Figura 42.** Resultados de la prueba de flexión de las muestras por cada formulación establecida (Elaboración propia).

### 3.2.3.2 Resultados de la prueba de compresión

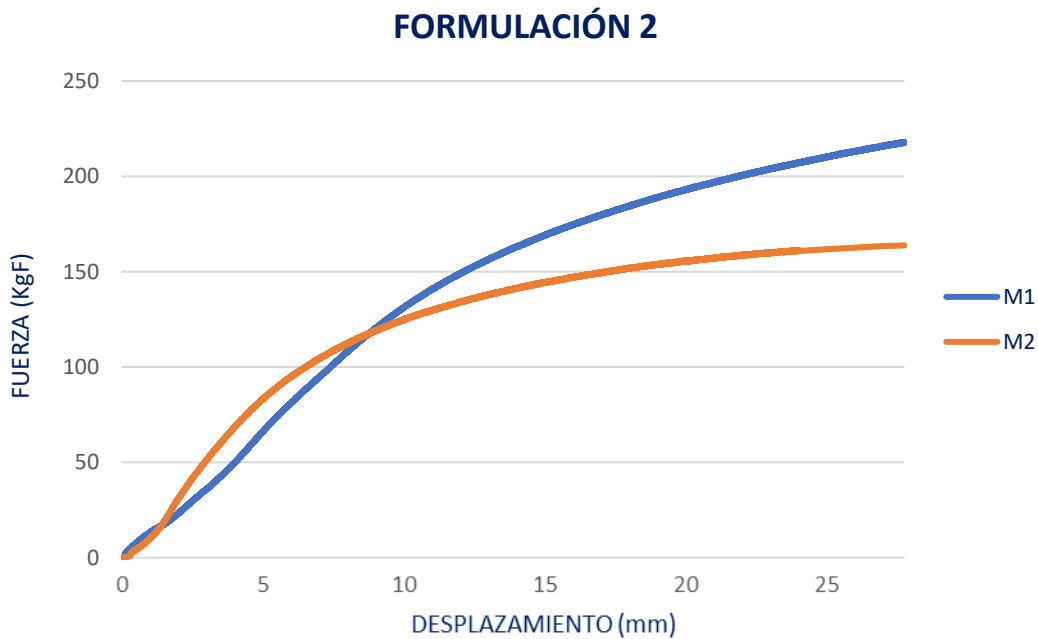
A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la prueba mecánica de compresión en cada formulación, se presenta en primera instancia los resultados obtenidos en cada formulación. En este apartado se hace una aclaración con lo que respecta a las probetas de la Formulación 1, no se pudieron desarrollar por el alto contenido de aglutinante, la rigidez y estructura de las probetas no fue la recomendada para realizar la prueba. En la Tabla 19, se presentan los resultados para las muestras de ensayo de la Formulación 2, en términos de la máxima fuerza a la compresión. Se construyó un intervalo de confianza del 95%, el cual indica que los valores a la máxima fuerza para las muestras se encuentran entre 114.811 KgF y 123.911 KgF. Se observa que la máxima fuerza a la compresión promedio es de 119.361 KgF.

**Tabla 19.** Resultados de la prueba de compresión de la Formulación 2 (Elaboración propia).

Formulación 2		
Muestra	Máxima fuerza a la flexión (KgF)	Media (KgF)
1	119.720	119.361
2	119.002	

La Figura 43, muestra la gráfica esfuerzo-deformación, donde la muestra de ensayo número 1 registró ligeramente mayor resistencia a la ruptura por compresión soportando 119.720 KgF, sin

embargo, se puede apreciar que ambas muestras coinciden en un punto, cuyo valor es 119 KgF. En esta prueba las probetas presentaron ruptura, sin embargo, por la composición del material y el diseño de la misma la prueba mecánica no se detuvo por si sola ya que, la probeta seguía comprimiéndose, por lo cual el valor de la fuerza máxima siempre fue incrementándose. Para poder tomar un valor de referencia se tuvo que monitorear y cronometrar la prueba y, al momento en que la probeta presentaba las primeras fisuras se registraba la medición correspondiente. Al finalizar la prueba y levantar las mordazas, la probeta recupero un porcentaje de su tamaño original.

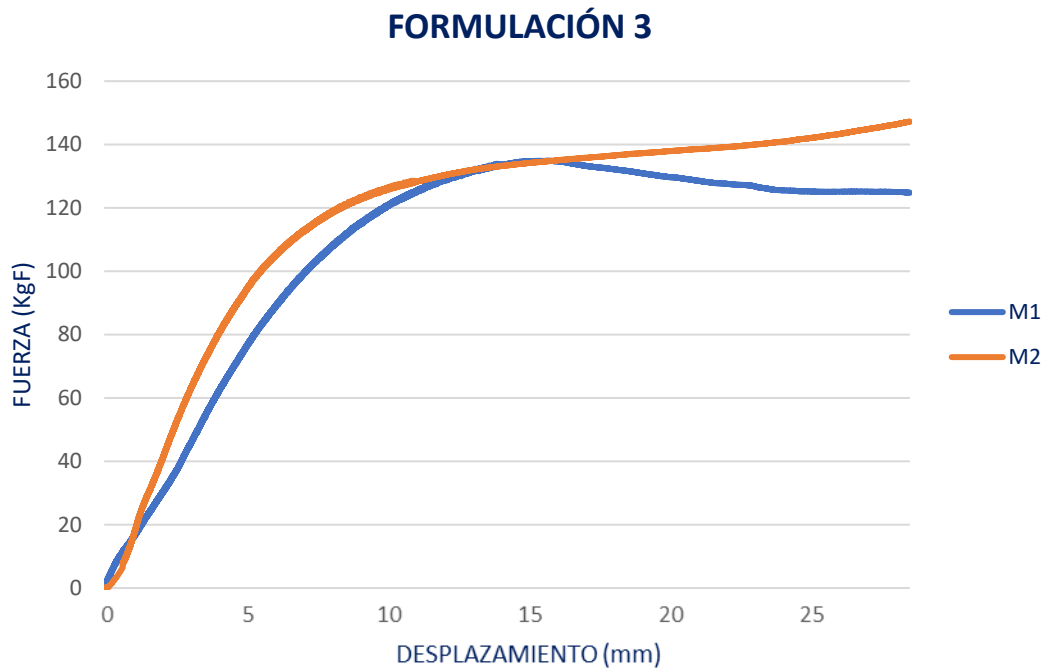


**Figura 43.** Gráfica esfuerzo-deformación de la prueba de compresión correspondiente a la Formulación 2 (Elaboración propia).

En la Tabla 20, se presentan los resultados para las muestras de ensayo de la Formulación 3, en términos de la máxima fuerza a la compresión. Se observa que la máxima fuerza a la compresión se encuentra en el intervalo de 134.791 KgF y 134.915 KgF con un nivel de confianza del 95%, además la fuerza promedio de 134.853 KgF. En la Figura 44, se visualiza la gráfica de esfuerzo-deformación para las probetas de la Formulación 3; en donde la muestra número 1 presentó un incremento en su máxima fuerza.

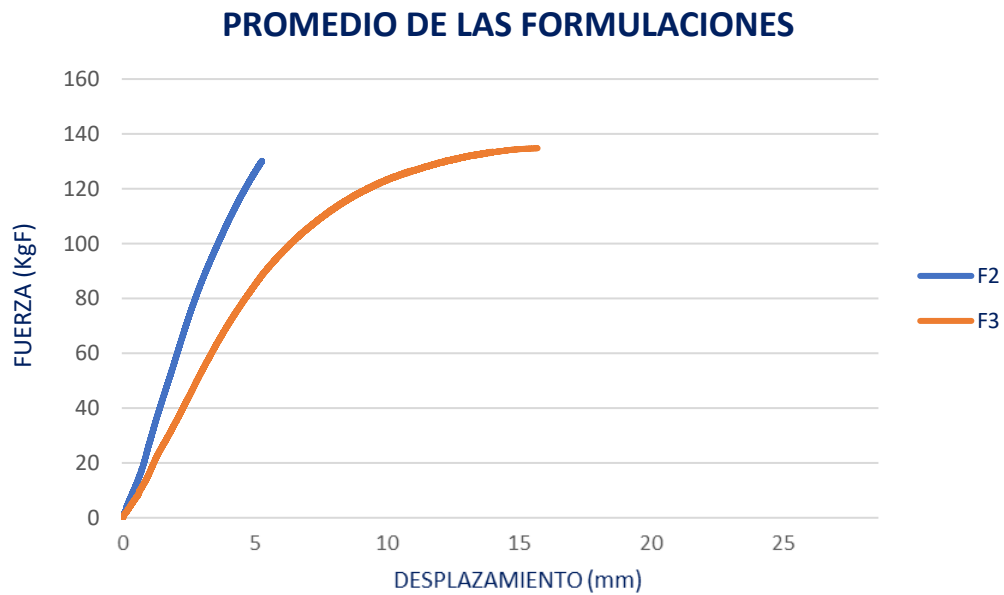
**Tabla 20.** Resultados de la prueba de compresión de la Formulación 3 (Elaboración propia).

Formulación 3		
Muestra	Máxima fuerza a la flexión (KgF)	Media (KgF)
1	134.858	134.853
2	134.848	



**Figura 44.** Gráfica esfuerzo-deformación de la prueba de compresión correspondiente a la Formulación 3 (Elaboración propia).

Para una mejor observación de los datos obtenidos, se presenta en la Figura 45 la gráfica esfuerzo-deformación de los promedios correspondientes a las muestras de la Formulación 2 y 3, respectivamente. En donde la Formulación 3 es la que tuvo la mayor resistencia de la fuerza máxima por compresión.



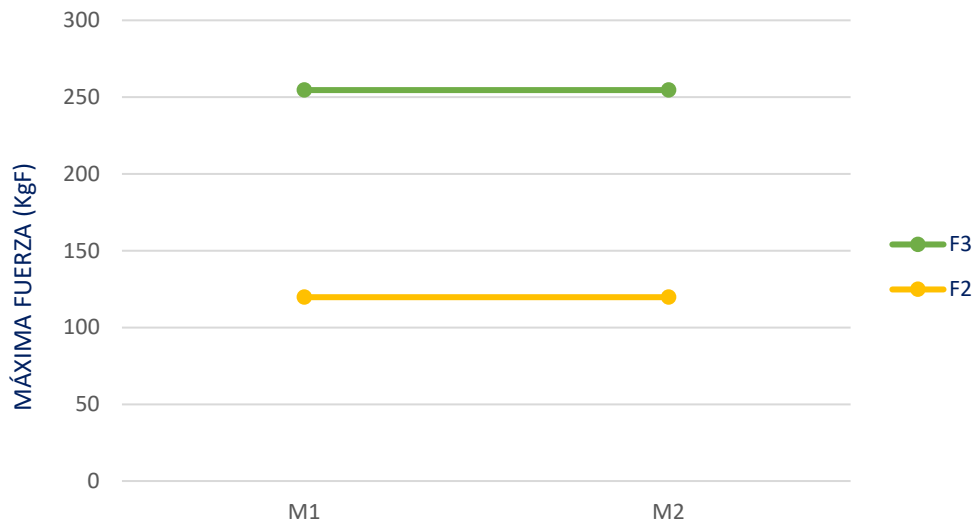
**Figura 45.** Gráfica esfuerzo-deformación de los promedios de cada formulación (Elaboración propia).



Por otra parte, en la Tabla 21 y Figura 46; se presenta el resultado estadístico del ensayo pertinente. En la Tabla 21, se muestran las medias y desviación estándar de las probetas por cada formulación correspondiente, en donde la Formulación 3 es la que tuvo el promedio más alto con un valor de 134.853 KgF y una desviación estándar de 0.062 KgF.

**Tabla 21.** Medias y desviación estándar de los datos analizados en cada formulación (Elaboración propia).

Formulación	Media (KgF)	Desviación estándar (KgF)
1	ND	ND
2	119.361	0.507
3	134.853	0.062



**Figura 46.** Resultados de la prueba de flexión de las muestras por cada formulación establecida (Elaboración propia).

### 3.2.3.3 Resultados de la prueba de absorción de agua

En la Tabla 22, se presentan los resultados correspondientes al porcentaje de agua absorbido por la probeta en relación con su peso inicial y su peso a las 2 horas y 24 horas, respectivamente, de igual forma el incremento obtenido en el espesor de dichas probetas.

**Tabla 22.** Peso, absorción de agua e incremento del espesor de la probeta (Elaboración propia).

Formulación	Peso inicial (g)	Peso 2 h (g)	Peso 24 h (g)	Incremento en peso 2 h	Incremento en peso 24 h	Espesor inicial (cm)	Espesor final (cm)	Incremento espesor (cm)
1	6.33	28.33	29	347.55%	358.13%	0.5	0.66	0.16
2	6.33	30	32	373.93%	405.52%	0.5	0.65	0.15
3	7.33	30	30.66	309.27%	318.28%	0.5	0.7	0.2

Con base en los resultados de la Tabla 22, se puede decir que:

- La probeta de la formulación número 2 fue la que tuvo el menor incremento en su espesor en comparación al de las probetas de las formulaciones 1 y 3, sin embargo, fue la que más cantidad de agua absorbió.
- La probeta de la formulación número 3 fue la que menos agua absorbió, pero fue la que más incrementó su espesor.

#### **3.2.4 Elección de la formulación**

A partir de los datos analizados de las tres pruebas realizadas, se concluye lo siguiente:

- La formulación que presentó la máxima fuerza a la flexión es la número 3, al soportar una fuerza de 3.817 KgF aplicada perpendicularmente a su eje longitudinal; posterior a ese valor el material presenta fisuras.
- La formulación número 3, es la que presentó el resultado más alto en la prueba de compresión al tener la capacidad de soportar 1.348 KgF por 1 cm<sup>2</sup>, antes de presentar indicios de fisuras.
- De igual forma, la Formulación 3, es la que menos porcentaje de agua absorbió en comparación con la Formulación 2 y la Formulación 1.

Con base en los puntos anteriores, se determinó que la formulación recomendada para la realización del aglomerado a utilizar en la fabricación de la celosía, es la de la Formulación 3.

### **3.3 Etapa 3 “Desarrollo del producto”**

En esta sección, se describe el desarrollo de la celosía desde el enfoque del diseño de producto aplicando las ideas de mejora para lograr que sea un producto ecológico utilizando la formulación determinada por medio de la caracterización preliminar del material. Y consta de tres etapas, la primera de ellas “Desarrollo del concepto” en donde se identificaron los requerimientos del usuario, a partir de esto se desarrollaron tres alternativas de concepto evaluadas mediante una encuesta, eligiendo así el concepto final. La segunda parte llamada “Diseño en nivel sistema”, abarca la identificación de los elementos básicos de la arquitectura del producto, con lo cual se desarrollaron tres propuestas de diseño considerando los requerimientos del usuario y el concepto elegido en la etapa 1. “Diseño en detalle” es la etapa final, en donde se realizaron los planos generales, de pieza, modelado 3D y los renders respectivos del producto final; para posteriormente construir el prototipo en el capítulo 4.

### 3.3.1 Desarrollo del concepto

En esta etapa, se determinaron los requerimientos del usuario por medio del instrumento de la encuesta con la finalidad de definir, limitar y determinar las características de la celosía conforme a las preferencias de los usuarios. Posteriormente, se analizaron los datos y se desarrollaron 3 alternativas de diseño. Por último, se eligió el concepto final considerando los gustos y características de los usuarios.

#### 3.3.1.1 Requerimientos del usuario

Los usuarios a los que va dirigido el producto son aquellos que se encuentren en los niveles socioeconómicos A/B y C+, siendo éstos los grupos que tienen un poder adquisitivo alto, definiendo así el mercado de forma cuantitativa. Se limitó el área geográfica con respecto a los consumidores considerando las principales ciudades del estado de Oaxaca, las cuales se muestran en la Tabla 23, con su respectiva población.

**Tabla 23:** Población total de las principales ciudades del estado de Oaxaca (Elaboración propia).

Ciudad	Población
Huajuapán de León	77,547
Oaxaca de Juárez	264,251
Salina Cruz	89,211
Tehuantepec	64,639
<b>Total:</b>	<b>495,648</b>

De acuerdo con datos del INEGI (2018), en el estado de Oaxaca hay un total de 59.1% de la población que pertenecen al nivel socioeconómico bajo, mientras que un 39.2% se ubican en la clase media y tan sólo el 1.7% está en la clase alta, extrapolarlo dichos porcentajes a la población total de los municipios considerados en este estudio, se obtienen los resultados presentados en la Tabla 24.

**Tabla 24:** Clasificación de la población de acuerdo al nivel socioeconómico (Elaboración propia).

Municipio	Población	Clase media	Clase alta
Huajuapán de León	77,547	30,398	1,318
Oaxaca de Juárez	264,251	103,586	4,492
Salina Cruz	89,211	34,970	1,516
Tehuantepec	64,639	25,338	1,098
<b>Total:</b>	<b>495,648</b>	<b>194,292</b>	<b>8,424</b>

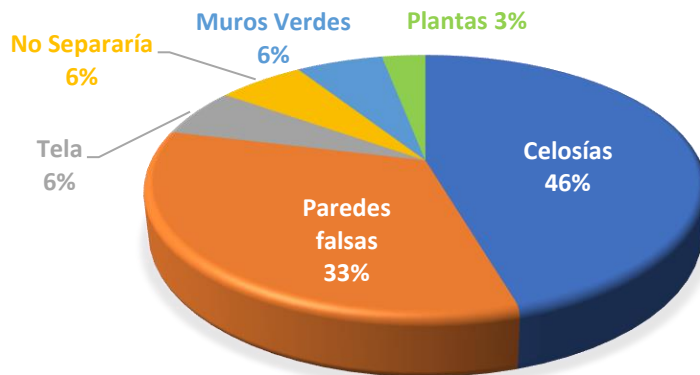
El universo sería la suma de los totales de la población considerada como clase media y alta dando un total de 202,716 habitantes. Se realizó un muestreo estratificado utilizando la fórmula para el cálculo de poblaciones finitas, la cual se muestra a continuación:

$$n = \frac{(k^2)(p)(q)(N)}{(e^2(N - 1)) + (k^2)(p)(q)},$$

donde “*n*” representa el número de personas a encuestar; “*N*” es el universo conformado por la población de los niveles socioeconómicos A/B y C+ de las ciudades establecidas; “*e*” es el error muestral permitido considerando un valor del 8% para este caso; se tomó un nivel de confianza del 95%, por lo tanto el valor de “*k*” es de 1.96. Los valores de “*p*” y “*q*” representan el porcentaje de los usuarios que “sí” comprarían una celosía y los usuarios que “no” comprarían una celosía, respectivamente. Se estableció *p*=95% y *q*=5%, quedando la sustitución de los valores como se muestra a continuación:

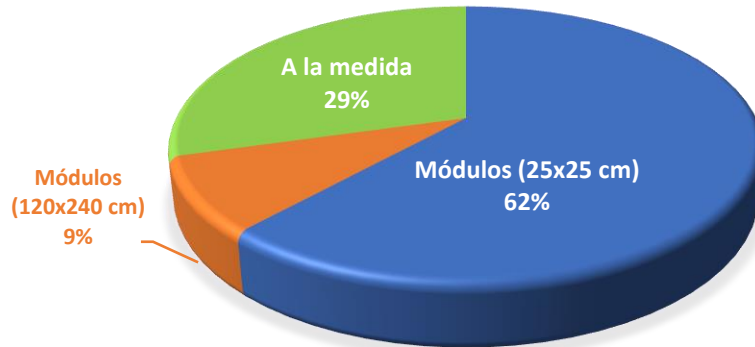
$$n = \frac{(1.96^2)(0.95)(0.05)(202,716)}{(0.08^2(202,716 - 1)) + (1.96^2)(0.95)(0.05)},$$

El resultado final es de 29 personas. Una vez determinada la muestra representativa, se aplicó una encuesta para obtener información preferencial e informativa acerca de las celosías, con el fin de detectar las necesidades del usuario para convertirlos más adelante en requerimientos; el formato de la encuesta aplicada se incluye en la sección de Anexos. La Figura 47, muestra que el 46% de los entrevistados utilizan celosías para separar sus espacios abiertos, por lo tanto, es viable el desarrollo de un producto de este tipo. Mientras que un 33% ocupan paredes falsas y el resto de las opciones cuya suma representa el 21% utilizan tela, plantas, muros verdes y otros no separarían sus espacios abiertos.



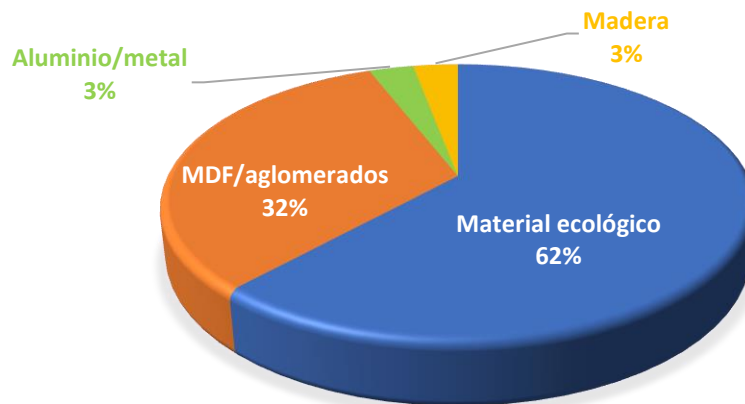
**Figura 47.** Porcentaje de los encuestados en cuanto a las opciones de separar espacios. (Elaboración propia).

Del 46% de los encuestados que utilizarían las celosías, un 62% prefiere que éstas sean módulos de 25 cm x 25 cm aproximadamente, debido a que son fáciles de manipular y reemplazar cuando un módulo se dañe (Figura 48). Aunque un 29% prefiere pedir su celosía hecha a la medida, descartando casi por completo la tercera opción cuya dimensión corresponde a un tablero MDF.



**Figura 48.** Dimensiones de celosías (Elaboración propia).

Con base en el contexto actual que se está viviendo, donde los hábitos de consumo se han descontrolado y la globalización se ha apoderado de la mayoría de las cosas; el consumidor no piensa al momento de comprar un producto o adquirir un servicio, tampoco se pregunta el dónde irá a parar el producto una vez acabada su vida útil y las consecuencias que este ocasionará al medio ambiente (Soto, 2020). En la Figura 49, se muestran las preferencias al tipo de material para la elaboración de la celosía, cabe resaltar que el 62% se inclinó por la utilización de un material ecológico.

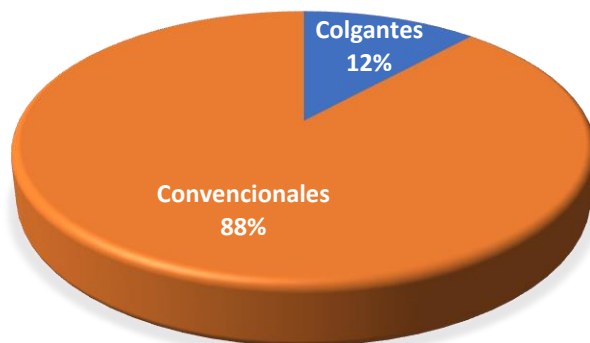


**Figura 49.** Porcentaje de los encuestados en cuanto a su material de preferencia para la elaboración de una celosía (Elaboración propia).

Esto reafirma que los usuarios se interesan por adquirir productos que sean amigables con el medio ambiente, reduciendo así la contaminación que las celosías convencionales de MDF y sus derivados generan. Actualmente, los usuarios consideran importante el cuidado al medio ambiente al momento de adquirir un producto. Sin embargo, el 32% todavía prefiere una celosía de MDF, si se suman los porcentajes de las demás opciones con esta segunda opción quedan

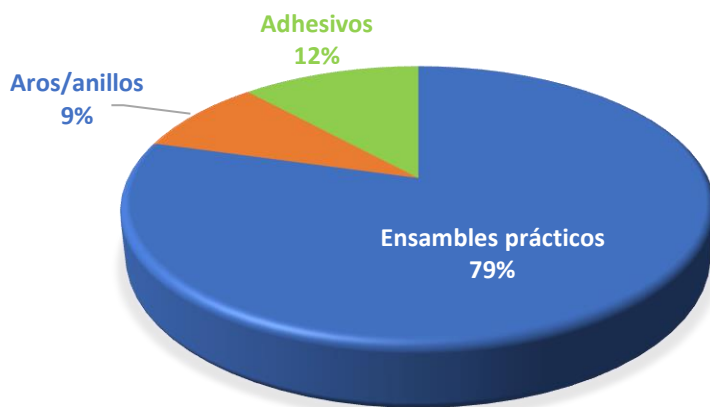
muy por debajo del primer lugar al alcanzar un 38% comparado con el 62% que obtuvo la opción del material ecológico.

El 88% de los encuestados prefieren celosías de tipo convencionales (Figura 50); las cuales son fijas al techo y piso, en algunos casos la mayoría de ellas están fabricadas a la medida; mientras que el 12% mostró un interés bajo por las celosías de tipo colgante, lo cual tiene sentido debido a que no son muy conocidas. Por ejemplo: en el estudio de mercado se vio reflejado que sólo una empresa elabora este tipo de celosías.



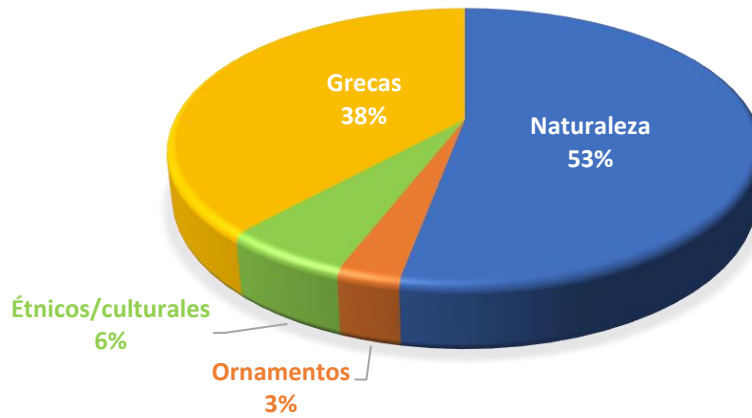
**Figura 50.** Porcentaje de los encuestados considerando el tipo de celosía que prefieren (Elaboración propia).

Al proponer una celosía modular, un factor importante es el cómo unir módulo con módulo para formar la trama de celosías. Los ensambles prácticos fueron los preferidos de los encuestados con un 79% dentro de esta categoría se engloban los ensambles hembra-macho, con escuadra metálica del tipo “L” y “T”, caja, espiga doble, los sobre puestos y atornillados. Por otra parte, el 12% utilizaría adhesivos. Quedando así en última opción los aros/anillos, aunque se nota que no son del agrado de los encuestados debido a que está relacionado con las celosías colgantes, las cuales son pocas conocidas como ya se ha mencionado con anterioridad (Figura 51).



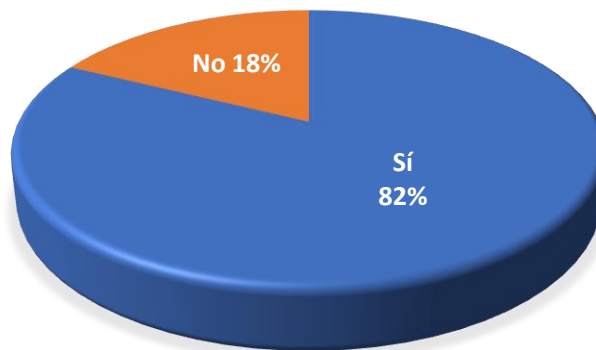
**Figura 51.** Porcentaje de los encuestados eligiendo el método de unión entre los módulos (Elaboración propia).

Un dato muy importante a saber entre los encuestados era conocer el concepto de diseño que reflejarían las celosías. En la Figura 52 se observa que el 53% prefieren los diseños bajo el concepto de naturaleza, lo cual indica que tienen una mayor aceptación, mientras que un 38% optaron por las grecas. Aunque no se descarta una combinación entre ambos conceptos, al hacer la fusión el porcentaje de aceptación se elevaría hasta un 91%.



**Figura 52.** Porcentaje de los encuestados eligiendo el concepto de diseño de su preferencia (Elaboración propia).

Los porcentajes de la última pregunta realizada a los encuestados se muestran en la Figura 53, confirmando así los resultados de las Figuras 47, 48 y 49. El 82% de los encuestados están dispuestos a comprar una celosía modular, la cual sea de fácil armado y este elaborada a base de un material ecológico, confirmando que el mercado al que va dirigido el producto necesita y utiliza celosías. Además, están dispuestos a aceptar productos nuevos con diseños modulares y fabricados con materiales amigables para el medio ambiente. Confirmando la factibilidad del desarrollo del producto realizado en esta investigación.



**Figura 53.** Porcentaje de los encuestados dando su aceptación al producto realizado en este trabajo de tesis (Elaboración propia).

Identificar los requerimientos del usuario, requirió de un proceso de investigación para la recopilación y análisis de datos. La recopilación de estos datos en el presente proyecto se hizo mediante un análisis de mercado y encuestas a personas que fueron incluidas en un perfil de

nivel socio económico nivel A/B y C+. Los cuales dieron como resultado las necesidades del usuario convirtiéndose a la par en requerimientos técnicos, como se muestran en la Tabla 25.

**Tabla 25:** Tabla de necesidades del usuario y requerimientos (Elaboración propia).

Necesidades	Requerimientos
1. Cubrir, separar o decorar los espacios abiertos.	1. Ocupar una celosía como elemento para cubrir, separar o decorar los espacios abiertos.
2. La celosía tiene que ser fácil de manipular, transportar y reemplazar en el caso de sufrir algún daño.	2. Emplear un diseño de celosía modular de aproximadamente 25 cm x 25 cm; quedando establecido un margen de medida mínima de 25 cm y una máxima de 50 cm.
3. Utilización de materiales más amigables con el medio ambiente en el desarrollo de los productos.	3. Utilizar un aglomerado ecológico hecho a base de un residuo agroindustrial como lo es el pseudotallo de plátano mezclado con aglutinantes naturales para fabricar la celosía modular.
4. Celosías que no se muevan fácilmente.	4. La sujeción de toda la trama de la celosía será de manera convencional, es decir, estarán sujetas al techo y piso. Sin embargo, esta la posibilidad de sujetarla a la pared en caso de ser requerido.
5. Que la unión de módulo con módulo sea de manera fácil, realizado por el mismo usuario.	5. Las uniones entre los módulos serán prácticos y fáciles de ensamblar para que el usuario por si sólo haga la instalación completa. Así como la utilización de piezas estandarizadas y prefabricadas al presentar la ventaja de fácil adquisición y reemplazo de las mismas.
6. Que los diseños de las celosías sean agradables a la vista.	6. Diseños bajo los dos conceptos que más aceptación tuvieron por los encuestados, naturaleza y grecas, respectivamente.

Los requerimientos obtenidos en la tabla anterior, sirvieron de base para elaborar los primeros bocetos en la etapa de alternativas de diseño y su aplicación de forma más detallada en el diseño a nivel sistema.

### 3.3.1.2 Alternativas de concepto


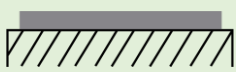

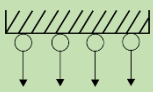
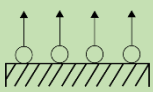

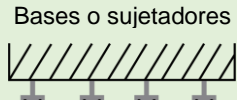
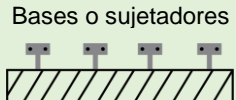
En esta etapa se desarrolla con mayor interés la temática del diseño utilizando los conceptos elegidos por los usuarios existiendo así una relación en cuanto a los conceptos, ya que estos términos sirvieron de inspiración. Se presentan tres alternativas de concepto, siendo estos los primeros bosquejos del diseño de la celosía a desarrollar los cuales están centrados en la conceptualización del diseño y apariencia que tendrá el módulo.

Para la realización de la matriz morfológica base (Tabla 26) que ayudó a determinar las diferentes combinaciones generando las alternativas, se consideraron los requerimientos cuatro, cinco y seis descartando el uno y tres, debido a que sólo se utilizaron los que se refieren a la función propia del objeto a desarrollar mientras que el requerimiento dos detalla aspectos como formas y medidas, las cuales se abordan en el apartado del diseño a detalle.



La primera columna de la Tabla 26 establece cuatro temáticas de diseño con base en los gustos de los usuarios encuestados donde resaltaron los términos de naturaleza y grecas; considerando así el requerimiento seis. Por otra parte, las columnas dos y tres hacen referencia a los tipos de fijaciones utilizadas en el techo y piso para poder fijar la trama completa de la celosía, sin embargo, no se descarta la posibilidad de que se pueda fijar a la pared utilizando los lados laterales de la trama. Las fijaciones fueron clasificadas en tres grupos las de tipo “Riel”, “Argollas” y “Bases o sujetadores”, respectivamente. Por último, la columna cuatro propone dos formas de unión entre módulo y módulo considerando el requerimiento cinco, donde deben ser fáciles de colocar y prácticos al momento de manipular los módulos.

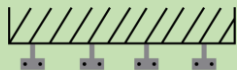
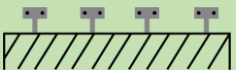

**Tabla 26:** Tabla morfológica base para definir los conceptos de diseño (Elaboración propia).

Temática de diseño	Fijación al techo	Fijación al piso	Forma de unión módulo con módulo
Flora	Riel 	Riel 	Argollas 
Fauna			
4 elementos de la naturaleza	Argollas 	Argollas 	Conector 
Grecas	Bases o sujetadores 	Bases o sujetadores 	

### A) Alternativa 1 “Grecas prehispánicas”

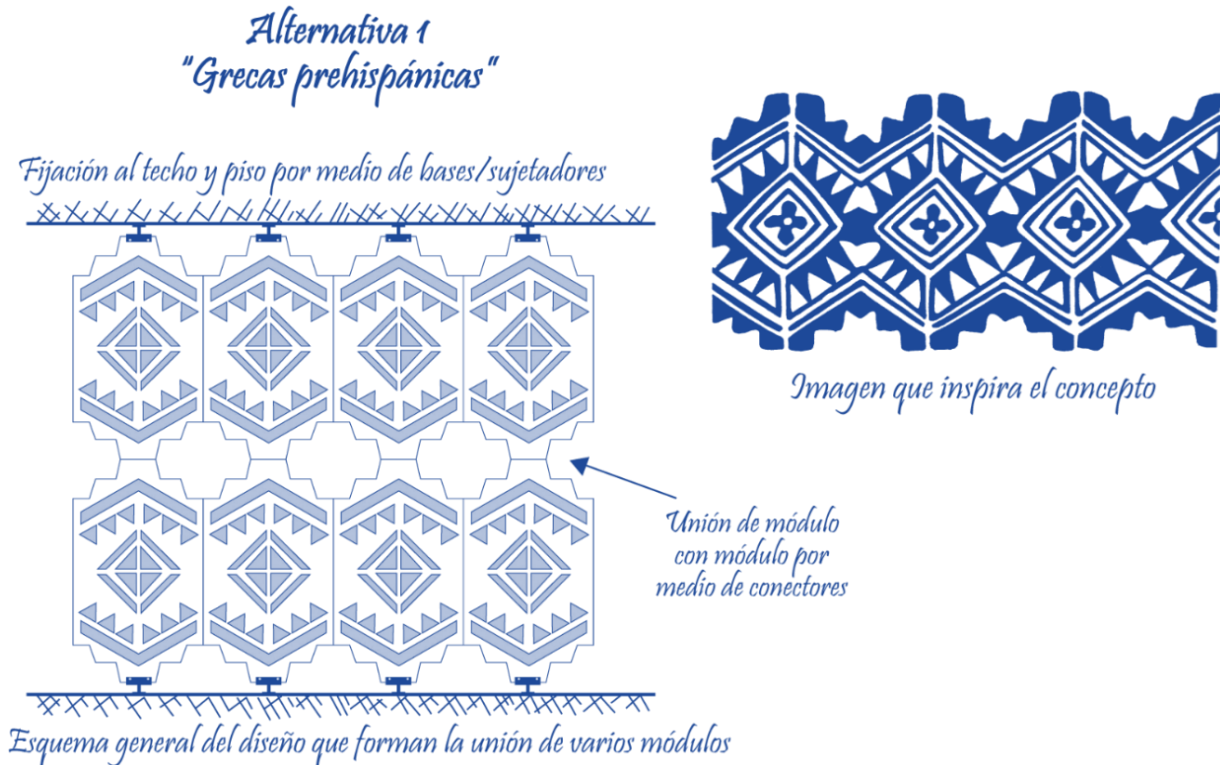
La Tabla 27, muestra la configuración morfológica de esta alternativa desarrollada bajo la temática de diseño inspirado en las grecas, donde la sujeción de toda la trama de la celosía se propone que sea por medio de bases o sujetadores tanto en el techo y piso, y que un conector sea la unión entre módulo y módulo.

**Tabla 27:** Matriz morfológica de la alternativa de diseño 1 (Elaboración propia).

Temática de diseño	Fijación al techo	Fijación al piso	Forma de unión módulo con módulo
Grecas			

La Figura 54, muestra un boceto simple siendo esta la primera materialización de este producto, representando la trama del sistema en conjunto y considerando la fijación al techo y piso, así como la unión entre módulos, a un costado se presenta la imagen que inspira el concepto, la cual

se trata de grecas prehispánicas retomadas de las culturas zapotecas, mayas y aztecas, cuyo patrón está conformado por rayas y triángulos, principalmente (INAH, 2015). El diseño original fue sintetizado a formas geométricas simples para que fuera mucho más fácil de trabajar, además de crear un diseño más conceptual.



**Figura 54.** Boceto de la alternativa de diseño 1 (Elaboración propia).

### B) Alternativa 2 “Caracol prehispánico”

La alternativa 2 está inspirada en tres temáticas de diseño: flora, fauna y aire. La trama estará sujeta al techo y piso mediante el sistema de fijación tipo riel para dar estabilidad. El tipo de ensamble para la unión de los módulos circulares será por medio de conectores. La Tabla 28, presenta la configuración morfológica armada para esta alternativa.

**Tabla 28:** Matriz morfológica de la alternativa de diseño 2 (Elaboración propia).

Temática de diseño	Fijación al techo	Fijación al piso	Forma de unión módulo con módulo
Flora, Fauna y Aire			

En la Figura 55 se presenta el boceto de la alternativa 2, donde se aprecia de manera general el esquema que arman todos los módulos circulares considerando requerimientos como la fijación al suelo-techo y entre módulos. A un lado se muestra la imagen del caracol del mar con toques

prehispánicos, el cual inspira al concepto, según datos del INAH (2015) este objeto era un instrumento musical sagrado, asociado a grandes ceremonias y acontecimientos, se cortaba la punta del caracol para dejar un orificio por donde pasaba el aire, tuvo su apogeo entre los pueblos desde el sur, hoy USA, hasta América Central. Debajo de la figura principal se observa una composición preliminar que resulta al unir seis caracoles en el punto medio dando el aspecto de una flor. Una vez sintetizado el diseño, este refleja una flor con la silueta característica del caracol inscrito dentro de un círculo.



Figura 55. Boceto de la alternativa de diseño 2 (Elaboración propia).

### C) Alternativa 3 “Mariposa”

En la Tabla 29, se muestra la configuración morfológica utilizada en esta alternativa desarrollada bajo la temática de diseño fauna, la fijación al techo y piso se hará a través de argollas mientras que la unión entre los módulos será por medio de argollas.

Tabla 29: Matriz morfológica de la alternativa de diseño 3 (Elaboración propia).

Temática de diseño	Fijación al techo	Fijación al piso	Forma de unión módulo con módulo
Fauna			

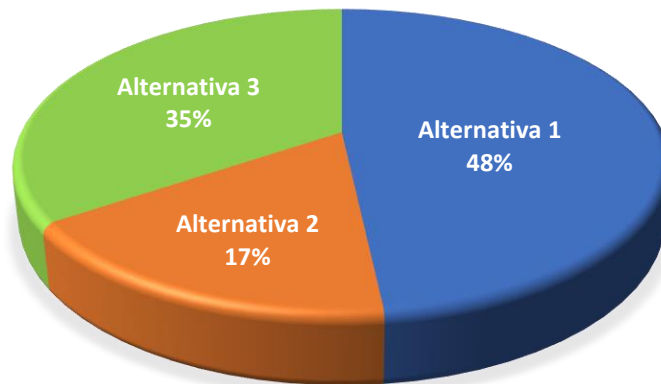
La Figura 56, muestra la primera materialización de esta alternativa representando la trama del sistema en conjunto, considerando al igual que las alternativas anteriores el sistema de fijación al suelo y techo, así como la unión entre los módulos. En el boceto también se aprecia la imagen en la que se inspiró este diseño, se trata de una mariposa con matices rústicos, la cual es transformada a un diseño más simple sin perder la esencia del diseño original, en este caso representado por una mariposa, la cual para los antepasados era un símbolo de transformación que frecuentemente eran asociadas a las manifestaciones de carácter mitológico y religioso. Los conectores son parte fundamental en esta alternativa debido a que unirán partes muy delgadas y pequeñas de los módulos.



**Figura 56.** Boceto de la alternativa de diseño 3 (Elaboración propia).

Los bocetos en esta etapa son burdos, simples, sin especificaciones establecidas ni detalles, ya que se inició trabajando el concepto para después resolverlo más a fondo, lo que es pertinente en las metodologías de desarrollo de producto. Una vez obtenidas las tres alternativas de diseño se procedió a la selección del concepto de diseño que marcó la pauta para la materialización de las ideas finales en el diseño a nivel sistema, dicha selección se realizó por medio de una encuesta a la misma cantidad de personas consultadas anteriormente. Se les mostraron las tres alternativas y el usuario eligió la propuesta de su agrado. El resultado de esta última encuesta se muestra en la Figura 57; donde se observa que la mayoría prefiere la alternativa de diseño 1

“grecas prehispánicas” y en segundo lugar con un 35% se posicionó la alternativa 3 “Mariposa”. El objetivo de establecer este método de selección, fue para poder corroborar la aceptación que tendría el diseño del producto ante los usuarios y posibles clientes.



**Figura 57.** Porcentaje de los encuestados refiriéndose a la aceptación sobre los conceptos de diseño (Elaboración propia).

### **3.3.2 Diseño en nivel sistema**

En esta etapa, se desarrollaron otras tres propuestas de diseño, las cuales están basadas en la identificación de los elementos básicos de la arquitectura para formar la trama de la celosía. También se identificaron las ventajas y desventajas de las propuestas para su posterior evaluación, considerando elementos para el sistema de fijación, forma de los paneles y la unión entre módulo y módulo, con base en el producto y el concepto de diseño número uno que se eligió en el apartado anterior. Posteriormente, con ayuda de una matriz de decisión se seleccionó la propuesta definitiva con la que se trabajó en el diseño a detalle, determinando las formas de los ensambles y la geometría de las piezas. El apartado anterior solo se centró en proponer los conceptos de diseño, mientras que el diseño en nivel sistema se basa en propuestas más detalladas, donde interfieren elementos específicos, tales como las dimensiones, formas geométricas de los módulos, relieves y colores.

#### **3.3.2.1 Elementos básicos de la arquitectura del producto**

En la Figura 58, se aprecia un desglose de las principales partes que conforman la arquitectura de una celosía. La imagen fue elegida porque permite visualizar de manera más clara todos sus elementos. Este análisis es importante para poder identificar aquellos elementos del producto que son indispensables y tienen una función primordial.



**Figura 58.** Elementos básicos de la arquitectura de una celosía (Elaboración propia).

Después del análisis, se identificaron como elementos básicos de la arquitectura de una celosía, los siguientes:

- Sistema de fijación al techo y piso: los cuales dan soporte a la celosía, ya que proporcionan la estabilidad que necesita todo el conjunto para mantenerlo firme.
- Cuerpo de la celosía: es el conjunto de los módulos final armado, este puede estar conformado por un módulo de gran tamaño o varios.
- Unión entre módulo y módulo: Este elemento surge debido a que es necesario unir dos o más módulos de paneles para cubrir un área más grande, como el que se muestra en la Figura 58, por ejemplo.

### 3.3.2.2 Propuestas de diseño

Las siguientes propuestas abarcan el concepto de una forma detallada, sin embargo, no se varían los elementos de la tabla morfológica que presenta la alternativa 1, es decir, los elementos de fijación al suelo-techo y la unión entre módulos. Por otra parte, en estas propuestas se presentan variaciones en el diseño en lo que respecta a la forma de los módulos, grosor de los mismos, colores del diseño, forma de las grecas (si serán huecas, en bajo o alto relieve). En lo que precisa a los elementos de unión y fijación se consideraron piezas estandarizadas y prefabricadas con el fin de reemplazarlas fácilmente.

## A) Propuesta de diseño 1

Esta propuesta, plantea celosías modulares cuadradas de dimensiones 35 cm x 35 cm x 2.5 cm, las cuales mantienen el color natural del material, con un sistema de fijación suelo-techo utilizando una base para madera modelo AP-FUZ (INDEX, 2019), la unión entre los módulos será por medio de un rastrel principal y un rastrel conector este último desempeña una función primordial de unión en la trama; ambos forman un marco, se utiliza adhesivo y tornillería para su unión final. La Figura 59, presenta a modo de infografía una perspectiva general de la trama de celosía (1m<sup>2</sup>) ya instalada, el tipo de unión a utilizar, medidas generales y la configuración a detalle de los rastreles de madera. Las formas geométricas representadas por triángulos y trapecios plasmados en las caras de los módulos serán perforaciones, lo cual permitirá el paso del aire y luz.

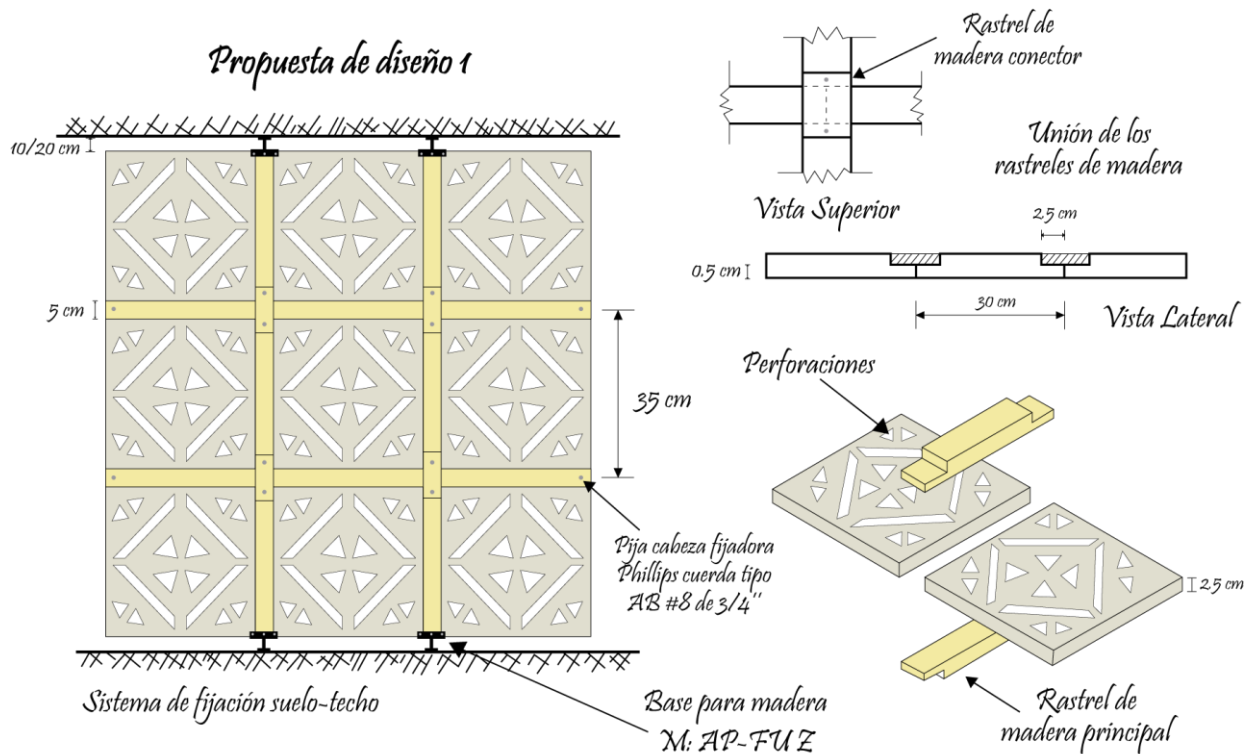


Figura 59. Detalle de la "Propuesta de diseño 1" a manera de infografía (Elaboración propia).

En la Tabla 30 se describen las ventajas y desventajas de este diseño, en donde una de las ventajas principales es la flexibilidad en la composición del acomodo de los módulos, es decir, el usuario puede omitir colocar algunos en el proceso del armado. Por otra parte, presenta la desventaja de utilizar muchas piezas en su armado, en el caso específico de los rastreles, ya que para armar 1 m<sup>2</sup> se necesitan 32 de estas piezas, lo que a la par representa un aumento en el costo de producción.

**Tabla 30:** Ventajas y desventajas de la propuesta de diseño 1 (Elaboración propia).

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"><li>• Flexibilidad en la composición del conjunto final de la celosía.</li><li>• Al no tener espacios abiertos entre módulo y módulo brinda mayor privacidad.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mayor número de piezas para poder armar 1 m<sup>2</sup> de celosía en comparación con las propuestas 2 y 3.</li><li>• Complejidad en el armado.</li><li>• El uso de los rastreles de madera aumenta los costos de producción.</li></ul>

Para finalizar con la descripción de esta propuesta de diseño, se enlistan los procesos realizados y herramientas a utilizar en el armado de todo el conjunto. Los procesos son contabilizados sin importar el espacio que se quiera cubrir, ya que éstos 2 aspectos ayudarán en la elección final de la propuesta. En estos pasos se ven involucrados 2 herramientas (desarmador y taladro).

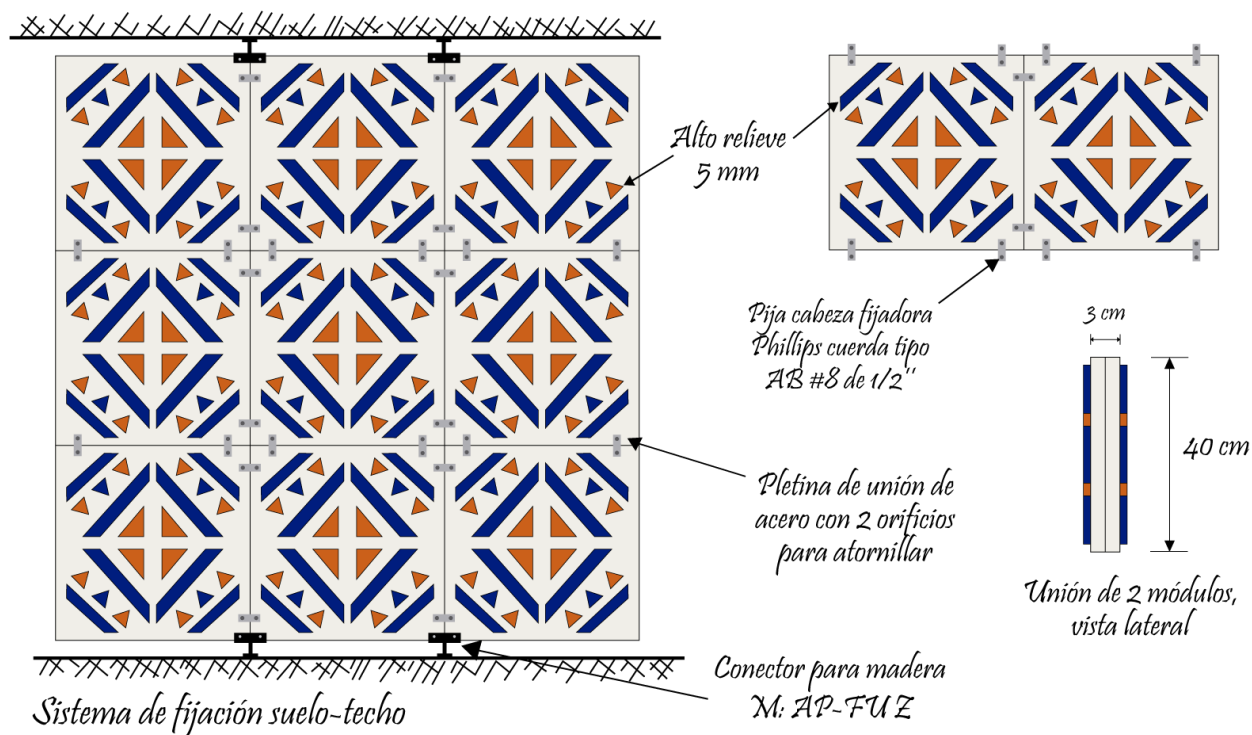
1. Determinar la distribución de los módulos con base a la configuración que se desea armar.
2. Colocar los rastreles principales en los puntos indicados sobre una de las caras de toda la trama de celosía.
3. Poner adhesivo en una de las caras del rastrel conector la cual estará en contacto directo con el rastrel principal, colocarlo en la unión que generan 2 rastreles principales y ejercer presión.
4. Atornillar los rastreles conectores y principales en los puntos indicados.
5. Repetir el paso 2 del otro lado de la trama.
6. Repetir el paso 3 del otro lado de la trama.
7. Repetir el paso 4 del otro lado de la trama.
8. Atornillar las bases de madera AP-FUZ a la trama de celosía completamente armada en los puntos que se indican.
9. Fijar las bases de madera al techo y suelo, para completar la instalación de la celosía.

## **B) Propuesta de Diseño 2**

En la Figura 60 se visualiza el diseño de esta propuesta, la cual muestra módulos un poco más cargados de grecas triangulares que la propuesta 1, dichas grecas se proponen en tonalidades azul y naranja, en un alto relieve con una altura de 5 mm. Lo que hace diferente a este diseño, es que se propone un módulo principal conformado por dos módulos, dando como resultado final una trama a doble vista. Los módulos tendrán una dimensión de 40 cm x 40 cm x 1.5 cm. Dentro del sistema de fijación suelo-techo que engloba la opción de bases y sujetadores (fijaciones puntuales, tipo escuadra, abrazaderas y algunos bases de madera), se propone que se utilice una base de madera AP-FUZ (INDEX, 2019) para fijar toda la trama, colocados en los puntos indicados como se aprecia en el esquema general. Como conector entre módulos se utilizaría una pletina de unión de acero con 2 orificios.



## Propuesta de diseño 2



**Figura 60.** Detalle de la “Propuesta de Diseño 2” a manera de infografía (Elaboración propia).

En la Tabla 31 se presentan las ventajas y desventajas de este diseño, destacando que su principal desventaja es que al ser de doble vista se necesitarían más módulos para armar 1 m<sup>2</sup> de celosía en comparación con las propuestas 1 y 3, para este caso se utilizarían 18 módulos. En cuanto a las ventajas presenta las mismas que la propuesta 1.

**Tabla 31:** Ventajas y desventajas de la propuesta de diseño 2 (Elaboración propia).

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexibilidad en la composición del conjunto final de la celosía.</li> <li>Al no tener espacios abiertos entre módulo y módulo brinda mayor privacidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se necesitan más módulos para armar 1 m<sup>2</sup> de celosía, en comparación a las propuestas 1 y 3.</li> </ul>

Las herramientas involucradas son 3, (desarmador, taladro y prensas). Mientras que el número de procesos para esta propuesta son 5 los cuales se describen a continuación:

1. Unir dos módulos utilizando adhesivo y prensas para formar el módulo principal.
2. Determinar la distribución de los módulos según la configuración que desea el usuario.
3. Distribuir y fijar las pletinas utilizando una pija en los puntos indicados en ambas caras de la trama de la celosía configurada por el usuario.
4. Atornillar las bases AP-FUZ a la trama completamente armada en los puntos indicados.

5. Fijar los conectores al suelo y techo para completar la instalación de la celosía.

### C) Propuesta de diseño 3

Esta última propuesta presenta módulos rectangulares con dimensiones de 35 cm x 50 cm x 1.8 cm, esta primera característica es la diferencia con las propuestas 1 y 2, en donde los módulos son cuadrados. El diseño de los módulos viene acompañado de grecas en alto relieve (7 mm) dando así una sensación de textura y perspectiva, con un acabado en color dorado, mientras que el resto del cuerpo de la celosía conserva el color natural del material. Se propone que toda la trama este fija al suelo y techo por medio de abrazaderas de acabado galvanizado con una longitud de 2 ½", cabe hacer mención que este tipo de sujeción se puede colocar a los laterales, dando así la posibilidad de fijar la trama a la pared. La unión de módulo con módulo será mediante una pletina de unión de acero con dos orificios para atornillar. Los detalles antes mencionados se muestran en la Figura 61, se plantea la posibilidad de crear una pieza adicional tal y como se muestra; la cual puede ser colocada o no según el criterio del usuario. En caso de ser colocada todo el conjunto de celosía presentará un diseño completo con absoluta privacidad.

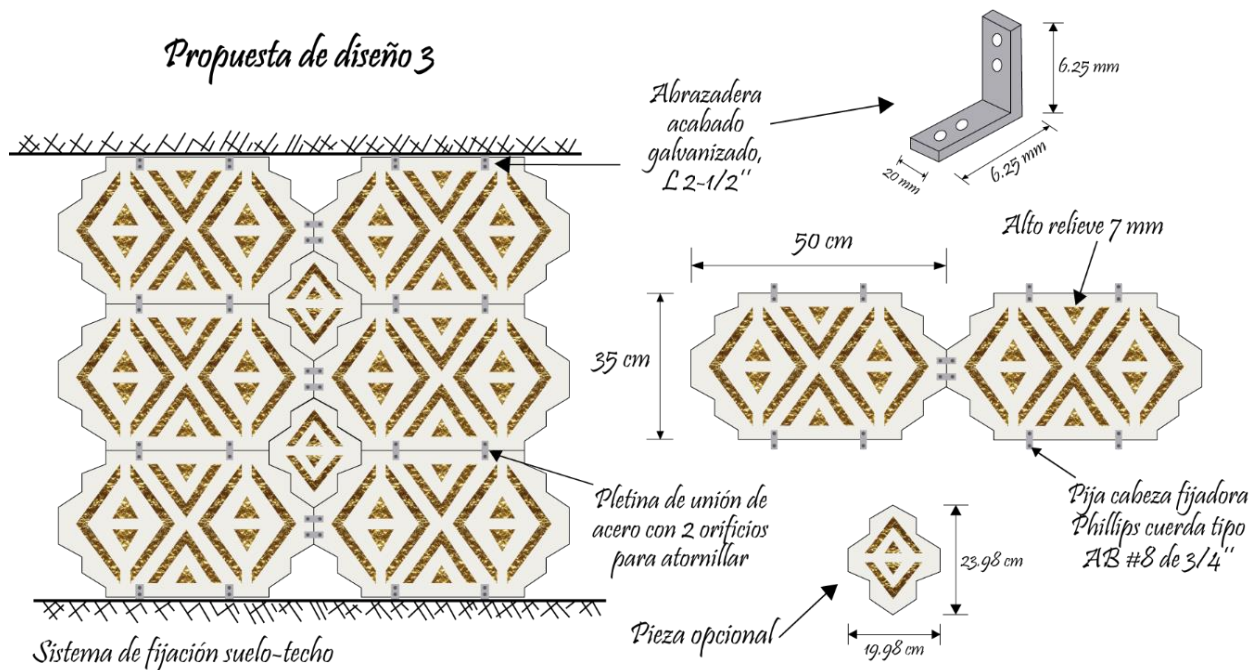


Figura 61. Detalle de la "Propuesta de diseño 3" a manera de infografía (Elaboración propia).

En la Tabla 32, se presentan las ventajas y desventajas de esta propuesta en donde su principal ventaja es la flexibilidad que presenta en la composición y simetría de la celosía; dejando como desventaja principal el tamaño del módulo al tener dimensiones más grandes en comparación a las medidas de los módulos presentados en las propuestas 1 y 2.

**Tabla 32:** Ventajas y desventajas de la propuesta de diseño 3 (Elaboración propia).

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"><li>• Flexibilidad en la composición y simetría de la celosía.</li><li>• Presenta la opción de crear un diseño completo y tener absoluta privacidad.</li><li>• Fácil armado.</li><li>• El sistema de fijación de toda la trama permitirá que se pueda sujetar de los lados hacia la pared.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• El tamaño del módulo es considerablemente grande comparado al de las propuestas 1 y 2.</li><li>• Si se opta por la pieza adicional, la celosía final no permitiría el paso de luz y visibilidad a través de ella.</li></ul>

Para armar toda la trama se utilizan 2 herramientas (desarmador, taladro). Los procesos involucrados son 4, los cuales se describen a continuación:

1. Determinar la distribución de los módulos con base a la configuración que se desea armar.
2. Distribuir y fijar las pletinas utilizando una pija en los puntos indicados en ambas caras de la trama de celosía configurada por el usuario.
3. Colocar las abrazaderas en los puntos indicados de la trama completamente armada.
4. Fijar las abrazaderas al suelo, techo o pared para completar la instalación de la celosía.

Las 3 propuestas de diseño finales cumplen con los requerimientos del usuario y funcionales, cada una por su parte presenta sus ventajas y desventajas que ya se mencionaron con anterioridad. Se busca que el diseño final cumpla con las características planteadas, sea agradable a la vista del usuario y cumpla con el objetivo principal de una celosía, el cual es separar y decorar espacios. El siguiente paso es la elección final de la propuesta de diseño para que con base en esta se pase a la etapa de diseño a detalle, para ello se utilizó una matriz de decisión en donde los parámetros a evaluar por las características del producto y proyecto fueron 2, los cuales están ordenados de acuerdo al nivel de importancia que representan:

1. Número de procesos para la instalación de la celosía.
2. Número de herramientas a utilizar en el proceso de instalación.

El parámetro más importante a considerar es el número de procesos a utilizar en toda la instalación, ya que se busca que sean mínimas para que el proceso de armado sea sencillo para el usuario y utilice el mínimo de herramientas necesarias para armar la trama completa. En la Tabla 33, se presenta la ponderación de las calificaciones, la columna uno agrupa el número de procesos, la columna dos el número de herramientas y la 3 representa la escala de calificación correspondiente a ese nivel, donde el número 1 equivale a “Muy malo” y la máxima calificación que es el 5 a “Muy bueno”. Entre menor sea el número de operaciones y herramientas la calificación será mayor de lo contrario, la calificación será baja.

**Tabla 33:** Escala de calificaciones (Elaboración propia).

Número de procesos	Número de herramientas	Calificación	Ponderación
1-2	1	5	Muy bueno
3-4	2	4	Bueno
5-6	3	3	Regular
7-8	4	2	Malo
9-10	5	1	Muy malo

Con base en la tabla anterior y de acuerdo al desglose de operaciones y herramientas descrito en cada una de las propuestas de diseño, se evaluó cada propuesta, quedando de la siguiente manera, tal y como se muestra en la Tabla 34.

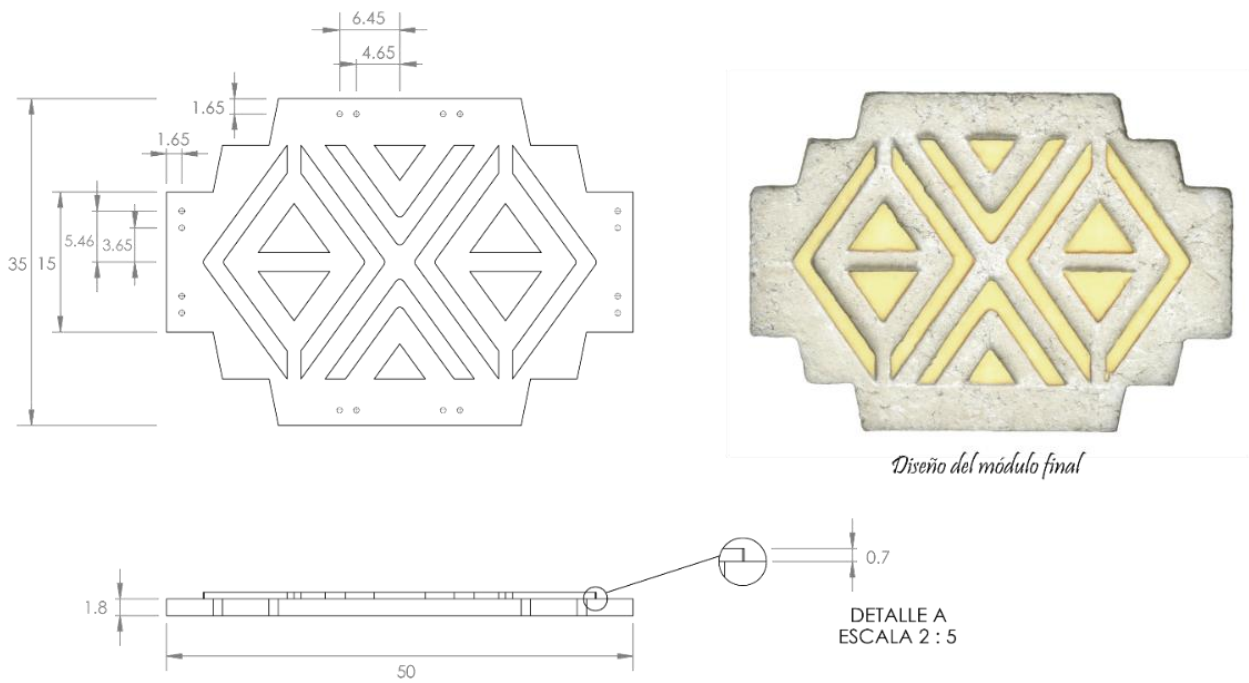
**Tabla 34:** Matriz de decisión (Elaboración propia).

		Calificación	Total
Propuesta 1	9 procesos	1	5
	2 herramientas	4	
Propuesta 2	5 procesos	3	6
	3 herramientas	3	
Propuesta 3	4 procesos	4	8
	2 herramientas	4	

En donde la Propuesta 1 obtuvo una calificación de 5 siendo la más baja de las tres, debido a que es la propuesta en la que interfieren mayor número de procesos. En segundo lugar, quedó la Propuesta 2 obteniendo 6 de calificación y, la Propuesta 3 fue la que obtuvo mayor calificación teniendo un total de 8, debido a que es la que presenta el menor número de operaciones y herramientas. Con base en la matriz de decisión se concluye que la Propuesta 3 es la seleccionada y la cual pasa al diseño a detalle.

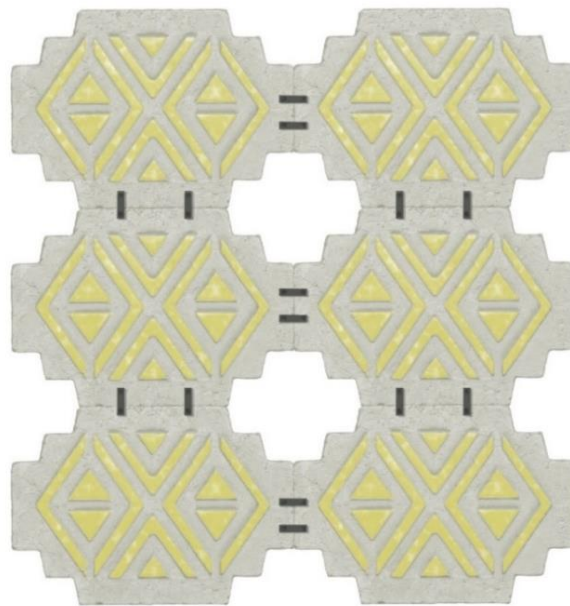
### 3.3.3 Diseño a detalle

En este apartado se presenta el desarrollo de la propuesta de diseño final seleccionada, dando medidas y características técnicas para que el producto final pueda ser producido y con esto cumplir el objetivo final del proyecto, también se muestran renders donde se puede apreciar la utilización de la celosía en diferentes espacios. Se inicia presentando un esquema general y detallado del módulo, la Figura 62 muestra diseño final representado por un render a color donde las grecas figuran en tono dorado; también se incluyen vistas generales, las medidas están dadas en centímetros; este esquema también muestra la distribución de los orificios que serán perforados para sujetar las pletinas las cuales sirven de conector para unir módulo con módulo.



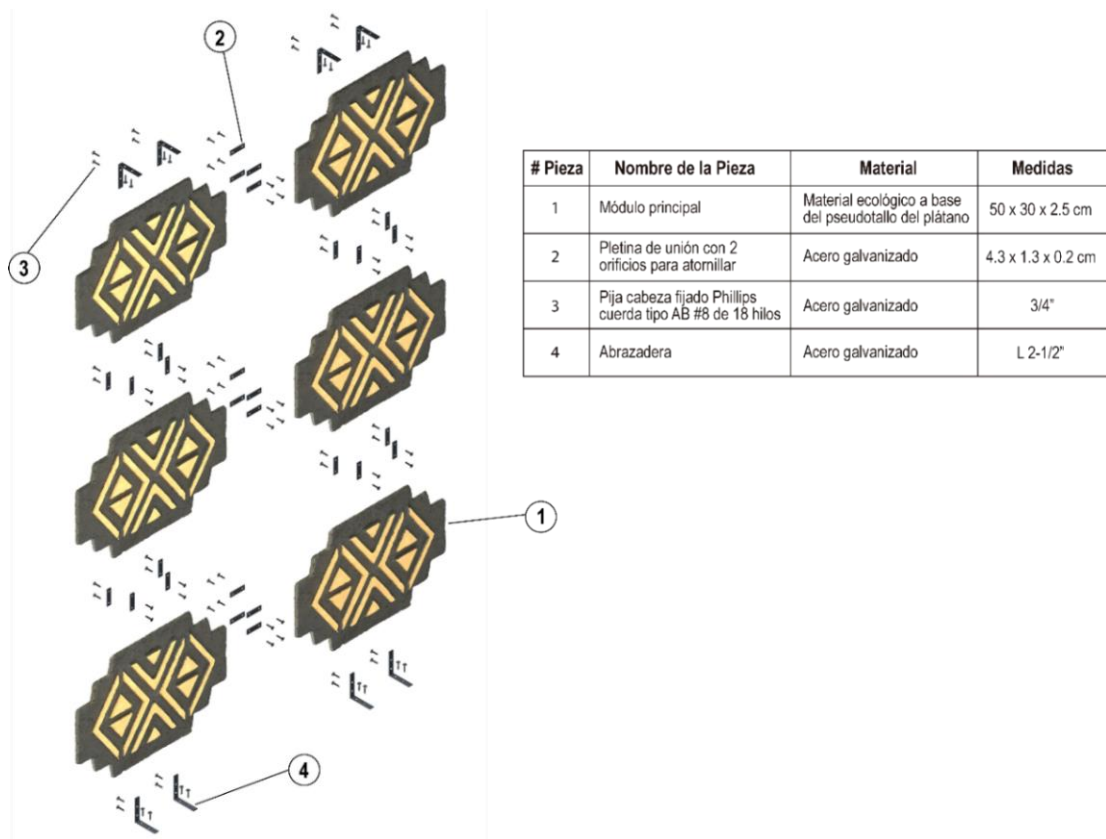
**Figura 62.** Vistas y render del módulo principal (Elaboración propia).

En la Figura 63, se muestra la unión de 6 módulos formando así 1 m<sup>2</sup> del sistema de celosías modulares para interiores, hecho a base de un material ecológico.



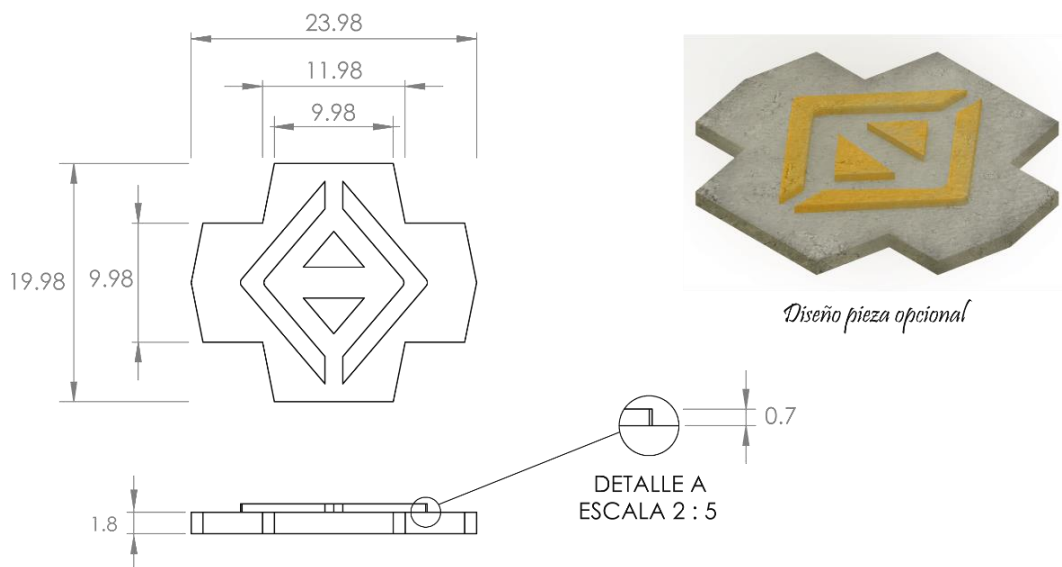
**Figura 63.** Render de 1 m<sup>2</sup> de la celosía eco-diseñada (Elaboración propia).

En la Figura 64, se presenta un explosivo de 1 m<sup>2</sup> del sistema, considerando los siguientes herrajes: 8 abrazaderas, las cuales son los sistemas de sujeción de la trama con el piso y techo, 28 pletinas y 88 pijas que hacen la unión de los 6 módulos de celosías.



**Figura 64.** Explosivo de las piezas (Elaboración propia).

En la Figura 65, se muestra de manera general las medidas y el render de la pieza opcional mencionada en esta propuesta, se recalca que la construcción de esta pieza no se llevó a cabo. Sin embargo, se considera en el diseño a detalle de manera gráfica y se anexa el plano correspondiente en la sección de Anexos para su futura construcción.



**Figura 65.** Vistas y render de la pieza opcional (Elaboración propia).

En la Figura 66, se muestra un ejemplo de aplicación donde el producto está separando la sala y comedor de una casa-habitación.



**Figura 66.** Aplicación de las celosías separando la sala y el comedor de una casa-habitación (Elaboración propia).

La Figura 67, muestra otra aplicación esta vez en el interior de un restaurante, decorando y separando los espacios entre las mesas, los módulos se muestran en tonos azules y verdes.



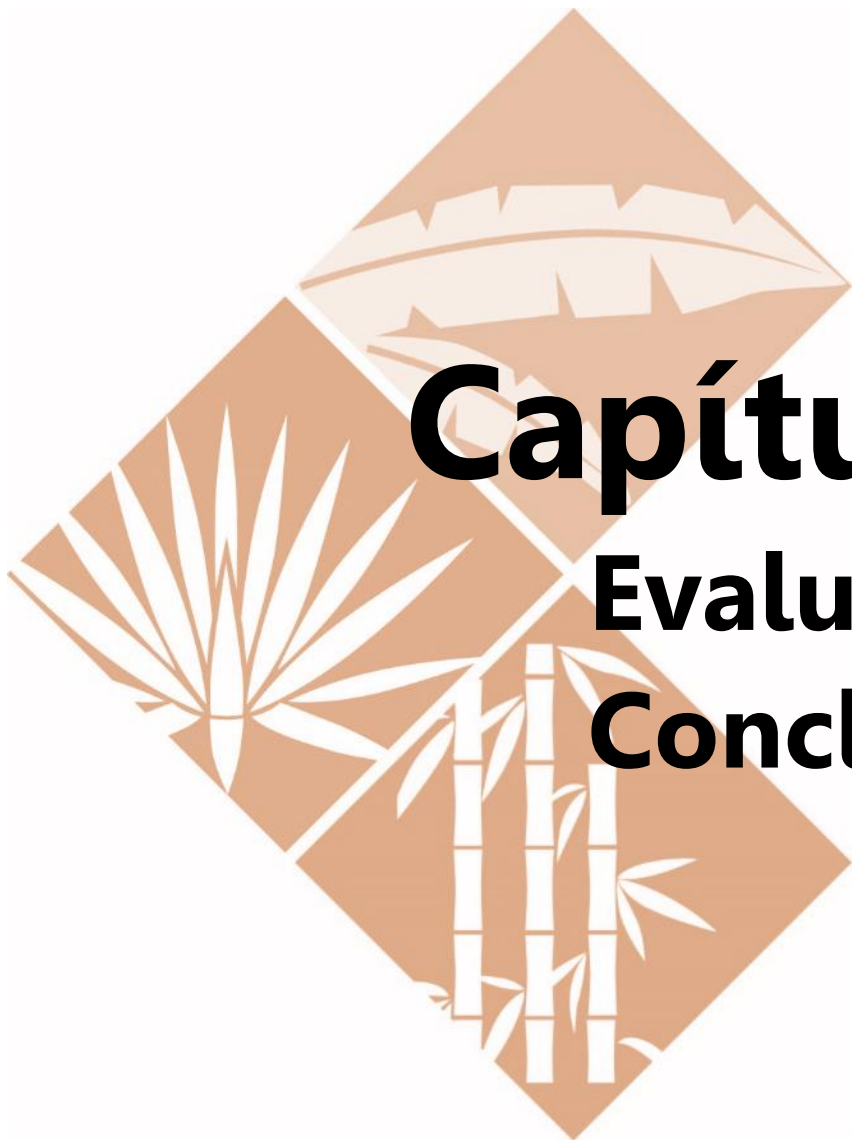
**Figura 67.** Propuesta de la celosía en el interior de un restaurante (Elaboración propia).

En la Figura 68, se observa como el diseño de la celosía tiene la flexibilidad en el acomodo de los módulos logrando composiciones interesantes, como se puede observar en el render, al dividir el espacio de una oficina de trabajo. En este ejemplo, se aprecia la utilización de abrazaderas para fijar la trama tanto en el techo, piso y pared.



**Figura 68.** Propuesta de la celosía dividiendo una oficina de trabajo (Elaboración propia).





# **Capítulo IV**

## **Evaluación y Conclusiones**



Se inicia con el análisis del esquema del ICV de la celosía eco-diseñada para su posterior comparación con el esquema de la celosía de referencia para verificar si las ideas de mejora propuestas en un inicio lograron reducir el número de impactos ambientales que la nueva celosía genera; posterior a eso se muestra la construcción de 1 m<sup>2</sup> de celosía hecha con el material ecológico y los resultados de la interacción usuario-producto, en donde se evaluaron aspectos tales como la manipulación de módulos, facilidad de armado y resistencia del producto en la que participaron 3 usuarios; por último se presentan las conclusiones finales de este proyecto.

#### **4.1 Esquema del ICV de la celosía eco-diseñada**

En primera instancia se elaboró el esquema del ICV de la celosía hecha a base del aglomerado ecológico, el cual se muestra en la Figura 69.

Analizando el esquema se identifican 8 entradas de las cuales 6 corresponden a la materia prima y 2 a energía. El proceso inicia con la obtención de materiales, etapa en la cual se recolecta y prepara la materia prima a utilizar (fibra del plátano, aglutinante natural y celulosa reciclada) en esta parte se aplicaron las ideas de mejora “Selección de materiales de bajo impacto” y “Reducción del uso de materiales”. Posteriormente, pasa a la etapa de producción, en esta etapa se elabora el molde de yeso, se procesa y obtiene el aglomerado, la cual abarca los procesos que se desglosan en la Figura 19, en la que se presenta el diagrama de procesos de operaciones, finalizando con la obtención del módulo de la celosía, en esta etapa se llevaron a cabo la mayoría de los procesos, aplicando ideas de mejora “Técnicas de producción ambientalmente eficientes”.

En la etapa de distribución y venta se considera que el producto será enviado a los usuarios; de ahí se encuentra la etapa de uso en donde la celosía es instalada y cumple con su función, la utilización de la celosía no implica ningún uso de energía ni aditamentos, una vez finalizada esta etapa se llega al sistema de fin de vida en donde el producto puede ser desechado fácilmente al ser de un material que se biodegrada rápido en comparación con el MDF que utiliza la celosía de referencia, aquí las ideas de mejora fueron dirigidas a “Optimizar el sistema de fin de vida”.

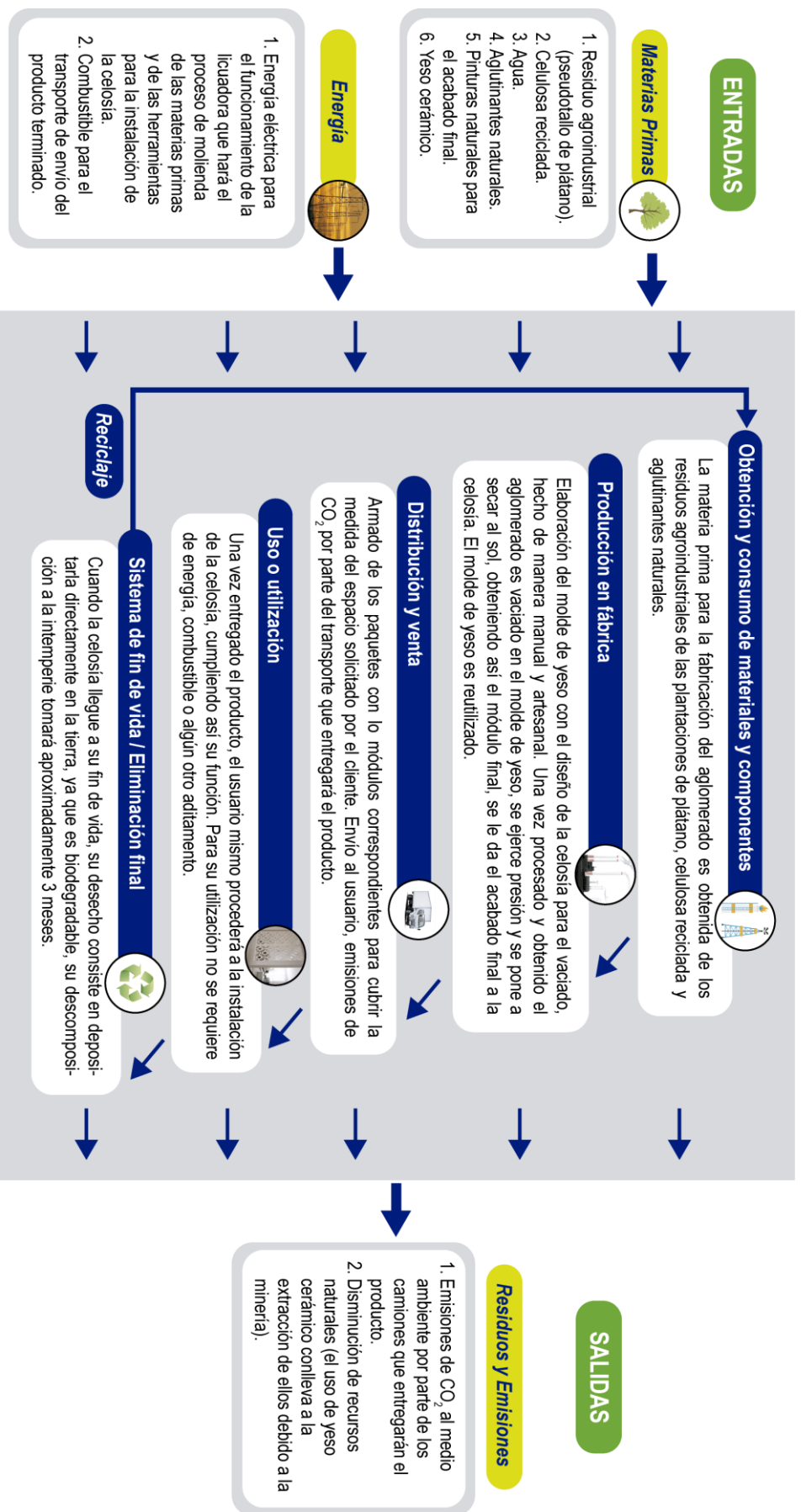


Figura 69. Esquema del ICV del producto eco-diseñado (Elaboración propia).

En esta última parte se explica la prueba que se realizó para comprobar que el aglomerado en efecto es biodegradable con el medio ambiente. El proceso evolutivo fue el siguiente:

1. Se enterraron 5 probetas con fecha de 2 abril de 2019, intercaladas con capas de tierra de aproximadamente 10 cm, tal y como se observa en la Figura 70.



**Figura 70.** Probetas siendo enterradas (Elaboración propia).

2. El 2 de mayo del mismo año se revisaron. Sin embargo, el material no se había degradado por completo; sólo las 3 probetas más profundas presentaron indicios de moho. El factor que influyó para que el material se encontrara en ese estado fue que la tierra se encontraba seca.
3. Se enterraron de nuevo, y en esta ocasión cada 3 días se les vertía agua, este procedimiento se realizó durante 1 mes. El 2 de junio se desenterraron y no se encontraron indicios de las probetas debido a que el material se había biodegradado completamente. En la Figura 71, se muestra el aspecto final de las probetas al revisarlas 2 meses después.



**Figura 71.** Probetas en estado de biodegradación (Elaboración propia).

Se concluye que con base en la prueba realizada el material es biodegradable a la intemperie en un tiempo aproximado de 3 meses. La finalidad del esquema presentado en la Figura 69 fue la de compararlo con el esquema del producto de referencia (Figura 18), y corroborar que las ideas de mejora con sus respectivas medidas propuestas de la Tabla 12 ayudaron a reducir los impactos ambientales que la celosía eco-diseñada pueda ocasionar. En la Tabla 35, se contrastaron las entradas y salidas que posee la celosía eco-diseñada y el producto de referencia seleccionado con anterioridad, a través de la comparación de los esquemas de ICV de cada uno.

**Tabla 35:** Cuadro comparativo de las entradas y salidas de los esquemas ICV de la celosía de referencia vs celosía eco-diseñada (Elaboración propia).

Celosía de referencia		Celosía eco-diseñada	
Entradas	Salidas	Entradas	Salidas
<p><b><u>Materias Primas</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fibras lignocelulósicas (madera de pino radiata o eucalipto nitens).</li> <li>2. Pegamentos de urea formaldehído (urea, resina y cera).</li> <li>3. Pintura o barniz para el acabado de la celosía.</li> </ol> <p><b><u>Energía</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Energía eléctrica para el funcionamiento de las máquinas que harán el proceso de prensado de las fibras de madera.</li> <li>2. Energía eléctrica para el funcionamiento de las máquinas cortadoras que harán el diseño de la celosía.</li> <li>3. Combustible para la transportación de la materia prima y los productos terminados.</li> </ol>	<p><b><u>Residuos y Emisiones</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Disminución de los recursos forestales.</li> <li>2. Residuos de fibras.</li> <li>3. Emisiones de CO<sub>2</sub> al medio ambiente por parte de la industria y los camiones que transportan la materia prima y los productos terminados.</li> <li>4. Emisiones de partículas tóxicas y cancerígenas de urea formaldehído al aire por parte de los desechos tirados a los vertederos y la desintegración de los tableros MDF.</li> <li>5. Contaminación del suelo.</li> <li>6. Contaminación del aire.</li> <li>7. Desperdicio de material (materia prima) en el proceso de maquinado de la celosía.</li> </ol>	<p><b><u>Materias Primas</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Residuo agroindustrial (pseudotallo de plátano).</li> <li>2. Celulosa reciclada.</li> <li>3. Agua.</li> <li>4. Aglutinantes naturales.</li> <li>5. Pinturas naturales para el acabado final.</li> <li>6. Yeso cerámico.</li> </ol> <p><b><u>Energía</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Energía eléctrica para el funcionamiento de la licuadora que hará el proceso de molienda de las materias primas y de las herramientas para la instalación de la celosía.</li> <li>2. Combustible para el transporte de envío del producto terminado.</li> </ol>	<p><b><u>Residuos y Emisiones</u></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Emisiones de CO<sub>2</sub> al medio ambiente por parte de los camiones que entregarán el producto.</li> <li>2. Disminución de recursos naturales (el uso de yeso cerámico conlleva a la extracción de ellos debido a la minería).</li> </ol>

Como resultado del análisis anterior se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. Al seleccionar materiales de bajo impacto ambiental como idea de mejora y proponer que se utilizara el residuo agroindustrial del pseudotallo de plátano se pretende disminuir el problema de la tala indiscriminada de árboles, lo cual influye en la disminución de los recursos naturales; por otra parte, el aglomerado tiene una matriz de celulosa reciclada, por lo que también se estaría aprovechando este desecho.

2. En la elaboración del nuevo aglomerado se sustituyó la urea formaldehído por un aglutinante natural, eliminando así las emisiones de partículas tóxicas y cancerígenas en vertederos que ocupa el número 4 de las salidas que posee el producto de referencia.
3. Se aprovechó la energía solar en el proceso de elaboración de la celosía.
4. La cantidad de energía eléctrica utilizada en la fabricación del nuevo producto disminuyó como consecuencia de la exclusión de maquinaria en los procesos que comúnmente se utilizan para la obtención de los tableros MDF y del maquinado de las celosías por parte de las routers y cortadoras CNC para lograr el diseño final.
5. La fabricación del producto de referencia añade 6 residuos y emisiones que impactan al medio ambiente, mientras que la elaboración de la celosía propuesta en esta investigación solo reúne 2 residuos y emisiones. Confirmando de esta manera que las ideas de mejora propuestas en un inicio fueron efectivas.

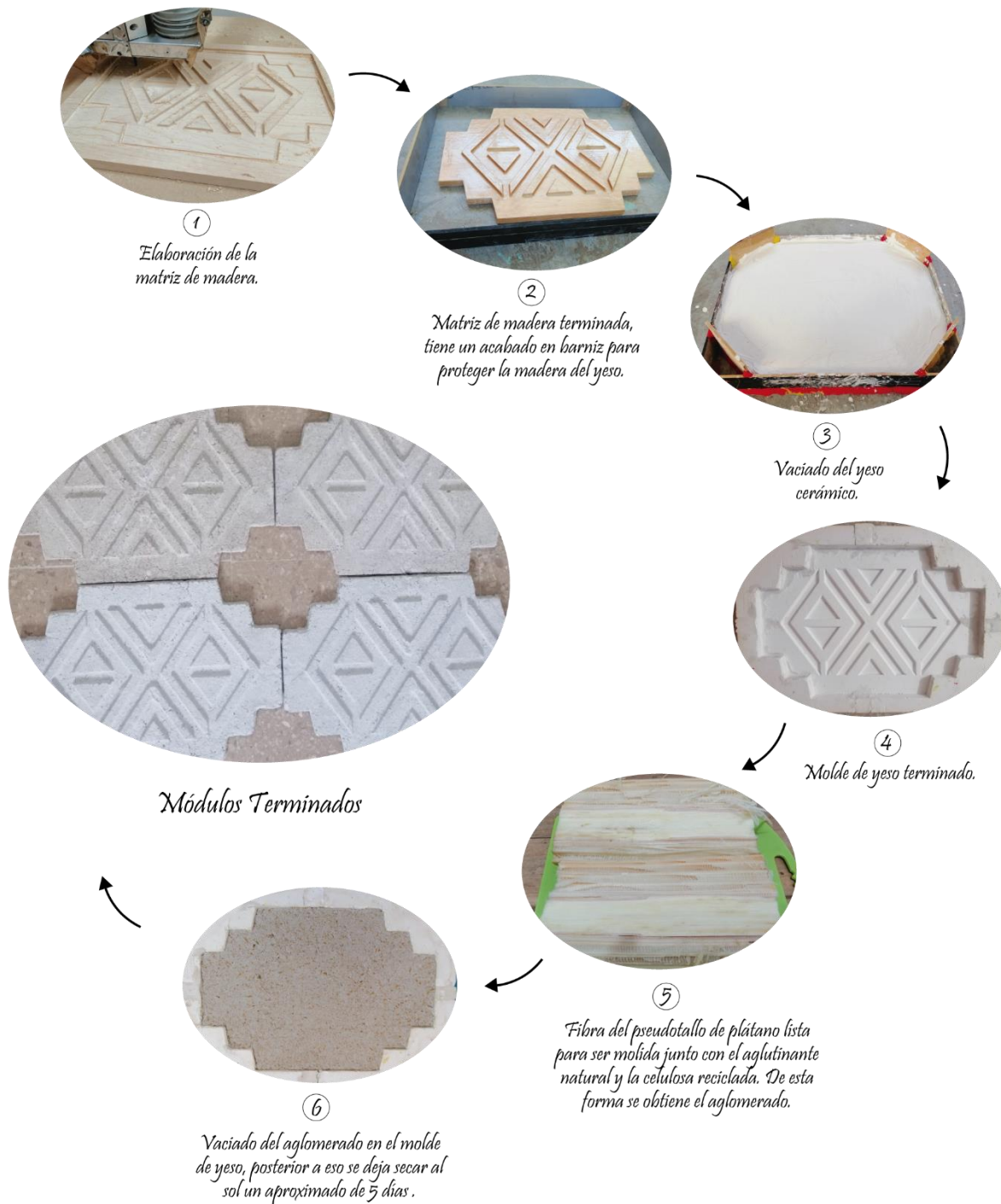
Con el desarrollo de este nuevo material se pretende concientizar a los usuarios, a la industria de los aglomerados y el desarrollo de nuevos productos para emplear continuamente energías limpias (energía solar), disminuir el uso de sustancias tóxicas y químicas, así como aprovechar el uso de los residuos agroindustriales, creando un equilibrio entre el diseño y el tema del medio ambiente, ya que el diseñar o crear un producto nuevo, este siempre tendrá impactos ambientales.

## **4.2 Construcción del prototipo y evaluación**

La construcción del prototipo consistió en elaborar 1 m<sup>2</sup> de celosía, utilizando la formulación número 3 para elaborar el aglomerado e implementado las ideas de mejora en el proceso de construcción. Esto con el objetivo de mostrar a escala 1:1 el producto final; además ayudó para que los usuarios pudieran interactuar con el producto y evaluar aspectos como la manipulación de los módulos (facilidad al momento de tomar cada módulo y transportarlo de un lugar a otro, dimensión de los módulos), facilidad de armado (colocación de pletinas y atornillarlas) y la resistencia del producto (en cuanto a despostillamientos o deformaciones al aplicar peso, fuerza o presión sobre alguna de las caras del módulo al momento de armar toda la trama).

La construcción del prototipo fue difícil y tardado debido a las circunstancias externas (pandemia de la COVID-19, condiciones climatológicas como la lluvia) que sucedieron en el momento de esta etapa; ya que debido a eso, solo se logró elaborar un molde de yeso para hacer el vaciado, lo cual implicó que el proceso de elaboración de los módulos se postergara. Para fabricar la celosía con un área de 1m<sup>2</sup> tomó un total de 36 días, a esto se le aumentan 2 semanas en las que se fabricó la matriz de madera y la elaboración del molde de yeso. En la Figura 72, se muestra

a manera de infografía la secuencia del proceso de manera general que se utilizó para la elaboración de los módulos.

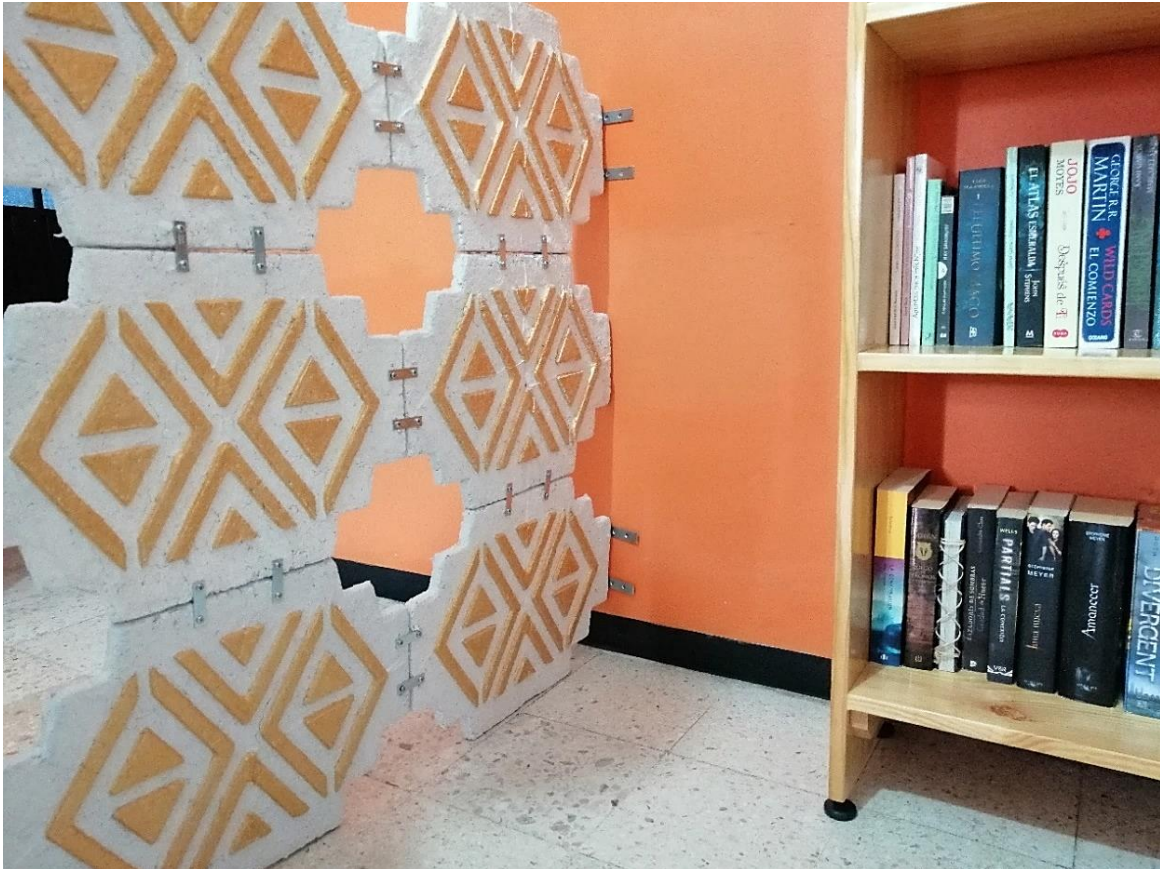


**Figura 72.** Proceso a manera de infografía para la fabricación de módulos (Elaboración propia).

En la Figura 73, se presenta la construcción del prototipo ya armado, 1 m<sup>2</sup> de celosía hecho a base de material ecológico. Para cubrir el área establecida son necesarios 6 módulos, los cuales implican la utilización de 28 pletinas, 64 pijas y 4 abrazaderas estas últimas fueron colocadas a



un costado para ser sujetas a la pared, debido a la flexibilidad que presenta el sistema de sujeción puede ser fijado al techo, piso y paredes. El acabado final de los módulos mantiene el tono natural del material para el cuerpo de la celosía, mientras que en las grecas en alto relieve se utilizó pintura en tono dorado.



**Figura 73.** Construcción de 1 m<sup>2</sup> de celosía, armada y con sus acabados finales (Elaboración propia).

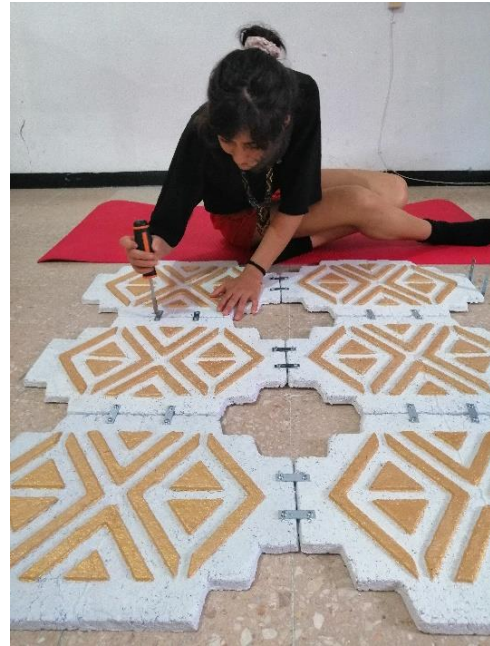
Para evaluar los aspectos de manipulación de módulos, facilidad de armado y resistencia del producto, se procedió a la interacción de producto-usuario. En dicha evaluación participaron 3 usuarios (2 mujeres y 1 hombre) entre 20 y 30 años de edad, originarios de las ciudades de Tehuantepec, Oaxaca de Juárez y Huajuapán de León, respectivamente (coincidiendo así con los municipios que se tomaron en cuenta para obtener la muestra en donde se aplicó la encuesta para obtener los requerimientos del usuario); dos de ellos presentan habilidades y conocimientos previos en el armado de productos al tener perfiles de ingeniero en diseño, mientras que la tercera persona carece de estas habilidades.

Los requerimientos para poder llevar a cabo la prueba fueron tener un espacio amplio (en este caso se realizó en el suelo para mayor libertad de movimientos), herramientas necesarias (desarmador y taladro) y un instructivo con el orden de los pasos que tenían que seguir (las operaciones son las mismas que se describen en la propuesta de diseño tres para su armado).

En las Figuras 74, 75 y 76 se muestran diferentes etapas del armado de la celosía por parte de los tres usuarios.



**Figura 74.** Trama completa en pie, el usuario 3 realiza los ajustes a las pijas para que estén perfectamente atornilladas (Elaboración propia).



**Figura 75.** Usuario 2 terminando de unir el último módulo de la trama (Elaboración propia).



**Figura 76.** Colocación de pletinas al reverso de los módulos por el usuario 1 (Elaboración propia).

El proceso de evaluación fue el siguiente:

1. Se midió el tiempo de armado de toda la trama a cada usuario de acuerdo con las indicaciones antes mencionadas.
2. Cada usuario dio una calificación de acuerdo con la experiencia que tuvieron al estar en contacto directo en el proceso de armado, contemplando los aspectos definidos en el inicio de este apartado (manipulación de módulos, facilidad de armado y resistencia del producto). La escala de la calificación consta del 1 al 5 en donde el número 1 equivale a “Muy malo” y la máxima calificación que es el 5 a “Muy bueno”, quedando la ponderación de la siguiente manera como se muestra en la Tabla 36.

**Tabla 36:** Escala de calificaciones (Elaboración propia).

1	Muy malo
2	Malo
3	Regular
4	Bueno
5	Muy bueno

En la Tabla 37, se muestran los resultados obtenidos por parte de los usuarios, en la columna 2 se muestran los tiempos obtenidos por cada uno de ellos representado en minutos:segundos, la columna 3, 4 y 5 muestran las calificaciones que cada usuario le asignó a cada aspecto anteriormente mencionado.

**Tabla 37:** Resultados obtenidos por parte de los usuarios (Elaboración propia).

	Tiempo de armado (min:seg)	Calificación 1 (Manipulación de módulos)	Calificación 2 (Facilidad de armado)	Calificación 3 (Resistencia del producto)	TOTAL
Usuario 1	33:50	5	5	4	14
Usuario 2	35:25	5	4	4	13
Usuario 3	30:14	5	5	4	14
Promedio	<b>33:36</b>	<b>5</b>	<b>4.66</b>	<b>4</b>	

Con base en los resultados obtenidos, el tiempo promedio para armar un área de 1 m<sup>2</sup> de celosía es de 33 minutos con 36 segundos. En lo que respecta a la manipulación de módulos tuvo la calificación más alta de los 3 aspectos evaluados; dejando a la facilidad de armado en segundo lugar con un promedio de 4.66, finalizando el último aspecto con una calificación de 4, aunque los usuarios le dieron esa calificación a ese aspecto, se hace mención que ninguno de los 6 módulos sufrió algún despostillamiento o deformación en ninguna de las 3 veces que se armó,

confirmando de esta manera la resistencia que presenta el producto. Se concluye de manera general que los usuarios calificaron con un promedio de 4.5 el producto final desarrollado en esta investigación colocándolo de acuerdo con la tabla de calificaciones en un punto medio entre lo Muy bueno y bueno. En el proceso de interacción usuario-producto, los propios usuarios realizaron observaciones, las cuales son mencionadas a continuación:

- Los 3 usuarios coincidieron que sería mucho más rápido hacer el proceso de armado entre 2 personas, lo cual se toma como un punto a considerar, ya sea especificando desde un inicio que para el proceso será necesario realizarlo entre dos personas. Sin embargo, también coincidieron que el producto presenta un mecanismo de unión sencillo como lo es el atornillado (sólo necesitan de una herramienta para realizar esta operación), representando una ventaja del producto.
- La medida que presentan los módulos facilitó la manipulación de los mismos por parte de los usuarios lo cual es una ventaja.
- Otra observación que hicieron es que todo el conjunto armado pesaba. Para ser exactos el peso aproximado de cada módulo es 0.586 kg, esta cantidad multiplicada por el número de piezas que conforman el área de 1 m<sup>2</sup> da un peso total aproximado de 3.519 kg, que comparado con el material de MDF convencional cuyo peso de un módulo con las dimensiones utilizadas en la propuesta sería de 3.02 kg dando un peso total por los 6 módulos de 18.12 kg, se estaría aumentando un 414% con el MDF. Sin embargo, con el nuevo material propuesto se reduce ese mismo porcentaje en peso lo cual es una ventaja importante.

### **4.3 Conclusiones**

Con este proyecto de investigación se obtuvo un aglomerado ecológico utilizando el pseudotallo de plátano considerado como un desecho agroindustrial, se realizó su caracterización mecánica innovando e incursionando en la creación de nuevos materiales. Además, se utilizó en conjunto con otras herramientas del ecodiseño, tales como estrategias para el desarrollo de una celosía ecológica para interiores (con un bajo impacto ambiental) por medio de procesos básicos para el diseño de productos.

Las primeras etapas del diseño son importantes, ya que se consideraron como base y en este estudio se utilizó una investigación bibliográfica obtenida de artículos científicos, libros de diseño de producto y Ecodiseño, este último con la finalidad de identificar y evaluar aspectos ambientales en todas las etapas del CV. También se realizó un análisis de mercado para conocer el estado del arte de las celosías y a partir de ellos generar un nuevo producto. Con base en lo anterior se

elaboraron formulaciones preliminares de fibra y aglutinante para obtener las probetas establecidas de acuerdo a los requerimientos del laboratorio en donde se realizaron las pruebas mecánicas de flexión, compresión y absorción de agua, caracterizando así el aglomerado. Cabe mencionar que la Formulación 3 dio resultados favorables en comparación con las Formulaciones 1 y 2. Con esto se cumplieron los objetivos específicos de la Etapa 2, la cual estuvo centrada completamente en la experimentación y caracterización del material.

Para el diseño del producto, se aplicó una encuesta, la cual ayudó a identificar las necesidades de los usuarios y convertirlas en requerimientos, los cuales fueron considerados y logrados en las propuestas de diseño. Posteriormente, se desarrollaron 3 alternativas de concepto, esto con la única finalidad de seleccionar el concepto bajo el cual se desarrollaría el producto final, cabe mencionar que el diseño establecido es el que los usuarios eligieron. Seleccionado el concepto e identificado la arquitectura del producto se procedió a realizar otras 3 propuestas de diseño de la celosía variando sus elementos de arquitectura, pero conservando en esencia el concepto de diseño. Con ayuda de una matriz de decisión la Propuesta de Diseño 3 fue elegida, con lo cual se dio paso al diseño en detalle del producto en donde se desarrollaron los planos generales y por pieza de la celosía, así como el modelado utilizando un software de CAD y los renders finales.

Se construyó un área de 1 m<sup>2</sup> de celosía ecológica, cumpliendo así el objetivo de la Etapa 4.

La caracterización del material puede tener mayores alcances, ya que existe la posibilidad de obtener una variedad de propiedades que se podrían aplicar para otro tipo de productos con requerimientos diferentes; como por ejemplo envases y embalajes de grado no alimenticio (contenedores), puertas delgadas, muebles, falsos techos y paneles multicapa. Es por esta razón que para efectos de dicha investigación en esta etapa se mantienen a reserva algunos datos.

La inclusión de residuos agroindustriales, la utilización de herramienta del CV que rara vez se consideran en los procesos de diseño y el hecho de ser un producto dirigido a los usuarios del estado de Oaxaca; marca un antes y un después para considerar el concepto de creación de valor local explorando de esta forma el desarrollo de conceptos eco-innovadores a través del diseño de nuevos productos.

Se observó el interés de todas las personas involucradas en el desarrollo de la presente tesis, sobre el tema y los resultados finales de la misma.

La investigación bibliográfica sobre temas que no se abordaron durante la carrera de Ingeniería en Diseño presentó hasta cierto punto un desafío. Al desconocer temas sobre el ecodiseño, fue necesario estudiarlo y analizarlo, a tal grado que se llegó a participar en el congreso latinoamericano de ecodiseño "ECODAL 2018" presentando artículos y productos desarrollados

(papel artesanal a base de la fibra del pseudotallo de plátano), logrando así conocer expertos en el área que ayudaron a comprender la metodología y conceptos de la misma.

La realización de las pruebas mecánicas fue otro desafío que se superó en el desarrollo de esta tesis, la mayoría de los laboratorios cobran por realizar estos ensayos. Sin embargo, el aglomerado desarrollado y su aplicación despertó el interés en personas que trabajan en líneas de investigación afines y con este tipo de materiales; logrando captar la atención del director del IDIT de la Universidad Iberoamericana Puebla, permitiendo utilizar las instalaciones y equipo para el desarrollo de las pruebas mecánicas.

El sistema de producción de la celosía modular entraría dentro de un sistema por lotes, debido a que se pueden fabricar cantidades específicas de celosías con diseños establecidos, logrando así una mejor planificación del proceso. También, la producción por lotes permite hacer rentable y/o factible la “personalización” de ciertos diseños, lo cual daría lugar a cumplir pedidos con características específicas.

## Bibliografía

- Aimplas.(4 de enero de 2019). *Instituto Tecnológico del Plástico*. Obtenido de <https://www.aimplas.es/tipos-ensayos/propiedades-mecanicas-de-los-materiales-plasticos/ensayo-de-flexion/>
- Álvarez, A., & Ritchey, T. (2015). Applications of General Morphological Analysis. *Acta Morphologica Generalis*,4(1).
- ASTM: Standard terminology relating to Wood-base fiber and particle panel material. (1986). American society for testing and material ASTM-D 1554-86, USA.
- ASTM: Standard Test Method for Slow Rate Penetration Resistance of Flexible Barrier Films and Laminates. (1990). American Society for Testing and Materials ASTM F 1306-90, USA.
- ASTM: Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Based Fiber and Particle Panel Materials. (1992). American Society for Testing and Materials ASTM-D 1037-91, USA.
- Balam-Cocom, R., Duarte-Aranda, S., & Canché-Escamilla, G. (noviembre de 2006). Obtención y caracterización de materiales compuestos de fibras de la “piña” de henequén y polipropileno. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, pp. 39-44.
- Cervantes Valdez, X. E., Andrade Ortega, J. Á., Ramírez Barragán, C. A., & Bravo García, L. R. (marzo-abril de 2015). Durabilidad natural de tableros aglomerados de cocotero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, Vol. 6(28), pp. 188-201.
- CONACYT. (01 de Julio de 2016). CONACYT agencia informativa. Recuperado el 14 de abril de 2018, de CONACYT agencia informativa <http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/biotecnologia/8476-generacion-de-celulosa-a-partir-de-desechos-de-la-planta-del-platano>
- Duart, M. (20 de febrero de 2016). *Mireya Duart*. Obtenido de <http://blog.mireyaduart.com/2016/02/20/nueva-celosia-modular-modelo-circulo-2-por-mireya-duart/>
- Duralmond. (28 de agosto de 2014). *CONILLAS exteriors*. Recuperado el 11 de marzo de 2018, de CONILLAS exteriors: <http://ignasiconillas.com/es/blog/187-celosias-sostenibles-para-espacios-exteriores-duralmond>
- Durmi. (11 de agosto de 2016). *DURMI INTELLIGENT SUN PROTECTION*. Recuperado el 11 de marzo de 2018, de DURMI INTELLIGENT SUN PROTECTION: <http://durmi.com/es/celosias-para-que-sirven-y-cuantas-clases-hay/>
- Eskulan. (30 de septiembre de 2011). *Eskulan, taller de papel hecho a mano*. Recuperado el 4 de agosto de 2017, de <http://eskulan.com/2011/09/30/elaboracion-de-papel-con-pinzote-de-banano-como-materia-prima/>

- Gaitán, A., Fonthal, G., & Ariza-Calderón, H. (2016). Fabricación y propiedades físicas de aglomerados de *Pennisetum purpureum* schum, *Philodendron longirrhizum* y *Musa acuminata*. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol. 25(No. 1), pp. 5-11.
- GINUMA. (2000). *Universidad Pontificia Bolivariana*. Recuperado el 04 de diciembre de 2017, de [http://virtual.upb.edu.co/pls/portal/PORTAL.wwwv\\_media.show?p\\_id=38135459&p\\_settingssetid=4&p\\_settingsiteid=0&p\\_siteid=234&p\\_type=basetext&p\\_textid=38135460](http://virtual.upb.edu.co/pls/portal/PORTAL.wwwv_media.show?p_id=38135459&p_settingssetid=4&p_settingsiteid=0&p_siteid=234&p_type=basetext&p_textid=38135460)
- Gómez, E. G. (10 de marzo de 2019). *cceea "Centro de Capacitación Eléctrica y Energías Alternativas"*. Obtenido de <https://cceea.mx/blog/medio-ambiente/hojas-de-platana-por-envoltorios-de-plastico-en-tailandia>
- Groover, M. P. (2007). *FUNDAMENTOS DE MANUFACTURA MODERNA*. México: McGraw-Hill.
- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vera Salazar, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*. México, DF: McGrawHill.
- Hernández, U. M. (7 de julio de 2015). *Materiales de Construcción Biodegradables*. Recuperado el 22 de octubre de 2017, de <http://mpi.edu.umh.es/2015/07/07/materiales-de-construcción-biodegradables/>
- HORIZONTE, E. (20 de marzo de 2016). *EL HORIZONTE – La Verdad Como Es*. Recuperado el 13 de noviembre de 2017, de <http://www.elhorizonte.mx/escena/crean-laminas-biodegradable-con-tallo-de-platano/1699642>
- Huertas Torrejon, M. (2010). *Materiales, procedimientos y técnicas pictóricas I. Aglutinantes*. Madrid: Akal.
- IHOBE. (2009). *ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA Y HUELLA DE CARBONO, Dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto*. Bilbao: Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental.
- Inbertest. (4 de enero de 2019). *Advanced Testing Solutions*. Obtenido de <https://www.ibertest.es/products/ensayo-de-compresion/>
- INDEX, F. S. (2019). *CONECTORES PARA MADERA*.
- INEGI.(2018).*Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de <http://www.inegi.org.mx>
- Kun, L. Shiyu, Huaiyu, F. Zhan U. (2010). *Analysis of the chemical composition an morphological structure of banana pseudo stem*. Biosources.com Laboratorio Estatal de Pulpa y Papel de Ingeniería de la Universidad del Sur de China de Tecnología, Guangzhou, China, 510640; segundo. Laboratorio de materiales blandos y la química verde, Departamento de Madera y Papel Ciencia, Universidad Estatal de Carolina del Norte, Raleigh, Carolina del Norte.



Mannise, R. (01 de julio de 2016). *Ecocosas, Difundiendo conocimientos ecológicos*. Recuperado el 13 de noviembre de 2017, de <https://ecocosas.com-ideas/franceses-crean-madera-a-partir-de-fibras-de-banano/#forward>

Meyers, F.E. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos: para la manufactura ágil*. México: Pearson Education.

Mouk. (2016). *Mouk*. Obtenido de <http://www.mouk.es/>

NIH. (10 de junio de 2011). *INSTITUTO NACIONAL DEL CÁNCER DE EE.UU.* Obtenido de <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/formaldehido/hoja-informativa-formaldehido>

Nutsch, W. (2000). *TECNOLOGÍA DE LA MADERA Y DEL MUEBLE*. Barcelona, España. Reverté, S.A.

Robinson, J., & Saúco, V. G. (2010). Plátanos y Bananas. En J. Ribinson, & V. G. Saúco, *Plátanos y Bananas* (pág. 336p). Mundi-Prensa.

Ruiz, D. A., Galarza, S. R., Piován, M., Matamoros, L. C., & Muñoz, C. N. (enero-junio de 2016). Caracterización de propiedades mecánicas de las fibras de banano de la corteza y el cuerpo del tallo. *Científica*, Vol.20(1), pp. 21-31.

SAGARPA. (28 de febrero de 2018). *Sagarpa.gob.mx*. Recuperado el 22 de octubre de 2017, de [http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JAC\\_0080\\_28.aspx](http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JAC_0080_28.aspx)

SIAP. (19 de enero de 2020). *SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA*. Obtenido de <https://www.gob.mx/siap>

Soto, J. (13 de julio de 2020). *GREENPEACE*. Obtenido de GREENPEACE: <https://www.greenpeace.org/mexico/blog/8704/como-afecta-el-consumismo-al-medio-ambiente/>

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2013). *Diseño y desarrollo de productos*. México: McGrawHillEducation.

Vasco, G. (2000). *MANUAL PRÁCTICO DE ECODISEÑO – Operativa de Implantación en 7 pasos*. IHOBE, S.A.





# Anexos



## UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

El presente cuestionario es únicamente con fines de carácter educativo, para recabar información para el desarrollo de tesis, el cual es acerca del mercado, gustos y preferencias sobre celosías. Marque con una X su respuesta.

SEXO:  M  F EDAD:  10-20  21-30  31-40  41-50  51 EN ADELANTE

LUGAR DONDE VIVE:  Hujuapan de León  Oaxaca de Juárez  Salina Cruz  Tehuantepec

1. ¿La casa en dónde usted vive es?

Propia  Rentada/Alquiler

2. ¿El lugar en dónde usted vive tiene grandes espacios abiertos?

Sí  No

3. ¿Mediante qué forma usted separaría esos espacios abiertos?

Celosías  Paredes Falsas  Tela  Otro Especifique: \_\_\_\_\_

4. ¿Usted ha visto o usado una celosía?

Sí  No

5. ¿Qué tipo de celosía prefiere?

Módulos pequeños (25x25 cm)  Módulos Grandes (1.20x2.40 m)  A la medida (Personalizado)

6. En el contexto actual en el que estamos viviendo, ¿De qué material prefiere usted una celosía para interiores?

Material ecológico  MDF/Aglomerados  Madera  Aluminio/Metal

7. De las siguientes 2 opciones, ¿Cuál prefiere usted para instalar una celosía modular para interiores?

Usuario mismo  Pagarle a un contratista

8. ¿Qué tipo de celosía prefiere usted?



9. ¿Qué tipo de unión y con cuál se le facilitaría armar una trama de celosía mediante módulos, prefiere?

Ensamblajes prácticos  Aros/Anillos  Pegadas (utilizando adhesivos)

10. ¿En cuál de las siguientes opciones prefiere usted fijar una celosía?

Techo  Piso  Ambos

11. De los siguientes conceptos, ¿Cuál prefiere usted para el diseño de una celosía?

Naturaleza  Ornamentos  Étnicos/Culturales  Grecas

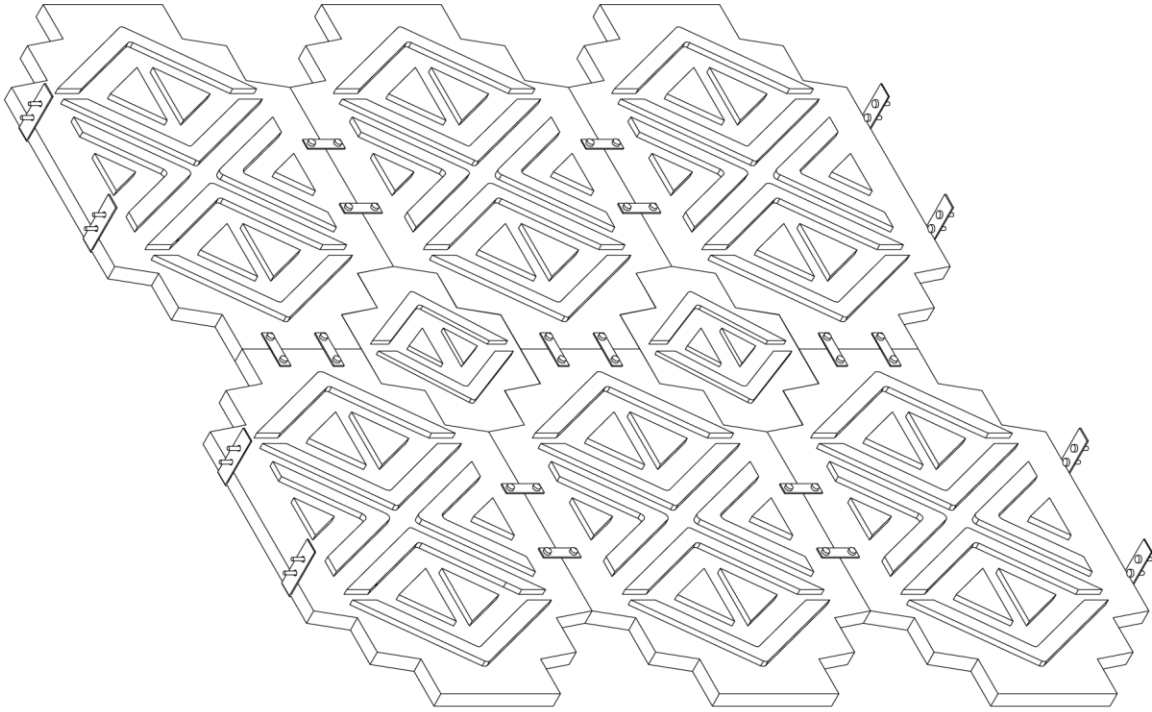
12. ¿Cuánto estaría usted dispuesto a pagar por 1 m de celosía modular hecho a base de un material ecológico?

200-300  301-400  401-500  Más de 500

13. ¿Estaría usted dispuesto a comprar una celosía modular, la cual sea de fácil armado y que usted mismo pueda instalar hecho a base de un material ecológico?

Sí  No





Proyecto:

**CELOSÍA MODULAR PARA INTERIORES**

Escala: 1:10

Título:

**ISOMÉTRICO DEL SISTEMA**

Acotación: cm

Dibujó: Andrés Arturo Montero Reyes

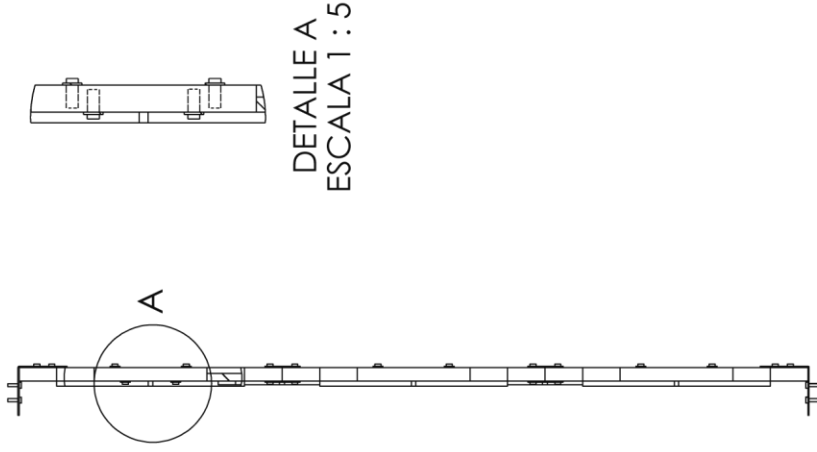
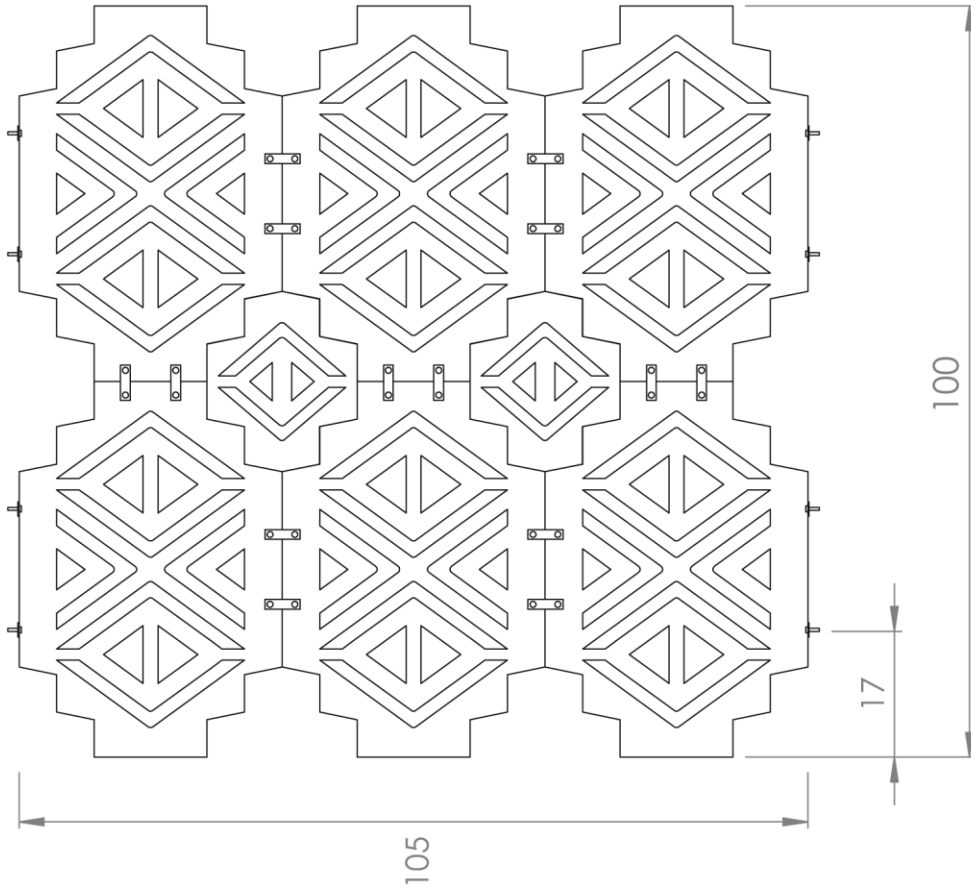
Fecha: Enero / 2021

Revisó: Mtra. Dulce María Clemente Guerrero

Plano: #1



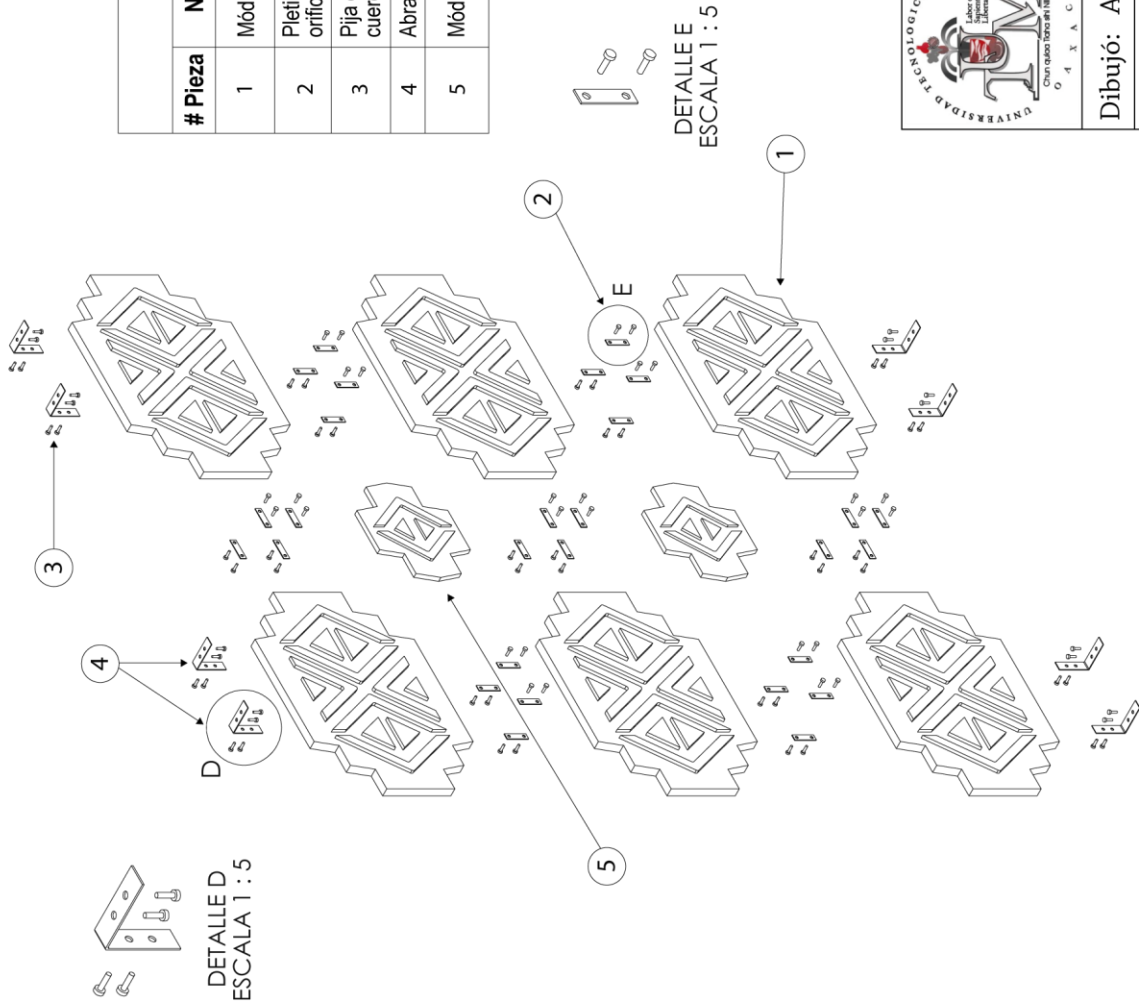




DETALLE A  
ESCALA 1 : 5

	Proyecto: <b>CELOSÍA MODULAR PARA INTERIORES</b>	
	Escala: 1:10	Título: <b>VISTAS GENERALES DEL SISTEMA</b>
	Acotación: cm	
Dibujó: Andrés Arturo Montero Reyes		Fecha: Enero / 2021
Revisó: Mtra. Dulce María Clemente Guerrero		Plano: #2





**Tabla de Materiales**

# Pieza	Nombre de la Pieza	Piezas	Material	Medidas
1	Módulo principal	6	Material ecológico a base del pseudotallo del plátano	50 x 30 x 2.5 cm
2	Pleina de unión con 2 orificios para atornillar	28	Acero galvanizado	4.3 x 1.3 x 0.2 cm
3	Pija cabeza fijadora Phillips cuerda tipo AB #8 de 18 hilos	88	Acero galvanizado	3/4"
4	Abrazadera	8	Acero galvanizado	L 2-1/2"
5	Módulo opcional	2	Material ecológico a base del pseudotallo del plátano	19.98 x 9.98 x 2.5 cm



Proyecto:

**CELOSÍA MODULAR PARA INTERIORES**

Escala: 1:10

Título:

**EXPLOSIVO 1 M<sup>2</sup> DE CELOSÍA**

Acotación: cm

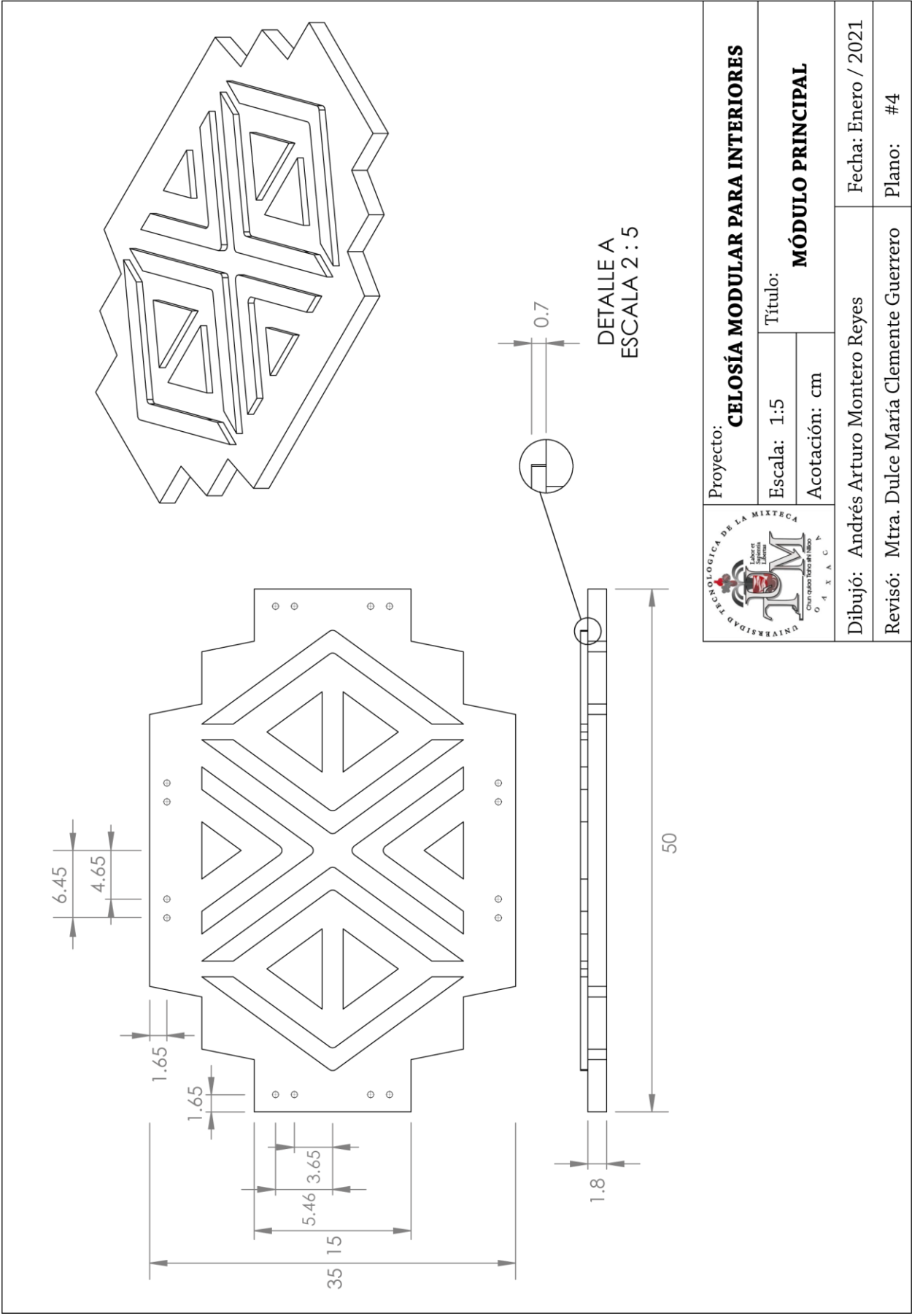
Dibujó: Andrés Arturo Montero Reyes


Fecha: Enero / 2021

Revisó: Mtra. Dulce María Clemente Guerrero

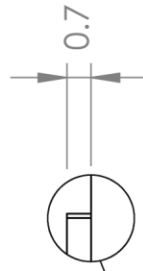
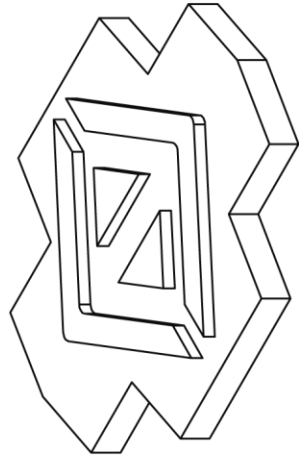
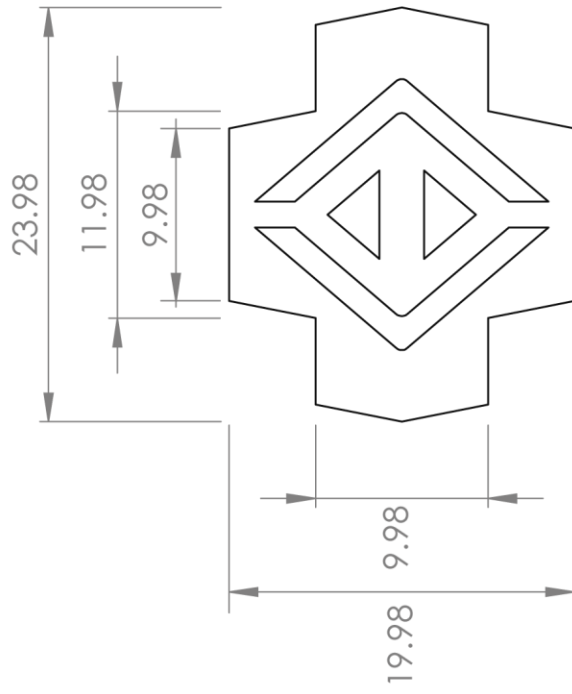
Plano: #3



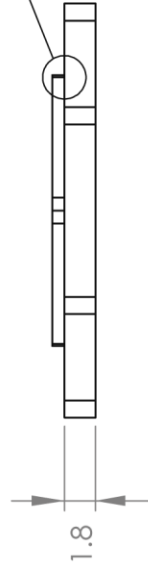


	Proyecto: <b>CELOSÍA MODULAR PARA INTERIORES</b>	
	Escala: 1:5	Título: <b>MÓDULO PRINCIPAL</b>
	Acotación: cm	
Dibujó: Andrés Arturo Montero Reyes		Fecha: Enero / 2021
Revisó: Mtra. Dulce María Clemente Guerrero		Plano: #4





DETALLE A  
ESCALA 2 : 5



	Proyecto: <b>CELOSÍA MODULAR PARA INTERIORES</b>	
	Escala: 1:5	Título: <b>MÓDULO OPCIONAL</b>
	Acotación: cm	
Dibujó: Andrés Arturo Montero Reyes		Fecha: Enero / 2021
Revisó: Mtra. Dulce María Clemente Guerrero		Plano: #5