

**Prototipos constructivos aplicables en las construcciones alternativas en base a las fibras de
la industria del cannabis**

Mario Alejandro Huelgos Reyes

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Artes

Programa de Arquitectura

Bogotá, D.C.

2021

**Prototipos constructivos aplicables en las construcciones alternativas en base a las fibras de
la industria del cannabis**

Mario Alejandro Huelgos Reyes

Monografía de proyecto de grado
Para optar por al título de Arquitecto

Director

Arquitecto: Mauricio Gonzales

Universidad Antonio Nariño

Facultad de Artes

Programa de Arquitectura

Bogotá, D.C.

2020

Copyright © 2021 por Mario Alejandro Huelgos Reyes. Todos los derechos reservados.

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Ibagué, mes de 2021

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado a mis padres, Carlos y Rosario, a mis hermanos Juan Pablo y Cesar por todo su amor, su acompañamiento incondicional logre finalizar este objetivo tan importante, siendo una parte de mi vida. La forma en que me apoyaron es del más grande amor, que hasta en los malos momentos, en donde siempre su amor broto para hacerme crecer y ser lo que soy ahora que, a pesar de caer de perder mis esperanzas, me hicieron entender que tengo una familia que me ama y apoya en todos mis sueños... Por ellos lo daría todo y para mi familia es este logro.

Agradecimientos

Agradezco a dios y toda mi familia que siempre estuvo ahí, apoyándome en todo momento y agradezco a cada persona que se cruzó e hizo posible que este proyecto se llevara a cabo, a mi tutor Mauricio González por siempre entender y estar pendiente del proyecto y creer en él desde el comienzo con su profesionalismo para guiar el proyecto hacia un buen fin con un tema controversial.

Resumen

Este trabajo de grado prototipos constructivos aplicables en las construcciones alternativas en base a las fibras de la industria del cannabis tiene como fin crear, determinar y comparar prototipos con materiales de construcción, que al añadir fibras como el cannabis y la cascarilla de arroz pueden ser usado en la arquitectura mediante la creación de unos ladrillos calados, usando la mezcla y los componentes del ladrillo más resistente a la compresión. Con todo esto poder dar solución con un proyecto, debido a toda la investigación a cumplir con el proponer unos prototipos de construcción a partir de la cal y arcilla, adicionada con fibras de cáñamo y cascarilla de arroz que respondan a la necesidad requerida en el planteamiento. Esta investigación es una iniciativa de elementos constructivos, que cumplan tecnológicamente y beneficie a gran parte de la comunidad brindándole herramientas y métodos de construcción usando el cannabis y la cascarilla de arroz que son materias primas en la región, generando nuevos materiales que sean aceptados y descriminalizado en todo el territorio de Colombia pueda entrar a una nueva economía que viene creciendo y que puede brindar una oportunidad sostenible de edificar.

Palabras clave: Investigación, prototipo, compresión, cannabis, construcción.

Abstract

The purpose of this degree work is to create, determine and compare prototypes with construction materials, which by adding fibers such as cannabis and rice husk can be used in architecture by creating openwork bricks, using the mixture and components of the brick more resistant to compression. With all this to be able to give solution with a project, due to all the investigation to fulfill with proposing some prototypes of construction from the lime and clay, added with hemp fibers and rice husk that respond to the necessity required in the approach. This research is an initiative of constructive elements, which technologically complies and benefits a large part of the community providing them with tools and construction methods using cannabis and rice husks that are raw materials in the region, generating new materials that are accepted and decriminalized throughout the territory of Colombia can enter a new economy that is growing and that can provide a sustainable opportunity to build.

Keywords: Research, prototype, compression, cannabis, construction.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	1
Capítulo I Formulación de la Investigación	2
Problemática de la investigación	2
Planteamiento del problema	3
Pregunta de Investigación	3
Sistematización de la pregunta de investigación	4
Objetivos de la investigación	4
Objetivo General	4
Objetivos Específicos	4
Justificación de la investigación	5
Alcances de la investigación	6
Límites de la investigación	6
CAPITULO II Marco teórico de la investigación	7
Bases Teóricas	7
Hemprete	7
Ensayo de Compresión	9
Antecedentes de la investigación	9
Marco conceptual	13
Marco Histórico	13
Marco Legal	15
Marco Geográfico	15
Marco Referencial	18

	10
Khiron Colombia S.A.S Piedras Tolima	18
Lhoist Group	20
Heavengrown	20
El hogar sin carbono utiliza fibra de cáñamo para un diseño innovador	21
Hemp-based render gives striated skin to renovated house by Martens Van Caimere	23
Vivienda unifamiliar aislada con estancias de alojamiento turístico, suelo rústico, no urbanizable- Cannabric	24
Marco Operacional y Diagnostico	26
Materiales	26
Diseño de mezcla	30
Muro 1	40
Muro 2	41
Escala del muro con una persona	42
Muro con 16 ladrillos calados	43
Resultados prueba de compresión	47
Resultado de ensayo a compresión en ladrillo de cal, arroz al 5% y cáñamo al 5%	48
Resultado de ensayo a compresión en ladrillo de cal y arroz al 10%	50
Resultado de ensayo a compresión en ladrillo de arcilla y cáñamo al 10%	52
CAPITULO III Diseño de la investigación	54
Tipo de estudio	54
Método de la investigación	54
Diseño de la investigación	55
La primera fase	55

	11
La segunda fase	55
Tercera Fase	56
CAPITULO IV Conclusiones y recomendaciones	57
Conclusiones	57
Recomendaciones	57
Anexos	58
Bibliografía	59

Lista de tablas

Tabla 1. Antecedentes investigativos	9
Tabla 2. Ladrillo 1 de cal hidráulica y cáñamo al 10%.	33
Tabla 3. Ladrillo 2 de cal hidráulica y cáñamo al 20%	33
Tabla 4. Ladrillo 3 de cal hidráulica y cáñamo al 30%	33
Tabla 5. Ladrillo 4 de cal hidráulica y cascarilla de arroz al 10%	34
Tabla 6. Ladrillo 5 de arcilla y cáñamo, 10%	34
Tabla 7. Ladrillo 6 de arcilla y cáñamo al 20%	34
Tabla 8. Ladrillo 7 de cal hidráulica y cáñamo, cascarilla de arroz al 5%	35
Tabla 9. Ladrillo 8 de cal y cáñamo 10%, cascarilla de arroz al 10%	35
Tabla 10. Ladrillo 9 de arcilla y cáñamo, cascarilla de arroz al 5%	35
Tabla 11. Ladrillo 10 de arcilla, cascarilla de arroz al 10%	36
Tabla 12. Ladrillo MH Calado 11 de cal, cascarilla de arroz %5 y cáñamo 5%	36
Tabla 13. Resultados de ladrillos a compresión	47
Tabla 14. Comparación de ladrillos con concreto convencional	57

Lista de figuras

Figura 1. Ladrillo de Hemcrete	8
Figura 2. Países con regulación de cannabis	16
Figura 3. Departamentos en Colombia que tienen licencia para producir cannabis	17
Figura 4. Empresas con licencias en el Tolima para la producción de cannabis	18
Figura 5. Khiron Colombia. Khiron.com.co	19
Figura 6. Khiron Colombia 2. Khiron.com.co	19
Figura 7. Hemcrete Lhoist Group	20
Figura 8. Heavegrown. Instagram	21
Figura 9. Heavegrown 2. Instagram	21
Figura 10. Catja de Hass Architects	22
Figura 11. Catja de Hass Architects 2	22
Figura 12. Martens Van Caimere	23
Figura 13. Martens Van Caimere 2	24
Figura 14. Vivienda unifamiliar aislada con estancias de alojamiento turístico, suelo rústico, no ur-banizable	25
Figura 15. Vivienda unifamiliar aislada con estancias de alojamiento turístico, suelo rústico, no ur-banizable 2	25
Figura 16. Vivienda unifamiliar aislada con estancias de alojamiento turístico, suelo rústico, no ur-banizable 3	26
Figura 17. Fibras de Cañamo. Fuente: Autor	27
Figura 18. Cal Hidratada. Fuente: Autor	28
Figura 19. Cascarilla de arroz. Fuente: Autor	29

	14
Figura 20. Arcilla usada en ladrillos. Fuente: Autor	30
Figura 21. Molde de ladrillos en madera. Fuente: Autor	31
Figura 22. Mezcla de cal hidráulica con adición de fibra de cáñamo y cascarilla de arroz. Fuente: Autor.	31
Figura 23. Aplicación de la mezcla en los moldes. Fuente: Autor	32
Figura 24. Ladrillos para pruebas de compresión. Fuente: Autor	32
Figura 25. Estructura de Madera	37
Figura 26. Encofrado con formaleta metálica	38
Figura 27. Mezcla de cal, cáñamo y cascarilla de arroz	39
Figura 28. Encofrado con formaleta metálica. Fuente: autor	40
Figura 29. Muro 1 cal hidratada y cáñamo	41
Figura 30. Muro 2 de cascarilla de arroz al 5% cal hidratada y cáñamo	42
Figura 31. Muro 2 de cascarilla de arroz cal hidratada y cáñamo	43
Figura 32. Molde madera ladrillo MH	44
Figura 33. Encofrado y secado ladrillo 11	44
Figura 34. Ladrillo 11 MH	45
Figura 35. Muro de ladrillos #11	46
Figura 36. Render de ladrillo calado 11 MH usado como muro	46
Figura 37. Ensayo de compresión laboratorio	48
Figura 38. Ladrillo cal, arroz al 5% y cáñamo al 5% antes de la prueba a compresión	49
Figura 39. Ladrillo cal, arroz al 5% y cáñamo al 5% luego de la prueba a compresión	50
Figura 40. Ladrillo cal, arroz al 10% luego de la prueba a compresión	51
Figura 41. Ladrillo cal, arroz al 10% antes de la prueba a compresión	51

Figura 42. Ladrillo arcilla, cáñamo al 10% antes de la prueba a compresión	52
Figura 43. Ladrillo arcilla, cáñamo al 10% luego de la prueba a compresión	53

1 INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo se refiere a como fibras naturales pueden ser usados en materiales como la cal hidráulica y la arcilla, aumentando su resistencia y ayudando a la problemática de dejar de ver al cannabis como una planta estigmatizada y se aproveche sus potenciales en la industria de la construcción como en arquitectura.

La finalidad de este proyecto es realizar once prototipos de construcción usando adición de fibras naturales, como aglutinantes como la cal hidráulica y arcilla, que estos prototipos de construcción respondan a pruebas de compresión y con la mezcla de los prototipos que mayor resista a la compresión, se realizara tres muros y el diseño de un ladrillo calado, el ladrillo 11 MH, el cual será usado con 16 ladrillos para crear un muro que responda a la arquitectura para ser adecuado en esta investigación en su aplicación como elemento constructivo.

2 Capítulo I

Formulación de la Investigación

2 Problemática de la investigación

El cannabis siempre ha sido una planta que ha generado polémica a nivel mundial, narcotráfico, violencia, especialmente en Colombia donde hace décadas ha sido manejada desde la ilegalidad.

Este proyecto consiste en el mal manejo que se le ha dado a una planta y los problemas que ha traído esta planta por su mal manejo que se ha presentado por toda Colombia y especialmente en el departamento del Tolima siendo el segundo productor de cannabis ilegal en Colombia.

El manejo desde la ilegalidad del cannabis han sido los causantes de gran parte de la violencia en el país a través del narcotráfico, el micrográfico y salud pública ya que, a manejarse desde la ilegalidad, el consumo puede llegar a ser perjudicial para la salud. Colombia siempre ha sido un país que ha sido marcado por las drogas y por toda la problemática que trae atrás, por su manejo desde grupos al margen de la ley, afectando socialmente y no aprovechando múltiples beneficios y empleos que puede generar manejada desde la legalidad.

El objetivo de esta investigación es que, en la industria de la construcción, los desafíos de los materiales empleados, son que resistan y duren en el tiempo, usando el cannabis como material alternativo adicionándolo con la cal hidráulica, la arcilla que son materiales usados en la construcción, para crear un prototipo tecnológico de construcción aplicado en la arquitectura, que pueda cambiar, la mal visión que se tiene socialmente el cannabis y pueda ser beneficioso y aprovechado en esta industria.

El desarrollo de este proyecto puede aportar un material sano, beneficioso para el medio ambiente, y dar a conocer que todas estas fibras del cannabis que tanto se produce en nuestro país, puede ser una alternativa de crear arquitectura en nuevos espacios, y generando una investigación en un nuevo material con potencial en la construcción.

Planteamiento del problema

Colombia, como también el departamento del Tolima, han sido golpeados fuertemente, por el manejo ilícito de los estupefacientes, el Tolima es el segundo productor de Cannabis ilegal en Colombia, viviendo una problemática de narcotráfico, desplazamientos, micrográfico, presencia de grupos armados todo un conflicto social. Siendo así muchas investigaciones han demostrado que las fibras naturales pueden ser usados con materiales cementantes y se comporta muy bien al paso del tiempo, alargando su durabilidad, es por eso que uno de los objetivos de la investigación es encontrar un porcentaje ideal para el uso de las fibras adicionándolas con la cal y la arcilla y compararlas con el concreto que se maneja actualmente, determinar sus propiedades en la resistencia a la compresión para usarla como prototipo en la arquitectura.

Con esto se abre una pregunta ¿Las fibras naturales como la del cáñamo y la cascarilla de arroz aumenta la resistencia de la cal hidráulica y la arcilla? si esto funciona, ¿Qué porcentaje se puede adicionar a la cal hidráulica y a la arcilla? Y ¿Cómo puede ser implementada en prototipo constructivo para la arquitectura?

Pregunta de Investigación

¿Cómo la fibra del cannabis, puede ser un prototipo de construcción aplicado en la arquitectura?

Sistematización de la pregunta de investigación

- ¿De qué forma el uso de fibras en materiales para la construcción pueden reducir la huella ambiental en sus materiales?
- ¿Qué prototipo se puede diseñar para
- ¿Qué diseño funciona en prototipos para la construcción?
- ¿Cómo las fibras naturales pueden afectar la resistencia de la cal hidráulica y la arcilla?
- ¿Qué pasara si el prototipo resiste lo suficiente para funcionar como elemento arquitectónico?

2 Objetivos de la investigación

Objetivo General

Formular una propuesta investigativa de carácter constructivo, usando material vegetal sobrante biológico de la industria del cannabis y la industria del arroz, sumado a materiales convencionales, obteniendo como resultado final un prototipo arquitectónico autosustentable que cumpla con todas las normas, funciones y pruebas de laboratorio.

Objetivos Específicos

Analizar y conocer la problemática de la industria del cannabis a nivel regional y su impacto a nivel social, ambiental, técnico y arquitectónico local.

Identificar y categorizar las formas y técnicas de construcción con materiales biológicos sustentables propios de la producción del cannabis, cascarilla de arroz y su impacto a nivel constructivo y arquitectónico.

Demostrar con un prototipo de construcción nuevo, que usan materiales biológicos sustentables, que se puede cumplir con los objetivos de investigación, cumpliendo así con todos los protocolos, estándares, normas y pruebas constructivas, aplicadas a estos modelos.

2 Justificación de la investigación

A causa de la problemática que vive Colombia con el Cannabis ilegal, la industria de la construcción en Colombia no ha percibido la investigación y potenciales de las fibras adicionadas en la construcción como material alternativo y de resistencia en los materiales usados en la arquitectura.

Por el motivo de que el cannabis ha sido estigmatizado en muchas partes del mundo, con los problemas del narcotráfico sin mirar sus múltiples propiedades y una de ellas la de material de construcción para analizar y proponer desde el punto arquitectónico.

Es conveniente la propuesta de investigación que busca usar las fibras del cannabis en sistemas y materiales constructivos, de esta manera, sustituiría productos que provienen de fuentes ambientales no renovables, siendo la planta en todo su proceso sostenible con el medio ambiente, es más sustentable usar material biológico en la arquitectura, además de “Posee unas cualidades excelentes en cuanto a aislamiento térmico, con una conductividad térmica muy baja. Es además libre de nutrientes para parásitos, lo que ahorra tratamientos previos de ningún tipo (Brümmer, 2015), también de ofrecer mayor resistencia y compactación, siendo un material saludable. La investigación se realiza el diseño de un prototipo tecnológico que pueda ser usado en la

arquitectura, siendo una alternativa de aprovechar estas fibras vegetales para generar un material y oportunidad de aprovechar estos recursos sostenibles, para generar valor agregado a la cadena de producción , aprovechar los tallos de Cannabis y cascarillas de arroz producidos en la región, para que el Cannabis sea integrado y entendido, en uno de los muchos usos que pueda tener, como es la construcción. Para que el prototipo pueda reproducirse en todo el país, siendo un artefacto arquitectónico que genere investigación y espacios alternativos, aptos, sanos.

2 Alcances de la investigación

Esta investigación tiene el alcance de ser explicativo tecnológicamente en lo arquitectónico, ya que se da una solución al problema e ira más allá en un prototipo de construcción, dando a conocer como ha sido estigmatizado esta planta y los problemas que ha generado su estigmatización ilegalmente y como sus tallos que contienen las fibras pueden ser usados en la arquitectura para demostrar que tiene otras propiedades en sus usos como fibras.

2 Límites de la investigación

El objetivo de esta de esta investigación es conocer los datos realizados en tecnología, para comprobar que el cannabis usando las fibras como material de construcción solucionando un problema de la investigación y dándole un uso en la arquitectura, superando las limitantes del tiempo que es de un semestre y la obtención de fibras por parte de las empresas para desarrollar el prototipo.

3 CAPITULO II

Marco teórico de la investigación

3 Bases Teóricas

Esta investigación se basa en realizar prototipos tecnológicos de construcción, calculando la resistencia con ensayo de compresión de 10 ladrillos con adición de fibra de cannabis y cascarilla de arroz, tomando como referentes tesis, artículos que sirven como para determinar para solucionar la problemática del cannabis expuesta en el planteamiento.

Siendo el cannabis una planta juzgada socialmente, hay investigaciones como tesis que usan la fibra del cannabis y la cascarilla de arroz como materiales de construcción, para crear un prototipo tecnológico usado en la arquitectura con un ladrillo calado, para este objetivo se tomaron las siguientes ideas:

Hempcrete

El uso del cáñamo en la construcción de las edificaciones humanas se lleva usando desde hace mucho tiempo como datan “El hormigón de cáñamo fue descubierto en los pilares de los puentes construidos por los merovingios en el siglo VI, en lo que hoy es Francia. También se sabe que los romanos usaban fibra de cáñamo para reforzar el mortero en sus edificios.”(Souza, 2020), aunque actualmente en muchos países existen restricciones legales en su uso, este material ha demostrado cualidades sismo resistentes, termo acústicas, resistente a el fuego y sostenibles que lo convierte en un material apto para la construcción desde hace muchísimos años.

En Europa las fibras del cáñamo son usadas con cal para producir ladrillos ecológicos llamados “Hempcrete” que es un tipo de hormigón con bajo impacto de producción de co2 y que estos ladrillos son capaces de absorber co2 en todo su ciclo de vida y convertirse en un material

más resistente entre más CO₂ absorba; Una de las empresas en fabricar y construir casas de cáñamo es Cannabric ubicada en la ciudad de Guanix España, la arquitecta Monika Brummer fundadora de la empresa nos dice que “Aplicado en la construcción, el cáñamo contribuye a secuestrar o incluso reducir gases invernaderos durante la vida útil del edificio”(Brümmer, 2015) y además dice que las viviendas construidas con cáñamo son de alto confort térmico, crear espacios más saludables, y además de absorber co2 en su ciclo de vida.



Figura 1. Ladrillo de Hempcrete.
Fuente: (Thulio, 2020).

En Latinoamérica un ingeniero llamado Stephen Clarke fundador y director de la empresa llamada Heavengrow ha venido realizando construcciones con cáñamo y cal, en una de su entrevistas con Cultura Kush, Stephen Clarke nos dice que: “una hectárea de cáñamo puede generar siete toneladas de fibras con las cuales alcanzan para 100 m² de construcción “ (Clarke, 2020), esto abre la posibilidad a un nuevo método de construcción sostenible, es decir cada cosecha de una hectárea se puede generar material vegetal para casi 100 metros cuadrados y en el municipio

del Tolima se encuentra 33 empresas produciendo cannabis y toda esta fibra la mayor parte es desechada, ya que podría contribuir a la construcción de nuevas viviendas más amigables con el entorno.

Ensayo de Compresión

El ensayo a compresión es una prueba técnica que se realizó en una máquina para determinar la resistencia de un material de cal hidratada adicionando fibras de cannabis y cascarilla de arroz, que fueron llevados a pruebas de compresión en laboratorio. La norma NTC 4017 que dice lo siguiente: “Para unidades de mampostería o ladrillos que sean macizos, semimacizos o adoquines, los especímenes de ensayo deben ser unidades secas que contengan la altura y el ancho completos de la unidad tal como se usa en el muro o en el enladrillado, pero con una longitud igual a la mitad de la longitud de la pieza entera ± 25 mm.” (ICONTEC, 2005)

3 Antecedentes de la investigación

Tabla 1. Antecedentes investigativos

#	Título	Autor/es	Referencia	Formato	Resumen	Aporte teórico o metodológico
1	ANÁLISIS MÉCANICO DE UN CONCRETO CON ADICIÓN DEL 2 % DE FIBRA NATURAL DE CÁÑAMO	JEIMY ANGELICA MORA TORRES	TORRES, J. A. M. (2017). ANÁLISIS MÉCANICO DE UN CONCRETO CON ADICIÓN DEL 2 % DE	Pdf tesis de grado	El presente trabajo de investigación análisis mecánico de un concreto con adición de fibra natural de cáñamo al 2% tiene como fin determinar y comparar las propiedades mecánicas de un concreto con adición de fibra a su mezcla y un concreto convencional, a su vez comparar los resultados obtenidos con otro concreto cuyo porcentaje de fibra ya ha sido analizado por (Terreros y	Procedimiento y normas para utilizar fibras en materiales cementantes

			FIBRA NATURAL DE CÁÑAMO JEIMY ANGELICA MORA TORRES UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍA PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL.		Carvajal, 2016) en las instalaciones de la Universidad Católica de Colombia(Mora, 2017)	
2	PLAN DE NEGOCIO PARA LA FABRICACIÓN Y VENTA DE LADRILLOS A BASE DE CÁÑAMO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS SOSTENIBLES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ	ANGIE NATHALIA RAMOS QUEVEDO	ANGIE NATHALIA RAMOS QUEVEDO. (2019). PLAN DE NEGOCIO PARA LA FABRICACIÓN Y VENTA DE LADRILLOS A BASE DE CÁÑAMO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS	Pdf tesis de grado	El presente proyecto tiene como objetivo evaluar la viabilidad técnica, económica y financiera de un Plan de Negocios para la implementación de una empresa para la fabricación y comercialización de ladrillos ecológicos a base de cáñamo. Los principales estudios realizados en el presente proyecto fueron: Estudio de Mercado, Análisis Estratégico, Estudio Técnico, Estudio logístico, operativo y Estudio Económico y Financiero; los cuales fueron divididos en tres capítulos donde se analiza y especifica cada aspecto.(Ramos, 2019)	Conocer si es factible usar el cáñamo en la construcción.

			<p>SOSTENIBLES EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ. Retrieved from http://www.ghbook.ir/index.php?name=فرهن گ و رسانه های نوین&option=com_dbook&task=readonline&book_id=13650&page=73&ckhashk=ED9C9491B4&Itemid=218&lang=fa&tmpl=component</p>			
3	ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN CONCRETO CONVENCIONAL ADICIONANDO FIBRA DE CÁÑAMO	LUIS EDUARDO TERREROS ROJAS, IVÁN LEONARDO CARVAJAL CORREDOR	<p>Terreros-Roojas, L. E., & Carvajal-Corredor, I. L. (2016). Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo. <i>Universidad</i></p>	Pdf tesis de grado	<p>El presente trabajo de investigación Análisis de las propiedades mecánicas de un Concreto convencional adicionando fibra de Cáñamo, para optar el título de Ingeniero civil de la Universidad Católica de Colombia tiene como fin determinar y analizar las propiedades mecánicas (compresión y flexión) de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo; siguiendo un método experimental fundamentado en la realización de ensayos y pruebas de laboratorio para comparar los concretos en estudio, la idea fundamental es conocer, comprender, evacuar y analizar la viabilidad del</p>	<p>Conocer cómo se llevó a cabo la investigación en el uso de fibras como el cannabis en aglutinantes cementantes</p>

			<i>Catolica de Colombia</i> , 84.		concreto con fibra de cáñamo.(Terrerros & Carvajal, 2016)	
4	LADRILLO ECOLÓGICO COMO MATERIAL SOSTENIBLE PARA LA CONSTRUCCIÓN	María Cabo Laguna	María Cabo Laguna. (2011). LADRILLO ECOLÓGICO COMO MATERIAL SOSTENIBLE PARA LA CONSTRUCCIÓN. <i>Psychiatr y and Clinical Neurosciences</i> , 64(6), 667. https://doi.org/10.1111/j.1440-1819.2010.02138.x	Pdf	Se propone la realización de un nuevo material constructivo, denominado ecoladrillo (foto 1), inspirado en el tradicional adobe y que sustituya al ladrillo convencional cocido. Para ello se emplea un suelo marginal no empleado hasta el momento para la fabricación de ladrillos. Como aditivos comerciales se emplean el cemento para la realización de las combinaciones de referencia y, la menos usual pero igual de eficiente cal hidráulica. Como aditivo resistente se utilizan las cenizas de cáscaras de arroz y como aditivo estructurante las cascarillas también de arroz. La adición de estos dos últimos aditivos residuales suponen la reducción de un gran impacto medio ambiental ya que las cenizas procedentes de la biomasa generada por la combustión de los restos de la cosecha del arroz, permanecen por millones de toneladas en vertederos de todo el mundo.(Cabo, 2011)	Conocer como un ladrillo puede ser un material sustentable , usando los desperdicios de la industria del arroz

Fuente: Elaboración propia.

3 Marco conceptual

Cannabis: Es una planta más versátil del planeta, pertenece a la familia Cannabaceae, la cual es utilizada hace miles de años con determinados fines ya sean medicinales o industriales, sus tallos que son las fibras son usados para la construcción, ya que son resistentes, capturan co2 de la atmosfera y a medida que pasa el tiempo puede ser más resistente.

Fibras naturales: las fibras naturales son obtenidas principalmente de plantas y frutas y que pueden ser prometedores en el uso de la construcción o suelos como lo dice “El refuerzo de suelos mediante fibras naturales constituye una técnica de mejoramiento de suelos ecológicamente amigable y de muy bajo costo.”(Vettorelo & Clariá, 2014) estas fibras son usadas principalmente en la industria alimenticia y mayor parte de ellas desechadas.

Compresión: Prueba realizada a materiales para calcular la resistencia de un material, que se lleva a cabo en laboratorio en una máquina de ensayo

3 Marco Histórico

En 1549 se introduce el cannabis a América a través de los españoles y portugueses que llegaron y cultivaron en América “Los esclavos angoleños llevaron cannabis a las plantaciones del noreste de Brasil. No se sabe con certeza cuando el cannabis se introdujo en Brasil pero se establecería su cultivo en algún momento posterior a 1549. Los colonos permitieron que cultivasen su maconha entre las cañas.” (Marín, 2015) de esta forma el cannabis adaptándose a el trópico y esparciéndose por América.

En 1600 “Los cultivos de cáñamo se establecieron por primera vez en Colombia, sobre la Sierra Nevada de Santa Marta. La introducción del cannabis en el mencionado macizo colombiano, se realizó a principios del Siglo XVII con fines de aprovechamiento para fibra de cáñamo, la cual

fue desplazada por la cabuya”(Marín, 2015) siendo la primera vez que en Colombia ingresa esta planta utilizada principalmente su fibra.

En 1930 en Estados Unidos el cannabis es considerada como un problema y un vicio culpando al cannabis como lo cuenta “Harry Anslinger, director del FBN, declaró que el 50% de los crímenes violentos cometidos en los distritos habitados por mexicanos, españoles, latinoamericanos y griegos era producto de la marihuana.”(Marín, 2015) . Luego de esta prohibición en Estados Unidos del cannabis en Colombia también sucede exactamente lo mismo en todo el territorio nacional.

En 1946 – 1949 se expiden leyes nacionales que criminalizan el cannabis y todo aquel que lo posea o cultiva como nos cuenta “Una ley de 1946 (la “Ley Consuegra” por haber sido presentada por el senador de Barranquilla Néstor Consuegra), endureció las penas por venta y consumo de marihuana considerándolos delitos contra la Salud Pública. El gobierno del presidente Mariano Ospina Pérez expidió otro decreto contra la marihuana en 1949, después de afirmar que la marihuana tenía propiedades venenosas y producía hábito.” Leyes las cuales desprestigiaban esta planta y los que la producían sin aprovechar realmente sus múltiples beneficios tanto medicinal como industrial.

Es hasta el año 2016 que en Colombia el cannabis comienza a tomar importancia medicinal, industrial y científica, en el año 2016 luego de la ley 1786 del mismo año permitiendo como lo dice en el artículo 1: “La presente ley tiene como objeto crear un marco regulatorio que permita el acceso seguro e informado al uso médico y científico del cannabis y sus derivados en el territorio nacional colombiano.” (Colombia. El Congreso de Colombia, 2016) y en diferentes departamentos de Colombia ya está comenzando la producción de cannabis con fines medicinales

y científicos, siendo el Tolima que ya cuenta con 33 empresas que producen cannabis psicoactivo y no psicoactivo.

3 Marco Legal

Para la ejecución de esta investigación, los ensayos de compresión y las normas establecidas al tema, fueron las siguientes:

NTC 4017. Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla.

NTC 4019. cal hidratada para mampostería

NTC 4227. Máquina de ensayo. Verificación de tensión, compresión y flexión.

3 Marco Geográfico

El cannabis siempre ha sido usado por el ser humano desde hace miles de años, usado para diferentes usos ya sea medicinal, industrial o científico, en muchos países como Estados Unidos, Canadá, y en Latinoamérica con el primer país que es Uruguay es permitir el uso integral del cannabis, a cambiado la visión y esta planta y dándole otros usos beneficiosos ya en salud, económicamente y social, generando impuestos, empleo, siendo socialmente aceptada.



Figura 2. Países con regulación de cannabis.

Fuente: Elaboración propia.

En Colombia el cannabis comienza a tomar importancia medicinal, industrial y científica, en 2016 luego de la ley 1786 del mismo año permitiendo como lo dice en el artículo 1: “ La presente ley tiene como objeto crear un marco regulatorio que permita el acceso seguro e informado al uso médico y científico del cannabis y sus derivados en el territorio nacional colombiano.” (Colombia. El Congreso de Colombia, 2016) y en diferentes departamentos de Colombia ya está comenzando la producción de cannabis con fines medicinales y científicos, siendo el Tolima que ya cuenta con 33 empresas que producen cannabis psicoactivo y no psicoactivo.

Departamentos con empresas con licencia para la producción de cannabis

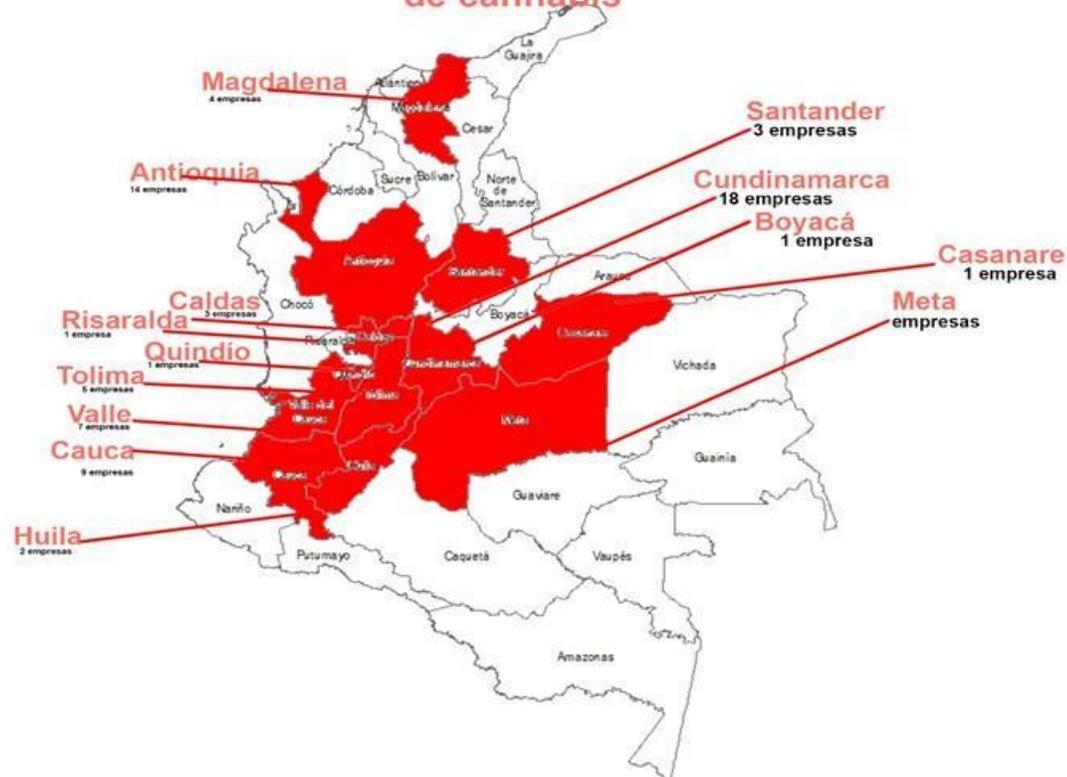


Figura 3. Departamentos en Colombia que tienen licencia para producir cannabis.
Fuente: Elaboración propia.

33 empresas con licencia para la producción de cannabis en el departamento del Tolima

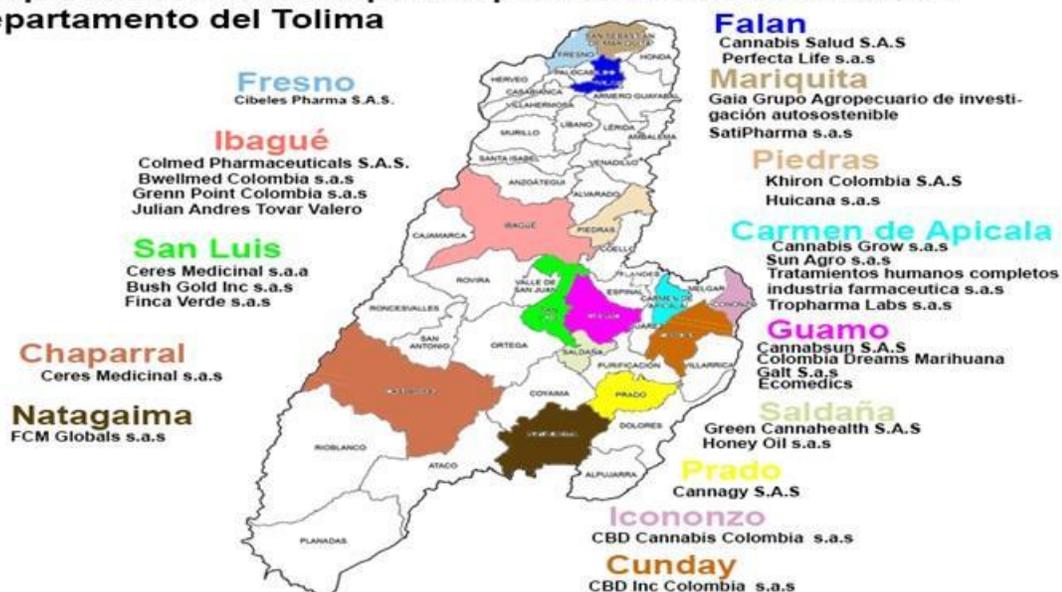


Figura 4. Empresas con licencias en el Tolima para la producción de cannabis.
Fuente: Elaboración propia.

3 Marco Referencial

Khiron Colombia S.A.S Piedras Tolima

El primer referente es una empresa Colombo-Canadiense llamada Khiron que responde a nuestra solicitud de entrevista y posible visita a sus instalaciones.

Es una empresa colombo canadiense con sede en Toronto Canadá con grandes inversiones en territorio nacional, especialmente en el Tolima donde poseen sus cultivos actualmente cultiva alrededor de 8 hectáreas de cannabis, donde las fibras podrían ser usadas para la creación de materiales constructivos.



Figura 5. Khiron Colombia. Khiron.com.co.
Fuente: (A la luz pública, 2019).



Figura 6. Khiron Colombia 2. Khiron.com.co.
Fuente: (El Economista, 2020).

Lhoist Group

Es una empresa de Reino que produce hemcrete que usan la cal como aglutinante y adicionan la fibra de cáñamo creando paredes siendo una tecnología de paredes térmicas, que atrapan CO₂, ecológico se puede reciclar, siendo un material sostenible en la construcción.



Figura 7. Hemcrete Lhoist Group
Fuente: (Flahiff, 2009).

Heavengrown

Es una empresa fundada y dirigida por Stephen Clarke un ingeniero que usa el cáñamo, la guadua, bambú, la fibra de coco como material constructivo, en la página de Instagram cuenta con fotos de sus procesos de construcción sostenible, la siguiente imagen muestran el uso del cáñamo y la guadua hacer un uso constructivo mixto, usando la formaleta como encofrado.



Figura 8. Heavengrown. Instagram.
Fuente: (heavengrown, 2019a).



Figura 9. Heavengrown 2. Instagram.
Fuente: (heavengrown, 2019b).

El hogar sin carbono utiliza fibra de cáñamo para un diseño innovador

Es una firma llamada Practice Architecture de Londres que logro hacer los muros de una casa con cáñamo que se produce en el mismo lugar, usando como aglutinándote la cal y funcionando perfectamente en sus muros altos, térmicos, ecológicos.



Figura 10. Catja de Hass Architects.
Fuente: (Jewell, 2019).



Figura 11. Catja de Hass Architects 2.
Fuente: (Jewell, 2019).

Hemp-based render gives striated skin to renovated house by Martens Van Caimere

En esta vivienda de Martens Van Caimere Architecten también es usado el Hempcrete como revoco en las paredes, para volver un poco más térmica la casa y más resistente al exterior y siendo un material totalmente ecológico y con gran ahorro energético comparado con el hormigón, permitiendo ser un material más sostenible



Figura 12. Martens Van Caimere.
Fuente: (Frearson, 2015).



Figura 13. Martens Van Caimere 2.
Fuente: (Frearson, 2015).

Vivienda unifamiliar aislada con estancias de alojamiento turístico, suelo rústico, no urbanizable- Cannabric

Vivienda realizada por Cannabric usando cáñamo y cal como aglutinante, con muros de carga de 40 cm de espesor, los cuales se realizan usando formaletas y vaciando la mezcla de mortero de cáñamo. Son muros que son térmicos, acústicos, siendo un diseño bioclimático con alto ahorro energético.

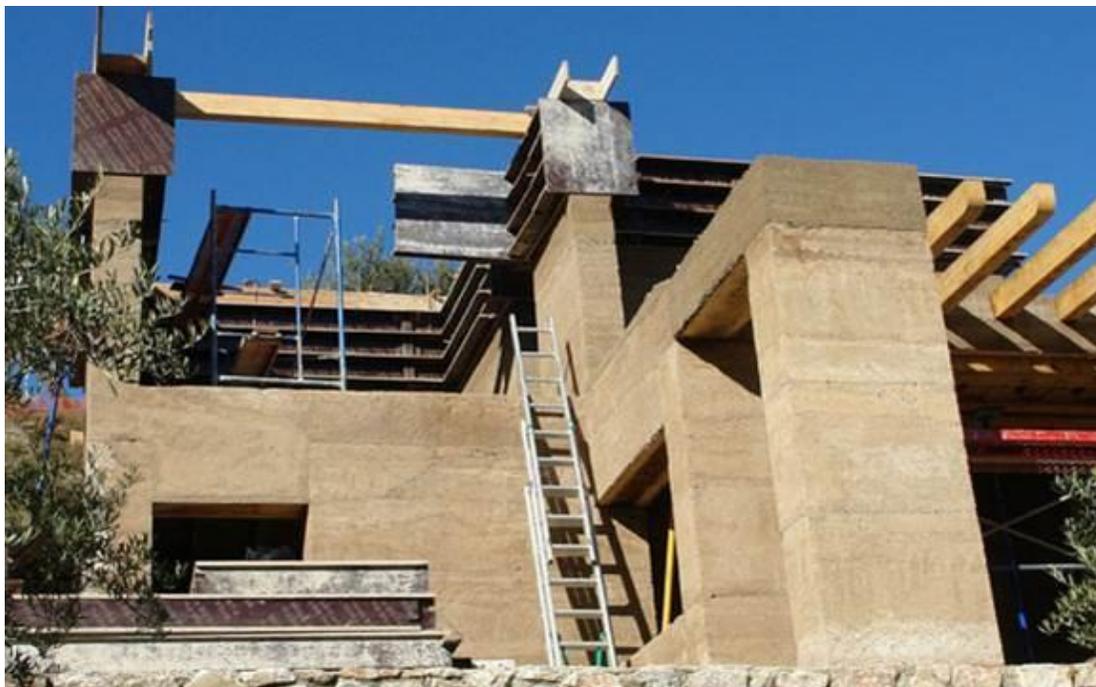


Figura 14. Vivienda unifamiliar aislada con estancias de alojamiento turístico, suelo rústico, no urbanizable.

Fuente: (Cannabric, 2009).



Figura 15. Vivienda unifamiliar aislada con estancias de alojamiento turístico, suelo rústico, no urbanizable 2

Fuente: (Cannabric, 2009).



Figura 16. Vivienda unifamiliar aislada con estancias de alojamiento turístico, suelo rústico, no urbanizable 3
Fuente: (Cannabric, 2009).

3 Marco Operacional y Diagnostico

Materiales

Cáñamo

El cannabis esta presente por la mayoría de países del mundo es una planta que se adapta muy muy a diferentes climas. Su fibra ha sido utilizada desde hace mucho tiempo para crear diferentes materiales tanto textil, medicinas, ropa, pape, plástico, combustibles, construcción en el cual es un material de gran resistencia, sanidad, ecológico, reciclable y permite absorber el co2 de la atmosfera, volviéndose más resistente con el pasar del tiempo. En la industria de la construcción se ha usado como elementos constructivos creando muros, bloques, morteros, permitiendo “Estos materiales también tienen una menor demanda energética en su fabricación que aquellos

procesados con calor (ladrillos, bloques de hormigón...), pues reducen la contaminación ambiental. Aplicado en la construcción, el cáñamo contribuye a secuestrar o incluso reducir gases invernaderos durante la vida útil del edificio.” (Brümmer, 2015). Actualmente hay muchos países que utilizan la fibra de cáñamo como elemento constructivo permitiendo resistencia a la compresión, a la flexión, elasticidad y también es resistente al fuego. Latinoamérica y Colombia se está comenzando a usar el cáñamo en la construcción en ejemplos como Stephen Clarke un ingeniero mexicano que usa fibras, guadua para la construcción con estos elementos permitiendo propiedades físicas y químicas.

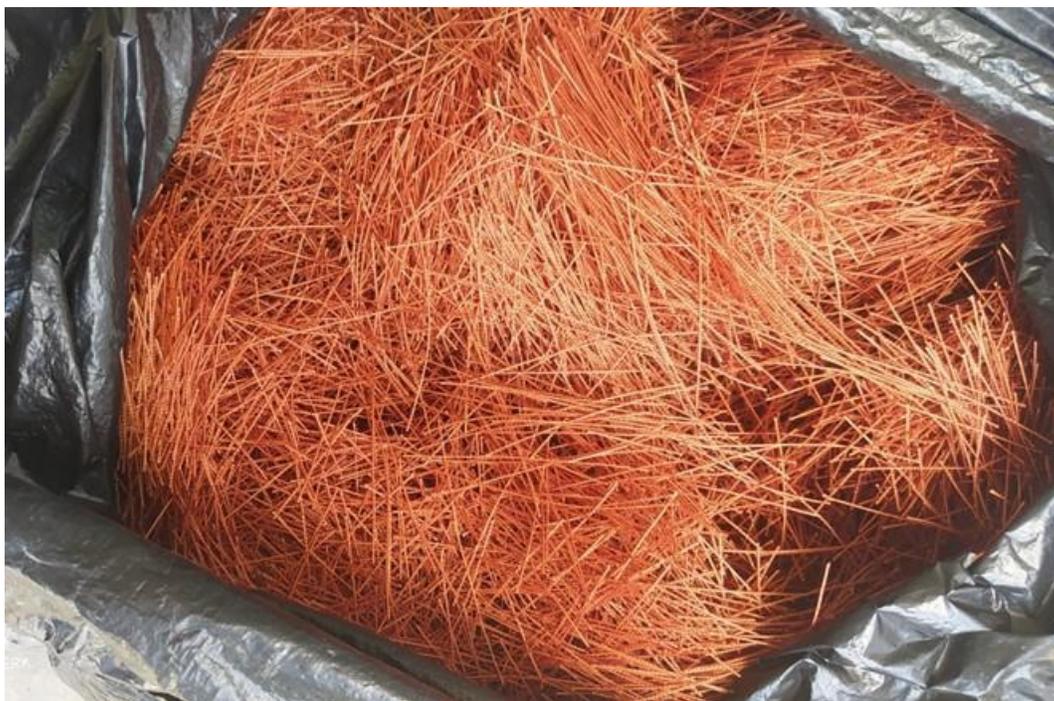


Figura 17. Fibras de Cáñamo
Fuente: Elaboración propia.

Cal hidráulica natural (NHL•5)

La cal se produce por la calcinación de la arcilla formando SiO_2 y Al_2O_3 que cuando ingresan en contacto con el agua como aditivo se convierte en un material cementante y conglomerante hidráulico eficaz.

Es usada la cal hidráulica principalmente para la construcción, usada en pinturas, muros, estucos, morteros ya que contiene altos porcentaje de calcio, siendo no muy actualmente usada en la industria de la construcción, también es un material sano y ecológico debido.



q

Figura 18. Cal Hidratada

Fuente: Elaboración propia.

Cáscaras de arroz

La cáscara de arroz, como subproducto del cultivo del arroz, se caracteriza por su baja densidad, por ser aislante acústico y por su fácil manipulación, no oponiendo resistencia al corte. En lo que respecta al fuego se ha comprobado no ser inflamable y de condiciones aceptables de combustibilidad, no produciendo gases.



Figura 19. Cascarilla de arroz

Fuente: Elaboración propia.

Arcilla

Se utiliza también arcilla apta para hacer ladrillos, con la cual se le agregaron proporciones de fibra de cannabis y cascarilla de arroz.



Figura 20. Arcilla usada en ladrillos
Fuente: Elaboración propia.

Diseño de mezcla

La investigación consiste en realizar pruebas de resistencias y compararlos prototipos de cal y arcilla con el concreto que es el material más usado en la construcción. La cal y la arcilla es usada con la adición de fibras naturales y cascarilla de arroz. Para lograr estos prototipos se realiza una mezcla de cal hidráulica y arcilla con adiciones de fibras de 5%, 10%, 20% y hasta 30%. Realizando así 11 ladrillos con diferentes proporciones y de los mejores ladrillos se realizan 2 muros con los mejores resultados a la compresión, un muro de 16 ladrillos calados.

Se realiza un molde de madera en donde se van a fundir los ladrillos con una dimensión de 4.1 de alto, 23 cm de largo con 11 cm de ancho



Figura 21. Molde de ladrillos en madera
Fuente: Elaboración propia.

Se procede a mezclar en proporciones escogidas exactas ya sea la cal o la arcilla con la adición de fibras, y para cumplir con la mezcla en sus cantidades.



Figura 22. Mezcla de cal hidráulica con adición de fibra de cañamo y cascarilla de arroz
Fuente: Elaboración propia.

Aplicación de la mezcla para llevar a cabo fundir los prototipos en los moldes de madera.



Figura 23. Aplicación de la mezcla en los moldes
Fuente: Elaboración propia.

Resultado de los ladrillos realizados en el molde de madera y que luego van hacer llevados a prueba de compresión



Figura 24. Ladrillos para pruebas de compresión
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Ladrillo 1 de cal hidráulica y cáñamo al 10%.

Ladrillo 1 de cal hidráulica y cáñamo al 10%			
Material	Peso(kg)	Densidad kg/m3	Vol(m3)
Cal hidráulica	1.10	1150	0.95652
Agua	0.88	1000	0.00088
Cáñamo	0.11	30	0.00366
Total			0.96106

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Ladrillo 2 de cal hidráulica y cáñamo al 20%

Ladrillo 2 de cal hidráulica y cáñamo al 20%			
Material	Peso(kg)	Densidad kg/m3	Vol(m3)
Cal hidráulica	1.10	1150	0.95652
Agua	0.88	1000	0.00088
Cáñamo	0.20	30	0.00666
Total			0.96106

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Ladrillo 3 de cal hidráulica y cáñamo al 30%

Ladrillo 3 de cal hidráulica y cáñamo al 30%			
Material	Peso(kg)	Densidad kg/m3	Vol(m3)
Cal hidráulica	1.10	1150	0.95652
Agua	0.88	1000	0.00088
Cáñamo	0.33	30	0.011
Total			0,95652

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Ladrillo 4 de cal hidráulica y cascarilla de arroz al 10%

Ladrillo 4 de cal hidráulica y cascarilla de arroz al 10%			
Material	Peso(kg)	Densidad kg/m3	Vol(m3)
Cal hidráulica	1.10	1150	0.95652
Agua	0.88	1000	0.00088
Cascarilla de arroz	0.11	125	0,00088
Total			0,95828

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Ladrillo 5 de arcilla y cáñamo, 10%

Ladrillo 5 de arcilla y cáñamo, 10%			
Material	Peso(kg)	Densidad kg/m3	Vol(m3)
arcilla	1.4	1660	0,84337
Agua			
Cáñamo	0.14	30	0.00466
Cascarilla de arroz			
Total			0.848030

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Ladrillo 6 de arcilla y cañamo al 20%

Ladrillo 6 de arcilla y cañamo al 20%			
Material	Peso(kg)	Densidad kg/m3	Vol(m3)
arcilla	1.4	1660	0,84337
Agua			
Cáñamo	0.28	30	0.00933
Cascarilla de arroz			
Total			0.85277

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Ladrillo 7 de cal hidráulica y cáñamo, cascarilla de arroz al 5%

Ladrillo 7 de cal hidráulica y cáñamo 5%, cascarilla de arroz al 5%

Material	Peso(kg)	Densidad kg/m3	Vol(m3)
Cal hidráulica	1.10	1150	0.95652
Agua	0.88	1000	0.00088
Cáñamo	0.055	30	0.00183
Cascarilla de arroz	0.055	125	0.00044
Total			0.95967

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Ladrillo 8 de cal y cáñamo 10%, cascarilla de arroz al 10%

Ladrillo 8 de cal y cáñamo 10%, cascarilla de arroz al 10%

Material	Peso(kg)	Densidad kg/m3	Vol(m3)
Cal hidráulica	1.10	1150	0.95652
Agua	0.88	1000	0.00088
Cáñamo	0.11	30	0.00366
Cascarilla de arroz	0.11	125	0.00088
Total			0.96194

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Ladrillo 9 de arcilla y cáñamo, cascarilla de arroz al 5%

Ladrillo 9 de arcilla y cáñamo 5%, cascarilla de arroz al 5%

Material	Peso(kg)	Densidad(kg/m3)	Vol(m3)
arcilla	1.4	1660	0,84337
Agua			
Cáñamo	0.055	30	0.00183
Cascarilla de arroz	0.055	125	0.00044
Total			0.84564

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Ladrillo 10 de arcilla, cascarilla de arroz al 10%

Ladrillo 10 de arcilla, cascarilla de arroz al 10%			
Material	Peso(kg)	Densidad kg/m3	Vol(m3)
arcilla	1.4	1660	0,84337
Agua			
Cáñamo			
Cascarilla de arroz	0.14	125	0.00112
Total			0.84449

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Ladrillo MH Calado 11 de cal, cascarilla de arroz %5 y cáñamo 5%

Ladrillo MH Calado 11 de cal, cascarilla de arroz %5 y cáñamo 5%			
Material	Peso(kg)	Densidad kg/m3	Vol(m3)
Cal	1.4	1150	0.00121
Agua	0.98	1000	0,00098
Cáñamo	0.07	1150	0.06277
Cascarilla de arroz	0.07	125	0.00056
Total			0,06552

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar los muros se empleó materiales como la madera, la cal hidratada, el cáñamo y la cascarilla de arroz. Se crea una estructura de madera de 1 metro de largo por un metro de alto por 20cm.



Figura 25. Estructura de Madera
Fuente: Elaboración propia.

Se procede a encofrar la estructura de madera con una formaleta metálica mano portable



Figura 26. Encofrado con formaleta metálica
Fuente: Elaboración propia.

Se agrega cal hidratada y el por ciento de las fibras y se mezclan hasta que resulte una mezcla pastosa como en la imagen siguiente:



Figura 27. Mezcla de cal, cáñamo y cascarilla de arroz
Fuente: Elaboración propia.

Encofrado de a la estructura en madera con una formaleta metálica donde luego se vierte la mezcla.



Figura 28. Encofrado con formaleta metálica. Fuente: autor
Fuente: Elaboración propia.

Muro 1

Muro de cal hidratada y cáñamo al 10% luego del desencofrado, luego de 24 horas se comienza a deshumedecer, este muro que posee cascarilla de arroz empasto mucho más rápido y se nota más rígido y menos húmedo que el muro 2



Figura 29. Muro 1 cal hidratada y cáñamo
Fuente: Elaboración propia.

Muro 2

Muro de cal hidratada y cáñamo 5% y cascarilla de arroz al 5% luego del desencofrado, que luego de 24 horas comienza a endurecer, las primeras horas resulto estar húmedo.



Figura 30. Muro 2 de cascarilla de arroz al 5% cal hidratada y cáñamo
Fuente: Elaboración propia.

Escala del muro con una persona

Proporción de la escala humana comparada con el muro de 1x1 realizado de cáñamo y cal
hidráulica



Figura 31. Muro 2 de cascarilla de arroz cal hidratada y cáñamo
Fuente: Elaboración propia.

Muro con 16 ladrillos calados

Se realizan moldes en madera en donde se vacia la mezcla de cal hidráulica, cáñamo 5% t
cascarilla de arroz 5%



Figura 32. Molde madera ladrillo MH
Fuente: Elaboración propia.

Moldes de madera secando al sol y llenos de la mezcla de cal hidráulica, cáñamo 5% t cascarilla de arroz 5% , dura un día en poder sacarlo del molde de madera para que estén listos.



Figura 33. Encofrado y secado ladrillo 11
Fuente: Elaboración propia.

Resultado del ladrillo 11 MH sacado del molde de madera y listo para usar luego de 24 horas secando , se puede apreciar ya seco.

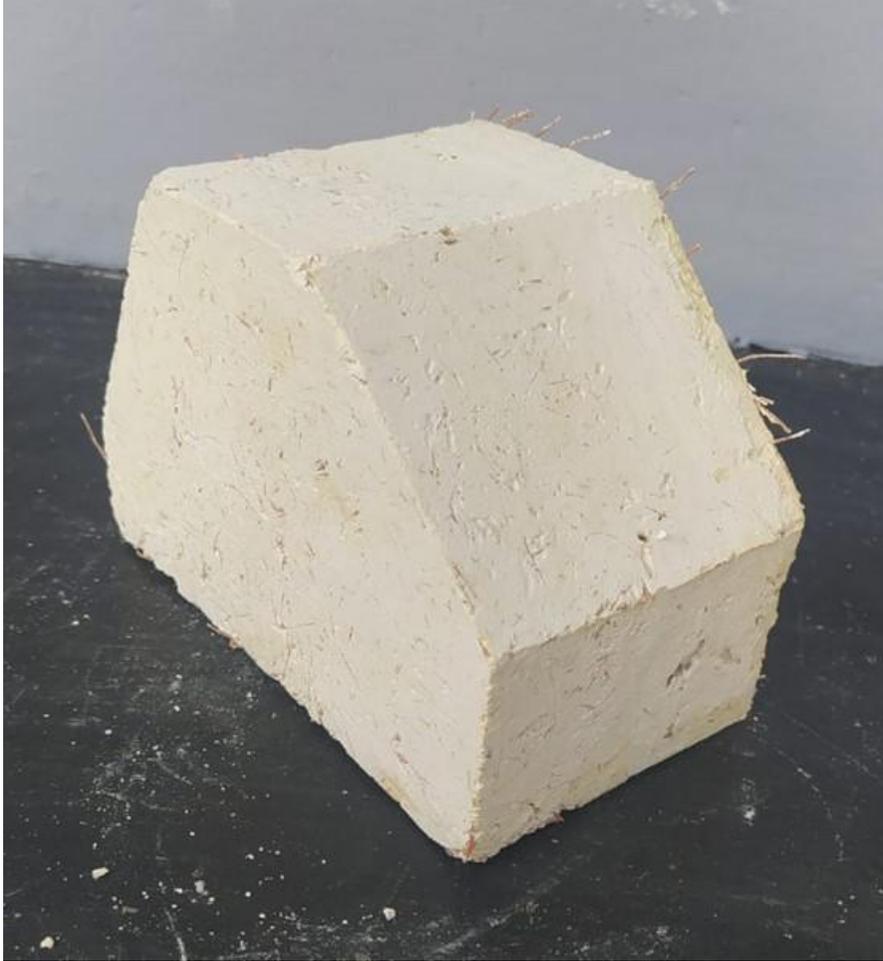


Figura 34. Ladrillo 11 MH
Fuente: Elaboración propia.

Muro realizado con los 16 ladrillos MH que conforman un muro de 48 de alto por 64 de ancho, en donde se demuestra que puede ser usado como muros divisorios resistentes



Figura 35. Muro de ladrillos #11
Fuente: Elaboración propia.

En el render se muestra como puede ser usado el ladrillo 11 MH en la arquitectura en este caso un muro, usando los ladrillos mampuestos, generando el paso del aire, de la luz y agradable a su composición visual en el mampuesto de los ladrillos



Figura 36. Render de ladrillo calado 11 MH usado como muro
Fuente: Elaboración propia.

3 Resultados prueba de compresión

Tabla 13. Resultados de ladrillos a compresión

Resultados de ladrillos a compresión							
	Peso(kgf)	Diámetros (cm)	Altura	Carga(kgf)	Área(cm ²)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo en PSI
Ladrillo 1	1.020583	23	4.3	50982,75	264,5	192,75	2741.54
Ladrillo 2	1.04326	23.5	4.3	68072,18	263,2	258,13	3671.47
Ladrillo 3	1.13398	22.9	4.4	87443,72	251,9	347.13	4937.34
Ladrillo 4	1.13398	23	4.5	97329,87	255,3	381.23	5422.36
Ladrillo 5	1.54221	21.7	4.3	86393,42	227,85	379.16	5392.92
Ladrillo 6	1.40614	22.5	4.1	94966,17	247,5	383,70	5457.49
Ladrillo 7	1.13398	22.9	4.4	95739,12	249,61	383.55	5455.36
Ladrillo 8	1.13398	23	4.5	80890,01	255,3	316,84	4506.52
Ladrillo 9	1.374385	22.5	4.0	56543,26	243	232,68	3309.48
Ladrillo 10	1.383457	22.7	4.1	93474,33	242,89	384,84	5473.71
Ladrillo 11	1.40614	16	12	93474,33	242,89	383.55	5455.36

Fuente: Elaboración propia.

Todos los ladrillos fueron llevados al ensayo de compresión en laboratorio donde a cada uno de los 11 ladrillos fueron sometidos



Figura 37. Ensayo de compresión laboratorio
Fuente: Elaboración propia.

3 Resultado de ensayo a compresión en ladrillo de cal, arroz al 5% y cáñamo al 5%

Se nota el antes y después de la prueba a compresión al ladrillo de cal, arroz al 5% y cáñamo al 5% en donde el ladrillo en sus extremos logra desvanecerse un poco en sus extremos, pero en el interior logra estar compacto y no tan deformado debido a las fibras de cannabis y la cascarilla de arroz.



Figura 38. Ladrillo cal, arroz al 5% y cáñamo al 5% antes de la prueba a compresión
Fuente: Elaboración propia.



Figura 39. Ladrillo cal, arroz al 5% y cáñamo al 5% luego de la prueba a compresión
Fuente: Elaboración propia.

3 Resultado de ensayo a compresión en ladrillo de cal y arroz al 10%

Este ladrillo en la prueba a compresión, llega a desboronarse en sus extremos debido a la fuerza implementada, pero logra notarse que sigue compacto debido a la cascarilla de arroz, sin llegar a estallarse o agrietarse significativamente.



Figura 40. Ladrillo cal, arroz al 10% luego de la prueba a compresión
Fuente: Elaboración propia.



Figura 41. Ladrillo cal, arroz al 10% antes de la prueba a compresión
Fuente: Elaboración propia.

3 Resultado de ensayo a compresión en ladrillo de arcilla y cáñamo al 10%

Este ladrillo de arcilla y adición de cáñamo al 10% aplicando la prueba a compresión se tiende a agrietarse horizontalmente, pero también se logra notar que las fibras amarran el material sin dejarlo que se desprenda totalmente.



Figura 42. Ladrillo arcilla, cáñamo al 10% antes de la prueba a compresión
Fuente: Elaboración propia.



Figura 43. Ladrillo arcilla, cáñamo al 10% luego de la prueba a compresión
Fuente: Elaboración propia.

4 CAPITULO III

Diseño de la investigación

Para constituir este proyecto de investigación una metodología adecuada en el área de investigación para una correcta organización de toda la información, para analizar los datos obtenidos solicitados, para avanzar en el proyecto de grado. Para el diseño de investigación se tuvieron indagando los siguientes aspectos:

4 Tipo de estudio

El tipo de estudio implementado en la investigación es de carácter tecnológico y analítico, ya que se incorporó la mayor parte de la información para responder a la problemática en el área de estudio de la investigación, para responder a la problemática y determinar la solución del prototipo de construcción más viable para la investigación

El tipo de investigación que se desarrolló en el proyecto, fue de investigación tecnológica, ya que el prototipo de construcción que se propuso en el proyecto, responda a la resistencia y diseño implantado en la arquitectura siendo funcional en el muro de ladrillos calados realizado.

4 Método de la investigación

El método para llevar a cabo esta investigación es mediante un trabajo de campo, como de teóricos prácticos que usen la fibra de cannabis en construcción, realizando elementos tecnológicos, interactivo con los usuarios y vinculados directamente con el tema de estudio a través de entrevistas, charlas, encuestas, visitas a los sectores y empresas, para tener un contacto de primera mano; y así proponer y desarrollar un proyecto tecnológico que cumpla con todos los

factores relacionados en esta investigación. Seguir buscando y analizando fuentes de información, que esté relacionado con el tema de estudio.

Toda la información para concluir el análisis es mediante mapas, tablas, barras, gráficos, autores especializados, fuentes bibliográficas confiables, informes municipales, departamentales y nacionales, pruebas de laboratorio, en donde suministran datos para analizarlos y así tomar una decisión, para llegar a concluir el diagnóstico del proyecto y crear un elemento constructivo que responda a la arquitectura.

4 Diseño de la investigación

La primera fase

la primera fase del proyecto fue analizar las zonas de estudio en el departamento que llevan para llegar a un diagnóstico de acuerdo a las necesidades y problemáticas a nivel social, ambiental y arquitectónico de las empresas analizadas en la región, como reunir la información, antecedentes los cuales sirvieron para enfocar el tema en materiales, implementando proyectos para aplicarlas en la investigación llevada a cabo, para poder usar la fibra de cannabis, el porcentaje a utilizar, variando los porcentajes de las investigaciones estudiadas

La segunda fase

Es identificar la influencia de las empresas de cannabis sobre el departamento del Tolima y como ha sido su desarrollo para su funcionamiento en empresas que se encuentran en: Piedra, Ibagué, fresno, Saldaña y demás departamentos. Realizar ensayos de laboratorio de compresión, determinada el porcentaje de la fibra y como afectan la resistencia, realizando ladrillos de la cal

hidráulica y la arcilla adicionando fibra al 5% 10% 20% 30% y con los mejores resultados crear muros de 1m x 1m.

Tercera Fase

En la tercera fase del proyecto y con el diagnóstico de las dos fases anteriores, se desarrollará un prototipo constructivo, ambiental, económico, con prototipos como ladrillos y muros que cumpla integralmente constructivamente e investigativamente, realizando un informe con los resultados de las pruebas de laboratorio, con las conclusiones sobre las pruebas de análisis mecánico llevándolas a lo arquitectónico en ladrillos calados.

5 CAPITULO IV

Conclusiones y recomendaciones

5 Conclusiones

Comparando los resultados de compresión de los ladrillos son comparados con los valores generales de un concreto en Colombia de la empresa Cemex, arrojando resultados más óptimos que un concreto, llegando los ladrillos a resistir la compresión hasta 5473.71 psi más que los valores del concreto que son de 3000 a 4000 psi normalmente,

Tabla 14. Comparación de ladrillos con concreto convencional

Esfuerzo en PSI ladrillos	Esfuerzo en PSI concreto
Ladrillo uno 2741.54	El valor tomado es de la empresa de concretos Cemex Colombia que nos dice lo siguiente: “Utilizado para la fundida de columnas, vigas, placas, pisos y cualquier elemento estructural cuya resistencia de diseño sea de 210 kg/ cm ² (3000 PSI) y 280 kg/ cm ² (4000 PSI) a 28 días. (Cemex colombia, 2020)
Ladrillo dos 3671.47	
Ladrillo tres 4937.34	
Ladrillo cuatro 5422.36	
Ladrillo cinco 5392.92	
Ladrillo seis 5457.49	
Ladrillo siete 5455.36	
Ladrillo ocho 4506.52	
Ladrillo nueve 3309.48	
Ladrillo diez 5473.71	

Fuente: Elaboración propia.

5 Recomendaciones

Es más efectivo utilizar la cal hidratada que la arcilla para adicionar fibras, porque la cal responde muy rápido al curado, mientras que la arcilla no.

La arcilla no es recomendable usarla con adición de fibras por que tiende a agrietarse y no compactarse totalmente.

6 Anexos

Anexo de una cartilla técnica en la investigación, que queda como soporte técnico de esta investigación realizada.

7 Bibliografía

- A la luz pública. (2019). *Ibagué estrena planta de cannabis*. A La Luz Pública. <https://www.alaluzpublica.com/ibague-estrena-planta-de-cannabis/>
- Brümmer, M. (2015). El cáñamo en la construcción: antecedentes, materiales y técnicas. *Ecoconstrucción*, 22–24. http://www.cannabric.com/media/documentos/dda1c_ecoconstruccionmayo2015.pdf
- Cabo, M. (2011). *Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción*. Universidad Pública de Navarra. <https://hdl.handle.net/2454/4504>
- Cannabric. (2009). *Construcción con Cannabric*. Cannabric. http://www.cannabric.com/proyectos/proprios/vivienda_unifamiliar_con_alojamiento/
- Cemex colombia. (2020). *Concreto seco*.
- Clarke, S. (2020). *Ep.5 “Cultiva y Construye tu casa de Cáñamo.”* YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Q6Rcy61EeMM>
- Colombia. El Congreso de Colombia. (2016). *Ley 1787 - Por medio de la cual se reglamenta el Acto Legislativo 02 de 2009*. Diario Oficial No. 49.926. <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/30021759>
- El Economista. (2020). *Khiron Life Sciences concluyó instalación de 2.600 paneles solares en su planta de producción*. El Economista. <https://www.eleconomistaamerica.co/empresas-eAm-colombia/noticias/10626023/06/20/Khiron-Life-Sciences-concluyo-instalacion-de-2600-paneles-solares-en-su-planta-de-produccion.html>
- Flahiff, D. (2009). *Hemcrete®: Carbon Negative Hemp Walls*. In Habitat. <https://inhabitat.com/nations-first-hemcrete-house-makes-a-healthy-statement/new-8-50/>

- Frearson, A. (2015). *Hemp-based render gives striated skin to renovated house by Martens Van Caimere*. De Zeen. <https://www.dezeen.com/2015/10/27/martens-van-caimere-architecten-hempcrete-hemp-render-striated-skin-renovated-house-belgium/>
- heavengrown. (2019). *Natural building*. Instagram. <https://www.instagram.com/p/B0l2B7UhpYn/>
- heavengrown. (2019). *One of the most impressive crews*. Instagram. <https://www.instagram.com/p/B0WdxRZhSAL/>
- ICONTEC. (2005). NTC 4017. Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla. *Norma Técnica Colombiana-4017*, 1–30.
- Jewell, N. (2019). *Sustainable timber house in the UK is a modernist's dream*. In Habitat. <https://inhabitat.com/sustainable-timber-house-in-the-uk-is-a-modernists-dream/>
- Marín, I. (2015). La historia de la marihuana en Colombia: Consumo y cultivos entre los años 30 y 40 del siglo XX. *Weeds*, 12, 25–26. <https://www.researchgate.net/publication/287201823>
- Mora, J. A. (2017). *Análisis mecánico de un concreto con adición del 2 % de fibra natural de cáñamo*. Universidad Católica de Colombia. <http://hdl.handle.net/10983/14547>
- Ramos, A. N. (2019). *Plan de negocio para la fabricación y venta de ladrillos a base de cáñamo en la construcción de viviendas sostenibles en la ciudad de Bogotá*. Universidad Piloto de Colombia. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/4833>
- Souza, E. (2020). *Hormigón de cáñamo: De los puentes romanos a un posible material del futuro*. ArchDaily. <https://www.archdaily.co/co/944585/hormigon-de-canamo-de-los-puentes-romanos-a-un-posible-material-del-futuro>
- Terreros, L. E., & Carvajal, I. L. (2016). *Análisis de las propiedades mecánicas de un concreto convencional adicionando fibra de cáñamo*. Universidad Católica de Colombia. <http://hdl.handle.net/10983/6831>

Thulio. (2020). *Hempcrete: construyendo con cannabis*. Thulio. <https://thulio.mx/construyendo-con-cannabis/>

Vettorelo, P., & Clariá, J. (2014). Suelos teфорzados con fibras: estado del arte y aplicaciones. *Revista de La Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 1(1), 27–34.