

**PROPUESTA DE PANELES AISLANTES TERMOACÚSTICOS DIVISORIOS A BASE DE CÁÑAMO Y RESINA DE
PINO, COMO ALTERNATIVA AL USO DE POLÍMEROS SINTÉTICOS EN CONSTRUCCIÓN**

Luisa Fernanda Martínez Cubides



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Vigilada MINEDUCACIÓN

Facultad de Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C

2021

Propuesta de paneles aislantes termoacústicos divisorios a base de cáñamo y resina de pino, como alternativa al uso de polímeros sintéticos en construcción

Luisa Fernanda Martínez Cubides

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Arquitecta

Arquitecta Claudia Mónica Castro Martínez, directora

Arquitecta Liliana Rocío Patiño León, asesora



Facultad de Arquitectura, Arquitectura

Universidad La Gran Colombia

Bogotá D.C

2021

*¡Aprovecha al máximo la semilla de cáñamo india
y siébrala en todas partes!*

-George Washington, 1794.

Dedicatoria

Para mi mamá,

*quien con su amor, apoyo incondicional y paciencia,
me ha enseñado a creer en mí, para hacer todo con amor y pasión.*

Para mi papá,

por enseñarme a ser fuerte, persistir y a superar mis propios límites.

Para mi hermano,

por alegrarme la vida con su compañía y guiarme con su conocimiento.

Agradecimientos

Agradezco inicialmente a la directora de este documento, la arquitecta Claudia Mónica Castro Martínez, no solo por acompañarme durante la escritura e investigación de este proyecto, sino por creer en mí, en mis ideas y defenderlas. Ella, con su conocimiento y apoyo, me guió para culminar esta investigación y etapa de mi vida.

Agradezco a Juan por su compañía y paciencia, pues su amor indudablemente amenizó este largo proceso.

Agradezco a Laura por su apoyo incondicional, por motivarme a creer en mis capacidades y ser un referente para superar mis límites.

Agradezco a mis compañeros más cercanos de facultad, con quienes compartí muchas experiencias y emociones. Gracias porque sin duda alguna su compañía hizo de este proceso una gran historia llena de anécdotas y recuerdos.

A todos y a los que me faltaron, infinitas gracias por aportar en la construcción de esta investigación.

Tabla de contenido

RESUMEN	15
PALABRAS CLAVE	15
ABSTRACT	16
KEYWORDS	16
INTRODUCCIÓN	18
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	20
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	20
PREGUNTA PROBLEMA.....	29
JUSTIFICACIÓN	30
BIOCONSTRUCCIÓN.....	30
ARQUITECTURA SOSTENIBLE	30
POBLACIÓN OBJETIVO	33
HIPÓTESIS	34
OBJETIVOS	35
OBJETIVO GENERAL	35
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	35
ESTADO DEL ARTE	36
ANTECEDENTES.....	36
REFERENTES ESPECÍFICOS	36
MARCO TEÓRICO	47
MARCO CONCEPTUAL	51

MARCO CONTEXTUAL	59
MARCO REFERENCIAL	61
ENFOQUE HISTÓRICO	61
ENFOQUE NORMATIVO	65
NORMAS DE REGULACIÓN Y MANEJO DEL CANNABIS Y SUS DERIVADOS EN TERRITORIO NACIONAL	67
NORMAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO	70
NORMAS DE AISLAMIENTO TÉRMICO	71
ACUERDO AMBIENTAL INTERNACIONAL	71
NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE:.....	72
NORMAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO:.....	73
DISEÑO METODOLÓGICO	75
PRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA	79
VIABILIDAD DEL PROYECTO	79
PLANTEAMIENTO DE LA PROPUESTA	82
ESTRATEGIAS DEL PROYECTO.....	83
CRITERIOS DE INTERVENCIÓN	86
CAPÍTULO 1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	87
CARACTERIZACIÓN DE INSUMOS	87
DILUCIÓN DEL AGLUTINANTE.....	91
DISEÑO DE MEZCLA.....	94
ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS.....	99
ESTABLECER CAPACIDAD TÉRMICA Y ACÚSTICA DE LAS PROBETAS	106
CAPÍTULO 2. ESTUDIO COMPARATIVO	121
CAPÍTULO 3. SISTEMA DE PANELES AISLANTES	125

DISEÑO DEL PANEL COMO ELEMENTO BÁSICO	126
CAPÍTULO 4 GUÍA TÉCNICA	141
CONCLUSIONES.....	148
RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	148
LISTA DE REFERENCIA O BIBLIOGRAFÍA.....	151

Lista de Figuras

Figura 1. Emisiones de carbono.....	20
Figura 2. Materiales aislantes usados en construcción	21
Figura 3. Ruido de impacto y ruido aéreo	24
Figura 4. Conductividad térmica y radiación	26
Figura 5. Árbol de problemas	29
Figura 6. Justificación.....	32
Figura 7. Harmless home	43
Figura 8. <i>Construir con cannabris</i>	46
Figura 9 <i>Variables del proyecto</i>	47
Figura 10. Variedades del cannabis	52
Figura 11 Marco conceptual N° 2	58
Figura 12. Imaginario del uso del sistema de paneles a base de Cáñamo.	60
Figura 13 Recorrido de la planta del cannabis a lo largo del tiempo.	61
Figura 14. Imagen de procesamiento de Cáñamo en el siglo XIX.....	64
Figura 16. Normas y decretos de regulación y uso del cannabis	67
Figura 17. Normas y decretos de manejo de aislamiento en edificaciones	70
Figura 18. Normas para prácticas de laboratorio.....	74
Figura 19. Diseño metodológico.....	75
Figura 20. Viabilidad del proyecto.....	81
Figura 21. Planteamiento de la propuesta.	83
Figura 22. Colofonia de Pino.....	88
Figura 23. Cañamiza.....	89

PROPUESTA DE PANELES AISLANTES DIVISORIOS A BASE DE CAÑAMIZA	10
Figura 24. Maquina chipeadora.....	90
Figura 25. Dosificación de muestra N° 1 para diluir el aglutinante.....	92
Figura 26. Dosificación de muestra N° 2 para diluir el aglutinante.....	92
Figura 27. Resultados de la muestra N° 1.....	93
Figura 28. Resultados de la muestra N° 2.....	94
Figura 29. Panel aislante de cáñamo, térmico y acústico.....	95
Figura 30. Dimensiones de paneles cannabric	95
Figura 31. Estructura de paneles a base de cáñamo	96
Figura 32. Dimensiones de las muestras	99
Figura 33. Moldes	99
Figura 34. Molde con vinipel	100
Figura 35. Cañamiza hidratada	100
Figura 36. Mezcla de cañamiza y resina de pino	101
Figura 39. Capas con peso	102
Figura 41. Probeta seca	103
Figura 42. Probeta desmoldada.....	104
Figura 43. Fórmula de densidad	108
Figura 44. Resultados de aislamiento de la muestra M3	114
Figura 45. Perfil de temperatura y punto de rocío de la probeta M1	115
Figura 47. Perfil de temperatura y punto de rocío de la probeta M3	116
Figura 48. Humedad relativa de la probeta M1	118
Figura 49. Humedad relativa de la probeta M2	119
Figura 50. Humedad relativa de la probeta M3	119
Figura 51 Conductividad térmica de materiales sintéticos aislantes del mercado	121

Figura 52. Coeficiente de absorción acústica de materiales sintéticos aislantes del mercado.....	122
Figura 53. Densidad de materiales sintéticos aislantes del mercado	123
Figura 54. Tarifas para m ² de aislantes sintéticos usados en el mercado	124
Figura 55. Panel a base de cañamiza y resina de pino	128
Figura 56. Segunda dimensión de paneles aislantes a base de cañamiza.....	128
Figura 57. Dimensiones de la estructura	129
Figura 59. Perfil tipo I para unión panel a panel	130
Figura 60. Perfil en H para unión de muros.....	131
Figura 61. Dimensiones de la estructura con puertas y ventanas.....	132
Figura 62. Perfil macizo para marco de puertas y ventanas.....	133
Figura 63. Sistema estructural por partes	135
Figura 64 Empalme U1, perfil tipo “U” a perfil tipo “I”	136
Figura 65. Empalme U2, perfil tipo “I” a perfil tipo “H”	136
Figura 66. Empalme U3, perfiles macizos.....	137
Figura 67. Detalle de anclaje A1, de columna o muro estructural a perfil tipo “U”	138
Figura 68. Ángulo de refuerzo o platina P1	138
Figura 69. Tornillo autoperforante de 3/4”	139
Figura 70. Sierra de mesa	139
Figura 71. Sistema estructural del sistema de paneles	140
Figura 72. Portada guía técnica	143
Figura 73. Tabla de contenido e índice.....	143
Figura 75. Método de obtención del cáñamo y la cañamiza.....	144
Figura 76. Método de obtención de la resina de pino	144
Figura 77. Elaboración de paneles.....	144

Figura 78. Elaboración de los paneles II	145
Figura 79. Sistema constructivo autoportante de los paneles Pine Hemp	145
Figura 81. Detalles	146
Figura 82. Detalles II	146
Figura 83. Especificaciones técnicas de los paneles Pine Hemp	146
Figura 84. Fin de la guía técnica	147

Lista de Tablas

Tabla 1. Tipos de paneles aislantes en el mercado.....	28
Tabla 2. Proceso de producción hempcrete.....	37
Tabla 3. Ventajas del uso del Cáñamo en construcción	39
Tabla 4 <i>Ventajas del uso del Cáñamo en rehabilitación de edificaciones</i>	39
Tabla 5. Certificados y códigos que el bloque Just BioFiber cumple.....	41
Tabla 6. Ciencia del CO2	42
Tabla 7. Propiedades térmicas de varios bloques de construcción	44
Tabla 8. Comparación entre el cannabric y los bloques convencionales.....	45
Tabla 9 <i>Principios de la bioclimática</i>	55
Tabla 14. Comparación de aglutinantes naturales renovables	84
Tabla 15. Tipos de muros divisorios y sus espesores	85
Tabla 16. Paneles usados como tabiques y sus espesores.....	85
Tabla 17. Caracterización física del cáñamo.....	87
Tabla 18. Caracterización física de la colofonia de pino.....	88
Tabla 19. Propiedades físicas de la cañamiza.....	90
Tabla 20. Primer acercamiento a dosificaciones para diluir la colofonia de pino.....	91
Tabla 21. Dosificación final para diluir la colofonia.....	93
Tabla 22. Ficha técnica panel cannabric.....	96
Tabla 23. Tarifas de paneles cannabric	97
Tabla 24. Propuesta inicial de diseño de mezcla.....	97
Tabla 25. Propuesta inicial de diseño de mezcla con medidas	98
Tabla 26. Propuesta de diseño de mezcla modificada	104

Tabla 27. Propuesta de diseño de mezcla modificada con medidas.....	105
Tabla 28. Resultados de las probetas	105
Tabla 31. Resultados de densidad de probetas.....	108
Tabla 33. Datos probeta M2 en Ubakus	109
Tabla 34. Datos probeta M3 en Ubakus	110
Tabla 35. Resultados probeta M1.....	110
Tabla 36. Resultados probeta M2.....	111
Tabla 37. Resultados probeta M3.....	111
Tabla 38 Conductividad térmica y resistencia térmica de la probeta M1.....	116
Tabla 39. Conductividad térmica y resistencia térmica de la probeta M2.....	117
Tabla 40. Conductividad térmica y resistencia térmica de la probeta M3.....	117
Tabla 41. Ficha técnica	120
Tabla 42. Estimación del m ² de los paneles.....	124
Tabla 43. Anclajes para muros divisorios	126
Tabla 44. Dimensiones para presentación comercial de paneles en el mercado	127

Resumen

En la arquitectura y en la construcción civil, es de gran importancia implementar aislantes térmicos y acústicos, con el objetivo de contar con la termoacústica adecuada para que dentro de un espacio se genere buena calidad ambiental. Dentro de las áreas constructoras, se ha generalizado la implementación de polímeros sintéticos debido a su capacidad de solución a los problemas referentes a procesos de aislamiento; sin embargo, estos polímeros traen consigo muchas desventajas, ya que al estar compuestos de químicos pueden ser perjudiciales, no solo para la salud humana, sino también para el medio ambiente, ya que su degradación dura largos periodos de tiempo y su reciclaje es complicado y costoso.

En la mayoría de los casos, cuando la vida útil de estos materiales finaliza, se vuelven residuos permanentes en el medio, afectando los escenarios climáticos en donde residen; frente a esta problemática, se ha hecho necesario considerar tendencias que pretendan el uso de materiales naturales, renovables y biodegradables, que cuenten con las capacidades aislantes adecuadas para lograr sustituir a los materiales sintéticos. De esta forma se considera al cáñamo como una alternativa ecológica a estos materiales, ya que no provoca daños medioambientales al ser un material natural, y que además posee las propiedades necesarias para sustituir, e incluso mejorar, las capacidades que tienen los polímeros sintéticos. En consecuencia, por medio del análisis del material, en este proyecto se pretende investigar la posibilidad de generar un sistema de paneles a base cáñamo con las condiciones aislantes termoacústicas necesarias para un espacio.

Palabras clave

Aislamiento acústico, aislamiento térmico, fibra de cáñamo, polímeros sintéticos, panel divisor de cáñamo y resina de pino.

Abstract

In architecture and civil construction, it is of great importance to implement thermal and acoustic insulators, since having the right thermoacoustics in a space generates environmental quality. For this reason, the use of synthetic polymers within construction areas has become widespread due to their ability to solve problems related to isolation processes. However, polymers bring many disadvantages as being composed of chemicals, they can be harmful, not only to the health of individuals, but in turn their degradation lasts long periods of time and their recycling is complicated and expensive.

In most cases, when the useful life of these materials ends, they become permanent waste in the environment, affecting the climatic scenarios in which they reside. In this way, it has become necessary to begin to consider trends that aim to use renewable and biodegradable natural materials with the appropriate insulating capacities to replace synthetic materials, such as hemp, which can be considered as an ecological alternative to these materials harmful to health and the environment, which does not cause environmental damage as a natural material and which also has the necessary properties to replace, and even improve, the capabilities of synthetic polymers. Therefore, through material analysis, the possibility of generating a hemp-based panel system with thermal acoustic insulating conditions required for a space is investigated.

Keywords

Acoustic insulation, thermal insulation, hemp fiber, synthetic polymers, pine resin and hemp divider panel.

*¿Por qué agotar los bosques que tardaron siglos en crecer
y las minas que se demoraron tanto en generar minerales
cuando podemos sacar el equivalente en productos forestales y minerales
con el crecimiento anual de los campos de cáñamo?*

-Henry Ford

Introducción

Este documento, recoge una investigación relacionada con el uso de la fibra de cáñamo y el uso de un aglutinante natural renovable para el desarrollo de un sistema de paneles aislantes; de este modo, es conveniente empezar este apartado señalando las problemáticas que motivaron la realización de esta monografía.

En el diseño arquitectónico y en la construcción se han usado diferentes tipos de materiales, que al paso del tiempo han sido efectivos, pero que desafortunadamente han generado un gran impacto negativo en dos aspectos fundamentales. El primero, tiene que ver con la salud de los usuarios, constructores y productores que tienen contacto con estos materiales, y el segundo, se relaciona con los daños en el medio ambiente, ya que la mayoría de estos elementos son sintéticos y provienen del petróleo, lo cual requiere un gran gasto energético desde su extracción, producción, construcción y uso, adicionando que cuando son desechados, en la mayoría de las ocasiones terminan en vertederos, convirtiéndose en desechos permanentes en el medio ambiente. En este proyecto de investigación se tomarán como referente a los polímeros sintéticos usados como aislantes, tales como el mercado, la fibra de vidrio, la fibra de carbón, la fibra de roca, el policloruro de vinilo, el polietileno, el poliestireno expandido, entre otros.

Si bien es cierto que en las últimas décadas desde la arquitectura y la construcción se ha tomado conciencia sobre los efectos contraproducentes que sus respectivas prácticas han dejado en el ambiente y en la salud de las personas, también se ha empezado a actuar al respecto en diferentes lugares y con diferentes alcances, donde en algunos países se han implementado materiales amigables con el medio ambiente de manera masiva, los cuales no contienen tóxicos o químicos nocivos, puesto que son naturales y su degradación es menos complicada y/o costosa.

Es importante tener en cuenta que como futuros arquitectos es fundamental ser conscientes y estar informados de todo lo que tiene relación con la profesión y el impacto que esta genera en distintos

escenarios, teniendo claro que el medio ambiente y la salud son sin duda aspectos que la arquitectura altera y/o modifica, en ocasiones de manera positiva, y en muchas otras que probablemente no se perciben o reconocen fácilmente, de manera negativa.

Es por esto que se ha empezado la búsqueda de nuevos materiales de construcción, presentando en este caso al cáñamo, con el objetivo de mostrar esta fibra como una gran alternativa ecológica a los materiales convencionales de construcción, específicamente a los polímeros sintéticos usados como aislantes.

Estableciendo el propósito principal y el problema de esta investigación, se escoge la fibra de cáñamo como una gran opción a esta problemática, ya que en los últimos años se han empezado a realizar investigaciones y experimentos para incrementar su uso en construcción, especialmente en el continente europeo. En Colombia, en los últimos años, se ha mostrado un gran interés a esta fibra desde diferentes sectores, evidenciando que la producción y uso del cáñamo en Colombia puede tener un gran potencial.

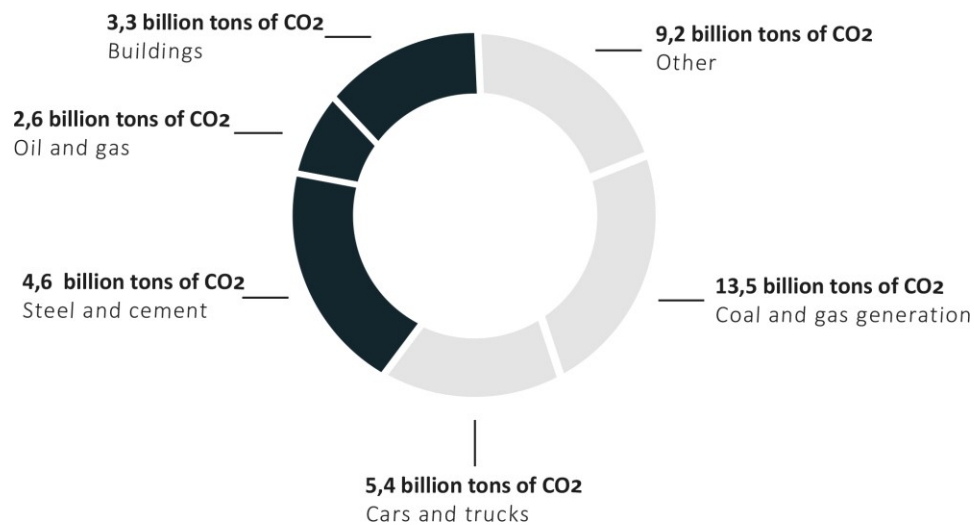
Asimismo, se ha demostrado en diferentes estudios para proyectos de grado e incluso desde diferentes empresas especializadas como Cannabric en Alemania y Just BioFiber en Canadá, que dicha fibra no solo tiene las capacidades térmicas y acústicas necesarias para lograr sustituir a los polímeros sintéticos, brindando sus propiedades ecológicas anteriormente mencionadas, sino que también puede llegar a ser mejor que los materiales convencionales implementados en estas áreas.

Formulación del problema

Descripción del problema

Los procesos de construcción del hábitat, han llevado al uso indiscriminado y desmedido de materiales con componentes químicos y tóxicos que han sido efectivos e incluso duraderos, pero que a lo largo del tiempo han generado impactos negativos en aspectos de salud y medio ambiente. Dichas prácticas han afectado, limitado, alterado y reducido los recursos naturales y ambientales, afectando los ecosistemas y generando consecuencias directas en el cambio climático, debido a las altas emisiones de carbono que genera esta industria, tal y como se puede demostrar en la figura 1.

Figura 1. Emisiones de carbono

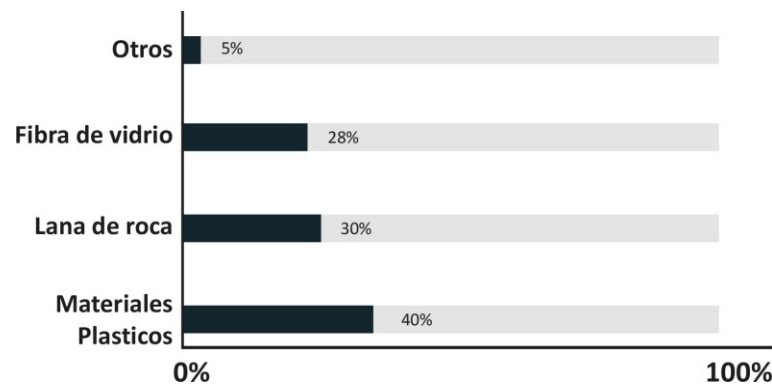


Adaptado de Overview | Just BioFiber™ Radford, M & Radford, T. 2014. (<https://justbiofiber.com/about-us/>)

En esta figura, se muestran las emisiones de CO2 que causa la producción de acero y cemento, junto con las emisiones de la construcción y la obtención de petróleo, las cuales sobrepasan las emisiones que generan los automóviles y la obtención del carbón, posicionando a la construcción en una de las industrias que más emisión de CO2 genera.

Entre los materiales de construcción en el mercado que más se usan y que más contaminación y efectos contraproducentes generan, son: asbesto (prohibido su uso y fabricación en varios países debido a su alto nivel de toxicidad), cemento, tuberías soldadas, pinturas, barnices, polímeros (usados como aislantes), policloruro de vinilo, poliestireno expandido y extruido, lana de roca, fibra de vidrio, entre otros. En la figura 2 se logra apreciar un indicador de los materiales aislantes más usados en construcción.

Figura 2. *Materiales aislantes usados en construcción*



Adaptado de “Caracterización de las propiedades de absorción acústica de la fibra de guadua” Páez, D. 2016, p. 17. (<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/58271>)

Como ya se ha mencionado anteriormente, los materiales aislantes más usados en la construcción traen efectos perjudiciales en diferentes aspectos. Existen estudios por parte de la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR] (2016), de la ciudad de Georgia, en Estados Unidos, que cuestionan los impactos perjudiciales que las sustancias sintéticas peligrosas tienen en aspectos de salud; en su capítulo Reseña Toxicológica para las fibras vítreas sintéticas (2016), proponen que estas fibras que se usan en construcción tienen efectos dañinos para la salud de los productores, constructores y trabajadores implicados en procesos de mantenimiento y demolición e incluso para los mismos usuarios.

De igual manera, estas partículas al no degradarse ni se evaporarse, quedan en el aire afectando a los transeúntes que pasen cerca de un predio que está en construcción o en obra. Las fibras vítreas están

compuestas en su mayoría de aluminio, trazas de metales, fibras vítreas, entre otros, y se usan principalmente como aislantes térmicos y acústicos. Estas lanas tienen aproximadamente 5 micrómetros de longitud (1 micrómetro es 0.001 milímetro), esto quiere decir que son partículas muy pequeñas que pueden ser inhaladas, adherirse a los ojos o la piel, teniendo como consecuencia repercusiones respiratorias y cutáneas tanto leves como graves.

La Organización Mundial de la Salud, [OMS], en el año 2000 postula que las fibras más gruesas (de 5 a 8 micrómetros) se adhieren al tracto respiratorio, comprendiendo nariz, boca y pulmones, terminando en otros órganos como estómago, intestinos y riñones. De este modo es cómo las partículas pueden afectar la salud, debido a que están compuestas de sustancias químicas y tóxicas, que, al adherirse al cuerpo, se absorben y provocan irritación en los ojos o la piel, causando tos, congestión nasal, dolor de garganta, entre otros. En los casos graves, pueden provocar enfermedades como cáncer de pulmón y laringe, alterando el ADN para las mujeres embarazadas y produciendo problemas para el desarrollo del bebé (ATSDR, 2016).

En cuanto a la gravedad de los casos, según la ATSDR (2016) “los efectos a la salud de la exposición a cualquier sustancia peligrosa van a depender de la dosis, la duración, la manera de exposición, las características y los hábitos personales, y si están presentes otras sustancias químicas” (párr. 1).

Además, los polímeros sintéticos se obtienen a partir de reacciones químicas que forman moléculas de polietileno, es decir, moléculas de plástico que son provenientes del petróleo, y como es bien sabido, este es un componente altamente contaminante desde su extracción, procesamiento, uso, que cuando su vida útil finaliza, se convierte en desecho en el medio, teniendo un gran impacto que altera el ambiente. “Un estudio reciente de la Universidad Nacional de Colombia afirma que el uso de polímeros de síntesis química tiene una estructura molecular difícil de degradar, que de ser mal manejado podría afectar ríos, mares y rellenos sanitarios” (Colprensa, 2013, párr. 1).

Una de las consecuencias más peligrosas respecto al uso excesivo y desmesurado de polímeros sintéticos, es que las probabilidades de que los desechos de construcción lleguen a cuencas hídricas como ríos, mares y océanos, son muy altas, los cuales alteran la calidad del agua, los ecosistemas, la vida silvestre y su correcto funcionamiento, siendo “la contaminación por plásticos uno de los problemas ambientales más graves de nuestros tiempos” (Organización de Naciones Unidas [ONU] 2018, párr. 3).

De acuerdo con las estadísticas de un estudio realizado por los científicos de la revista académica *Scientific Reports* (Lebreton et al, 2018), se encontraron aproximadamente ochenta mil toneladas de plástico en el océano Pacífico, con casi 1.6 millones de kilómetros cuadrados de desechos en *las islas de basura*, donde por lo menos el 20% de estos residuos, son escombros del tsunami que tuvo lugar en Japón en el año 2011. Ahora bien, el problema con estos desechos, es que además de generar daños ambientales y ecológicos con la llegada a las fuentes hídricas, estos polímeros ya hacen parte de nuestra cadena alimenticia, afectando al medio ambiente y a la salud de todos los seres vivos en general.

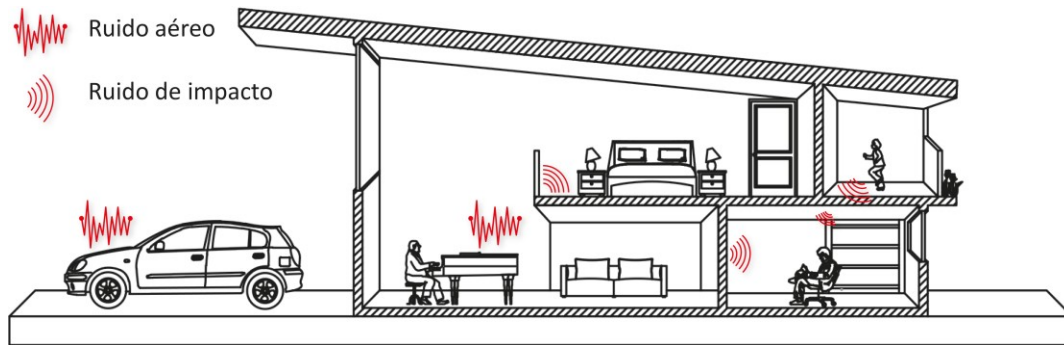
Por otro lado, la problemática que existe en la arquitectura y el diseño de interiores en lo que respecta a las condiciones acústicas del diseño de un espacio, permite establecer diferentes fenómenos de sonido, producidos por factores externos. Entre los más comunes se encuentran:

El ruido de impacto, que como su nombre lo indica, es el sonido generado por golpes, caídas, pisadas, especialmente en el suelo. Algunas de las repercusiones que este fenómeno trae consigo es en aspectos de salud, ya que altera los niveles de confort acústico, provocando irritabilidad, estrés, entre otros (Acoustic Protection Solutions, 2016).

El ruido aéreo se transmite a través de la perturbación del aire, en donde las ondas sonoras se transmiten a través de muros y suelos, por ejemplo, conversaciones, música, tráfico, entre otros. Algunas de las consecuencias de estos fenómenos son nuevamente respecto a la salud de los usuarios, produciendo trastornos de sueño, nerviosismo, estrés, entre otros (Ojer, 2013).

En la figura 3 se logra demostrar mediante un corte arquitectónico, cómo y dónde se produce o se genera la energía que afecta al confort acústico.

Figura 3. *Ruido de impacto y ruido aéreo*



Nota. La figura muestra ejemplos de los dos tipos de ruido. Ruido de impacto y ruido aéreo. Elaboración propia.

Jara, P. (2015), postula que:

Uno de los principales objetivos del diseño arquitectónico, es proveer al ser humano de espacios confortables y saludables. Entendiéndose por ello, la generación de condiciones ambientales interiores que favorezcan un adecuado confort térmico, visual y acústico. El confort térmico, es una de las áreas de estudio de las ciencias del diseño, cuyo fin es comprender el comportamiento térmico del ser humano, con el objetivo de establecer rangos de confort óptimos, aceptables o placenteros para este. De acuerdo a la literatura, la definición de estos rangos, tiene una alta relación con el clima de un lugar y la respuesta de adaptación de las personas a las temperaturas de dicho clima. El valor establecido para este rango, puede tener un efecto significativo en términos energéticos, económicos y de diseño. Por lo tanto, la comprensión de éste, puede ser una importante herramienta y referencia para arquitectos e ingenieros durante el proceso de diseño. (p. 109).

Cuando de ruido se trata, en la Convención de Estocolmo de 1972 se reconoce al ruido como uno de los emisores de contaminación más agresivos en las ciudades. Ahora bien, el problema que tienen las altas emisiones de ruido y el mal manejo de aislantes acústicos en el diseño de espacios, es que generan consecuencias en la salud de los usuarios, tales como alteraciones auditivas y extra auditivas; estas, afectan funcionamiento de sistemas del cuerpo, como el sistema respiratorio, cardiovascular e incluso el digestivo. Por otro lado, el ruido genera diferentes trastornos de sueño, los cuales traen como consecuencias la irritabilidad, estrés, dolores crónicos de cabeza y en casos graves se pueden presentar episodios de depresión. Como conclusión, se puede establecer que un mal aislamiento acústico promueve la depreciación de la calidad de vida de las personas (Valera, 2021).

En la arquitectura y el diseño, también surge la problemática en torno a las condiciones térmicas ideales para un espacio, en donde se establecen diferentes fenómenos de incidencia y transmisión de calor por parte del sol. El confort térmico, según Adames y Álvarez (2012), es un factor de gran importancia a nivel mundial, debido a que las personas pasan aproximadamente un 80% del tiempo dentro de una edificación, de este modo es apropiado considerar que poder convivir en recintos con un mal diseño térmico que tengan altas o bajas temperaturas, puede afectar la calidad de habitabilidad de los usuarios en términos de salud y productividad.

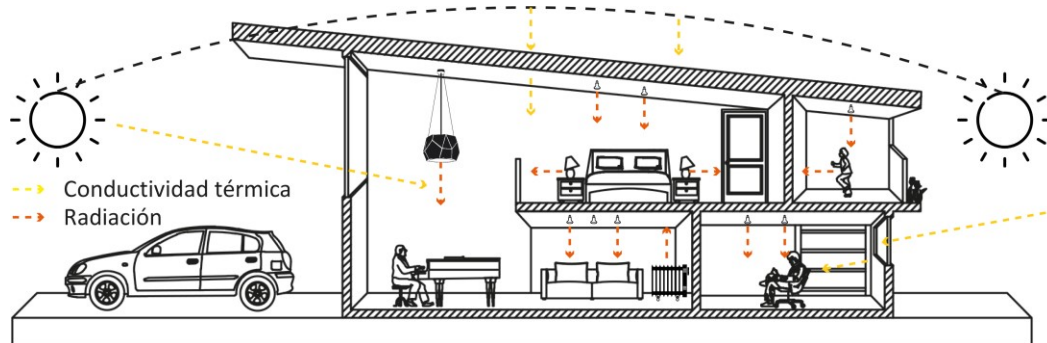
Sin embargo, el confort térmico tiene un alto grado de subjetividad y, además, puede ser afectado por agentes externos tales como: la humedad relativa, la temperatura, la dirección y la velocidad del aire. Así, existen diferentes fenómenos de transmisión de calor, siendo los más comunes:

Conductividad térmica, que se define como la cantidad de energía que se transfiere por medio de un material (Gutiérrez & González, 2012)

Radiación, hace referencia a la energía que es generada por parte de un cuerpo y que luego se transmite a otro (Gutiérrez & González, 2012)

En la figura 4 se logra demostrar mediante un corte, cómo y dónde se produce o se genera la energía que afecta al confort térmico.

Figura 4. Conductividad térmica y radiación



Nota: Elaboración propia.

Por consiguiente, Mónica Herranza, secretaria general de la Asociación de Fabricantes Españoles Lanas Minerales Aislantes [AFELMA], afirma que el ruido es considerado por los expertos como uno de los contaminantes más hostiles (en aspectos de salud) que existen en el entorno, debido a que puede producir alteraciones auditivas como pérdida de audición, además de diversos trastornos psicológicos, como desórdenes de sueño, depresión, alteración de estado de ánimo, entre otros. Asimismo, una edificación que presente patologías en términos de acústica, puede ser devaluada en un 50% de su valor, en donde el costo de mantenimiento y manejo puede llegar a ser muy alto; es por esta razón que se debe pensar desde la fase de diseño, la acústica de una edificación para evitar las problemáticas señaladas anteriormente (Revista Cicconstruccion, 2018)

Ahora bien, las patologías más comunes en las edificaciones surgen en la mayoría de los casos por desinformación, incumplimiento de las normas, o en su defecto por la falta de las mismas, implicando repercusiones a corto, mediano o largo plazo. Según postula Herranz en la Revista Cicconstrucción (2018) “para combatir la contaminación acústica de un inmueble, hay que recurrir al aislamiento o al acondicionamiento acústico. Ambas medidas incrementan la calidad de vida porque evitan el ruido y

protegen la intimidad” (párr. 7); para esto, el material empleado es de gran importancia, ya que este será el encargado de transmitir o aislar la energía, y por este motivo se han usado internacionalmente las lanas minerales como aislantes acústicos y térmicos.

El diseño de un espacio debe cumplir mínimos requerimientos bioclimáticos en aspectos de diseño y funcionalidad, aprovechando recursos naturales disponibles en el medio, donde la materialidad juega un papel fundamental puesto que regula la temperatura de una edificación y reduce los impactos de sonido, ya que permite el aislamiento o el intercambio, según sea el caso, de energía del exterior al interior de la edificación. La importancia de lograr el confort térmico y acústico teniendo en cuenta el diseño y la materialidad, se define a partir de que la temperatura ideal genera espacios adecuados para vivir y trabajar cómodamente; ahora bien, debido a la necesidad de aislar, se han usado diferentes materiales, entre estos, como se ha mencionado anteriormente, los polímeros sintéticos para suplir y/o solucionar esta problemática (Simancas, 2003).

Con base en lo anterior y relacionándolo con la afectación medioambiental, surgen otros modelos y alternativas de diseño como la bioconstrucción, la cual se puede definir como la construcción que respeta y tiene un compromiso con el medio ambiente y además usa eficientemente recursos como la energía y materiales no nocivos para la salud y el medio ambiente, con el fin de buscar una posible solución que logre reducir los impactos medioambientales que la misma industria de la construcción ha generado (Simancas, 2003).

Al hablar de sostenibilidad en la construcción, se hace referencia a varios alcances, teniendo en cuenta la manera en la que se integra la edificación al entorno, en tanto que no sea perjudicial para el medio ambiente y que proporcione condiciones de habitabilidad óptimas para vivir y trabajar.

Con la información obtenida en la tabla 1, se puede demostrar que actualmente en el mercado, los paneles aislantes usados en construcción presentan diversas problemáticas, debido a que la mayoría de ellos están compuestos por materiales que generan un alto impacto ambiental por la energía embebida

de los mismos. Por otro lado, requieren revestimientos, necesitando otro material que lo cubra para poder así obtener un acabado. Además, algunos de ellos son inflamables por lo que no presentan una buena resistencia al fuego.

Tabla 1. *Tipos de paneles aislantes en el mercado.*

PANELES AISLANTES						
PANEL	MATERIAL	USO	MODO DE EMPLEO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	CAPACIDAD
LANAS MINERALES	Fibra de vidrio Lana de roca	Muro, cielo raso bajantes	Se adhiere a la superficie	Capacidad aislante No son inflamables	Requiere revestimiento para acabados	Ruidos aéreos Ruidos de impacto
PANEL ACÚSTICO MULTICAPA	Plomo	Muro, bajante	Relleno Usa revestimiento	Capacidad aislante	Su uso es reducido por contaminación	Insonoras, asilamiento acústico, ruido aéreo
PANEL ACÚSTICO DE MADERA	Madera	Muro	Paneles unidos entre si	Funciona como acabado	Inflamables	Asilamiento acústico
PANEL ACÚSTICO DE CORCHO	Corcho	Cielo raso	Panales unidos entre si	Funciona como acabado	Requiere revestimiento para acabados	Ruidos de impacto
PANEL ACÚSTICO DE ESPUMA	Studio Foam	Muro, cielo raso	Se adhiere a la superficie	Aumentan la difusión del sonido	Requiere revestimiento para acabados	Altos niveles de absorción del sonido
TABLEROS DE TELA ACÚSTICA	Tela acústica	Divisorio	Funciona como cortina	Decorativo y acústico el diseño es variables	No es rígido No es estructural	Ruidos aéreos
ESPUMA DE POLIURETANO	Poliuretano	Muro, cielo raso, piso	Funciona como relleno de cámaras	Capacidad aislante	Requiere revestimiento para acabados	Aislamiento acústico y Aislamiento térmico
PANEL ACÚSTICO ECOLÓGICO	Fibras vegetales Fibra de madera	Muro	Paneles unidos entre si Proporcionan acabado	Reduce impacto ambiental.	No es estructural	Aislamiento acústico y Aislamiento térmico

Nota. La figura muestra ejemplos la conductividad térmica y la radiación. Adaptado de “Todos los tipos de Paneles Acústico” Odello, 2019 (<https://www.panelesacusticos.site/tipos-de-paneles-acusticos/>); “Importancia del aislamiento de los edificios” Ordóñez, 2018 (<https://www.seiscubos.com/blog/la-importancia-relativa-del-aislamiento-termico-de-los-edificios/>); “8 paneles acústicos y sus detalles constructivos” Souza, 2019 (<https://www.archdaily.co/co/920740/8-paneles-acusticos-y-sus-detalles-constructivos>).

Por otro lado, se han realizado varios estudios sobre el manejo del cáñamo en construcción, donde “las características más destacadas de esta fibra son sus propiedades térmicas, ya que tiene una conductividad de 0,041 W/m*k, acústicas, con una absorción del sonido de 0,7, siendo capaz de reducir los consumos energéticos hasta en un 40%” (Rodríguez, 2014, párr. 7). Por consiguiente, el cáñamo se presenta entonces como una **alternativa ecológica** en la construcción, debido a los grandes beneficios que sus fibras proporcionan, ya que cuentan con la capacidad de proveer una edificación neutra que no requiere de un gran gasto energético, puesto que no solo posee propiedades aislantes térmicas y

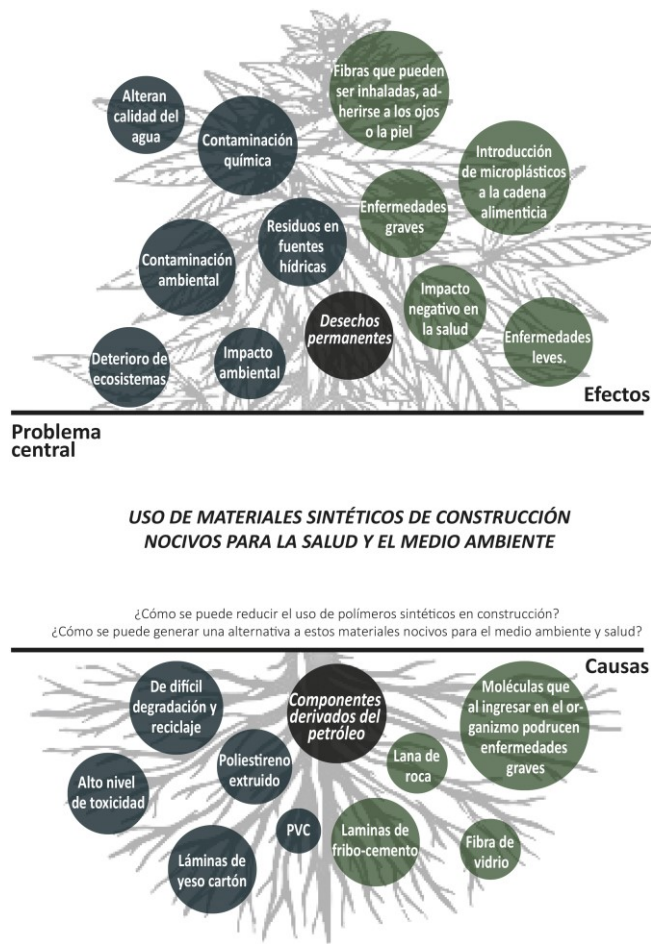
acústicas, sino que a su vez no son inflamables y no lo pueden invadir las plagas debido a que es una fibra que no contiene nutrientes, lo que permite generar implicaciones positivas en el medio ambiente.

Pregunta problema

Con base en lo propuesto en el apartado anterior, este proyecto se plantea la siguiente pregunta:

¿Es posible desarrollar un sistema de paneles aislantes térmicos y acústicos a base de fibra de cáñamo y resina de pino que logre reducir la reflexión del sonido y regular la temperatura en los espacios y que funcione como alternativa al uso de polímeros sintéticos?

Figura 5. Árbol de problemas



Nota. La figura permite identificar a manera de resumen, los efectos y las causas que el uso de polímeros sintéticos genera en el ambiente y en la salud. Elaboración propia.

Justificación

Como se menciona en la descripción del problema del proyecto, y para el correcto desarrollo de la investigación, se tiene en cuenta que uno de los principales inconvenientes que existe en la industria de la construcción, surge a partir de la huella ambiental que la misma genera. A raíz de esto, se han desarrollado diferentes tendencias en la arquitectura con el propósito de mitigar los daños medioambientales y de salud generados por los materiales convencionales de construcción, tales como:

Bioconstrucción

Esta se puede definir como la construcción que respeta y tiene un compromiso con el medio ambiente, la cual usa eficientemente los recursos, la energía y materiales que no son nocivos para la salud y el medio ambiente, con el objetivo de buscar una simplificación del impacto ambiental que la arquitectura y la industria de la construcción generan (Sánchez, 2014)

Arquitectura sostenible

Al hablar de sostenibilidad en la construcción, se hace referencia a varios alcances; entre ellos tener en cuenta la manera en la que se integra la edificación al entorno, que no sea perjudicial para el medio ambiente y que proporcione condiciones de habitabilidad óptimas para vivir y trabajar. Según postula Ramírez, presidente del Consejo de la Construcción Verde de España, se requiere de un cambio de mentalidad en la industria, con el propósito de priorizar la reducción de desechos, extracción y explotación de recursos naturales junto con el gasto energético, fomentando el uso de energías y procesos constructivos renovables y ecológicos (Publicaciones Digitales Técnicas, 2014).

Teniendo en cuenta las tendencias de la arquitectura y con el propósito de **aportar nuevas propuestas**, los criterios para aplicar la sostenibilidad en este proyecto, consisten en la utilización racional de los

recursos naturales, considerando el ciclo de vida de las materias primas usadas para la construcción, aplicando materiales no nocivos con el medio ambiente y con los usuarios.

Las fibras de la planta de cáñamo son reconocidas debido a que son porosas, largas, duraderas y muy suaves, razón por la cual desde diferentes industrias se ha empezado a popularizar su uso, incluyendo a la industria de la construcción, en la cual se ha demostrado que, al emplear estas fibras en una edificación, estas funcionan como un gran aislante térmico y acústico, entre otros grandes beneficios que trae (Brümmer, 2015).

De este modo, la presente investigación busca **brindar bases de exploración** a un modelo y sistema de uso y manejo de la fibra natural de cáñamo, con el fin de seguir la tendencia del uso de materiales ecológicos para la construcción, al diseñar y usar esta fibra en un sistema de **paneles aislantes para interiores**, que requieran de un aislamiento térmico y acústico óptimo, tales como viviendas, oficinas, salas de conferencias, entre otros. Esto, **se propone con el fin de posicionar al cáñamo como material de construcción ecológico** y posible alternativa o sustituto de polímeros sintéticos usados como aislantes.

Ahora bien, teniendo en cuenta que la propuesta de esta investigación busca que los insumos requeridos para la fabricación de los paneles divisorios sean naturales y renovables, se establece el uso de la **resina de pino** como aglutinante, debido a que en diferentes documentos e investigaciones previas a este proyecto, se ha logrado demostrar que este producto forestal funciona bien como material de construcción, ya que su gran capacidad adhesiva permite una capa aislante e incluso impermeable, que favorece su aprovechamiento para su aplicación como aglutinante (Mata et al., 2018).

Figura 6. Justificación



Nota. La figura explica la justificación del proyecto a partir de las dos tendencias más a fines con el mismo. Elaboración propia.

Población objetivo

La población a la que está dirigida esta investigación no es estática ni específica. Sin embargo, la población objetivo en la que se fundamenta este proyecto, es aquella que se moviliza a partir de cualquier persona o sector de construcción y/o bioconstrucción que se encuentre interesado en la temática que acá se brinda y en su correspondiente propuesta. Por este motivo es importante y necesario realizar ensayos y muestras de manera que se logre adaptar el modelo de sistema de paneles a base de cáñamo, que demuestren capacidades aislantes térmicas y acústicas necesarias para una edificación o espacio que así lo requiera.

Hipótesis

La fibra de cáñamo se configura como un material ecológico de construcción, que cuenta con la capacidad y el potencial de ser un componente que brinda soluciones térmicas y acústicas en las edificaciones, como se ha evidenciado en diferentes estudios, análisis y documentos previos a esta investigación. Esta, es una planta con muchas bondades que puede y se está aprovechando en la industria de la construcción, entre las más destacadas se establece que sus fibras porosas funcionan como impermeabilizante y aislante, también cuenta con una alta resistencia al fuego y a la invasión de insectos o roedores, siendo a su vez un material ecológico, biodegradable y reutilizable, que por lo tanto no genera un impacto negativo en el medio ambiente, que es lo que esta propuesta experimental busca encontrar.

Del mismo modo, es pertinente que el aglutinante que se maneje sea natural y renovable, como lo es la resina de pino. Estas condiciones convierten a la propuesta de un sistema de paneles a base de productos naturales, en una **gran alternativa a los materiales sintéticos convencionales** de construcción usados como aislantes, permitiendo así demostrar que la fibra de cáñamo y la resina de pino pueden tener las cualidades y características necesarias para funcionar como sustituto a estos materiales tóxicos, que traen consigo implicaciones positivas para el **desarrollo y avance tecnológico en la construcción**.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un sistema de paneles aislantes termoacústicos divisorios a base de fibra de cáñamo y resina de pino como alternativa ecológica de construcción, aplicado para regular la temperatura y reducir la reflexión del sonido.

Objetivos Específicos

Realizar por medio ensayos de conductividad térmica y sonometría la caracterización térmica, acústica del panel. Con el fin de definir y establecer las especificaciones técnicas del sistema de paneles a base de Cáñamo.

Valorar mediante un estudio comparativo al panel hecho a base de fibra de Cáñamo y resina de pino con las alternativas que ofrece el mercado, logrando así demostrar y justificar la propuesta de sustitución.

Diseñar un sistema de paneles aislantes a base de cáñamo y resina de pino que se adapte eficientemente a las condiciones térmicas, acústicas y espaciales necesarias para igualar y/o superar las propiedades que brindan los paneles a base de polímeros sintéticos.

Elaborar una guía que contenga las especificaciones técnicas del sistema de paneles aislantes a base de Cáñamo y resina de pino, comprendidas por ensamble, anclaje al piso, conexión panel a panel y montaje de puertas o ventanas.

Estado del arte

Antecedentes

Referentes específicos

Para el desarrollo de este proyecto se consultaron varias fuentes de información y referencia, que permitieron entender cómo ha sido el manejo del Cáñamo en la construcción, aportando diferentes perspectivas que amplían la comprensión de esta investigación. De esta manera los escritos previos a esta facilitaron la contextualización de este análisis, permitiendo así escoger aquellos elementos que funcionan para la formulación del problema, justificación y desarrollo general de este documento.

No se tiene documentado quién fue exactamente el que inventó la patente de la mezcla de hormigón de cáñamo, en donde básicamente, se usa la fibra o la paja de cáñamo como conglomerante. Según el arquitecto y urbanista de la Universidad Federal de Santa Catarina de Brasil, Eduardo Souza (2020), en un artículo llamado *Hormigón de cáñamo: De los puentes romanos a un posible material del futuro* de la plataforma de arquitectura ArchDaily, este autor asegura que el uso del cáñamo en la construcción civil no es algo nuevo, pero es una práctica que se discontinuó durante mucho tiempo debido a lo polémica que se convirtió la planta a lo largo de la historia. En el continente europeo, específicamente en Francia, se han encontrado vestigios de puentes construidos a base de hormigón de cáñamo, los cuales datan del siglo VI, según algunos expertos. De esta manera es como se ha podido demostrar que la civilización romana aprovechaba la fibra de cáñamo como refuerzo del mortero en sus construcciones, obteniendo un material duradero, resistente y aislante.

Debido a los grandes resultados que han arrojado diferentes investigaciones, experimentos y muestras que han realizado constructores y profesionales de la industria de la construcción, se ha podido demostrar que esta fibra posee cualidades termoacústicas y sostenibles, indicando que el cáñamo se muestra como una gran alternativa ecológica de construcción.

Sin embargo, es importante mencionar que el rendimiento que tiene el concreto con cáñamo no es el mismo que el del concreto tradicional o el de otros materiales como el acero: “[el cáñamo] tiene una resistencia a la compresión de 2 MPa cuando no supera una densidad de 1000 kg/m², lo que puede compararse con los ladrillos de adobe. **Funciona mejor como elemento limite o divisor** que para levantar muros autoportantes”. (Souza, 2020, párr. 7).

Por otro lado, la mayor desventaja de este material, es que al ser un producto relativamente nuevo, **puede ser más caro que los materiales convencionales, contando con poca mano de obra disponible**. La fibra vegetal de cáñamo no requiere de grandes cantidades de agua para poder crecer, significando que no requiere de riego artificial. El arquitecto Souza (2020) establece que **el proceso de producción del hempcrete** es el siguiente:

Tabla 2. *Proceso de producción hempcrete*

PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL HEMPCRETE			
1.	2.	3.	4.
Después de ser cosechada y cortada, se pone la planta en recipientes llenos de agua durante varios días, para que los tallos se empapen y se llenen y, de este modo, se pueda extraer mejor la fibra o la lana.	Luego, se ponen a secar al aire libre, en donde ya secas pasan por cierta maquinaria que quita el material vegetal y deja solo la fibra, que es lo que se va a usar.	Para crear el denominado hempcrete, se mezcla el cáñamo, con piedra caliza en polvo y agua, obteniendo así una mezcla espesa pero moldeable.	Esta mezcla se deja secar y se petrifica, de manera que se convierte en un bloque ligero pero muy resistente, debido al conglomerante usado.

Nota. La tabla contiene el proceso preparación del cáñamo. Adaptado de “Hormigón de cáñamo: De los puentes romanos a un posible material del futuro” Souza, 2020. (<https://www.archdaily.co/co/944585/hormigon-de-canamo-de-los-puentes-romanos-a-un-posible-material-del-futuro>).

A partir de lo dicho y argumentado por el arquitecto Souza, se puede concluir a modo de resumen, que el hormigón de cáñamo lo empezaron a usar los romanos en sus estructuras, pero esta práctica se discontinuó, probablemente por el uso recreativo que se le empezó a dar y en consecuencia se estableció la prohibición. Sin embargo, en las últimas 2 décadas se han empezado a realizar estudios y prácticas usando esta fibra en diferentes industrias y con diferentes objetivos, para promover su uso. No obstante,

en muchos países todavía es complicado su manejo, debido a que no se ha regulado o legalizado la producción y obtención productos hechos a base del cannabis, de manera que este es el principal motivo por el cual no se implementa su uso a gran escala.

La arquitecta Monika Brümmer (2015), publica un artículo para la revista española *ecoconstrucción*, en la sección de arquitectura sostenible, denominado ***El Cáñamo en la construcción: antecedentes, materiales y técnicas***, en donde explica que el cáñamo es una planta que tiene una gran versatilidad y puede ser aprovechada de muchas y diferentes maneras, como biocombustibles, papel, textil, cosmética natural, alimentación humana y animal, donde el aspecto más relevante para este proyecto de investigación retomado por la autora, se relaciona con las dinámicas de la bioconstrucción.

En este artículo, la arquitecta Brümmer hace una contextualización de la aplicación del cáñamo en la construcción, en el que señala que Francia es el país precursor en la historia moderna de la construcción que usa la fibra de cáñamo, en donde hace poco menos de 20 años, un auto constructor llamado Charles Rasetti rehabilita una vivienda con fibra vegetal de cáñamo. Rasetti buscó una alternativa ligera y aislante, y afortunadamente la encontró en el cáñamo. Esta idea se ha transmitido, en varios países alrededor del empezando a legalizar la variedad industrial del *cannabis sativa* con bajos porcentajes de cannabinoides y tetrahidrocannabinoides, para de este modo poder apuntarse al desarrollo sostenible de manera que se logren **sustituir a los materiales provenientes de recursos fósiles** (Brümmer, 2015).

La arquitecta también expone las ventajas de usar el cáñamo en la construcción y rehabilitación de edificaciones.

Tabla 3. *Ventajas del uso del Cáñamo en construcción*

VENTAJAS DE USAR CÁÑAMO EN CONSTRUCCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ✦ Su cosecha, producción y uso tienen una menor demanda energética. ✦ El Cáñamo es una planta de rápido crecimiento que se puede sustituir por materiales de construcción que no son renovables. ✦ Al ser una planta, su producción contribuye a la reducción de los gases de efecto invernadero. ✦ El tallo se compone de fibra y de paja (cañamiza), ambos adecuados para la construcción. ✦ La cañamiza es una más económica que la fibra. ✦ El Cáñamo posee grandes cualidades de aislamiento térmico, presentando niveles de conductividad térmica baja. ✦ No contiene nutrientes, por lo que no lo afectan los parásitos. Significa que no es necesario tratarlo con químicos. ✦ El mortero vegetal con fibra de Cáñamo es un tema que se investiga mucho en las universidades en el continente europeo, en cuanto a ventajas para el medioambiente, comportamiento térmico, acústico, mecánico y bioclimático. ✦ La arquitecta Monika Brümmer investiga sobre la durabilidad respecto a la variación del clima, interacción del secado, fraguado y reacción hídrica con morteros minerales. ✦ Las posibilidades constructivas con el Cáñamo ofrecen desde bloques y paneles, hasta hormigones y morteros.

Nota. La tabla contiene la información que la arquitecta Brümmer expone en su escrito. Adaptado de “El cáñamo en la construcción, antecedentes, materiales y técnicas” Brümmer, 2015. (<http://www.ecoconstruccion.net/digital-versions/magazines/index.html?id=31>)

Tabla 4 *Ventajas del uso del Cáñamo en rehabilitación de edificaciones*

VENTAJAS DE USAR CÁÑAMO EN EN LA REHABILITACIÓN DE EDIFICACIONES
<ul style="list-style-type: none"> ✦ La variedad no psicoactiva del cannabis es una planta de rápido crecimiento, con el potencial de sustituir a los materiales de construcción no renovables. ✦ Puede ser sembrada en diferentes suelos, climas y altitudes, en comparación a algunos tipos de madera y la guadua. ✦ Cuando se construye con cáñamo, la planta durante su crecimiento absorbe el CO₂ del ambiente, permitiendo que las edificaciones sean neutras.

Nota. La tabla contiene la información que la arquitecta Brümmer expone en su escrito. Adaptado de “El cáñamo en la construcción, antecedentes, materiales y técnicas” Brümmer, 2015. (<http://www.ecoconstruccion.net/digital-versions/magazines/index.html?id=31>).

Del mismo modo, la arquitecta Brümmer expone lo agradable que es para el usuario el uso de esta planta en construcción, debido a que todos los beneficios anteriormente mencionados, demuestran que ofrece una mejor calidad de vida en cuanto a condiciones de habitabilidad. En aspectos bioclimáticos, los materiales de construcción a base de cáñamo tienen la **capacidad de proteger contra la radiación producida por el sol**. Finalmente, en este artículo se relata cómo funciona la bioconstrucción con morteros

de cáñamo, una de las tendencias que se ha usado en el norte de Europa en países como Francia, Inglaterra, Irlanda, Alemania, Suiza, Austria, Escandinavia, entre otros. Sin embargo, en Alemania es en donde más se ha estimado y/o usado el mortero con cáñamo para restauraciones de casas antiguas.

En Alberta, Canadá, el empresario en el ámbito de la construcción de proyectos Mac Radford, fundó una empresa en el año 2014 que lleva como nombre ***Just BioFiber, Structural Solutions Corp***, en la que mediante un sistema de construcción sustentable se busca brindar calidad de vida a menor costo, sin residuos y de fácil y rápida construcción. *Just BioFiber* creó un sistema de construcción patentado basado en bloques estructurales a base de fibra de cáñamo. Radford argumenta que **para el año 2030, muchas ciudades se habrán comprometido a generar cero emisiones de carbono en sus nuevas edificaciones**, sin embargo, los modelos y materiales existentes al momento no cumplen con las características necesarias. Por este motivo, decide crear un método de desarrollo y diseño sostenible regenerativo que si cumpla con esas características, usando materiales locales, sustentables, económicos, de bajo costo en aspectos de obtención y producción y, con un impacto de CO₂ bajo o negativo, con el propósito también de traer o generar beneficios al medio ambiente (Radford & Radford, 2014).

Algunas de las especificaciones del sistema de construcción, certificados y códigos, ciencia del CO₂ y aspectos estructurales que el bloque producido por Just BioFiber, son los siguientes:

Tabla 5. *Especificaciones técnicas de los bloques Just BioFiber*

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS BLOQUES JUST BIOFIBER
✦ Largo: 54,2 cm
✦ Ancho: 27,2 cm
✦ Alto: 20,3 cm
✦ Peso: 13 kg/unidad
✦ Los bloques son muy rentables, debido a que el costo de mano de obra y el tiempo de construcción se reducen
✦ Tienen una gran resistencia a la compresión
✦ Es un gran regulador de temperatura: 0.002 L/s/m ²
✦ Gran regulador de humedad: 23 gm/m ² /mm hg
✦ Retienen calor
✦ Coeficiente de absorción acústica: 0.10-055 NRC
✦ Propiedades acústicas: STC 32-42 dB
✦ Menor tiempo de construcción: 1 hombre 1 m ² / hora
✦ El diseño se adecua a las esquinas de los muros que se intersecan a 90°
✦ Los bloques se pueden cortar con herramientas manuales o eléctricas, diferentes accesorios se fijan con tornillos
✦ Tiene una vida útil de aproximadamente 100 años
✦ Es resistente a insectos y al moho
✦ Estos bloques se hacen con cáñamo y cal
✦ La estructura interna está hecha con “compuestos avanzados” que son resistentes al fuego y ninguno de sus componentes se encuentra en la lista roja de productos tóxicos

Nota. La tabla contiene las especificaciones técnicas que tienen los bloques a base de cáñamo de la compañía Just BioFiber. Adaptado de “Product Specifications, Just BioFiber” Radford, M & Radford, T, s, f. (https://justbiofiber.com/products/product_specifications/).

Tabla 5. *Certificados y códigos que el bloque Just BioFiber cumple*

CERTIFICADOS Y CÓDIGOS QUE EL BLOQUE JUST BIOFIBER CUMPLE
✦ Presentan una gran resistencia al fuego por máximo 2 horas, cumplen la norma ASTM E119, CAN/ULC S101
✦ El bloque no permite que el fuego no se expanda, cumpliendo la norma CAN/ULC-S102
✦ LEED NC 2009-EA p2 Minimum Energy Performance
✦ LEED NC 2009 MR c2, Minimum waste
✦ LEED NC 2009-MR PC 52 53 54 61 63 80
✦ ASHRAE 90.1 2010 exceeds code
✦ ASHRAE 189.1 2014 Green Building standard
✦ IECC 2015

Nota. La tabla contiene los certificados y códigos que el bloque que cumplen los bloques a base de cáñamo de la compañía Just BioFiber. Adaptado de “Certifications Just BioFiber” Radford M & Radford T, s, f. (<https://justbiofiber.com/products/certifications/>).

Tabla 6. *Ciencia del CO₂*

CIENCIA DEL CO ₂
<ul style="list-style-type: none"> ✦ En el cultivo y/o producción de la fibra vegetal, se reducen significativamente los niveles de CO₂ de la atmosfera: 20 toneladas/hectárea. ✦ Una vivienda construida con estos bloques significa que 185 m² construidos con estos bloques, captan aproximadamente 5 toneladas de dióxido de carbono ✦ Una de las propiedades más importantes del bloque, es que este tiene la capacidad de absorber entre 110-130 kg de CO₂/m³ es decir en 32 bloques

Nota. La tabla contiene las ventajas en cuanto a las emisiones de CO₂ respecta en cuanto a la elaboración del bloque. Adaptado de "CO₂ Science Just BioFiber" Radford M & Radford T, s, f. (<https://justbiofiber.com/products/co2-science/>).

Tabla 8. *Aspectos estructurales*

ASPECTOS ESTRUCTURALES
<ul style="list-style-type: none"> ✦ Estos bloques son lo suficientemente fuertes para funcionar como estructura, teniendo varios niveles de altura en la edificación ✦ La energía embebida de estos bloques son la mitad los bloques convencionales

Nota. La tabla contiene los aspectos estructurales de los bloques Just BioFiber. Adaptado de "CO₂ Science Just BioFiber" Radford M & Radford T, s, f. (<https://justbiofiber.com/products/co2-science/>).

Las especificaciones del sistema de construcción, ciencia del CO₂ y aspectos estructurales que el bloque, funcionan como referentes específicos para poder cumplir con el objetivo específico número 4 del proyecto.

Figura 7. *Harmless home*



Nota. Esta figura es una imagen de una vivienda construida con bloques Just BioFiber. Tomado de “Projects | Just BioFiber” Radford M & Radford T, s, f. (<https://justbiofiber.com/projects/>).

La arquitecta Monika Brümmer (2011), adicionalmente realiza una ponencia en el congreso *II Jornades Low Tech, Barcelona*, en la Universidad Politécnica de Cataluña, en el que habla de ***Las Posibilidades y Usos del Cáñamo en construcción***, afirmando que desde la construcción, se pueden reducir las emisiones de carbono que afectan al calentamiento global **contribuyendo al desarrollo sostenible**, de manera que se evite el uso de materiales que requieran un gran consumo de energía en su extracción y producción, tales como el cemento y los **materiales aislantes sintéticos derivados del petróleo**.

De esta manera, la arquitecta Brümmer presenta diversos elementos a base de cáñamo para la construcción que ella ha desarrollado a través de su compañía *Cannabric*, entre los que se encuentran productos secos a base de fibra de Cáñamo, como la fibra suelta, fieltro blando, amortiguador acústico, aislante térmico, y un panel aislante para paredes y cubiertas, que funciona como relleno. Del mismo modo, desarrolla diferentes elementos de construcción basados en fibra de cáñamo peinada, como cuerdas, textiles y/o tapices usados para encofrados y tuberías. Finalmente, expone los materiales de construcción de **cañamiza**, (residuo o desperdicio de la caña del Cáñamo y material usado para el desarrollo de este proyecto), tales como los bloques prefabricados, paja de cáñamo para refuerzos de morteros, tableros de cáñamo para cielorrasos, **muros** e incluso muebles (Brümmer, 2011).

En esta ponencia, la arquitecta Brümmer menciona las propiedades del cannabric, compuesto por cáñamo y tierra, en donde confirma que estos bloques tienen cualidades bioclimáticas ya que tienen la capacidad de regular la humedad ambiental y de este modo, la temperatura ambiente; también protegen contra la radiación solar y son resistentes a parásitos. Se realizaron pruebas de resistencia en las cuales la arquitecta concluye que el cannabric es resistente a la compresión, a la tracción, al fuego y al combustible (Brümmer, 2011).

En cuanto a **inercia térmica**, los bloques de tierra seca, terracota y cáñamo presentan una alta capacidad de almacenamiento de la energía térmica. En aspectos de **conductividad térmica**, nuevamente la cañamiza, la bala de paja y el cannabric son los bloques que menos transfieren calor. Finalmente, respecto a la **transmisión térmica**, los bloques que mejor funcionan como **aislantes térmicos** son la bala de paja y el cannabric.

Tabla 7. Propiedades térmicas de varios bloques de construcción

PROPIEDADES TÉRMICAS DE VARIOS BLOQUES					
BLOQUES	CALOR ESPECIFICO J/G*°K	DENSIDAD KG/M3	INERCIA TÉRMICA KJ/M3*°K	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA W/M*°K	TRANSMISIÓN TÉRMICA W/M2*°K
TIERRA SECA (ADOVE, BTC)	0,89	1800	1062	0,91	2,0
TERRACOTA, LADRILLO MACIZO	0,83	1700	1411	0,96	2,08
CANNABRIC	1,113	1171	1303	0,19	0,57
BTC ALIGERADO CON PAJA	1	1200	1200	0,47	1,23
TERMOARCILLA	0,79	910	719	0,29	0,83
BLOQUE DE HORMIGÓN	0,84	750	630	1,15	2,33
BALA DE PAJA	1,4	250	350	0,1	0,32
CAÑAMIZA	2,109	110	232	0,048	-

Nota. Propiedades térmicas de bloques. Adaptado de “El cáñamo, posibilidades constructivas” Brümmer, 2011, p.14. (https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:N3wAMiQ3O70J:scholar.google.com/+ca%C3%B1amo+en+construccion&hl=es&as_sdt=0,5).

Tabla 8. Comparación entre el cannabric y los bloques convencionales

CUADRO COMPARATIVO DE CANNABRIC CON ALTERNATIVAS DEL MERCADO	
CANNABRIC	BLOQUES CONVENCIONALES
Compuesto de materiales favorables para el medio ambiente (más del 90% de fuentes renovables o de reciclaje)	Utilizado sobre todo recursos no renovables
Bloque no cocido, fabricado con bajo consumo energético	Cocidos o altamente transformados
Bloque secado al aire, que mantiene vivo propiedades bioclimáticas: Regulador natural de temperaturas y humedad ambiental	Por lo menos 10 veces menos transpirables
Conduce a viviendas de poco consumo energético y propiedades acústico-térmico óptimas con mínimo espesor de muros	Bajo confort térmico-acústico, alta necesidad de energía
Sistema monocapa (Satisface en un material todos los requerimientos de un muro) -Ahorro en mano de obra que permite el uso de materiales de alta calidad -Sin necesidad de añadir aislantes térmico-acústicos o cámaras de aire.	Es necesario trabajar en multicapa (añadiendo aislantes) que puede guiar a problemas de condensación
Sistema de muro masivo, apto para diversos climas y grandes diferencias día-noche, toma en consideración diversas características térmicas	Cámaras de aire conducen a muy baja inercia térmica
La larga vida útil de materiales naturales hace las viviendas aprovechables para más de una generación.	Rígidos, pierden propiedades con el tiempo, diseñados para corta vida útil
Fácil reciclable (un material en toda la envolvente), no demasiado rígido, no pensado para construcción vertical) molido puede ser reutilizado en bloques cannabric o morteros aislantes	Diversos materiales de elevada dureza y ditivos químicos: elevados costes de reciclaje para futuras generaciones

Nota. En la tabla es una comparación que la arquitecta Brümmer realiza sobre su propuesta de bloque de cáñamo con los bloques convencionales que ofrece el mercado, argumentando los beneficios y las ventajas que tiene el uso del cannabric en aspectos medio ambientales y funcionales. Adaptado de "El cáñamo, posibilidades constructivas" Brümmer, 2011, p.14. (https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:N3wAMiQ3O70J:scholar.google.com/+ca%C3%B1amo+en+construccion&hl=es&as_sdt=0,5).

Por otro lado, la arquitecta en mención, en su proyecto de grado en la Escuela Superior de Bellas Artes, Berlín, en el año 1996, diseña un bloque a base de Cáñamo y utiliza como aglutinante la tierra, al cual denomina **Cannabric**. Estos bloques se pueden usar en muros de carga monocapa, y asimismo presentan un alto confort térmico, acústico y bioclimático. Además, su producción genera una huella de carbono negativa y también un bajo e incluso nulo consumo de energía en cuanto a refrigeración y calefacción en la edificación. Estos ladrillos inicialmente los diseña para rehabilitar viviendas tradicionales y restaurar edificaciones de arquitectura vernácula, pero al paso del tiempo han sido aprobados para muchas más aplicaciones (Brümmer, 2009).

Figura 8. *Construir con cannabric*



Nota. En la figura se puede ver una construcción con cannabric. Tomado de “El cáñamo, posibilidades constructivas” Brümmer, 2011, p.15. (https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:N3wAMiQ3O70J:scholar.google.com/+ca%C3%B1amo+en+construccion&hl=es&as_sdt=0,5)

Marco Teórico

La propuesta teórica que orienta el desarrollo de esta investigación se fundamenta a través de las tendencias ecológicas de la arquitectura y la bioconstrucción, donde las propuestas que se han postulado con anterioridad frente al uso de la fibra vegetal del cáñamo en construcción a lo largo del tiempo, han alimentado el desarrollo de este proyecto. Es pertinente establecer que las bases teóricas de este proyecto se establecen a partir de la necesidad de reconocer las diferentes **variables de estudio** con las cuales se fundamenta la comprensión del análisis de investigación, como se puede ver en el esquema de variables de la figura 8. A partir de estas variables se toma la decisión de desarrollar metodológicamente el proyecto fundamentado en un marco teórico de fácil comprobación.

Figura 9 Variables del proyecto



Nota. En la figura se establecen las variables del proyecto que se obtiene a partir del estado del arte. Elaboración propia.

Una de las teorías más relevantes para este proyecto, la ofrece la arquitecta Brümmer (2011) en donde justifica su propuesta de construcción con cáñamo argumentando en primer lugar que la industria de la construcción tiene una alta incidencia en las emisiones de carbono, con aproximadamente 57% de contribución, siendo uno de los que más contaminación genera, donde de ese porcentaje, el 47% proviene

del gasto energético generado por aparatos de calefacción, ventilación e iluminación, lo que invita a, buscar soluciones que logren mitigar este impacto dentro de la misma industria. De esta manera es como ella argumenta que ***se deben retomar las técnicas de la construcción tradicional, en las cuales se empleaban materiales naturales y ecológicos, con el fin de volver a construir de manera respetuosa con el medio ambiente y el futuro del mismo.***

A partir de lo anterior, es como se ha generado conciencia por el medio ambiente, promoviendo tendencias que establecen mejoras en cuanto al diseño arquitectónico estratégico, que requieran del menor gasto energético posible, que aprovechen los recursos naturales de su entorno y que usen materiales con una menor demanda energética para así lograr reducir estas cifras. De este modo, Brümmer identifica un problema en la industria y mediante su propuesta del cannabric, plantea una solución, la cual se ha extendido tomando fuerza y credibilidad a través de resultados. Construir como lo hacían nuestros antepasados, de manera práctica y natural, proporcionaba construcciones que armonizaban con el entorno y que además eran funcionales y sanas, sin componentes químicos o tóxicos, sin procesos tediosos de preparación de materiales y, sobre todo sin explotación ni alteración al medio ambiente.

Con base en lo anterior, se tiene en cuenta la propuesta que exponen Radford & Radford (2014), mediante la cual plantean el diseño de bloques ecológicos a base de cáñamo, bajo la premisa de ***crear un material de construcción que logre reducir el impacto medioambiental.***

Lograr una evaluación del ciclo de vida de una edificación es un proceso largo y muy complicado, de manera que estos profesionales han optado por buscar reducir la energía embebida de sus diseños y construcciones mediante la solidificación de materiales ecológicos. Los Radford, en su argumento, deciden establecer ciertos requerimientos a la hora de escoger un material de construcción. Materiales que logren:

Tabla 11. Evaluación del ciclo de vida de una edificación

EVALUACIÓN DE CICLO DE VIDA DE UNA EDIFICACIÓN		
1.	2.	3.
Reducir insumos energéticos: Al escoger la opción de baja energía (procesamiento de extracción, transporte, fabricación).	Reducir las emisiones de CO2: A partir de la selección de materiales naturales ya que absorben dióxido de carbono.	Escoger fuentes de energía renovables: Mediante la selección de productos con procesos de baja emisión de carbono.

Nota. La tabla tiene la información que los creadores del bloque proponen como evaluación del ciclo de vida de una edificación. La tabla 11 se tiene en cuenta para las estrategias del proyecto. Adaptado de "Projects Just BioFiber" Radford M & Radford T, s, f. (<https://justbiofiber.com/projects/>).

Este método reconoce la importancia de promover la innovación en cuanto a materiales ecológicos de construcción se trata, evitando el uso de aquellos materiales convencionales que han generado reacciones contraproducentes, afectando la calidad de vida de muchos ecosistemas.

Es de este modo como Mac y Terry (2010) plantean una solución sustentable mediante muros exteriores a base de cáñamo y cal, argumentando que habían hecho un estudio de caso con este material, frente a su efecto energético de transporte y emisión de carbono, en donde los resultados arrojaron que estos bloques tienen un gran potencial como propuesta para reducir el consumo de energía, promoviendo los materiales de construcción compuestos de fibras vegetales, por la absorción de carbono que estas tienen. El efecto de absorción de carbono que tiene el cáñamo, hace que las emisiones netas de carbono de los muros sean negativas (Radford & Radford, 2014)

Otra teoría que fundamenta el desarrollo de este proyecto, la brinda el arquitecto Eduardo Souza, el considera que ***"gran parte de la falta de estudios técnicos sobre este material se debe a la legislación"*** (Souza, 2020, párr. 8). La falta de estudios experimentales sobre esta planta y/o material, se debe en gran medida a su gran desconocimiento, donde sus usos y variedades han llevado a su condición de prohibición.

Es importante y pertinente reconocer que, mediante investigaciones, análisis, experimentos, pruebas, ensayos, entre otros, se puede promover un cambio y un desarrollo frente a la comprensión del cáñamo en múltiples áreas, con el objetivo de lograr que el cannabis se convierta en un material de construcción

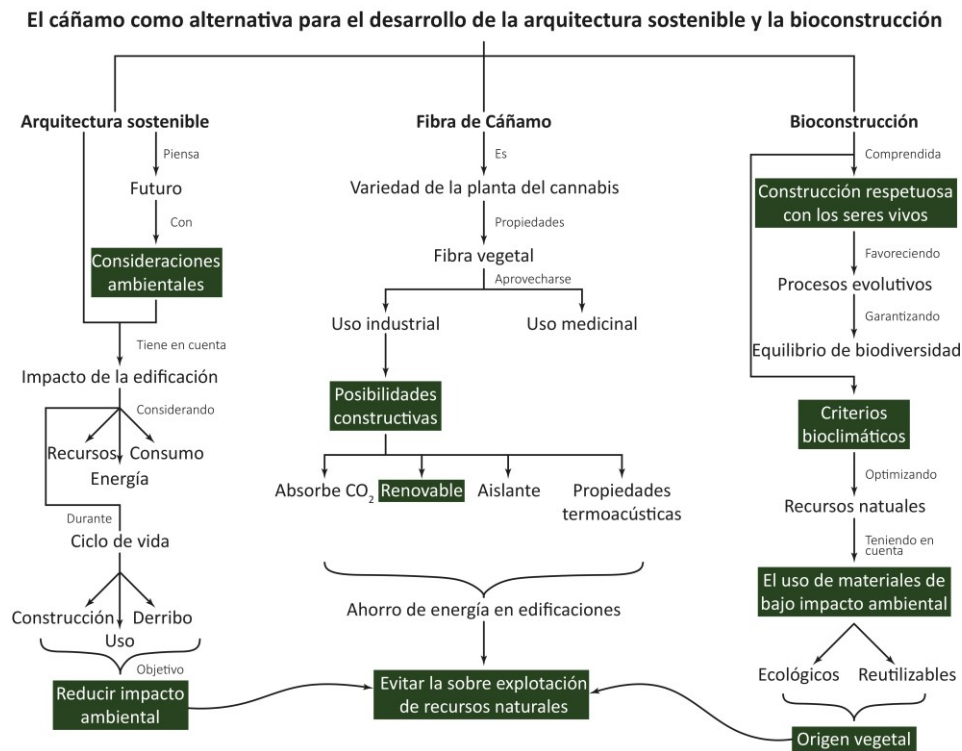
prometedor, más conocido, económico, donde su obtención o comercialización, sea más sencilla que el ejercicio tradicional (Souza, 2020).

Probablemente, una de las variedades más antiguas cultivadas por nuestros antepasados para diferentes usos y propósitos y posteriormente, se convierte en una de las plantas con más tabúes sociales y estigmas a nivel social, producidas principalmente por la legislación, pueda llegar a convertirse en uno de los materiales ecológicos más prácticos y útiles para los diseños arquitectónicos y la construcción del futuro. Para realmente poder lograr esto, se necesitan de bases científicas y estudios al respecto.

Marco Conceptual

En este apartado se encuentran las definiciones de los conceptos más importantes para la fácil interpretación del documento. El mapa conceptual a continuación permite argumentar de manera práctica y precisa, tanto el proceso, como el desarrollo del proyecto de investigación.

Figura 10. Marco conceptual



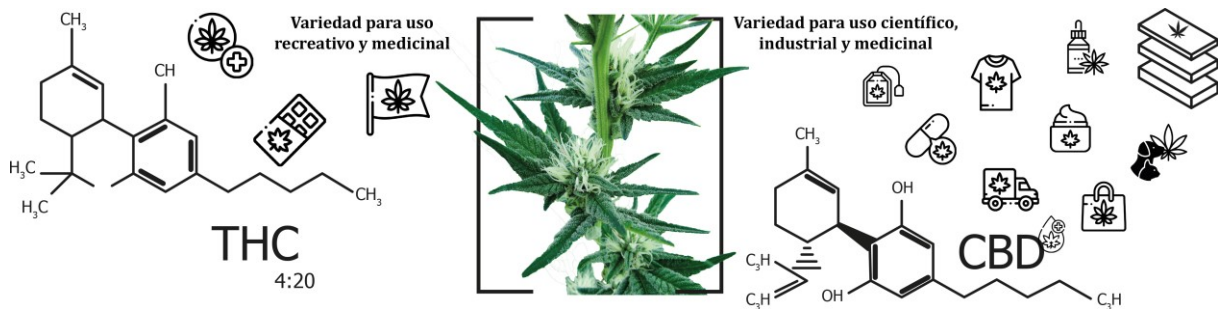
Nota. La figura contiene los 3 principales conceptos del proyecto, explicados con base a la justificación del proyecto. Elaboración propia.

Partiendo tanto de la importancia de establecer y definir los términos que se usan en la investigación, se realiza la recolección de datos e información existente sobre estudios e investigaciones previas realizadas sobre el manejo del cannabis en construcción. La arquitecta Brümmer (2011) en la ponencia que realiza en el *congreso II Jornades Low Tech* en Barcelona España, en la Universidad de Cataluña, en el que habla de *Las Posibilidades y Usos del Cáñamo en construcción*, afirma que el uso de la planta de

Cañamo es tan versátil que incluso podría mitigar varios problemas humanitarios, tales como la alimentación y salud, debido a que los cañamones (semillas de la planta) traen grandes beneficios para la salud, ya que contienen aminoácidos, ácidos grasos y son de fácil digestión.

Es necesario e importante mencionar la diferencia entre la variedad no psicoactiva del cannabis, que es el cáñamo, y la variedad psicoactiva de esta planta. Las dos pertenecen a una misma especie, pero su clasificación y uso es diferente, por lo tanto, cuentan con diferentes características, las cuales se usan para diferentes propósitos. La variedad psicoactiva, tiene altos porcentajes de tetrahidrocannabinol THC, sustancia psicoactiva que se ubica en los tricomas que se encuentran en la flor; por otro lado, el cáñamo contiene cannabinoides, CBD, sin embargo, si presenta porcentajes de THC, pero en bajas cantidades, lo que no genera ningún efecto psicoactivo. El cannabis psicoactivo se usa para fines medicinales y recreativos y el cannabis no psicoactivo, se usa para fines medicinales e industriales (Díaz, 2004).

Figura 10. Variedades del cannabis



Nota. La figura explica de manera gráfica las 2 diferentes variedades de cannabis. Elaboración propia.

Brümmer afirma que el uso del cannabis soluciona problemas de segunda piel (entendida como textiles) y tercera piel (comprendida como material de construcción). Del mismo modo, también considera que la variedad no psicoactiva de la planta del cannabis, es una planta que crece rápidamente, “con una producción de fibra o biomasa/ha 4 veces mayor que en la madera, por lo cual es un medio para combatir

la deforestación. Es capaz de mejorar de suelos y no precisa pesticidas ni herbicidas y todas sus partes son aprovechables por lo cual no hay deshechos” (Brümmer, 2011, P. 1).

Por otro lado, el arquitecto Souza (2020) en su artículo *Hormigón de cáñamo*, considera al cáñamo como un posible material del futuro, proponiendo que tiene un rendimiento múltiple y que puede **reemplazar a los conglomerantes o agregados minerales convencionales**. Una de las grandes características de esta mezcla, es que presenta una gran capacidad termoacústica, donde además tiene la capacidad de almacenar energía y liberarla gradualmente, lo que la hace efectiva para lugares con estaciones o con diversas variaciones de temperatura durante el día y la noche.

Incluso, el material presenta una gran resistencia al fuego y se han realizado varios estudios que consideran al *hempcrete* como un material carbono negativo, lo que significa que además de absorber CO₂ durante el crecimiento de la planta, este sigue absorbiendo carbono aún estando en el material ya construido (Souza, 2020).

El Hash Marihuana & Hemp Museum (2018), considera al cáñamo industrial como una de las fibras más compactas, resistentes, ligeras y suaves; asimismo, postulan que esta es una planta respetuosa con el medio ambiente desde que se descubrió su uso, debido a que gracias a los hilos que empezaron a fabricar y obtener a partir de ella, se empezó a usar como segunda piel y como alternativa a las pieles de animales, ya que “el cáñamo es CO₂ negativo. Es decir: durante su crecimiento la planta absorbe más CO₂ de lo que emite. Así el cáñamo ayuda a reducir el efecto invernadero” (Hash Marihuana & Hemp Museum, 2018, párr. 5).

Otro término importante para definir es la **bioconstrucción**, ya que a partir de ella es que se logra justificar esta tesis. El denominado padre de la bioconstrucción es el bioarquitecto Gernot Minke, quien realizó una ponencia a la que denomina *Cúpula autoportante y bóvedas con balas de paja*, en el III Encuentro de la Red de Construcción con Paja del 2013, en el cual menciona que "la bioconstrucción es construir con materiales naturales, con materiales del lugar, con los conocimientos de la gente y muy

importante con el clima y la topografía, con la situación local. Hay que pensar primero, analizar, antes que diseñar” (Mike (1998), citado en Pereira, 2017, p. 20).

De igual forma, David Hammerstein (2013), considera que “la Bioconstrucción crea hábitats ahorrativos y cómodos aliados con la salud de nuestros cuerpos y del cuerpo de la Tierra” (p. 01).

Como se ha mencionado anteriormente, los materiales de construcción que se usan actualmente están hechos a partir de componentes tóxicos que contienen sustancias nocivas para la salud y para el medio ambiente, siendo este el motivo por el cual la bioconstrucción puede llegar a recuperar y transformar las costumbres antiguas que nuestros antepasados usaban, donde prácticas artesanales ecológicas eran sanas y amigables con el medio ambiente.

Es de este modo como se encuentran dos términos que logran consolidar la intención del proyecto, los cuales son: **la arquitectura y el desarrollo sostenible**. Acosta (2009), considera que la arquitectura y la construcción civil son prácticas que hacen posible el desarrollo socioeconómico de un territorio, y en donde a partir de estos, se han generado impactos negativos en el ambiente debido a la extracción y alteración de recursos y, por lo tanto, en la calidad de habitabilidad de las personas que habitan en este lugar. Cabe señalar que el autor determina como desde la misma industria de la construcción, se debe tener ese imperativo ético que impulse la búsqueda de soluciones a esta problemática ambiental, que se ha causado a lo largo del tiempo.

“El tema de la sostenibilidad de la construcción está directamente relacionado con el de la sostenibilidad de los asentamientos humanos y del medio ambiente, con el objeto de mejorar las condiciones de vida de la gente” (Acosta, 2009, p. 18).

De aquí que, para lograr entender lo que se quiere lograr con el sistema de paneles, sea necesario profundizar en temas de **bioclimática** y todo lo que esto implica. Según Garzón, (2007), la arquitectura tiene varios principios, que son los siguientes:

Tabla 9 Principios de la bioclimática

PRINCIPIOS DE LA BIOCLIMÁTICA		
1.	2.	3.
Mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios desde el punto de vista del control higrotérmico.	Integración del objeto arquitectónico a su contexto.	Incidir en la reducción de la demanda de energía convencional y al aprovechamiento de fuentes energéticas alternativas, como resultado del concepto ecológico que enmarca esta tendencia.

Nota. La tabla contiene los principios que debe cumplir la bioclimática desde su campo de acción. Adaptado de "Arquitectura bioclimática" Garzón, 2007. (https://www.academia.edu/25745836/Arquitectura_bioclimA_tica_Garza3n_Beatriz_CB_).

Como se indicó anteriormente, el diseño arquitectónico debe ser pensado, formulado y encaminado a partir de estos principios, suponiendo varios factores y teniendo en cuenta diferentes condiciones ya sean geográficas o ambientales, procurando una edificación energéticamente eficiente. Según Garzón, (2007) "la arquitectura bioclimática no es otra cosa que la racionalización de lo económico y de todo el proceso constructivo, el cual tiene en cuenta el costo global desde cómo se construyen los materiales, su transporte e incluso, su coste ambiental cuando acabe su vida útil y deban volver a la naturaleza" (p. 16).

Es importante esclarecer que la buena arquitectura es bioclimática, donde para poder conseguir esto se requiere de varios factores, tales como el aislamiento térmico y acústico para lograr de este modo el confort termoacústico en los diferentes espacios. En cuanto al **aislamiento acústico** en construcción, Rougeron (1977) explica que para poder aislar acústicamente se debe crear una barrera que evite la propagación del ruido entre dos diferentes espacios, mediante un material que tenga un alto porcentaje de absorción del sonido; para esto, existen varios métodos tales como cerramientos y dobles cerramientos, cámaras de aire, paramentos, entre otros.

Hay existencia además de diferentes fenómenos generados por el sonido; a continuación, se explican brevemente los que más importancia tienen para el correcto desarrollo de la investigación.

Difracción Se llama fenómeno de difracción cuando las ondas de un sonido viajan y se encuentran directamente con un obstáculo que impide la propagación de estas ondas, disminuyendo su capacidad y/o energía. (Rougeron, 1977).

Reflexión y transmisión Cuando las ondas sonoras de un ruido se encuentran con un obstáculo, especialmente con un muro que no es absorbente, algunas ondas son reflejadas por este obstáculo y otra parte a traviesa el mismo, se le llama onda transmitida. (Rougeron, 1977).

Absorción Este coeficiente, lo obtienen los materiales de construcción y se define por: Energía absorbida / energía incidente. Lo que significa que cuando un obstáculo, especialmente un muro entra en contacto con una onda acústica, este tiene la capacidad de absorber las ondas, de manera que se pueda conservar la energía acústica en el material. (Rougeron, 1977).

Reverberación El fenómeno de *reverberación en la sala* sucede cuando se genera un ruido en un espacio cerrado y las ondas se reflejan sobre los muros, encerrando el sonido durante un tiempo, hasta que la energía decrece y la intensidad de la misma disminuye. (Rougeron, 1977).

Ahora bien, en cuanto al **aislamiento térmico**, Rougeron (1977) considera que para que exista un aislamiento térmico, el material debe resistir la transmisión de calor de un espacio a otro.

Existen diferentes fenómenos generados por la energía calorífica y, a continuación, se explican brevemente los que presentan más importancia en este proyecto.

Calor específico Es la cantidad de energía calorífica necesaria para elevar 1° C la temperatura de 1 KG de un cuerpo y para poder brindar calor a un cuerpo, es necesario exponerlo principalmente a la energía solar, a esto se le denomina: **Cantidad de calor**. (Rougeron, 1977).

Flujo de calor: Existen 3 diferentes mecanismos de transmisión del calor, entre estos se encuentra el flujo de calor, el cual es la cantidad de energía calorífica que se intercambia o se transmite. (Rougeron, 1977).

Poder absorbente: El poder o capacidad de absorción de un cuerpo se relaciona entre la energía absorbida y la energía incidente. (Rougeron, 1977).

Conducción: Cuando la energía se propaga debido a un contacto, la parte que se transmite es denominada como conductibilidad eléctrica. (Rougeron, 1977).

Resistencia térmica: Como bien su nombre lo indica, es la resistencia que tiene un cuerpo a la conducción o al paso de calor de un espacio a otro. (Rougeron, 1977).

Sin embargo, la **materialidad** indiscutiblemente juega un papel importante cuando de aislamiento se trata, por ejemplo, se encuentran:

Materiales absorbentes: Estos materiales funcionan para la corrección térmica y acústica, en donde en lugar de reflejar la onda sonora que incide en un material, absorbe gran parte o la totalidad de la energía que se transmite. Esta capacidad se logra a partir de fibras minerales o vegetales. (Rougeron, 1977).

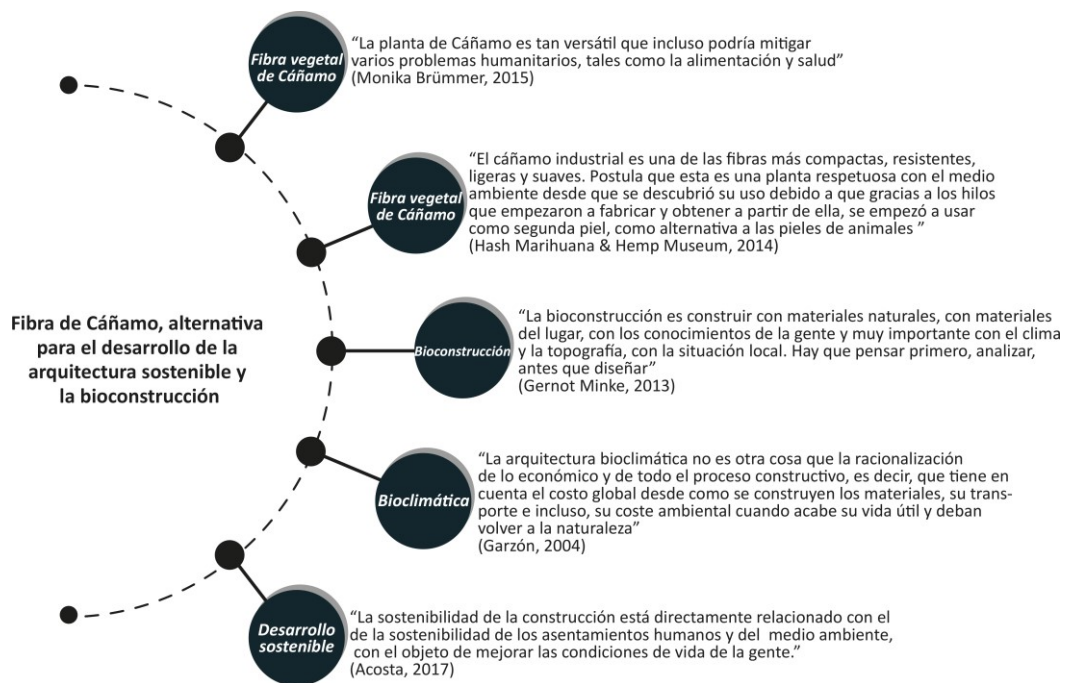
Materiales aislantes: Principalmente, como propiedades específicas de este tipo de materiales, un material aislante tiene la función de ser, como su nombre lo indica, aislante tanto térmico como acústico. Esto se refiere a que el material aislante deberá ofrecer un gran porcentaje de resistencia a la transmisión de calor, y poseer un alto coeficiente de absorción del sonido. Del mismo modo, se exigen cualidades complementarias, de las cuales las principales son: Incombustibilidad, resistencia mecánica, material no corrosivo, resistencia a diversos agentes destructivos, tales como la humedad y la oxidación, estético, si el material queda a la vista o se usa como acabado. (Rougeron, 1977).

Dos de las características más importantes que deben cumplir los materiales aislantes, son la **conductividad térmica** y el **coeficiente de absorción**. La primera se define como la capacidad de resistencia térmica que tiene un material para oponerse al paso de calor (Hernández, 2014). La segunda se dispone como la capacidad que tiene un material de absorber las ondas sonoras para disminuir la reflexión del sonido, conocido coloquialmente como eco (Sastrón, 2017).

Muro divisorio: Según la NSR-10 Capítulo E Viviendas de 1 y 2 pisos, la función básica de estos muros es separar o aislar espacios, de este modo debe presentar características de aislamiento térmico y acústico. Los muros divisorios no tienen ninguna función estructural, por lo tanto, no deben llevar ninguna carga más que su propio peso, deben estar sujetos de piso a techo, es decir que deben sostenerse por sí mismos, con el fin de evitar su colapso o caída en caso de un siniestro. (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente [NSR-10], Tít. E.5.1, 2010).

En la siguiente figura se puede ver a manera de resumen las opiniones de expertos y especialistas sobre los conceptos más importantes que se tienen en cuenta para el correcto desarrollo de la investigación.

Figura 11 Marco conceptual N° 2



Nota. La figura contiene los conceptos más importantes para el desarrollo de este proyecto, explicados por arquitectos especialistas en cáñamo, en bioconstrucción y bioclimática. Adaptado de "El cáñamo en la construcción, antecedentes, materiales y técnicas" Brümmer, 2015. (<http://www.ecoconstruccion.net/revistas>); "Cultivo de cáñamo. Las fibras más resistentes que se conocen" Hash Marihuana & Hemp Museum, 2014. (<https://hashmuseum.com/es/coleccion/cultivo-de-canamo/>); "La bioconstrucción como alternativa de recuperación de la arquitectura tradicional en las edificaciones del distrito de Muquiyauyo-Jauja" Pereira, 2017. (<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/3412>); "Arquitectura bioclimática" Garzón, 2007. (https://www.academia.edu/25745836/Arquitectura_bioclimA_tica_Garza3n_Beatriz_CB); "Arquitectura y construcción sostenibles: Conceptos, Problemas Y Estrategias" Acosta, 2009. (<https://revistas.uniandes.edu.co/doi/abs/10.18389/dearq4.2009.02>)

Marco contextual

Como bien se explica en la sección de *población objetivo*, este proyecto no se encuentra delimitado por un lugar o población específica. De este modo se establece que el lugar o espacio en el cual se podría usar el sistema de paneles aislantes a base de fibra natural de cáñamo, se define a partir de las cualidades y capacidades que se logren establecer mediante las herramientas experimentales que se realicen en el proyecto de investigación. Las capacidades térmicas y acústicas que logren los paneles, serán las que logren definir el lugar apropiado para ser usados y/o instalados.

Sin embargo, en aspectos de ubicación, se tiene proyectado que el sistema de paneles aislantes funcione adecuadamente en recintos tales como muros divisorios en viviendas. Los espacios deben cumplir con un mínimo porcentaje de aislación acústica, como se puede ver a continuación.

Tabla 13. *Mínimo de aislamiento acústico en viviendas*

AISLAMIENTO ACÚSTICO EN VIVIENDAS				
MUROS	RUIDO EXTERNO	NIVEL DE RUIDO EXTERIOR	NIVEL DE TOLERANCIA (DB)	AISLACIÓN NECESARIA (DB)
DIVISORIO INTERNO	Cocina/Baño/Lavadero	49	35	14
DIVISORIO INTERNO	Dormitorio	35	35	25
DIVISORIO INTERNO	Estar - Comedor	45	25	20
DIVISORIO INTERNO	Baño	49	25	24

Nota. La tabla contiene los niveles de aislamiento que debe se deberían cumplir en una vivienda. Adaptado de “Análisis comparativo de los materiales aislantes de la construcción de aplicación en el NEA según criterios de sustentabilidad” Briones & Jacobo, 2018. (<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71330>).

No obstante, esta investigación experimental pretende a modo de aspiración, que el sistema de paneles logre funcionar de manera óptima en espacios que requieren de un gran aislamiento térmico y acústico, como lo son las salas de estudio, las salas de lectura, las salas de juegos, entre otras. Sin embargo, esto solo podrá ser comprobado con los ensayos propuestos en el diseño metodológico del proyecto y con el análisis de resultados de los mismos.

Figura 12. *Imaginario del uso del sistema de paneles a base de Cáñamo.*



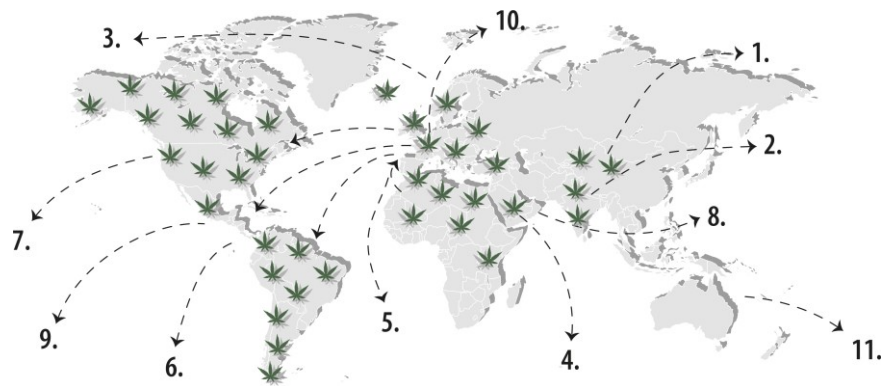
Nota. La imagen muestra un imaginario de cómo se implementaría el sistema de paneles en una sala de estudio. Elaboración propia.

Marco Referencial

Enfoque Histórico

En este apartado se encuentran los hechos históricos más importantes que involucran al cannabis en cuanto a su descubrimiento, usos, su prohibición y la actual regulación en diferentes países.

Figura 13 Recorrido de la planta del cannabis a lo largo del tiempo.



Nota. La imagen muestra a manera de secuencia como se fue extendiendo la planta de cannabis, pasando por sus primeros usos como medicinal, recreativo, para rituales, entre otros, hasta llegar a su prohibición y regulación. Adaptado de Marihuana – Marihuana: Historia, mitos y respuestas | Reportaje | Código Nuevo, 2018. (<https://www.youtube.com/watch?v=mjm3x16nkQQ&t=0s>)

1. La mención documentada más antigua del Cannabis. (2727 a.C). Se hace por parte de Shennong, un emperador chino, en donde menciona el uso de la planta para tratar diferentes enfermedades.

2. Primer uso religioso. En la India y en Nepal, se manera la planta del cannabis para preparar una bebida llamada Bhang, asociada a Lord Shiva.

3. Llegada de la planta al Norte de Europa (500 a. C). Este acontecimiento se logra a partir de un pueblo nómada llamado Escitas.

4. Llegada de la planta a Oriente Medio y al Norte de África. Los grupos nómadas fueron los encargados de extender la planta y sus usos a estos países.

5. Llegada de la planta al Sur de Europa. Desde el Norte de África, llegan semillas del cannabis al Sur de Europa

6. Llegada de la planta a las Américas. (XVI). Los colonizadores fueron quienes transportan la planta a los países del Atlántico.

7. Llegada de la planta a Norte América. Desde Inglaterra llegan las plantas de cannabis a Norte América, en donde se empieza a cultivar en grandes cantidades.

8. Primer uso recreativo documentado. Invención del Hachís. (1000). Los musulmanes inventan la pasta de resina de cannabis, usándola como sustituto al alcohol, debido a que el Corán lo prohíbe.

9. Prohibición de la planta. (1937). Después de la revolución mexicana, se populariza el uso de esta planta con fines recreativos, debido a que se pensaba que el cannabis volvía a la gente violenta.

10. Restauración de la Maison de la Turque en Francia. (1986). El constructor Charles Rasetti restaura una vivienda usando hempcrete.

11. Legalización y regulación de la planta. (2012). A pesar del perjuicio social que tiene la planta, se ha empezado a difundir y extender el uso de esta planta y sus diferentes variedades.

Las fibras porosas de la corteza de la planta de cannabis, la convierten en las fibras más resistentes que se conocen, es por esto que el cultivo agrícola del cáñamo industrial es uno de los más antiguos (Hash Marihuana & Hemp Museum, 2014).

Los arqueólogos han encontrado en la antigua Mesopotamia (lo que hoy se conoce como Irak e Irán), telas y materiales tejidos hechos a base de cáñamo que datan aproximadamente del 8.000 a.C. En China, se ha documentado el consumo de sus semillas y la extracción de aceites de cáñamo, alrededor del año 6.000 y 4.000 a. C. Cuando la planta llega a Europa, esta se usa para la industria de la construcción naval y algunas de las pinturas de Rembrandt y Vincent Van Gogh, son lienzos hechos con cáñamo (Souza, 2020).

Incluso, según Hash Marihuana & Hemp Museum (2018), se dice que:

Después de todo, las velas y las cuerdas de sus tres naves estaban hechas de fibras de cáñamo.

Los huecos entre las tablas del casco del navío se rellenaban con fibras de cáñamo para hacerlo impermeable. Ninguna otra fibra natural puede resistir la fuerza del océano abierto y el desgaste

del agua salada. Incluso la bodega de la nao insignia, la Santa María, estaba llena de semillas de cáñamo. No solo servía como comida rica en proteínas para la tripulación, sino que también la llevó consigo para el cultivo de cáñamo en tierras lejanas. Las lámparas usaban aceite de cáñamo para que Colón pudiera leer su Biblia, impresa en papel de cáñamo. En resumen, el cáñamo fue indispensable para la travesía de siete meses de Colón. (Párr. 4)

A partir de lo mencionado anteriormente, se puede inferir que Colón fue quien introdujo la planta al territorio de las Américas, puesto que las primeras prendas de vestir se elaboraron a base de fibra de cáñamo, remplazando las prendas que se obtenían con pieles de procedencia animal.

La historia de esta planta se puede corroborar en las ilustraciones de los siglos pasados, mayormente en Europa del Este, en donde la siguiente imagen dan testimonio de lo laborioso que era el proceso del cáñamo para las familias en la vida rural en la época. El procesamiento del cáñamo se ha mantenido de la misma forma durante mucho tiempo. Primero se recoge la cosecha, se retiran todas las hojas, flores y semillas, dejando únicamente el tallo, el cual se deja al aire libre y expuesto al sol, de manera que se seque y de este modo obtener las fibras. Después de esto, se agraman las fibras, esto significa terminar de separar la fibra de la corteza de la planta y se hace mediante golpes repetitivos, tal como se puede ver en la figura 14. (Hash Marihuana & Hemp Museum, 2014).

Figura 14. Imagen de procesamiento de Cáñamo en el siglo XIX



Nota. La imagen muestra como una familia campesina procesaba el cáñamo en el siglo pasado. Tomado de: "Historia del cáñamo" Hash Marihuana & Hemp Museum, 2014. (<https://hashmuseum.com/es/coleccion/historia-del-canamo>).

Enfoque Normativo

En este apartado se expone la normatividad técnica y jurídica, comprendida por leyes, decretos, resoluciones y normas, respecto al manejo de la variedad no psicoactiva del cannabis en Colombia y al ruido de las construcciones a nivel nacional e internacional. Para iniciar es necesario mencionar que Souza, E. (2020) argumenta que

La misma prohibición de la droga a menudo se aplica a las plantas que no se utilizarían de forma recreativa. Gradualmente, países de todo el mundo han estado reconsiderando estas prohibiciones, y algunos países han permitido el cultivo legal de plantas de cannabis para uso medicinal e incluso recreativo. Actualmente, el mayor productor de cáñamo del mundo es China, que produce más del 70% del total mundial. Sin embargo, otros países también son relevantes para la producción mundial de cáñamo. (Párr. 8).

Colombia, lamentablemente es altamente conocida por sus problemas de narcotráfico. Con la intención de mitigar este problema, en el año 1994 en el gobierno de Ernesto Samper, se despenalizó la posesión y el uso personal del cannabis en el territorio nacional. En el año 2012, en el gobierno de Juan Manuel Santos, se establece una ley en la cual no se procesará a una persona, si esta se encuentra con 20 gramos de cannabis recreativa. Esto en caso tal que esta cantidad se encuentre en su vivienda, el uso público para este año seguía siendo ilegal. En el año 2015, el mismo gobierno, legaliza el uso medicinal, con la premisa de introducir a Colombia en *el grupo de países que usan lo natural para enfrentar enfermedades*, argumentando que la legalización va a sacar o por lo menos mitigar la producción en manos de narcotraficantes, despenalizando el autocultivo y estipulando que se puede cultivar hasta 20 plantas para uso personal (BBC News, 2015).

Sin embargo, todos estos esfuerzos de reglamentar el uso y consumo se vieron afectados en cuanto el actual presidente, Iván Duque Márquez, en el año 2018 cambia las leyes del uso y manejo de la planta y

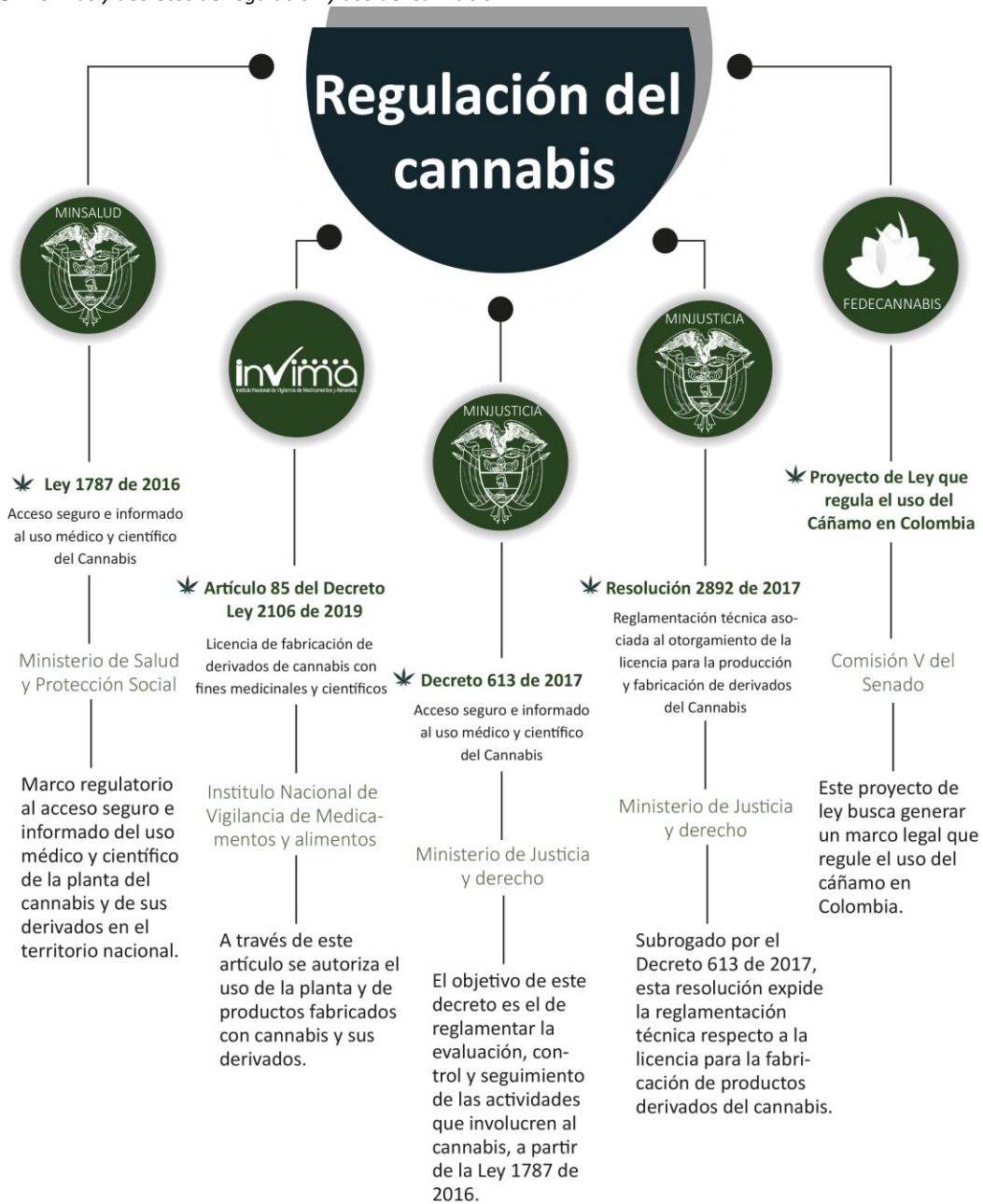
las vuelve más estrictas bajo la premisa de un alarmante aumento en abuso de sustancias en los hogares. El decreto que firma prácticamente permite a la policía confiscar la más mínima dosis de cannabis, incluso si el uso es medicinal, que se supone, es permitido y legal (France 24, 2018).

Ahora bien, de acuerdo a la industria del cáñamo en Colombia, el clima, la topografía y la altitud favorecen notablemente el cultivo, convirtiendo al cáñamo en un potencial activo en el mercado colombiano para exportación. Es por este motivo que científicos, expertos y profesionales de varias áreas e industrias realizan estudios sobre la planta con el fin de presionar para legalizar.

Colombia desde entonces, ha buscado la manera de remover lo ilegal mediante lo legal, esto quiere decir que, a partir de las empresas legales, se erradican los grupos ilegal dedicados al tráfico de esta planta. Las ventajas que Colombia tiene para lograr se el distribuidor mundial del cannabis medicinal, es que ya es reconocida su calidad, el clima y la topografía ideales, la convierten en un lugar óptimo para su cultivo. (Casa Editorial El Tiempo, 2018).

Normas de regulación y manejo del cannabis y sus derivados en territorio nacional

Figura 15. Normas y decretos de regulación y uso del cannabis



Nota. En la figura se encuentran los decretos y normas y regulación del cannabis de más importancia para el correcto desarrollo de este proyecto. Adaptado de “Ley 1787 de 2016” Ministerio de Salud y Protección Social, 2017. (http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1787_2016.html); “Artículo 85 del Decreto Ley 2106 de 2019” Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos, 2019. (<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=103352>); “Decreto 613 de 2017 Nivel Nacional” presidente de La República de Colombia, 2017. (<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=68783&dt=S>); “Resolución 2892 de 2018” Ministerio de Salud y protección social, 2017. (<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=70648>); “Proyecto de Ley que regula el uso del cáñamo en Colombia” Comisión V del Senado, 2020. (<https://www.camara.gov.co/uso-industrial-del-canamo>).

Resolución 1478 de 2006 – Se expiden las normas para el control, seguimiento y vigilancia del uso de sustancias sometidas a fiscalización. (Res. 1478, 2006).

Ley 1787 de 2016 – “Acceso seguro e informado al uso médico y científico del Cannabis”. El artículo 1 de esta ley es el marco regulatorio al acceso seguro e informado del uso médico y científico de la planta del cannabis y de sus derivados en el territorio nacional. Esta ley comprende toda la planta del cannabis y sus derivados, ya sean psicoactivos o no. El párrafo 2° confirma que es el Ministerio de Salud y Protección Social, Ministerio de Justicia y del Derecho y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, son los encargados de reglamentar el uso médico y científico de esta planta. El párrafo 4° dice que el gobierno a través de COLCIENCIAS (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnológica e Innovación, promueve la transferencia tecnológica que sea necesaria para producir cannabis y sus derivados con fines medicinales y científicos (L. 1787, art. 1, 2016).

Es de gran importancia destacar que desde que se logró expedir esta normativa por parte del Gobierno Nacional, se ha potenciado el cultivo y la comercialización (Diario La República, 2019).

Decreto 613 de 2017 – “Acceso seguro e informado al uso médico y científico del Cannabis”. El objetivo de este decreto es el de reglamentar la evaluación, control y seguimiento de las actividades mencionadas en el Artículo 85, a partir de la Ley 1787 de 2016. La población a la que va dirigida este decreto es a todas aquellas personas naturales y jurídicas, con nacionalidad colombiana o extranjera que deseen realizar alguna de las actividades en el territorio nacional. El ministerio encargado de este decreto es el Ministerio de Salud y Protección Social. (Dec. 613, art 85, 2017).

Resolución 2891 de 2017 – Por la cual se establece el manual de tarifas de evaluación y seguimiento a las licencias de fabricación y derivados de cannabis para uso medicinal y científico. (Res. 2891, 2017).

Resolución 2892 de 2017 – “Reglamentación técnica asociada al otorgamiento de la licencia para la producción y fabricación de derivados del Cannabis”. Subrogado por el Decreto 613 de 2017, esta

resolución expide la reglamentación técnica respecto a la licencia para la fabricación de productos derivados del cannabis. (Res. 2892, 2017).

Resolución 0579 de 2017 – “Criterio y definición de los pequeños y medianos cultivadores, productores y comercializadores nacionales de cannabis medicinal”. (Res. 0579, 2017).

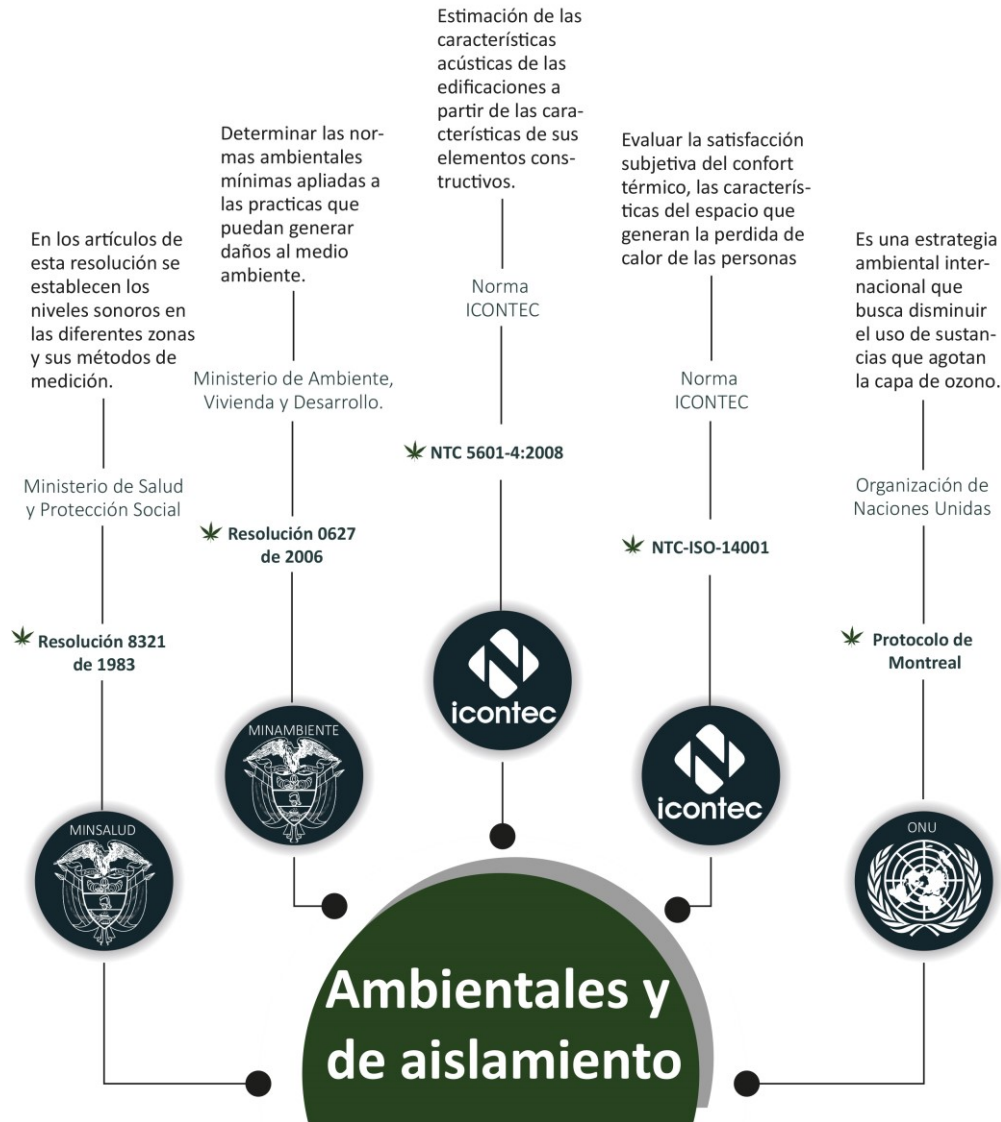
Acuerdo N° 1 de 2017 – “Reglamento de operación de la Comisión técnica para el proceso de cumplimiento de la reglamentación sobre el uso médico y científico del cannabis”. (Acuerdo 1, art. 1, 2017).

Decreto 2106 de 2019, Artículo 85 – “Licencia de fabricación de derivados de cannabis con fines medicinales y científicos”. El gobierno por medio del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos, INVIMA autoriza a través de este artículo, la importación, exportación, almacenamiento, producción, fabricación, transporte, adquisición, comercialización y uso de la planta y de productos fabricados con cannabis y sus derivados. (Dec. 2106, art 85, 2019).

Proyecto de ley que regula el uso del Cáñamo en Colombia - La Federación de Cannabis en Colombia, Fedecannabis, fue la encargada de socializar la idea de diseñar un proyecto de ley que regule el uso del cáñamo a los diferentes Ministerios como Agricultura, Justicia, Comercio, Industria, entre otros. Sin embargo, la Comisión V del Senado es la entidad encargada de que este proyecto de ley se haga realidad, permitiendo impulsar a la economía, especialmente del sector agroindustrial y facilitar los trámites que actualmente se deben realizar (Proyecto de Ley que regula el uso del Cáñamo en Colombia se encuentra en manos de la Comisión V del Senado – Confidencial Colombia, 2020).

Normas de aislamiento acústico

Figura 16. Normas y decretos de manejo de aislamiento en edificaciones



Nota. En la figura se encuentran los decretos y normas del correcto manejo del aislamiento acústico y térmico necesarios para las edificaciones. Adaptado de “Resolución 8321 de 1983” Ministerio de Salud y Protección Social, 2006. (<https://www.habitatbogota.gov.co/resolucion-0627-de-2006#:~:text=Descripci%C3%B3n%3A,Marco%20Legal%20de%20la%20Entidad>); “Resolución 0627 de 2006” Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2006. (<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=19982>); “Norma Técnica Colombiana 5601-04:2008” Norma ICONTEC, 2008. (<https://www.icontec.org/rules/acustica-de-la-edificacion-estimacion-de-las-caracteristicas-acusticas-de-las-edificaciones-a-partir-de-las-caracteristicas-de-sus-elementos-parte-4-transmision-del-ruído-interior-al-exterior/>); “Norma Técnica Colombiana ISO 14001:2015” Norma ICONTEC, 2015. (<https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>); “Protocolo de Montreal” Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2014. (<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development/environment-and-natural-capital/montreal-protocol.html>).

Resolución 8321 de 1983 – El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, es el encargado de determinar las normas ambientales mínimas aplicadas a las prácticas que puedan generar daños al medio ambiente, con el objetivo de controlar la contaminación auditiva en el territorio nacional. (Res 0627, 2006).

Norma ISO 10534 – “Determinación del coeficiente de Absorción Acústica y de la Impedancia acústica en tubos de impedancia”. Esta norma establece que para que un material pueda ser considerado como aislante acústico, debe tener un coeficiente de absorción superior a 60 decibelios en una frecuencia con un rango entre 500 y 1000 Hz. "(International Organization for Standardization [ISO] 10534, 2, UNE-EN ISO 10534-2:2002, 1998)".

Normas de aislamiento térmico

NTC-ISO-14001 - Esta norma es la encargada de evaluar la satisfacción subjetiva del confort térmico, las características del espacio que generan la pérdida de calor de las personas, estableciendo que al menos el 80% de los habitantes de un espacio se deberán encontrar en condiciones térmicas aceptables. (Norma Técnica Colombiana [NTC], NTC-ISO-14001, 1, 1, 2015)

ISO/TC 43/SC 2/WG 32- “Determinación de los parámetros acústicos de los materiales”. (International Organization for Standardization [ISO] TC 43, 1, Building acoustics, 1984)

Acuerdo ambiental internacional

Se exponen a continuación algunos acuerdos ambientales internacionales que logran argumentar la justificación de este proyecto.

Protocolo de Montreal Este surge como una estrategia ambiental internacional que el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD] funda en el año 1987, que busca disminuir el uso de

sustancias que agotan la capa de ozono SAO. Tal y como lo menciona el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2016).

El PNUD (2016) postula que

Por medio del Protocolo de Montreal, los más de 196 países firmantes están logrando con éxito, reducir y eliminar el uso de SAO en sectores tan dispares como el de refrigeración, protección contra incendios, **fabricación de espumas aislantes**, procesos industriales que usan disolventes o cultivo de ciertos productos agrícolas. (Párr. 2).

Sin embargo, en Colombia este protocolo entra en vigor hasta el 06 de marzo del 1994, al ser un país extractor de petróleo y consumidor de sus derivados. Para el PNUD (s, f). “El desafío es desarrollar/seleccionar alternativas (principalmente en refrigeración, aire acondicionado y productos de espuma) que también sean amigables con el clima” (Párr. 1).

Norma de construcción sismo resistente:

Norma NSR-10 Título A – Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente

A.1.3.13 Construcción responsable ambientalmente - Este título establece que las construcciones que se planeen dentro del territorio nacional deben obligatoriamente cumplir con la legislación y reglamentación con respecto al uso responsable en el ámbito medio ambiental de materiales y procedimientos constructivos que no generen deterioro en el medio, ni mucho menos vulneren la renovación y disponibilidad de los materiales. Este apartado también aclara que esta responsabilidad debe generarse y aplicarse tanto en la etapa de planteamiento y diseño como en la etapa de construcción (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente [NSR-10], Tít. A.5.1, 2010).

Normas de ensayos de laboratorio:

Prueba de compresión ASTM D695 – Este ensayo se usa para determinar el módulo de elasticidad, resistencia a la fluencia y la compresión de un material. (ASTM, 2017).

Prueba de tracción ASTM D3039 – Este es un estándar de prueba de tracción que funciona para determinar las propiedades los materiales compuestos ligeros, con la excepción de que solo aplica para materiales que estén reforzados por fibras. Esta prueba se lleva a cabo con el uso de una máquina de prueba de tracción, también llamada universal, la cual funciona para medir la resistencia a tracción y tensión de rotura o deformación del material. (ASTM, 2019).

Ensayos de reacción al fuego UNE 13823 – Ensayo de reacción al fuego para productos de construcción. El ensayo consiste generar un foco de incendio en el que se registra el índice de crecimiento del incendio, calor desprendido, índice de humo, entre otros. (UNE, 2012).

Para la aplicación de la prueba de sonometría, no hay como tal una norma para el desarrollo del ensayo. Sin embargo, se investiga un “**protocolo para medir la emisión de ruido generado por fuentes fijas**”, el cual establece la metodología para realizar este proceso. En primer lugar, el sonómetro debe estar correctamente calibrado. En segundo lugar, es pertinente que las condiciones meteorológicas sean favorables, quiere decir que se debe hacer esta muestra en tiempo seco y del mismo modo, la superficie en la que se realice debe estar seca. Los resultados que se obtengan se usan para verificar el cumplimiento de los estándares necesarios para un material. (Echeverri & González, 2011).

Del mismo modo, no se encontró una norma para la elaboración del ensayo de termografía, por lo que se maneja como referente un “**patrón nacional para medir la conductividad térmica de materiales aislantes**”, en donde el material se expone entre dos diferentes fuentes de temperaturas haciendo de este modo que se transmita un flujo de calor sobre el material y poder ver así su comportamiento a esta fuente de energía (Centro Nacional de Metrología, 2007).

Figura 17. Normas para prácticas de laboratorio

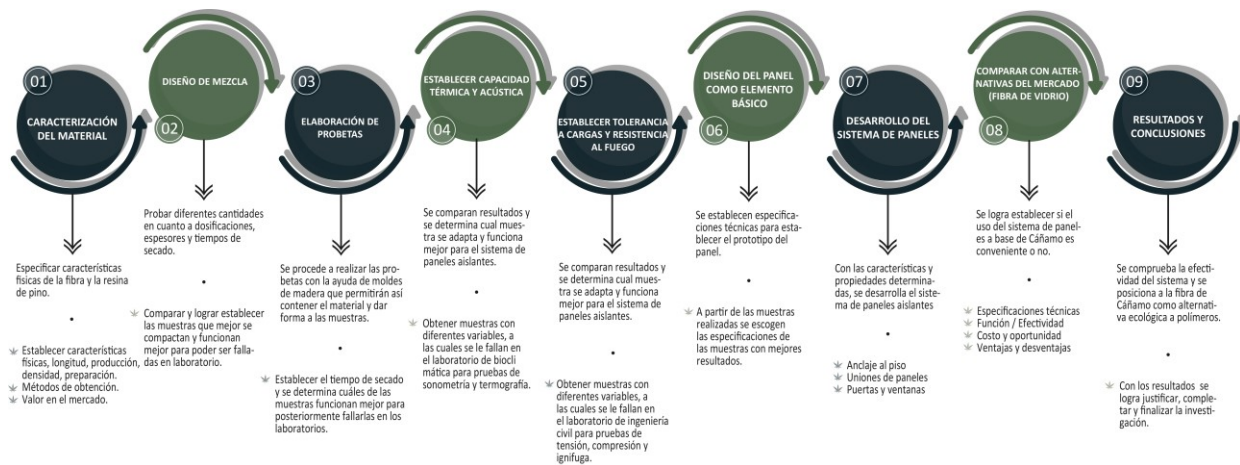


Nota. En la figura se encuentran los decretos y normas de los diferentes protocolos que hay que seguir para realizar debidamente las pruebas de laboratorio establecidas en el proyecto. Adaptado de: "ASTM D695 Compression Testing Rigid Plastics" International American Society for Testing and Materials, 2019. (<http://www.instron.es/es-es/testing-solutions/by-test-type/compression/astm-d695-plastics>); "La guía definitiva para pruebas de tracción de materiales compuestos" Metalinspec, 2019. (<https://www.blog.metalinspec.com.mx/post/la-guia-definitiva-para-pruebas-de-traccion-de-materiales-compuestos>); "¿Cómo se evalúa la Reacción al Fuego? – El blog de la seguridad contra incendios" Galán, 2012. (<https://elblogdelaseguridadcontraincendios.es/como-se-evalua-la-reaccion-al-fuego/>); "Protocolo para medir la emisión de ruido generado por fuentes fijas" Echeverri & González, 2011. (<https://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/336>); "Medición de la Conductividad Térmica de Materiales Aislantes en CENAM" Centro Nacional de Metrología, 2017. (<http://www.gob.mx/cenam/documentos/consulte-nuestras-publicaciones-tecnicas>)

Diseño Metodológico

Este proyecto se desarrolla a partir de un método experimental con metodología cualitativa-investigativa, en donde como primer fundamento para realizar correctamente el sistema de paneles aislantes a base de fibra vegetal de cáñamo, se realiza una secuencia de ocho fases con las cuales se pretende buscar la solución al problema de investigación y, de este modo, demostrar si el cáñamo tiene las capacidades térmicas y acústicas necesarias para remplazar a los polímeros sintéticos.

Figura 18. Diseño metodológico



Nota. Esta figura presenta el diseño metodológico del proyecto. Elaboración propia.

1. Caracterización de la fibra y el aglutinante

En principio, se busca mediante la caracterización de la fibra, reconocer las propiedades físicas, métodos de obtención, preparación y valor en el mercado de la fibra de cáñamo y el aglutinante natural renovable que es la resina de pino, con la que se va a ensayar, con el fin de lograr empezar a configurar las dosificaciones para las muestras.

2. Diseño de mezcla

Mediante el diseño de mezcla se busca reconocer las diferentes dosificaciones de preparación que requieren las muestras, estableciendo que cantidades de insumos y espesores del prototipo son necesarias para conseguir una mezcla compacta y consistente.

3. Elaboración de las probetas

Una vez analizado y propuesto un primer acercamiento del diseño de mezcla, se procede a realizar las probetas con la ayuda de moldes de madera que permitirán así contener el material y dar forma a las muestras. Del mismo modo, se establece el tiempo de secado y se determina cuáles de las muestras funcionan mejor para posteriormente fallarlas en los laboratorios.

4. Pruebas de termografía y sonometría

Se realizan las muestras con diferentes variables en cuanto a dosificaciones y espesores establecidos en el diseño de la mezcla, para posteriormente probarlas bajo las mismas condiciones y así obtener diferentes resultados que serán analizados y comparados más adelante. Paso a seguir, se realizan pruebas de sonometría, con el *Protocolo para medir la emisión de ruido generado por fuentes fijas*, para medir los niveles de ruido y analizar las frecuencias sonoras que el material permite transferir. Es así, como se realizan pruebas de termografía, con el *Patrón nacional para medir la conductividad térmica de materiales aislantes*, con el objetivo examinar la capacidad térmica del material y poder establecer cuál de las muestras presenta mejores resultados. Estas pruebas se realizan en el Laboratorio de Bioclimática de la Facultad de Arquitectura en la Universidad La Gran Colombia.

5. Pruebas de tensión y compresión

Posteriormente, se realizan dos pruebas de resistencia, las cuales son destructivas y mediante estas se comprueba las propiedades mecánicas de las muestras y la tolerancia a las cargas a las que puede ser expuestas. La prueba de tensión, bajo la norma *ASTM D3039, ensayo de tensión de materiales compuestos ligeros*, que permite reconocer la resistencia a la rotura y módulo de elasticidad, luego se encuentra el

ensayo de compresión con la norma *ASTM D695, ensayo de compresión de materiales compuesto*, que es la prueba que evalúa la resistencia a las cargas verticales. Finalmente, se realiza una prueba para establecer la resistencia y propagación al fuego de las muestras con la norma española *UNE 13823, ensayo de reacción al fuego*, logrando así comprobar si las muestras pueden o no proteger del fuego en un periodo de tiempo determinado. Estas pruebas se realizan en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad La Gran Colombia.

6. Diseño del panel como elemento básico

A partir de los resultados obtenidos, se hace un cuadro comparativo con los resultados de cada ensayo, con el objetivo de escoger las propiedades de las muestras que mejores resultados obtuvieron en las pruebas y de este modo, establecer un diseño básico de un panel, con un espesor y dosificación específico y establecido.

7. Desarrollo del sistema de paneles

Teniendo el diseño y modelo predeterminado del panel, se realiza el sistema autoportante que permite:

1. Fabricación de los paneles
2. Proceso de fijación de los paneles al suelo, montaje de puertas, ventanas.
3. Modulación y unión de los paneles
4. Costos

8. Comparar con alternativas del mercado

Se comparan las especificaciones técnicas, función - efectividad, costo - oportunidad y ventajas y desventajas de los paneles propuestos a base de cáñamo con los paneles a base de polímeros sintéticos. También, se realiza una comparación con el “hemprete” (concreto de cáñamo), con el fin de corroborar mediante estos ensayos si es posible o no usar la fibra vegetal de cáñamo con aglutinantes naturales,

ecológicos y renovables. Lo anterior, permite establecer si el uso de paneles a base de cáñamo y resina de pino es conveniente o no y si es apropiado para reemplazar a los polímeros sintéticos.

9. Resultados y conclusiones

Finalmente, se evalúan todos los resultados obtenidos, para posteriormente ser valorados con las normas correspondientes, comprobando la efectividad del sistema, justificando su conveniencia y poder así completar y finalizar la investigación, con el fin de posicionar al sistema de paneles a base de fibra de cáñamo como alternativa a polímeros sintéticos aislantes.

Producción de conocimiento sobre el tema

Viabilidad del proyecto

Uno de los cultivos agrícolas más antiguos del que se tiene registro es del cannabis, específicamente la variedad del cáñamo industrial. Las propiedades más características de esta fibra vegetal es que son muy resistentes, siendo usados a lo largo de la historia para fines textiles, constructivos e industriales (Hash Marihuana & Hemp Museum, s, f).

Ahora bien, en los diferentes departamentos de Colombia, existen varias empresas y organizaciones de carácter nacional e internacional, que se especializan en la producción de cannabis para fines medicinales, científicos e industriales, en donde se logra ver que la regulación decretada por parte del estado sí es satisfactoria a tal punto que, de cumplir con todas las licencias, reglamentaciones y normativas locales sobre el manejo del cannabis y sus diferentes variedades, se puede comercializar e incluso exportar la planta o sus derivados. Tal y como se puede leer en la revista Forbes, Staff (2020), en una publicación titulada se asegura que al día de hoy existen varias compañías a lo largo del territorio nacional, encargadas de cultivar, producir, vender nacional e internacionalmente productos de esta planta y sus variedades, demostrando así que actualmente en Colombia se maneja el cannabis de manera legal.

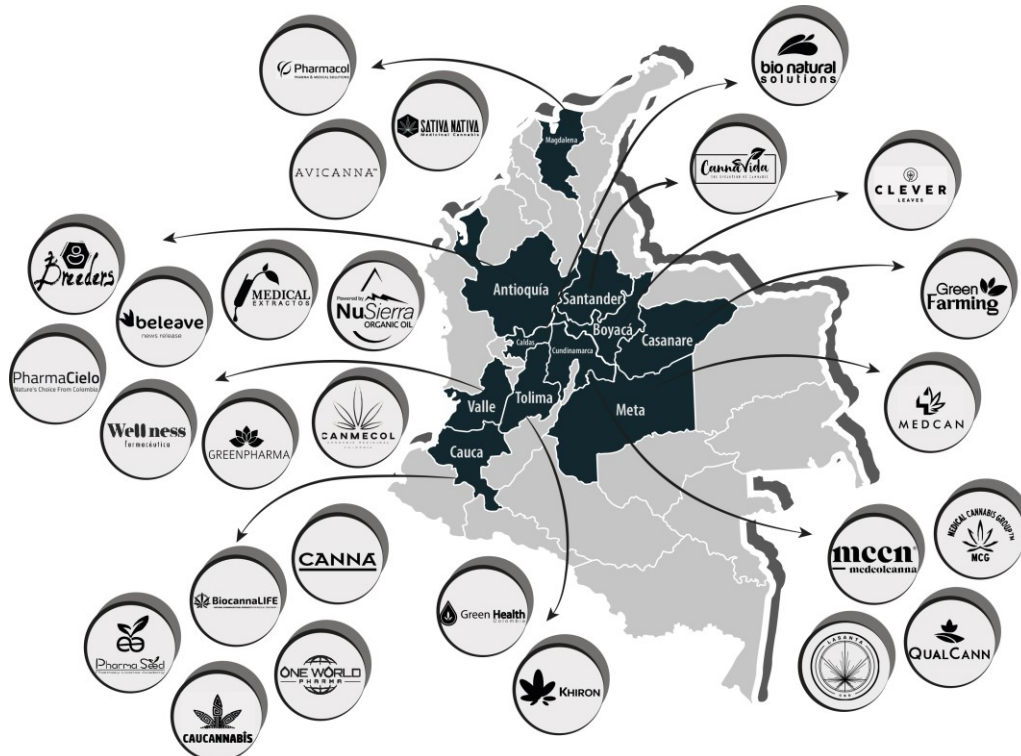
No obstante, actualmente las empresas se especializan específicamente con el cannabis para la industria farmacéutica, sin embargo, desde hace algunos años se está empezando un proyecto de ley que regule el uso del cáñamo en Colombia y en el mes de octubre del 2020, se dio una discusión sobre este proyecto por parte de la Comisión V del Senado de la República, en el que se busca establecer el marco legal tanto para el uso industrial como comercial de este derivado del cannabis en el territorio nacional, ha motivado a los empresarios e interesados a invertir en el cáñamo (Redacción ConfidencialCol, 2020).

La Federación Nacional de Cannabis [Fedecannabis] fue la encargada de socializar la idea a los diferentes Ministerios, tales como el de Agricultura, Justicia, Comercio, Industria e incluso el del Turismo,

en colaboración con entidades como Procolombia, Invima, la Alta Consejería para la Estabilización y Consolidación del Programa Nacional Integral de Sustitución de Cultivos Ilícitos y, el Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. Tal y como anuncia el gerente de Fedecannabis, Nicolas Múnera, **el objetivo del proyecto de ley es separar las dos variedades más conocidas del cannabis**, el psicoactivo y el no psicoactivo comprendido como cáñamo industrial, con el propósito de que el Ministerio de Agricultura sea la entidad encargada de entregar los permisos necesarios para de este modo colaborar a que el cáñamo sea una gran oportunidad de desarrollo de la industria y del agro Colombiano, moviendo el comercio y la economía de este sector agroindustrial. Todo esto, bajo el argumento de que el cáñamo es la variedad del cannabis que no posee efectos psicoactivos, por lo tanto, no genera ningún riesgo a nivel social (Redacción ConfidencialCol, 2020).

Por todo lo anterior se puede deducir que la industria del cáñamo está en potencia y es un gran **aliado para favorecer a la población agrícola colombiana**, con la capacidad de brindar una alternativa productiva a las zonas rurales del país, apoyando al Programa Nacional de Sustitución de Cultivos Ilícitos [PNIS]. Conforme a ello y teniendo todo esto en cuenta, su cultivo, producción y uso genera un impacto positivo cuando de contaminación medio ambiental trata, lo que **permite que en la industria de la construcción se logre disminuir los emisores de CO₂ y el impacto medio ambiental** que la misma genera. También cabe agregar que es mediante las empresas especializadas en cannabis y de este modo en el cáñamo, como las mencionadas a continuación en la figura 20, que se puede obtener información para comprar el cáñamo ya sea en fibra o en cañamiza, en el territorio nacional.

Figura 19. Viabilidad del proyecto



Nota. En esta figura están las empresas y organizaciones con licencia para cultivar, producir y comercializar cannabis no psicoactivo en el territorio nacional. Adaptado de: “Hay 67 empresas autorizadas para cultivar cannabis medicinal” Guevara, 2018. (<https://www.larepublica.co/empresas/hay-67-empresas-autorizadas-para-cultivar-cannabis-medicinal-2749752>).

Planteamiento de la propuesta

La propuesta del sistema de paneles aislantes a base de cañamiza está planteada en tres fases: La primera consiste en la **fase investigativa**, en donde se plantea la formulación y la descripción del problema en general, de esta manera se logra llegar a una pregunta que prácticamente es la encargada de brindar y/o consolidar el carácter investigativo experimental del proyecto. Después de esto, se realiza la recolección de datos con los que se logra justificar y argumentar la investigación y la importancia de realizarla. Los datos recolectados también brindan las bases de un esquema básico para la primera aproximación al panel, esto se logra mediante las variables que se obtienen en el estudio del estado del arte.

Del mismo modo, se procede con la **fase experimental**, que consiste en realizar muestras con aglutinante y ensayos de laboratorio. Las muestras que se desean tomar requieren de variables, entre ellas la dosificación usada para el aglutinante natural renovable que se escoja, el espesor de los paneles divisorios y las dosificaciones del diseño de mezcla. A partir de los resultados que se obtengan, con las pruebas de las muestras realizadas, se diseña el panel tomando los mejores resultados de las muestras, para así asegurar su buen funcionamiento y adaptabilidad a los diferentes espacios.

Por lo tanto, la **fase de conclusiones**, que naturalmente es el análisis de resultados, en donde una de las conclusiones más importantes a la que se desea llegar, es poder establecer el tipo de edificación o construcción para la cual el sistema de paneles podría adaptarse de mejor manera, demostrando que la fibra de cáñamo si puede funcionar como alternativa ecológica de algunos materiales convencionales de construcción, específicamente de los polímeros sintéticos aislantes. En la siguiente figura se logra especificar de mejor manera cada fase.

Figura 20. Planteamiento de la propuesta.



Nota. En esta figura se encuentran las 3 fases del proyecto. Elaboración propia.

De este modo y como se vio, es significativa la importancia que tienen las fases anteriormente mencionadas y su desarrollo ante la propuesta para poder aportar ideas y motivar a la arquitectura a emplear y/o manejar materiales a base de cañamo en sus diseños, logrando así un desarrollo y avance en aspectos de innovación y tecnología en la construcción.

Estrategias del proyecto

Las estrategias del proyecto se establecen a partir de la consolidación de una propuesta ecológica de un sistema de paneles aislantes divisorios a base de fibra vegetal de cañamo. Sin embargo, para que el modelo pueda ser 100% ecológico, se requiere y es pertinente el uso de un material natural que también sea renovable, de este modo, se realiza un estudio de diferentes aglutinantes naturales del mercado. Como se logra demostrar en la siguiente tabla:

Tabla 10. Comparación de aglutinantes naturales renovables

AGLUTINANTES NATURALES					
AGLUTINANTE	OBTENCIÓN	MODO DE EMPLEO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	PRECIO ENERO 2021
CAL	Calcinación de la piedra caliza	Se mezcla con agua para crear morteros	Es natural, económica y funciona como acabado	No es renovable, tiene un gran gasto energético	\$ 8.250 x 10 kg
ALMIDÓN DE YUCA	Rayadura de raíces y tubérculos	Se mezcla con agua para crear morteros	Es natural y renovable	Pueden presentarse hongos en la mezcla y no seca rápido.	\$ 9.490 x 1 kg
ALMIDÓN DE PAPA	Rayadura de raíces y tubérculos	Se mezcla con agua para crear morteros	Es natural y renovable	Pueden presentarse hongos en la mezcla	\$ 15.800 x 1 kg
ALMIDÓN DE MAÍZ	Moledura de maíz	Se mezcla con agua para crear morteros	Es natural y renovable	Pueden presentarse hongos en la mezcla y no se compacta bien	\$ 9.490 x 1 kg
RESINA DE PINO	Exudación de las coníferas de los pinos	Se derrite y se mezcla con el conglomerante	Es natural y renovable	Es la más costosa de las opciones	\$ 30.000 x 1 kg

Nota. La tabla contiene los diferentes tipos de aglutinantes naturales que hay disponibles en el mercado. Adaptado de “Sistema de absorción acústico para muros a partir cascarilla de arroz, para disminuir la reflexión de sonido dentro de los espacios” Espejo, 2019. (<http://repository.ugc.edu.co/handle/11396/5632>); “Resinas naturales de especies vegetales mexicanas: usos actuales y potenciales” Quiroz & Magaña, 2015. (http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712015000300013)

Como conclusión, se obtiene que la resina de pino es la mejor opción para realizar la propuesta experimental de esta investigación, es decir que la estrategia de **innovación del proyecto** es el uso del cáñamo como conglomerante y la resina de pino como aglutinante.

Por otro lado, es necesario establecer que existen varios tipos de muros divisorios tradicionales y estos tienen diferentes espesores, entre los muros más comunes usados en Colombia se encontraron:

Tabla 11. *Tipos de muros divisorios y sus espesores*

ESPEORES DE MUROS DIVISORIOS	
TIPO DE MURO	ESPEOR
Muro en sogá	12-15 CM
Muro de pandereta	7-10 CM
Muro de tizón y sogá	20-30 CM
Muro ladrillo hueco	10-15 CM

Nota. La tabla contiene los diferentes espesores manejados en muros. Adaptado de: “Muros A, Material autoformativo” Beltrán Gamboa et al., 1983. (<https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/6897>).

Sin embargo, es necesario también tener en cuenta los diferentes espesores que manejan los paneles usados como tabiques o muros divisorios, en donde se encontraron:

Tabla 12. *Paneles usados como tabiques y sus espesores*

ESPEORES PARA PRESENTACIÓN COMERCIAL DE PANELES	
TIPO DE PANELES	ESPEOR (CM)
PANEL FIBROCEMENTO	6.0 - 8.0
PANEL POLIESTIRENO	5.8 - 7.6
PANEL POLIURETANO	4.0 - 8.0
PANEL PVC	5.0 - 8.0
PANEL W	5.0

Nota. La tabla contiene los diferentes espesores manejados en muros. Adaptado de: “Muros Divisorios o Tabiques Interiores y/o Exteriores” Interwall SAC, s. f. (<http://www.interwall.pe/muros-divisorios-o-tabiques-interiores-yo-exteriores#:~:text=Comercialmente%20un%20muro%20de%20drywall,un%20ancho%20de%2012%20cms>). “Paneles de Poliestireno Expandido” Superfrigo, s, f. (<http://www.superfrigo.cl/paneles-aislados/paneles-de-poliestireno-expandido/#:~:text=Los%20paneles%20se%20fabrican%20seg%C3%BAAn,largo%20m%C3%A1ximo%20de%209.600mm>); “Placas de Fibrocemento para todo tipo de construcción” Eternit, s, f. ([https://www.eternitconstruccion.com.ar/es-es/soluciones-eternit/articulos/placas-de-fibrocemento#:~:text=Las%20medidas%20de%20las%20placas,de%20pisos%20interiores%20o%20exteriores.](https://www.eternitconstruccion.com.ar/es-es/soluciones-eternit/articulos/placas-de-fibrocemento#:~:text=Las%20medidas%20de%20las%20placas,de%20pisos%20interiores%20o%20exteriores.;)); “Manual Técnico USG Tablaroca” USG, 2016. (<https://www.usg.com/content/usgcom/spanish/resource-center/manual-tecnico-tablaroca.html>); “Tipos de tablero de madera para tu casa” Homecenter, s, f. (<https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/guias-de-compra/tableros-madera-aglomerada/>).

De este modo, se promedian los diferentes espesores de muros divisorios encontrados para lograr establecer las variables dentro de las muestras y, en ese orden de ideas, de la propuesta del sistema de paneles aislantes divisorios.

Criterios de intervención

En cuanto a los criterios de intervención y análisis de diseño que se disponen para el proyecto, se tiene en cuenta el método de investigación experimental que rige esta investigación, el análisis del estado del arte, el estudio de antecedentes y las estrategias de la propuesta. A partir de todo esto es como se obtienen diferentes variables con las cuales se puede empezar a generar un primer acercamiento al desarrollo de la propuesta. **La variable dependiente** del proyecto, se comprende como el uso del cáñamo, específicamente de cañamiza como insumo y/o material principal del proyecto. Por otro lado, **las variables independientes** del proyecto se definen, primero por el uso de un aglutinante natural renovable, escogido estratégicamente mediante un análisis, segundo por la dosificación de la mezcla, establecida mediante el análisis del estado del arte y un referente técnico y tercero, el espesor de las probetas, determinado por un promedio entre el ancho los muros tradicionales y los paneles divisorios. De este modo y teniendo todo lo mencionado anteriormente en cuenta, es como se logra brindar la primera aproximación experimental al sistema de paneles aislantes a base de fibra natural de cáñamo.

Capítulo 1. Especificaciones técnicas

Caracterización de insumos

Para poder realizar correctamente los ensayos de laboratorio establecidos en la investigación, en primera instancia y como punto de partida, se requiere recolectar datos e información sobre la **caracterización de los insumos** que, para el caso de estudio, son la fibra de cáñamo y la resina de pino.

En el primer Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, ejecutado en Castellón España, un grupo de especialistas realizaron una *Valorización de Residuos de Fibras Vegetales como Refuerzo de Plásticos Industriales*, en donde ejecutaron una rigurosa caracterización de fibras naturales y entre ellas se encuentra la fibra de cáñamo. Postulan que las fibras naturales presentan una gran resistencia con poco peso y en la mayoría de los casos, a bajo costo. Por otra parte, se análisis por medio de técnicas de microscopía, para establecer la caracterización morfológica de la fibra. En la tabla que se presenta a continuación se encuentran los resultados de algunos parámetros físicos encontrados en la fibra de cáñamo. (Amigó et al., 2008).

Tabla 13. Caracterización física del cáñamo

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CÁÑAMO				
DENSIDAD (G/CM ³)	CELULOSA (%)	HUMEDAD (%)	RESISTENCIA TRACCIÓN (MPA)	ALARGAMIENTO A ROTURA
1,48	88-90	3,5 - 8,0	285	1,3

Nota. La tabla contiene las características físicas del cáñamo. Adaptado de: "Valorización de residuos de fibras vegetales como refuerzo de plásticos industriales" Amigó et al., 2008. (https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Valorizaci%C3%B3n+de+Residuos+de+Fibras+Vegetales+como+Refuerzo+de+Pl%C3%A1sticos+Industriales%2C+&btnG=)

Por otro lado, en cuanto a las características físicas de la **colofonia de pino**, (nombre comercial de la resina usada como aglutinante en construcción) en la Universidad Autónoma de Querétaro y en la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, se realizó un manuscrito, Quiroz & Magaña (2015), que trata sobre la producción de las resinas naturales y entre ellas se encuentra la resina de pino (colofonia), su

uso, su producción y el potencial para aprovecharlas de manera sustentable, aportando la siguiente información:

Tabla 14. Caracterización física de la colofonia de pino

CARACTERÍSTICAS DE LA RESINA DE PINO			
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA BOTÁNICA	DENSIDAD KG/M ³
Colofonia	Pinus spp.	Pinaceae	1,070 - 1,080

Nota. En esta tabla se encuentra la densidad de la colofonia de pino. Adaptado de: "Resinas naturales de especies vegetales mexicanas: usos actuales y potenciales" Quiroz & Magaña, 2015. (http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-04712015000300013&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

En cuanto a los antecedentes del uso de la colofonia de pino en la industria de la construcción, se tiene documentado que esta resina se ha manejado como sellante e impermeabilizante. También se ha demostrado que tiene una **gran capacidad adhesiva** que forma una capa aislante, características necesarias para la fabricación y producción de bloques, vigas y morteros (Mata et al., 2018).

Figura 21. Colofonia de Pino



Nota. La figura muestra colofonia de pino en piedra, tipo de resina para usar en construcción. Elaboración propia

Por otro lado, es pertinente mencionar y analizar los diferentes **métodos de obtención** de los insumos que propone el proyecto. El cáñamo se puede adquirir en las empresas mencionadas en la figura 19, pero es importante tener en cuenta que no siempre está disponible el producto, se debe considerar los tiempos de cosecha y preparación de la planta y eso varía según la empresa y su ubicación en el territorio nacional.

El cáñamo se vende de diferentes maneras, por este motivo es fundamental tener claro que, en el mercado, el producto ya triturado que se usa para construcción en morteros aligerados o aislantes se denomina y se conoce como **cañamiza**. La cañamiza se presenta en una granulometría de partículas planas y alargadas de cáñamo entre 2-25 mm (Brümmer, 2018).

Figura 22. *Cañamiza*



Nota. La figura muestra cañamiza gruesa, que es el cáñamo, pero ya triturado. Su uso es muy común en construcción civil y en elaboración de mobiliario. Elaboración propia.

Las características físicas de este material son:

Tabla 15. *Propiedades físicas de la cañamiza*

CARACTERÍSTICAS DE LA CAÑAMIZA			
MASA (KG/M ³)	+/- 110	PODER CALORÍFICO INFERIOR (CAL/G)	3715
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/M-K)	0,48	PODER CALORÍFICO SUPERIOR (CAL/G)	4055
CALOR ESPECIFICO (J/G-K)	2,109	PODER ABSORBENTE (%)	210-250
INCERCIÓN TÉRMICA (KJ/M ³ -K)	232	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (%)	415

Nota. La figura muestra la maquina chipeadora especializada para poder triturar al cáñamo y de este modo obtener la cañamiza. Tomado de: "Chipeadora Trituradora 20 Hp. 613001" Swissmex, s. f. (<https://www.swissmex.com/PortalWeb/productos/principal-productos/nacional/cosecha/chipeadoras-trituradoras/613001/>).

El proceso de cáñamo a cañamiza se realiza mediante una máquina chipeadora o astilladora.

Figura 23. *Maquina chipeadora*



Nota. La tabla contiene las características de la cañamiza. Adaptado de: "Cannahabitat (cañamiza) | catálogo | Cannabric" Brümmer, 2018. (http://www.cannabric.com/catalogo/cannahabitat_canamiza_/).

La empresa con la que se obtiene la cañamiza para el correcto desarrollo del proyecto tiene cosecha de cáñamo triturado para el mes de marzo. El precio por kilogramo para febrero 2021, es de 10.000.

También, se logra establecer que la resina de pino se puede comprar en mercados de cadena y el precio de 1 kilo en 2021 oscila entre \$25.000 y \$30.000. La presentación para la venta de la resina es en piedra, y para poder ser usada como aglutinante, es necesario derretirla o disolverla. Para esto, existen varias formas de realizarlo, la más conocida y la más a fin para este proyecto, consiste en usar alcohol etílico 96% como diluyente.

Dilución del aglutinante

Se realizan ensayos con 2 diferentes dosificaciones para establecer cuál de ellas se comporta mejor. Este proceso se realiza de manera tal que se logre obtener un líquido espeso con la capacidad suficiente de compactar la cañamiza en el molde.

Tabla 16. Primer acercamiento a dosificaciones para diluir la colofonia de pino

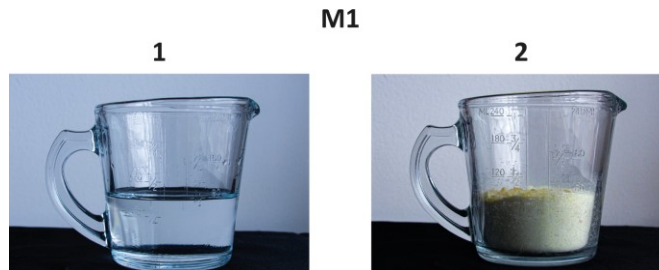
DOSIFICACIONES PARA DILUIR LA COLOFONIA	
MUESTRA	DOSIFICACIÓN ALCOHOL, COLOFONIA
M1	1:2
M2	2:1

Nota. En esta tabla se encuentran las dosificaciones para derretir el aglutinante. Elaboración propia.

Para la primera muestra, se usa una dosificación de 1:2, es decir una porción de 80 mililitros de alcohol por dos porciones de volumen de 80 gramos de resina de pino y para la segunda, se invierte esta dosificación quedando 2:1, significa que se mezclaron dos porciones de volumen de 80 mililitros de alcohol

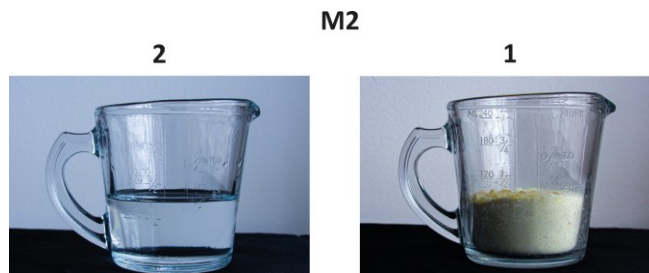
por una porción de volumen de 80 gramos de resina de pino. A partir de estas dos muestras, se realiza evidencia fotográfica del ensayo. Tal y como se puede observar a continuación.

Figura 24. *Dosificación de muestra N° 1 para diluir el aglutinante.*



Nota. En esta figura se puede ver la dosificación para la muestra N° 1. Elaboración propia.

Figura 25. *Dosificación de muestra N° 2 para diluir el aglutinante.*



Nota. En esta figura se puede ver la dosificación para la muestra N° 2. Elaboración propia.

A lo largo de los días de observación y en la búsqueda de la consistencia ideal y apropiada para el proyecto, se realizan cambios en las dosificaciones, en donde se logra establecer que, para diluir la colofonia de pino en alcohol, se requiere de más cantidad de alcohol que de colofonia, específicamente 5 veces más. En este orden de ideas, la muestra N° 1 es la que mejor reacciona a los ensayos, como se logra comprobar a continuación.

Tabla 17. *Dosificación final para diluir la colofonia*

DOSIFICACIONES PARA DILUIR LA COLOFONIA	
MUESTRA	DOSIFICACIÓN ALCOHOL, COLOFONIA
M1	1:5
M2	2:2

Nota. En esta tabla se encuentran las dosificaciones para derretir el aglutinante. Elaboración propia.

Ahora bien, se presentan los resultados obtenidos en las muestras luego de 72 horas a continuación.

Figura 26. *Resultados de la muestra N° 1*

Nota. En esta figura se puede ver el espesor que tuvo la muestra N° 1. Elaboración propia.

La muestra N° 1 es un líquido viscoso y pegajoso, que permite compactar mejor la cañamiza debido a su densidad.

Figura 27. Resultados de la muestra N° 2.



Nota. En esta figura se puede ver el espesor que tuvo la muestra N° 2. Elaboración propia.

La muestra N° 2 es un líquido menos denso en comparación con la muestra N° 1, más disuelto y fluido, el cual posiblemente no se incorpore fácilmente con la cañamiza y además su tiempo de secado pueda ser muy largo. Es por este motivo que la muestra N° 2 se descarta y la dosificación de la muestra N° 1 es la que se establece para diluir toda la resina del proyecto y de este modo ser usada en las muestras.

Diseño de mezcla

Se procede a realizar el **diseño de mezcla** del panel, buscando la dosificación de cañamiza y resina de pino exacta para que se compacte y se seque correctamente. Todo esto, para que posteriormente cuando se realicen los ensayos de las muestras de pruebas de termografía y sonometría en el laboratorio de bioclimática de la Facultad de Arquitectura de La Universidad La Gran Colombia, se logre probar y establecer cuál de ellas funciona mejor.

De este modo, se establece que las muestras deben tener diferentes variables de dosificación y espesor. Se requiere que sea un módulo óptimo con las características necesarias para reflejar el sonido y regular la temperatura. Para el correcto desarrollo del diseño de mezcla se toma como referente funcional y técnico a la empresa *Cannabric*, la cual crea un Panel Aislante de Cáñamo, Térmico y acústico.

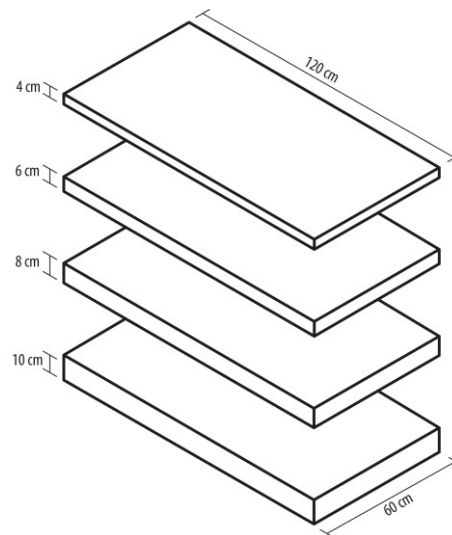
Figura 28. Panel aislante de cáñamo, térmico y acústico



Nota. En esta figura se encuentra el referente principal para el desarrollo del sistema. Tomado de "Panel Aislante de Cáñamo | catálogo | Cannabric" Brümmer, 2018. (http://www.cannabric.com/catalogo/panel_aislante_de_canamo/)

En aspectos de funcionalidad, los paneles que desarrolla la arquitecta Monika Brümmer (2009), se usan para vertientes de cubiertas, vacíos de muros y/o tabiques. **Las dimensiones que maneja son de 60 cm de ancho, 120 cm de largo y maneja 4 diferentes espesores, 40, 60, 80 y 100 mm.**

Figura 29. Dimensiones de paneles cannabric



Nota. En esta figura se encuentran los diferentes espesores de los paneles cannabric. Elaboración propia.

En cuanto a las características técnicas, **su composición es de 85% de fibra de cáñamo, 15% de fibra termofusión**, lo que se conoce como poliéster textil reciclado. (Brümmer, 2009).

Tabla 18. Ficha técnica panel cannabric

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
FIBRA DE CÁÑAMO (%)	85
FIBRA TERMOFUSIÓN (%)	15
DENSIDAD (KG/M ³)	30
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/M-°C)	0,041
PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA (μ)	15

Nota. En esta tabla se encuentra la ficha técnica del panel aislante de la empresa cannabric. Adaptado de: "PANEL AISLANTE DE CÁÑAMO | catálogo | CANNABRIC" Cannabric, 2009. (http://www.cannabric.com/catalogo/panel_aislante_de_canamo/).9

Cuando el proceso de construcción se lleva directamente a obra, la arquitecta recomienda cortarlos con amoladora eléctrica de disco abrasivo y fino y para poderlo sujetar y/o empotrar, se requiere de un armazón o estructura de madera o metal. (Brümmer, 2009)

Figura 30. Estructura de paneles a base de cáñamo

Nota. La figura muestra la estructura de madera que se usa para ensamblar los paneles de cáñamo. Tomado de "Aislante de fibra de cáñamo" Tectónica, s, f. (<https://tectonica.archi/materials/aislante-de-fibra-de-canamo/>).

Ahora bien, esta empresa *Cannabric* maneja diferentes tarifas de paneles y estas varían dependiendo del espesor que se maneje, tal y como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 19. Tarifas de paneles cannabric

TARIFAS DE PANELES CANNABRIC		
ESPESOR (MM)	M ² / PAQUETE	PRECIO / PAQUETE
40	11,52	74,30 €
60	7,2	60,48 €
80	5,76	61,92 €
100	4,32	56,16 €

Nota. La tabla contiene los precios que tiene la empresa cannabric a partir de los diferentes espesores que manejan para los paneles de cáñamo. Adaptado de "Panel Aislante de Cáñamo | catálogo | Cannabric" Brümmer, 2018. (http://www.cannabric.com/catalogo/panel_aislante_de_canamo/).

Cabe aclarar que las tablas 22 y 23 se toman como referente para realizar el diseño de la muestra y la aplicación práctica de estos paneles son ejecutables tanto en fachadas como en cerramientos de grandes espacios. A su vez es importante mencionar que las piezas son planas y su acabado es a la vista y que eventualmente se puede usar como revestimiento, pero eso ya depende específicamente del cliente.

Teniendo en cuenta todo lo visto anteriormente, se realiza un primer acercamiento a las variables del diseño de muestras. Tal y como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 20. Propuesta inicial de diseño de mezcla

PROPUESTA INICIAL DE DISEÑO DE MEZCLA		
MUESTRA	DOSIFICACIÓN	ESPESOR
M1	80% Cañamiza 20% Resina de pino	10 CM
M2	80% Cañamiza 20% Resina de pino	8 CM
M3	80% Cañamiza 20% Resina de pino	6 CM
M4	70% Cañamiza 30% Resina de pino	10 CM
M5	70% Cañamiza 30% Resina de pino	8 CM
M6	70% Cañamiza 30% Resina de pino	6 CM

Nota. La tabla contiene la primera aproximación a la propuesta de diseño de mezcla. Elaboración propia.

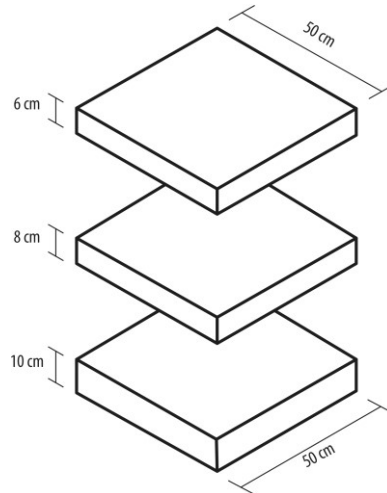
De los resultados arrojados por las muestras, se concluye que, las dosificaciones para cada molde deben ser:

Tabla 21. Propuesta inicial de diseño de mezcla con medidas

PROPUESTA INICIAL DE DISEÑO DE MEZCLA		
MUESTRA	DOSIFICACIÓN CAÑAMIZA / RESINA DE PINO	ESPESOR
M1	1,132 g / 284 ml	10 CM
M2	906 g / 227 ml	8 CM
M3	680 g / 170 ml	6 CM
M4	991 g / 425 ml	10 CM
M5	793 g / 340 ml	8 CM
M6	595 g / 255 ml	6 CM

Nota. La tabla contiene la primera aproximación a la propuesta de diseño de mezcla con dosificación con medidas. Elaboración propia.

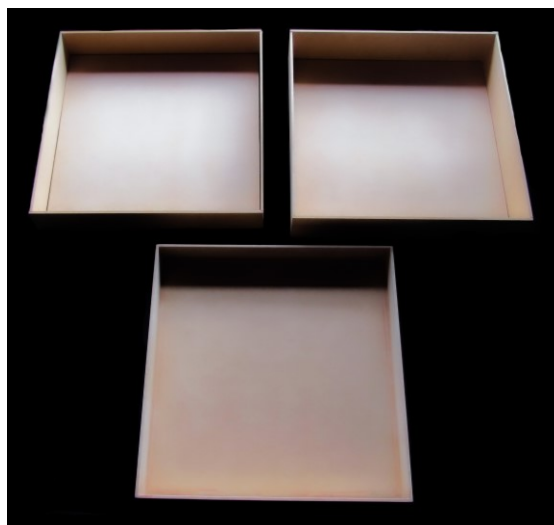
En la siguiente figura se observan las 3 diferentes dimensiones que se manejan para los ensayos de laboratorio, en donde primero se realizan las pruebas de aislamiento (sonometría termografía), que no deterioran el material y posteriormente se realizan las pruebas de resistencia a cargas y al fuego (tensión, compresión e ignifuga), pruebas destructivas que, por el contrario, si afectan físicamente a las probetas.

Figura 31. Dimensiones de las muestras

Nota. En esta figura se encuentran los diferentes espesores de los paneles cannabric. Elaboración propia.

Elaboración de las probetas

Para la **elaboración de las probetas**, se requiere de moldes, en esta ocasión se usa madera tipo MDF para elaborarlos. Primero se realizan las 3 primeras muestras para ver su reacción y poder establecer dosificación, tiempos de secado y en general las reacciones que se puedan ver en el experimento.

Figura 32. Moldes

Nota. En esta figura se encuentran los 3 diferentes moldes con 3 espesores, 10 cm, 8 cm y 6 cm. Elaboración propia.

A continuación, se envuelven los moldes en papel vinipel para que no se pegue la mezcla a la madera y poder así desmoldarlos fácilmente.

Figura 33. *Molde con vinipel*



Nota. En esta figura se puede ver el molde envuelto en papel vinipel. Elaboración propia.

Posteriormente, se hidrata la cañamiza con agua, tanto para eliminar cualquier impureza, como para que el material reciba mejor al aglutinante.

Figura 34. *Cañamiza hidratada*



Nota. En esta figura se ve la cañamiza hidratada con agua. Elaboración propia.

Paso siguiente, se mezcla la cañamiza con el aglutinante.

Figura 35. *Mezcla de cañamiza y resina de pino*



Nota. En esta figura se puede notar la mezcla cañamiza y resina de pino. Elaboración propia.

Figura 37. *Cañamiza y resina de pino mezcladas*



Nota. En esta figura se puede notar la mezcla cañamiza y resina de pino. Elaboración propia.

Al respecto conviene decir que, por las características de la cañamiza, se requiere de aproximadamente 7 veces más cantidad de aglutinante de la estipulada inicialmente para poder empapar completamente a la cañamiza, significando así que la dosificación requiere ser modificada. Luego, se empieza a compactar manualmente el material compuesto sobre el molde, presionando con las manos.

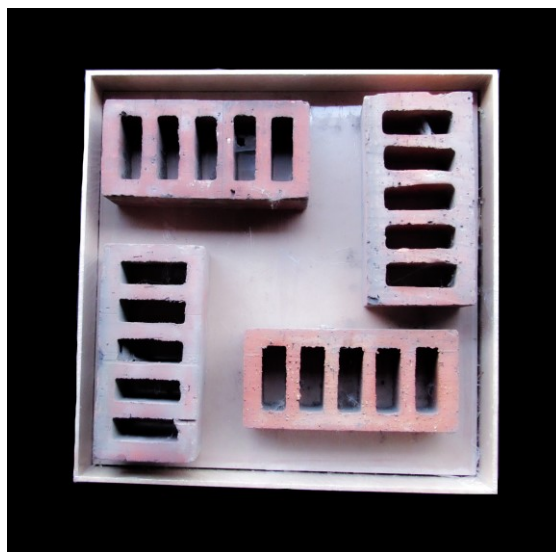
Figura 38. *Compactar la mezcla en el molde*



Nota. En esta figura se puede ver como se compacta la mezcla en el molde. Elaboración propia.

Luego se esparce la mezcla de manera que se haga una capa y se compacta con el peso de 4 ladrillos tolete rejilla cada uno con 2.14 Kg, con un total de 8.56 Kg de presión, con el objetivo de apretar de mejor manera la probeta. Lo anterior se logra mediante capas para lograr un mejor resultado.

Figura 36. *Capas con peso*



Nota. En esta figura se encuentra la primera capa de la mezcla para realizar las probetas. Elaboración propia.

Figura 40. *Capas del molde*

Nota. En esta figura se encuentra la primera capa de la mezcla para realizar las probetas. Elaboración propia.

Cuando se completan las capas, se dejan con peso durante 24 horas para posteriormente desmoldar y dejar secar de 12 a 24 horas. Lo ideal es realizar este procedimiento con la ayuda de una prensa que logre apretar la mezcla.

Figura 37. *Probeta seca*

Nota. En esta figura se encuentra la probeta seca, lista para desmoldar. Elaboración propia.

Figura 38. *Probeta desmoldada*

Nota. En esta figura se encuentra la probeta seca, lista para desmoldar. Elaboración propia.

La dosificación usada para lograr que las probetas se compacten, es:

Tabla 22. *Propuesta de diseño de mezcla modificada*

PROPUESTA MODIFICADA DEL DISEÑO DE MEZCLA		
MUESTRA	DOSIFICACIÓN	ESPESOR
M1	49% Cañamiza 51% Resina de pino	10 CM
M2	49% Cañamiza 51% Resina de pino	8 CM
M3	49% Cañamiza 51% Resina de pino	6 CM

Nota. En esta tabla esta la dosificación que se requirió para realizar las primeras 3 probetas propuestas. Elaboración

Quiere decir que, las dosificaciones para cada molde deben ser:

Tabla 23. Propuesta de diseño de mezcla modificada con medidas

PROPUESTA MODIFICADA DEL DISEÑO DE MEZCLA		
MUESTRA	DOSIFICACIÓN CAÑAMIZA / RESINA DE PINO	ESPESOR
M1	1,870 g / 1,920 ml	10 CM
M2	1,496 g / 1,536 ml	8 CM
M3	1,122 g / 1,152 ml	6 CM

Nota. En esta tabla esta la dosificación con medidas que se requirió para realizar las primeras 3 probetas propuestas. Elaboración propia.

Si bien es cierto que las probetas requeridas para este proyecto fueron hechas de manera artesanal por la emergencia sanitaria del COVID-19, se logra concluir que es completamente necesario el uso de una prensa que ayude a comprimir de mejor manera al material, para que de este modo se pueda darle un mejor acabado y un alto nivel de compactación a las mismas. Dicho esto, las muestras no quedaron completamente apretadas ni resistentes, especialmente las muestras con más espesor.

Los resultados del proceso de elaboración de las muestras en cuanto a dosificaciones, espesores, tiempos de secado y resistencia, son:

Tabla 24. Resultados de las probetas

RESULTADOS			
MUESTRA	TIEMPO EN MOLDE CON PESO	TIEMPO DE SECADO FUERA DEL MOLDE	COMPACTACIÓN DE LA PROBETA
M1	24 HORAS	24 HORAS	NO COMPACTO
M2	24 HORAS	12 HORAS	PARCIALMENTE COMPACTO
M3	24 HORAS	10 HORAS	COMPACTO

Nota. En esta tabla se encuentran los resultados obtenidos en la elaboración de las probetas. Elaboración propia.

Las muestras M4, M5 y M6, posteriormente son anuladas debido al cambio de dosificaciones que se realizaron en la práctica a las muestras y razones ocasionadas debido a las restricciones de movilidad

Establecer capacidad térmica y acústica de las probetas

Ahora bien, en vista de que las pruebas de laboratorio estipuladas en este proyecto no pudieron realizarse por diferentes motivos. Se opta por realizar estos ensayos mediante un software llamado *Ubakus*, el cual funciona como una calculadora que analiza las propiedades de **aislamiento térmico** de un componente, en donde se logre aproximar lo más posible a los resultados que se hubiesen obtenido en la práctica. En aspectos de temperatura, se somete el material a 20 °C con una variación de 1 °C y, en aspectos de humedad, se usa la humedad estándar para este tipo de ensayos que es del 60%.

Los datos que pide el software para agregar un nuevo material, son:

Tabla 29. Nuevo material en Ubakus

The screenshot shows a dialog box titled "Modify personal construction material" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is divided into two main sections. The left section contains several input fields with labels and units: "Name:" (text input), "Typ:" (dropdown menu with "Please select" selected), "Thickness:" (text input followed by "mm"), "Thermal conductivity λ:" (text input "0" followed by "W/mk"), "Vapour diffusion resistance μ:" (text input "0/0" followed by "(min/max)"), "Raw density ρ:" (text input "0" followed by a dropdown menu with "kg/m³" selected), "Heat capacity c:" (text input "0" followed by a dropdown menu with "J/(kg·K)" selected), "Water absorption coefficient Aw:" (text input followed by "kg/(m²h^{0.5})"), and "Environmental Product Data:" (text input followed by an "Edit" button). The right section is titled "Name" and contains instructions: "Enter the name of the building material (at least three characters). Ensure that this building material has not yet been created (use building material search)." and "At the moment, 3 of 10 storage slots for private construction materials are occupied." Below this, it states "The fields labeled in bold letters are mandatory." At the bottom of the dialog, there are three buttons: "Save", "delete", and "Cancel".

Nota. En esta figura se encuentran los datos que se necesitan para insertar un nuevo material en el software. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

Como se logra apreciar en la figura, para poder insertar un material nuevo al software se requiere de la conductividad térmica, la resistencia a la difusión de vapor, la densidad aparente, capacidad calórica y

coeficiente de absorción de agua. Para hallar la conductividad térmica se usó la siguiente fórmula matemática.

Figura 43. Ecuación para la conductividad térmica

$$\lambda = Q \cdot L / A (T_2 - T_1)$$

λ Conductividad térmica
 Q Flujo de calor (W)
 L Longitud o espesor del material (m)
 A Superficie del material (m²)
 T₂-T₁ Gradiente de temperatura (K)

Nota. En esta figura esta la ecuación para calcular la conductividad térmica de un material. Adaptado de: "What is heat conduction?" Williams, 2014. (<https://phys.org/news/2014-12-what-is-heat-conduction.html>).

Los resultados para esta ecuación son:

Tabla 30. Resultados de conductividad térmica de las probetas

RESULTADOS	
ESPESOR	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (λ)
10 CM	0.033
8 CM	0.026
6 CM	0.020

Nota. En esta tabla se encuentran los 3 resultados de conductividad térmica de las probetas. Elaboración propia.

Se entiende que la conductividad térmica es la propiedad que tiene un material para transferir calor, una característica que prácticamente logra establecer si un material es aislante o no lo es. Entre más cerca a cero se encuentre este valor, mejor funciona el material como aislante. (Williams, 2014).

Por otro lado, la fórmula para hallar la densidad es:

Figura 39. *Fórmula de densidad*

$$D = \frac{M}{V}$$

D: Densidad
M: Masa
V: Volúmen

Nota. En esta figura esta la ecuación para calcular la densidad de una sustancia. Elaboración propia.

Los resultados para esta ecuación son:

Tabla 25. *Resultados de densidad de probetas*

RESULTADOS	
ESPESOR	DENSIDAD KG/M ³
10 CM	1,516
8 CM	1,378
6 CM	1,137

Nota. En esta tabla se encuentran los 3 resultados de la densidad de las probetas. Elaboración propia.

Para obtener la resistencia a la difusión de vapor, el software trae consigo este dato para cañamiza. Una vez realizado este proceso, se agregan los datos obtenidos anteriormente, de este modo que en el mínimo flujo de calor se presente un caso cotidiano, de manera que la temperatura interior y la exterior varíen 1° C. Teniendo esto en cuenta, la temperatura constante que se usa para los análisis de conductividad térmica se hace en ambientes controlados con una temperatura constante de 20° C y una humedad de 60%. Datos que se digitan en el software para la M1 de esta manera:

Tabla 32. Datos probeta M1 en Ubakus

Modify personal construction material

Name:

Type: Thickness: mm

Thermal conductivity λ : W/mk

Vapour diffusion resistance μ : (min/max)

Raw density ρ : kg/m³

Heat capacity c: J/(kg·K)

Water absorption coefficient A_w : kg/(m²h^{0.5})

Environmental Product Data:

Description:

Name
Enter the name of the building material (at least three characters). Ensure that this building material has not yet been created (use building material search).
At the moment, 3 of 10 storage slots for private construction materials are occupied.
The fields labeled in bold letters are mandatory.

Nota. En esta figura se encuentran los datos para la probeta M1 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

Los datos para la M2, son:

Tabla 26. Datos probeta M2 en Ubakus

Modify personal construction material

Name:

Type: Thickness: mm

Thermal conductivity λ : W/mk

Vapour diffusion resistance μ : (min/max)

Raw density ρ : kg/m³

Heat capacity c: J/(kg·K)

Water absorption coefficient A_w : kg/(m²h^{0.5})

Environmental Product Data:

Description:

Name
Enter the name of the building material (at least three characters). Ensure that this building material has not yet been created (use building material search).
At the moment, 3 of 10 storage slots for private construction materials are occupied.
The fields labeled in bold letters are mandatory.

Nota. En esta figura se encuentran los datos para la probeta M2 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

Y, los datos para la M3, son:

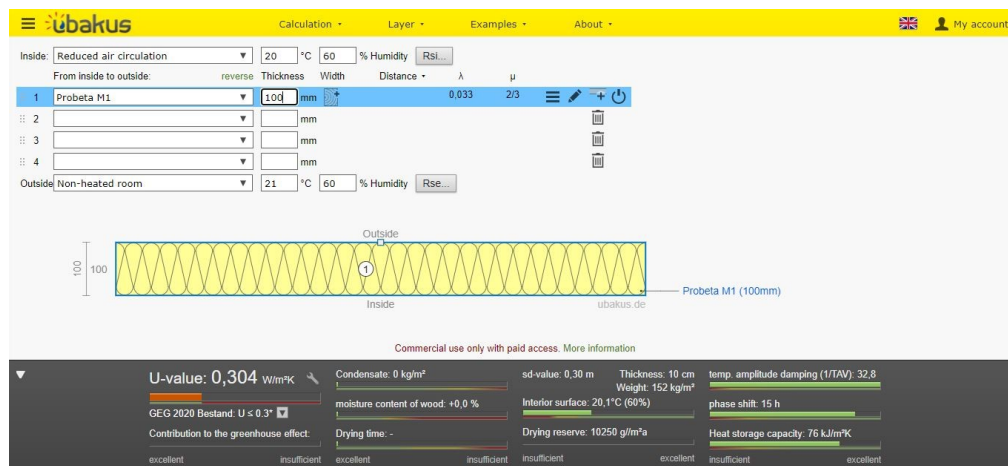
Tabla 27. Datos probeta M3 en Ubakus

Nota. En esta figura se encuentran los datos para la probeta M3 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

Finalmente, se ingresa tanto el espesor, como la opción de “reduced air circulation” que traduce menor circulación de aire, opción especial para materiales que se encuentran al interior de un recinto.

Adicional a esto, se agrega también la opción de “Non-heated room” que traduce habitación sin calefacción y es así como se obtienen los siguientes resultados para la M1:

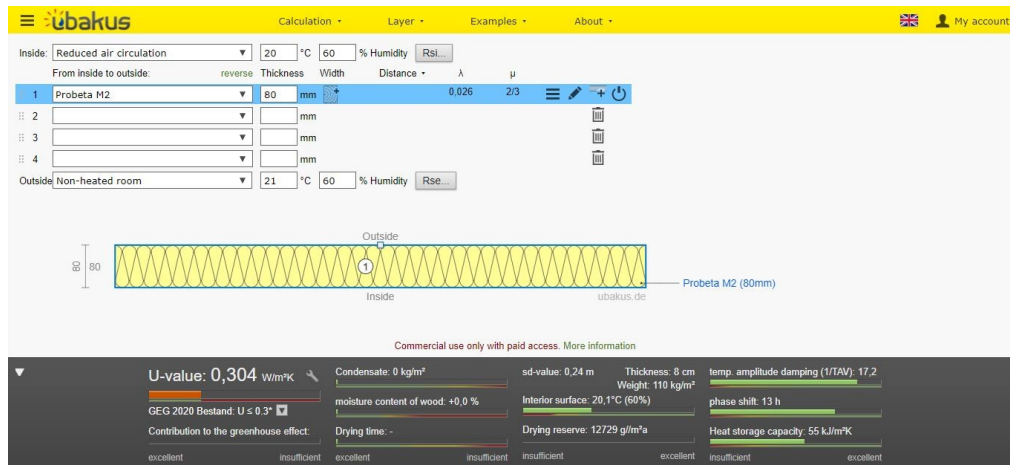
Tabla 28. Resultados probeta M1



Nota. En esta figura se encuentran los resultados para la probeta M1 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

Los resultados para la M2, son:

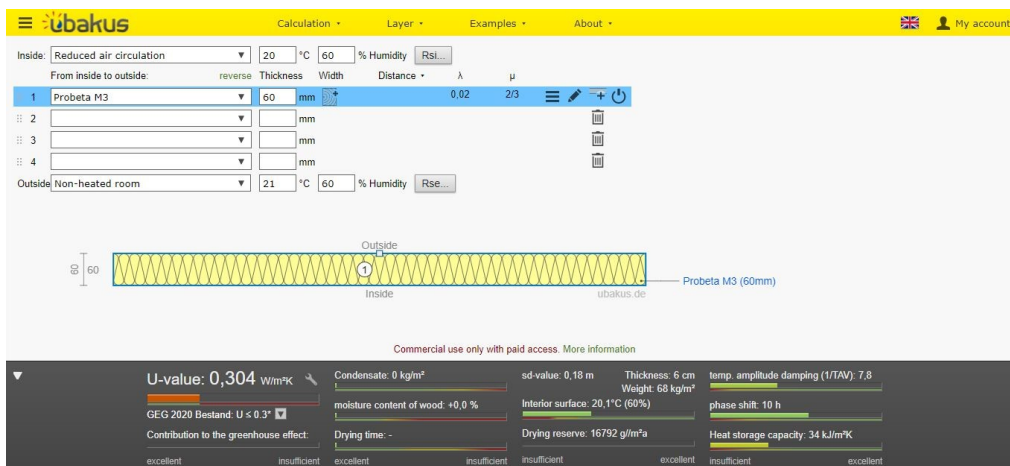
Tabla 29. Resultados probeta M2



Nota. En esta figura se encuentran los resultados para la probeta M2 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

Y, para la muestra M3, los resultados que el programa arroja son:

Tabla 30. Resultados probeta M3



Nota. En esta figura se encuentran los resultados para la probeta M3 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

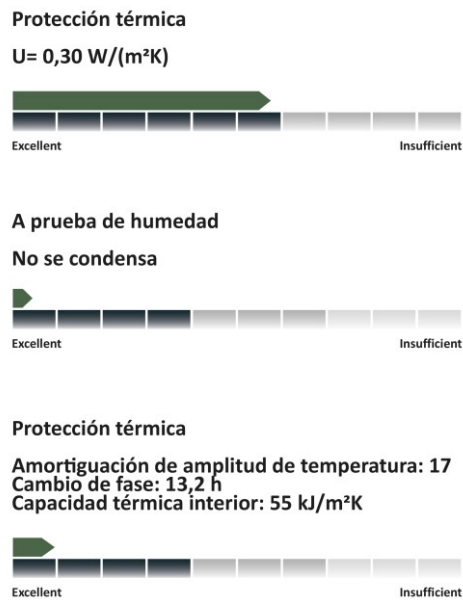
Sin embargo, es de plena conciencia que estos resultados no serán completamente verídicos, son solo una aproximación.

Figura 44. Resultados de aislamiento de la muestra M1

Nota. En esta tabla se encuentran los resultados obtenidos para la muestra M1 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

La probeta M1, cuenta con una protección térmica de $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$, lo que quiere decir que funciona bien como aislante. Además, los resultados del material plantean que la muestra presenta una gran resistencia a la humedad, quiere decir que el material no va a gotear. El programa también arroja que esta probeta tiene una resistencia térmica de $3,290 \text{ W}/\text{mK}$, significando así que la muestra presenta un gran resultado para funcionar como aislante térmico.

Figura 45. Resultados de aislamiento de la muestra M2



Nota. En esta tabla se encuentran los resultados obtenidos para la muestra M2 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

Para la probeta M2, el programa arroja que la muestra cuenta con una protección térmica de $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, significando que al igual que la probeta M1, también funciona como aislante térmico, con una gran resistencia a la humedad y con una resistencia térmica de $3,290 \text{ W}/\text{mK}$.

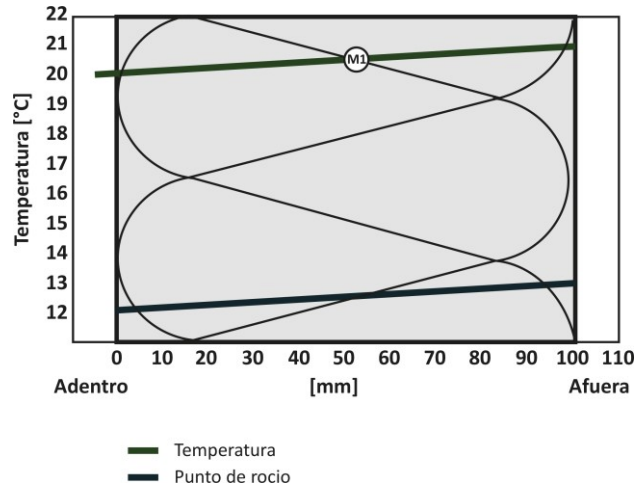
Figura 40. Resultados de aislamiento de la muestra M3

Nota. En esta tabla se encuentran los resultados obtenidos para la muestra M3 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

La probeta M3, al igual que las dos muestras anteriores, cuenta con una protección térmica de 0,30 W/ (m² K), con una gran resistencia a la humedad y con una resistencia térmica de 3,290 W/ mK. A partir de esto, se realiza un análisis y se logra concluir que los resultados no varían a partir de la diferencia de espesor, es decir que las tres muestras presentan una gran capacidad de resistencia térmica, por lo que si funcionan como aislantes térmicos.

Ahora bien, el perfil de temperatura y punto de rocío para la muestra M1 es:

Figura 41. Perfil de temperatura y punto de rocío de la probeta M1

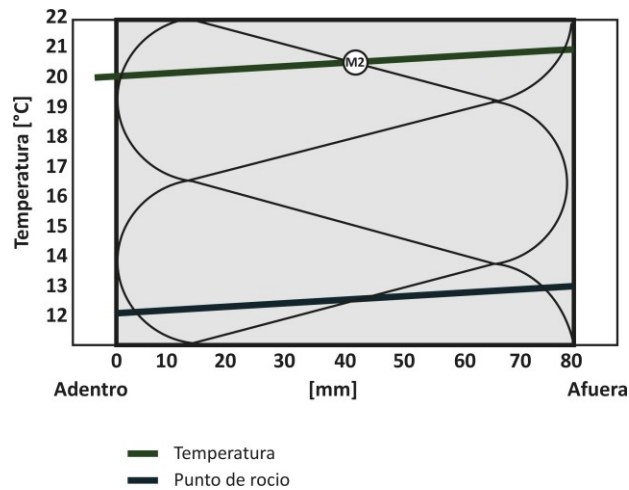


Nota. En esta tabla se encuentran los resultados obtenidos para la muestra M1 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

El punto de rocío en la figura 45 señala la temperatura a la que se condensaría el vapor de agua. Mientras la temperatura del componente esté por encima de la temperatura del punto de rocío, no se produce tal condensación, lo que demuestra que la probeta M1 no se condensaría.

El perfil de temperatura y punto de rocío para la muestra M2 es:

Figura 46. Perfil de temperatura y punto de rocío de la probeta M2

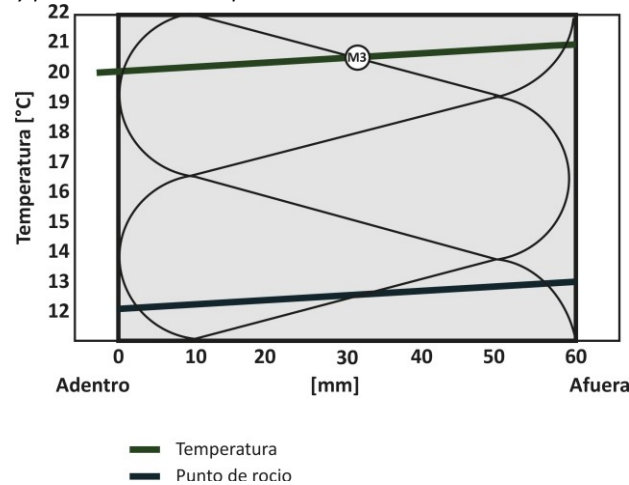


Nota. En esta tabla se encuentran los resultados obtenidos para la muestra M2 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

La figura 46 muestra igualmente que la probeta M2 no se condensaría, es decir, no empezaría a gotear el material.

El perfil de temperatura y punto de rocío para la muestra M3 es:

Figura 42. Perfil de temperatura y punto de rocío de la probeta M3



Nota. En esta tabla se encuentran los resultados obtenidos para la muestra M3 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

La figura 47 permite evidenciar que la probeta M3, al igual que las dos muestras anteriores no se condensaría.

Asimismo, se obtiene la resistencia térmica de las probetas, de este modo para la muestra M1:

Tabla 31 Conductividad térmica y resistencia térmica de la probeta M1

Espesor CM	MUESTRA	λ W/mK	R m ² K/W	Temperatura °C		Peso Kg
				Min	Max	
10	PROBETA M1	0,033	3,290	20,0 20,1 21,0	20,0 20,1 21,0	3,790

Nota. En esta tabla se encuentran los resultados obtenidos para la muestra M1 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

La conductividad térmica de esta probeta es de 0,033 W/mK, lo cual señala que tiene la conductividad térmica necesaria para funcionar como aislante. En cuanto a la resistencia térmica, se entiende que esta es la capacidad que tienen los materiales de aislar el paso de calor de un espacio a otro, significando así

que entre más alto sea este valor, mejor es el aislamiento. En este caso, el valor de resistencia térmica es $3,290 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, un resultado alto, comprobando nuevamente que la probeta funciona bien como aislante térmico.

La conductividad y resistencia térmica para la muestra M2 es:

Tabla 32. Conductividad térmica y resistencia térmica de la probeta M2

Espesor CM	MUESTRA	λ W/mK	R $\text{m}^2 \text{ K/W}$	Temperatura °C		Peso Kg
				Min	Max	
8	PROBETA M2	0,026	3,290	20,0 20,1 21,0	20,0 20,1 21,0	3,032

Nota. En esta tabla se encuentran los resultados obtenidos para la muestra M2 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

La conductividad térmica para esta probeta es de $0,026 \text{ W/mK}$, mejor que la probeta M1. El resultado para la resistencia térmica es de $3,290 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, este es un resultado alto, significando así que esta probeta también funciona muy bien como aislante térmico.

La conductividad y resistencia térmica para la muestra M3 es de:

Tabla 33. Conductividad térmica y resistencia térmica de la probeta M3

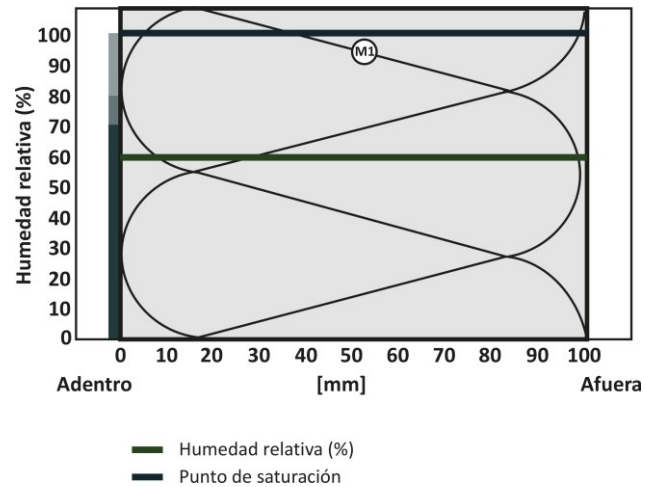
Espesor CM	MUESTRA	λ W/mK	R $\text{m}^2 \text{ K/W}$	Temperatura °C		Peso Kg
				Min	Max	
6	PROBETA M3	0,020	3,290	20,0 20,1 21,0	20,0 20,1 21,0	2,274

Nota. En esta tabla se encuentran los resultados obtenidos para la muestra M3 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

La conductividad térmica de la probeta M3 es de $0,020 \text{ W/mK}$ y el resultado para la resistencia térmica de la misma es de $3,290 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, siendo esta respuesta óptima para establecer que la muestra 3 tiene propiedades aislantes. Se puede concluir que la resistencia térmica en las 3 muestras no varía, por lo que este resultado no depende ni de la conductividad térmica ni del espesor de la probeta. Las 3 muestras tienen propiedades para funcionar como aislante térmico.

En cuanto a la humedad relativa, se establece que esta es la medida del contenido de vapor de agua que se encuentra en el aire, lo que implica la formación de moho en la superficie del material. El porcentaje de humedad relativa para la muestra M1 es:

Figura 43. Humedad relativa de la probeta M1

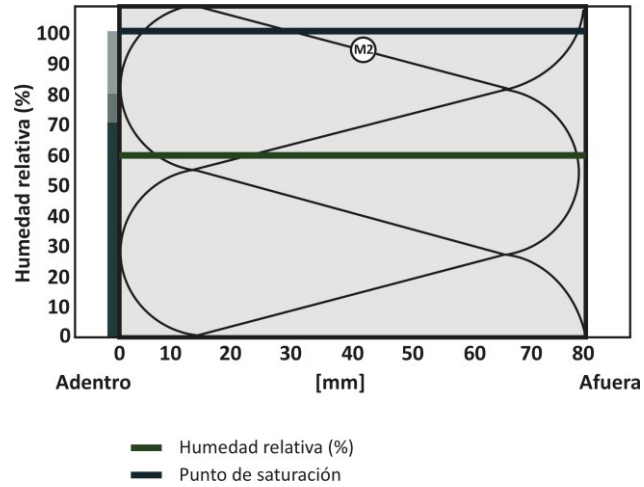


Nota. En esta tabla se encuentran los resultados obtenidos para la muestra M1 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

La temperatura de la superficie es de 20 °C, que conduce a una humedad relativa en la superficie de 60%, en estas condiciones no se forma moho.

Para la muestra M2, la humedad relativa es de:

Figura 44. Humedad relativa de la probeta M2

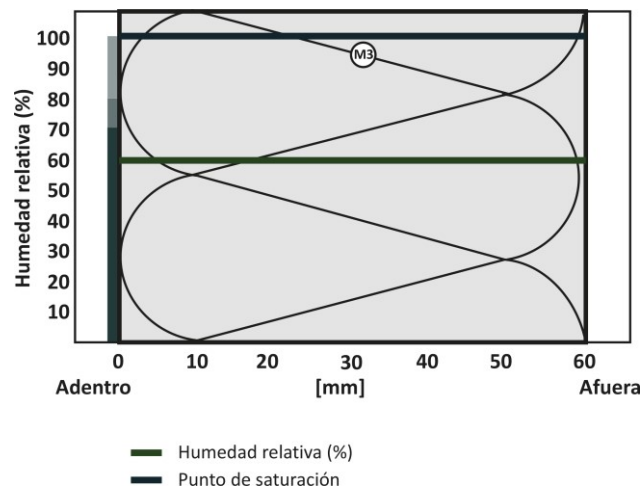


Nota. En esta tabla se encuentran los resultados obtenidos para la muestra M2 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

Del mismo modo, la humedad relativa de la probeta M2 es del 60%, significando así que, bajo estas condiciones, no se espera que le salga moho en la superficie del material.

Los resultados para la humedad relativa de la probeta M3, son:

Figura 45. Humedad relativa de la probeta M3



Nota. En esta tabla se encuentran los resultados obtenidos para la muestra M3 en el software Ubakus. Elaboración propia a partir del software Ubakus.

Asimismo, para la M3 la humedad relativa es del 60%, significando así que tampoco se presenta moho en la superficie de esta muestra.

Es pertinente aclarar que todas las pruebas de laboratorio que se proponen en el diseño metodológico del proyecto no pudieron ser realizadas por motivos de la emergencia sanitaria del COVID-19.

Con los resultados obtenidos, se logra sacar una ficha técnica:

Tabla 34. *Ficha técnica*

FICHA TÉCNICA DE LOS PANELES					
ESPESOR	PESO KG	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (λ)	RESISTENCIA TÉRMICA (R)	CAPACIDAD TÉRMICA INTERIOR KJ/M ² K	RESISTENCIA A LA HUMEDAD
10 CM	1,516	0.033	3,290	76	EXCELENTE
8 CM	1,378	0.026	3,290	55	EXCELENTE
6 CM	1,137	0.020	3,290	34	EXCELENTE

Nota. En esta tabla se encuentran recopilados todos los datos obtenidos en el software y por medio de cálculos matemáticos. Elaboración propia.

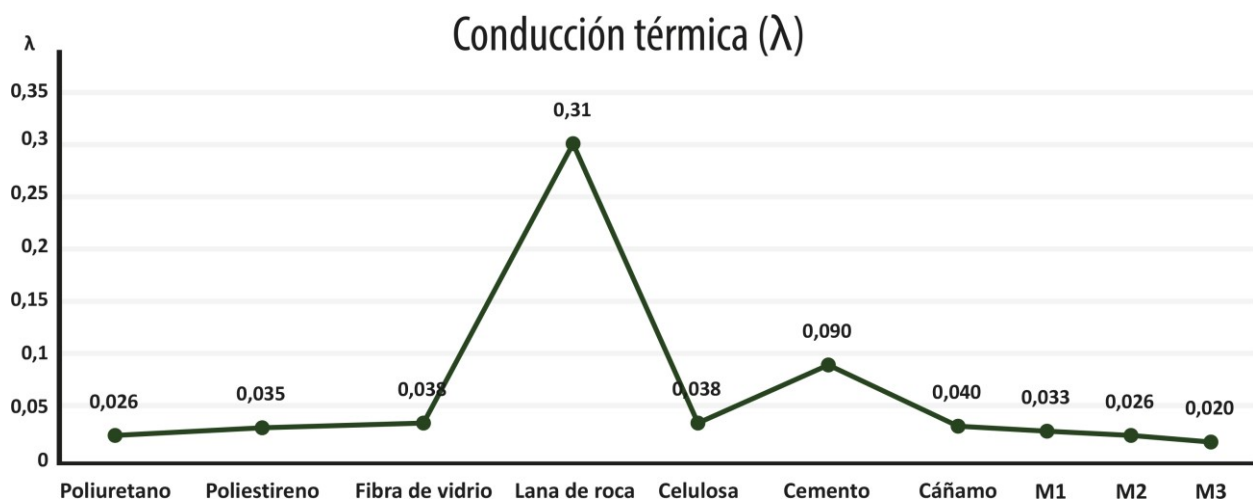
En general y teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede concluir que las probetas M1, M2 y M3 funcionan correctamente como aislantes térmicos, las 3 tuvieron resultados técnicos y de funcionalidad muy parecidos, por lo que se diferencian en aspectos de operatividad, es el espesor que se requiera para un espacio.

Capítulo 2. Estudio comparativo

Se realiza un estudio comparativo de los aislantes sintéticos del mercado, con la propuesta de paneles aislantes a base de cañamiza y la colofonia de pino, en el que se toman los materiales aislantes más usados en el mercado y sus propiedades de aislamiento para posteriormente ser comparados con las propiedades técnicas de la propuesta de paneles aislantes.

En cuanto a la **conductividad térmica**, se logra establecer que los materiales aislantes sintéticos estudiados, presentan una conductividad térmica baja, lo que quiere decir que funcionan correctamente como aislantes. Sin embargo, los que mejor oponen resistencia al paso del calor son la muestra M3 (0,020 W/mK), la M2 (0,026 W/mK), el poliuretano (0,026 W/mK), la M1 (0,033 W/mK), seguido del poliestireno (0,035 W/mK), la celulosa (0,038 W/mK), la fibra de vidrio (0,038 W/mK) y luego el Cáñamo (0,040 W/mK). Esto quiere decir que las muestras a base de cañamiza y resina de pino, junto con el cáñamo se presentan como un material óptimo en aislamiento térmico para competir con los materiales convencionales sintéticos del mercado.

Figura 46 Conductividad térmica de materiales sintéticos aislantes del mercado

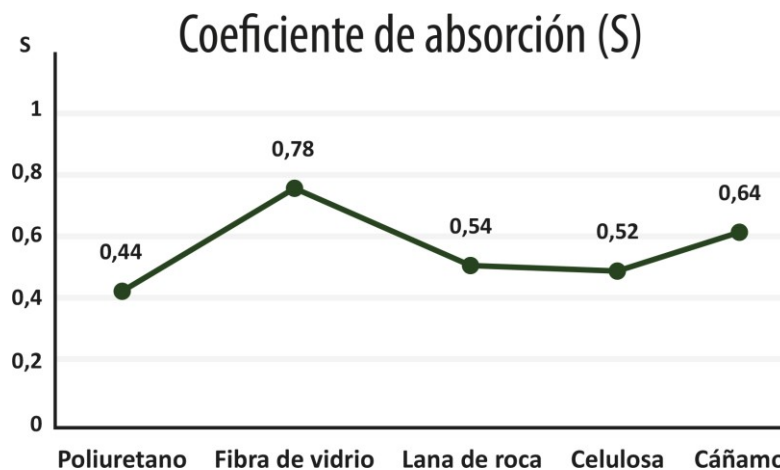


Nota. En esta figura se logran ver las diferentes capacidades de conducción térmica de los materiales sintéticos más conocidos y usados como aislantes en el mercado. Adaptado de: "Sistema de absorción acústico para muros a partir cascarilla de arroz, para disminuir la reflexión de sonido dentro de los espacios" Espejo, 2019. (<http://repository.ugc.edu.co/handle/11396/5632>). Elaboración propia a partir del software Ubakus.

Ahora bien, agregando al análisis los resultados obtenidos en el software, se obtiene que la muestra que mejor conducción térmica presenta, fue la M3 (0,020 W/mK).

En lo que respecta al **coeficiente de absorción**, se usa el coeficiente de absorción del cáñamo debido a que, como se mencionó anteriormente, no se pudo realizar ningún ensayo de laboratorio, no se tiene ningún valor de las probetas para este coeficiente. Se puede observar que los materiales aislantes sintéticos estudiados, con mejor capacidad de absorción de ondas acústicas son la fibra de vidrio (0,78 S), seguido de la fibra de cáñamo (0,64 S). Lo que quiere decir que esta fibra vegetal presenta mejor coeficiente de absorción que la lana de roca (0,54 S), la celulosa (0,52 S) y el poliuretano (0,44 S), materiales muy conocidos y usados como aislantes, estableciendo a esta fibra con un gran potencial para funcionar como alternativa a aislantes sintéticos.

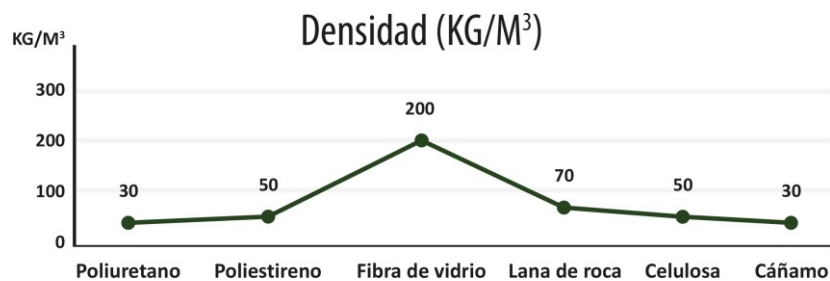
Figura 47. Coeficiente de absorción acústica de materiales sintéticos aislantes del mercado



Nota. En esta figura se logran ver los coeficientes de absorción acústica de los materiales sintéticos más conocidos y usados como aislantes en el mercado. Adaptado de: "Sistema de absorción acústico para muros a partir cascarilla de arroz, para disminuir la reflexión de sonido dentro de los espacios" Espejo, 2019. (<https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/5632>)

Del mismo modo, se tiene en cuenta otro factor de gran importancia para este análisis comparativo de materiales, debido a que la densidad es un parámetro que puede determinar la capacidad y el desempeño de un material absorbente acústico. Se puede observar que la fibra de vidrio (200 KG/M^3) es el material más denso, seguido por la lana de roca (70 KG/M^3), el poliestireno y la celulosa (50 KG/M^3) y el cáñamo (30 KG/M^3), lo que convierte al cáñamo en un material óptimo para usarse como aislante en muros, paredes y tabiques, elementos que no requieran una rigidez específica para cargar peso.

Figura 48. Densidad de materiales sintéticos aislantes del mercado



Nota. En esta figura se logran ver las diferentes densidades de los materiales sintéticos más conocidos y usados como aislantes en el mercado. Adaptado de: "Sistema de absorción acústico para muros a partir cascarilla de arroz, para disminuir la reflexión de sonido dentro de los espacios" Espejo, 2019. (<http://repository.ugc.edu.co/handle/11396/5632>); "Características térmicas de los materiales" Hernández, 2014. (<https://pedrojhernandez.com/2014/04/09/caracteristicas-termicas-de-los-materiales/>)

Es importante tener en cuenta que los valores analizados sobre de la densidad del cáñamo, posiblemente varíen al ser mezclado con la resina de pino.

Por otro lado, se realiza una tabla comparativa de precios en M^2 , en donde es evidente que el cáñamo al ser un material en desarrollo en la industria de la construcción, no se encuentra en mercados de cadena, como si lo hacen materiales como el poliuretano, poliestireno y la fibra de vidrio, mejor conocida como frescasa, es por este motivo que no se encuentra en la figura.

Para esto, teniendo en cuenta las cantidades requeridas, se calculan los el precio en m^2 para los paneles de cañamiza y resina de pino. Cabe agregar que estos precios pueden disminuir al requerirse en gran cantidad, lo que se obtiene para este caso de estudio es un aproximado con los precios y cantidades requeridas.

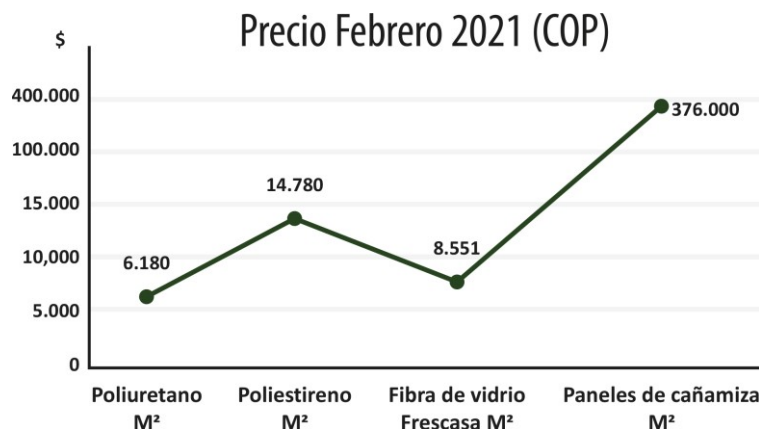
Tabla 35. Estimación del m² de los paneles

PRECIOS		
INSUMO	CANTIDAD (UD, KG, L)	PRECIO FEBRERO 2021 (COP)
MOLDES	1 UD	12,000
CAÑAMIZA	3 KG	30,000
RESINA DE PINO	2 KG	60,000
ALCOHOL 96%	400 ML	4,000
TOTAL COP		106,000
TOTAL M ² COP		376,000

Nota. En la tabla se encuentran las cantidades, los precios y el total para un m² de los paneles aislantes. Elaboración propia.

A continuación, se compara este dato con los precios en m² de distintos polímeros en el mercado.

Figura 49. Tarifas para m² de aislantes sintéticos usados en el mercado



Nota. En esta figura se logran ver las diferentes tarifas que ofrece el mercado de aislantes sintéticos en construcción. Adaptado de: "Aislantes Térmicos / Acústicos" Homecenter, 2021. (<https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/category/cat10552/aislantes-termicos/>)

A partir de este análisis, se puede ver que los paneles a base de cañamiza son aproximadamente 25 veces más caros que los paneles de poliestireno, 43 veces más caros que los de fibra de vidrio y 60 veces más caros que los de poliuretano. Este se convierte en un aspecto desfavorable en comparación con las opciones del mercado, ya que la diferencia de precios es muy alta y por este motivo su adquisición es más exclusiva.

Capítulo 3. Sistema de paneles aislantes

En cuanto al sistema constructivo de la estructura de los paneles a base de cañamiza y colofonia de pino, se realiza un análisis de los diferentes sistemas aligerados para muros y paneles divisorios, lo que quiere decir que **no es un elemento estructural**, en donde la construcción modular muestra ser la opción más apropiada para el proceso de instalación de la propuesta, debido a que estructuralmente una edificación modular es generalmente más resistente que una edificación tradicional, puesto que cada muro esta independientemente construido. Por otro lado, la construcción en seco es más sencilla y eficiente. Asimismo, este proceso ha demostrado ser más ecológico, compartiendo el ideal de la propuesta del sistema de paneles brindada en la presente investigación.

El Modular Building Institute (Instituto de Construcción Modular), establece que existen diferentes métodos de construcción de este tipo, el que mejor se relaciona con la propuesta es *La Construcción con Paneles*, que es prácticamente un proceso en donde los paneles o muros interiores son construidos en fábrica y luego transportados al lugar de construcción, de manera industrializada, beneficiando tanto con un ahorro considerable de tiempo, como con la seguridad de los trabajadores, generando del mismo modo una mayor productividad. Además, este tipo de construcción se considera más sostenible en comparación con los métodos tradicionales, debido a que son más flexibles en cuanto a su ubicación, ya que pueden ser desmontados y reubicados, reduciendo el gasto de materia prima y el gasto energético para un nuevo diseño, demostrando el máximo aprovechamiento y el menor desperdicio del material, dado que todo se fabrica a medida, con un modelo personalizado para la necesidad del diseño, teniendo en cuenta instalaciones de redes, puertas o ventanas y de este modo, con un control de inventario más exacto que no genera tanto desperdicio y mejora la calidad del aire en el espacio de instalación, debido a que se usan materiales secos en este proceso, disminuyendo la posibilidad de que el material absorba altos niveles de humedad. (Cao, 2020).

Diseño del panel como elemento básico

Para este proceso, se tiene en cuenta la norma NSR-10, título A, capítulo A9, elementos no estructurales, en donde estos elementos deben ser diseñados para ser sísmicamente resistentes. En la sección A.9.5-*Acabados y elementos arquitectónicos*, se especifica que los muros interiores son elementos que requieren de un especial cuidado en su diseño, debido a que deben preverse situaciones como el colapso de los mismos. Además, especifica que los elementos deben estar anclados al sistema estructural de resistencia sísmica. Existen 4 diferentes tipos de anclaje, los especiales, dúctiles, no dúctiles y los húmedos. (Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente [NSR-10], Tít. A.5.1, 2010).

Los que se pueden usar específicamente para paneles prefabricados o muros divisorios de altura total son:

Tabla 36. Anclajes para muros divisorios

TIPO DE ANCLAJES			
ELEMENTO NO ESTRUCTURAL	GRADO DE DESEMPEÑO		
	SUPERIOR	BUENO	BAJO
MUROS DIVISORIOS DE ALTURA TOTAL	NO DÚCTILES	NO DÚCTILES	HUMEDO

Nota. En esta tabla se encuentran los tipos de anclaje para los muros divisorios. Adaptado de: “Título A – Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente” Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010. (<https://www.idrd.gov.co/lineamientos-especificaciones-tecnicas-idrd>)

No dúctiles, que son anclajes superficiales por medio de pernos de expansión, este usa pernos con un diámetro menor a 8 milímetros.

Húmedos, es cuando se usan adhesivos que pegan directamente al anclaje.

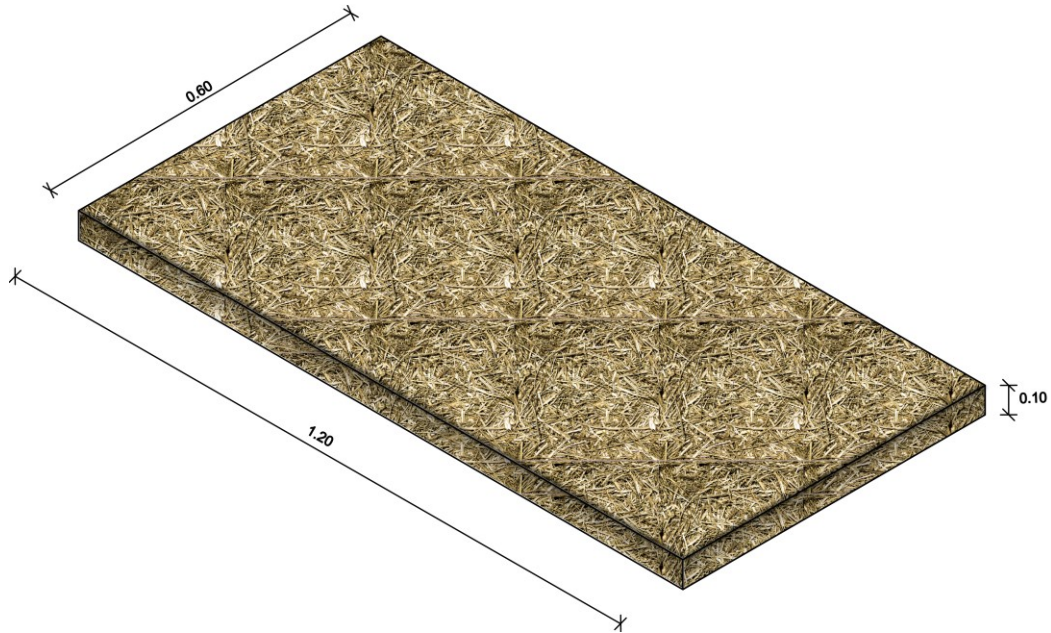
Teniendo todo lo visto anteriormente, se debe establecer las dimensiones estándar de los paneles y para esto, se hace un comparativo de las medidas que manejan los paneles para venta, para de este modo sacar un promedio de las más usadas y demandadas.

Tabla 37. Dimensiones para presentación comercial de paneles en el mercado

DIMENSIONES PARA PRESENTACIÓN COMERCIAL DE PANELES	
TIPO DE PANELES	MEDIDAS (CM)
PANEL FIBROCEMENTO	1.20 x 2.40
PANEL POLIESTIRENO	1.22 x 2.44
PANEL POLIURETANO	1.50 x 2.50
PANEL PVC	30 x 5.8
PANEL W	2.22 x 2.44

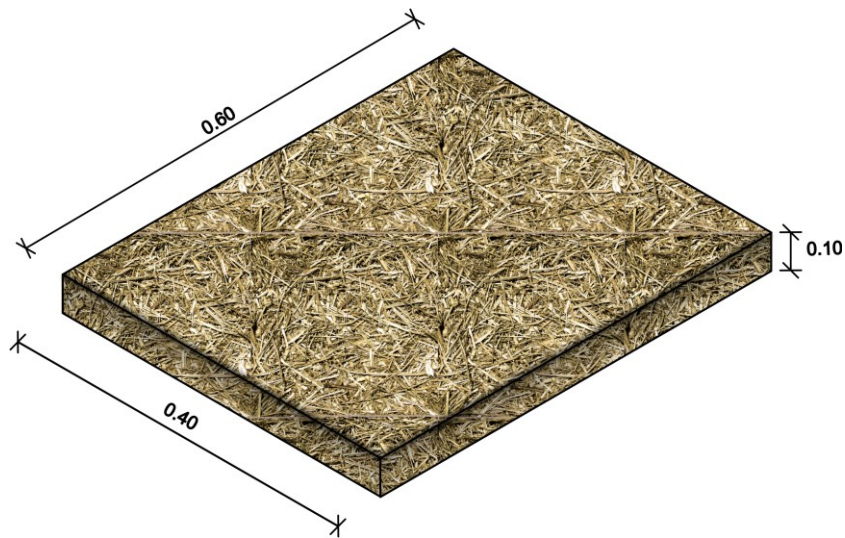
Nota. En esta tabla se pueden ver las diferentes dimensiones que ofrece el mercado de aislantes sintéticos en construcción. Adaptado de: "Placas de Fibrocemento para todo tipo de construcción" Eternit, s. f. (<https://durlock.com/productos/superboard-paredes-exteriores>); "Paneles de Poliestireno Expandido" Superfrigo, s. f. (<http://www.superfrigo.cl/paneles-aislados/paneles-de-poliestireno-expandido/>); "Guía de Construcción Prefabricada Eficiente con Panel Sandwich de Poliuretano" Asociación de la Industria del Poliuretano Rígido de España, 2014. (<https://es.slideshare.net/aislaconpoliuretano/gua-de-construccion-prefabricada-eficiente-con-panel-sandwich-de-poliuretano>); "Tamaños de los paneles de PVC: ¿cuál es la longitud, anchura y grosor de los paneles de pared de plástico, el tamaño estándar para paredes?" DecorexPro, s. f. (<https://es.decorexpro.com/paneli-pvh/razmery-kakie-byvayut/#:~:text=Pueden%20ser%20de%20los%20siguientes,espesor%20%2D%204%2D10%20mm.>); "Muro Estructural" Panel W, 2016. (<http://panelw.com/structural-wall/>).

Con los resultados obtenidos, el promedio de las dimensiones usadas es 1,20 x 2,40 metros. Sin embargo, para poder establecer si esas dimensiones se adaptarían correctamente al panel de cañamiza y resina de pino, se saca un promedio del peso, el cual para la muestra con mayor espesor (M1), da un peso de 18.950 Kg, siendo una lámina muy difícil de transportar y de montar. De este modo, las dimensiones se dividen a la mitad, quedando un panel de 0.60 x 1.20 metros, con un peso de 8 Kg.

Figura 50. Panel a base de cañamiza y resina de pino

Nota. En esta figura se puede ver una aproximación al panel propuesto en el proyecto. Elaboración propia.

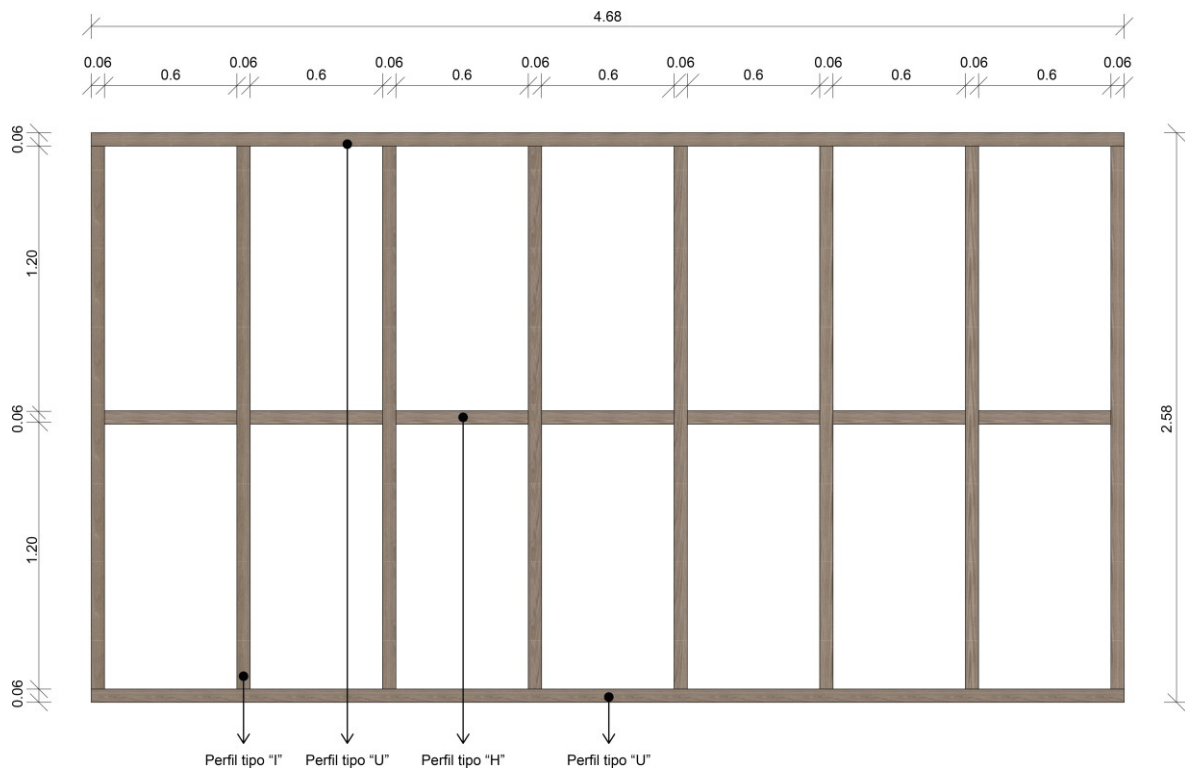
Adicional a esto, se establece otra medida para el caso en el que se deban instalar puertas o ventanas, con medidas de 0.60 x 0.40 metros.

Figura 51. Segunda dimensión de paneles aislantes a base de cañamiza

Nota. En esta figura se puede ver una aproximación al panel propuesto en el proyecto. Elaboración propia.

Se propone que el sistema constructivo se maneje en madera de pino para seguir con la línea de los insumos y conseguir un mejor funcionamiento y acabado. La madera del pino en diseño de interiores, es reconocida por su gran versatilidad y fácil procesamiento, además el uso de este material concuerda con la idea del proyecto, ya que es un material natural, renovable, sostenible y biodegradable. Para esto, se proponen perfiles que se adapten eficientemente a las medidas del panel.

Figura 52. Dimensiones de la estructura

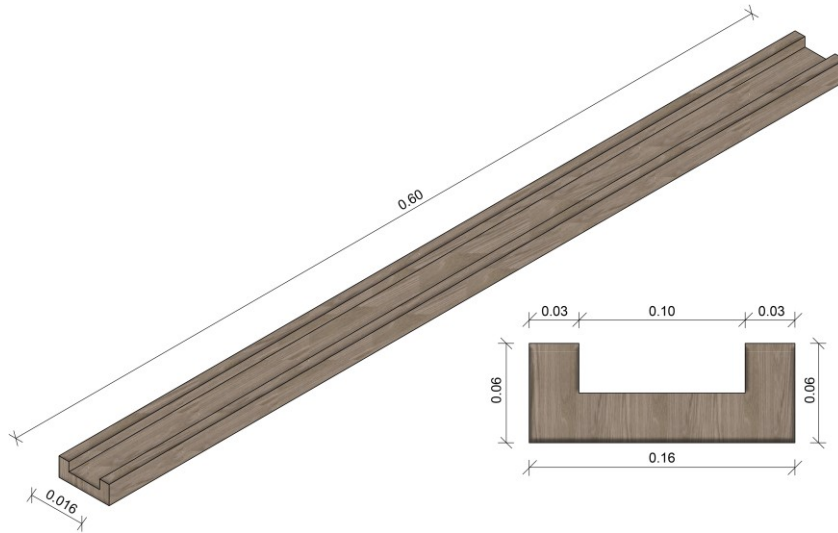


Nota. En esta figura se puede ver la estructura de madera para los paneles aislantes a base de cañamiza. Elaboración propia.

Para lograr esto, se proponen 4 diferentes tipos de perfiles, que son el **perfil tipo U**, **tipo C**, **tipo H** y el **perfil macizo**, cada uno se escoge estratégicamente para cumplir diferentes funciones.

Perfil tipo U se usa como canal, ubicado de forma horizontal en piso y techo como anclaje principal del panel. Las dimensiones varían según el espesor del panel requerido, 10 cm, 8 cm y 6 cm.

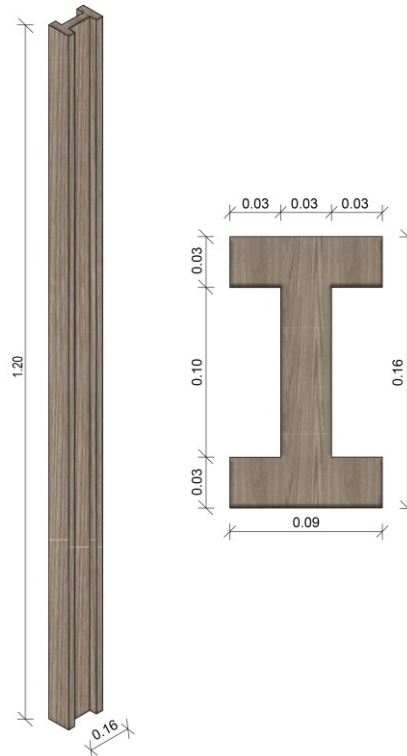
Figura 58. Perfil tipo U para soporte de paneles



Nota. En esta figura se puede ver un perfil en U en madera, que funciona como canal inferior y superior de los paneles. Elaboración propia.

Perfil tipo I usado como unión entre panel y panel, ubicado de manera vertical.

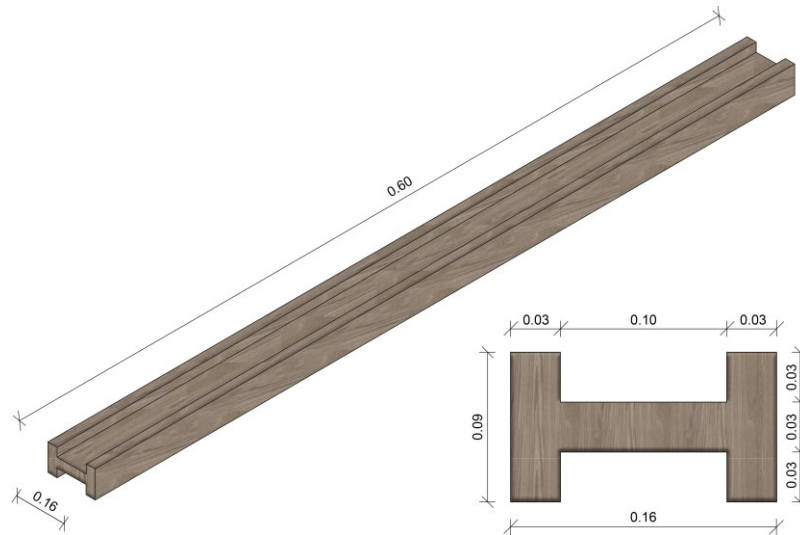
Figura 53. Perfil tipo I para unión panel a panel



Nota. En esta figura se puede ver un perfil en I en madera, que funciona como unión entre cada panel. Elaboración propia.

Perfil tipo H para casos en que los muros sean tan altos que requieran otra hilera de paneles, usado como unión entre panel y panel, ubicado de manera horizontal.

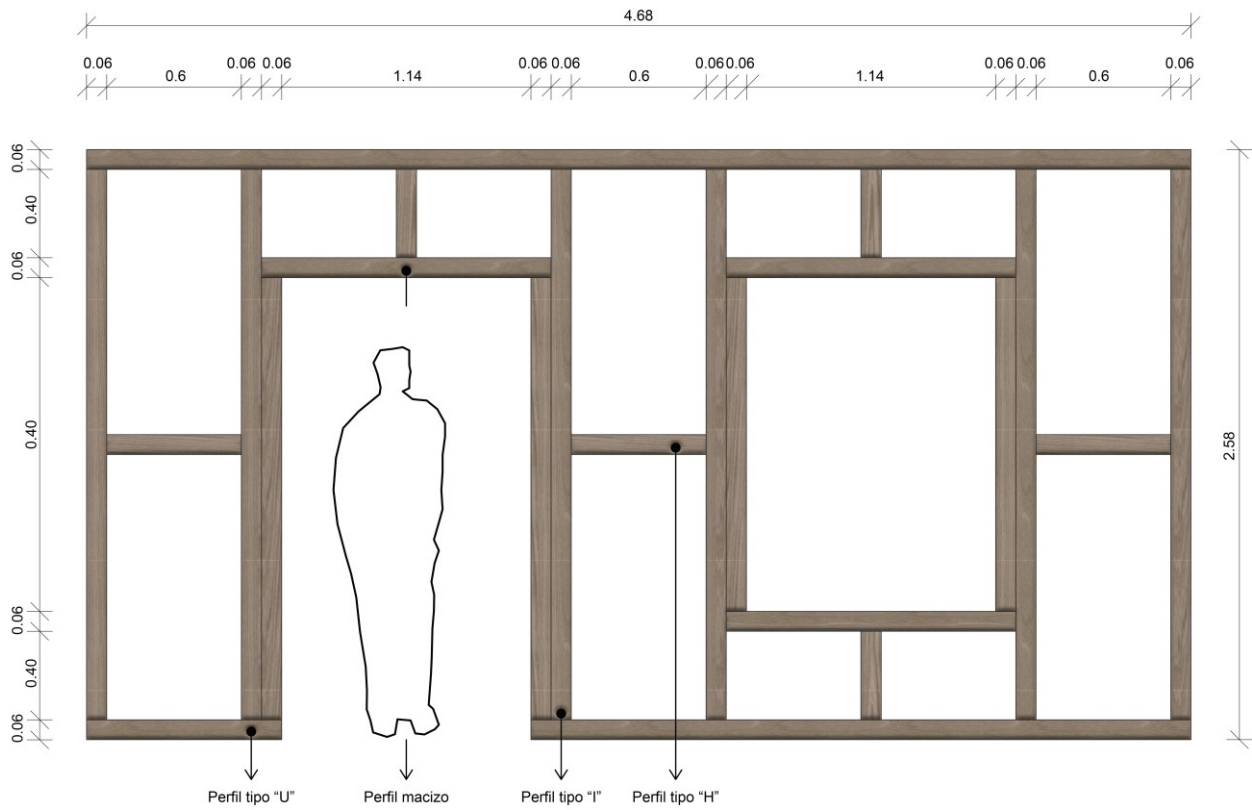
Figura 54. Perfil en H para unión de muros



Nota. En esta figura se puede ver un perfil en I en madera, que funciona como unión entre cada panel. Elaboración propia.

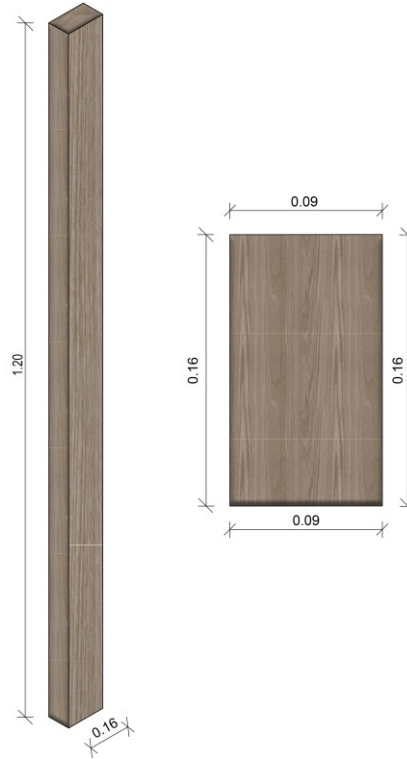
Adicional a esto, para los casos en donde se requiera la instalación de una puerta o una ventana, se propone un perfil el cual funciona como marco, integrándose a la estructura, permitiendo así la instalación de puertas o ventanas.

Figura 55. Dimensiones de la estructura con puertas y ventanas



Nota. En esta figura se encuentran las dimensiones de la estructura para instalación de puertas y ventanas. Elaboración propia.

Finalmente, el **perfil macizo** se usa para hacer los marcos de las puertas y ventanas. Lo ideal es que el perfil se integre a la estructura principal.

Figura 56. Perfil macizo para marco de puertas y ventanas

Nota. En esta figura se puede ver un perfil macizo en madera, que funciona como marco de puertas y ventanas. Elaboración propia.

Asimismo, la idea del diseño de la estructura propone un **diseño estratégico y específico para las uniones** entre los perfiles de manera que sea **sostenible**, minimizando la cantidad de insumos, además, más **pragmático** el ensamble y su acabado sea más prolijo, sin necesidad de usar herrajes, platinas o tornillos entre perfiles. Para lograr un primer acercamiento del diseño de los empalmes, se analiza un documento titulado *Diseño y cálculo de uniones en estructuras de madera*, dirigido por la Sociedad Española de la Madera, el cual en la sección de Diseño de la unión, detalla específicamente las uniones carpinteras. Se establece que en la actualidad se están manejando las uniones tipo empalme que presenten menor cantidad de acero en sus acabados, principalmente por especificaciones que han surgido para evitar la propagación de incendios ocultando y protegiendo materiales de metal. Esta es una práctica que se ha optado para presentar diseños o ensambles en estructuras de madera en donde se maneje un herraje oculto o no se perciba la unión para lograr así un acabado más prolijo. (Arriaga et al., s, f).

Para tener éxito en una unión se deberá cumplir tres requisitos, que son:

Simplicidad: Entre más sencillo sea el empalme, mejor será su resultado estética y mecánicamente hablando.

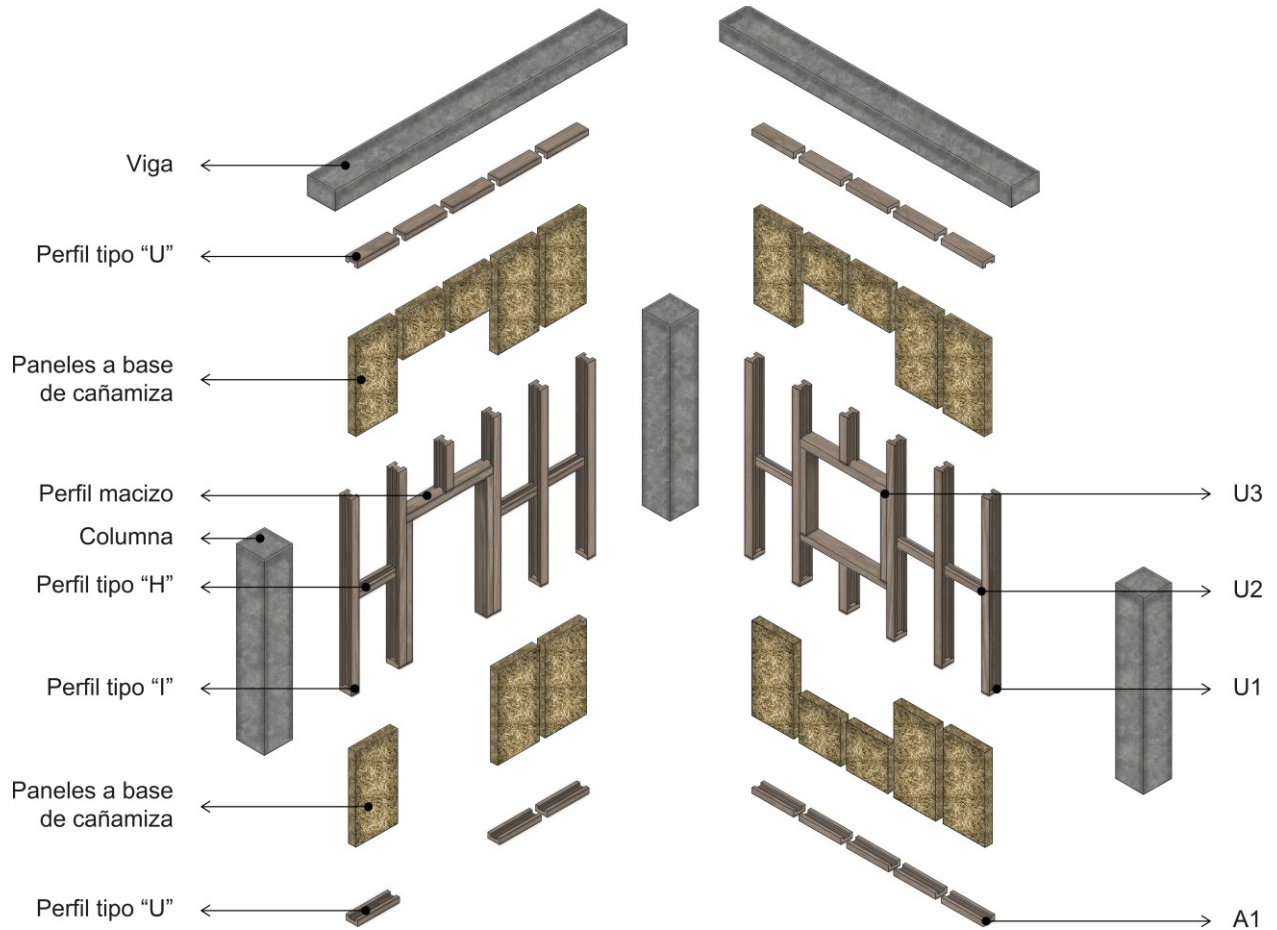
Mínimo material auxiliar: Cuanto menos material auxiliar, entiéndase por las fijaciones, se necesiten, más prolijo será su aspecto por lo que se requiere de menos material y menos gastos.

Fabricación y montaje: Es preferible diseñar las uniones pensando en que su proceso de fabricación y montaje sea sencillo.

Las uniones carpinteras son tradicionalmente conocidas como “carpintería para armar” y la propiedad que la caracteriza es que esta requiere un nivel de precisión bastante alto (Arriaga et al., s, f).

Sin embargo, como la resina de pino es muy conocida por su capacidad de adherencia, se propone como pegante o cola para reforzar la unión de los empalmes de los perfiles de madera. En la figura 63 se puede observar el sistema de paneles por partes, de manera que sea más sencillo de entender cada ensamble y anclaje necesario para el montaje del sistema de paneles aislantes termoacústicos a base de cañamiza y resina de pino.

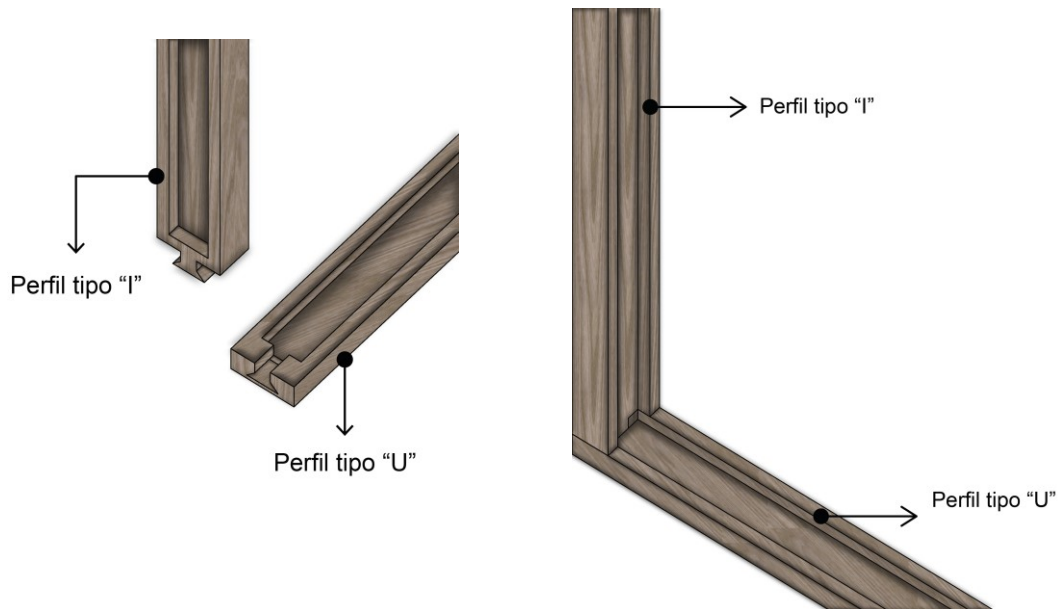
Figura 57. Sistema estructural por partes



Nota. En la presente figura se logra observar cada parte del sistema de paneles con sus diferentes anclajes y empalmes. Elaboración propia.

Los empalmes propuestos son el empalme **U1**, que es entre el **perfil tipo "U"** con el **perfil tipo "I"**:

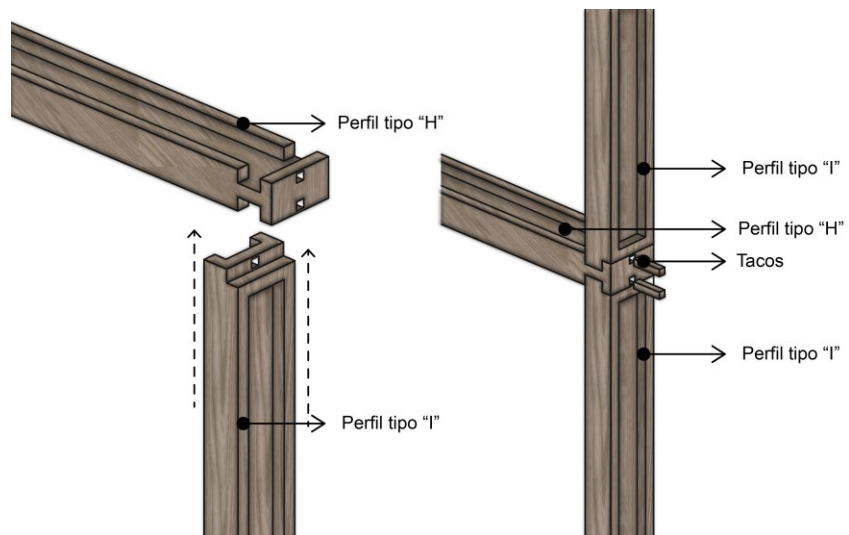
Figura 58 Empalme U1, perfil tipo "U" a perfil tipo "I"



Nota. En la figura se observa el empalme U1, entre los perfiles tipo "U" y tipo "I". Elaboración propia.

También se encuentra el empalme **U2**, que es entre el **perfil tipo "I"** con el **perfil tipo "H"**:

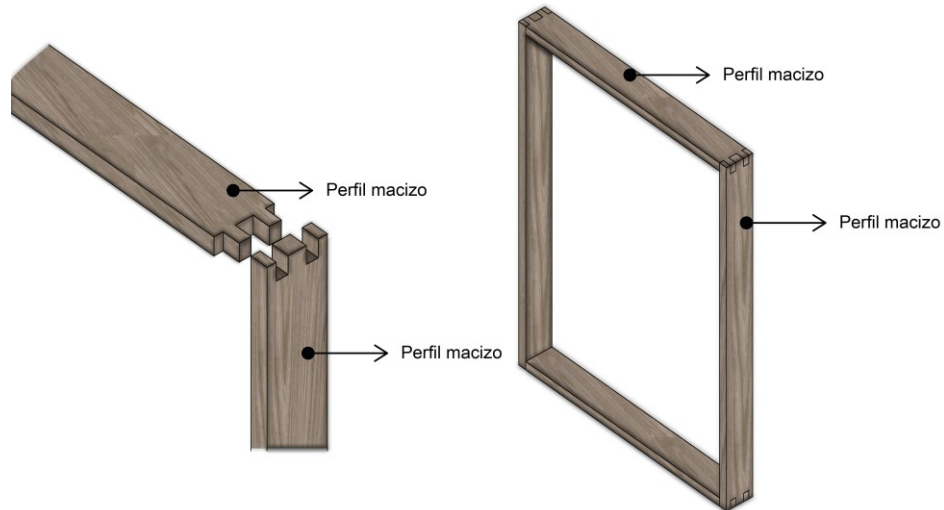
Figura 59. Empalme U2, perfil tipo "I" a perfil tipo "H"



Nota. En la figura se observa el empalme U2, entre los perfiles tipo "I" y tipo "H". Elaboración propia.

Por último, en lo que respecta a los empalmes, está el **U3**, que es entre los **perfiles macizos**:

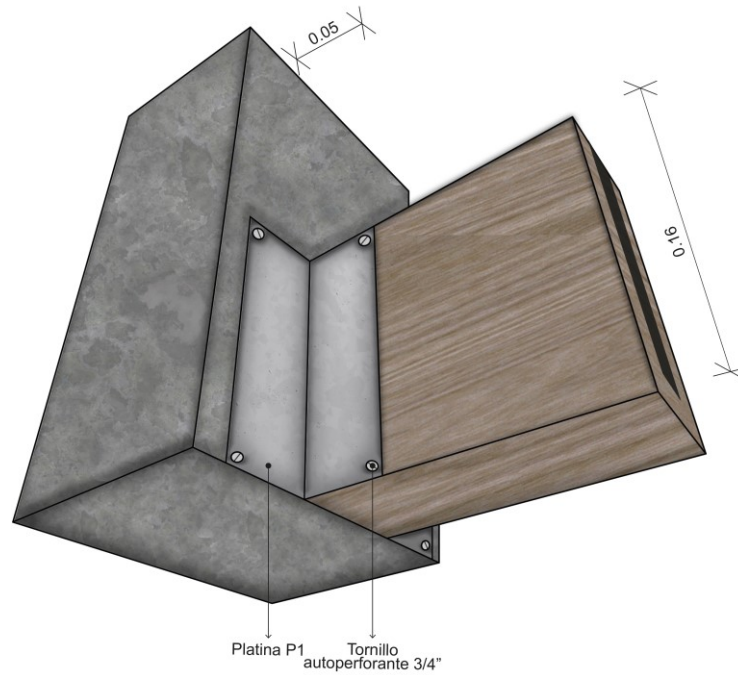
Figura 60. *Empalme U3, perfiles macizos*



Nota. En la figura se observa el empalme U3, entre los perfiles macizos para generar los marcos de las puertas y ventanas.

Ahora bien, en cuanto a los anclajes del sistema de paneles a la estructura principal de una edificación, se propone el **anclaje A1**, es del **perfil tipo "U"** a una columna o muro estructural, que funciona correctamente tanto en la parte inferior del sistema como en la parte superior, arriba o debajo de la columna.

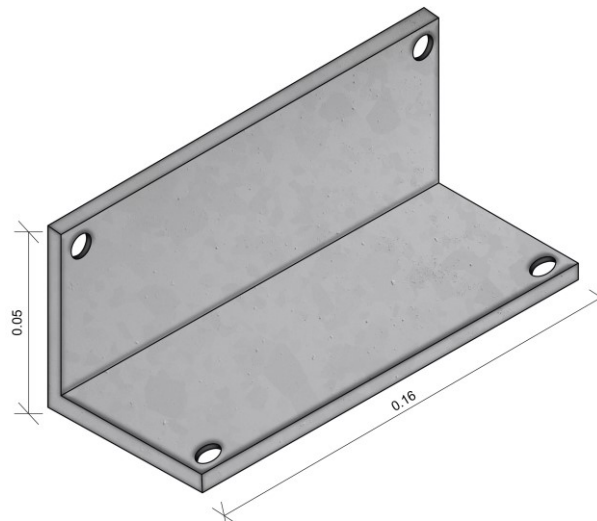
Figura 61. Detalle de anclaje A1, de columna o muro estructural a perfil tipo "U"



Nota. En esta figura se puede ver el detalle de anclaje de una columna o muro estructural a un perfil tipo "U" Elaboración propia.

El ángulo de refuerzo para este anclaje es en acero de calibre 18, se le da el nombre de **P1**.

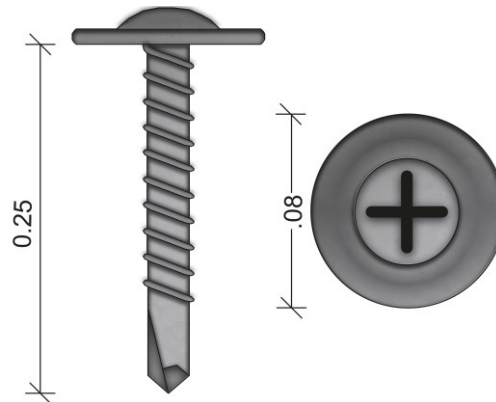
Figura 62. Ángulo de refuerzo o platina P1



Nota. En esta figura se puede observar la platina usada para anclar una columna o muro estructural al perfil tipo "U". Elaboración propia.

El tipo de tornillo usado para la unión 1 es un tornillo autoperforante de 3/4" de 2.5 cm de longitud:

Figura 63. Tornillo autoperforante de 3/4"



Nota. En esta figura se puede observar las dimensiones del tornillo autoperforante para el anclaje del sistema de paneles al sistema constructivo principal de una edificación. Elaboración propia.

Estos cortes se aconseja realizarlos con una *sierra de mesa*, la cual es ideal para realizar cortes rectos y precisos ya que la mesa permite mantener el material fijo en una superficie y esta cuenta con una guía que posibilita el trabajo con exactitud. (De Madera, 2020).

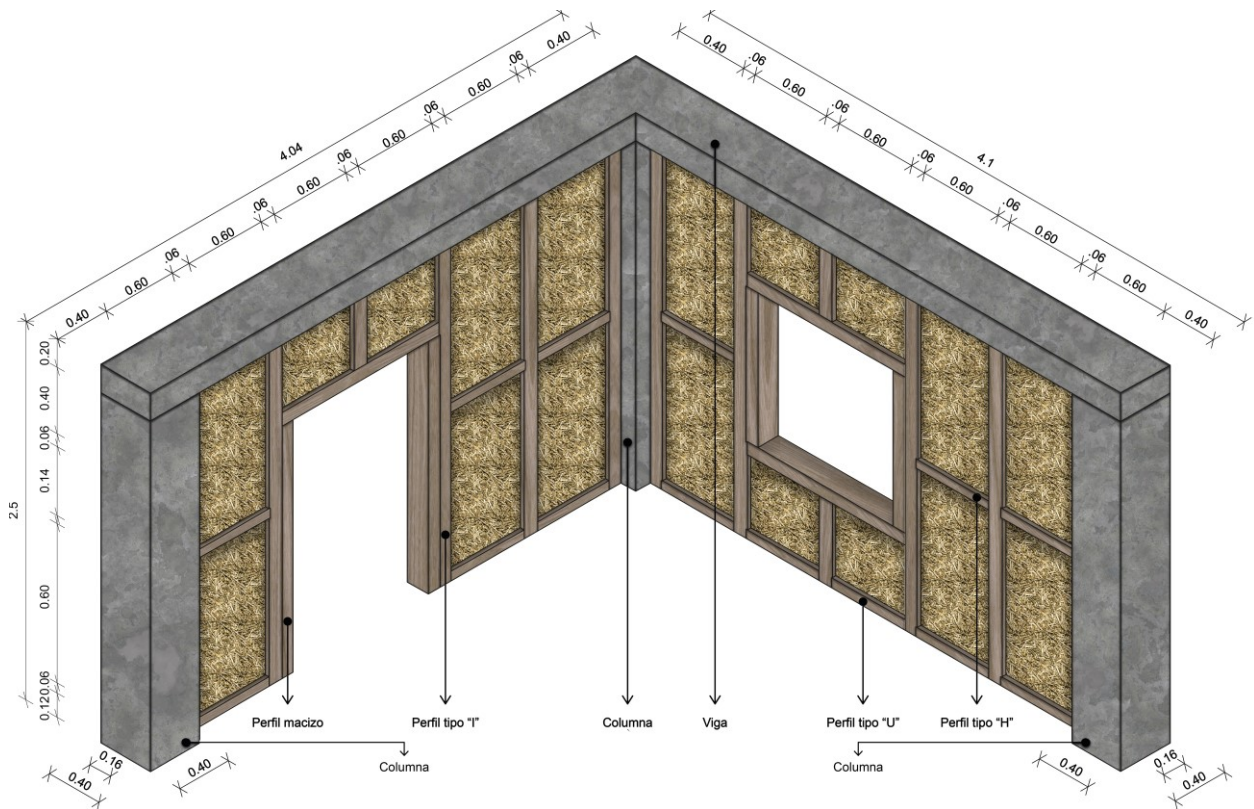
Figura 64. Sierra de mesa



Nota. En esta figura se puede ver una sierra de mesa, herramienta especializada para cortar madera de forma precisa y exacta. Tomado de: "Las mejores herramientas para cortar la madera y darle forma" De madera, 2020. (<https://demadera.pro/herramienta/para-cortar-la-madera/>)

Teniendo en cuenta todo lo visto anteriormente, el resultado y como se vería la estructura terminada, es:

Figura 65. Sistema estructural del sistema de paneles



Nota. En esta figura se logra ver todo el ensamble del sistema de paneles a base de cañamiza. Elaboración propia.

Capítulo 4 Guía técnica

La guía de especificaciones técnicas del sistema de paneles se realiza de modo que se logre comprender de manera más específica, como se deben elaborar los paneles para obtener buenos resultados y esto, se puede entender del mismo modo como las conclusiones específicas del desarrollo y elaboración de los paneles.

Primero es importante y necesario mencionar que la resina o colofonia de pino en el mercado no se consigue líquida, por lo que el proceso de dilución del aglutinante es un punto importante en el proceso de elaboración y esto se realiza con alcohol etílico de 96% de concentración. Para el manejo de líquido es importante el uso de elementos de protección como guantes, gafas, tapabocas y delantal; también se recomienda no fumar durante su uso, no poner en contacto con la piel, ojos, mucosas, entre otros. (Agencia española de medicamentos y productos sanitarios, 2017). De esta manera, la dosificación apropiada para esto es: 1:5, es decir una porción de alcohol por cinco porciones de volumen de 80 gramos de resina de pino, este proceso puede durar entre dos a tres días y es necesario revisar la mezcla cada cierto tiempo para batirla o agitarla.

Una vez realizado este proceso, se requiere de cáñamo, específicamente de cañamiza, la cual actualmente y como se ha podido observar anteriormente, su manejo y obtención es legal en territorio nacional, solo hay que tener en cuenta que las fechas de producción son diferentes en cada empresa ya sea por su ubicación geográfica o por motivos internos de la misma. Para poder obtener un mejor resultado, se hidrata la cañamiza con agua de quince a veinte minutos, tanto para remover cualquier impureza o partícula de polvo o arena, como para que reciba de manera sencilla al aglutinante.

Posteriormente se procede a verter la mezcla proporcionalmente por todo el molde para luego ser compactados. Cabe aclarar que, en la práctica de este proyecto de investigación, el proceso de elaboración y específicamente el de compactación fue completamente artesanal por lo que no se pudo usar una prensa que ayuda a realizar de mejor manera este trabajo, es por esto que se recomienda y se

considera imprescindible que se use maquinaria especializada para comprimir los moldes y obtener así mejores acabados y resultados. Es recomendable que estén mínimo 24 horas en el molde para que el material logre apretarse y estar firme al momento del desmolde, luego de esto, los paneles pueden durar entre 12 a 24 horas en secarse.

Ahora bien, en cuanto a la estructura del sistema de paneles, esta se propone en madera de pino para seguir con la tendencia del proyecto y manejar los mismos insumos. Se establece un anclaje para unir al sistema de paneles con el sistema estructural principal de una edificación, como a las columnas o a un muro. Este anclaje se denomina A1 y funciona tanto en la parte inferior de la columna como en la superior, es decir, arriba o debajo de la columna, se maneja el mismo anclaje.

Por otro lado, están las uniones entre perfiles, en donde el proyecto propone un diseño estratégico de ensamblajes entre perfiles para de este modo proporcionar un acabado más prolijo y disminuir en gastos de platinas, herrajes, tornillos y la mano de obra que esto requiere. Se encuentra el **empalme U1**, que es la unión del **perfil tipo "U"** con el **perfil tipo "I"**, el **empalme U2**, que es entre los **perfiles tipo "H"** y los **perfiles tipo "I"**, y por último, el **empalme U3**, que es para generar los marcos con los perfiles macizos para el caso en el que se requiera de puertas y ventanas. Para estos empalmes, es preciso realizar los cortes con la sierra de mesa, herramienta mencionada anteriormente, para lograr cortes limpios y exactos.

Adicional a esto, como bien se explicó anteriormente, la resina de pino es muy conocida por su capacidad de adherencia, por este motivo, se propone como pegante o cola para reforzar la unión de los empalmes de los perfiles de madera.

Continuando con las especificaciones de la estructura, esta viene con medidas estándar para paneles de 0.60 x 1,20 metros y para los casos en donde se requiera el montaje de una puerta o ventana, están los paneles de 0.40 x 0.60 metros.

Figura 66. Portada guía técnica



Nota. Portada guía técnica. Elaboración propia.

Figura 67. Tabla de contenido e índice



Nota. Tabla de contenido e índice de la guía técnica. Elaboración propia.

Figura 74. ¿Qué son los paneles Pine Hemp?



Nota. Explicación de ¿Qué son los paneles Pine Hemp? Elaboración propia.

Figura 68. Método de obtención del cañamo y la cañamiza



Nota. Explicación de los métodos de obtención del cañamo y la cañamiza. Elaboración propia.

Figura 69. Método de obtención de la resina de pino



Nota. Explicación de los métodos de obtención del cañamo y la cañamiza. Elaboración propia.

Figura 70. Elaboración de paneles



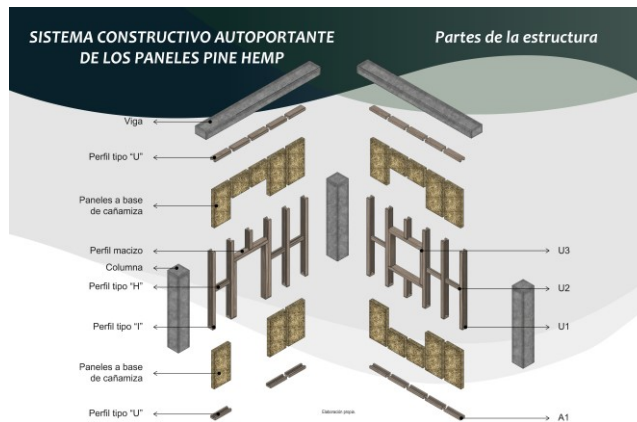
Nota. Explicación de la elaboración de paneles Pine Hemp. Elaboración propia.

Figura 71. Elaboración de los paneles II



Nota. Explicación de la elaboración de paneles Pine Hemp. Elaboración propia.

Figura 72. Sistema constructivo autoportante de los paneles Pine Hemp



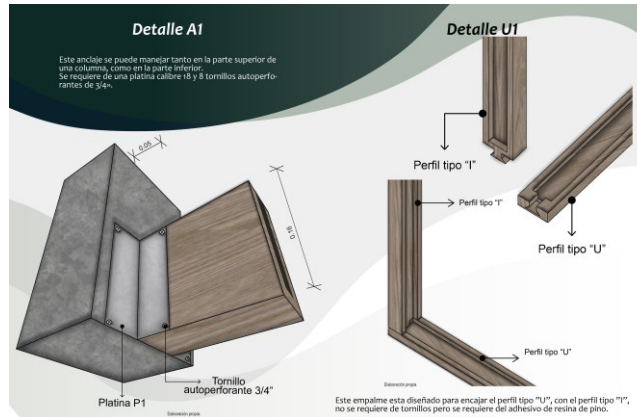
Nota. Explicación del sistema constructivo de los paneles Pine Hemp. Elaboración propia.

Figura 80. Sistema constructivo autoportante de los paneles Pine Hemp



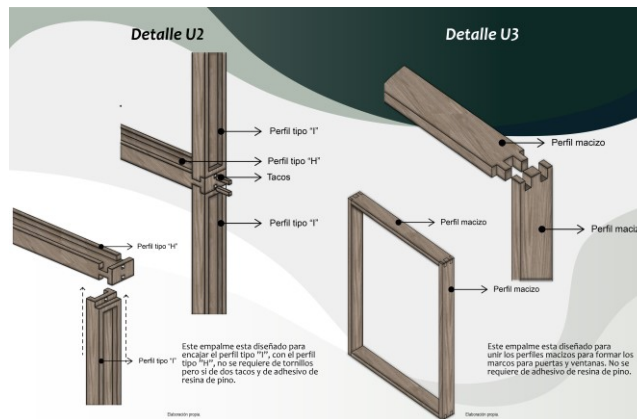
Nota. Explicación del sistema constructivo de los paneles Pine Hemp. Elaboración propia.

Figura 73. Detalles



Nota. Explicación de los diferentes detalles de la estructura. Elaboración propia.

Figura 74. Detalles II



Nota. Explicación de los diferentes detalles de la estructura. Elaboración propia.

Figura 75. Especificaciones técnicas de los paneles Pine Hemp

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS PANELES PINE HEMP

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS					
ESPOSOR	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (λ)	DENSIDAD KG/M ³	RESISTENCIA TÉRMICA (R)	CAPACIDAD TÉRMICA INTERIOR KJ/M ² K	RESISTENCIA A LA HUMEDAD
10 CM	0.033	1,516	3,290	76	EXCELENTE
8 CM	0.026	1,378	3,290	55	EXCELENTE
6 CM	0.020	1,137	3,290	34	EXCELENTE

Nota. Tabla con las especificaciones técnicas de los paneles Pine Hemp. Elaboración propia.

Figura 76. *Fin de la guía técnica*



Nota. Imaginario del uso del sistema de paneles Pine Hemp. Elaboración propia.

Conclusiones

Resultados y conclusiones

Después del desarrollo de este proyecto, se logra concluir que la construcción es una de las industrias que más contaminación y efectos negativos genera en el medio ambiente. Es por esto que desde la arquitectura y la construcción civil se deben aportar ideas de innovación, que tengan en cuenta todo el ciclo de vida de una edificación, y en ese orden de ideas, de los materiales de construcción que se planean usar, impulsando a que mediante estas propuestas se logre reducir el impacto que se ha generado a lo largo del tiempo.

También, se identifica que los polímeros sintéticos usados en construcción generan un gran daño medioambiental desde su extracción y producción, ya que requieren de un gasto energético y de hornos que generan CO₂ al ambiente, donde su uso además promueve la vulnerabilidad a enfermedades respiratorias o cutáneas y por último su demolición y finalización de vida útil, que es una de las fases que menos se tiene en cuenta actualmente, y en consecuencia, estos escombros terminan en vertederos y en el peor de los casos, en fuentes hídricas, afectando no solo los ecosistemas de la zona sino a toda la cadena alimenticia.

En los análisis realizados en el estado del arte, se logra inferir que la fibra de cáñamo en construcción puede ser usado con diversos aglutinantes como la tierra, la cal, el cemento y, es por esto que se decide implantar en la propuesta el uso de un aglutinante natural y renovable, estableciendo así que la propuesta de una alternativa y posible sustituto de polímeros sintéticos, busca ser 100% ecológica y sobre todo, usar recursos renovables que no alteren al medio ambiente ni que generen desechos permanentes innecesarios en el mismo.

En el análisis del estado del arte, se logra establecer que no se tiene documentado ningún tipo de análisis o investigación que implemente la fibra de cáñamo con aglutinantes naturales y renovables y este

es el punto innovador que caracteriza a este proyecto, la propuesta de un material a base de fibra de cáñamo que implemente aglutinantes naturales renovables, generando así una propuesta completamente natural.

La población objetivo de este proyecto es un apartado de gran importancia para los resultados, análisis y conclusiones de la investigación, ya que los resultados de los ensayos son los que establecerán cuáles son los lugares y espacios adecuados en los que se aconsejaría implementar el sistema de paneles aislantes. Sin embargo, en vista de que no fue posible realizar estos ensayos, la población objetivo de esta investigación no es específica ni estática, se establece por medio del que esté interesado en el uso de materiales naturales de construcción.

Ahora bien, a lo largo de la historia se ha documentado el uso del cáñamo en la construcción, pero como bien lo dice el arquitecto Souza (2020), esta es una práctica a la cual se ha desistido probablemente por dos factores importantes. El primero es por su carácter de prohibición, la cual limita a gran escala su uso para investigaciones y uso científico en la industria y, el segundo es el gran desconocimiento que existe sobre la misma, que es prácticamente una consecuencia del primer factor.

En cuanto a la fase investigativa se logra reconocer en primera instancia que, para las muestras, se debe tener en cuenta aspectos como el espesor, densidad, dosificación y la forma de la muestra, demostrando ser características importantes para diseñar un elemento o material de construcción que se adapte y responda a fenómenos térmicos y acústicos como la absorción, la reverberación, entre otros. Además, es necesario tener en cuenta que la textura debe ser adecuada para brindar un buen acabado, apacible y estéticamente agradable.

Teniendo en cuenta la viabilidad del proyecto, se puede concluir que existen varias alternativas en cuanto a empresas y organizaciones, con las cuales se puede conseguir la fibra de cáñamo para construir los paneles aislantes en el territorio nacional.

A medida que se realizaba el proceso de dilución del aglutinante, se logra evidenciar que esta es una sustancia líquida viscosa y muy pegajosa, con una gran capacidad de adherencia y este es el motivo por el cual se propone como pegante para reforzar las uniones de los empalmes de los perfiles de madera.

En la práctica, se pudo establecer que, para diseñar un nuevo material, no existe una dosificación o proporción específica de mezcla, siendo mediante pruebas y ensayos como se establece esta fórmula durante este proceso.

Asimismo, en la práctica fue muy evidente la necesidad del uso de herramientas que proporcionen un mejor resultado, específicamente de una prensa que logre comprimir el material para obtener un acabado más prolijo y estable.

En cuestión de practicidad, se evidenció que el diseño de los empalmes de madera trae beneficios debido a que no existe un gasto extra de insumos y materiales para lograr armar el sistema estructural de los paneles, sino que se aprovecha la facilidad que tiene la madera para ser cortada de forma precisa, para posteriormente ser ensamblada sin necesidad de elementos de acero.

De igual forma, se establece que el motivo por el cual se usa el cáñamo en este proyecto, es debido a sus grandes propiedades y características físicas, las cuales tienen la facultad de funcionar como alternativa vegetal a materiales aislantes a base de polímeros sintéticos. El uso de esta planta en construcción también puede favorecer a la población campesina y agrícola colombiana desde este campo, mediante los cultivos de las zonas rurales del país, apoyando también al Programa Nacional de Sustitución de Cultivos Ilícitos. Con lo anterior se busca evitar de este modo el uso de herbicidas tóxicos como el glifosato por aspersión aérea que trae consigo innumerables riesgos para la salud de los ecosistemas y de nuestros campesinos, con la implementación de un material pasivo con el medio ambiente, logrando así que la industria de la construcción logre disminuir las emisiones de CO₂ que genera.

Lista de Referencia o Bibliografía

- Acosta, D. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: Conceptos, Problemas Y Estrategias. *Dearq*.
<https://doi.org/10.18389/dearq4.2009.02>
- Acosta, D. (2017). Arquitectura y construcción sostenibles: Conceptos, Problemas Y Estrategias. *Dearq*.
<https://doi.org/10.18389/dearq4.2009.02>
- Acuerdo 01/17, abril 26, 2017. Comisión Técnica para el seguimiento al proceso de diseño, implementación, ejecución y cumplimiento de la reglamentación sobre el uso médico y científico del cannabis. (Colombia). Obtenido el 23 de febrero de 2021.
http://normograma.invima.gov.co/docs/acuerdo_ctcannabis_0001_2017.htm
- Acoustic Protection Solutions. (2016). Aislamiento a Ruido de Impacto. *dBcover*.
<https://dbcover.com/es/soluciones-acusticas/aislamiento-a-ruido-de-impacto/>
- Acustival. (2019). Diferencia entre ruido aéreo y de impacto—Acustival. *Ingeniería acústica - Aislamientos y acondicionamientos acústicos - Puertas acústicas - Silenciadores*.
<https://acustival.com/diferencia-entre-ruido-aereo-y-ruido-de-impacto/>
- Adames, G. A. M., & Álvarez, M. C. G. (2012). Problemas de Confort Térmico en Edificios de Oficinas. Caso Estudio: Torre Colpatría en la Ciudad de Bogotá. *de Tenth LACCEI Latin American and Caribbean Conference, Panamá*.
- Agencia española de medicamentos y productos sanitarios. (2017). *Ficha técnica alcohol 96°*.
https://cima.aemps.es/cima/dochtml/ft/58543/FT_58543.html#4-4-advertencias-y-precauciones-especiales-de-empleo
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2016). *Resumen de Salud Pública: Fibras vítreas sintéticas (Synthetic Vitreous Fibers)*. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs161.html
- Albeck-Ripka, L. (2018). *The 'Great Pacific Garbage Patch' Is Ballooning, 87,000 Tons of Plastic and Counting*. <https://www.nytimes.com/2018/03/22/climate/great-pacific-garbage-patch.html>

Amigó, V., Salvador, M. D., Sahuquillo, O., Llorens, R., & Martí, F. (2008). Valorización de residuos de fibras vegetales como refuerzo de plásticos industriales. *I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos*, 1-8.

https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Valorizaci%C3%B3n+de+Residuos+de+Fibras+Vegetales+como+Refuerzo+de+Pl%C3%A1sticos+Industriales%2C+&btnG=

Amigó, V., Salvador, M., Sahuquillo, O., Llorens, R., & Martí, F. (2008). Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos—Valorización de residuos de Fibras Vegetales como refuerzo de plásticos industriales. <http://www.redisa.net/simposios.html>

Argentina Green Building Council. (2018). *¿Cómo afecta la construcción al medio ambiente? ¿Qué hacemos para minimizar el impacto?* Argentina Green Building. <http://www.argentinagbc.org.ar/?articulos=como-afecta-la-construccion-al-medio-ambiente>

Arista. (s, f). *El ABC de la acústica arquitectónica y su importancia en los ambientes colaborativos*. <https://www.aristaint.com/inspire/abc-de-la-acustica-arquitectonica-en-ambientes-colaborativos>

Arriaga, F., Iñiguez, G., Herrero, M., Argüelles, R., & Fernández, J. (s, f). Diseño y cálculo de uniones en estructuras de madera. En Madera. Construcción (Ed.), *Documento técnico* (pp. 27-54). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/9780230306462_5

Asociación Colombiana de Industria de Cannabis. (2020). Cannabis medicinal en Latinoamérica y el Caribe. *Asocolcanna*. <http://asocolcanna.org/noticias/cannabis-medicinal-en-latinoamerica-y-el-caribe-reportaje-especial/>

Asociación Colombiana de Industria de Cannabis. (s, f). Normativa. *Asocolcanna*. <http://asocolcanna.org/normativa/>

Asociación de la Industria del Poliuretano Rígido de España. (2014). *Guía de Construcción Prefabricada Eficiente con Panel Sándwich de Poliuretano* [Sector inmobiliario].

<https://es.slideshare.net/aislaconpoliuretano/gua-de-construccion-prefabricada-eficiente-con-panel-sandwich-de-poliuretano>

Avicanna. (2017). The Science. *Avicanna | A Leader in Biopharmaceutical Advancements in Cannabis*.

<http://www.avicanna.com/the-science/>

Ayala, J., & Barbosa, C. (2014). Determinación de la resistencia a la tracción y tenacidad de un material compuesto a partir de bagazo de caña de azúcar y almidón de yuca a través de los ensayos de tensión de impacto Charpy. *instname: Universidad Santo Tomás*.

<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/2669>

BBC News. (2015). Colombia fully legalises medical marijuana. *BBC News*.

<https://www.bbc.com/news/world-latin-america-35165169>

Beltrán, S., Omaña, M., Cobaleda, D., González, P., Alcázar, R., Torres, J. de los R., & Aristizábal, J. (1983).

Muros A, Material autoformativo. <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/6897>

Benazco, L. (2015). *Preparación y caracterización de fibras naturales*.

https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:IKy3TyMllzoJ:scholar.google.com/+CA RACTERIZACION+DEL+CA%C3%91AMO+EN+CONSTRUCCION&hl=es&as_sdt=0,5

Briones, M. L., & Jacobo, G. J. (2018). *Análisis comparativo de los materiales aislantes de la construcción de aplicación en el NEA según criterios de sustentabilidad*. X Congreso Regional de Tecnología en

Arquitectura (CRETA) (La Plata, 2018). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71330>

Brüel, & Kjaer. (2018). ¿Qué es una prueba de material acústico? *Midebien*. <https://midebien.com/que-es-una-prueba-de-material-acustico/>

Brümmer, M. (2009). *Prestaciones | Cannabric*. <http://www.cannabric.com/prestaciones/>

Brümmer, M. (2011). *II Jornadas Low Tech: El Cáñamo posibilidades constructivas*.

https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:N3wAMiQ3O70J:scholar.google.com/+ca%C3%B1amo+en+construccion&hl=es&as_sdt=0,5

- Brümmer, M. (2015). El cáñamo en la construcción, antecedentes, materiales y técnicas. *Revista Ecoconstrucción | Noticias de construcción sostenible y novedades en el sector*, 2, 22-24.
- Brümmer, M. (2018). *Cannafino (cañamiza fina) | catálogo | Cannabric*.
http://www.cannabric.com/catalogo/cannafino_canamiza_fina/
- Brümmer, M. (2018). *Cannahabitat (cañamiza) | catálogo | Cannabric*.
http://www.cannabric.com/catalogo/cannahabitat_canamiza/
- Brümmer, M. (2018). *Panel Aislante de Cáñamo | catálogo | Cannabric*.
http://www.cannabric.com/catalogo/panel_aislante_de_canamo/
- Cadman, T. (2011). Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes. En T. Cadman, *Quality and Legitimacy of Global Governance* (pp. 109-140). Palgrave Macmillan UK.
https://doi.org/10.1057/9780230306462_5
- Cansario, M. del M. (2005). Sistema constructivo de paneles aligerados con poliestireno expandido y malla electrosoldada espacial: Estudio estructural y optimización. En *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. Universitat Politècnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93477>
- Cao, L. (2020). *¿Por qué elegir la construcción modular?* ArchDaily Colombia.
<https://www.archdaily.co/co/949818/por-que-elegir-la-construccion-modular>
- Casa Editorial El Tiempo. (2018). Negocios con cannabis para uso medicinal están más cerca. *El Tiempo*.
<https://www.eltiempo.com/economia/empresas/foro-sobre-las-ventajas-de-colombia-para-el-cannabis-medicinal-180606>
- Casas, O., Betancur, C., & Montaña, J. (2015). Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación. *Entramado*, 11(1), 264-286.
- Centro Nacional de Metrología, C. N. de. (2007). *Medición de la Conductividad Térmica de Materiales Aislantes en CENAM*. gob.mx. <http://www.gob.mx/cenam/documentos/consulte-nuestras-publicaciones-tecnicas>

- Código Nuevo. [Código Nuevo]. (2018). Marihuana: Historia, mitos y respuestas | Reportaje | Código Nuevo. <https://www.youtube.com/watch?v=mjm3x16nkQQ&t=0s>
- Colmundo. (2020). *Nace propuesta para la regulación del Cáñamo para uso industrial en Colombia*. <https://colmundoradio.com.co/nace-propuesta-para-la-regulacion-del-canamo-para-uso-industrial-en-colombia/>
- Colprensa. (2013). Mal uso de polímeros puede afectar el medio ambiente. *www.eluniversal.com.co*. <https://www.eluniversal.com.co/ambiente/mal-uso-de-polimeros-puede-afectar-el-medio-ambiente-120250-GSEU207809>
- Consultor Salud. (2016). *Uso médico y científico del Cannabis – Ley 1787 de 2016*. <https://consultorsalud.com/uso-medico-y-cientifico-del-cannabis-ley-1787-de-2016/>
- Cuéllar, A., & Muñoz, I. (2010). Fibra de Guadua como refuerzo de matrices poliméricas. *DYNA*, 77(162), 137-142.
- De Madera. (2020). Las mejores herramientas para cortar la madera y darle forma. En *De madera*. <https://demadera.pro/herramienta/para-cortar-la-madera/>
- DecorexPro. (s, f). Tamaños de los paneles de PVC: ¿cuál es la longitud, anchura y grosor de los paneles de pared de plástico, el tamaño estándar para paredes? <https://es.decorexpro.com/paneli-pvh/razmery-kakie-byvayut/>
- Decreto 2106/2019, noviembre 22, 2019. Presidente de la Republica de Colombia. (Colombia). Obtenido el 23 de febrero de 2021. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=103352>
- Decreto 613/2017, abril 10, 2017. Presidente de la Republica de Colombia. (Colombia). Obtenido el 23 de febrero de 2021. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=68783&dt=S>

- Departamento de Planificación Territorial, Vivienda y Transportes. (2015). *Guía Básica para el control acústico: Ejecución de obra y obra terminada*. https://www.garraioak.ejgv.euskadi.eus/r41-18971/es/contenidos/informacion/guiacontrolacustico/es_def/index.shtml
- Díaz, J. (2004). Las denominaciones del cáñamo: Un problema terminológico y lexicográfico.
- Echeverri, C., & González, A. E. G. (2011). Protocolo para medir la emisión de ruido generado por fuentes fijas. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 10(18), 51-60.
- Editorial La República. (2018). *Hay 67 empresas autorizadas para cultivar cannabis medicinal*. <https://www.larepublica.co/empresas/hay-67-empresas-autorizadas-para-cultivar-cannabis-medicinal-2749752>
- Enciclopedia de Ejemplos. (2019). *10 Ejemplos de Conducción, Convección y Radiación*. <https://www.ejemplos.co/10-ejemplos-de-conduccion-conveccion-y-radiacion/>
- Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Rizq, E. (2014). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 29(3), 234-254. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732014000300002>
- Espejo, H. (2019). Sistema de absorción acústico para muros a partir cascarilla de arroz, para disminuir la reflexión de sonido dentro de los espacios. [her](#)
- Eternit. (s, f). *Placas de Fibrocemento para todo tipo de construcción*. <https://durlock.com/productos/superboard-paredes-exteriores>
- European Acústica. (2020). *¿Cuáles son los tipos de aislantes acústicos más utilizados?* <https://www.europeanacustica.com/aislamiento-acustico/tipos-de-acusticos-mas-utilizados>
- Faiola, A. (2018). *Colombia's new, legal drug lords hope to sell medical marijuana to the world*. https://www.washingtonpost.com/world/the_americas/colombia-looks-to-become-the-worlds-supplier-of-legal-pot/2018/03/09/8037476e-1836-11e8-930c-45838ad0d77a_story.html

- Falcioni, N. (2019). Paneles SIP Argentina ¿Por qué es más barato? *Thermolam*.
<http://www.thermolam.com.ar/paneles-sip-argentina/>
- Figueroa, H. (2019). *Colombia puede ser protagonista en industria de cannabis medicinal*.
<https://www.eluniversal.com.co/economica/cannabis-medicinal-industria-con-gran-potencial-en-colombia-LD1115951>
- Fonseca, L. (s. f.). *Diseño de vivienda de interés social modular para zona de emergencia de alta vulnerabilidad*. Recuperado 27 de marzo de 2021, de
http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:moXL93fU7DoJ:scholar.google.com/+Dise%C3%B1o+de+vivienda+de+inter%C3%A9s+social+modular+para+zona+de+emergencia+de+alta+vulnerabilidad&hl=es&as_sdt=0,5
- Forestal Maderero. (2020). La madera en el diseño de interiores y muebles. *Forestal Maderero*.
<https://www.forestmaderero.com/articulos/item/la-madera-en-el-diseno-de-interiores-y-muebles.html>
- France 24. (2018). *Colombian president tightens anti-drug laws*. France 24.
<https://www.france24.com/en/20181002-colombian-president-tightens-anti-drug-laws>
- Fuentes, J., & Sánchez, R. (2019). *Propuesta de la luffa cylindrica como absorbente acústico aplicable a recintos con fenómenos de reverberación* [Universidad La Gran Colombia].
<http://repository.ugc.edu.co/handle/11396/5631>
- Gabrielová, H. (s, f). *Cañamo vs Marihuana | Fundación CANNA: Investigación y análisis de Cannabis*.
<https://www.fundacion-canna.es/canamo-vs-marihuana>
- Galán, A. (2012). *¿Cómo se evalúa la Reacción al Fuego? – El blog de la seguridad contra incendios*.
<https://elblogdelaseguridadcontraincendios.es/como-se-evalua-la-reaccion-al-fuego/>
- Gamella, J. F., & Rodrigo, M. L. J. (2004). La «cultura cannábica» en España: La construcción de una tradición ultramoderna. *MONOGRAFÍAS HUMANITAS*, 5, 23-54.

- Garzón, B. (2007). *Arquitectura bioclimática*. Nobuko.
[https://www.academia.edu/25745836/Arquitectura bioclimática Garzón Beatriz CB](https://www.academia.edu/25745836/Arquitectura_bioclimatica_Garzon_Beatriz_CB)
- Gómez, L., & Rodríguez, M. (2020). *Sistema estructural de muros portantes con paneles prefabricados en concreto*. Comunidad 360. <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/sistema-estructural-de-muros-portantes-con-paneles-prefabricados-en-concreto>
- Greenpeace. (s, f). *¿Cómo llega el plástico a los océanos y qué sucede entonces?* Greenpeace España.
<https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/como-llega-el-plastico-a-los-oceanos-y-que-sucede-entonces/>
- Grettel, A., & Hernández, L. (2008). Manejo de desechos de la construcción. *Tecnología en Marcha*, 21(4), 60-63.
- Guevara, L. (2018). *Hay 67 empresas autorizadas para cultivar cannabis medicinal*.
<https://www.larepublica.co/empresas/hay-67-empresas-autorizadas-para-cultivar-cannabis-medicinal-2749752>
- Guido, S. (2011). Muros divisorios. *Lizbeth Guido*. <http://lizbethguido.blogspot.com/2011/09/tema-3-muros-divisorios.html>
- Gutiérrez, J. A., & González, A. D. (2012). *Determinación experimental de conductividad térmica de materiales aislantes naturales y de reciclado*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/73520>
- Hammerstein, D. (2008). *La Bioconstrucción: Construir con el corazón junto al planeta*. Blog David Hammerstein. <http://www.davidhammerstein.com/article-25033552.html>
- Hammerstein, D. (2008). *Qué es la bioconstrucción*.
<https://www.yumpu.com/es/document/view/14656082/que-es-la-bioconstruccion-david-hammerstein>

- Hammerstein, D. (2013). *¿Qué es la Bioconstrucción?* yumpu.com.
<https://www.yumpu.com/es/document/read/14656082/que-es-la-bioconstruccion-david-hammerstein>
- Hash Marihuana & Hemp Museum. (2014). Cultivo de cáñamo. Las fibras más resistentes que se conocen.
Hash Marihuana & Hemp Museum. <https://hashmuseum.com/es/coleccion/cultivo-de-canamo/>
- Hash Marihuana & Hemp Museum. (2018). Colón y el cannabis. *Hash Marihuana & Hemp Museum.*
<https://hashmuseum.com/es/coleccion/canamo-para-la-navegacion/colon-y-el-cannabis/>
- Hash Marihuana & Hemp Museum. (s, f. A). *Conocimiento del cannabis Archive.* Hash Marihuana & Hemp Museum. <https://hashmuseum.com/es/conocimiento-del-cannabis/>
- Hash Marihuana & Hemp Museum. (s, f. B). *Conocimiento y los hechos sobre la planta del cannabis.* Hash Marihuana & Hemp Museum. <https://hashmuseum.com/es/conocimiento-del-cannabis/>
- Hash Marihuana & Hemp Museum. (s, f. C). Cultivo de cáñamo Archives. *Hash Marihuana & Hemp Museum.* <https://hashmuseum.com/es/coleccion/cultivo-de-canamo/>
- Hash Marihuana & Hemp Museum. (s, f. D). Fibra de cáñamo industrial. *Hash Marihuana & Hemp Museum.* <https://hashmuseum.com/es/conocimiento-del-cannabis/canamo-industrial/fibra-de-canamo-industrial/>
- Hernández, P. (2014). Características térmicas de los materiales. *ARQUITECTURA EFICIENTE.*
<https://pedrojhernandez.com/2014/04/09/caracteristicas-termicas-de-los-materiales/>
- Homecenter. (2021). *Aislantes Térmicos / Acústicos.* <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/category/cat10552/aislantes-termicos/>
- Homecenter. (s, f). *Tipos de tablero de madera para tu casa.* SodimacCO. [/homecenter-co/guias-de-compra/tableros-madera-aglomerada/](https://www.homecenter.com.co/guias-de-compra/tableros-madera-aglomerada/)
- Instron. (2017). *ASTM D695 Compression Testing Rigid Plastics.* <http://www.instron.es/es-es/testing-solutions/by-test-type/compression/astm-d695-plastics>

International American Society for Testing and Materials. [ASTM] D695. 2017. International American Society for Testing and Materials. Obtenido el 02 de abril de 2021.

International American Society for Testing and Materials. [ASTM] D3039. 2019. International American Society for Testing and Materials. Obtenido el 02 de abril de 2021.

International Organization for Standardization
[ISO] 10534: 2002. UNE-EN ISO 10534: 2002. Obtenido el 23 de febrero de 2021.
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0027450>

International Organization for Standardization
[ISO] 14001: 2015. ISO 14001: 2015. Obtenido el 23 de febrero de 2021.
<https://www.isotools.org/normas/medio-ambiente/iso-14001/>

International Organization for Standardization
[ISO] TC 43/SC 2. Obtenido el 23 de febrero de 2021. <https://www.iso.org/committee/48558.html>

Interwall SAC. (s, f). *Muros Divisorios o Tabiques Interiores y/o Exteriores*.
<http://www.interwall.pe/muros-divisorios-o-tabiques-interiores-yo-exteriores>

Ivanov, P. (2012). *Is industrial hemp a sustainable construction material?*
http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:Y8iug90-HuQJ:scholar.google.com/+Is+industrial+hemp+a+sustainable+construction+material%3F&hl=es&as_sdt=0,5

Jara, P. (2015). *Confort térmico, su importancia para el diseño arquitectónico y la calidad ambiental del espacio / Arquitectura y Cultura*.
<http://www.revistas.usach.cl/ojs/index.php/amasc/article/view/2529>

Junior Report. (2020). Plástico: La peor amenaza para el medio ambiente. *La Vanguardia*.
<https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20180604/444060825211/plastico-residuos-iniciativas-proyectos.html>

- La Opinión. (2019). *Verdades y mentiras del cultivo de cannabis en Colombia*.
<https://www.laopinion.com.co/economia/verdades-y-mentiras-del-cultivo-de-cannabis-en-colombia>
- Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthouse, R., Hajbane, S., Cunsolo, S., Schwarz, A., Levivier, A., Noble, K., Debeljak, P., Maral, H., Schoeneich-Argent, R., Brambini, R., & Reisser, J. (2018). Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific Reports*, 8(1), 4666. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>
- Lee, R. (2015). *Which Countries Create the Most Ocean Trash?* <https://www.wsj.com/articles/which-countries-create-the-most-ocean-trash-1423767676>
- Letón, S. (2018). El cannabis le planta cara al ladrillo. *El País*.
https://elpais.com/economia/2018/10/11/actualidad/1539248215_081925.html
- Ley 1787/2016, julio 06,2017. Diario Oficial. [D. O]: 49.926. (Colombia). Obtenido 23 de feb. de 21.
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1787_2016.html
- Ley 2106/2019, julio 06,2017. Diario Oficial. [D. O]: 49.926. (Colombia). Obtenido 23 de feb. de 21.
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1787_2016.html
- Llerena, A. (2014). Estudio de compuestos cementíceos reforzados con fibras vegetales: Evaluación previa del comportamiento de un panel de cemento blanco con adición de meta-caolín reforzado con un textil no-tejido de fibras largas de lino y cáñamo.
<https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/25365>
- Martínez, Y., Paes, J., & Martínez, E. (2018). Propiedades ignífugas de tableros de madera plástica producidos con diferentes especies forestales y termoplásticos reciclados. *Madera y bosques*, 24(2). <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2421495>

- Mata, N. T., Villanueva, S., & Henríquez, M. (2018). Estudio de tendencia: Aplicaciones de la Colofonia y sus derivados. *Revista INGENIERÍA UC*, 25(3).
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/707/70757670002/html/index.html>
- Materials. (2017, enero 23). *15 herrajes metálicos para conectar estructuras de madera laminada*. ArchDaily Colombia. <https://www.archdaily.co/co/797621/15-herrajes-metalicos-para-conectar-estructuras-de-madera-laminada-arauco>
- Medical Cannabis News. (2016). Cannabis Medicinal: Roma y Antigua Grecia. *Medical Cannabis News*.
<https://medicalcannabisnews.com/es/cannabis-medicinal-roma-y-antigua-grecia/>
- Metalinspec. (2019). *La guía definitiva para pruebas de tracción de materiales compuestos*.
<https://www.blog.metalinspec.com.mx/post/la-guia-definitiva-para-pruebas-de-traccion-de-materiales-compuestos>
- Metalinspec. (2020). *¿Por qué se realizan pruebas de compresión?*
<https://www.blog.metalinspec.com.mx/post/por-que-realizar-pruebas-de-compresion>
- Ministerio de Ambiente. (s, f). *El Protocolo de Montreal | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*.
<https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=192:plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-sin-galeria-8>
- Ministerio de Justicia. (s, f. A). ABC para solicitar las licencias de uso de semillas para siembra y cultivo de plantas de cannabis psicoactivo y no psicoactivo con fines médicos y científicos. Observatorio de Drogas de Colombia.
<http://www.odc.gov.co/PUBLICACIONES/ArtMID/4214/ArticleID/6101/ABC-para-solicitar-las-licencias-de-uso-de-semillas-para-siembra-y-cultivo-de-plantas-de-cannabis-psicoactivo-y-no-psicoactivo-con-fines-m233dicos-y-cient237ficos>
- Ministerio de Justicia. (s, f. B). *¿Quiénes son considerados pequeños y medianos cultivadores de cannabis medicinal?* Observatorio de Drogas de Colombia.

<http://www.odc.gov.co/PUBLICACIONES/ArtMID/4214/ArticleID/6103/191Qui233nes-son-considerados-peque241os-y-medianos-cultivadores-de-cannabis-medicinal>

Ministerio de Justicia. (s, f. C). *Reglamentación al acceso de uso médico y científico del Cannabis.*

Observatorio de Drogas de Colombia.

<http://www.odc.gov.co/PUBLICACIONES/ArtMID/4214/ArticleID/6104/Reglamentaci243n-al-acceso-de-uso-m233dico-y-cient237fico-del-Cannabis>

Ministerio de Justicia. (s, f. D). *Uso médico y científico del cannabis y sus derivados: Licencias y modalidades.* Observatorio de Drogas de Colombia.

<http://www.odc.gov.co/PUBLICACIONES/ArtMID/4214/ArticleID/6102/Us0-m233dico-y-cient237fico-del-cannabis-y-sus-derivados-Licencias-y-modalidades>

Ministerio de Salud. (s, f). *Normativa Resoluciones.*

https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Norm_Resoluciones.aspx#InplviewHash901c293a-a723-4e95-9dcd-63f380934818=Paged%3DTRUE-p_GroupCol1%3D1986-PageFirstRow%3D31-WebPartID%3D%7B901C293A--A723--4E95--9DCD--63F380934818%7D

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2016). *Sustancias que agotan la capa de ozono.* https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/agotadores_capa_ozono.aspx

Miyara, F. (s, f). *Estimación del riesgo auditivo mediante ISO 1999.*

<https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/iso1999.htm>

Modular Building Institute. (s. f.). *What Is Modular Construction? | Modular Building Institute.* Recuperado

26 de marzo de 2021, de https://www.modular.org/HtmlPage.aspx?name=why_modular

Normalización Española [UNE] 13823: 2012. Mayo 19 2016. Asociación Española de Normalización [UNE].

Obtenido el 01 de abril de 2021. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0056657>.

- Nováková, P. (2018). Use of technical hemp in the construction industry. *MATEC Web of Conferences*, 146, 03011. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814603011>
- Odello, M. (2019). *Todos los tipos de Paneles Acústico*. <https://www.panelesacusticos.site/tipos-de-paneles-acusticos/>
- Ojer, L. (2013). *Ingeniería Acústica: Tipos de ruido en edificación*. <http://www.ingenieriaacusticafacil.com/ingenieria-acustica-tipos-de-ruido-en-edificacion/>
- Ordoñez, A. (2018). *Importancia del aislamiento de los edificios*. <https://www.seiscubos.com/blog/la-importancia-relativa-del-aislamiento-termico-de-los-edificios>
- Organización de Naciones Unidas. (2018). *América Latina y el Caribe lucha contra el plástico en el Día Mundial del Medio Ambiente*. UN Environment. <http://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/america-latina-y-el-caribe-lucha-contra-el-plastico-en>
- Organización Mundial de la Salud. (2015). *1100 millones de personas corren el riesgo de sufrir pérdida de audición*. WHO; World Health Organization? <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/ear-care/es/>
- Ortiz, M. (2020). *Misak, primeros indígenas con licencia para producir marihuana medicinal—Servicios—Justicia—ELTIEMPO.COM*. <https://www.eltiempo.com/justicia/servicios/misak-primeros-indigenas-con-licencia-para-producir-marihuana-medicinal-509584>
- Pabortsava, K., & Lampitt, R. S. (2020). High concentrations of plastic hidden beneath the surface of the Atlantic Ocean. *Nature Communications*, 11(1), 4073. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17932-9>
- Panel W. (2016). Muro Estructural. *Panelw*. <http://panelw.com/structural-wall/>
- Pereira, L. (2017). La bioconstrucción como alternativa de recuperación de la arquitectura tradicional en las edificaciones del distrito de Muquiyauyo-Jauja. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/3412>

- Pereira, M. (2018, marzo 14). *Steel Frame y Timber Frame: Ventajas de los sistemas constructivos en seco*. ArchDaily Colombia. <https://www.archdaily.co/co/890734/steel-frame-y-wood-frame-ventajas-de-los-sistemas-constructivos-en-seco>
- Pérez, J., Valdés, C., Corvo, F., Fernández, D., & Portilla, C. (2010). Contaminación ambiental y su influencia en las edificaciones. Estudios preliminares. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 41, 1-8.
- Policía Nacional Dirección de Antinarcóticos. (s, f). *Acceso seguro e informado al uso médico y científico del Cannabis y sus derivados en el territorio nacional colombiano*. Observatorio de Drogas de Colombia. <http://www.odc.gov.co/PUBLICACIONES/ArtMID/4214/ArticleID/6100/Acceso-seguro-e-informado-al-uso-m233dico-y-cient237fico-del-Cannabis-y-sus-derivados-en-el-territorio-nacional-colombiano>
- Ponieman, N. (2020). *Las Cuatro Grandes Compañías de cannabis en Colombia*. El Planteo. <https://elplanteo.com/las-cuatro-grandes-companias-de-cannabis-en-colombia/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (s, f). *Protocolo de Montreal | PNUD*. UNDP. <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development/environment-and-natural-capital/montreal-protocol.html>
- Publicaciones Digitales Técnicas. (2014). Entrevista a Aurelio Ramírez, presidente de Spain Green Building Council®. *Publicaciones Digitales Técnicas*. <http://publiditec.com/blog/entrevista-aurelio-ramirez-presidente-de-spain-green-building-council/>
- Quiroz, J., & Magaña, M. (2015). Resinas naturales de especies vegetales mexicanas: Usos actuales y potenciales. *Madera y bosques*, 21(3), 171-183.
- Radford, M., & Radford, T. (2014). *Overview | Just BioFiber*. <https://justbiofiber.com/about-us/>
- Radford, M., & Radford, T. (s, f. A). *Certifications | Just BioFiber*. <https://justbiofiber.com/products/certifications/>

Radford, M., & Radford, T. (s, f. A). *CO2 Science | Just BioFiber*. <https://justbiofiber.com/products/co2-science/>

Radford, M., & Radford, T. (s, f. C). *Product Specifications | Just BioFiber*. https://justbiofiber.com/products/product_specifications/

Radford, M., & Radford, T. (s, f. D). *Projects | Just BioFiber*. <https://justbiofiber.com/projects/>

Radford, T., & Radford, M. (2018). *Just BioFiber GHG Reduction | Just BioFiber*. <https://justbiofiber.com/products/sustainability-2/just-biofiber-environmental-benefits/>

Radford, T., & Radford, M. (s, f. A). *Selecting Building materials to reduce environmental impact | Just BioFiber*. <https://justbiofiber.com/products/sustainability-2/selecting-building-materials-to-reduce-environmental-impact/>

Radford, T., & Radford, M. (s, f. B). *Sustainability | Just BioFiber*. <https://justbiofiber.com/products/sustainability-2/>

Radford, T., & Radford, M. (s, f. C). *Sustainable Energy Efficiency | Just BioFiber*. <https://justbiofiber.com/products/sustainability-2/super-ssr/>

Ramírez, A. (2002). La construcción sostenible. *Física y sociedad*, 13, 30-33.

Ramón, L., & Paul, C. (2010). Aplicación de sistemas de ventilación natural para el confort térmico de las habitaciones en un conjunto de viviendas multifamiliares—Distrito de Pichanaki. *Universidad Nacional del Centro del Perú*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/143>

Redacción Cannabiz. (2019). Colombia: Un país que atrae la inversión para la industria del cannabis. *Cannabiz*. <https://www.revistacannabiz.com/colombia-un-pais-que-atrae-la-inversion-para-la-industria-del-cannabis>

Redacción Cannabiz. (2020). Adiós mitos sobre el consumo de cannabis medicinal. *Cannabiz*. <https://www.revistacannabiz.com/adios-mitos-sobre-el-consumo-de-cannabis-medicinal>

Redacción ConfidencialCol. (2020). *Proyecto de Ley que regula el uso del Cáñamo en Colombia se encuentra en manos de la Comisión V del Senado* | . <https://confidencialcolombia.com/lo-mas-confidencial/proyecto-de-ley-que-regula-el-uso-del-canamo-en-colombia-se-encuentra-en-manos-de-la-comision-v-del-senado/2020/10/05/>

Redacción National Geographic. (2018). La «isla de basura» es una amenaza para la vida marina en el Pacífico. *National Geographic en español*. <https://www.ngenespanol.com/el-mundo/la-isla-de-basura-amenaza-vida-marina-pacifico/>

Redacción Revista Cáñamo. (2020). Cáñamo | Una comisión del Senado colombiano aprueba un nuevo proyecto de ley del cannabis recreativo. *Cáñamo | Una comisión del Senado colombiano aprueba un nuevo proyecto de ley del cannabis recreativo*. <https://canamo.net/noticias/mundo/una-comision-del-senado-colombiano-aprueba-un-nuevo-proyecto-de-ley-del-cannabis>

Redacción Revista Cáñamo. (2020). Cáñamo Colombia | ¿En qué consiste la ley que pretende legalizar el cannabis en Colombia? *Cáñamo Colombia | ¿En qué consiste la ley que pretende legalizar el cannabis en Colombia?* <https://canamo.net.co/noticias/mundo/en-que-consiste-la-ley-que-pretende-legalizar-el-cannabis-en-colombia>

Redacción Revista Semana. (2018). *El 'triángulo de oro' del cannabis*. *Semana.com Últimas Noticias de Colombia y el Mundo*. <https://www.semana.com/nacion/articulo/norte-del-cauca-se-produce-la-variedad-de-marihuana-mas-potente/587503/>

Redacción Revista Semana. (2020). *Khiron podrá vender cannabis medicinal con alta concentración de THC*. *Semana.com Últimas Noticias de Colombia y el Mundo*. <https://www.semana.com/empresas/articulo/khiron-la-empresa-en-colombia-autorizada-para-comercializar-cannabis-medicinal/287014/>

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente [NSR-10]. (2010). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. NSR-10 Título A – Requisitos generales de diseño y construcción

sismo resistente. Colombia. <https://www.idrd.gov.co/lineamientos-especificaciones-tecnicas-idrd>

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente [NSR-10]. (2010). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. NSR-10 Título E – Casas de uno y dos pisos. Colombia. <https://www.idrd.gov.co/lineamientos-especificaciones-tecnicas-idrd>

Reporte Índigo. (2017). *Marihuana: Dónde sí y dónde no es ilegal; este mapa te lo explica*. Reporte Índigo. <https://www.reporteindigo.com/piensa/situacion-legal-de-la-marihuana-en-el-mundo/>

Resolución 0579/2017, agosto 08, 2017. Ministerio de Justicia y Derecho. (Colombia). Obtenido 23 de febrero de 2021. <https://www.minjusticia.gov.co/Portals/0/Cannabis/Page/Resolucion%200579%20del%208%20de%20agosto%20del%202017.pdf>

Resolución 0627/2006, abril 7, 2006. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (Colombia). Obtenido 23 de febrero de 2021. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=19982>

Resolución 1478/2006, mayo 10, 2006. Ministerio de Protección social. (Colombia). Obtenido el 23 de febrero de 2021. https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_1478_de_2006_ministerio_de_la_proteccion_social.aspx#/

Resolución 2891/2007, julio 13, 2018. Ministerio de Salud y Protección Social. (Colombia). Obtenido el 23 de febrero de 2021. https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minsaludps_2891_2017.htm.

Resolución 2892/2017, agosto 11, 2017. Ministerio de Salud y Protección Social. (Colombia) Obtenido el 23 de febrero de 2021. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=70648>.

- Resolución 8321/1983, agosto 4, 1983. Ministerio de Salud. (Colombia). Obtenido el 23 de febrero de 2021. https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minsalud_r8321_83.htm
- Reviejo, S. (2020). *Mapa mundial del cannabis: ¿Qué países han acometido ya su regulación?* <https://www.publico.es/internacional/marihuana-mapa-mundial-cannabis-paises-han-acometido-regulacion.html>
- Revista Cicconstruccion. (2018). Principales problemas acústicos y sus soluciones. *cicconstruccion.com*. <http://www.cicconstruccion.com/es/notices/2020/02/principales-problemas-acusticos-y-sus-soluciones-72397.php>
- Rivero, V. (2016). *Análisis medioambiental de los aislamientos térmicos en la construcción*. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/17490>
- Rodgers, L. (2018). La enorme fuente de emisiones de CO2 que está por todas partes y que quizás no conocías. *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783>
- Rodríguez, E. (2020). *El océano Atlántico tiene más microplásticos que los que se creía*. <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/el-oceano-atlantico-tiene-mas-microplasticos-que-los-que-se-creia/>
- Rodríguez, H. (2014). *Aislamientos Naturales I: Productos industriales de cáñamo*. <http://www.mimbrea.com/aislamiento-naturales-i-productos-industriales-de-canamo/>
- Rougeron, C. (1977). *Aislamiento Acústico y Térmico en la Construcción*. Reverte.
- S&P Sistemas de Ventilación. (2018). *Materiales aislantes térmicos: Tipos y aplicaciones*. *S&P Sistemas de Ventilación*. <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/materiales-aislantes-termicos/>
- S&P Sistemas de Ventilación. (s. f.). *Hojas técnicas El ruido I Los decibelios*. Recuperado 8 de marzo de 2021, de <https://www.solerpalau.com/es-es/hojas-tecnicas-el-ruido-los-decibelios/>
- Sánchez, B. (2014). *Arquitectura Bioclimática: Conceptos y técnicas*. EcoHabitar. <https://ecohabitar.org/arquitectura-bioclimatica-conceptos-y-tecnicas/>

- Santiago, H. (2019). Sistema de absorción acústico para muros a partir cascarilla de arroz, para disminuir la reflexión de sonido dentro de los espacios [Universidad La Gran Colombia]. <http://repository.ugc.edu.co/handle/11396/5632>
- Sastrón, J. (2017). Coeficiente de absorción acústica. *Producciones El Sótano - Sonido e iluminación profesional*. <https://www.produccioneselotano.com/coeficiente-de-absorcion-acustica/>
- Sensi Seeds. (2020). *Marihuana en Colombia: Leyes, Uso, Historia y Más*. Sensi Seeds. <https://sensiseeds.com/es/blog/paises/cannabis-en-colombia-leyes-uso-historia/>
- Simancas, K. (2003). Reacondicionamiento bioclimático de viviendas de segunda residencia en clima mediterráneo. *TDX (Tesis Doctorals En Xarxa)*. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93425>
- Simancas, K. (2003). Reacondicionamiento bioclimático de viviendas de segunda residencia en clima mediterráneo. En *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. Universitat Politècnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93425>
- Simpson, T. (s. f.). *Fijaciones para estructuras de madera y metal*. ArchDaily. Recuperado 26 de abril de 2021, de <https://www.archdaily.co/catalog/co/products/18623/fijaciones-para-estructuras-de-madera-y-metal-simpson-strong-tie>
- Soledad, B. (2020). Análisis de contaminantes ambientales con polímeros de impronta molecular. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(1), 197-207. <https://doi.org/10.20937/RICA.2020.36.32101>
- Soto, P., & Alfonso, D. (2019). *Caracterización de las propiedades de absorción acústica de la fibra de la guadua*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/58271>
- Souza, E. (2019). *8 paneles acústicos y sus detalles constructivos*. ArchDaily Colombia. <https://www.archdaily.co/co/920740/8-paneles-acusticos-y-sus-detalles-constructivos>

- Souza, E. (2020). *Hormigón de cáñamo: De los puentes romanos a un posible material del futuro*. ArchDaily Colombia. <https://www.archdaily.co/co/944585/hormigon-de-canamo-de-los-puentes-romanos-a-un-posible-material-del-futuro>
- Stack, P., & Suddath, C. (2009). A Brief History of Medical Marijuana. *Time*. <http://content.time.com/time/health/article/0,8599,1931247,00.html>
- Staff, F. (2019). Clever Leaves cultivará cannabis psicoactivo en Colombia. *Forbes Colombia*. <https://forbes.co/2019/12/12/negocios/clever-leaves-cultivara-cannabis-psicoactivo-en-colombia/>
- Staff, F. (2020). *Colombia declara a empresas de cannabis como proyectos de interés nacional*. <https://forbes.co/2020/09/23/negocios/colombia-declara-a-empresas-de-cannabis-como-proyectos-de-interes-nacional/>
- Staff, F. (2020). *Colombia desarrolla extracto de cannabis que combatiría el coronavirus*. <https://forbes.co/2020/09/22/actualidad/colombia-desarrolla-extracto-de-cannabis-para-combatir-el-coronavirus/>
- Staff, F. (2020). Exportaciones de cannabis colombiano están llegando a 14 países en 5 continentes. *Forbes Colombia*. <https://forbes.co/2020/11/18/negocios/exportaciones-de-cannabis-colombiano-estan-llegando-a-14-paises-en-5-continentes/>
- Stanwix, W., & Sparrow, A. (s, f). *Using Hemp in Construction*. Mother Earth News. <https://www.motherearthnews.com/green-homes/natural-building/hempcrete-ze0z1602zbay>
- Superfrigo. (s, f). Paneles de Poliestireno Expandido. *Superfrigo*. <http://www.superfrigo.cl/paneles-aislados/paneles-de-poliestireno-expandido/>
- Swissmex. (s, f). *Chipeadora Trituradora 20 Hp. 613001*. <https://www.swissmex.com/PortalWeb/productos/principal-productos/nacional/cosecha/chipeadoras-trituradoras/613001/>

- Tectónica. (s, f). *Aislante de fibra de cáñamo*. <https://tectonica.archi/materials/aislante-de-fibra-de-canamo/>
- Thorns, E. (2018). *8 materiales biodegradables que la industria de la construcción necesita conocer*. ArchDaily Colombia. <https://www.archdaily.co/co/893955/8-materiales-biodegradables-que-la-industria-de-la-construccion-necesita-conocer>
- UK Hempcrete. (s, f. A). *Architects & Builders*. UK Hempcrete. <https://www.ukhempcrete.com/services/architect-builders/>
- UK Hempcrete. (s, f. B). *Better-than-zero-carbon buildings*. UK Hempcrete. <https://www.ukhempcrete.com/services/better-than-zero-carbon-buildings/>
- UK Hempcrete. (s. f.). *Home*. UK Hempcrete. Recuperado 8 de marzo de 2021, de <https://www.ukhempcrete.com/>
- UMACON. (2016). *La importancia de la Construcción Sostenible*. <http://www.umacon.com/noticia.php/es/la-importancia-de-la-construccion-sostenible/424>
- USG. (2016). *Manual Técnico USG Tablaroca*. <https://www.usg.com/content/usgcom/spanish/resource-center/manual-tecnico-tablaroca.html>
- Valera, S. (2021). *El entorno sonoro Entorno acústico, sonido y ruido | Psicología ambiental*. http://www.ub.edu/psicologia_ambiental/unidad-4-tema-9-1
- Valera, S. (2021). *Elementos básicos de psicología ambiental | Psicología ambiental*. http://www.ub.edu/psicologia_ambiental/psicologia_ambiental
- Williams, M. (2014). What is heat conduction? *Phys. Org*. <https://phys.org/news/2014-12-what-is-heat-conduction.html>