

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Arte, Diseño y Comunicación Audiovisual

Diseño de paneles decorativos aplicando micomateriales

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Licenciado en Diseño de Productos

Presentado por:

Geovanny Emmanuel Humanante Álvarez

Alberto Josué Estrella Guaranda

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

Declaración Expresa

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Geovanny Emmanuel Humanante Álvarez* y *Alberto Josué Estrella Guaranda* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Alberto Estrella Guaranda



Geovanny Humanante Álvarez

Evaluadores

Jimmy Cañizares Pozo

PROFESOR DE LA MATERIA

Giuseppe Magnone Francesco

PROFESOR TUTOR

Agradecimientos

Agradecemos a Dios por ser la luz, pilar y fuente de fortaleza en nuestras vidas.

A todas las personas que participaron en esta investigación, gracias por sus historias de vida organizacional, que nos llevaron a la comprensión de los desafíos que enfrentamos como Diseñadores en el cuidado del medio ambiente.

Ofrecemos nuestra gratitud y aprecio a nuestro tutor Francesco Magnone y al profesor Jimmy Cañizares por guiarnos y darnos apoyo invaluable en la producción de esta tesis; a Karla Caicedo y Da Hee Park por orientarnos en las etapas iniciales de nuestra carrera profesional, y también a los docentes que nos han empujado y desafiado a la búsqueda constante de conocimientos.

Gracias por todo y por tanto ESPOL, te llevamos presente en nuestro quehacer profesional.

Dedicatoria

Le dedico el resultado de este trabajo a toda mi familia. Principalmente a mis padres Bernardo y María quienes son mis pilares y me han enseñado a ser la persona que soy, gracias a su amor, paciencia y esfuerzo hoy he cumplido un sueño más.

A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, gracias.

Alberto Estrella

Dedico este trabajo a Dios por cuanto en mi ha puesto su amor y guía cada uno de mis pasos.

A mi familia por su apoyo, en especial a mi amada madre Mónica y abuela Aura, quienes con sus consejos y motivación constante me conducen a buscar la mejor versión de mí.

A mi hermano Matías y prima Sarahí por estar presente y darme lotes de alegría.

Geovanny Humanante

Resumen

La sostenibilidad y la responsabilidad ambiental son temas cada vez más relevantes en la sociedad actual. A partir de esto, las personas buscan productos estéticos y duraderos, pero que al mismo tiempo sean amigable con el medio ambiente, y el diseño de productos para espacios interiores no queda fuera de este contexto. Los biomateriales a base de micelio se presentan como una alternativa innovadora y prometedora, gracias a que su producción es más eficiente que la de otros materiales sostenibles, ya que se puede cultivar de manera rápida en un ambiente controlado. A lo largo del proyecto se buscó desarrollar una colección de paneles mediante la experimentación con micomateriales, con el fin de generar una alternativa estética y funcional que reemplace a los materiales originales. El proyecto se basó principalmente en la metodología de diseño, *The Circular Design*, misma que permitió entender, definir, hacer y validar la propuesta para cumplir el objetivo general, sin dejar de lado los principios básicos de la sostenibilidad. Además, se utilizó un tipo de investigación aplicada con enfoque mixto con la cual se implementaron formularios, entrevistas y paneles de expertos para definir las necesidades y preferencias en cuanto al diseño, propiedades mecánicas y sensoriales de los paneles. Al finalizar este proyecto, se obtuvieron dos productos con cualidades altamente eco-amigables, uno que supera por breve rasgos las propiedades acústicas de la madera y otro que resuelve la fijación a la pared con pocos pernos y la aplicación no destructiva de los paneles a base de micelio.

Palabras clave: Biodiseño, Hongos, Sistema de instalación, Modelado algorítmico.

Abstract

Nowadays sustainability and environmental responsibility are becoming main topics in today's society. As a result of this, people are looking for durable and aesthetic products, that at the same time are environmentally friendly. Within this context products for interior spaces can not be left out. Mycelium based biomaterials are a new, innovative and promising alternative, thanks to its production; it is more efficient than any other sustainable material given that it can be cultivated quickly in a controlled environment. Throughout this investigation we sought to develop a collection of panels based of the result of our experimentation with micromaterial in order to generate an aesthetic and functional alternative that replaces original materials. This project is mainly based in the methodology "The Circular Design", same that let us understand, define, make, and validate the proposal in order to meet our goal, not letting aside the basic principles of sustainability. Furthermore it was obtained an mixed approach research with witch was implemented forms, interviews and talks with experts to be able to defined the need and preferences; as for the design, mechanical and sensorial properties for the panels. At the end of this project, two products with highly ecofriendly qualities were obtained. One of them that exceeds the acoustic properties of wood by a minimum and the other that let it be pin up to the wall just with few bolts and with no damages to the mycelium based panel.

Keywords: Biodesign, Fungi, Installation system, Algorithmic modeling.

Índice General

Declaración Expresa	II
Evaluadores	III
Agradecimientos	IV
Dedicatoria	V
Resumen.....	VI
Abstract	VII
Índice General.....	VIII
Abreviaturas.....	XII
Índice De Figuras.....	XIII
Índice De Tablas	XV
Capítulo 1	17
1.1 Introducción	17
1.2 Definición Del Problema.....	18
1.3 Objetivos.....	19
1.3.1 Objetivo General	19
1.3.2 Objetivo Especifico.....	19
1.4 Justificación Del Proyecto	20
1.5 Grupo Objetivo	20
Capítulo 2	22
2.1 Marco Teórico.....	22
2.1.1 Hongos	22
2.1.2 Micelio.....	22
2.1.3 Biomateriales.....	22
2.1.4 Micotectura	22
2.1.5 Diseño De Interior	23
2.1.5.1 Aspectos Generales Del Interiorismo.....	23
2.1.5.2 Sistemas Ambientales Del Interiorismo.....	24

2.1.5.3 Acústica En Espacio De Interior	24
2.1.6 Materiales De Construcción	25
2.1.7 Eco-Materiales Para La Construcción	25
2.1.8 Revestimiento De Paredes	25
2.1.8.1 Revestimiento De Origen Sintético	26
2.1.8.2 Revestimiento De Origen Orgánico.....	27
2.1.9 Acabados Para Muros.....	28
2.1.10 Paneles Decorativos	28
2.1.10.1 Tipos De Paneles.....	28
2.1.10.2 Paneles Decorativos A Base De Biomateriales	29
2.1.11 Diseño Modular	30
2.1.11.1 Características Del Diseño Modular	30
2.1.12 Economía Circular	31
2.1.13 Arquitectura Y Medio Ambiente	32
2.1.14 Ciclo De Vida De Los Materiales	33
2.2 Definición De Términos Básicos	34
2.3 Aspectos Referenciales	34
2.3.1 Referentes Internacionales De Micomateriales.....	34
2.3.1.1 Spora Biotech	34
2.3.1.2 Ecovative.....	35
2.3.1.3 Mogu	35
2.3.2 Referentes Nacionales De Micomateriales	36
2.3.2.1 Mush Bio	36
2.3.2.2 Biofábrik	37
2.3.2.3 Mycomaker.....	37
2.3.2.4 ESPOL – CIBE.....	38
Capítulo 3	40
3.1 Metodología De Investigación En Diseño.....	40
3.2 Diseño De La Investigación	40

3.3 Población	41
3.4 Muestra	42
3.5 Definición De Variables De Encuesta	43
3.6 Modelo De Encuesta	46
3.7 Definición De Variables De Entrevista	48
3.8 Definición De Variables De Observaciones	49
3.9 Ensayos De Propiedades Del Micomaterial	51
Capítulo 4	55
4.1 Análisis De Resultados	55
4.1.1 Análisis De Las Encuestas	55
4.1.2 Análisis De Las Entrevistas A Expertos	58
4.1.3 Análisis De Observaciones A Evento Académico	63
4.1.4 Comparación De Materiales	65
4.2 Aspectos Conceptuales	68
4.2.1 Diseño Y Economía Circular	68
4.2.2 Ecodiseño	68
4.2.3 Objetivo De Desarrollo Sostenible	69
4.2.4 Proceso De Diseño	69
4.2.5 Descripción Del Proyecto	70
4.2.6 Conceptualización	70
4.2.7 Análisis De Pros Y Contras De Propuesta De Diseño	74
4.2.8 Sistema De Instalación	77
4.2.9 Análisis De Pros Y Contras De Sistema De Instalación	77
4.2.10 Validaciones	80
4.3 Aspectos Técnicos	82
4.3.1 Desarrollo De La Propuesta	82
4.3.2 Análisis De Pros Y Contras De Proceso De Producción De Matrices	83
4.3.3 Paneles	84
4.3.3.1 Especificaciones Técnicas Del Producto	84

4.3.3.2 Planos Técnicos.....	86
4.3.3.3 Técnica De Modelado.....	88
4.3.3.4 Proceso De Fabricación De Los Paneles	90
4.3.3.5 Herramienta De Fabricación Digital	91
4.3.3.6 Termoformado	93
4.3.3.7 Producción De Paneles	95
4.3.4 Sistema De Instalación	96
4.3.4.1 Especificaciones Del Producto.....	96
4.3.4.2 Planos Técnicos.....	98
4.3.4.3 Proceso De Fabricación Del Sistema De Instalación	99
4.3.4.5 Manual De Instalación	100
4.4 Aspectos Estéticos	104
4.4.1 Paneles.....	104
4.4.2 Sistema De Instalación	105
4.4.3 Dirección De Arte	105
4.4.4 Mockups	106
4.5 Presupuesto	109
4.5.1 Presupuesto panel	109
Capítulo 5	114
5.1 Conclusiones.....	114
5.2 Recomendaciones.....	115
Bibliografía.....	117

Abreviaturas

ACV	Análisis del Ciclo de Vida
CAD	Diseño Asistido por Computador
CAM	Manufactura Asistida por Computador
CIBE	Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador
CNC	Control Numérico Computarizado
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
LEMAT	Laboratorio de Evaluación de Materiales
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONU	Organización de las Naciones Unidas

Índice De Figuras

Figura 1 Diagrama del sistema de economía circular.....	31
Figura 2 Logo Spora Biotech.....	34
Figura 3 Logo Ecovative	35
Figura 4 Logo Mogu.....	36
Figura 5 Logo de Mush Bio.....	36
Figura 6. Logo BioFábrik	37
Figura 7 Logo Mycomaker.....	38
Figura 8 Logo CIBE	38
Figura 9 Circular Design.....	40
Figura 10 Actividad económica de la industria de la construcción.....	41
Figura 11 Resultados de profesionales encuestados.....	55
Figura 12 Resultado preferencia de características por rango de edad	56
Figura 13 Resultado de expectativa de aspectos.....	56
Figura 14 Resultado conexión cultural.....	57
Figura 15 Resultado frecuencia de mantenimiento por profesión.....	58
Figura 16 Comparación de cepa E5C con materiales plásticos.....	65
Figura 17 Comparación de cepa E17C con materiales plásticos.....	66
Figura 18 Estrategia de proceso de diseño	69
Figura 19 Bocetos del concepto.....	72
Figura 20 Abstracción geográfica de las regiones.....	73
Figura 21 Experimentación morfológica digital inicial.....	73
Figura 22 Experimentación morfológica digital final	74
Figura 23 Comparación de paneles análogos	75
Figura 24 Comparación de sistema de instalación análogos.....	78
Figura 25 Plano técnico del panel Costa.....	86
Figura 26 Plano técnico del panel Sierra	86
Figura 27 Plano técnico del panel Amazonía.....	87

Figura 28 Plano técnico del panel Insular	87
Figura 29 Modelado algorítmico en Blender	88
Figura 30 Algoritmo del panel.....	89
Figura 31 Importación de modelado en software <i>CAD/CAM</i>	91
Figura 32 Configuración del mecanizado.....	92
Figura 33 Simulación del mecanizado	92
Figura 34 Mecanizado Cortadora CNC Router	93
Figura 35 Termoformado de la matriz	94
Figura 36 Evaluación de compatibilidad con el micelio	95
Figura 37 Pruebas visuales del micomaterial	96
Figura 38 Plano técnico sistema de instalación	98
Figura 39 Ensamblado explosionado	100
Figura 40 Primer paso de instalación.....	101
Figura 41 Segundo paso de instalación.....	101
Figura 42 Tercer paso de instalación	102
Figura 43 Cuarto paso de instalación A	103
Figura 44 Cuarto paso de instalación B	103
Figura 45 Panel inspirado en la región Amazónica	105
Figura 46 Panel inspirado en la región Costa	105
Figura 47 Panel inspirado en la región Insular.....	105
Figura 48 Panel inspirado en la región Sierra.....	106
Figura 49 Render de implementación A.....	106
Figura 50 Render de implementación B.....	107
Figura 51 Render de implementación C.....	107
Figura 52 Render de implementación D.....	108
Figura 53 Render de implementación E.....	108
Figura 54 Estimación de costo de materia prima.....	109
Figura 55 Estimación de insumos y costos detallados del proyecto	109

Índice De Tablas

Tabla 1 Constante de confianza.....	42
Tabla 2 Variables para establecimientos de construcción.....	43
Tabla 3 Modelo de encuesta a constructores	46
Tabla 4 Entrevista empresas productoras de micelio	48
Tabla 5 Planificación de observación evento académico	49
Tabla 6 Variables de observaciones para Micotexturas 2022	49
Tabla 7 Nomenclatura de especies de hongos.....	51
Tabla 8 Representación cuantitativa de variables de observación de ensayos.....	52
Tabla 9 Propiedades físicas	52
Tabla 10 Propiedades sensoriales	53
Tabla 11 Propiedades microscópicas	53
Tabla 12 Propiedades de flamabilidad aplicando corte láser	53
Tabla 13 Análisis entrevista a BioFábric	58
Tabla 14 Análisis entrevista a Mush.....	60
Tabla 15 Análisis de Micotexturas: Micelio, arte y tecnología	63
Tabla 16 Detalles de comparación de cepa E5C con materiales plásticos.....	65
Tabla 17 Detalle de comparación de cepa E17C con materiales plásticos	66
Tabla 18 Detalle de comparación de materiales madereros	67
Tabla 19 Clasificación musical por región.....	71
Tabla 20 Selección de canciones por región	72
Tabla 21 Comparación de paneles análogos.....	74
Tabla 22 Análisis de propuestas de paneles	75
Tabla 23 Comparación de sistema de instalación análogos	77
Tabla 24 Análisis de propuestas de sistema de instalación	78
Tabla 25 Retroalimentación de la propuesta	80
Tabla 26 Análisis métodos de fabricación.....	83
Tabla 27 Especificaciones técnicas de los paneles.....	84

Tabla 28 Valores de experimentación para termoformado con PVC	94
Tabla 29 Especificaciones sistema de instalación	96
Tabla 30 Costo único para el desarrollo del concept de los paneles	111
Tabla 31 Costo de materia prima para fabricación de moldes	111
Tabla 32 Costo de producción de moldes	112
Tabla 33 Costo único para el desarrollo del concept del sistema de instalación.....	112
Tabla 34 Costo de materia prima para sistema de instalación.....	113
Tabla 35 Costo de producción sistema de instalación.....	113

Capítulo 1

1.1 Introducción

Desde el desarrollo de la civilización humana la creación de productos ha sido parte de su vida, iniciando con materiales naturales como la piedra, madera, lino, cáñamo, lana, algodón, entre otros. El largo camino a través de la historia ha permitido pasar del uso de materiales naturales a materiales sintéticos como los polímeros, cuya producción se vio disparada desde siglo XX, debido a su bajos costo y a sus ventajas físicas, mecánicas y químicas ante condiciones ambientales. (Millican & Agarwal, 2021).

A pesar de los grandes beneficios que ha traído la industria de los derivados del petróleo al mundo, es evidente que el uso desmesurado del plástico ha traído consigo uno de los mayores problemas que se combate en la actualidad, la contaminación al medio ambiente. Hoy en día vivimos rodeados de productos plásticos, desde los empaques utilizados para transportar productos hasta los objetos de uso cotidiano, como vasos y fundas. (Sarria & Gallo, 2016).

En el año 2015, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) adoptó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, la cual ofrece una visión transformadora de paradigma respecto a los modelos de negocios tradicional hacia un desarrollo sostenible, velando por el desarrollo responsable del marco económico, social y medioambiental.

Por ello en la actualidad la contaminación por materiales no bio-degradables se ha vuelto un tema de interés y debate que va más allá de los límites que tiene la ciencia. A partir de esto surge una pregunta, ¿Podemos responsabilizar a las propiedades de materiales por el problema de la contaminación?

Partiendo de esta perspectiva, en el mundo existen otros materiales que podrían brindarnos características similares a las ofrecidas por los polímeros y que tienen un impacto menor al medio ambiente.

En la última década, ha incrementado el desarrollo de biomateriales a partir de microorganismos con el objetivo de brindar una cultura eco-amigable a los consumidores. Entre ellos se encuentran el micelio como sustituto para los materiales con bajos índices de

bio-degradabilidad, puesto que tiene una estructura de hongos que utiliza cultivos de microorganismos, que, si bien aún se siguen explorando, presenta cualidades atractivas gracias a la versatilidad de aplicación que se le puede dar.

El micelio “es, por lo tanto, un recurso natural renovable. En cambio, las resinas poliméricas son de alto costo y son derivadas del petróleo, por lo cual consumen un recurso no renovable” (Fernández, 2019).

1.2 Definición Del Problema

Este proyecto de investigación aborda el problema que representa los materiales poliméricos y aglomerados madereros, que generan desventajas medioambientales, utilizados en el interior de los hogares. Actualmente, el uso de materiales compuestos se ha convertido en parte fundamental de nuestra cultura, lo podemos observar tanto dentro como fuera de los hogares.

La implementación de polímeros termoestables como las resinas fenólicas (RF) se destinan del 75% a la fabricación de materiales de aislamiento térmico y 25% a adhesivos en la fabricación tableros aglomerados derivados de madera. De tal forma que la descomposición de estos productos sea posible mediante incineración, por lo cual lo convierte en un material contaminante al finalizar su vida útil. (Gardziella et al., 2000, como se citó en Ponce et al, 2012).

Por ello, para reducir el impacto negativo causado por la contaminación de estos materiales, en los últimos años se han desarrollado estrategias que plantean procesos industriales más medidos con relación al mercado y la escasez de ciertos recursos, incrementar los esfuerzos por desarrollar alternativas más sostenibles o adoptar prácticas de innovación en el diseño y desarrollo de los productos, entre otras acciones. (Organización de las Naciones Unidas, 2015)

El uso de los productos biodegradables es importante para la vida diaria y para los procesos industriales, además de ser amigable con el medio ambiente, son más saludables para nuestro organismo, pueden usarse como contenedores para guardar alimentos, materiales de embalaje y se pueden fabricar bolsas de plástico o papel para uso desechable,

una ventaja es que si este producto se mezcla con basura orgánica será degradado biológicamente por los microorganismos presentes.

Y este es el caso del micelio, el cual proviene de la familia *fungí*, un biomaterial que puede adoptar cualquier forma dependiendo del molde en donde sea colocado teniendo características físicas, químicas y mecánicas atractivas para el uso de diversos productos.

En la actualidad se utilizan productos sustitutos biodegradables como los sorbetes a base de bambú, platos elaborados con harina de yuca o elaborados con hojas de plátano, cubiertos elaborados con pepa de aguacate, estos productos disminuyen la contaminación del medio ambiente ya que su descomposición es de forma rápida y se utiliza como abono.

1.3 Objetivos

Este estudio tiene como objetivo implementar el uso de micomateriales para el desarrollo de paneles decorativos y funcionales utilizados en el interior de los hogares, aprovechando el potencial que tienen las especies de hongos brindadas por la biodiversidad ecuatoriana, capaces de producir un compuesto micelial con características; de ahí la línea de partida para este proyecto de materia integradora.

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar paneles decorativos con su sistema de instalación para ambientes de interior aplicando bio-fabricación para sustituir los materiales análogos productores de contaminación y/o carentes de una degradación responsable.

1.3.2 Objetivo Especifico

- Comparar las características físicas, mecánicas y sensoriales del biomaterial a base de micelio a través del análisis detallado de la información proporcionada por el Centro de Investigación Biotecnológica del Ecuador (CIBE).
- Iterar el desarrollo de los moldes mediante el uso de técnicas de fabricación digital y modelado algorítmico.
- Proponer un sistema de instalación no destructivo mediante la comparación de modelos análogos.

1.4 Justificación Del Proyecto

El micelio es una red de hifas o filamentos que se ramifican, muy parecido a un algodón delgado o una compleja telaraña. Además, es capaz de sintetizar moléculas complejas como las del petróleo o el plástico, y es el único organismo capaz de descomponer la lignina, que se genera cuando el tronco de un árbol se empieza a descomponer. A partir del micelio surge la micotectura, la cual se basa en entender el comportamiento del micelio de algunos hongos, con el objetivo de aprovechar su fisiología a favor de la naturaleza y la humanidad.

Los micomateriales son un componente ignífugo, resistente al moho y que puede alcanzar una dureza superior al hormigón a igual peso. Además, su proceso de fabricación a pesar de ser más lento que el de otras soluciones como el hormigón, es relativamente más sencillo y esto gracias a que el micelio puede adoptar cualquier tipo de forma en relación del molde implementado.

Para la obtención de los paneles decorativos se emplea diferentes métodos de modelado con moldes que permitan explorar y conectar al usuario con la naturaleza. La propuesta final incluye el diseño de paneles elaborados a partir de micelio utilizando al menos 1 especie de hongos proporcionados por el Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE), organización con que se tiene una relación en calidad de investigadores por parte del diseño de productos.

1.5 Grupo Objetivo

El grupo objetivo al que podemos beneficiar con este biomaterial son varios, entre ellos están la industria de empaques, textiles, paneles decorativos/aislantes y materiales de construcción, etc. Debido a que, el micelio puede ser una iniciativa que revolucione al mundo. La micotectura puede ser implementada como materia prima para diversas aplicaciones, siendo increíblemente fuerte y ecológicamente valioso. Sin embargo, para este proyecto nos enfocaremos en la industria de paneles decorativos/aislantes.

La necesidad que queremos abordar es la reducción de la contaminación producida por los materiales implementados en los productos actuales de consumo masivo como la

implementación de plásticos termoestables para la fabricación de aglomerados decorativos. Puesto que, la contaminación por los diferentes tipos plástico se ha incrementado de 2 millones de toneladas en 1950 a 348 millones en el 2017, incrementando el deterioro del medio ambiente como el de la salud humana.

Capítulo 2

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Hongos

El reino de los hongos está conformado por organismos eucariotas, heterótrofos que poseen diversidad de estructuras, funciones, formas de crecimiento y estilos de vida. Los hongos son organismos que presentan cualidades únicas entre todos los vivientes, son capaces de generar un impacto positivo o negativo en la humanidad. Su composición es a partir de células alargadas que al alinearse entre sí forman filamentos denominados hifas. Estas mismas células entrelazadas forman una masa esponjosa similar al algodón denominada micelio. (Cuevas, 2016)

2.1.2 Micelio

El micelio es el conjunto de filamentos microscópicos interconectados y dinámicos que presentan considerable plasticidad y versatilidad de desarrollo. Es el esqueleto del organismo, debido a que se encarga de conectar y trasladar recursos esenciales para el hongo como el agua, azúcares y minerales formando un sistema cerrado que responde a los estímulos o cambios del medio exterior. (Feijóo et al., 2021)

2.1.3 Biomateriales

En la actualidad, existen varias definiciones de biomaterial, pero todas coinciden en que es un material elaborado a partir de las materias primas biológicas que pueden ser mezcladas con materiales naturales y que al volver al su estado inicial lo hacen sin causar daño al medio ambiente. Además, existen requerimientos en base a las características físicas y mecánicas, proceso de fabricación y costo de producción. (Coronel & Rivera, 2022)

2.1.4 Micotectura

El término micotectura surge de los vocablos en griegos “mico” que significa hongo y “tekton” que se traduce como construcción. La micotectura consiste en la construcción de estructuras sólidas a base de micelio y sustratos, en donde el segundo es un material capaz de solidificarse gracias a su propia configuración orgánica. En los últimos años, las

investigaciones relacionadas con el micelio como un material alternativo han tenido resultados favorable en el campo arquitectónico y de diseño. (Córdor & Quezada, 2019)

2.1.5 Diseño De Interior

El arte del Diseño de interiores consiste en planificar, distribuir y decorar de forma armónica los espacios de un inmueble para dar un mayor confort a las personas que lo habitan. De esta forma se satisface las necesidades básicas de cobijo y protección del ser humano; además el entorno influye en sus ideas, puntos de vista y acciones, así como en su estado anímico. De allí que los diseñadores de interiores deben perseguir como objetivo el enriquecimiento estético y funcional de los espacios de las viviendas y, a la vez, garantizar el bienestar psicológico de sus ocupantes. (DK Ching, 2012)

2.1.5.1 Aspectos Generales Del Interiorismo

DK Ching (2012) señala que todo trabajo dedicado a interiorismo se compone de los siguientes elementos fundamentales: el color, la luz, formas, líneas, volúmenes y texturas. Hay que estudiar a fondo estos conceptos antes de llevar a cabo el proyecto de diseñar un espacio con el fin de que encontrar armonía.

Debemos tener en cuenta los siguientes factores:

- Finalidad del espacio: Los materiales que usemos deben ir acordes con el diseño y el espacio seleccionado. Es recomendable también, conocer la limpieza del lugar y la accesibilidad de este.
- Sustancia del material: Debemos tener en cuenta el uso de pinturas, plásticos y otros materiales que pueden ser insalubres y tener efectos negativos a la calidad del espacio interior.
- Instalación: Usar un sistema que economice los gastos y evitar errores en su construcción.
- Superficialidad: Antideslizantes, antiadherentes, impermeables, etc. Y otros materiales se han diseñado para facilitar nuestra calidad de vida.

2.1.5.2 Sistemas Ambientales Del Interiorismo

El diseñador de interiores juega un papel fundamental en el acondicionamiento ambiental de los espacios de un inmueble, este debe considerar la afectación de estos elementos y sus condiciones térmicas, visuales, acústicas y sanitarias para dar un mayor confort a sus habitantes. Estas instalaciones requieren de la participación de ingenieros y arquitectos, que trazan los planos y ejecutan las obras. (DK Ching, 2012)

Existen materiales utilizados en el diseño de interiores que despiden compuestos orgánicos volátiles (COV) que afectan al sistema respiratorio e irritan los ojos y la piel. Entre estos tenemos al formaldehído, una sustancia química inflamable, incolora y de olor fuerte que se usa como conservante en la fabricación de productos de madera prensada como los tableros de partículas y los contrachapados, cuyas superficies y cantos deben estar selladas.

Los COV pueden encontrarse en moquetas, láminas de vinilo para suelos y paredes, pinturas, tintes, entre otros recubrimientos. Se recomienda leer las etiquetas de estos productos y elegir los que tengan niveles más bajos de COV, que no excedan las 0,1 ppm (partes por millón). Además, ventilar los espacios donde se hayan aplicado estas sustancias químicas para que liberen los gases.

2.1.5.3 Acústica En Espacio De Interior

Según DK Ching (2012) el control de la acústica es fundamental en el diseño de interiores para proporcionar una habitación con sensación de bienestar, pues se debe preservar los sonidos deseados y eliminar aquellos que podrían interferir con las actividades cotidianas. Los sonidos se producen cuando la energía se transmite en forma de ondas que se propagan por el aire.

Materiales absorbentes como las mantas aislantes de fibra de vidrio o de fibra mineral son utilizadas para la absorción del sonido ya que pueden disipar algo de energía sonora y reducen el sonido transmitido por aire.

Estos productos son útiles en los espacios con fuentes sonoras distribuidas, como oficinas, escuelas y restaurantes. El tratamiento de paredes y suelos también ayuda a controlar el sonido.

2.1.6 Materiales De Construcción

De acuerdo con la revista Mundo Constructor (2011), el sector de la construcción produce los valores agregados de mayor importancia, representando 11,6% de PIB nacional y 8% de ingresos de las empresas locales.

La proporción de mayor valor se refleja en el presupuesto de una obra, la cual contempla conceptos de materiales y técnicas constructivas, englobando entre 60% y 70% del costo. Respecto a acabados, estos representan de 30% a 40% del costo, considerando piezas sanitarias, cristalería, muebles, revestimientos y detalles decorativos que quedarán fijos al finalizar la obra. (Cámara de construcción de Guayaquil, 2015)

2.1.7 Eco-Materiales Para La Construcción

Se definen como aquellos de carácter sustentable para los sistemas ambientales durante todo su ciclo vida, procurando un rendimiento responsable de los recursos. Estos promueven el reciclado de materiales e incrementa la eficiencia energética a largo de la fabricación, de tal forma que figura un papel clave en la ciencia y la tecnología. (Shihepo, 2016)

En Ecuador el conocimiento de materiales ecológicos sigue siendo limitado de acuerdo con los datos recolectados por el INEC (2017). De los hogares encuestado el 76,49% desconocía de alguna campaña de protección ambiental o reutilización de materiales, a pesar de que en las zonas urbanas se registró que el 36,87% se sentían preocupados por la situación ambiental.

2.1.8 Revestimiento De Paredes

Hace referencia a una cubierta que se coloca sobre una superficie con la finalidad de protegerla o decorarla. Un revestimiento puede ser de diverso tipo de materiales innovadores como el yeso o telas decorativas, amigable con el medio ambiente, por ejemplo, los de fibra natural, o papel lápiz, vidrio, metal, pintura y otros. (Pirsaheb, 2016)

La selección del revestimiento de una pared está determinada por la función específica de la habitación, mantenimiento, visión del diseño, inclusive de las condiciones para posibles modificaciones a corto plazo o pequeños periodos de tiempo.

2.1.8.1 Revestimiento De Origen Sintético

De acuerdo con Conde (2020), la fabricación de revestimientos sintéticos precisa de extensos procesos de producción ya que son artificiales, es decir no existen en la naturaleza. Su confección abarca desde la adquisición de la materia prima y otros materiales hasta la elaboración propiamente dicha. El proceso de confección varía de acuerdo con el componente o material. A continuación, se muestra una idea general de este proceso, las posibilidades de aplicación del micelio, cuyo uso es bastante amplio.

- Relleno o aligerante: usado para mejorar la capacidad aislante térmico-acústica de las minas, como ejemplo de este uso tenemos a Forel, una empresa de forjados ligeros que emplea el poliestireno expandido para la hechura de forjados unidireccionales y reticulares. Así como las espumas expansivas para relleno de juntas y evitar las infiltraciones de aire al interior de los edificios.
- Aislante proyectado: el poliuretano proyectado es una forma de ejecución rápida de aislamiento in situ, se ajusta a todo tipo de formas y facilita la ejecución de grandes superficies de aislamiento en poco tiempo.
- Formato de paneles: placas de poliestireno extruido, ofrece aislamiento para cubiertas planas o inclinadas, también tabiquería o fachada. Su resistencia a la compresión permite que puedan aislar suelos sin necesidad de una subestructura que reciba las cargas.
- Encofrado perdido aislante: emplea placas de poliestireno extruido para formar un encofrado perdido que luego se rellena con hormigón armado, dando como resultado un muro estructural aislado.

- Bloque de autoconstrucción: es un sistema reciente y poco conocido, dirigido a una posible autoconstrucción, un bloque de piel de madera aglomerado relleno de poliestireno extruido el cual se apila como un lego para formar un muro estructural que posibilite alzar hasta tres plantas de uso residencial.

2.1.8.2 Revestimiento De Origen Orgánico

De igual forma Conde (2020) indica que los materiales de origen natural en ocasiones se sujetan a tratamientos fungicidas para aumentar las prestaciones de resistencia o protección contra el fuego.

Seguidamente se menciona varios materiales aislantes de origen natural derivados del micelio que ofrece el mercado.

- Paja: su uso es diverso especialmente en arquitectura sostenible, tradicional y sencilla, basado en los sistemas Nebraska y GREB, aunque actualmente los paneles prefabricados de suelo a techo de armazón de madera son más comunes, además con ellos se pueden construir edificaciones más altas.
- Madera: con este material se elaboran paneles aislantes de virutas de madera, denominadas lanas de madera, e insuflar en cámaras de aire.
- Corcho: los paneles 100% a base de corcho, emplean su propia resina como aglutinante una vez triturada las placas brutas que se obtienen del árbol. El corcho puede ser utilizado como aislamiento exterior debido a su sobresaliente cualidad estética.
- Celulosa: es una lana de fibra suelta y seca, se puede insuflar en cámaras, también fabricar paneles rellenos de celulosa. En un alto porcentaje se constituye de materia prima reciclada.
- Lana de oveja: se logra aplicar en bruto cuidando mucho de su limpieza y desinfección, con ella se fabrican mantas aislantes para la construcción. La conductividad térmica de este material es baja.

- Cábamo: sus fibras se utilizan mezcladas con mortero de cal o cemento para la confección de paneles y bloques no estructurales que se utilizan en la construcción sostenible.

2.1.9 Acabados Para Muros

Los acabados para muros juegan un papel clave en la selección de materiales y se usan para mejorar la durabilidad del soporte, absorber el sonido, reflejar la luz o dar un aspecto determinado a la superficie. Unos acabados de pared forman una parte fundamental de su estructura material, mientras que otros son capas separadas que se adosan a su entramado. Unos son revestimientos finos aplicados sobre su superficie. (DK Ching, 2012)

2.1.10 Paneles Decorativos

En la actualidad, el uso de paneles decorativos se ha popularizado tanto en hogares como en empresas. Es una tendencia que ha llegado a quedarse, dado que es una manera de elegante y original de crear dinamismo y decorar distintos espacios. Su relación coste- calidad puede ser excelente siempre y cuando el producto adecuado se combina con otros materiales.

En la arquitectura moderna los paneles decorativos son elementos frecuentes y comunes. Pueden instalarse sobre otros materiales de construcción si ameritan un acabado particular o no son suficientemente fuertes. Se colocan tanto en el interior o el exterior de un edificio o casa. (Amstrong, 2017)

Para crear dinamismo en un inmueble o habitación se puede colocar paneles decorativos, adecuados para combinarlos con los otros materiales. El uso de este producto es popular tanto para hogares como en empresas. También se debe considerar que su costo vaya de acuerdo con la calidad.

2.1.10.1 Tipos De Paneles

De acuerdo con la obra de DK Ching (2012) los paneles se clasifican por su tipo material:

- Paneles de madera: Los paneles de madera actúan como aislantes de frío y están formados por tablas unidas con listones verticales. Pueden ser de

madera maciza, de chapa de madera o revestidos de laminado plástico. Los paneles de madera maciza son duraderos y crean texturas. El patrón y textura del panel dependen de la separación de las tablas y de las juntas.

- Paneles de contrachapado: Los paneles de contrachapado están diseñados con chapas de madera bajo calor y presión. El núcleo puede ser de tableros de partículas, como de paneles de fibra de densidad media (MDF). Algunos productos de contrachapado contienen formaldehído, una sustancia química inflamable, incolora y de olor fuerte, y están revestidos con láminas decorativas.
- Yeso: Una combinación de cal viva, agua, arena y alguna fibra constituyen el yeso, producto que se usa en las superficies de paredes o techos. Este es un material durable, de peso relativamente bajo y resistente al fuego. Hoy en día, las planchas prefabricadas enlucidas de yeso constituyen un elemento importante en la construcción ya que se las usa para dar un buen acabado en paredes y tumbados.
- Cerámica: La arcilla cocida es la base para la elaboración de las baldosas cerámicas que son duraderas y resistentes al agua en las paredes interiores. Existen diversos diseños, con una amplia gama de colores y en acabados mates o brillantes. También pueden realizarse diseños personalizados.
- Revestimientos flexibles: Las superficies del yeso y de los tableros pueden estar pintadas, pero también tener algún revestimiento, de preferencia flexible, decorativo y funcional. Existe una amplia gama y están testados para usar en viviendas, oficinas, hoteles, escuelas y edificios comerciales.

2.1.10.2 Paneles Decorativos A Base De Biomateriales

Valdiviezo y Vera (2019) con su proyecto de “Elaboración de paneles de revestimiento para paredes a base de fibra de vidrio y estopa de coco para viviendas de interés social en la ciudad de Guayaquil”, se basa en la idea de conformar un panel

con fibras naturales, y constatar su comportamiento referente al desarrollo de las propiedades mecánicas en relación con la distribución racional administrada.

Reyes y Villa (2021) desarrollaron un “Prototipo de bloque simple más residuos carbonosos y caucho reciclado para mampostería de viviendas”, cuyo objetivo es hasta la actualidad optimizar un lugar de forma general, garantizando ambientes acogedores.

Está demostrado que el uso de materiales reutilizados que comparten características afines de maleabilidad para la hechura de piezas como bloques para mampostería de viviendas, le dan un valor agregado relevante, y favorecen los procesos de construcción al disminuir el empleo de recursos no renovables.

2.1.11 Diseño Modular

Los diversos estudios sobre el diseño modular señalan que este se subdivide en partes independientes sintetizadas llamadas módulos, cuya función principal es la división escalar y reutilización.

Un elemento modular es versátil, dinámico y debe ser transportado y ensamblado de forma fácil en el espacio destinado para su instalación.

Un diseño modular parte del módulo, a través del cual se crea un sistema de elementos estructurales de acuerdo con el concepto personalizado del usuario, que cuenta con una variedad de características para garantizar un resultado óptimo. (DK Ching, 2012)

2.1.11.1 Características Del Diseño Modular

DK Ching (2012) señala que el diseño modular guarda especial relación con el sector mobiliario, ya que es allí donde se lo puede aplicar para satisfacer las necesidades de los usuarios. Sin embargo, se debe considerar algunas características del proceso para satisfacer las necesidades del usuario. De esta forma debe ser personalizado, multifuncional, proporcionar una facilidad de ensamble y desmonte, además cada una de sus piezas pueden ser reutilizadas.

2.1.12 Economía Circular

La economía circular es un paradigma que busca redefinir el concepto sobre economía y desarrollo sostenible, teniendo como principal objetivo proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación. El creciente interés por salvar el medio ambiente y reducir la contaminación ha llevado a las industrias, gobiernos y sociedades a buscar el desarrollo sostenible, proponiendo diversas estrategias en todo el ciclo de vida de productos y servicios. (Prieto-Sandoval, Jaca, & Ormazabal, 2017)

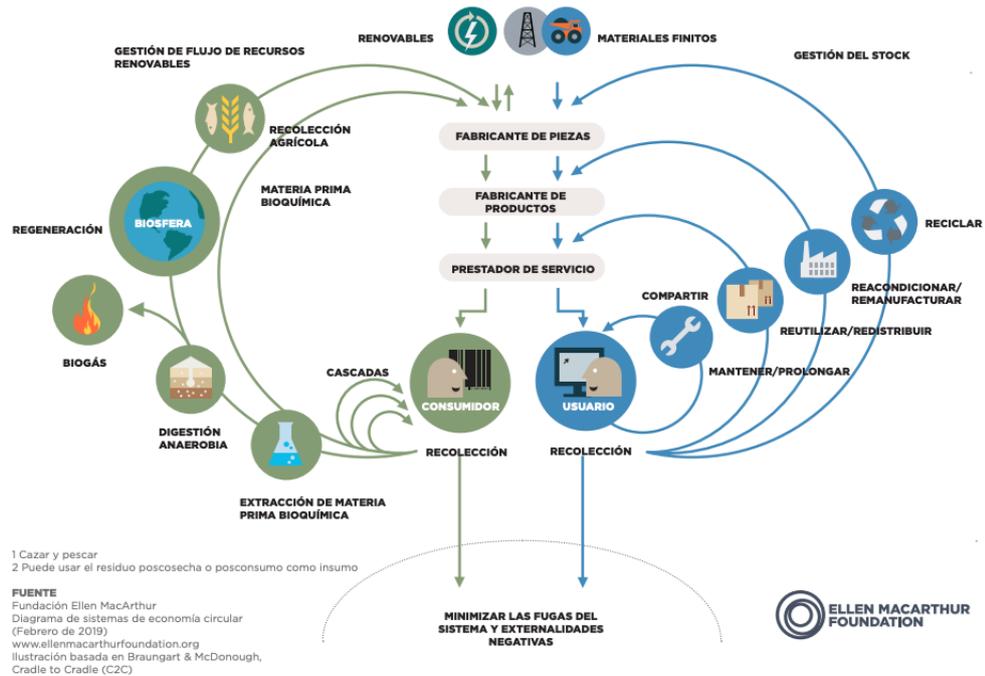
Según Ellen MacArthur Foundation (2017), la economía circular se basa en tres principios:

1. Preservar y mejorar el capital natural monitoreando las existencias finitas y compensando el flujo de recursos renovables cada vez más eficiente,
2. Optimizar la implementación de los recursos a través de una mayor rotación de los productos, componentes y materiales maximizando su utilidad, en ciclos técnicos y biológicos.
3. Fomentar la eficacia del sistema evitando, quitando o reduciendo las externalidades negativas, como la polución, contaminación acústica, cambio climático, las toxinas, y efectos negativos para la salud con relación a la utilización de recursos.

Varela (2018) indicó que la economía circular al ser un modelo de producción y consumo competitivo y sostenible es antagónica al desusado modelo lineal de la economía moderna, busca potenciar el empleo de recursos, materias primas y energía, adjuntando primero a la cadena de valor, y superando después las externalidades negativas.

Figura 1

Diagrama del sistema de economía circular



Nota. Tomado de *Circular Design*, por *Ellen MacArthur Foundation*, 2017, *Ellen MacArthur Foundation*.

2.1.13 Arquitectura Y Medio Ambiente

La construcción es un sector productivo muy importante, emplea gran cantidad de recursos materiales y humanos, cuya repercusión económica posee un elevado valor. También tiene gran impacto medioambiental contribuyendo a su desgaste. (Conde, 2022)

De acuerdo con los datos suministrados por World Watch Institute (2003) citado en kwame (2015):

- El 40% de la energía consumida en el mundo corresponde a los edificios y la edificación de estos.
- El 40% de los materiales empleados en el mundo son destinados para levantar edificios.
- El 55% de la madera aserrada, es utilizada para la construcción.
- El 30% de obra nueva de construcción o rehabilitación presentan el síndrome del ‘edificio enfermo’, definido por la Organización Mundial de la Salud como un conjunto de enfermedades originadas por la contaminación del aire en los espacios cerrados.

Por lo tanto, resulta oportuno disminuir el impacto ambiental de los materiales utilizados en la construcción, desde su extracción y fabricación hasta su posible reutilización, reciclaje o compostaje.

2.1.14 Ciclo De Vida De Los Materiales

Según el Portal Kömmerling (2021) el análisis de ciclo de vida (ACV) posibilita conocer el impacto ambiental de los productos usados en el sector de la construcción, desde la fabricación y transporte, hasta la transformación del material en residuo.

- **Extracción:** en ocasiones la extracción o acopio de la materia prima necesita grandes cantidades de energía y genera un alto impacto ambiental, por tal motivo muchas empresas buscan opciones para sustituir sus materias primas desde otros ciclos productivos incluso sumando criterios de la economía circular.
- **Fabricación:** en este proceso se lleva a cabo la transformación de las materias primas en productos de construcción, con los estándares de calidad y homogeneidad solicitados para su comercialización.
- **Distribución:** se consideran los aspectos resultantes del traslado de los materiales desde el lugar de fabricación hacia la obra, siendo el factor más relevante la distancia recorrida, aunque también son considerados el tipo de transporte o combustible utilizado.
- **Uso y mantenimiento:** el consumo de energía es un elemento cuya importancia varía de acuerdo con la función que tenga en la obra, o de los materiales auxiliares que requiera su ubicación, así como el mantenimiento.
- **Reciclaje:** lo apropiado al final de la vida útil de un material es su reutilización o reintegración en la naturaleza, por lo que la composición de estos es indispensable.
- **Disposición de los desechos:** si el material no se pueda reutilizar, reciclar o devolver al ciclo natural, evitar contaminaciones resulta una buena opción en cuanto a gestión adecuada de residuos.

- Demolición y reciclado: actualmente se efectúa un plan de gestión de residuos por parte de las constructoras, los escombros son depositados en una o varias plantas donde los separan y clasifican para su reciclado o tratamiento como residuo.

2.2 Definición De Términos Básicos

Hifas: Estructuras microscópicas colonizadoras en el sustrato a través de ramificaciones las cuales conforman el micelio.

Micelio: Cuerpo vegetativo del hongo conformado por hifas.

Micotectura: Construcción de estructuras solidas a base de micelio.

Micomaterial: material producido a partir de micelio.

Sustrato: Materia orgánica apta para la nutrición y reproducción de los hongos.

HUB: Empresa especializada en biotecnología, inteligencia artificial o emprendimiento social.

2.3 Aspectos Referenciales

2.3.1 Referentes Internacionales De Micomateriales

2.3.1.1 Spora Biotech

Es una empresa especializada en el desarrollo de cuero prácticamente idéntico al de origen animal, pero a partir de hongos de la selva amazónica. La empresa utiliza los hongos para crear Sporatex, un biomaterial que tiene un parecido con el cuero.

Según el cofundador y CEO del proyecto, Hernán Rebolledo, “en simples palabras, lo que hacemos es utilizar el micelio del hongo (como una telaraña densa), que, en conjunto con fibras naturales, generan biotextiles que pueden ser utilizados en accesorios, zapatos, ropa, muebles y hasta en interior de automóviles”. (MiamiDiario, 2022)

Figura 2

Logo Spora Biotech



Nota. Tomado de Logo Spora Biotech, 2022, por Spora Biotech, Spora Biotech.

2.3.1.2 Ecovative

Es una empresa dedicada a la fabricación de materiales compatibles con la tierra a partir de las nuevas tecnologías de micelio, la misma que se han encargado de desarrollar en sus laboratorios. Entre sus productos se encuentra el AirMycelium, que es una espuma de alto rendimiento para aislamiento y amortiguación, y MycoComposite, que tiene diversas aplicaciones para empaques y construcciones. (Ecovative, 2022)

Figura 3

Logo Ecovative



Nota. Tomado de Logo Ecovative, 2022, por Ecovative, Ecovative.

2.3.1.3 Mogu

Es una empresa que se dedica a producir mediante cultivos de cepas curadas de micelio con sustratos obtenidos de residuos agroindustriales. Posee una cartera variada de productos que van desde paneles decorativos hasta sistemas de

instalación para aplicar los paneles. También se enfoca en actividades de investigación para innovar en el mercado de micomateriales. (Mogu, 2022)

Figura 4

Logo Mogu



Nota. Tomado de Logo Mogu, 2022, por Mogu, Mogu.

2.3.2 Referentes Nacionales De Micomateriales

2.3.2.1 Mush Bio

Es un estudio de diseño consolidado en el 2021, investiga, desarrolla y construye productos biotecnológicos libres de huella de carbono con características resistentes, 100% orgánicos que facilitan la experiencia de habitar espacios armónicos. (Mush, 2022)

Figura 5

Logo de Mush Bio



Nota. Tomado de Logo Mush Bio, 2022, por Mush, Mush.

Mush Bio, diseño un panel de revestimiento decorativo inspirado en Los Andes. Este se fabrica mediante diseño paramétrico y su materialidad es en base al micelio

de hongos. Además de aportar a la identidad cultural a través de su diseño que busca modelar la topografía del territorio ecuatoriano y latinoamericano, el panel posee cualidades termoacústicas, ligereza y una belleza única, llevando la naturaleza a los espacios interiores.

2.3.2.2 Biofábrrik

Es un HUB de biotecnología que se preocupa por el medio ambiente, investigan hongos comestibles para el desarrollo y producción de biomateriales que reemplazan a plásticos, madera virgen y textiles de origen animal. Su laboratorio está ubicado en Guayaquil con posibilidades de distribución a nivel nacional de nuestros productos para B2C y B2B. (I3lab, 2021)

Figura 6.

Logo BioFábrrik



Nota. Tomado de Logo Biofábrrik, 2022, por Biofábrrik, Biofábrrik.

Biofábrrik, diseña empaques a partir de un biomaterial combinando residuos de agroindustriales de la madera con el micelio, este biomaterial se asemeja a la espuma flex (material de embalaje de electrodomésticos), pero con características superiores entre ellas: baja inflamabilidad, biodegradable y cero emisiones de carbono.

2.3.2.3 Mycomaker

Es un negocio especializado en capacitaciones prácticas y teóricas para demostrar las bondades de la micotectura. La misión de la empresa es:

Creemos en el potencial transformador del micelio como biomaterial y la tecnología Micotectura. Por eso investigamos, desarrollamos y producimos objetos de micelio. Nuestra misión es acelerar el desarrollo y la adopción de

esta nueva tecnología, por lo que democratizamos nuestro conocimiento a través de cursos, conferencias, workshops y otros productos educativos. De esta manera trabajamos en congruencia con la sostenibilidad ambiental y el bienestar de nuestra comunidad. Somos un equipo de apasionados por el micelio y el cultivo de hongos. La curiosidad sobre el misterioso mundo de los hongos es lo que nos motiva a cultivarlos día tras día. (Mycomaker, Mycomaker club, 2022)

Figura 7

Logo Mycomaker



Nota. Tomado de Logo MycoMaker, 2022, por MycoMaker, MycoMaker.

2.3.2.4 ESPOL – CIBE

El Centro de Investigación del Ecuador (CIBE) es una organización ligada a la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) que tiene como misión:

Generar, aplicar, transferir y difundir las soluciones biotecnológicas requeridas por la industria agrícola del litoral ecuatoriano para soportar su competitividad a escala global, con especial énfasis en la industria del banano y el cacao, ofreciendo servicios de alto valor agregado a los productores agrícolas, la agroindustria y la industria local de alimentos. (CIBE, 2022)

Figura 8

Logo CIBE



Nota. Tomado de Logo CIBE, 2022, por CIBE, CIBE.

Capítulo 3

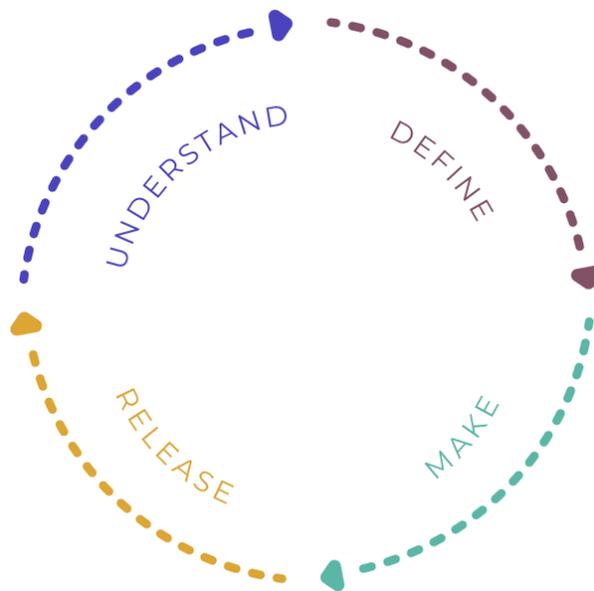
3.1 Metodología De Investigación En Diseño

El presente proyecto implementa la metodología The Circular Design, la cual permite comprender, definir, crear y lanzar innovaciones circulares. (Ellen MacArthur Foundation, 2017). La misma que utilizan las empresas de consultoría de diseño con renombre internacional, como IDEO, para abordar proyectos de carácter sostenible.

La economía circular consiste en colocar en un bucle la línea de la economía industrial moderna que se enfoca en extraer recursos sin considerar la etapa de vida final del producto. De tal forma que se pueden reintroducir los desechos como materia prima a ciclo productivo, entregando mayor valor al usuario, a los negocios y al medio ambiente. (Brown, 2017)

Figura 9

Circular Design



Nota. Tomado de *Circular Design*, por Ellen MacArthur Foundation, 2017, Ellen MacArthur Foundation (<https://n9.cl/5wien>).

3.2 Diseño De La Investigación

El tipo de investigación seleccionada para el desarrollo del proyecto es aplicado con enfoque mixto. El apartado cuantitativo implementa formularios para brindar información

sobre las necesidades y preferencias en cuanto al diseño de los paneles relacionado a la muestra escogida. Por otro lado, se planea recopilar una base de datos sobre las propiedades mecánicas y sensoriales del bio-material.

El apartado cualitativo se apoya de entrevistas a expertos del sector de productos de micomateriales y observaciones de eventos académicos del campo de interés. También consta de un proceso de diseño experimental durante el desarrollo de los paneles. Este diseño “se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes, para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes, dentro de una situación de control para el investigador” (Hernández, 2014).

3.3 Población

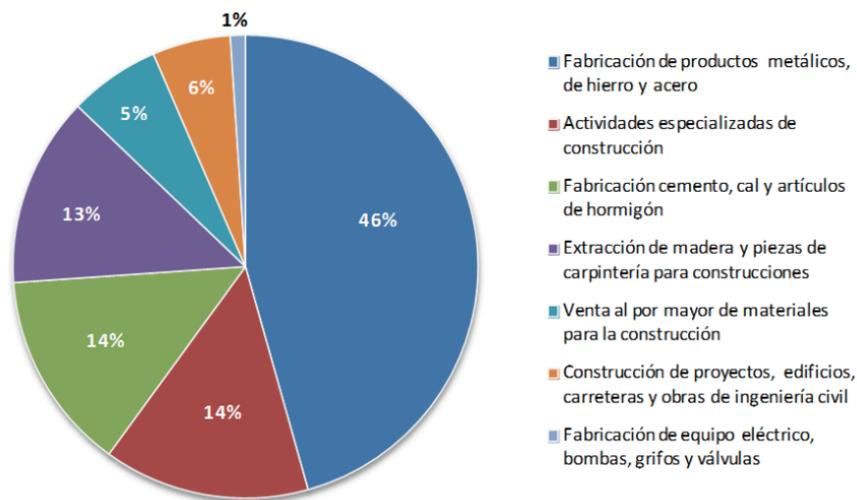
La población del proyecto se determinó mediante la investigación de los principales negocios de productos y servicios derivados de la producción de micelio. Se estableció a las 3 empresas más destacadas de Ecuador: Mush, Biofabrik y Mycomaker. Las 2 primeras son fabricantes de productos de micelio, paneles decorativos y esquineros para empaques respectivamente, con una baja escalabilidad productiva. El último corresponde a servicios de capacitación de carácter práctico y teórico sobre las bondades del bio-material.

Por otro lado, de acuerdo con el modelo de negocios de Mush (2022), los principales clientes que solicitan sus productos son diseñadores de interiores y arquitectos, quienes tiene una afinidad por las prácticas sostenibles y buscan destacar como pioneros implementando bio-materiales en sus proyectos.

Dado que objetivo del proyecto es diseñar paneles decorativos a partir del micomaterial, el proyecto toma como segunda población a los establecimientos económicos y/o profesionales que desempeñan dichos oficios, obteniendo como resultado 2053 establecimientos que se especializan en construcción, la cual representa 14% de la industria de la construcción. (Infoeconomía, 2012).

Figura 10

Actividad económica de la industria de la construcción



Nota. Tomado de *Actividad Económica, por Infoeconomía, 2012, Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)*.

3.4 Muestra

De los datos obtenidos sobre los establecimientos especializados en construcción se empleó la siguiente fórmula estadística para determinar la muestra:

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

N : total de la muestra

k : constante de confianza

e : error muestral proporcional a la constante de confianza

p : proporción de individuos que poseen los aspectos a estudiar

q : proporción de individuos que carecen los aspectos a estudiar

A la constante K se le asigna los valores estándar de acuerdo con los siguientes porcentajes:

Tabla 1

Constante de confianza

k	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%

Nota. Tomado de *Confidence intervals, por Neyman, 1935, The Annals of Mathematical Statistics.*

De esta se obtiene como resultado lo siguiente:

$$n = \frac{k^2 * p * qN}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q} \quad n = \frac{1,44^2 * 0,5 * 0,5(2053)}{(15^2 * (2053 - 1)) + 1,44^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = 23$$

Para este caso se asignó a *k* el valor de 1,44 equivalente a 85% de confiabilidad de datos, dado que fueron obtenidos del INEC en el año 2012, por consiguiente, el valor de *e* es 15% de datos inválidos. Respecto a los valores de *p* y *q* se asignó 0,5 para ambos ya que se emplea generalmente en casos donde se desconoce la proporción adecuado de estudio.

Relacionado a la muestra de negocios especializadas en micomateriales, puesto que el tamaño poblacional es pequeño, se planea realizar entrevistas u observaciones a las 3 empresas para extraer información que aporte al progreso del proyecto.

3.5 Definición De Variables De Encuesta

Tabla 2

Variables para establecimientos de construcción

Variable	Descripción	Tipo	Posible valor
Profesión	Profesión que desempeña dentro de la empresa	Cualitativa	-Arquitecto -Diseñador de interiores -Otro

Preferencia de materiales	Qué tipo de materiales suele usar como revestimiento de paredes	Cualitativa	<ul style="list-style-type: none"> -Cerámica -Porcelanato -Madera -Bambú -Corcho -Yeso o escayola -Espuma o adhesivo plástico -Otros
Criterios de selección de material	Características que influyen en la adquisición del producto	Cualitativa	<ul style="list-style-type: none"> -Precio -Durabilidad -Fácil de transportar -Facilidad de instalación -Calidad de los acabados -Otros
Costo de materiales	Desembolso por m ² del material	Cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> -\$1-\$5 -\$5-\$10 -10\$-\$20 -\$20-\$30 -\$30+
Costos de instalación	Desembolso por mano de obra, herramientas y transporte	Cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> -\$5-\$25 -\$25-\$40 -\$40-\$60 -\$60-\$100 -\$100+

Percepción por materiales sostenibles	Mide la aceptación por implementar productos sostenibles	Cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> -Poco de acuerdo -De acuerdo -Neutral -Desacuerdo -Indiferente
Frecuencia de mantenimiento o rediseño	Cantidad de veces que se cambia o rediseña el espacio	Cuantitativo	<ul style="list-style-type: none"> -1 año-3 años -3 años-5 años -5 años-10 años -10 años-20años -+20años
Características necesarias del diseño	Aspectos del producto que le gustaría que satisfaga	Cualitativo	<ul style="list-style-type: none"> -Modularidad estética -Sistema de instalación decorativa -De origen vegetal -Aislación acústica -Aislación térmica -Otros
Conexión cultural	Aspecto de la cultura ecuatoriana que debería reflejarse en el producto	Cualitativo	<ul style="list-style-type: none"> -Pictografías de las culturas precolombinas -Música típica de las regiones -Vestimenta típica de los grupos étnicos -Obras arquitectónicas emblemáticas -Pinturas icónicas

3.6 Modelo De Encuesta

Para la realización de la encuesta se empleó la herramienta de formulario de *Google Forms*.

Tabla 3

Modelo de encuesta a establecimientos de construcción

Sección	Pregunta	Variable
Datos demográficos	Seleccione su género	Personal relacionado al género
	Seleccione el rango de edad que tiene actualmente	Personal relacionado a la edad
	Seleccione la profesión que desempeña de acuerdo con su actividad laboral	Profesión
Preferencia de consumo	Seleccione el material que suele emplear como revestimiento para paredes en sus proyectos	Preferencia de materiales
	Seleccione la característica que determina la compra del material de revestimiento	Criterios de selección de material
	Seleccione las características que le gustaría que cumplieran	Características necesarias del diseño

	los productos de revestimiento	
	¿Está de acuerdo que las construcciones actuales deben incluir la implementación de materiales sostenibles?	Percepción por materiales sostenibles
Inversión de recursos	Seleccione el rango de precios por m ² que desembolsa para la adquisición del producto de revestimiento	Costo de materiales
	Seleccione el rango de precios por m ² que desembolsa para la instalación del producto de revestimiento	Costos de instalación
	Seleccione el rango de frecuencia que se acostumbra a realizar mantenimientos o rediseño del revestimiento de obra luego de concluir el proyecto	Frecuencia de mantenimiento o rediseño
Preferencia de diseño	¿Qué aspecto de la identidad de la cultura	Conexión cultural

	ecuatoriana considera que debería reflejarse en los revestimientos decorativos y/o funcionales?	
--	---	--

3.7 Definición De Variables De Entrevista

Tabla 4

Entrevista a empresas productoras de micelio

Variable	Pregunta	Descripción
Inicios del negocio	¿Cómo fueron los primeros pasos del desarrollando de su producto a base de micelio?	Conocer la historia del negocio para comprender su motivación
Barreras de entrada	¿Cuál es la mayor complicación que tiene con el mercado?	Determinar las dificultades de introducirse en el mercado
Método de cultivo	¿Cuáles son las especies de hongos y sustratos que utiliza?	Considerar los recursos que emplea para la fabricación del producto o servicio
Experimentación del negocio	¿Cuáles son las técnicas de fabricación con las que ha experimentado?	Comprender el método de la investigación experimental que ha sido empleado
Oferta del negocio	¿Cuáles son los productos y servicios que oferta?	Conocer sobre las características de los

		productos puestos en el mercado
Método de diseño	¿Qué clase de metodología orientada al diseño o de innovación sigue?	Conocer si tiene alguna afinidad por las metodologías de diseño
Aspectos culturales	¿Qué aspecto cultural de la identidad ecuatoriana considera que debería proyectarse en los revestimientos decorativos y/o funcionales?	Entender Punto de vista profesional para diferenciar el producto sobre otros

3.8 Definición De Variables De Observaciones

Tabla 5

Planificación de observación evento académico

Evento	Micotexturas 2022
Organizador	Mycomaker
Tipo	Charla virtual de difusión académica
Ponente	Tema
Ana Laura Cantera	Micelio, arte y tecnología
Camila Marabotto y Paola Maldonado - Simbióticas Lab – Sativas	Micomateriales formulados con cáñamo
Sofía Cuevas -REDDO	Revestimiento decorativo de Micelio
Juliana Lareu - Superpraxis	Arquitectura de microorganismos

Tabla 6

Variables de observaciones para Micotexturas 2022

Variables	Aspecto por observar	Descripción
Campo disciplinar aplicado	¿Qué tipo de enfoque académico tuvo la evolución del proyecto?	Comprender las diferentes áreas que están involucradas para el crecimiento académico del proyecto
Método de bio-fabricación	¿Qué método de cultivo y maduración tuvo el bio-material?	Conocer las cepas de hongos, sustratos y método técnico para fabricar el producto
Limitaciones	¿Cómo superó las limitaciones afrontadas en el proyecto?	Considerar las soluciones aplicadas para agilizar la investigación
Retroalimentación del mercado	¿Cuáles son las opiniones de sus clientes sobre el micomaterial?	Entender la percepción de los usuarios
Funcionalidad	¿Cuáles son las aplicaciones del producto?	Conocer las diferentes aplicaciones que proporciona el bio-material
Aplicación de molde	¿Cómo desarrolló los moldes para vaciar micelio?	Entender el proceso de fabricación y materiales utilizados para los moldes
Modelo de negocio	¿Cómo obtiene ingresos para sostener económicamente el proyecto?	Entender cómo funciona su nicho de mercado

3.9 Ensayos De Propiedades Del Micomaterial

Este apartado cuenta con el apoyo de López y Delgado (2022), quienes desarrollaron ensayos mecánicos y sensoriales de varias muestras del micomaterial en Laboratorio de Evaluación de Materiales (LEMAT), en paralelo al presente proyecto de titulación. Al igual que los investigadores de la presente investigación, Natalia López y Joshua Delgado constan como investigadores del proyecto interdisciplinario de desarrollo del micomaterial a cargo del CIBE. A partir de ello facilitaron una base datos sobre el bio-material de estudio, la cual ha sido adaptada acorde a los objetivos de este proyecto.

Por temas de propiedad intelectual los nombres de las especies de hongos y los sustratos utilizados para el desarrollo del proyecto serán omitidos y reemplazados por códigos para preservar la propiedad intelectual del CIBE.

Tabla 7

Nomenclatura de especies de hongos

Código/Cd
E5C
E17C
E8aC
E8aM
E12bM

Nota. Adaptado de Comparaciones de micomaterial, por López & Delgado, 2022, Ensayos mecánicos y sensoriales aplicados a muestras de micelio.

Tabla 8*Representación cuantitativa de variables de observación de ensayos*

Variable Valor	Aspectos de aglomerado	Crecimiento en 4 días	Porosidad	Resistencia al láser diódo
3	Excelente	Bueno	Muchísima porosidad	Excelente
2	Buen Aspecto	Medio	Muy poroso	Bueno
1	Está unido, pero es sensible	Malo	Poroso	Medio
0	Se desmorona	Ninguno	Sin poros	Malo

Nota. Adaptado de Comparaciones de micomaterial, por López & Delgado, 2022, Ensayos mecánicos y sensoriales aplicados a muestras de micelio.

Tabla 9*Propiedades físicas*

Cd	Deformación por compresión (2000 N)	Aspecto del aglomerado	Densidad (g/cm³)	Crece en 4 días	Perdida de humedad
E5C	65,38	3	0,11	3	56%
E17C	70,21	3	0,24	2	63%
E8aC	62,15	2	0,24	1	65%
E8aM	41,61	2	0,23	1	70%
E12b	52,72	1	0,18	1	69%

Nota. Adaptado de Comparaciones de micomaterial, por López & Delgado, 2022, Ensayos mecánicos y sensoriales aplicados a muestras de micelio.

Tabla 10

Propiedades sensoriales

Cd	Olor	Estética	Acústico (Reducción de dB)
E5C	70%	73,33%	56%
E17C	76,7%	83,33%	63%
E8aC	50%	73,33%	65%
E8aM	46,7%	76,67%	70%
E12b	66,7%	76,67%	69%

Nota. Adaptado de Comparaciones de micomaterial, por López & Delgado, 2022, Ensayos mecánicos y sensoriales aplicados a muestras de micelio.

Tabla 11

Propiedades microscópicas

Cd	Diámetro de hifas (nm)	Densidad hifas (um²)	Número de hifas	Deformación
E5C	948,548	0,52	52	65,38%
E17C	1339,186	0,62	62	70,21%
E8aC	2152,08	0,71	71	43,45%
E8aM	2061,15	0,68	68	41,61%
E12b	2400,974	1,42	142	52,72%

Nota. Adaptado de Comparaciones de micomaterial, por López & Delgado, 2022, Ensayos mecánicos y sensoriales aplicados a muestras de micelio.

Tabla 12

Propiedades de flamabilidad aplicando láser diodo

Tipo de operación del láser	Velocidad de corte (mm/s)	Potencia (W)	Resistencia del corte láser
Desbaste	100	15	3
		20	2
		25	1
		12	3
Vectorial	20	20	0
		15	0
		10	2
		12	3
Corte	15	15	0
		25	0
	10	50	0
	8	60	0
		80	0

Nota. Adaptado de Comparaciones de micomaterial, por López & Delgado, 2022, Ensayos mecánicos y sensoriales aplicados a muestras de micelio.

Capítulo 4

En este capítulo se detalla el proceso experimental de diseño, el cual incluye, los aspectos conceptuales, técnicos, estéticos y comunicacionales. Además, de la cantidad de material a emplearse para la fabricación de los paneles, dirigido por el CIBE.

Cabe mencionar que la evolución del proyecto contó con el asesoramiento de Mush, ya que durante las fechas de realización de la investigación se estaba planificando una alianza estratégica con CIBE.

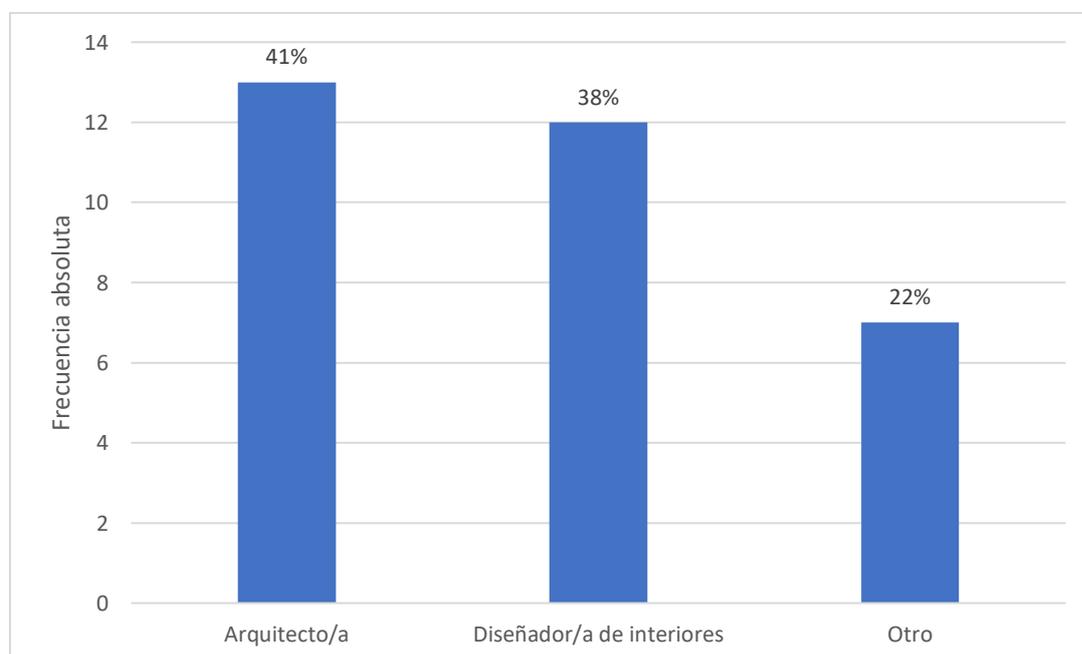
4.1 Análisis De Resultados

A fin de conocer si el usuario al que se dirige la propuesta de paneles decorativos a partir de mico-materiales tenía conocimientos sobre el material, propiedades y cualidades de este, fue indispensable realizar encuestas y entrevistas en modalidad virtual. Gracias a la aportación de los expertos productores de micelio, diseñadores, arquitectos y usuario final se pudo conocer las preferencias de materiales utilizados para el revestimiento de paredes, costo de material e instalación y conexión cultural, entre otras cualidades.

4.1.1 Análisis De Las Encuestas

Figura 11

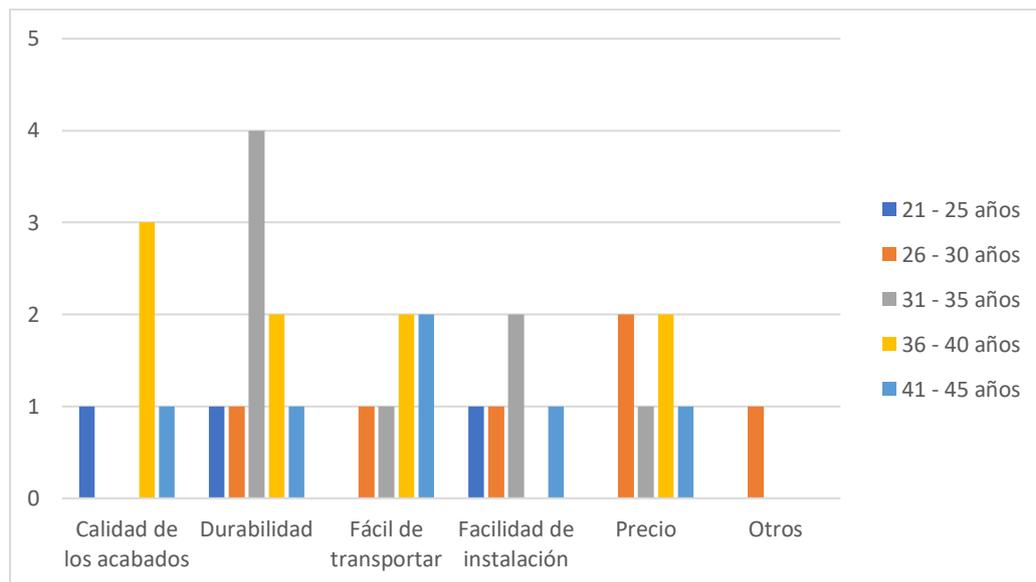
Resultados de profesionales encuestados



Se obtuvo un total de 32 respuestas, de las cuales 13 corresponde a arquitectos, 12 a diseñadores de interiores y el resto se catalogó como otra profesión. Siendo así que se cumplió con el número muestral de los establecimientos dedicados a actividades derivadas de la construcción.

Figura 12

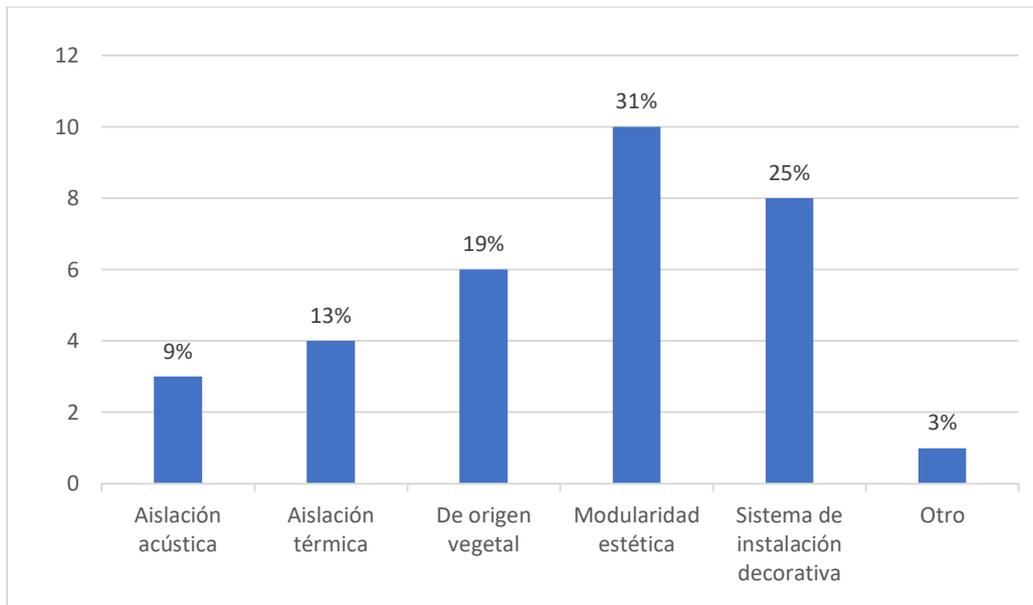
Resultado preferencia de características por rango de edad



Según los datos recolectados la característica que más apreciaron los encuestados es la durabilidad del producto, dejando en segundo lugar a aspectos como precio y facilidad para transportarlo. Relacionado a nuestro segmento de mercado demográfico, seleccionaron como principales características la durabilidad y la calidad de los acabados, en ese orden respectivamente.

Figura 13

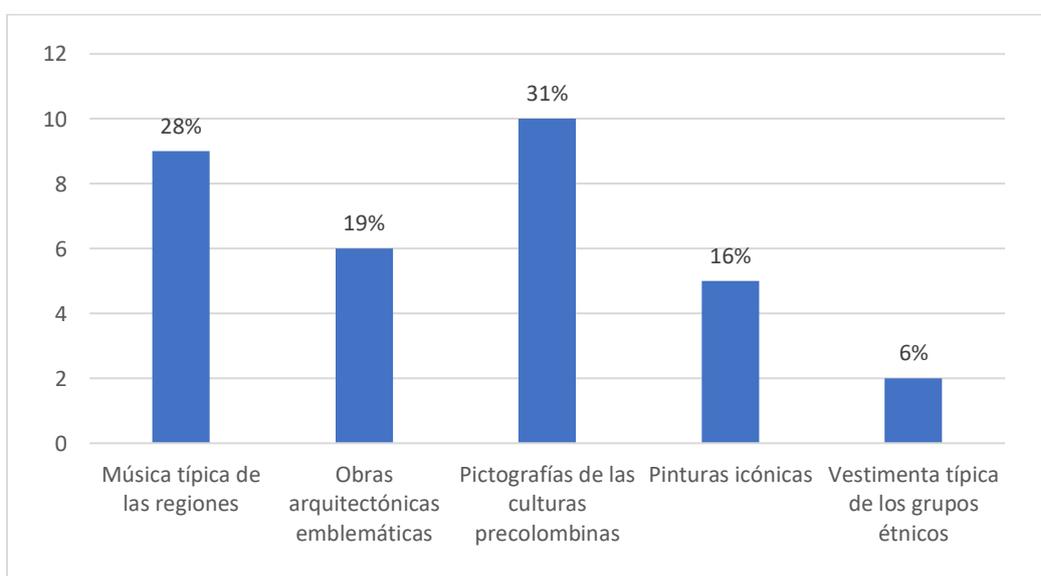
Resultado de expectativa de aspectos



Acorde a la información, en primer lugar, la característica que se muestra como la más buscada de los paneles decorativos es la modularidad estética, seguido por un sistema de instalación que aporte estética al proyecto, dejando en tercer lugar que la procedencia del material sea de origen vegetal. Por lo tanto, el desarrollo del proyecto debe centrarse en el resaltar el carácter sostenible del bio-material a través del diseño de las dos primeras características.

Figura 14

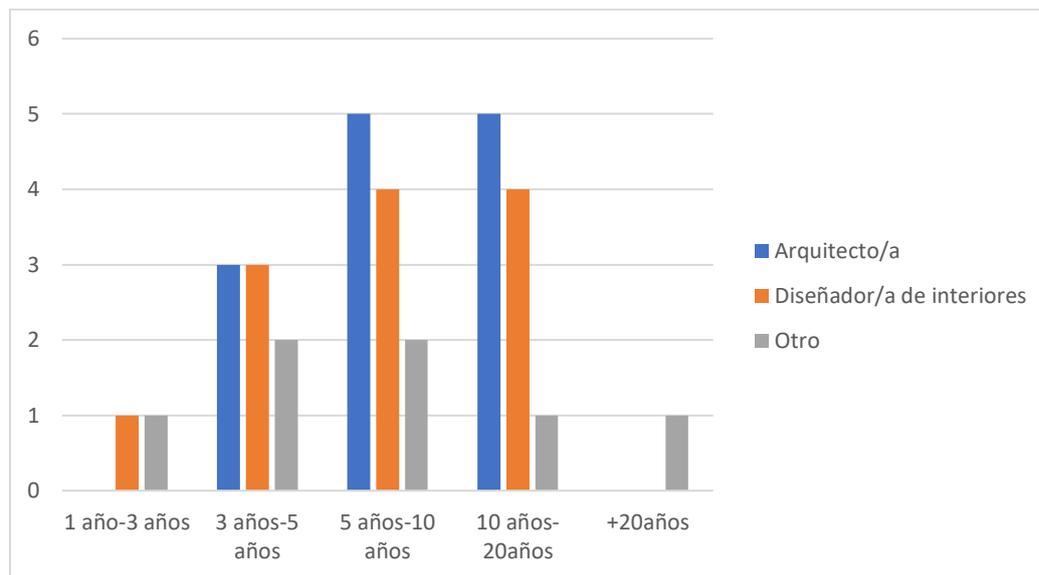
Resultado conexión cultural



Según los datos obtenidos, 10 respuestas indicaron que la conexión cultural que esperan ver con los productos adquiridos es de pictografías de las culturas precolombinas. En segundo lugar, con 9 respuestas se ubicó la música típica de las regiones. De esta manera, la actividad proyectual del concepto puede explorar entre ambos aspectos.

Figura 15

Resultado frecuencia de mantenimiento por profesión



Relacionado al tiempo usual de mantenimiento de revestimiento para pared, 10 arquitectos y 8 diseñadores indicaron que la frecuencia se encuentra entre 5 y 20 años. Por lo cual, el diseño del sistema de instalación debe considerar este dato para facilitar el mantenimiento de las paredes.

4.1.2 Análisis De Las Entrevistas A Expertos

Tabla 13

Análisis entrevista a BioFábric

Entrevistado	César Silva	Cargo	Fundador
Código	Unidad de registro		
Inicios del negocio - IN	UR1-“...en el 2017 inicié las pruebas con ensayos, tres o cuatro años después abrí el laboratorio...”		

	<p>UR4-“...Observamos el ciclo de cultivo ejecutado por los agricultores, no en un bosque cualquiera...”</p> <p>UR7-“...Nosotros creíamos que podíamos entrar en la industria ofreciendo este producto a los fabricantes de electrodomésticos...”</p>
Barreras de entrada - BE	<p>UR8-“...Necesitamos una producción masiva mensual para poder elaborar ciertos equipos tecnológicos como los bio reactores...”</p> <p>UR9-“...no todas las industrias están atadas a este tema de economía circular...”</p>
Método de cultivo - MC	<p>UR2-“...Todo ha sido un tema de ensayo-error...”</p> <p>UR3-“...para la producción de biomateriales como para la producción del hongo de grado alimenticio...”</p>
Experimentación del negocio - EN	<p>UR5-“...tenemos estandarizado el proceso para la producción del hongo...”</p> <p>UR6-“...hacemos algunas modificaciones en cuanto a la producción porque hemos encontrado una serie de errores...”</p>
Oferta del negocio - ON	<p>UR10-“... Seguimos en la línea de empaques...”</p> <p>UR11-“...estamos mirando otras líneas para creación de textiles o materiales de construcción...”</p>
Método de diseño - MD	<p>UR14-“...En realidad fuimos probando, pero claro necesitas tener una referencia...”</p> <p>UR15-“...salí con ese producto y lo llevé a alguna industria...”</p>

	UR16-“...salimos con ese producto y obviamente en el tiempo ya fuimos mejorando la calidad, la apariencia y todo...”
Aspectos culturales - AC	UR12-“...Considero que el producto que van a diseñar debe resolver un problema real...” UR13-“...deberían primero identificar qué industrias tienen algún problema en las cuales este material puede representar un acercamiento a problemas culturales...”

De acuerdo con Silva C. (2022) el mercado de empaques, más específico de esquineros para empaques terciarios requiere una producción a mayor escala del micelio, tamaño que para la fecha de realización de la entrevista no ha sido alcanzado, puesto que la fabricación es artesanal.

De igual manera, el entrevistado indicó que desarrolló el bio-material mientras iba validando el mercado, recibiendo retroalimentación para mejorar el producto mínimamente viable. Por lo cual se infiere que empleó una metodología similar a Circular Design.

Tabla 14

Análisis entrevista a Mush

Entrevistada	Fátima Arregui	Cargo	Cofundadora
Código	Unidad de registro		
Inicios del negocio - IN	UR1-“...Nuestra investigación arrancó en 2018, cultivamos y desarrollamos nuestros materiales desde cero...” UR3-“...En 2021 levantamos capital semilla y allí donde nació MUSH, en Quito...”		

<p>Barreras de entrada - BE</p>	<p>UR11-“...vendemos también esculturas de arte de 1 metro de altura y mesas auxiliares...”</p> <p>UR13-“...si se mojan o quedan a la intemperie no se van a desintegrar, sino que perderían sus cualidades materiales, es como la madera...”</p> <p>UR14-“...nosotros utilizamos cepas comerciales que vienen del extranjero porque no se pueden cultivar cepas nacionales para fines aplicativos...”</p>
<p>Método de cultivo - MC</p>	<p>UR2-“...generamos procesos productivos y sistemas constructivos con hongos, estandarizamos la fórmula...”</p>
<p>Experimentación del negocio - EN</p>	<p>UR7-“...Este proyecto partió de una tesis de pregrado que inicio con una propuesta de paneles sustentables...”</p> <p>UR8-“...En el interiorismo se valoran aspectos diferentes a los otros mercados, tales como calidad, diseño, exclusividad, valor agregado, ya que es un mercado muy exigente...”</p>
<p>Oferta del negocio - ON</p>	<p>UR5-“...Se trata de la colección Voronoi inspirada en Los Andes y tiene tres modelos: Ribera, Valle y Cordillera...”</p> <p>UR10-“...vendemos también esculturas de arte de 1 metro de altura y mesas auxiliares...”</p> <p>UR6-“...miden 25x25x5 centímetros, pesan casi 400 gramos y poseen cualidades termoacústicas y gran belleza...”</p>

<p>Método de diseño - MD</p>	<p>UR4-“...En 2022 participamos en la Cuarta Edición de Casas Project donde validamos nuestros paneles de revestimiento diseñados en base al micelio de hongos...”</p> <p>UR9-“...Antes fabricamos 8 paneles al mes ahora hacemos 36 en dos semanas, hemos aumentado nuestra capacidad productiva...”</p> <p>UR12-“...Los primeros prototipos creados en 2018 están íntegros, prolijos. Estimamos un tiempo de vida útil de 10 a 15 años...”</p>
<p>Aspectos culturales - AC</p>	<p>UR15-“... buscamos reflejar parte de nuestra identidad, y la cordillera nos pareció una de las cosas más destacadas de nuestra nación...”</p> <p>UR16-“... una conexión con las cuatro regiones del país, ya sea con aspectos geográficos como es Voronoi, o con características principales como pictografía, arquitectura o danza, incluso música...”</p>

Según Arregui (2022), el bio-material cualidades muy nobles, sin embargo, el mercado no conoce aún sus capacidades. Por ello, ellos formularon un producto mínimo viable para validar el mercado de interiorismo, el mismo que tuvo buen recibimiento y se adapta al bajo nivel productivo. Así mismo, indicaron que parte su proceso creativo fue conectar el producto con aspectos culturales nacionales.

De la entrevista se rescata la validación de mercado, puesto que la selección del nicho de mercado para el presente proyecto muestra potencial comercial según la experta. También, se destaca la búsqueda cultural que tuvieron durante el ejercicio creativo, siendo así que el acercamiento cultural del presente proyecto es la música representativa de cada región.

4.1.3 Análisis De Observaciones A Evento Académico

Tabla 15

Análisis de Micotexturas: Micelio, arte y tecnología

Evento	Micotexturas 2022	Organizador	Mycomaker
Ponente	Ana Laura Cantera	Nacionalidad	Argentina
Código	Unidad de registro		
Campo disciplinar aplicado - CDA	UR1-“...La tecnología y el arte pueden generar alianzas con materiales como el micelio para generar otro tipo de connotaciones...”		
Método de bio- fabricación - MBF	UR2-“...La especie pleurotus crece más rápido y corre menos riesgo de contaminarse. La ganoderma es más completo ya que genera una película, también se contamina menos en ambientes no estériles...” UR3-“...Es bastante variable de acuerdo con la temperatura, los colores marrones, amarillos y naranjas tardan 3 semanas. Los marrones o oxidados oscuros demoran 1 mes y medio, los blancos solo 1 semana...”		
Limitaciones - L	UR4-“...La contaminación es algo muy temido, debido a la presencia de tricode cuando se elaboran micomateriales...” UR5-“...Si es un hongo puro con sustrato son propensos a que otros bichos los degradan, si se desea mantenerlos se puede usar laca natural, goma arábica o ceras...”		

Retroalimentación del mercado - RM	UR6-“... A primera instancia hay que explicar que es un micomaterial, que se fabrica mediante hongos...”
Funcionalidad - F	UR7-“...Dependiendo de los factores y especie del hongo puede tener aspectos de luminosidad...” UR8-“...corte láser permiten trabajar con los hongos como si fueran madera...” UR9-“...puede trabajar circuitería electrónica...” UR10-“...El micelio genera amperios, pero no los suficientes para encender aparatos electrónicos...” UR11-“...El micelio también puede ser utilizado a modo de lienzo...” UR12-“...El micelio puede trepar sobre madera y cartón...”
Aplicación de molde - AM	UR13-“...Si el hongo está vivo se utilizan vitrina de acrílico que funcionan como incubadoras para registrar la humedad...” UR14-“...Si se trata de 1 pared hay que cultivar muchos hongos y tener muchos moldes impresos en 3d...”
Modelo de negocio - MN	UR15-“...El costo del trabajo está relacionado al tipo de objeto que se desea hacer. Utiliza bagazos de maíz como sustratos abaratan costos...”

De acuerdo con los expertos que expusieron sus conocimientos sobre las bondades del micelio, el bio-material tiene diversas aplicaciones, dado que se puede dotar de cualidades luminiscentes, usar como soporte para pintura y mecanizar con equipos de fabricación. También, se indicó los diferentes experimentos relacionados con los moldes, siendo los más mencionados los de impresión 3d, envases de uso doméstico y encofrados de acrílico o madera.

La información recolectada guía a los investigadores para considerar las opciones respecto a las maneras de conceptualizar el proyecto y materializarlo.

4.1.4 Comparación De Materiales

Para el desarrollo de este apartado se seleccionó las cepas de hongos que presentaban mejores propiedades, E5C y E17C, y así comparar con las propiedades de otros materiales que podrían reemplazarse por el bio-material.

Figura 16

Comparación de cepa E5C con materiales plásticos

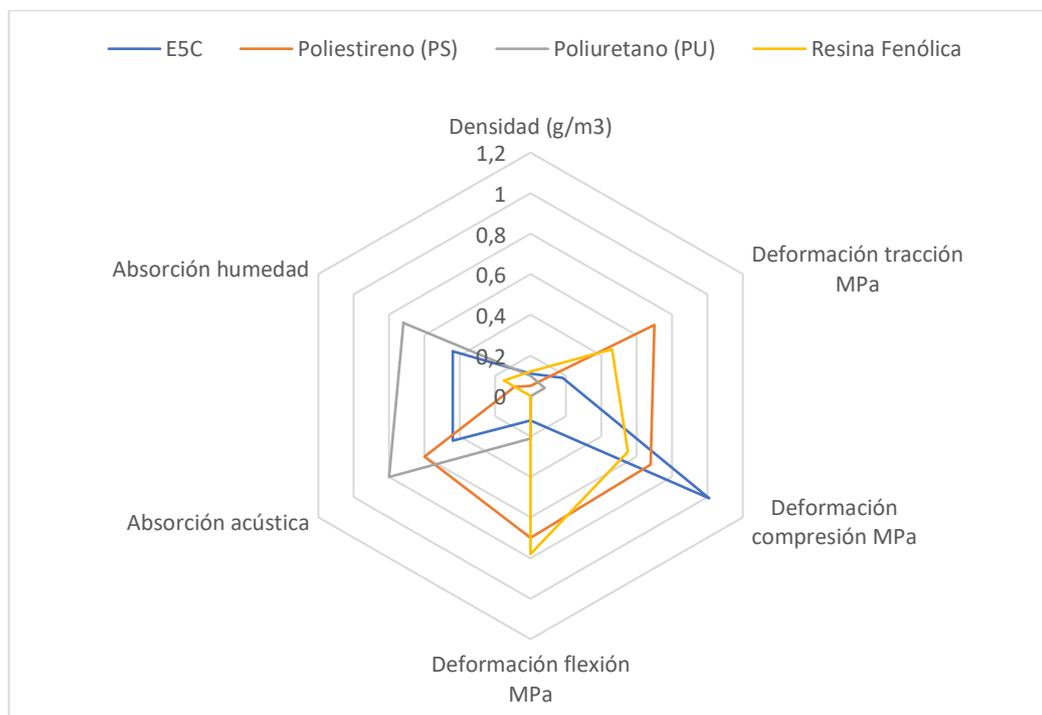


Tabla 16

Detalles de comparación de cepa E5C con materiales plásticos

Propiedad	E5C	Poliestireno (PS)	Poliuretano (PU)	Resina Fenólica
Densidad (g/m ³)	0,11	0,05	0,1	0,12

Deformación tracción MPa	0,18	0,7	0,08	0,46
Deformación compresión MPa	1,01	0,68	0,002	0,55
Deformación flexión MPa	0,12	0,7	0,21	0,78
Absorción acústica	0,44	0,6	0,8	0
Absorción humedad	0,44	0,09	0,72	0,15

Figura 17

Comparación de cepa E17C con materiales plásticos

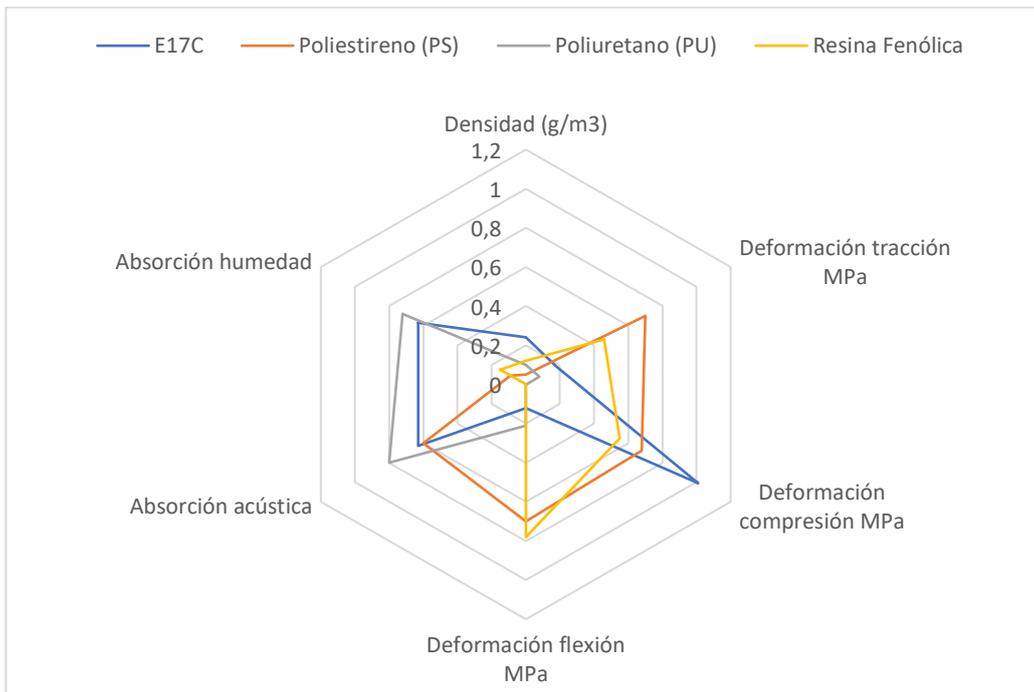


Tabla 17

Detalle de comparación de cepa E17C con materiales plásticos

Propiedad	E17C	Poliestireno (PS)	Poliuretano (PU)	Resina Fenólica
Densidad (g/m3)	0,24	0,05	0,1	0,12
Deformación tracción MPa	0,18	0,7	0,08	0,46
Deformación compresión MPa	1,01	0,68	0,002	0,55
Deformación flexión MPa	0,12	0,7	0,21	0,78
Absorción acústica	0,63	0,6	0,8	0
Absorción humedad	0,63	0,09	0,72	0,15

Tabla 18

Detalle de comparación de materiales madereros

Propiedades	E5C	E17C	Contrachapado	Madera blanda	Madera dura
Densidad (g/m3)	0,11	0,24	0,68	0,6	1,03
Deformación tracción MPa	0,18	0,18	10	60	132
Deformación compresión MPa	1,01	1,01	8	35	68
Deformación flexión MPa	0,12	0,12	35	9,9	10,5
Absorción acústica	0,44	0,63	0,1	0,05	0,05
Absorción humedad	0,44	0,63	5	5	5

Los datos sobre las propiedades de los materiales plásticos se extrajeron del libro “Bio Fabricación. Micelio como material de construcción” del autor Fuentes I. (2020).

Los resultados muestran que el micomaterial puede equiparar las propiedades de los polímeros, sin embargo, cabe destacar que el micelio tiene un factor de origen biológico y destino final biodegradable, cualidades que estos polímeros carecen. Respecto a la comparación con materiales madereros, los paneles superan la característica de absorción acústica, lo cual lo hace mejor aislante sonoro en los espacios de interiores.

4.2 Aspectos Conceptuales

4.2.1 Diseño Y Economía Circular

El concepto de economía circular surge en los años 80 como una respuesta a la economía lineal. La economía circular a diferencia de la lineal toma como principio la reutilización de los residuos generados por los productos de consumo con el fin de crear un círculo que permita tener una economía más sostenible y amigable con el medio ambiente. (Ellen MacArthur Foundation, 2017)

4.2.2 Ecodiseño

El gran desarrollo del mercado global, y su alta demanda por productos ha incentivado a la creación de normativas y políticas que tengan un enfoque más sostenible. El Ecodiseño tiene como objetivo analizar los aspectos e impactos medioambientales de un producto, en todo su ciclo de vida.

El ecodiseño es la metodología para el diseño de productos industriales en el que el medioambiente se tuvo en cuenta durante el proceso de desarrollo del producto como un factor adicional a los que tradicionalmente se utilizó para la toma de decisiones. (Balboa & Somonte, 2014)

4.2.3 Objetivo De Desarrollo Sostenible

El desarrollo de prácticas sostenibles simplemente busca mejorar la calidad de vida de todos los seres vivos que habitan el planeta, así como los procesos de extracción de recursos. Esta forma el proyecto se alinea a los siguientes ODS (2015):

- Acción por el clima: “Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.”
- Producción y consumo responsable: “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.”

4.2.4 Proceso De Diseño

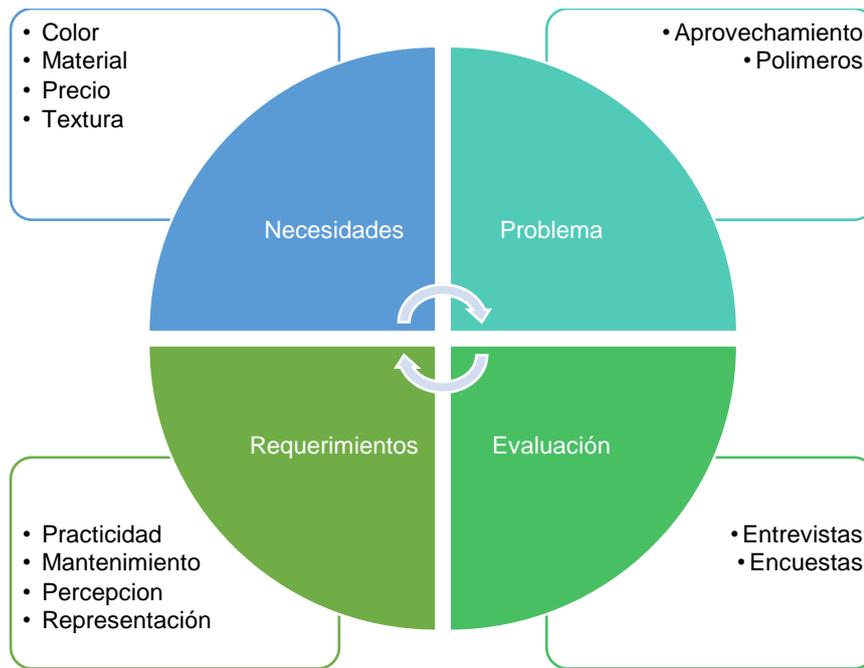
Por medio de las entrevistas con la cofundadora de Mush, se pudo concluir los siguientes retos en cuanto al diseño de los paneles.

- Nueva colección representativa de Ecuador
- Fabricación de moldes
- Aspectos estéticos y funcionales
- Presupuesto

A partir de esto se define una estrategia desde el usuario hasta la comunidad, para lo cual se debe tomar en cuenta lo siguiente:

Figura 18

Estrategia de proceso de diseño



4.2.5 Descripción Del Proyecto

Diseñar una colección de paneles con características estéticas y funcionales para interiores a partir de micomateriales, los mismos que podrán tener distintas variaciones, tomando como inspiración una música regional por cada región del Ecuador. Para el diseño de estos se ha hecho uso del modelado de nodos de geometría perteneciente al software de modelado tridimensional *Blender*, dando la creación de paneles eco-amigable que sustituyen a los paneles fabricados de derivados polímeros, cumpliendo el objetivo de salvaguardar el medio ambiente.

Para diseñar esta colección de paneles se tomarán en cuenta distintos parámetros, técnicas y proceso de diseño. Además, para incrementar el valor al producto se realizó un sistema de instalación que cumpla con características como versatilidad, fácil de transportar e instalar.

4.2.6 Conceptualización

El concepto del producto surge a partir de la información proporcionada por Mush, la cual manifestó la necesidad enlazar el diseño con alguna forma de expresión cultural, dando como resultado la concepción de paneles que permitan representar la cultura ecuatoriana de cada región.

A partir de esto surge “Musilium” una colección inspirada, diseñada y modelada a través de la música regional de Ecuador: Costa, Sierra, Oriente e Insular.

Previo a seleccionar las pistas de audio se revisó bibliografía para determinar los géneros musicales representativos de cada región. De acuerdo con Guerrero (2012) y Mullo (2007), estos son algunos de los géneros que corresponden a las regiones ecuatoriana:

Tabla 19

Clasificación musical por región

Región	Género musical
Costa	La Bomba Marimba Pasillo Bambuco Andarele
Sierra	Sanjuán Jaichihua Urcu mama Capishca Carnaval Albazo
Oriente	Anent Anent a Iwa Nampet Ujaj

Relacionado a la región Insular no se encontró información de su música típica, debido a que los habitantes provienen de diferentes zonas del Ecuador, causando una mezcla cultural. Sin embargo, hay una organización encargada de construir la identidad cultural de la

región, denominada Centro Cultural Ecoarte (2013), por ello la actividad proyectual considera los recursos culturales, que se pueden catalogar como géneros mestizos, generados por dicha entidad para el desarrollo de la investigación.

A partir de lo mencionado se escogió las siguientes obras musicales:

Tabla 20

Selección de canciones por región

Región	Género musical	Título de la obra	Autor/Interprete
Costa	Pasillo	El Aguacate	Autor: César Guerrero Tamayo Interprete: Julio Jaramillo
Sierra	Sanjuán	Los Imbaburas	Los Runashungo
Oriente	Anent	Uwi Ijiamat	Autor: Comunidad Shuar Tawasap Interprete: Gyru Tzamarenda
Insular	Mestizo	Pura Naturaleza	Centro Cultural Ecoarte

Como siguiente paso se realizó un ejercicio de proyección visual mediante bocetos y exploración con programas de modelado tridimensional. Los bocetos se realizaron con la intención de abstraer las formas que se encuentran geográficamente en cada región ecuatoriana, siendo los oleajes para la Costa, las cordilleras para la Sierra, el Río Amazonas para el Oriente y los Archipiélagos para la Insular.

En el caso de la exploración tridimensional se utilizó el programa *Blender* con el fin de desarrollar un algoritmo que permita modelar la forma del panel, mezclando las ondas de sonido de las pistas de audio con sus respectivas abstracciones geográficas regionales.

Figura 19

Bocetos del concepto

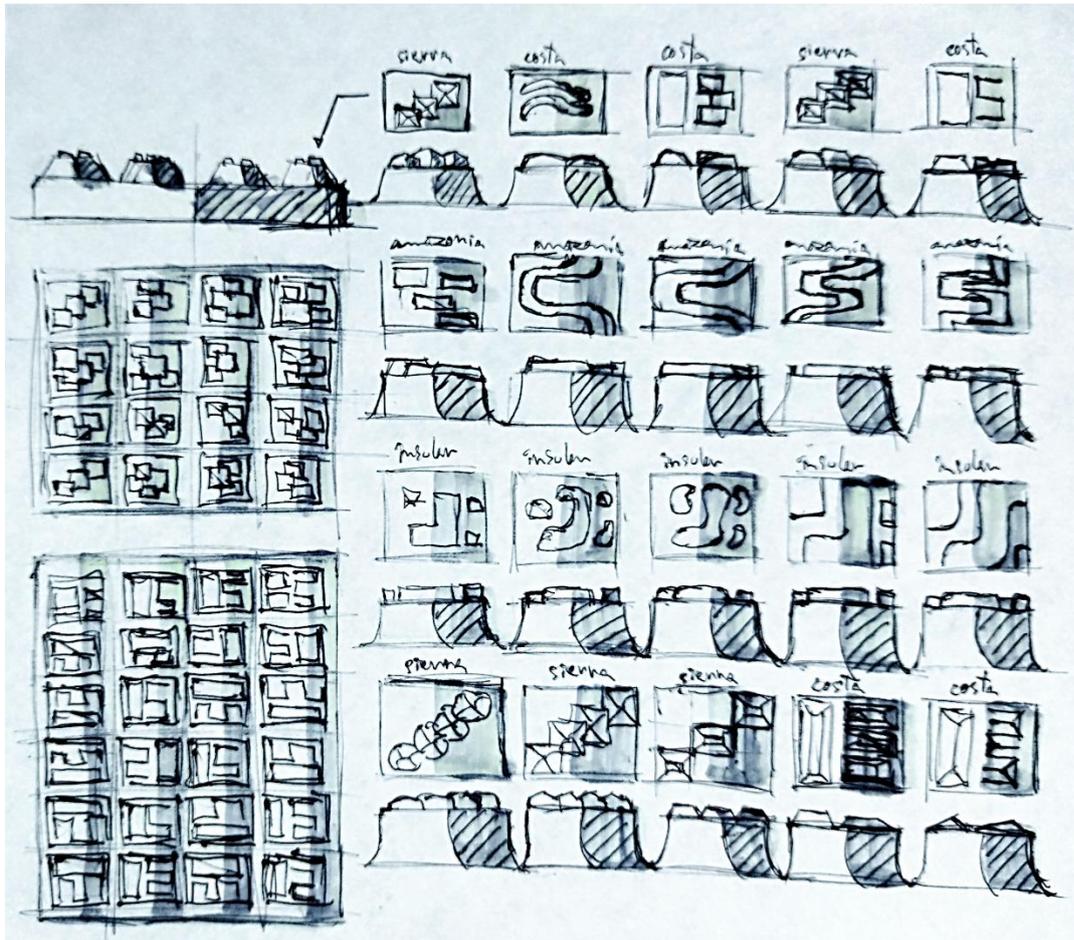


Figura 20

Abstracción geográfica de las regiones



Figura 21

Experimentación morfológica digital inicial

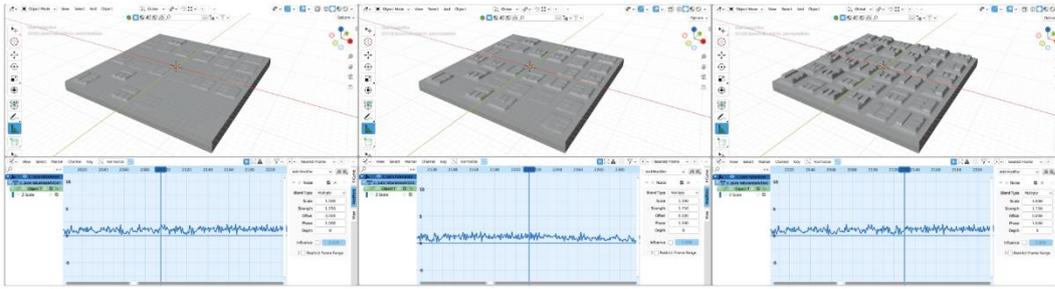
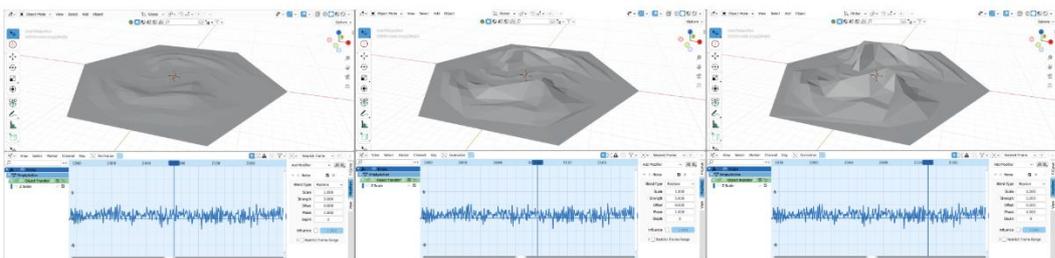


Figura 22

Experimentación morfológica digital final



Inicialmente se planteó un diseño cuadrado con relieves en forma cubica que posee la abstracción regional por cada uno, sin embargo, la idea evolucionó a un panel hexagonal dado que permite armar más composiciones por la cantidad de lados que tiene, además porque en el transcurso del proyecto los investigadores se encontraron con limitación de fabricación con la exploración morfológica inicial.

4.2.7 Análisis De Pros Y Contras De Propuesta De Diseño

Tabla 21

Comparación de paneles análogos

Propiedades	Paneles de micelio	Paneles de PVC	Paneles de madera de aglomerada	Paneles de madera solida
Costes de material (\$/kg)	0,17	2,3	1,1	11
Tiempo de descomposición	Semanas - meses	Décadas - decenios	Años - décadas	Años - décadas
Densidad (g/m3)	0,59	0,50	6,80	10,30
Resistencia al fuego	medio	muy bajo	bajo	bajo
Degradación	Si aplica	No aplica	Solo madera	Si aplica, pero es lenta

Final de vida útil	Compostaje	Reciclado o incinerado	Reciclado, incinerado, compostaje	Reciclado, incinerado, compostaje
Tiempo de producción	Días - meses	Min - días	Min - horas	Min - horas

Figura 23

Comparación de paneles análogos

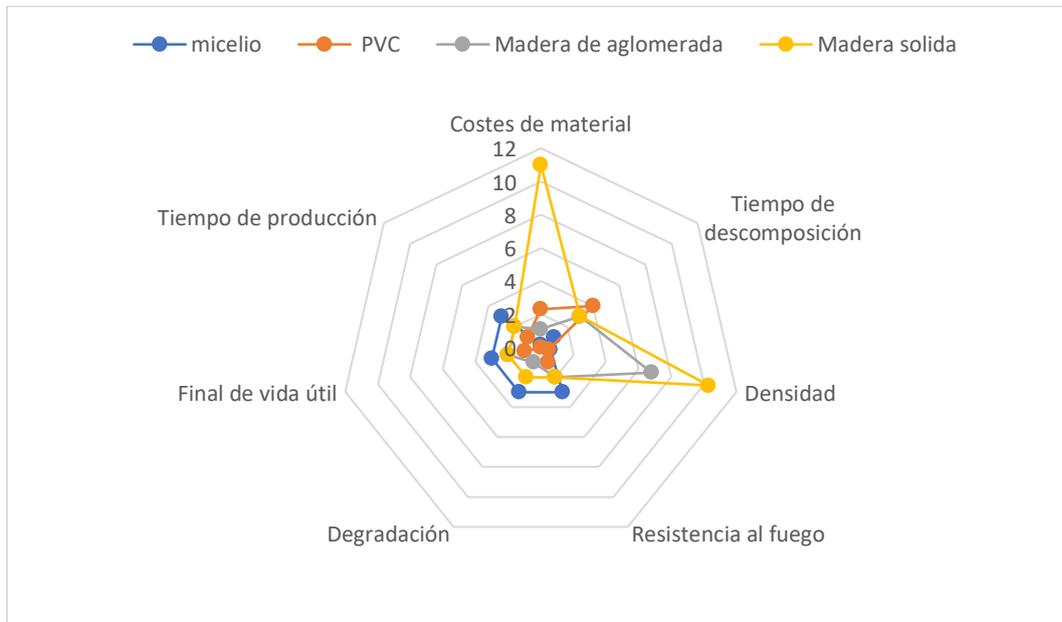


Tabla 22

Análisis de propuestas de paneles

Generación de ideas – Análisis de propuestas	
1ra Propuesta	2da Propuesta
Modelado 3D	Modelado 3D



DESCRIPCIÓN / CONCEPTO:

Se basa en la representación de la cultura ecuatoriana de cada región a través de la música regional, cada uno de los picos representa una ondulación sonora de la canción seleccionada.

FUNCIONALIDAD:

Diseño paramétrico con varias posibilidades.

FORMA:

Cuadrado – 30 cm x 30 cm

VERSATILIDAD;

Tiene 4 versiones: costa, sierra, oriente e insular. Su forma permite tener un diseño estándar.

DISEÑO DE LOS RELIEVES:

Los relieves del panel no presentan un gran aporte visual.

DESCRIPCIÓN / CONCEPTO:

La idea parte del mismo concepto con la diferenciación de que los picos ahora tienen una representación geográfica de cada región para un mayor aporte visual.

FUNCIONALIDAD:

Diseño algorítmico con varias posibilidades.

FORMA:

Hexagonal – 30 cm x 26 cm

VERSATILIDAD:

Tiene 4 versiones: costa, sierra, oriente e insular. Su forma permite tener un diseño más variado.

DISEÑO DE LOS RELIEVES:

Los relieves del panel se aprecian mejor.

APTO PARA PRODUCCIÓN

SI

NO

APTO PARA PRODUCCIÓN

SI

NO

4.2.8 Sistema De Instalación

El sistema V-Wood parte de la necesidad de facilitar la instalación de los paneles combinando la estética refinada de la madera con el carácter innovador del micomaterial. Los componentes del sistema están fabricados de madera con la ayuda de herramientas de fabricación digital, como el modelado paramétrico del producto.

V-Wood se basa en una refinada combinación de correa, listones de madera, sujetadores y pernos. Los listones de madera que soportan a los paneles están diseñados para ser colocados de manera mecánica a la pared, taladrando la menor cantidad de agujeros posibles. Las correas del sistema permiten un ajuste a las diferentes dimensiones de los paneles, permitiendo la máxima flexibilidad de diseño ahora y en el futuro.

Este sistema valoriza las oportunidades que ofrece la fabricación digital y el modelado paramétrico, minimizando el número de componentes y logrando un sistema simple, pero versátil que permite múltiples configuraciones con diferentes formas y materiales. Además, V-Wood está pensado para ser utilizado sobre paredes o como divisores para oficinas, y esto gracias a que sus correas pueden ser utilizadas como colgantes.

4.2.9 Análisis De Pros Y Contras De Sistema De Instalación

Tabla 23

Comparación de sistema de instalación análogos

Aspecto	Perfiles de madera	Adhesivo de silicón	Perfiles de aluminio	Tabla de madera
Costes de material (\$/kg)	0,8	0,25	0,6	4,5
Tiempo de descomposición	Años - décadas	décadas - decenios	Años - décadas	Años - décadas
Densidad (kg/m ³)	2	0,1	0,15	12
Resistencia al fuego	bajo	medio	medio	bajo
Degradación	Si aplica, pero es lenta	No aplica	Si aplica, pero es lenta	Si aplica, pero es lenta

Final de vida útil	Reciclado, incinerado, compostaje	Incinerado	Reciclado, incinerado	Reciclado, incinerado, compostaje
Tiempo de instalación	Min - horas	Min - días	Min - horas	Min - horas

Figura 24

Comparación de sistema de instalación análogos

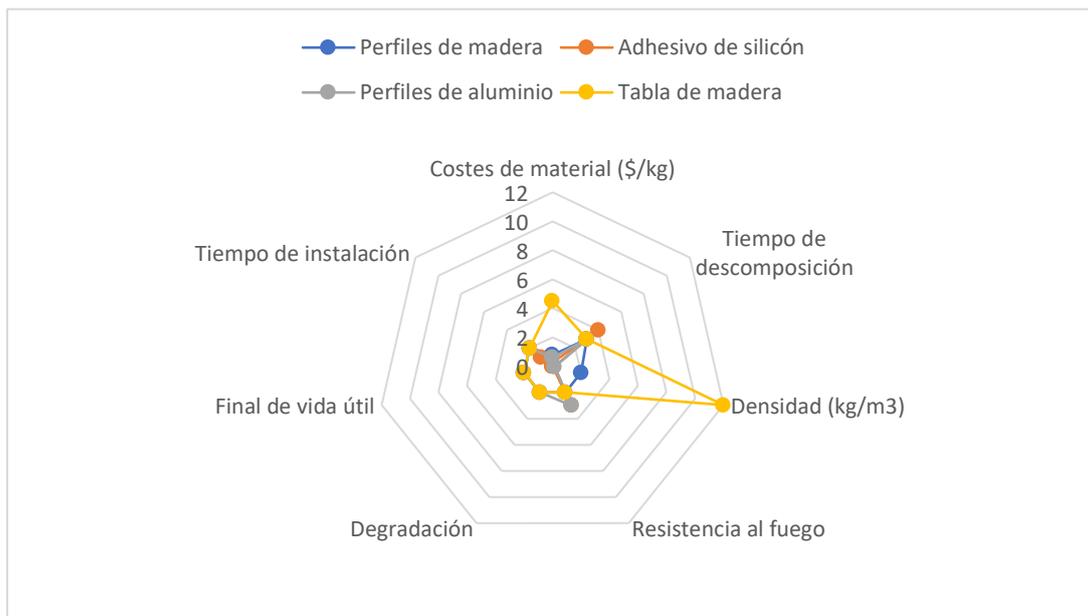
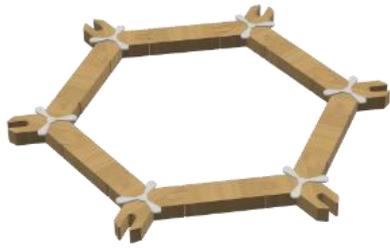


Tabla 24

Análisis de propuestas de sistema de instalación

Sistema de instalación – Análisis de propuestas	
1ra Propuesta	2da Propuesta
Modelado 3D	Modelado 3D



<p>DESCRIPCIÓN:</p> <p>Se basa en un sistema tipo marco compuesto de varias piezas independientes que permiten la versatilidad del producto.</p>		<p>DESCRIPCIÓN:</p> <p>La idea parte de reducir la cantidad de piezas creando un sistema más compacto, pero igual de versátil.</p>	
<p>FUNCIONALIDAD:</p> <p>Sistema de anclaje a la pared con sujetadores.</p>		<p>FUNCIONALIDAD:</p> <p>Sistema colgante con fijación de seguridad a la pared con sujetador de desplazamiento.</p>	
<p>CANTIDAD DE PIEZAS EN 1 M:</p> <p>75 piezas</p>		<p>CANTIDAD DE PIEZAS EN 1M:</p> <p>46 piezas</p>	
<p>VERSATILIDAD:</p> <p>Sus piezas independientes permiten crear diversas formas de marco para los paneles-</p>		<p>VERSATILIDAD:</p> <p>Su sistema colgante y de desplazamiento permite ajustarse a las dimensiones de los paneles.</p>	
<p>APTO PARA PRODUCCIÓN</p>		<p>APTO PARA PRODUCCIÓN</p>	
<p>SI</p>	<p>NO</p>	<p>SI</p>	<p>NO</p>

4.2.10 Validaciones

Para el desarrollo de este apartado se acudió a profesionales que ejercen como diseñadores, interioristas, arquitectos y críticos de la profesión. Se presentó la propuesta de los paneles y su sistema de instalación, dando las siguientes observaciones:

Tabla 25

Retroalimentación de la propuesta

Experto	Fortalezas	Sugerencias
Andrés Neira - Arquitecto y Cofundador de Mush	UR2-“...el diseño orgánico está bien, pienso que para el proceso de producción también se podrá realizar los moldes con termoformado y me encanta porque la forma de los hexágonos siempre se complementa...”	UR1-“...el tamaño también se puede modificar y que sea máximo de 40 x 60 cm...”
Fátima Arregui – Diseñadora Industrial y Cofundadora de Mush	UR4-“...la comunicación también es importante porque se habla de procesos innovadores que brindan un gran aporte a la construcción sostenible...”	UR1-“...sería bueno meterle un poco más de diseño al hexágono para que tenga un poco de diferencia y llame a otra composición...” UR5-“...en lo social se debería destacar el proceso musical, a lo mejor graficar las ondas, hacerlo de alguna manera tangible...”

<p>Ana María Jiménez – Diseñadora de Interiores</p>	<p>UR1-“...debo destacar que es interesante la composición de los paneles a través de la música nacional...”</p> <p>UR2-“...la modulación tiene que ser estandarizada para que se pueda acoplar a todos los espacios...”</p> <p>UR4-“...las propiedades acústicas y la resistencia a la humedad son importantes para garantizar la funcionalidad del producto...”</p>	<p>UR3-“...se podría considerar trabajar en el tema de los colores de acuerdo con las tendencias porque a veces la gente basa su elección en este aspecto...”</p> <p>UR4-“... en el ensamblaje podría usarse el sistema de los pisos flotantes, un encastre entre los paneles que les permitiría abaratar costos...”</p>
<p>César Silva – Fundador de BioFábric</p>	<p>UR1-“...plasmar las cuatro regiones del país en el diseño es bastante llamativo, es interesante...”</p> <p>UR2-“...en cuanto a la forma eso es un tema de preferencias, puede ser cuadrado, redondo, pero la forma que tiene hexagonal me parece acertado...”</p> <p>UR4-“...se necesita de un sistema de instalación que facilite el cambio de las piezas de forma individual...”</p>	<p>UR3-“...respecto a la instalación, quizás sería más sencillo primero ensamblar los paneles sobre una base en el suelo, luego con algún soporte de engrampe colocarlos en la pared...”</p> <p>UR5-“...los paneles tienen un acabado perfecto del micelio, me gustan tal como se ven, pero para uso de interiores se necesitaría de algún tipo de barniz que de una condición</p>

		óptima para que no manche...”
Andrés Achí - Director de BR Magazine	UR2-“...tiene ese lado de responsabilidad con medio ambiente del que se saca mucho valor...” UR3-“...la historia de los moldes es interesante, gente del medio alto cuando compran o ponen en su casa este tipo de piezas diferentes buscan contar una historia, porque tienen todo un tema para hablar de su casa..”	UR5-“...hay una sola tonalidad, visualmente se pueden manejar ciertas tonalidades...” UR6-“...jugar con los perfiles del sistema de instalación para crear más opciones de diseño creando otras composiciones...”

A partir de las diferentes opiniones se resalta que la característica con mayor acierto es el concepto de conectar el producto con un género musical cultural de cada región ecuatoriana. En segundo lugar, se encuentra la forma hexagonal que posee el panel. Seguido por la cualidad de ajustar los paneles individualmente con el sistema de instalación.

Entre las sugerencias se resalta los siguientes comentarios: la implementación de lacas protectoras para alargar la vida útil del bio-material y ofrecer diferentes tonalidades cromáticas.

4.3 Aspectos Técnicos

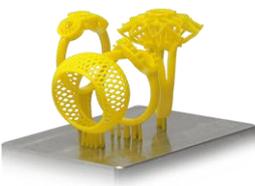
4.3.1 Desarrollo De La Propuesta

Para el desarrollo de la propuesta de paneles con características estéticas y funcionales a partir de micomateriales para interiores, se realizó diferentes procesos que van desde el estudio de la forma, características físicas y mecánicas del material y experimentación de los moldes.

4.3.2 Análisis De Pros Y Contras De Proceso De Producción De Matrices

Tabla 26

Análisis métodos de fabricación

Procesos de obtención de matrices – Análisis de propuestas			
1ra Propuesta	2da Propuesta	3ra Propuesta	4ta Propuesta
Imagen	Imagen	Imagen	Imagen
			
TÉCNICA: Impresión 3D	TÉCNICA: Plano seriado	TÉCNICA: Yeso	TÉCNICA: CNC Router
DESCRIPCIÓN: Técnica realizada con ayuda de impresora 3D.	DESCRIPCIÓN: Técnica realizada con ayuda de cortadora láser.	DESCRIPCIÓN: Técnica realizada con yeso para un esculpido.	DESCRIPCIÓN: Técnica realiza con CNC Router sustrayendo material.
MATERIAL: Filamento PLA	MATERIAL: MDF 3 mm	MATERIAL: Yeso	MATERIAL: MDF 18 mm
DETALLE DE LA MATRIZ: Detalles buenos, quedan pequeños poros en el material, además, su fabricación es por partes.	DETALLE DE LA MATRIZ: Detalles regulares, son demasiadas piezas que toca ensamblarlas para tener el cuerpo de	DETALLE DE LA MATRIZ: Detalles buenos, toca esculpir en el yeso para obtener la forma para lo que se	DETALLE DE LA MATRIZ: Detalles buenos, un solo cuerpo y no conlleva a realizar otro proceso como los anteriores.

	matriz, además, su forma no es lisa.	necesita mucha precisión.	
FACILIDAD DE PRODUCCIÓN: No	FACILIDAD DE PRODUCCIÓN: No	FACILIDAD DE PRODUCCIÓN: No	FACILIDAD DE PRODUCCIÓN: Si
TIEMPO DE PRODUCCIÓN: 32 horas	TIEMPO DE PRODUCCIÓN: 7 horas	TIEMPO DE PRODUCCIÓN: 12 horas	TIEMPO DE PRODUCCIÓN: 2 horas
APTO PARA PRODUCCIÓN	APTO PARA PRODUCCIÓN	APTO PARA PRODUCCIÓN	APTO PARA PRODUCCIÓN
SI NO	SI NO	SI NO	SI NO

4.3.3 Paneles

4.3.3.1 Especificaciones Técnicas Del Producto

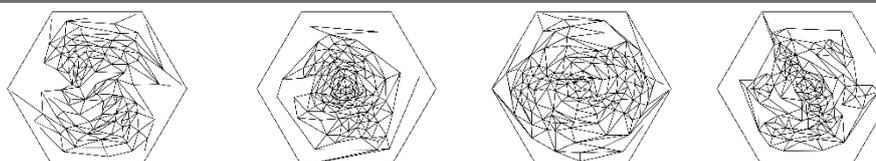
Tabla 27

Especificaciones técnicas de los paneles

Producto

Musilium es una nueva colección de paneles de revestimiento de paredes 100% circulares, delgados y con propiedades fonoabsorbentes. Esta colección de paneles es totalmente eco-amigable y combina la tecnología natural con el ingenio humano aportando un aspecto innovador y natural a todos los interiores, al mismo tiempo que realza su estética y funcionalidad.

Textura



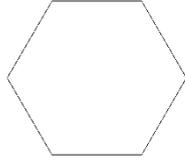
Costa

Sierra

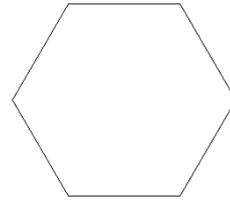
Oriente

Insular

Dimensiones y Peso



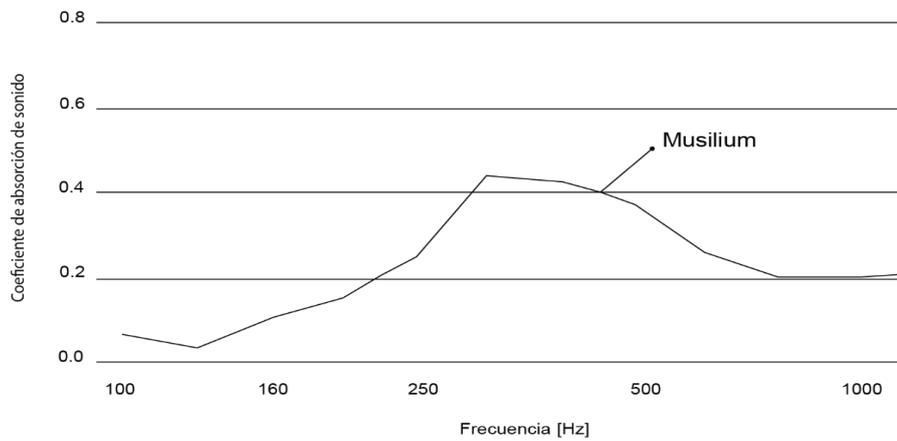
Pequeño – P



Mediano – M

Ancho (mm)	300	Ancho (mm)	450
Alto (mm)	260	Alto (mm)	410
Espesor (mm)	36	Espesor (mm)	36
Peso (g)	149.71	Peso (g)	224.56

Rendimiento acústico



Apariencia física y rendimiento

Tipo de producto	Paneles de pared para diseño de interiores
Acabado	Natural
Color	Color salmón con pequeñas variaciones de tono, ligeramente suave con una superficie aterciopelada.

	Color ocre con pequeñas variaciones de tonos, ligeramente suave con una superficie naturalmente marmoleada.
Olor	Olor semi dulce con notas naturales.
Densidad	0.11 g/cm ³
Tiempo de vida útil estimado	5 – 10 años dependiendo del proceso de inactivación del hongo.
Reacción al fuego	B-s2-d0
UNI EN 13501-2	
Sensibilidad a la humedad	RH > 70 %

4.3.3.2 Planos Técnicos

Figura 25

Plano técnico del panel Costa

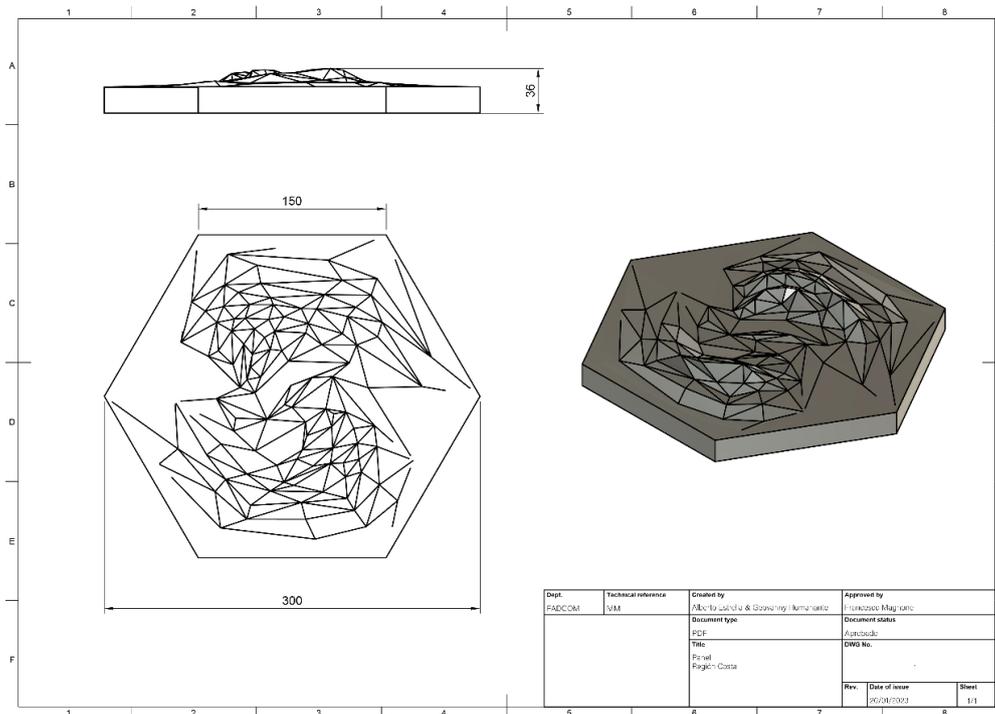


Figura 26

Plano técnico del panel Sierra

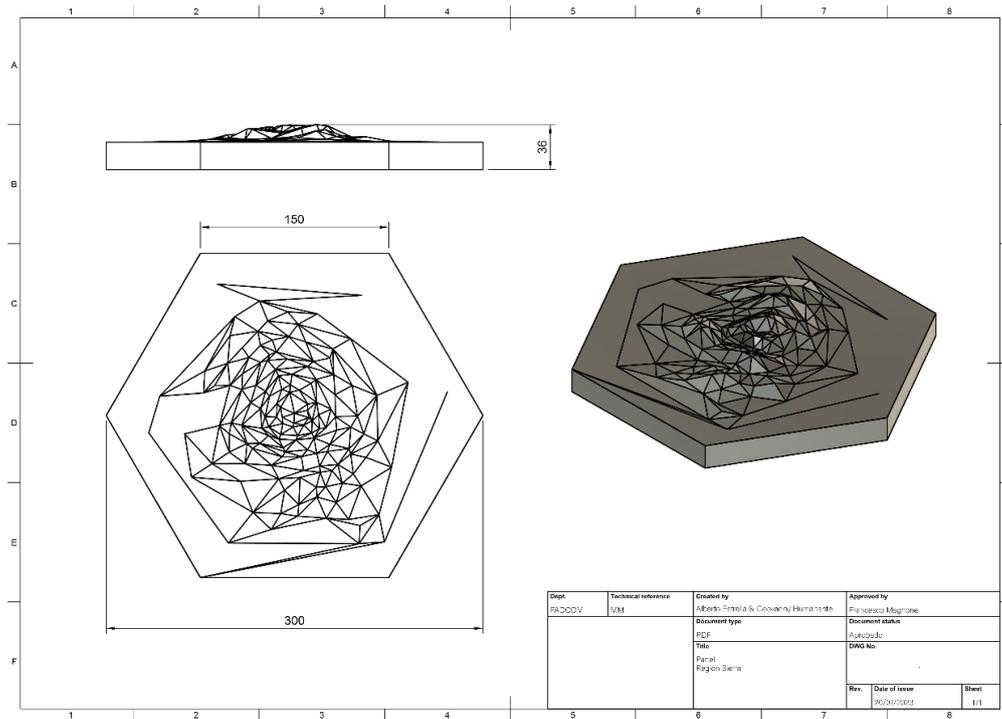


Figura 27

Plano técnico del panel Amazonía

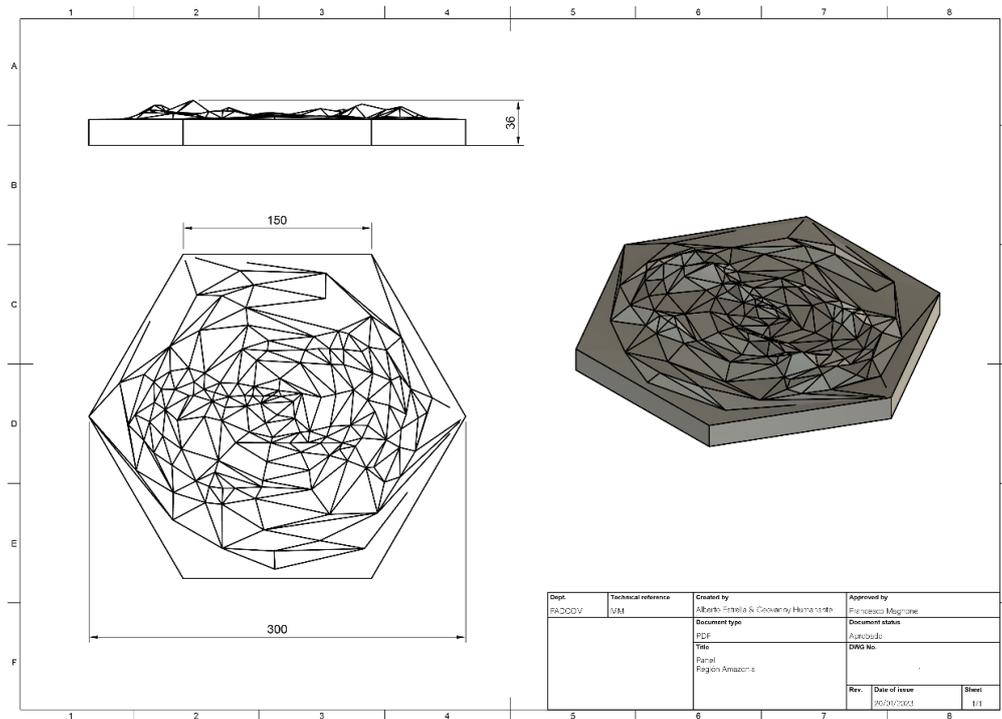
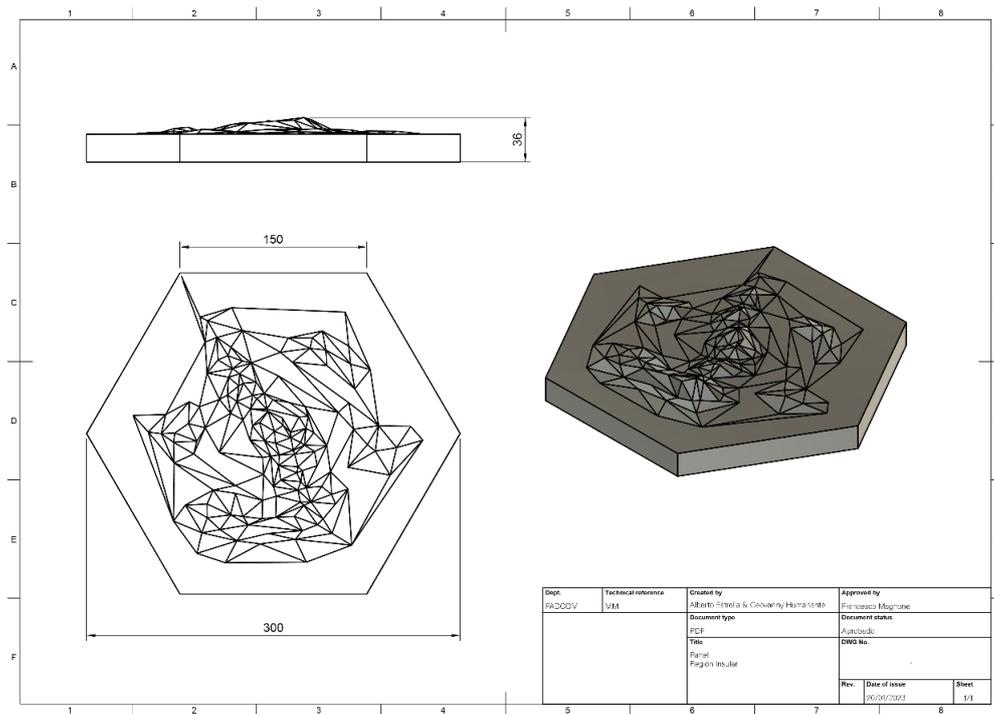


Figura 28

Plano técnico del panel Insular



4.3.3.3 Técnica De Modelado

Los nodos geométricos en *Blender* pueden ser considerados como un sistema para generar arreglos o patrones que son utilizados como efectos visuales para crear formas geométricas complejas. Siendo los nodos una forma de modelado algorítmico para representar gráficamente datos o instrucciones mediante una computadora que se organiza en una canalización. (Van Gumster & Lampel, 2022)

Figura 29

Modelado algorítmico en Blender

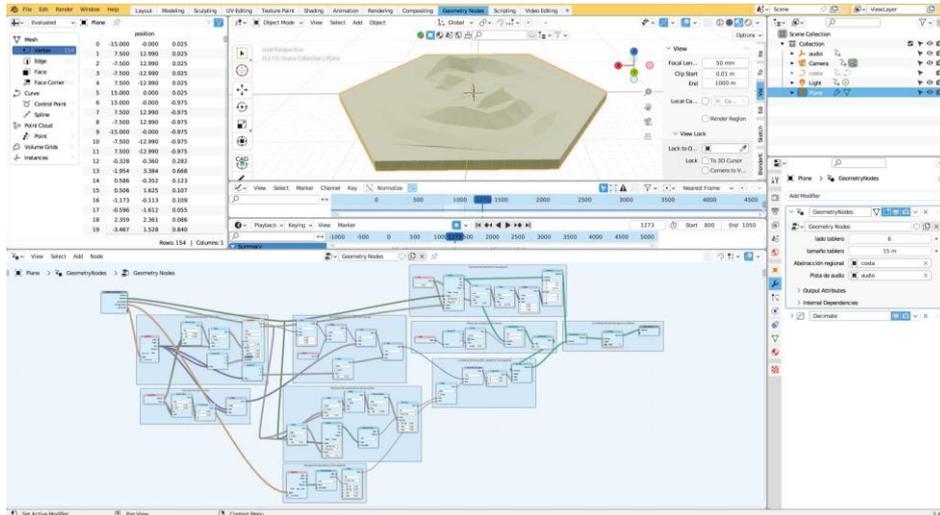
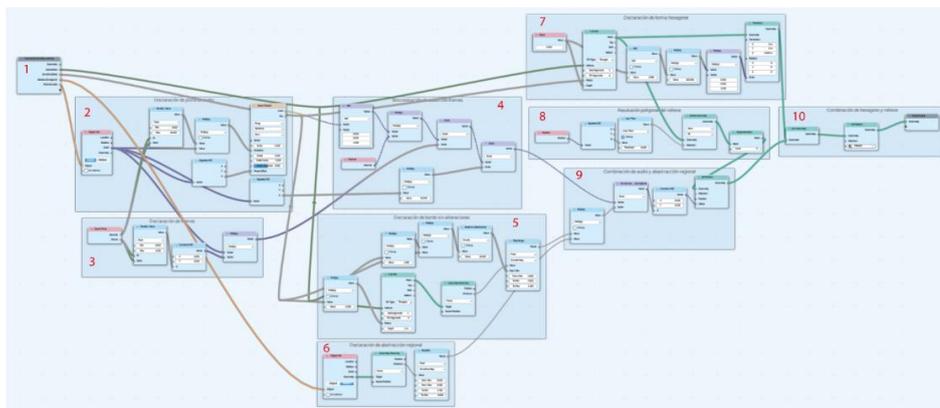


Figura 30

Algoritmo del panel



A continuación, se detalla la función de cada apartado del algoritmo:

1. Declaración de datos externos: Introduce al código los datos de la geometría de abstracción geográfica, la pista de audio, la cantidad de vértices y el tamaño del panel.
2. Declaración de la pista de audio: Conecta las ondas de sonido con variables numéricas para posicionar los polígonos.
3. Declaración de frames: Enlaza la pista de audio con la reproducción de fotogramas y capturar las variaciones poligonales.
4. Sincronización de audio con frames: Entrelaza los datos numéricos del audio con los datos de los fotogramas reproducibles.

5. Declaración de borde sin alteraciones: Llama una geometría que bordea el hexágono para evitar alteraciones como perímetro de seguridad en la forma final.
6. Declaración de abstracción regional: Captura la posición de los vértices de la geometría para proyectar en la superficie.
7. Declaración de forma hexagonal: Define la cantidad de vértices de la geometría del panel.
8. Resolución poligonal del relieve: Establece la cantidad de polígonos alterables por la pista de audio y la abstracción regional.
9. Combinación de audio y abstracción regional: Intercepta los datos la pista de audio con la geometría regional.
10. Combinación de hexágono y relieve: Une la geometría del panel con los polígonos alterados por la por el audio y la abstracción.

4.3.3.4 Proceso De Fabricación De Los Paneles

Primeramente, se necesitó moldear el micomaterial sin necesidad de emplear envases de uso doméstico, ya que el proceso llevado en el laboratorio para el cultivo de la cepa eleva los esfuerzos de producción.

Los paneles por su parte tienen una estructura hexagonal con relieves de un solo sentido para su fácil proceso de producción, pero antes se necesitó elaborar los moldes. La fabricación de los moldes se puede hacer con varios materiales y técnicas como impresión 3D, planos seriados, yeso o termoformado, pero todo depende de los costos, el tiempo de producción y la compatibilidad con el micomaterial.

A través el análisis de los procesos para la obtención de las matrices realizadas, se determinó que el proceso más factible es el corte CNC, debido a su bajo tiempo de mecanizado. De esta selección, la producción de los paneles se dividió en tres etapas diferenciadas por el uso de las diferentes herramientas y equipos para la obtención del producto.

4.3.3.5 Herramienta De Fabricación Digital

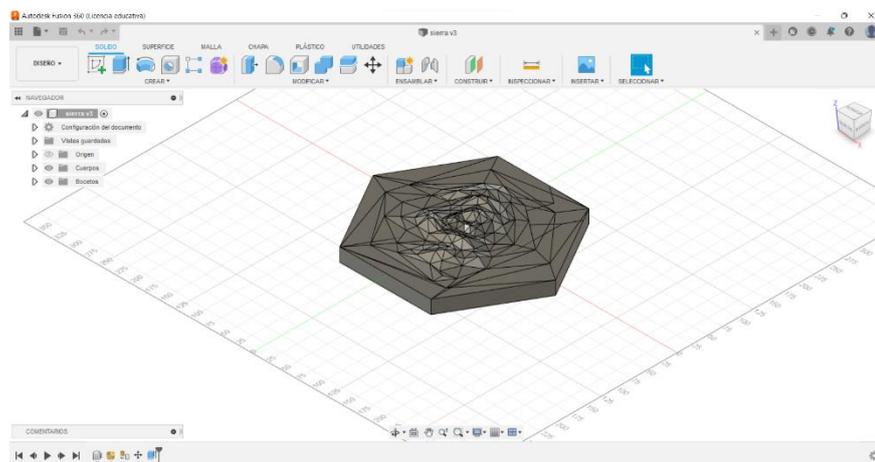
Las herramientas de fabricación digital permiten crear piezas a partir de modelos diseñados en computador con base en procesos de manufactura CAD-CAM, permitiendo tener un mayor acercamiento a un proceso de producción industrial. (León & Torres, 2016)

A partir de este concepto sobre las herramientas de fabricación digital, se decidió utilizar una herramienta de tipo sustractiva, la cortadora CNC para la obtención de una matriz, la cual será utilizada en la segunda etapa de producción. Pero antes, se preparó el archivo del modelado tridimensional diseñado en el software.

Como antes se lo mencionó el modelado de los paneles se lo realizó en el software de modelado tridimensional, *Blender*, en su apartado de nodos geométricos. Posteriormente se exportó a un software tipo CAD/CAM como *Fusion 360* para realizar el mecanizado de las matrices.

Figura 31

Importación de modelado en software CAD/CAM

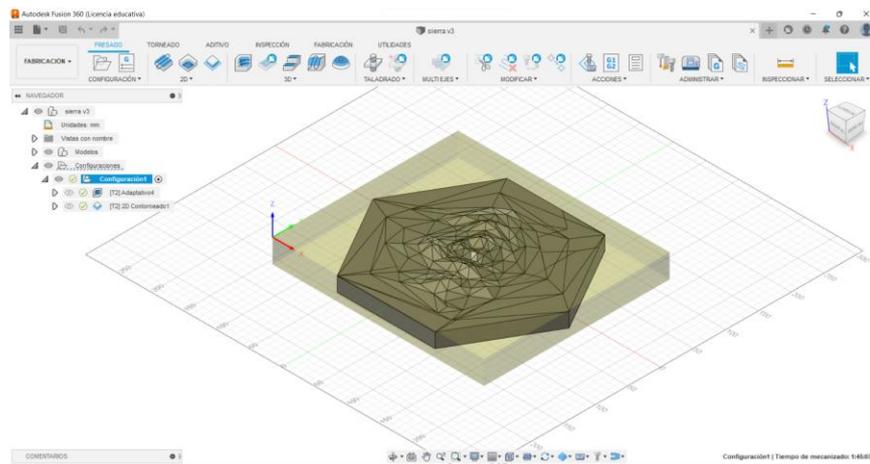


El proceso del mecanizado con la CNC Router parte de la configuración del corte en el software Fusion 360, en su apartado de manufactura. En esta sección, se configura el origen del mecanizado, el tipo de trabajo y la herramienta a utilizar.

Para el presente trabajo se realizó dos operaciones mecánicas: desbaste adaptativo y contorneado. El primero consiste en eliminar las partes no deseadas de un material para dejarlo con la forma definitiva, y el segundo, en trazar una guía por el contorno del material, en donde la fresa baja en varias profundidades hasta cortar el material.

Figura 32

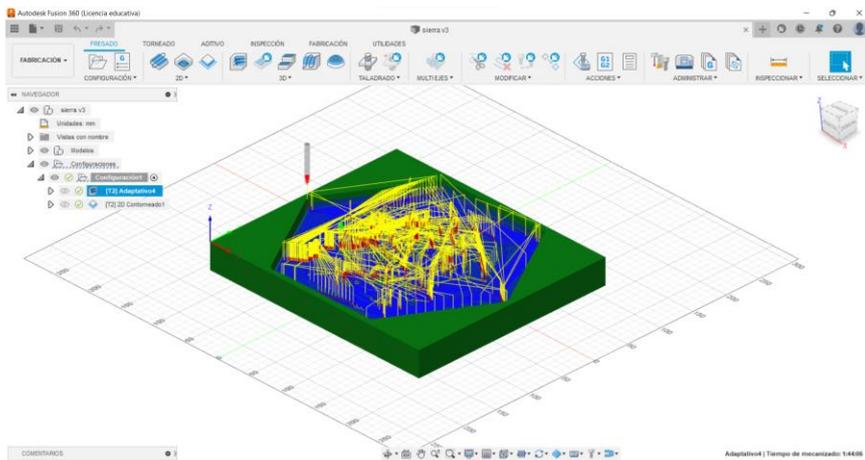
Configuración del mecanizado



Una vez lista la configuración del trabajo, se postproceso en un lenguaje de programación Grbl y se exportó en formato .nc para ser reconocido por la maquina CNC Router.

Figura 33

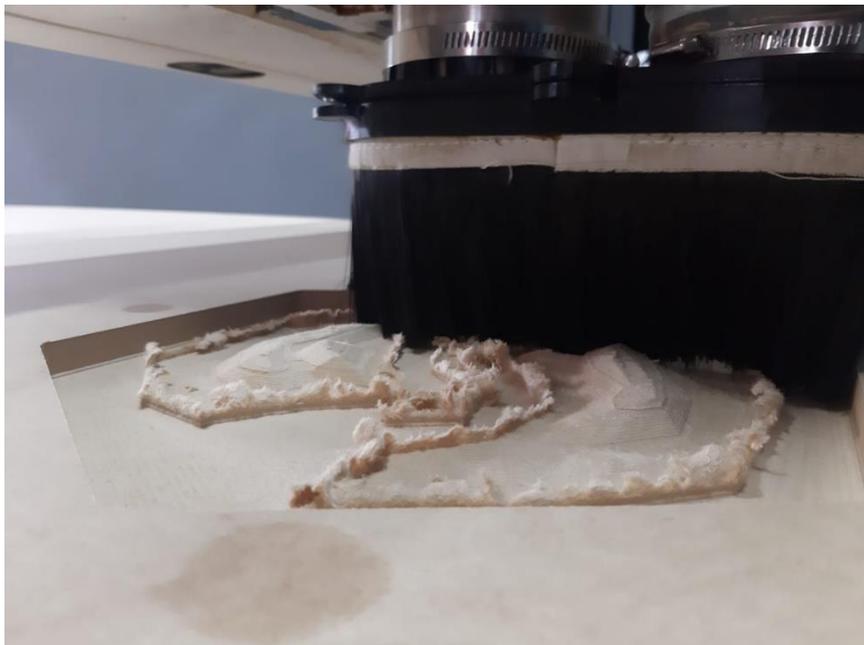
Simulación del mecanizado



Como último paso, está la fabricación de las matrices con ayuda de la cortadora CNC Router, las mismas que se fabricaron con MDF de 18 mm.

Figura 34

Mecanizado Cortadora CNC Router



4.3.3.6 Termoformado

Una vez concluida la primera etapa y obtenidas las matrices de los paneles en MDF, se prosigue con la segunda fase la cual consiste en obtener los moldes para la fabricación de los paneles a través del termoformado.

El termoformado es un proceso que consiste en crear piezas a partir de películas o laminas rígidas con un espesor determinado. Para este proceso se eleva la temperatura hasta ablandar la lámina de plástico, a la cual se le aplica presión o vacío para que adopte las paredes de la matriz. (Ventura & Cotacallapa, 2017)

Para la obtención de los moldes se utilizaron láminas de PVC con distintas potencias, tiempo y presión para determinar cuál es la óptima para la producción.

Tabla 28

Valores de experimentación para termoformado con PVC

Grosor de lámina (mm)	Potencia (W)	Presión (MPa)	Tiempo (min)	Termoformado
3	75%	0.06	1	Malo
			1.3	Malo
			2	Regular
			2.3	Bueno
			3	Malo

A partir de las pruebas realizadas se determinó que los valores óptimos para la producción de los moldes son 75% de potencia, 2.30 minutos y 0.06 MPa para una lámina de PVC de 3 mm de espesor.

Figura 35

Termoformado de la matriz



4.3.3.7 Producción De Paneles

La última fase del proceso es la fabricación del panel. En esta fase participó el equipo de investigación del CIBE, quienes se encargaron de cultivar el hongo en los moldes proporcionados.

Pero antes de esto se realizó pruebas con los moldes realizados en la etapa anterior con el propósito de evaluar la compatibilidad y verificar si presenta algún efecto al crecimiento de la cepa.

Figura 36

Evaluación de compatibilidad con el micelio



Los paneles están fabricados de dos componentes claves: el micelio y el sustrato. El micelio como se lo ha mencionado anteriormente es el que permite unificar el sustrato en algo compacto. Y, para desarrollo de este proyecto se decidió utilizar dos cepas de hongos, *E5C* y *E17C*, debido a sus buenas propiedades físicas, mecánicas y sensoriales, además, de que posee un tiempo de crecimiento corto. En ambas cepas se utilizó el mismo sustrato.

Figura 37

Pruebas visuales del micomaterial



4.3.4 Sistema De Instalación

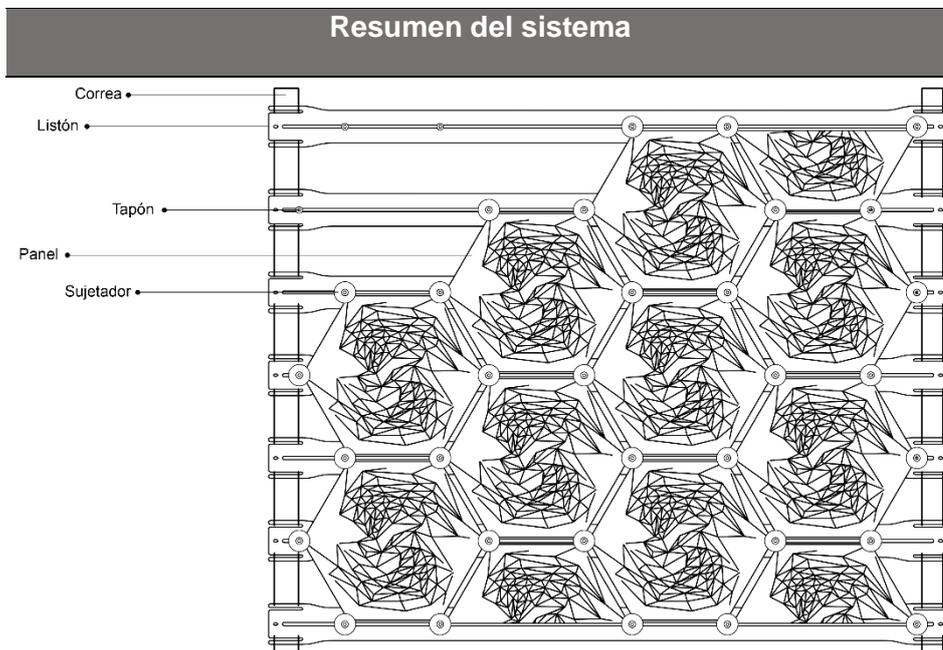
4.3.4.1 Especificaciones Del Producto

Tabla 29

Especificaciones sistema de instalación

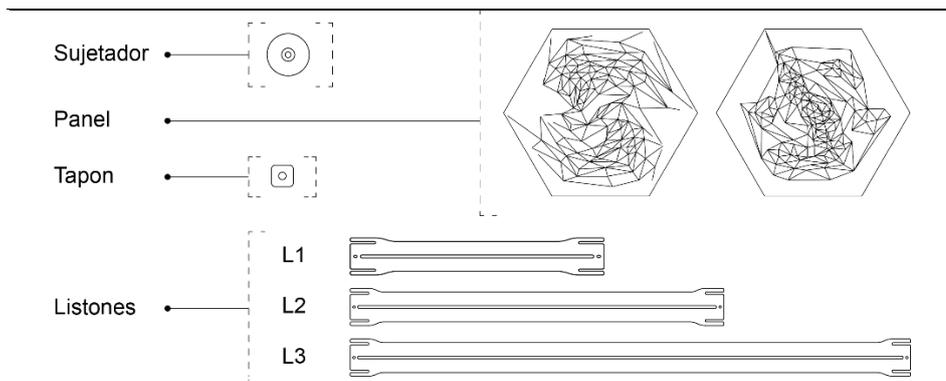
Producto

V-Wood es un sistema de instalación que busca facilitar la instalación de los paneles combinando la estética refinada de la madera con el carácter innovador del micomaterial. Los componentes del sistema están fabricados de madera con ayuda de herramientas de fabricación digital, como el modelado paramétrico del producto.



Dimensiones y parámetros

	Ancho (mm)	Alto (mm)	Grosor (mm)	Peso (g)
Panel	450	260	36	149.71
L1	850	100	18	597.90
L2	1100	100	18	767.90
L3	1600	100	18	1107.7
Parámetros del sistema	1 m ² de producto características:		2 correas	
			3 listones	
			5 hexágonos	
			14 sujetadores	
			14 tapón	



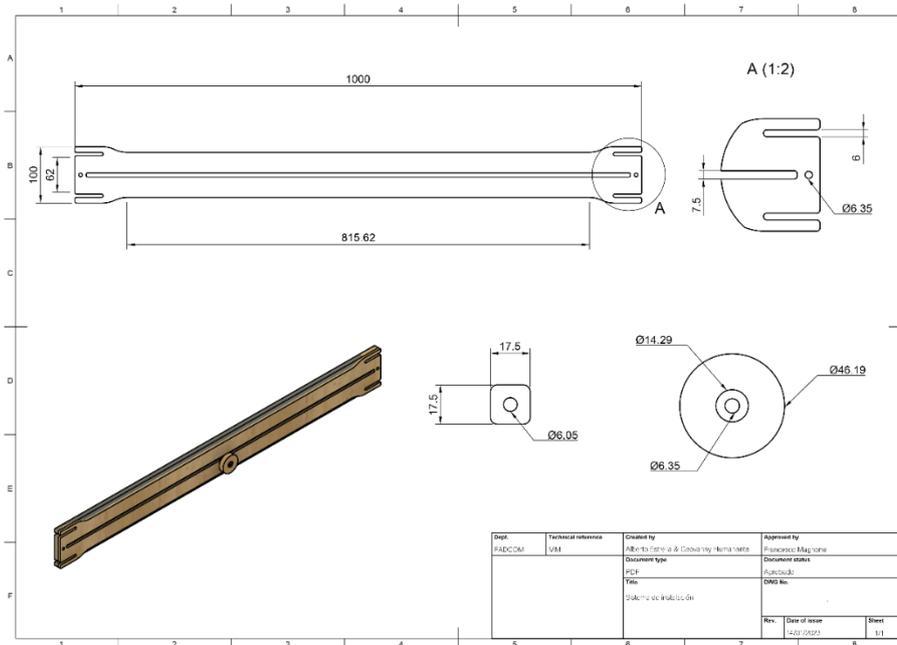
Composición del producto y propiedades de los materiales		
Materiales	Madera contrachapada	
	Componentes de madera (nodos, soportes, rieles)	
Acabado	Penetrante con aceite de teca	
Propiedades	Reacción al fuego	B-s2-d0
	Densidad	100 kg/m ³
	Resistencia al impacto	10-200 mm: 5/5

Se estableció las longitudes de los perfiles de tal forma que las variantes puedan contener horizontalmente al menos 3 paneles en un espacio de 85 cm. También, sirve para lograr composiciones visuales, ubicando los paneles a diferentes distancias entre sí.

4.3.4.2 Planos Técnicos

Figura 38

Plano técnico sistema de instalación



4.3.4.3 Proceso De Fabricación Del Sistema De Instalación

A partir de los análisis previos, requerimientos, estrategias de ecodiseño y la descomposición del problema se establecen tres componentes básicos para el sistema de instalación.

- Estructura compacta
- Soportes
- Versatilidad

A partir de esto se estableció posibles materiales y técnicas de producción que vayan de acuerdo con los parámetros planteados en The Circular Design y las necesidades más importantes requeridas por los usuarios como: costo, tiempo e instalación versatilidad, modularidad, estética, resistencia y sustentabilidad.

En una investigación previa se determinó que la mejor opción es una estructura fija de perfiles de aluminio, sin embargo, debido a los criterios planteados en el desarrollo del proyecto se opta por otras alternativas eco amigables.

El proceso seleccionado para la fabricación del sistema fue el corte CNC. Primero se definió el diseño y las dimensiones del producto, luego preparar el archivo con ayuda de un software CAD/CAM para cortarlo. Se utilizó como material de

fabricación madera maciza de roble esto con el fin de mantener el enfoque sostenible de los paneles. Unas de las razones detrás de la selección es la accesibilidad del tipo de fabricación y la rápida acción de cambiar alguna pieza dañada. Adicionalmente, el sistema requiere el uso de productos universales para uniones y ensambles como pernos y tuercas de inserción.

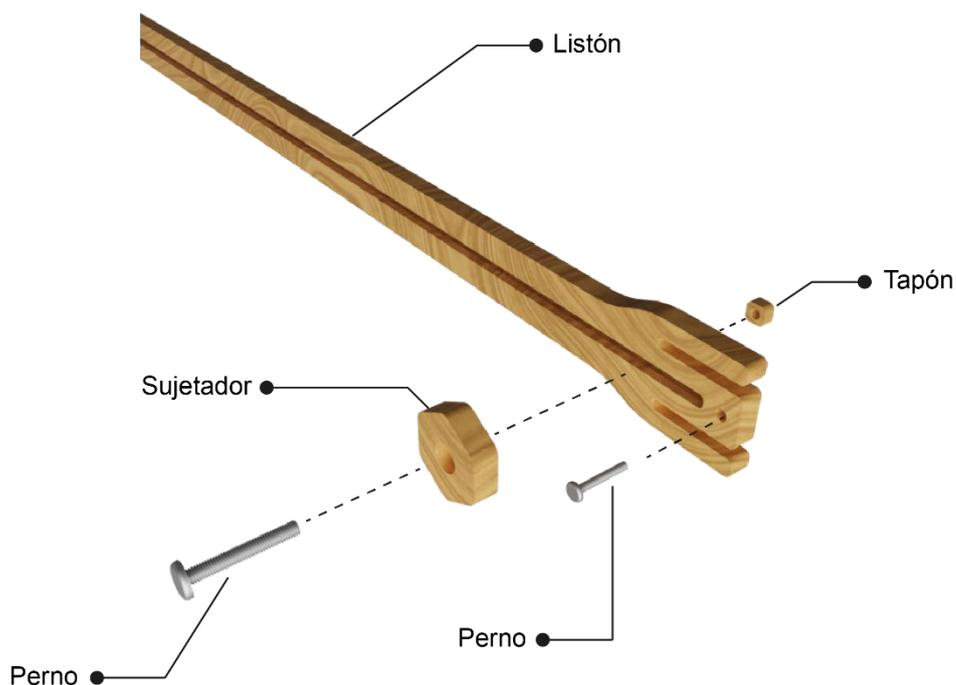
4.3.4.5 Manual De Instalación

Ensamblado explosionado

Cada listón tiene dos agujeros perimetrales que permite la fijación del listón a la pared. Los sujetadores se pueden desplazar y ajustarse para permitir una correcta fijación de los paneles, que puede variar ligeramente debido a su origen natural.

Figura 39

Ensamblado explosionado



Pasos de instalación

1° Paso

Coloque el primer listón en la pared, pasando ambas correas por las ranuras laterales. Atornille un borde del listón (derecha o izquierda), nivele el listón y fije el borde opuesto.

Herramientas necesarias: nivel, taladro, cinta métrica.

Componentes: listón, pernos.

Figura 40

Primer paso de instalación



2° Paso

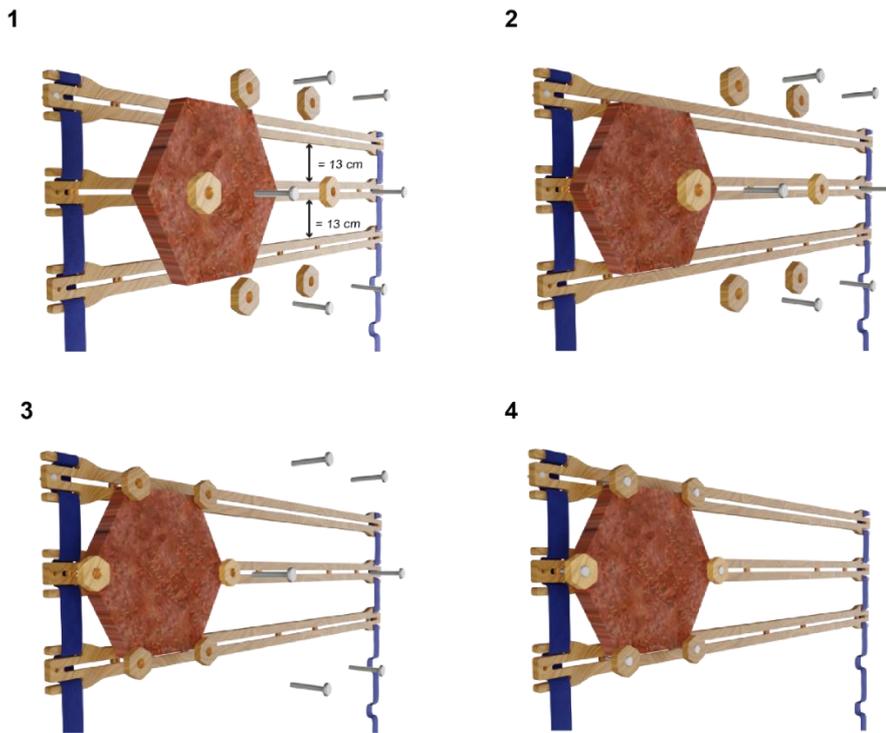
El siguiente listón debe colocarse a una distancia de 13 cm, pero dado a que los paneles son fabricados de manera natural puede ser que exista una pequeña variación dimensional. Sin embargo, esto no es un problema gracias a que las correas son capaces de ajustarse a las dimensiones de los paneles. Coloque los tres listones, a continuación, coloque el tapón en el riel de desplazamiento, luego posicione el panel y ajuste con el sujetador. Al inicio lo ajuste suave hasta poder nivelar el primer panel.

Herramientas necesarias: nivel, cinta métrica.

Componentes: listón, sujetador, tapón, pernos.

Figura 41

Segundo paso de instalación



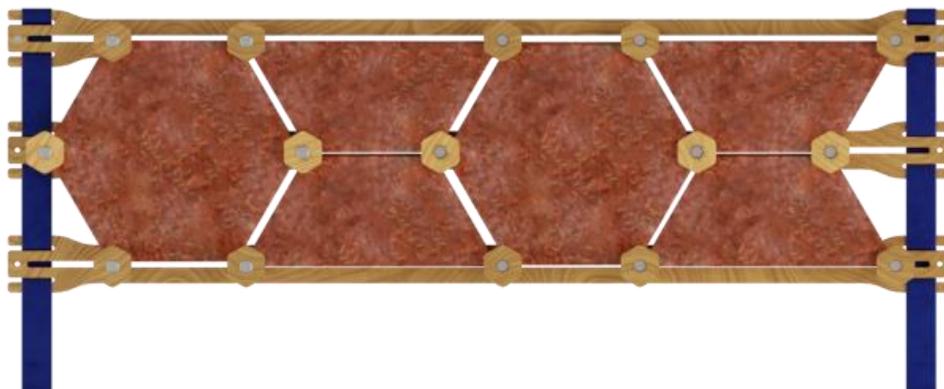
3° Paso

Repita el mismo proceso hasta completar toda la fila de paneles. Los sujetadores están diseñados para fijarse de manera suave mediante enroscamiento. Para una mayor estabilidad y seguridad los listones tienen orificios en las laterales para fijarlo a la pared con un perno.

Componentes: listones, pernos, sujetadores, tapones, correas, paneles.

Figura 42

Tercer paso de instalación



4° Paso

Repita el mismo proceso y coloque los paneles entre los listones y los sujetadores ¡siguiendo el diseño deseado! Gracias al sujetador es mucho más fácil y rápido de montar.

Componentes: tapones, correas, sujetadores, pernos y listones.

Figura 43

Cuarto paso de instalación A

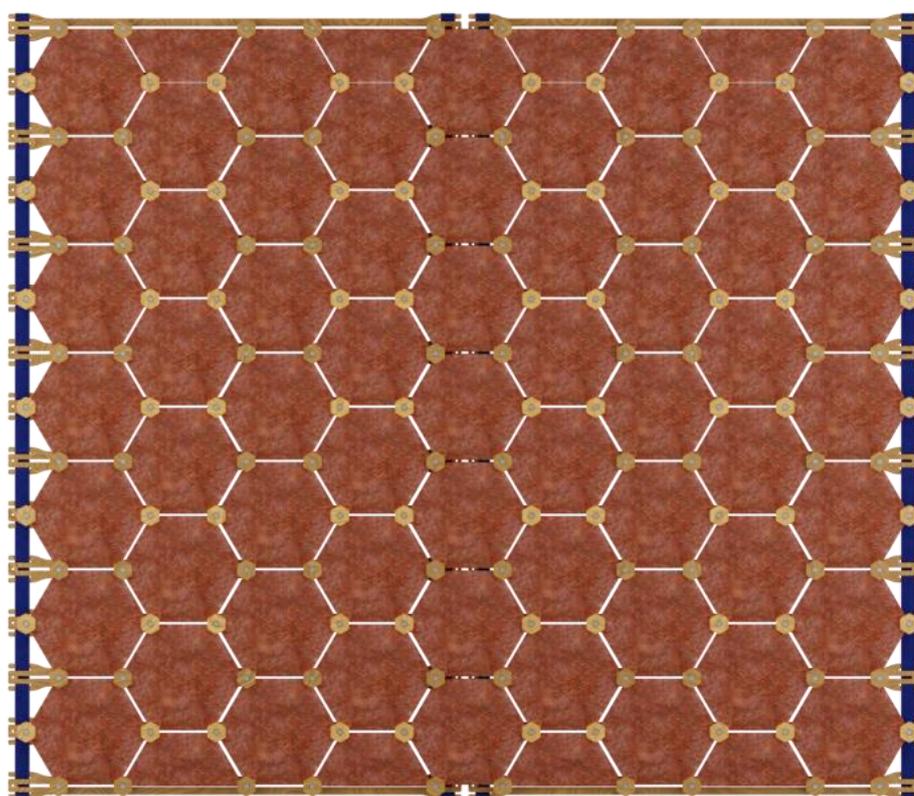
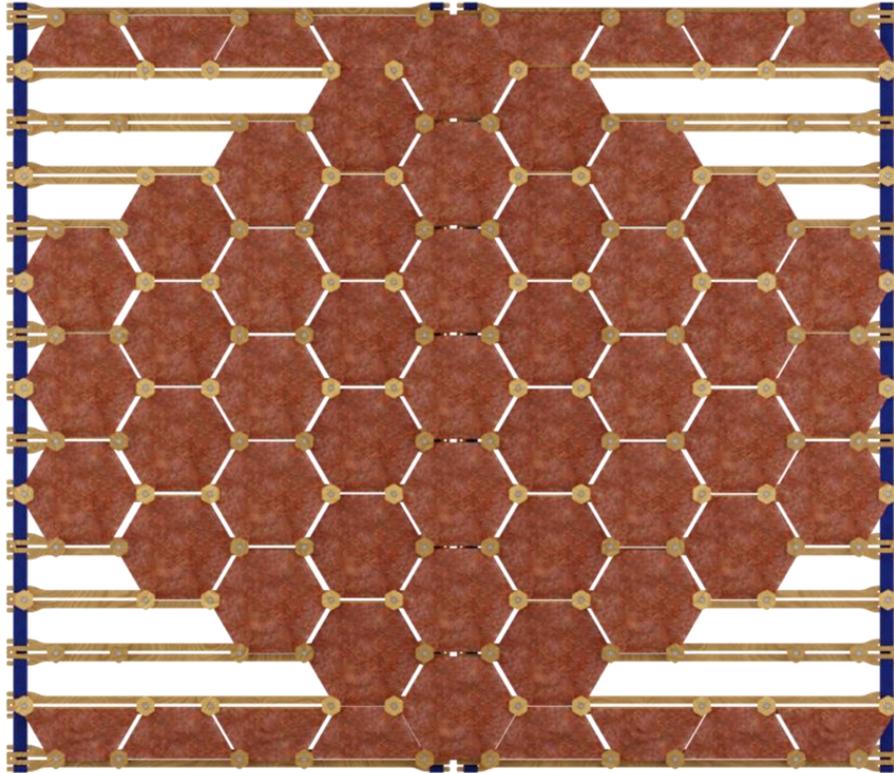


Figura 44

Cuarto paso de instalación B



Mantenimiento

Para realizar mantenimiento del sistema de instalación, o para reemplazar algún panel, se quitan los sujetadores que sostienen el elemento. En el caso del mantenimiento del listón de madera, primero se debe retirar todos los paneles que sostiene, y luego desplazar la correa a un lado o quitar los pernos que los sujetan a la pared.

4.4 Aspectos Estéticos

4.4.1 Paneles

Musilium es una colección de paneles inspirada, diseñada y modelada a través de la música regional que permite conectar la cultura ecuatoriana con la naturaleza. Su forma, color y textura permiten resaltar la belleza innata de la naturaleza a través de sus varias tonalidades como el salmón y ocre o sus acabados superficiales como el aterciopelado, y esto gracias al micelio el cual brinda estas propiedades estéticas y funcionales.

4.4.2 Sistema De Instalación

V-Wood es un sistema de instalación simple, compacto y versátil dispuesto a cumplir con las expectativas del usuario. La versatilidad del producto combinado con la innovación del micomaterial permite resaltar la importancia de la naturaleza para el desarrollo económico. Su forma compacta permite reducir el esfuerzo de instalación, además de su acabado superficial le brinda un realce estético tanto a los paneles como al interior del hogar.

4.4.3 Dirección De Arte

Figura 45

Panel inspirado en la región Amazónica

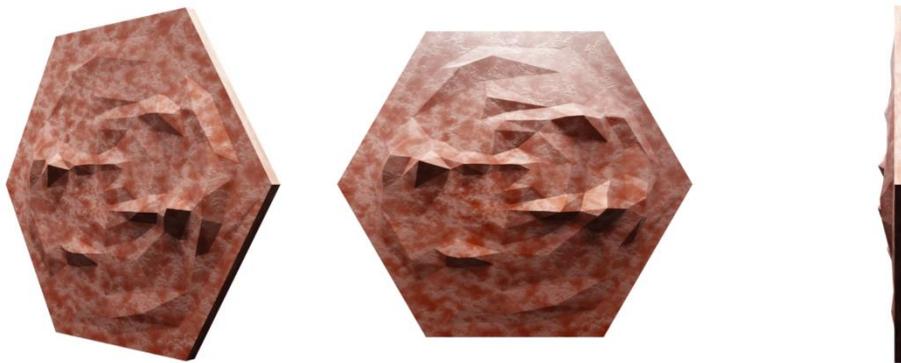


Figura 46

Panel inspirado en la región Costa

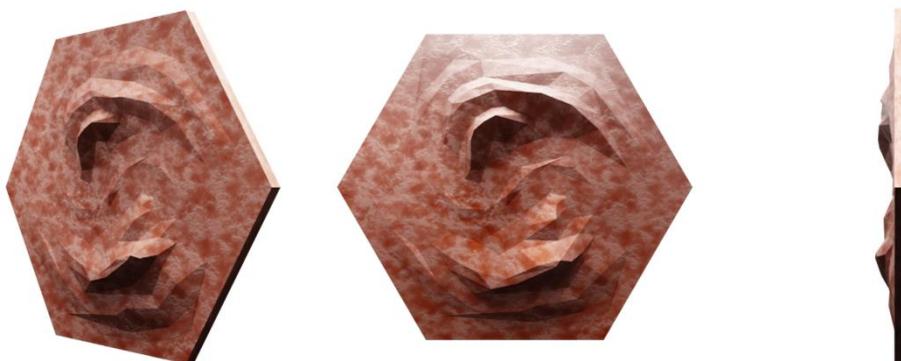


Figura 47 Panel inspirado en la región Insular

Panel inspirado en la región Insular

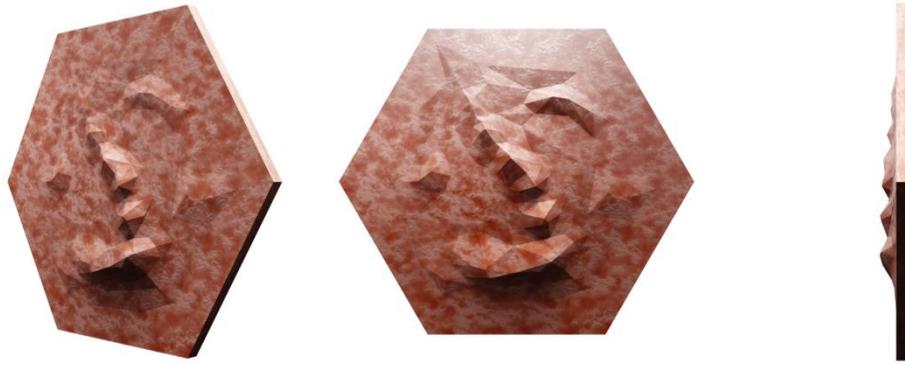
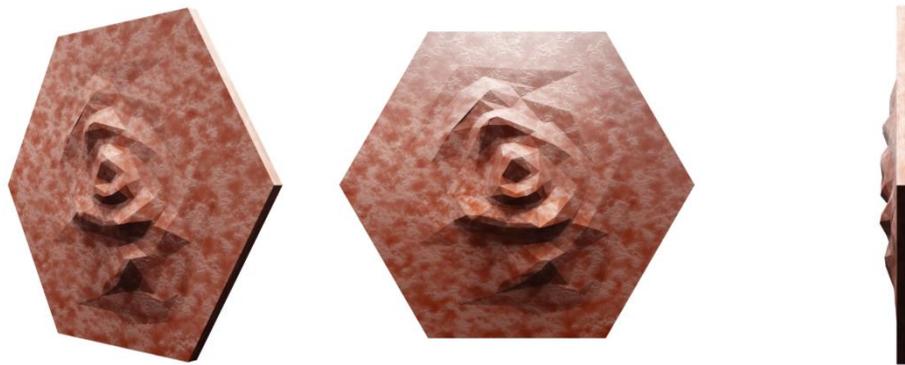


Figura 48

Panel inspirado en la región Sierra



4.4.4 Mockups

Figura 49

Render de implementación A



Figura 50

Render de implementación B



Figura 51

Render de implementación C

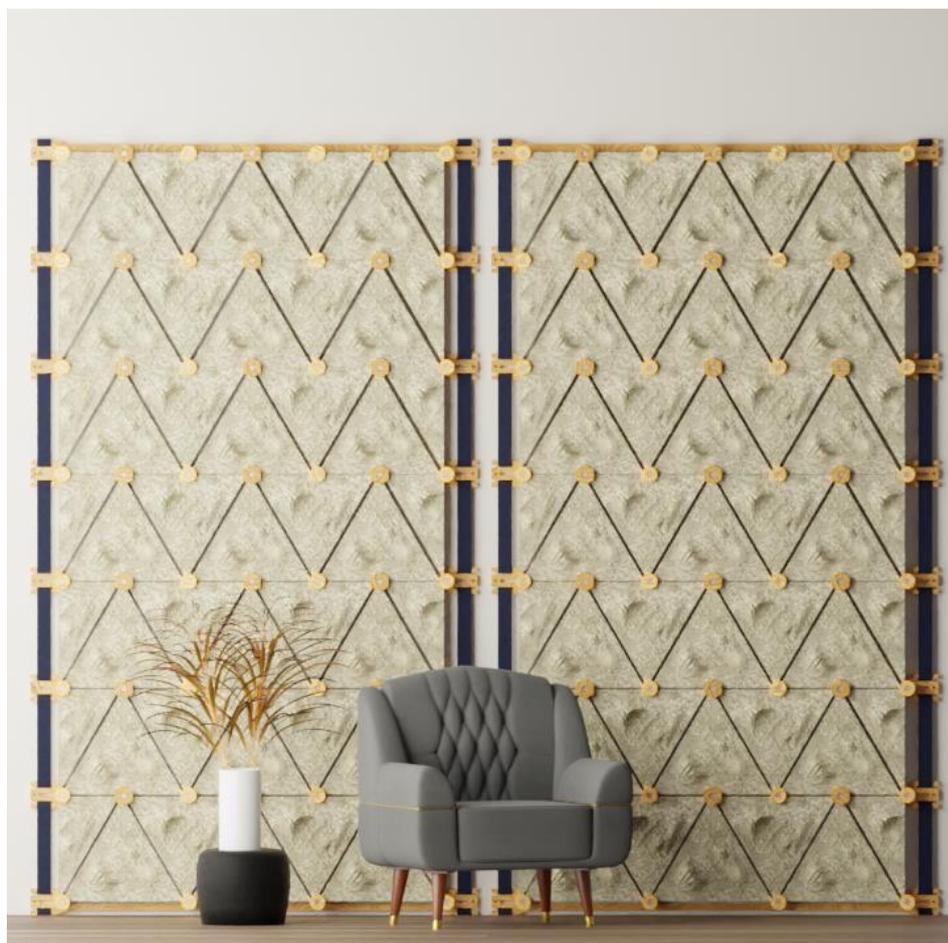


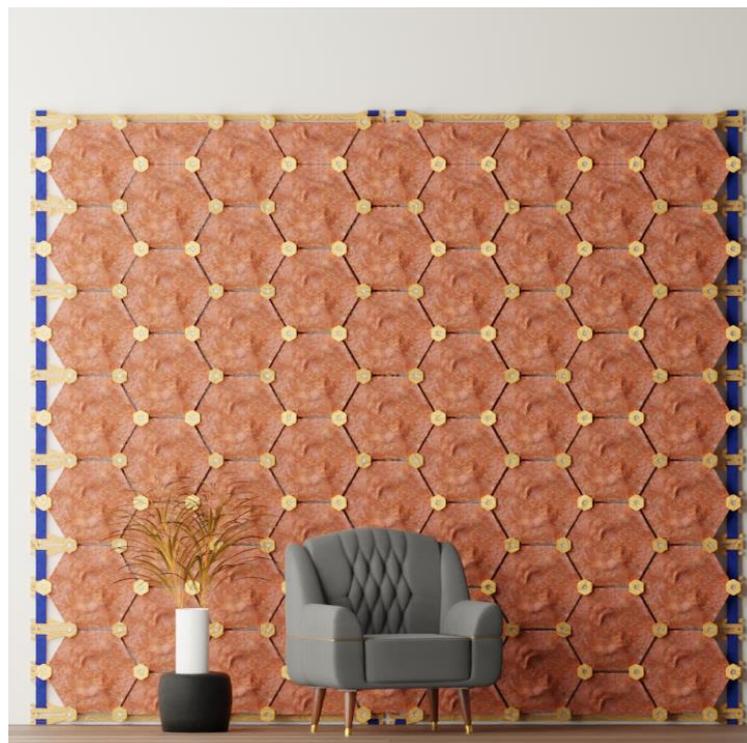
Figura 52

Render de implementación D



Figura 53

Render de implementación E



4.5 Presupuesto

4.5.1 Presupuesto panel

A continuación, se presenta un estimado de los materiales, insumos, infraestructura, transporte, ensayos analíticos y demás equipamientos empleados por el CIBE para la fabricación del micomaterial, las cuales proponen un estimado de \approx \$ 16689.

Figura 54

Estimación de costo de materia prima

Materia prima	Volumen	Costo aprox.
Cascarilla de arroz	0.16m ³	\$ 2,49 ctvs.

Nota. Tomado de Estimación de costo de materia prima, por Coronel & Rivera, 2022, Aprovechamiento del micelio de hongos nativos de la ESPOL con fines de micotectura.

Figura 55

Estimación de insumos y costos detallados del proyecto

Estimación de insumos	
Insumos	Costo aprox.
Agar PDA (500g)	\$ 100,00
Placa petri vidrio (unidad)	\$ 3,00
Pack placas Petri plásticas (10 unidades)	\$ 10,00
Agua destilada 1gal	\$ 4,00
Alcohol 70% 1gal	\$ 10,00
Alcohol 90% 1 gal	\$ 10,00
Mechero	\$ 20,00
Mechas de algodón x 10	\$ 8,00
Cintas PH	\$ 15,00
Materiales	Costo aprox.
Residuos agroindustriales 1 ton	\$ 30,00
Trigo 1 quintal	\$ 40,00
Cal saco 50lb	\$ 30,00
Fundas Celofán 4kg - el ciento	\$ 6,00
Diseño 3D de molde o matriz	\$ 50,00
Molde o matriz 3D PET o CNC	\$ 100,00
Envase con diseño de molde 3D	\$ 1,00
Transporte de residuos agro (rango)	\$ 200,00
Infraestructura	Costo aprox.
Repisas livianas 2.00 alto	\$ 45,00
Mezcladora	\$ 1.500,00
Envasadora	\$ 1.500,00
Autoclave laboratorio 30L	\$ 500,00
Autoclave semi-industrial	\$ 5.000,00
Cabina de flujo laminar	\$ 4.000,00
Cámara de aire laminar artesanal	\$ 1.500,00
Ensayos	Costo aprox.
Microbiología	\$ 500,00
Mecánicos	\$ 800,00
Resistencia al fuego	\$ 500,00
Administrativos	Costo aprox.
Resmas de papel	\$ 7,00
Toners	\$ 150,00
Papelería en General	\$ 50,00
Costo aprox. TOTAL	\$ 16.689,00

Nota. Tomado de Estimación de costo de materia prima, por Coronel & Rivera, 2022, Aprovechamiento del micelio de hongos nativos de la ESPOL con fines de micotectura.

A partir de la estimación propuesta por el CIBE para la fabricación del micomaterial, se agrega a continuación, los costos para desarrollo del concept, la materia prima y la producción de los moldes. Teniendo en consideración que el valor designado para el desarrollo del concept solo será tomado en cuenta cada vez que se desarrolle una propuesta de diseño nueva.

Tabla 30

Costo único para el desarrollo del concept de los paneles

Costo único				
Descripción	Cantidad	Días	Costo unitario	Costo total
Creación de concept	1	15	\$30,00	\$450,00
Iteracion	1	15	\$30,00	\$450,00
Redefinir concept	1	15	\$30,00	\$450,00
Modelado tridimensional	1	15	\$30,00	\$450,00
Total				\$1.800,00

Tabla 31

Costo de materia prima para fabricación de moldes

Costo de Materia Prima				
	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Materia prima	Tablero MDF de 18 mm 240 x 120 cm	1	\$45,00	\$45,00
	Lámina de PVC de 3 mm	12	\$25,00	\$300,00
Transporte			\$30,00	\$30,00
Total				\$375,00

Tabla 32*Costo de producción de moldes*

Costo de Producción					
	Descripción	Cantidad	Hora	Costo unitario	Costo total
Desarrollo de la propuesta	Corte CNC Router (Hora)	1	4	\$20,00	\$80,00
	Lijado (Hora)	1	1	\$5,00	\$5,00
	Termoformado (Hora)	1	1	\$10,00	\$10,00
Total					\$95,00

El costo para la fabricación de una matriz y un molde es de \$470, solo considerando los valores de materia prima y la producción. El valor de producción debe ser multiplicado por los 4 moldes diseñados para el desarrollo del proyecto que dan un valor de \$380. El costo total de producción para el desarrollo de los moldes es de \$850.

4.5.2 Presupuesto sistema de instalación

A continuación, se presenta los costos para el desarrollo del concept, la materia prima y la producción del sistema de instalación. De igual manera que los paneles, el valor designado para el desarrollo del concept solo será tomado en cuenta cada vez que se desarrolle una propuesta de diseño nueva.

Tabla 33*Costo único para el desarrollo del concept del sistema de instalación*

Costo único				
Descripción	Cantidad	Días	Costo unitario	Costo total
Creación de concept	1	3	\$30,00	\$90,00
Iteracion	1	3	\$30,00	\$90,00
Redefinir concept	1	3	\$30,00	\$90,00

Modelado tridimensional	1	2	\$30,00	\$60,00
Total				\$330,00

Tabla 34

Costo de materia prima para sistema de instalación

Costo de Materia Prima				
	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Materia prima	Tablero Plywood de 18 mm 240 x 120 cm	1	\$45,00	\$45,00
Transporte			\$20,00	\$20,00
Total				\$65,00

Tabla 35

Costo de producción sistema de instalación

Costo de Producción					
	Descripción	Cantidad	Hora	Costo unitario	Costo total
Desarrollo de la propuesta	Corte CNC Router (Hora)	1	5	\$20,00	\$100,00
	Lijado (Hora)	1	1	\$5,00	\$5,00
Total					\$105,00

El valor total de producción de V-Wood es \$170, solo considerando el valor de materia prima y producción con este valor refleja una producción estimada de 18 sistema de instalación por tablero. Un sistema de instalación completo consta de 1 listón, 1 sujetador y 1 tapón.

Capítulo 5

5.1 Conclusiones

Como conclusión general, se destaca la importancia de la colaboración multidisciplinaria para el desarrollo del proyecto, puesto que durante la misma se involucraron áreas académicas como biología e ingeniería en materiales, representadas por el CIBE y LEMAT respectivamente.

Este trabajo representa un segundo paso para el desarrollo de micomateriales, la cual parte de la investigación realizada por Coronel & Rivera (2022). A diferencia del trabajo de inicial de investigación, este proyecto tiene un enfoque aplicativo, ya que utiliza la información recopilada previamente para diseñar paneles decorativos y funcionales considerando los posibles problemas de instalación y las necesidades de composición visual que tenga el usuario.

De acuerdo con las consultas realizadas a los expertos, el acercamiento cultural a través de la representación musical de cada región es un concepto interesante que puede servir para conectar una historia con el espacio de interior, de tal manera que se presente un escenario de conversación entre el anfitrión y sus invitados. De igual forma, el sistema de instalación resuelve parte de los problemas de implementación y estéticos, atendiendo principalmente la facilidad de fijación a la pared con pocos pernos, la aplicación no destructiva de los paneles a base de micelio y la versatilidad para usar como divisor de ambientes.

Considerando las limitaciones de fabricación, la tecnología que se disponía y las iteraciones con diversos materiales, no fue posible validar un prototipo físico a escala natural con los usuarios finales.

Como conclusiones particulares:

- Fue presentado la propuesta de diseño de los 4 paneles diferenciados por la morfología generada por la abstracción geográfica de cada región y las curvas de sonido de las canciones de género musical regional representativo.
- Se comparó la información de las propiedades del biomaterial con las propiedades de los materiales que suelen usarse para la fabricación de

recubrimientos, mostrando las fortalezas de resistencia mecánica del biomaterial frente a materiales poliméricos.

- Se contrastó las características de los productos análogos de paneles decorativos y sistemas de instalación, mostrando el potencial de aislación acústica del micomaterial en comparación a productos derivados de la madera.
- Se desarrolló la propuesta del sistema de instalación considerando la principal limitante de implementación del micelio, la aplicación de un solo uso luego de perforar o adherir con pegamento.
- Se obtuvieron matrices y moldes de diferentes materiales implementando diversas técnicas de fabricación digital, siendo el método más ágil el corte CNC y la termoformación con PVC.

5.2 Recomendaciones

En sentido general, a partir de las iteraciones de concepto y fabricación realizadas, se recomienda lo siguiente:

- Explorar la implementación de cepas de hongos endémicas de cada región para potenciar la identidad regional de los paneles.
- Experimentar con la estimulación de música tradicional regional durante el proceso de crecimiento del micomaterial para determinar los efectos que puedan presentarse. Y, reforzar el concepto mediante la idea de que se implementa sonido para su fabricación, se utiliza curvas de sonido para modelar los moldes y sirve de aislante de ondas sonido.
- Realizar un estudio morfológico de variantes geométricas para determinar la forma óptima de teselación en la pared, considerando la optimización de materiales y tiempo de instalación.
- Realizar una comparación de recubrimientos naturales para proteger el micomaterial y aumentar su tiempo de vida útil.

- Experimentar con moldes de mayores dimensiones para validar los efectos que pueden reflejarse en tiempo crecimiento, las propiedades mecánicas y sensoriales y las limitaciones de instalación.
- Realizar un estudio de materiales de origen natural y de carácter biodegradable para explorar la fabricación de materiales compuestos, y así mejorar sus propiedades mecánicas y sensoriales.

Bibliografía

- Achí, A. (2023). Retroalimentación Andrés Achí [Grabado por G. Humanante, & A. Estrella]. Obtenido de https://espolec-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/gmagnone_espol_edu_ec/ETWzo9T_qdBOss7JUq9JedIB3768jKDs-cMNoMYkoqmYaA?e=b0wKUA
- Amstrong. (2017). *Wall Cladding*. Obtenido de Ceiling & Wall System: http://www.gema.biz/armstrong/downloads/e_WH%201000_en.pdf
- Arregui, F. (2022). Entrevista a Mush [Grabado por G. Humanante, & A. Estrella]. Obtenido de https://espolec-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/gmagnone_espol_edu_ec/EU-25TxgExVFrkncQ53U8y8BB-S8aqVwhCzifBJlQyldnw?e=PDvKwO
- Balboa, C. H., & Somonte, M. D. (Enero de 2014). Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3. *Informe Técnico*, 78(1), 82-90. Recuperado el 8 de Enero de 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4881026.pdf>
- Brown, T. (2017). *Tim Brown: Design & the circular economy – Circular Design Guide*. Obtenido de Ellen MacArthur Foundation: <https://youtu.be/yAvkM7B7BBs>
- Cámara de construcción de Guayaquil. (2015). *Construcción y Desarrollo*.
- Centro Cultural Ecoarte (s.f.). Pura Naturaleza. Obtenido de <https://youtu.be/DbCMoV8kG1s>
- Ching, F. D., & Binggeli, C. (2012). *Diseño de Interiores: Un Manual* (Segunda ed.). Nueva Jersey: Gustavo Gili, SL, Barcelona, 2015. Recuperado el 14 de Diciembre de 2022, de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/64513703/%E2%96%AA%E2%81%9E_Francis_D.K._Ching_-_MANUAL_DE_DISE%C3%91O_DE_INTERIORES_%E2%81%9E%E2%96%AA_HD-libre.pdf?1600972900=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDISENO_DE_INTERIORES_UN_MANUAL_ION_AMP
- CIBE. (2022). *CIBE*. Obtenido de <http://www.cibe.espol.edu.ec/nosotros>
- Comunidad Shuar Tawasap (s.f.). Uwi ijiamat [Grabado por G. Tzamarenda]. Obtenido de https://youtu.be/_aGmOjZS3sw
- Conde, I. (2022). *Biocompuesto de micelio y sus posibles aplicaciones en la arquitectura*. Universidad de Valladolid. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/50464/1/TFG-A-300.pdf>
- Cóndor, S., & Quezada, R. (2019). *Micotectura: Una alternativa orgánica al positivado escultórico utilizando residuos de hongos a partir de micelio de setas grises*. Quito: UCE. Recuperado el 30 de Noviembre de 2022, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20741>

- Coronel, D., & Rivera, L. (Abril de 2022). *Aprovechamiento del micelio de hongos nativos de la ESPOL con fines de micotectura*. ESPOL - FCV. Recuperado el 30 de Noviembre de 2022, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/55837>
- Cruz, E., & Cabrera, F. (2021). Alternativas biodegradables para el embalaje y la conservación del material aeronáutico. *Revista de tecnología aeronáutica*, 31, 5-10. Recuperado el 09 de Noviembre de 2022, de <https://www.esufa.edu.co/sites/esufa/files/IMAGENESESUFA/Tecnoesufa/tecnoesufaedicion31f.pdf#page=6>
- Cuevas, J. (01 de Septiembre de 2016). Los hongos: héroes y villanos de la prosperidad humana. *Revista Digital UNAM*, 17(9). Recuperado el 09 de Noviembre de 2022, de <http://www.revista.unam.mx/vol.17/num9/art69/>
- DK Ching, F. (2012). *Diseño de Interiores, Un manual* (2 ed.). Editorial Gustavo Gili. Obtenido de https://www.academia.edu/79845852/Dise%C3%B1o_de_Interiores_Un_manual_Segunda_Edici%C3%B3n_Ampliada_y_Revisada_Francis_D_K_Ching_Corky_Binggeli
- Ecovative. (2022). *Ecovative*. Obtenido de <https://www.ecovative.com/>
- Ellen MacArthur Foundation. (2017). *Circular Design*. Obtenido de Ellen MacArthur Foundation Archive: <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/explore/circular-design>
- Feijóo, K., Bermúdez, S., Hernán-Rebolledo, Figueroa, J., Zamora, P., & Naranjo, L. (15 de Enero de 2021). Bioproductos desarrollados a partir de micelio de hongos: Una nueva cultura material y su impacto en la transición hacia una economía sostenible. *Bionatura*, 6(1), 1637-1652. doi:DOI. 10.21931/RB/2021.06.01.29
- Fernández, N. (2019). Desarrollo tecnológico de paneles multicapa a partir de residuos lignocelulósicos bioligados con micelio de hongos. *Actas de Jornadas y Eventos Académicos de UTN (AJEA)*, (4). Obtenido de <https://doi.org/10.33414/ajea.4.370.2019>
- Fuentes-Cantillana Monereo, I. (Junio de 2020). Biofabricación. Micelio como material de construcción: biocomposite en sustratos lignocelulósicos. Recuperado el 09 de Noviembre de 2022, de <https://oa.upm.es/63507/>
- Gallegos, A. (21 de Octubre de 2022). Aplicación de micelio de hongo *Pleurotus ostreatus* en diferentes residuos lignocelulósicos para la obtención de biomateriales. Recuperado el 09 de Noviembre de 2022, de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12024>
- Guerrero, F. (2012). *Historia sonora del Ecuador en partituras*. Archivo Equinoccial de la Música Ecuatoriana. Obtenido de https://www.cancilleria.gob.ec/egipto/wp-content/uploads/sites/66/2022/06/cancionero-ecuador-tomo-1_compress-1.pdf

- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed.). McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- I3lab. (2021). *Bio Fabrik, el emprendimiento ecuatoriano que se preocupa por el medioambiente*. Obtenido de I3lab-ESPOL: <https://www.i3lab.org/noticias/2021/biofabrik>
- INEC. (2017). Guayaquil en cifras. Guayaquil: Ecuador en cifras. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/guayaquil-en-cifras>
- Infoeconomía. (2012). *La Industria de la Construcción es el mayor empleador del mundo*. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Infoeconomia/info10.pdf>
- Jacobo, V. (2018). *Una propuesta de futuro para España y Europa*. Obtenido de https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/21053/VarelaMenendez_Jacobo_TFG_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., & Law, R. N. (13 de Febrero de 2015). *Science*. Recuperado el 04 de Noviembre de 2022, de <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1260352>
- Jímenez, A. (2023). Retroalimentación Ana María [Grabado por G. Humanante, & A. Estrella]. Obtenido de https://espolect-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/gmagnone_espol_edu_ec/EUTamgLXzgFNt6OyDXeECc8BMac7Y8EyClgsSXR0m-2lug?e=Of6QSG
- Kevin, F., Stalin, B., Hernán, R., José, F., Pablo, Z., & Leopoldo, N. (2021). Bioproductos desarrollados a partir de micelio de hongos: Una nueva cultura material y su impacto en la transición hacia una economía sostenible. *Bionatura*, 6(1), 1637-1652. doi:<https://doi.org/10.21931/RB/2021.06.01.29>
- kömmerling, P. (2021). *El ciclo de vida de los materiales*. Obtenido de <https://retokommerling.com/ciclo-de-vida-materiales/>
- kwame, S. (2015). *Impacts of Construction Activities on the Environment: The Case* (5 ed.). Journal of Environment and Earth Science. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/234664047.pdf>
- León, J. X., & Torres, E. A. (15 de Febrero de 2016). Herramienta para el diseño de sistemas de posicionamiento tridimensional usados en fabricación digital. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 6(2), 155-167. doi:<https://doi.org/10.19053/20278306.4607>
- López, N. J. (2022). *Ensayos mecánicos y sensoriales aplicados a muestras de micelio*. CIBE. Los Runashungo (s.f.). Los imbaburas. Obtenido de <https://youtu.be/5FuzjXt5P58>

- Martínez, C., & Gabriela, M. (2021). Materiales ecológicos aplicados al diseño interior caso estudio: Fundación Pro-Bosque, interiores y exteriores inmediatos. Recuperado el 09 de Noviembre de 2022, de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/57117>
- MiamiDiario. (2022). *Spora Biotech: La empresa que crea "cuero vegano" a partir de hongos*. Obtenido de <https://miamidiario.com/spora-biotech-la-empresa-que-crea-cuero-vegano-a-partir-de-hongos/>
- Millican, J. M., & Agarwal, S. (2 de Abril de 2021). Macromoleculas. Recuperado el 04 de Noviembre de 2022, de <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.macromol.0c02814>
- Mogu. (2022). *Mogu*. Obtenido de <https://mogu.bio/about/mycelium-technology/>
- Mullo, J. (2007). *Música popular tradicional del Ecuador*. Convenio Andrés Bello IPANC. Obtenido de <https://dokumen.tips/documents/58945496-musica-tradicional-del-ecuador.html>
- Mundo Constructor. (2021). Gestión de los costos indirectos. 12. Obtenido de <https://revista.mundoconstructor.com.ec/publication/690cdb6a/>
- Mush. (2022). *Mush Bio*. Obtenido de Mush: <https://mushbiodesign.com/>
- Mycomaker (Dirección). (2022). *Micotexturas 2022* [Película]. Obtenido de <https://www.youtube.com/@Mycomaker/streams>
- Mycomaker. (2022). *Mycomaker club*. Obtenido de Mycomaker: <https://mycomaker.club/somos/>
- Neira, A., & Fátima, A. (2023). Retroalimentación Mush [Grabado por G. Humanante, & Estrella Alberto]. Obtenido de https://espolect-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/gmagnone_espol_edu_ec/ET5dA87Q_mtPhXx5UjqZok8BOWi7wCG4qc5QtBipLmPANw?e=OMUUMc
- Neyman, J. (1935). *On the Problem of Confidence Intervals*. The Annals of Mathematical Statistics. Obtenido de <https://www.jstor.org/stable/2957537>
- Omar, P., Santiago, C., & Richard, Q. (2019). Micotectura: Una alternativa orgánica al positivado escultórico utilizando residuos de hongos a partir de micelio de setas grises. Recuperado el 09 de Noviembre de 2022, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20741>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Pirsaheb, M. H. (2016). *The Influence of Internal Wall and Floor Covering Materials and Ventilation Type on Indoor Radon and Thoron Levels in Hospitals* (25 ed.). Iranian Red Crescent Medical Journal. Obtenido de doi:10.5812/ircmj.25292
- Ponce Andrade, G. V. (2012). Evidencia de la biodegradación de resinas fenólicas con hongos ligninolíticos por microscopía electrónica de barrido. *Revista internacional de*

- contaminación ambiental* , 28 (2), 159-166. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37023178007>
- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (Agosto de 2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. *Memoria investigaciones en ingeniería*(15), 85-95. Obtenido de https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/53653/1/Economia_Circular.pdf
- Reyes, D. V. (2021). *Prototipo de bloque simple más residuos carbonosos y caucho reciclado para mampostería de viviendas*. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4342>
- Salgado, P. A. (2021). Estudio de envolvente arquitectónica en base a textil de micelio. *Repositorio de Pontifica Universidad Católica de Chile*, 1-119. Recuperado el 17 de Noviembre de 2022, de <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/63032>
- Sarria, R., & Gallo, J. (1 de Agosto de 2016). *Journal de Ciencia e Ingeniería*. 8(1), 21-27. Recuperado el 04 de Noviembre de 2022, de <https://jci.uniautonoma.edu.co/2016/2016-3.pdf>
- Shihepo, J. (2016). Implementación del Modelo para la Gestión Integral del Reciclaje de los RCD en el Taller de Eco-Materiales de Manicaragua. *Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas*, 1-110. Obtenido de <http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7405/Tesis%20Completa%20Johanna.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Silva, C. (2022). Entrevista a BioFábric [Grabado por G. Humanante, & A. Estrella]. Obtenido de https://espolect-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/gmagnone_espol_edu_ec/EaBYmKJb9OJCntf7A0TLKncBBkDdQRdTCNvaEGGtTK7Wzg?e=WDQ75v
- Silva, C. (2023). Retroalimentación BioFábric [Grabado por G. Humanante, & A. Estrella]. Obtenido de https://espolect-my.sharepoint.com/:u:/g/personal/gmagnone_espol_edu_ec/Ee0U0jab-DFBkpA-GzqQBqsBCZ7YPXAFelIFs6HoU4M-WQ?e=nqVWys
- Tamayo, C. G. (s.f.). El aguacate [Grabado por J. Jaramillo]. Obtenido de <https://youtu.be/Xtqsf0FwUm0>
- Valdiviezo, S. K. (2019). *Elaboración de paneles de revestimiento para paredes a base de fibra de vidrio y estopa de coco para viviendas de interés social en la ciudad de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/3040>
- Van Gumster, J., & Lampel, J. (2022). *Procedural Modeling with Blender's Geometry Nodes: A workshop on taking advantage of the Geometry Nodes feature in Blender for procedural modeling*. Obtenido de <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3532725.3538516>

- Veloz Ramos, E. D. (2022). *Diseño modular para exposiciones itinerantes de artes plásticas en la ciudad de Ambato*. Proyecto Integrador, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Diseño y Arquitectura, Ambato. Recuperado el 16 de Diciembre de 2022, de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/36011>
- Ventura, W., & Cotacallapa, H. (2017). *Estudio del proceso de termoformado de láminas de PVC*. Tesis, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ingeniería de Procesos , Arequipa. Recuperado el 14 de Enero de 2023, de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10840>
- Villacrés, I. A. (2016). *Paneles para revestimientos técnicos de paredes en base a niveles de confort*. Proyecto de Investigación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de Diseño Industrial, Ambato. Recuperado el 7 de Enero de 2023, de <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/1580>