



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Davinson Andres Arias Perdomo, con C.C. No. 1083924648

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado

Titulado: Elaboración de ladrillos adoquín con tallos de cannabis para construcción de obras de ingeniería por la empresa Cannagustin en Pitalito-Huila.

presentado y aprobado en el año 2023-1 como requisito para optar al título de

Ingeniero Agrícola;

Autorizo al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE: Davinson Andres Arias Perdomo

Firma:

Andres Arias



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Elaboración de ladrillos adoquín con tallos de cannabis para construcción de obras de ingeniería por la empresa Cannagustin en Pitalito-Huila.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Arias Perdomo	Davinson Andres

DIRECTOR Y CODIRECTOR PROYECTO:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Beltrán Diaz	Jhon Jairo

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
González Mahecha	German Andrés

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Agrícola

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Agrícola

CIUDAD: Pitalito

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2023

NÚMERO DE PÁGINAS: 32

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas Fotografías Grabaciones en discos Ilustraciones en general Grabados
Láminas Litografías Mapas Música impresa Planos Retratos Sin ilustraciones
Tablas o Cuadros

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: Word; Pdf

MATERIAL ANEXO:



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español

1. Cemento
2. adoquín
3. Resistencia

Inglés

- Cement
- Cobblestone
- Resistance

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El presente trabajo tiene como objetivo principal la elaboración de ladrillos adoquín con fibra de tallos de Cannabis para la utilización en el sector de construcción de obras de ingeniería por la empresa Cannagustin en el municipio de Pitalito-Huila. Bajo la utilización de las diferentes normas aplicadas en Colombia, en el sector de la construcción se procedió al diseño y elaboración de cuatro tipos de ladrillo adoquín, en donde cada tipo de ladrillo varió según la cantidad de fibra agregada, es así como el ladrillo tipo A1 tuvo un porcentaje de fibra agregado del 10%, el ladrillo tipo A2 tuvo un porcentaje de fibra agregado del 20%, el ladrillo tipo A3 tuvo un porcentaje de fibra agregado del 30% y el ladrillo tipo B fue un testigo con un 0% de aporte de fibra; diferentes métodos matemáticos fueron utilizados para el cálculo de las diferentes pruebas de calidad, en este sentido se procedió a la realización de ensayos de compresión y absorción a cada una de las pruebas; además, se procedió a realizar el estudio económico necesario para determinar los costos de producción de cada tipo de ladrillo.

Como resultados se pudo observar que la fabricación de 21 ladrillos tipo A1 con un aporte de 10% de fibra de cannabis presenta un precio de \$1091.99 pesos más económico que la fabricación de la misma cantidad de ladrillos adoquín convencional: lo que corresponde por unidad un ahorro de \$51.99 pesos, por lo que económicamente es viable la fabricación de este tipo de ladrillos. Además, se determinó que los ladrillos tipo adoquín al 10% de fibra obtuvieron una resistencia a la compresión de 3.22 Mpa, lo que indica que no son aptos según las normas colombianas establecidas para el uso tanto estructural como no estructural. Sin embargo, se evidencia el aumento en la estabilidad (lo que corresponde a que los ladrillos se comprimen presentando una ruptura menos marcada que los adoquines estándar o tipo B). Por lo tanto, se sugiere para próximas investigaciones el estudio del comportamiento de ladrillos adoquín con un porcentaje de fibra de tallo de cannabis menor al 10%.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The present work has as its main objective the elaboration of cobblestone bricks with fiber from cannabis stems for use in the construction sector of engineering works by the company Cannagustin in Pitalito Huila, under the use of different standards applied in Colombia in the sector of the construction proceeded to the design and elaboration of four types of cobblestone bricks, where each type of bricks varied according to the



amount of added fiber, this is how the A1 type brick had an added fiber of 10% the A2 type brick had and added fiber percentage of 20% type A3 brick had and added fiber percentage of 30% for type B brick was a control with 0% fiber contribution; different mathematical methods were used to calculate the different quality tests, in this sense comprehension and absorption, tests were carried out for each of the tests; in addition, the necessary economic study was carried out to determine the production costs of each type of brick

As a result it was observed that the manufacture of 21 type A1 bricks with a contribution of 10% cannabis fiber is \$1091.99 pesos cheaper than the manufacture of the same number of conventional cobblestone bricks, so the manufacture of cobblestone is economically viable. This type of bricks. In addition it was possible to determine that the paver type bricks at 10% fiber obtained a value of 3.22 MPA which indicates that are not suitable according to the Colombian standards established for structural and nonstructural use, however the increase in the stability of the bricks if a percentage of fiber is added, which makes it necessary to investigate the behavior of cobblestone bricks with a percentage of cannabis stem fiber less than 10%.

APROBACION DE PROYECTO DE PASANTIA SUPERVISADA

Nombre Jurado: José Agener Zapata Castañeda

Firma:

Nombre Jurado: Luis Humberto Martínez Palmeth

Firma:

**ELABORACION DE LADRILLOS ADOQUIN CON TALLOS DE
CANNABIS PARA CONSTRUCCION DE OBRAS DE INGENIERIA POR
LA EMPRESA CANNAGUSTIN EN PITALITO-HUILA**

Trabajo de grado presentado al departamento de Ingeniería Agrícola
como requisito para optar al título de: Ingeniero Agrícola

Autor.

Davinson Andrés Arias Perdomo: 20161145454

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Agrícola

Pitalito, Huila, Colombia. 2022

Firma

Director: Jhon Jairo Beltrán Díaz

Firma

Codirector: German Andrés González
Mahecha

Nota de aceptación

Firma

Jurado: José Agener Zapata Castañeda

Firma

Jurado: Luis Humberto Martínez Palmeth

ELABORACION DE LADRILLOS ADOQUIN CON TALLOS DE CANNABIS PARA CONSTRUCCION DE OBRAS DE INGENIERIA POR LA EMPRESA CANNAGUSTIN EN PITALITO-HUILA

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal la elaboración de ladrillos adoquín con fibra de tallos de Cannabis para la utilización en el sector de construcción de obras de ingeniería por la empresa Cannagustin en el municipio de Pitalito-Huila. Bajo la utilización de las diferentes normas aplicadas en Colombia, en el sector de la construcción se procedió al diseño y elaboración de cuatro tipos de ladrillo adoquín, en donde cada tipo de ladrillo varió según la cantidad de fibra agregada, es así como el ladrillo tipo A1 tuvo un porcentaje de fibra agregado del 10%, el ladrillo tipo A2 tuvo un porcentaje de fibra agregado del 20%, el ladrillo tipo A3 tuvo un porcentaje de fibra agregado del 30% y el ladrillo tipo B fue un testigo con un 0% de aporte de fibra; diferentes métodos matemáticos fueron utilizados para el cálculo de las diferentes pruebas de calidad, en este sentido se procedió a la realización de ensayos de compresión y absorción a cada una de las pruebas; además, se procedió a realizar el estudio económico necesario para determinar los costos de producción de cada tipo de ladrillo.

Como resultados se pudo observar que la fabricación de 21 ladrillos tipo A1 con un aporte de 10% de fibra de cannabis presenta un precio de \$1091.99 pesos más económico que la fabricación de la misma cantidad de ladrillos adoquín convencional: lo que corresponde por unidad un ahorro de \$51.99 pesos, por lo que económicamente es viable la fabricación de este tipo de ladrillos. Además, se determinó que los ladrillos tipo adoquín al 10% de fibra obtuvieron una resistencia a la compresión de 3.22 Mpa, lo que indica que no son aptos según las normas colombianas establecidas para el uso tanto estructural como no estructural. Sin embargo, se evidencia el aumento en la estabilidad (lo que corresponde a que los ladrillos se comprimen presentando una ruptura menos marcada que los adoquines estándar o tipo B). Por lo tanto, se sugiere para próximas investigaciones el estudio del comportamiento de ladrillos adoquín con un porcentaje de fibra de tallo de cannabis menor al 10%.

Palabras clave: Cemento, adoquín, fibras de cannabis, Resistencia, Absorción.

ELABORATION OF COBBLESTONE BRICKS WITH CANNABIS STALKS FOR CONSTRUCTION OF ENGINEERING WORKS BY THE COMPANY CANNAGUSTIN IN PITALITO HUILA

ABSTRACT

The present work has as its main objective the elaboration of cobblestone bricks with fiber from cannabis stems for use in the construction sector of engineering works by the company Cannagustin in Pitalito Huila, under the use of different standards applied in Colombia in the sector of the construction proceeded to the design and elaboration of four types of cobblestone bricks, where each type of bricks varied according to the amount of added fiber, this is how the A1 type brick had an added fiber of 10% the A2 type brick had an added fiber percentage of 20% type A3 brick had an added fiber percentage of 30% for type B brick was a control with 0% fiber contribution; different mathematical methods were used to calculate the different quality tests, in this sense compression and absorption, tests were carried out for each of the tests; in addition, the necessary economic study was carried out to determine the production costs of each type of brick.

As a result it was observed that the manufacture of 21 type A1 bricks with a contribution of 10% cannabis fiber is \$1091.99 pesos cheaper than the manufacture of the same number of conventional cobblestone bricks, so the manufacture of cobblestone is economically viable. This type of bricks. In addition it was possible to determine that the paver type bricks at 10% fiber obtained a value of 3.22 MPA which indicates that are not suitable according to the Colombian standards established for structural and nonstructural use, however the increase in the stability of the bricks if a percentage of fiber is added, which makes it necessary to investigate the behavior of cobblestone bricks with a percentage of cannabis stem fiber less than 10%.

Keywords: cement, cobblestone, cannabis fiber, absorption, resistance

INTRODUCCIÓN

El cannabis es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las cannabáceas originarias de la zona este y central de Asia, que se ha domesticado durante más de 5000 años, según lo indica (Booth & Bohlmann, 2019). Desde la antigüedad se ha usado por el ser humano con diversos objetivos, que abarcan aspectos medicinales, recreativos, construcción, entre otros. En el marco global, el cannabis toma cada vez más fuerza gracias a las propiedades que tiene.

Según Aso, (2020), la industria del cannabis, vislumbra un mercado potencial enorme, valorado en millones de dólares. De hecho, se prevé que para el 2025 este negocio genere unas ventas comparables a la facturación actual de un gigante de la industria de la moda como es Inditex. De igual manera, a nivel mundial para el año 2018 se estimó un mercado del cannabis con una producción avaluada en USD 12 mil millones, aumentando hasta alcanzar un valor de USD 166 mil millones en 2025, (Euromonitor International, 2019).

La industria mundial de cannabis legal ha tenido un crecimiento acelerado en los últimos años. De acuerdo con información de (JIFE, 2018), la producción mundial de cannabis con fines medicinales subió de 100 ton en 2015 a 406,1 ton en 2017. Y para Ramírez, (2019) en Colombia la producción obtenida por hectárea cultivada, generaría en 2022, USD 109 millones en producto de exportaciones y 1214 empleos y para el 2030 se estima obtener ingresos entre USD 1.532 millones y USD 3.065 millones.

A raíz de la crisis sufrida a causa del Covid-19, se ha modificado la forma de vida de manera inesperada, lo que ha permitido optar poco a poco por el uso de la tecnología e infraestructura de cero emisiones, por lo que la bioconstrucción puede ser un buen escenario para mitigar diferentes problemáticas, (Solano, 2022).

Según (Muñoz et al., 2018), la construcción utiliza una gran cantidad de recursos renovables y no renovables, lo cual deja en evidencia que es responsable de aproximadamente el 50% de la explotación de materia prima, de igual manera es responsable del 40% de consumo de energía mundial.

De acuerdo con (Zaguirre et al., 2011), en la construcción anteriormente se usaba como aglomerante la cal, hasta la aparición del cemento a mediados del siglo XIX, siendo este un elemento que al mezclarse con el agua ayuda a que exista una adhesión mayor en el mortero y concreto. La recolección de arena lavada de río también es causante de afectaciones de afluentes, adicionalmente el costo de los materiales tiene muchas variaciones, lo que hace que la construcción se vuelva dependiente.

Frente a la necesidad de generar estrategias para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en espacios reducidos que mitiguen su contaminación al ambiente (Sánchez Bernal et al., 2018), se ha optado por el uso de materiales y agregados naturales, principalmente con un menor impacto ambiental, tal es el caso del proyecto titulado “*prototipo de ladrillo a partir de fibra vegetal de cáñamo, como una alternativa sostenible a los ladrillos de arcilla tradicional, usados en la construcción de edificios de uso residencial en la ciudad de Bogotá*” (Bermúdez Rojas et al., 2021), teniendo este como objetivo principal la fabricación de viviendas de interés social, con la

elaboración de 3 tipos de presentaciones de ladrillo. Como resultado que es factible y ampliamente beneficioso para los socios o inversionistas, obteniendo una reducción en emisiones de CO₂ y una producción más limpia que la de los ladrillos tradicionales.

Para el año 2017 se publicó el trabajo titulado “*Análisis mecánico de un concreto con adición del 2 % de fibra natural de cáñamo*” (Mora, 2017), en este trabajo se realizó el análisis mecánico de un concreto con adición de fibra natural de cáñamo al 2% con el fin de determinar y comparar las propiedades mecánicas de un concreto con adición de fibra a su mezcla y sometiendo estas probetas a ensayos de laboratorio, como resultado se halló que la implementación de las fibras en el concreto aumenta la adherencia de los materiales durante y después de realizar cada uno de los ensayos.

De igual manera (Piedrahita, 2019), en su proyecto titulado “*fabricación de bloques en mortero de cemento para mampostería con adición de la fibra del coco en la isla de providencia y santa catalina*”, se propuso analizar el desempeño de las fibras de coco en una mezcla de mortero de cemento, con la finalidad de viabilizar su uso como refuerzo mecánico al mortero, para la búsqueda de materiales alternativos naturales que puedan emplearse en la Isla de Providencia en Colombia y sean fáciles obtención. Luego del estudio, se encontraron beneficios significativos en la capacidad a la resistencia de las fuerzas que ocasionan rotura.

Para el año 2014 se realizó la investigación “*resistencia a compresión de morteros en función de la adición de fibra de coco*” (da Silva et al., 2014), donde se halló la resistencia a la compresión en función de la adhesión de fibra de coco, encontrando que la presencia de este material en el mortero aumenta la capacidad de deformación de las probetas, permitiendo una ruptura menos brusca bajo compresión, adicionalmente la longitud optima de la fibra es cercana a los 25 mm.

Durante el año 2019, se realizó el trabajo titulado “*Mechanical characterization of a non-structural earth brick as support of vegetable material in green walls*” (González Velandia et al., 2019), donde se evidencia que la mezcla de ladrillo seleccionada presenta menor resistencia a la compresión que otros ladrillos de adobe, pero la fibra incorporada permite que sea más estable. Además, la combinación de materiales posibilitó una menor densidad y mayor absorción de agua.

Adicionalmente la necesidad investigativa en la solución de problemáticas en diferentes campos, principalmente en el campo de la construcción, ha cambiado la perspectiva del cannabis como una planta que solo se usa con fines psicoactivos y se presencia paulatinamente la regulación en muchos países. Para Colombia, la ley 1787 de 2016, permite actividades de regulación de cultivo, producción, fabricación de cannabis y sus derivados con fines medicinales y científicos. De igual forma, el 10 de mayo de 2022 fue creada la ley 2204, que crea el marco legal para el uso de la fibras, alimentos, bebidas, bebidas alcohólicas y suplementos derivados de cannabis (Congreso de Colombia, 2022).

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de Estudio

El proyecto se llevó a cabo en la finca Cannan, ubicada en las coordenadas 1°47'48.65" N y 76°8'36.73" O, de propiedad de la empresa Cannagustin S.A.S, ubicada en la vereda cabuyal a 14 kilómetros por la vía que del casco urbano del municipio de Pitalito conduce a Bruselas-Huila, entre las cordilleras oriental y central de los Andes, sobre el valle del río Magdalena, al sur de Colombia, ver (imagen) anexo 1.

Fases del estudio

En la figura 1, se presenta el fases de la investigación, comenzando con la elección del material a trabajar, que en este caso se utilizó fibras de tallo de cannabis y para la obtención de estas fibras fue necesario la selección de las muestras, el corte y extracción, además de la determinación de la humedad de las mismas, luego se procedió a la elaboración de los ladrillos tipo adoquín, en donde se determinó la forma y dimensiones, se cuantificaron los agregados, elaboración de la mezcla y por último el curado y secado de las muestras, finalmente, se procedió a realizar y analizar los ensayos de compresión, absorción y un análisis de costos de elaboración.

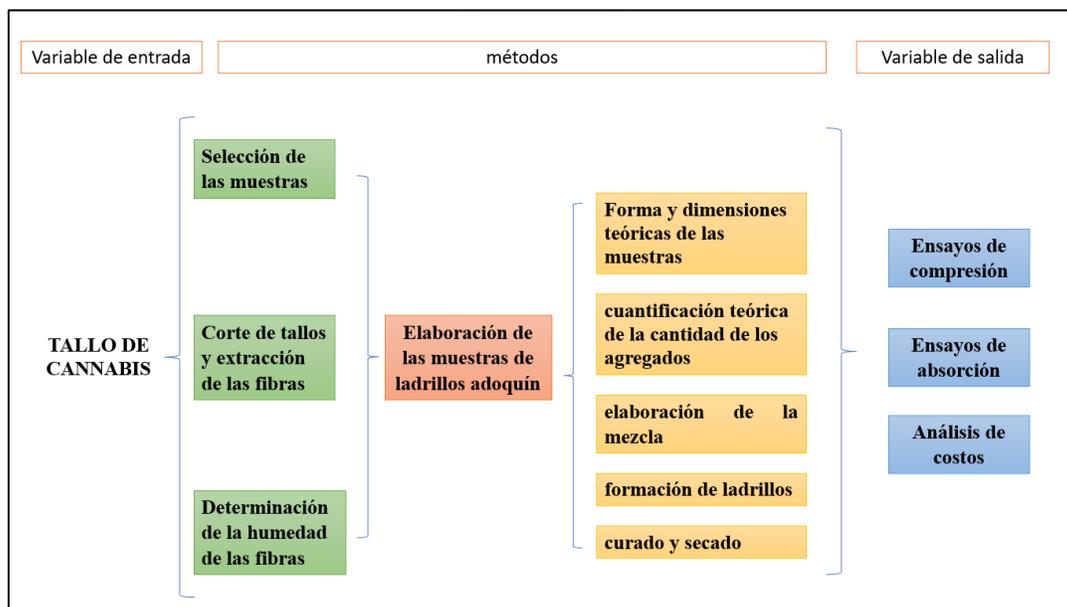


FIGURA 1. diseño experimental.

Selección de las muestras

Se decidió utilizar "Agustín medical", la cual es una variedad híbrida dominante, rica en CBD (sustancia química del cannabis denominada cannabidiol CBD), con aroma floral, de flor abundante, buena producción y resistente a climas húmedos con altas concentraciones de terpenos como Alphaca-bisabolol, transcariofileno, beta-farmeseno y Guaiol entre otros, ver imagen selección de la muestra (anexo 2).

Selección y caracterización de tallos

Luego de cosechados los tallos, se seleccionaron un total de 350 muestras (ver imagen selección y caracterización de tallos, anexo 3), con el objetivo de llevarlos a deshidratación directa al sol durante un periodo de 30 días, se realizó registro de la humedad interna de 30 tallos cada 5 días mediante un higrómetro de materiales de referencia UNI-T UT377A, hasta llegar a una humedad interna media del 12%, de esta manera se corroboró que los tallos estuvieran secos. Luego de los 30 días, se realizó la caracterización respecto de la toma de medidas a saber: altura, grosor y peso, en la tabla 1 se presentan los valores medios de estas tres variables.

TABLA 1. resultados medios de la caracterización de las muestras

VARIEDAD AGUSTÍN MEDICAL		
Altura media del tallo (m)	Grosor medio del tallo (m)	Peso medio del tallo (kg)
0,9014	0,0113	0,0448

Extracción de las fibras

En el proceso, se utilizó una máquina pica pasto marca Penagos PP- 7M (ver imágenes anexo 4,5,7 y 8), para obtener discos con un grosor medio aproximado 0,05 m, ver anexo 7. Luego de cortados la totalidad de los tallos, se procedió a extraer las fibras necesarias, ver anexo 8, para este proceso de extracción se usó la maquina marca Pulverisette 16, la cual se encuentra en las instalaciones del Tecno Parque Yamboro, propiedad del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA-Pitalito). La realización del esto fue posible gracias al convenio existente entre esta entidad y la Universidad Surcolombiana. Al pasar los tallos picados por esta pulverizadora dejó unas delgadas fibras, las cuales se usaron posteriormente en la elaboración de los adoquines.

Determinación de la humedad de las fibras

La humedad de las fibras se realizó bajo las ecuaciones expuestas en la norma (ASTM, 2009), el procedimiento consistió en pesar 3 muestras de 100 g de fibra para luego ser sumergidas totalmente en agua durante un periodo de tiempo total de 24 horas, posteriormente se sacaron las 3 muestras de fibra y se volvió a tomar su peso, luego se procedió a inducir las 3 muestras en un horno de secado de convección forzada propiedad de la Universidad Surcolombiana sede Pitalito durante un periodo de tiempo de 24 horas a una temperatura constante de 105 °C (ver imagen anexo 6), pasadas las 24 horas de secado se procedió a tomar el peso de las 3 muestras de fibra nuevamente, ver tabla 2.

- Determinación De Porcentaje De Absorción En Las Fibras

$$\% \text{ de absorcion total} = \left[\frac{(Wr - Wd)}{(Ws - Wd)} \right] * 1000 \quad (1)$$

Donde: W_r = peso inicial de la muestra (kg); W_d = peso de la muestra luego de secada en el horno (kg); W_s = peso de la muestra saturada (kg)

TABLA 2. pesos de las muestras durante el ensayo

ENSAYO DE ABSORCION DE FIBRAS			
Muestras	W_r (kg)	W_s (kg)	W_d (kg)
F1	0,1	0,390	0,081
F2	0,1	0,370	0,082
F3	0,1	0,410	0,0775

Elaboración de las muestras de ladrillos adoquín

- Forma y dimensiones teóricas de las muestras

Para efectos de este trabajo se determinó la forma y dimensiones de acuerdo a los términos y definiciones estipulados en la (Icontec, 2013).

Se optó por la elaboración de adoquines de forma no biselada; donde la longitud nominal (l_n) de los adoquines debe ser mayor o igual a 100 mm y menor o igual 250 mm; El ancho nominal (a_n), de los adoquines debe ser ≥ 100 mm; El espesor estándar (e_e) de los adoquines debe \geq a 40mm para uso peatonal \geq a 60mm para uso vehicular. Se prefieren dimensiones que sean múltiplos de 20mm así: 60mm, 80mm y, en algunos casos, 100mm o más.

La relación entre la longitud nominal (l_n) y el ancho nominal (a_n) de los adoquines no debe ser mayor que 2,5. Este requisito no se aplica a las unidades complementarias o especiales; La relación entre la longitud nominal (l_n) y el espesor estándar (e_e) de los adoquines no debe ser mayor de 5. Este requisito no se aplica a las unidades complementarias o especiales.

- Cuantificación teórica de la cantidad de los agregados en el diseño experimental

Para la elaboración total de los ladrillos adoquines, se decidió elaborar 4 tipos de ensayos diferentes, el primer ensayo refiere al adoquín A1 elaborado con una cantidad de fibra del 10% del total de los agregados, el adoquín A2 con una cantidad de fibra del 20% del total de los agregados, el adoquín A3 con una cantidad de fibra del 30% del total de los agregados y el adoquín B se elaboró con un 0% en la cantidad de fibra del total de los agregados que corresponde al ensayo testigo; de cada ensayo se realizaron 21 muestras. La cuantificación de los materiales se elaboró con una relación 1:3 en los agregados (ver tabla 3) y bajo los parámetros establecidos en por (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2004).

TABLA 3. dosificación 1:3 de materiales

DOSIFICACIÓN INICIAL 1:3

Cemento (kg)	454
Arena (m3)	1,1
Agua (kg)	250
Densidad de la arena(kg/m3)	1400

A partir de la dosificación inicial de los agregados según tabla anterior, se calculó el aporte en kg de fibra de cannabis en cada una de las muestras, tomando el total de los agregados iniciales para las muestras Tipo A1, Tipo A2 y Tipo A3 como el 90%, 80% y 70% respectivamente, sumado a lo anterior, se estimaron las cantidades en peso (kg) del 10%, 20% y 30% de la fibra agregada a cada una de las muestras Tipo A1, Tipo A2 y Tipo A3 respectivamente; de cada una de las 3 muestras se elaboraron 21 repeticiones para los diferentes ensayos de compresión y absorción, teniendo en total: 84 repeticiones incluyendo las 21 de la muestra testigo (Tipo B), ver (tabla 4).

TABLA 4. cantidad de materiales necesarios para la elaboración de las muestras.

LADRILLOS ADOQUÍN							
Muestra	Fibra de cannabis (%)	Fibra de cannabis (kg)	Cemento (kg)	Arena (kg)	Agua (kg)	Peso Total (kg)	Ladrillos totales por tratamiento
Tipo A1	10%	3,05	5,56	18,87	3,06	30,54	21
Tipo A2	20%	4,76	3,85	13,06	2,12	23,79	21
Tipo A3	30%	6,63	3,13	10,61	1,72	22,09	21
Tipo B	0 %	0	7,15	24,26	3,94	35,34	21
Muestras totales						111,76	84

- Elaboración de la mezcla

Calculada la cuantificación teórica de la cantidad de agregados, se pesó el cemento y la arena en una báscula con capacidad máxima de pesaje de 200 kg, para el caso de la fibra se empleó báscula electrónica con la capacidad máxima de pesaje de 40 kg, el agua se midió en un balde con capacidad para 12 litros.

Pesados los materiales se procedió a realizar la mezcla (ver imagen anexa 7), el cemento y la arena, se incorporaron en seco con una pala, se agregó la cantidad de agua indicada hasta que la mezcla tomara una forma homogénea, se procedió a agregar la fibra esparciéndola equitativamente sobre sustrato y se procedió a combinar nuevamente, finalmente, teniendo homogenizado todo el producto se procedido a elaborar los bloques.

- **Formación de ladrillos**

Se fabricaron 84 ladrillos, con uso de 2 moldes metálicos de 15 cm de largo, 10 cm de ancho y 6 cm de espesor. Posteriormente, se procedió a agregar la mezcla en cada uno de los moldes dejando a nivel en la totalidad del mismo sobre la formaleta, luego se proporcionaron 15 golpes con varilla de 3/8 de pulgada a cada uno de los moldes, procurando que estos fueran en toda la sección de la mezcla con el fin de lograr una mayor compactación (ver imagen anexo 8). Luego de asegurar compactación homogénea en el molde se colocó una lámina de fibra de madera de densidad media (denominada madera de densidad media MDF) calibre 3 mm encima y se procedió a voltear el ladrillo, dejando ambos moldes en reposo por un tiempo 10 minutos a condiciones ambientales normales, transcurridos el tiempo total de reposo, se extrajeron las muestras del molde.

- **Curado y secado**

Para la realización del secado y curado de las muestras, se siguieron los lineamientos dispuestos por (SENA, 1990), ubicándolos en un espacio cubierto, protegidos del viento, la lluvia y los rayos directos del sol. El sitio donde se almacenaron las probetas fue un lugar amplio, con un ambiente fresco por lo que no se vio la necesidad de realizar un cubrimiento en las muestras para conservar la humedad, ver imagen (anexo 9).

El tratamiento de curado de los adoquines se realizó con una periodicidad diaria durante los primeros 7 días a cada una de las 84 muestras, regando de manera homogénea por medio de una bomba de espalda con motor y capacidad de 12 litros, terminados los primeros 7 días, se seleccionaron las primeras 28 muestras para la realización de los diferentes ensayos de resistencia y absorción; el proceso de curado se continuó realizando a cada una de las 56 muestras restantes con una periodicidad de una vez cada 7 días hasta el día 14, momento en donde se sacan las siguientes 28 muestras realizando los ensayos de resistencia y absorción, durante los siguientes, finalmente en los últimos 14 días se realiza el agregado de agua una vez a la semana a las 28 muestras restantes hasta llegar a un tiempo de curado total de 28 días.

Selección de muestras para ensayos de compresión y absorción

Las muestras se llevaron a ensayos de compresión y absorción realizando seleccionaron a partir de un muestreo y revisión sensorial a cada una de las muestras según su tiempo de ensayo, la revisión sensorial consistió en seleccionar las muestras que no presentara deformidades, rasgos de agrietamiento o indicios de fragilidad (burbujas de aire) excesivas.

Para los ensayos de compresión se seleccionaron 16 muestras en cada uno de los ensayos de las 28 muestras totales, las 12 muestras restantes fueron utilizadas para la realización de los ensayos de absorción.

Ensayos de compresión

La realización de los ensayos de compresión de las muestras (ver imagen anexo 10 y 11), se realizó de acuerdo con los parámetros estipulados en las normas (Icontec, 2001) y (American Society for Testing and Materials, 2012).

Teniendo en cuenta los parámetros de las normas ya estipulados, se procedió a transportar las primeras 16 muestras el día 31 de septiembre del 2022 hasta las instalaciones del laboratorio de construcciones de la universidad Surcolombiana sede Neiva: Para el procedimiento, inicialmente se tomaron medidas de alto, ancho y espesor de cada una de las 16 muestras usadas, se procede a configurar y ensayar las muestras en la maquina automática para ensayos a compresión para concretos, marca Controls DPX; el día 7 de octubre se llevaron a ensayos las siguientes 16 muestras bajo procedimiento ya descrito, finalmente, el día 21 de octubre se realizaron los ensayos a las ultimas 16 muestras.

Ensayos de absorción

La realización de los ensayos de absorción de las muestras (ver anexo 12), se realizó de acuerdo con los parámetros estipulados en las normas (Icontec, 2001) y (American Society for Testing and Materials, 2012).

Teniendo en cuenta los parámetros de las normas ya estipulados, el ensayo se realizó inicialmente en la empresa Cannagustin, como primer paso se registró el peso en cada una de las muestras, denominado peso inicial, seguidamente se sumergen las muestras en canecas con capacidad máxima de 100 litros de tal manera que las muestras quedaran a un mínimo de 0.05 m por debajo del nivel de agua, una vez sumergidas las muestras, se dejaron durante 24 horas y posteriormente se sacaron para tomar el muestreo de peso, el cual se llamó peso saturado.

Una vez finalizado el proceso de pesaje, las muestras fueron llevadas hasta el laboratorio de física de la universidad Surcolombiana sede Pitalito, donde se usó del horno de convección forzada marca R&R Internacional, el cual se programó a temperatura constante de 105 °C durante 24 horas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ensayo de absorción de las fibras, tiene como finalidad saber el porcentaje de humedad que va a influir directamente en el peso del agua dentro de cada una de las mezclas, debido a que cada uno de los agregados incluyendo el agua se trabajaron con respecto al peso. En la figura 2, se muestran los resultados obtenidos del ensayo de porcentaje de absorción realizado a las diferentes muestras de fibra de talla de cannabis; en el eje X se describen las diferentes muestras (F1, F2 y F3), mientras que en el eje Y, se describe el porcentaje de absorción obtenido por cada una de las muestras.

En el ensayo de absorción para las muestras de fibra de tallo de cannabis, se tiene que el peso inicial de la muestra W_r es constante con 0,1 kg para F1, F2 Y F3, mientras que los pesos saturados y de las muestras secadas en el horno varían entre sí. De esta forma, para F1 se tiene un valor de peso saturado y muestra secada en horno de 0,390 kg y 0,081 kg, respectivamente, Para F2 se obtuvo un valor de peso saturado y muestra secada en horno de 0,370 kg y 0,082 kg, respectivamente y por último para F3 se obtuvo un valor de peso saturado y muestra secada en horno de 0,410 kg y 0,0775 kg respectivamente. Por lo que al aplicar la formula descrita por la norma, se obtuvieron valores de porcentaje de absorción de 61,48%, 62,5% y 67,67% para las muestras F1, F2 y F3, respectivamente, concluyendo que el promedio de absorción de las fibras llevadas a este ensayo de laboratorio fue de 63,83 % aproximadamente; esto nos indica que la fibra de cannabis aporta gran cantidad de agua a las muestras, lo que se traduce en una disminución en la cantidad de agua necesaria para la elaboración de cada muestra, entre más fibra existe en una muestra, menos agua se utiliza para la elaboración de la misma, lo que a su vez implica menos inversión en gastos.

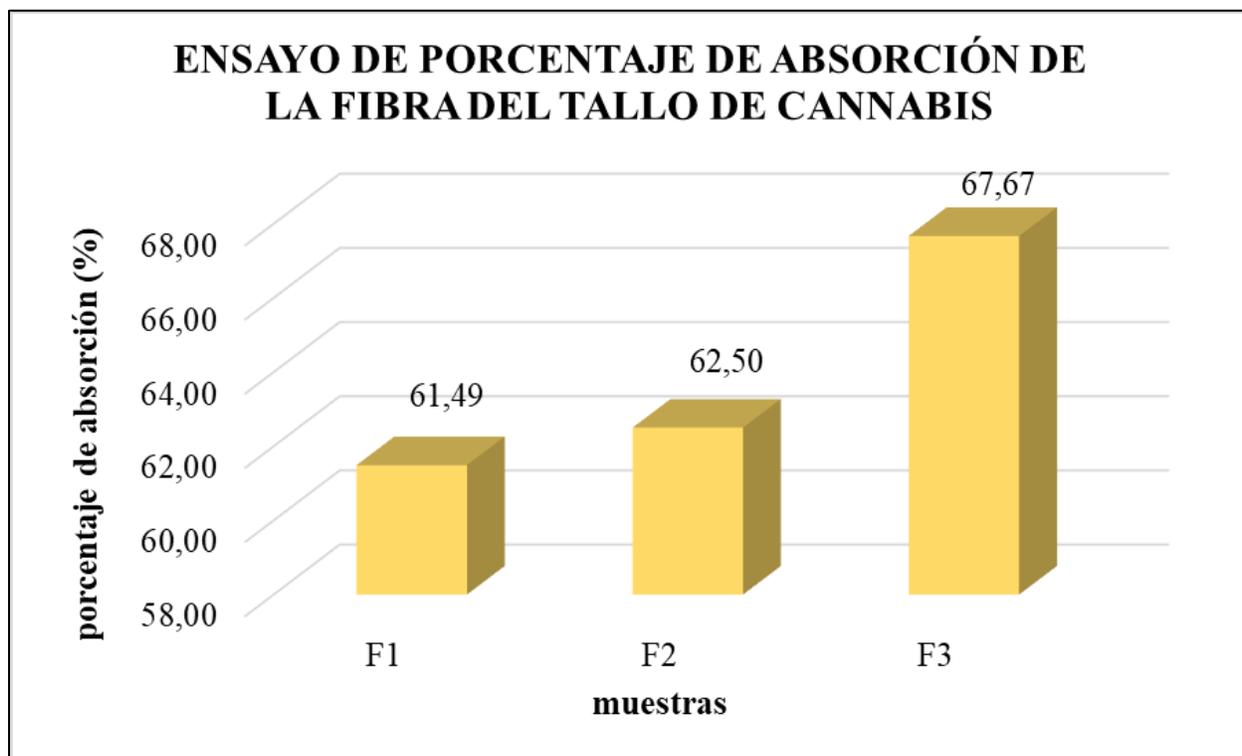


FIGURA 2. ensayo de porcentaje de absorción de tallos de cannabis.

En la figura 3, se presentan los resultados de los ensayos de resistencia a compresión realizados a cada una de las 4 muestras (Tipo A1, Tipo A2, Tipo A3 y Tipo B) luego de los primeros 7 días de fraguado; en cada una de las 4 graficas se presenta en el eje X la identificación de cada una de las repeticiones en factor de la muestra, así mismo, se presenta en el eje Y1 los valores resultantes del ensayo de carga máxima aplicada en unidades Newton (N) y en el eje Y2 los valores resultantes del ensayo de esfuerzo (F/A) en unidades N/mm².

En los resultados obtenidos del ensayo tipo B, se observa que la repetición Bp1 obtuvo un resultado de carga máxima aplicada de 10600 N, muy por encima de las repeticiones Bp2 y Bp3 que obtuvieron unos resultados de 9600 N y 9220 N, respectivamente. De igual forma en las pruebas de esfuerzo la repetición Bp1 presenta un comportamiento por encima de las otras dos repeticiones, obteniendo un valor de 7,09 N/mm². Así mismo, los resultados obtenidos del ensayo A1 (muestra con 10% de fibra de cannabis), se observa que la repetición 1F10 presentó los valores más bajos respecto a las otras 2 repeticiones, principalmente frente a la repetición 5F10, la cual obtuvo resultados de carga máxima aplicada y esfuerzo de 19450 N y 1,31, respectivamente. Sumado a lo anterior, los resultados obtenidos del ensayo A2 (muestra con 20% de fibra de cannabis), señalan un comportamiento similar en cada una de las tres repeticiones, teniendo los mínimos valores la repetición 5F20. Por último, los resultados obtenidos del ensayo A3 (muestra con 30% de fibra de cannabis), muestran que el mejor comportamiento lo presentó la repetición 4F30, mostrando unos valores finales de 4170 N en ensayo de carga máxima aplicada y 0,28 N/mm² para los ensayos de esfuerzo.

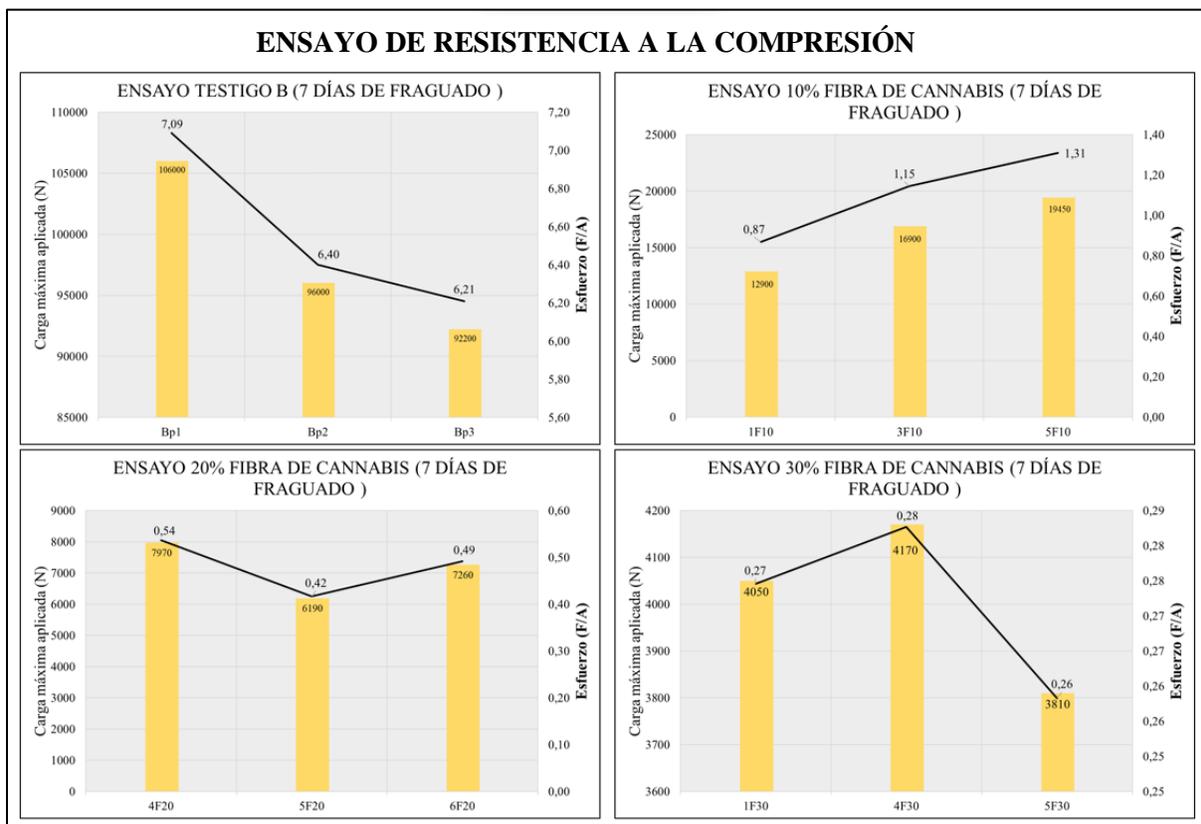


FIGURA 3. Ensayo de resistencia a compresión a los 7 días de fraguado.

En la figura 4, se presentan los resultados de los ensayos de resistencia a compresión realizados a cada una de las 4 muestras (Tipo A1, Tipo A2, Tipo A3 y Tipo B) luego de los primeros 14 días de fraguado; en cada una de las 4 graficas se presenta en el eje X la identificación de cada una de las repeticiones en factor de la muestra, así mismo, se presenta en el eje Y1 los valores resultantes del ensayo de carga máxima aplicada en unidades Newton (N) y en el eje Y2 los valores resultantes del ensayo de esfuerzo (F/A) en unidades N/mm².

Como resultado del ensayo a compresión al día 14, las repeticiones del ensayo tipo B, arrojaron un menor valor en la repetición Bp2 la cual soportó una fuerza a la compresión de 91930 N muy por debajo de la soportada por los adoquines Bp1 y Bp3 con valores de 126000 N y 121000 N, respectivamente. De igual forma, se evidencia en la segunda gráfica el comportamiento de los adoquines con fibra al 10%, siendo la repetición 3f1 el adoquín con el menor valor en cuanto a la carga máxima aplicada, soportando una carga 18080 N, mientras que las repeticiones 1f10 y 5f10 soportaron una fuerza a la compresión de 20520 N y 20230 N, respectivamente. Adicionalmente, la tercer grafica con la muestra A2 (muestras con 20% de fibra de cannabis), evidencian que para los adoquines 4f20 y 5f20 el esfuerzo es el mismo con un valor de 0,49 N/mm², aumentando hasta llegar a 0,61 N/mm² para la muestra 6f20. Por último, la gráfica A3 (muestra con 30% de fibra de cannabis), permite observar un aumento de una unidad en el valor del esfuerzo a la compresión, las cuales obtuvieron unos resultados de 0,28 N/mm², 0,29 N/mm² y 0,30 N/mm² para las muestras 5f30, 1f30 y 4f30 respectivamente.

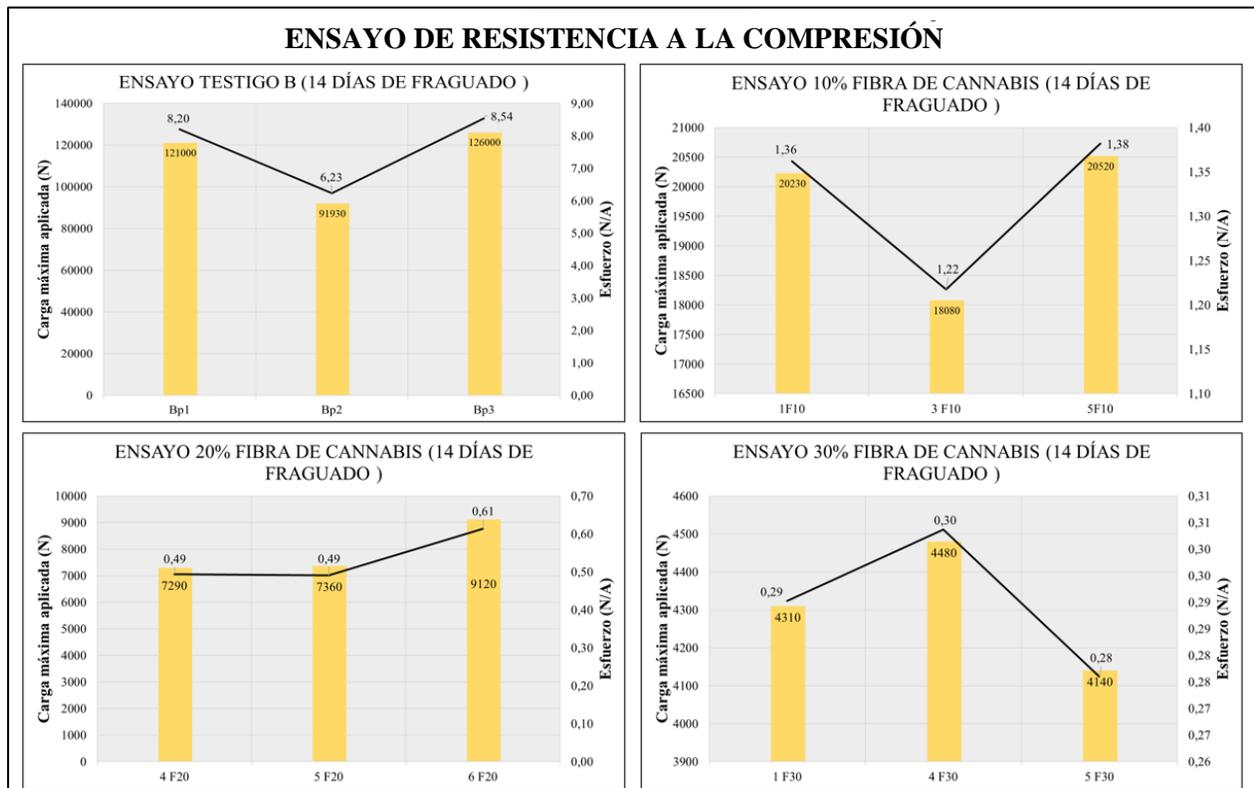


FIGURA 4. Ensayo de resistencia a compresión a los 14 días de fraguado.

En la figura 5, se presentan los resultados de los ensayos de resistencia a compresión realizados a cada una de las 4 muestras (Tipo A1, Tipo A2, Tipo A3 y Tipo B) luego de 28 días de fraguado; en cada una de las 4 graficas se presenta en el eje X la identificación de cada una de las repeticiones en factor de la muestra, así mismo, se presenta en el eje Y1 los valores resultantes del ensayo de carga máxima aplicada en unidades Newton (N) y en el eje Y2 los valores resultantes del ensayo de esfuerzo (F/A) en unidades N/mm².

Para el último ensayo a de resistencia a compresión, el mortero tipo B y morteros con adiciones de fibra de cannabis (Tipo A1, A2 y A3) llegaron a los valores máximos de resistencia, siendo de esta manera Bp1 con 274000 N la mayor fuerza a la compresión entre los demás tratamientos y también en relación con los adoquines Bp2 y Bp3 con resistencia a la compresión de 210000 N y 191000 N, respectivamente. La grafica dos presenta el comportamiento decreciente de las muestras 1f10, 2f10 y 3f10, con valores de fuerza a la compresión y esfuerzos de 48350 N y 3,22 N/mm², 417700 N y 2,81 N/mm², 30410 N y 2,59 N/mm², respectivamente. Para la gráfica siguiente, de adoquines con adhesión de un 20%, la muestra 2f20 alcanza valores de compresión de 38000 N y un esfuerzo de 2,53 N/mm², siendo este último el mayor valor en comparación con las muestras 1f20 y 3f20 los cuales obtuvieron valores de compresión y esfuerzo de 36530 N y 2,48 N/mm², 35050 N y 2,36 N/mm², respectivamente. Continuando con la gráfica cuatro, en esta se evidencia en la repetición 2f30 un valor de resistencia a la compresión de 6800 N, siendo este el más bajo en comparación con 1f30 y 3f30, las cuales obtuvieron un valor de resistencia a la compresión iguales con 7800 N.

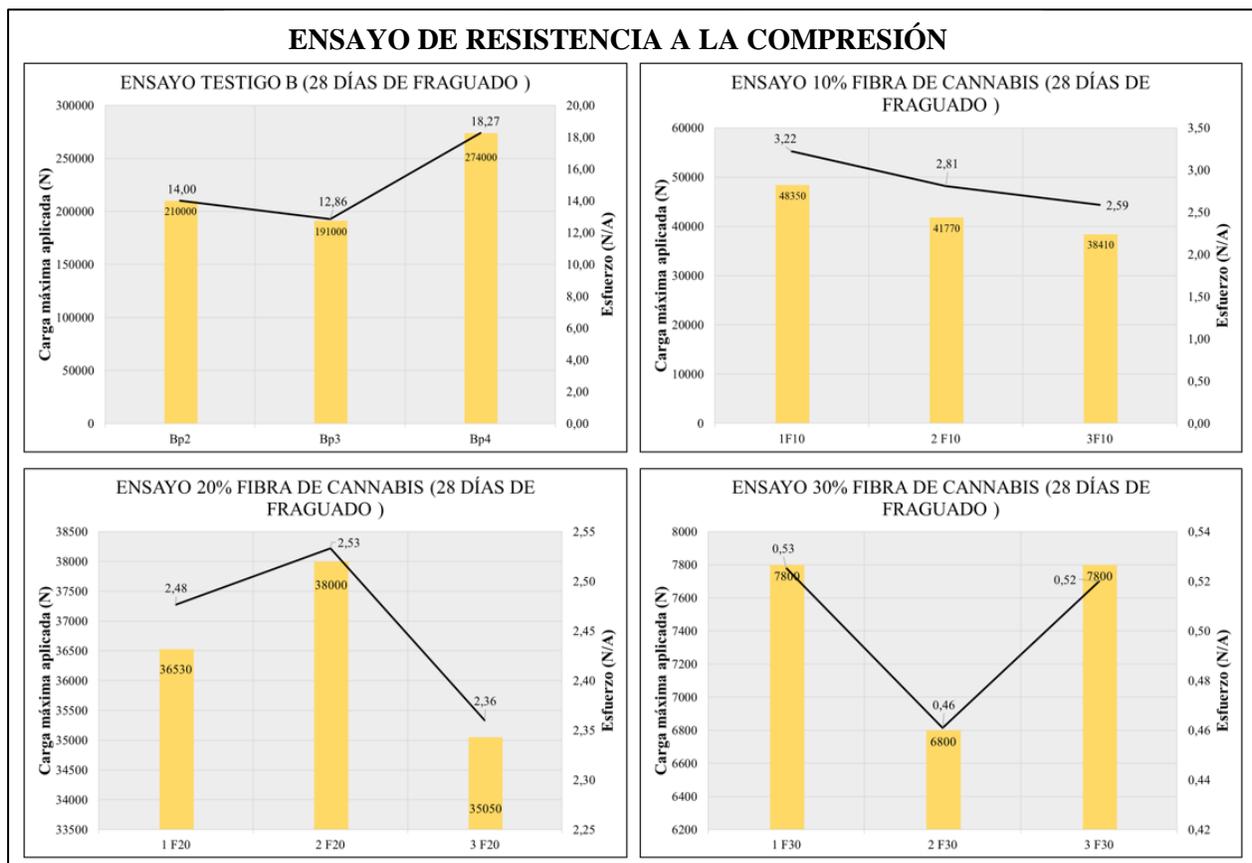


FIGURA 5. Ensayo de resistencia a compresión a los 28 días de fraguado.

En la figura 6, se presentan los resultados de los ensayos de porcentaje de absorción realizados a cada una de las 4 muestras (Tipo A1, Tipo A2, Tipo A3 y Tipo B) luego de los primeros 7 días de fraguado; en cada una de las 4 graficas se presenta en el eje X el porcentaje de absorción obtenido, así mismo, se presenta en el eje Y la identificación de cada una de las repeticiones observadas en factor de la muestra.

Para el ensayo de absorcion luego de transcurrido el dia 7 de fraguado se tiene que para los adoquines Bp6 y Bp4 obtuvieron comportamientos similares, con valores de 4,18% y 4,04% respectivamente, mientras que la muestra Bp1 presenta una menor absorcion con un valor de 2,96%, un comportamiento similar evidencian las muestras con un 10% de fibra, las cuales presentan valores de 11,26% y 11,82% en los dos primeros adoquines 2f10 y 4f10, respectivamente, mientras que para el adoquin 1f10 se presenta un valor menor con un 8,71% de absorcion, ya en los adoquines con adhesion de fibra al 20% se observa una mayor variacion, siendo el valor maximo el del adoquin 1f20 con un 17,96%, seguido del adoquin 2f20 con un 16,85% de absorcion y el valor mas bajo alcanzado en este ensayo fue del adoquin f20 con un 15,5%. Para las muestras con proporcion de fibra al 30% se observa una variacion en los resultados, siendo estos de 19,80%, 21,64% y 16,63% para los adoquines 6f30,2f30 y f30 respectivamente.

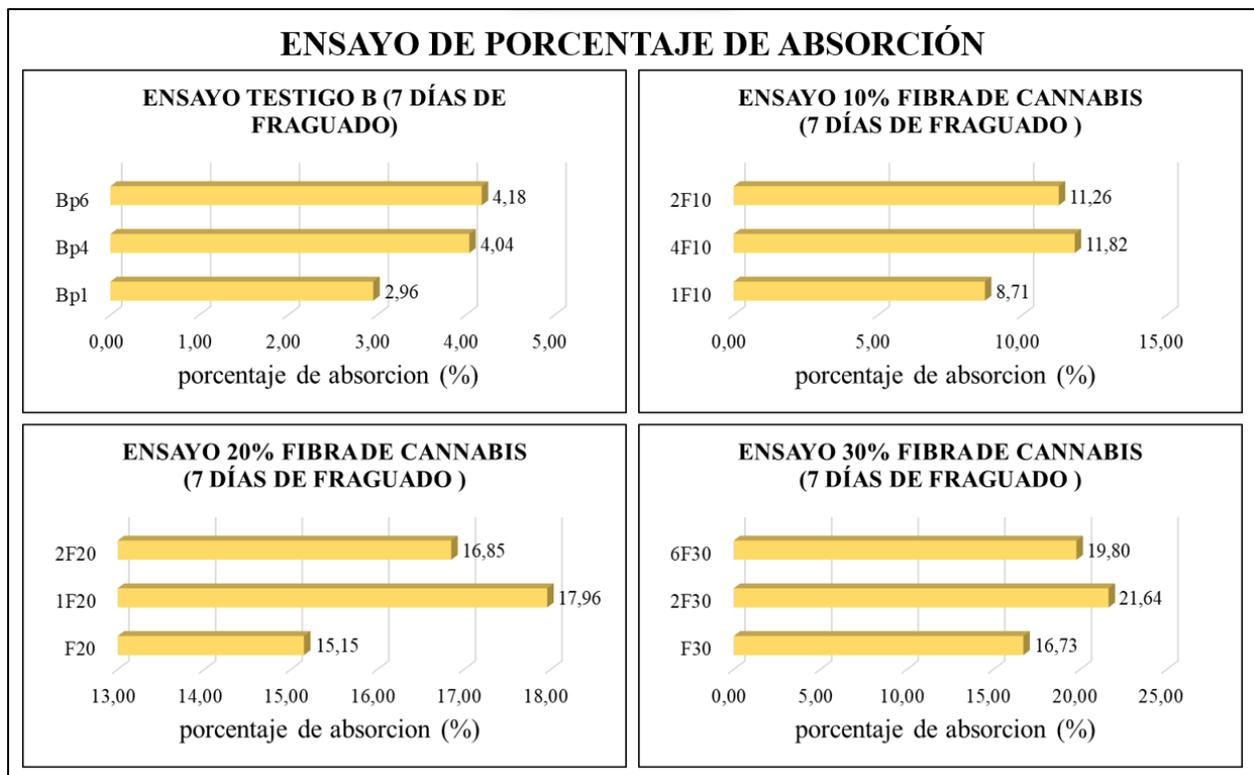


FIGURA 6. Ensayo de porcentaje de absorción a los 7 días de fraguado.

En la figura 7, se presentan los resultados de los ensayos de porcentaje de absorción realizados a cada una de las 4 muestras (Tipo A1, Tipo A2, Tipo A3 y Tipo B) luego de los primeros 14 días de fraguado; en cada una de las 4 graficas se presenta en el eje X el porcentaje de absorción

obtenido, así mismo, se presenta en el eje Y la identificación de cada una de las repeticiones observadas en factor de la muestra.

Para el segundo ensayo de absorción a los 14 días de fraguado, se observa que las muestras tipo Bp6 y Bp4 tienen un comportamiento similar, con valores de 3,96% y 3,93%, respectivamente, mientras que el adoquín Bp5 presenta una disminución en la proporción de absorción de agua, con un valor de 3,82%. Para las muestras con un 10% de fibra, se observa como tiende a disminuir la el porcentaje de absorción, teniendo un valor máximo en 3f10 de 4,83%, bajando a 2f10 con un 4,26% y llegando a un valor mínimo de absorción en 1f10 de 3,89%. Así mismo, en la gráfica tres, es posible observar una variación en el comportamiento de los porcentajes de absorción que inicia en 5f20 con un valor de 4,35%, disminuyendo en 4f20 con 4,27% de absorción y por último se tiene un aumento de 4,14% en la muestra 3f20. De igual manera, se comporta la muestrea con adhesiones de un 30% de fibra de cannabis, iniciando en 4,78, 4,74% y 5,25% de absorción para las muestras 5f30,4f30 y 3f30 respectivamente.

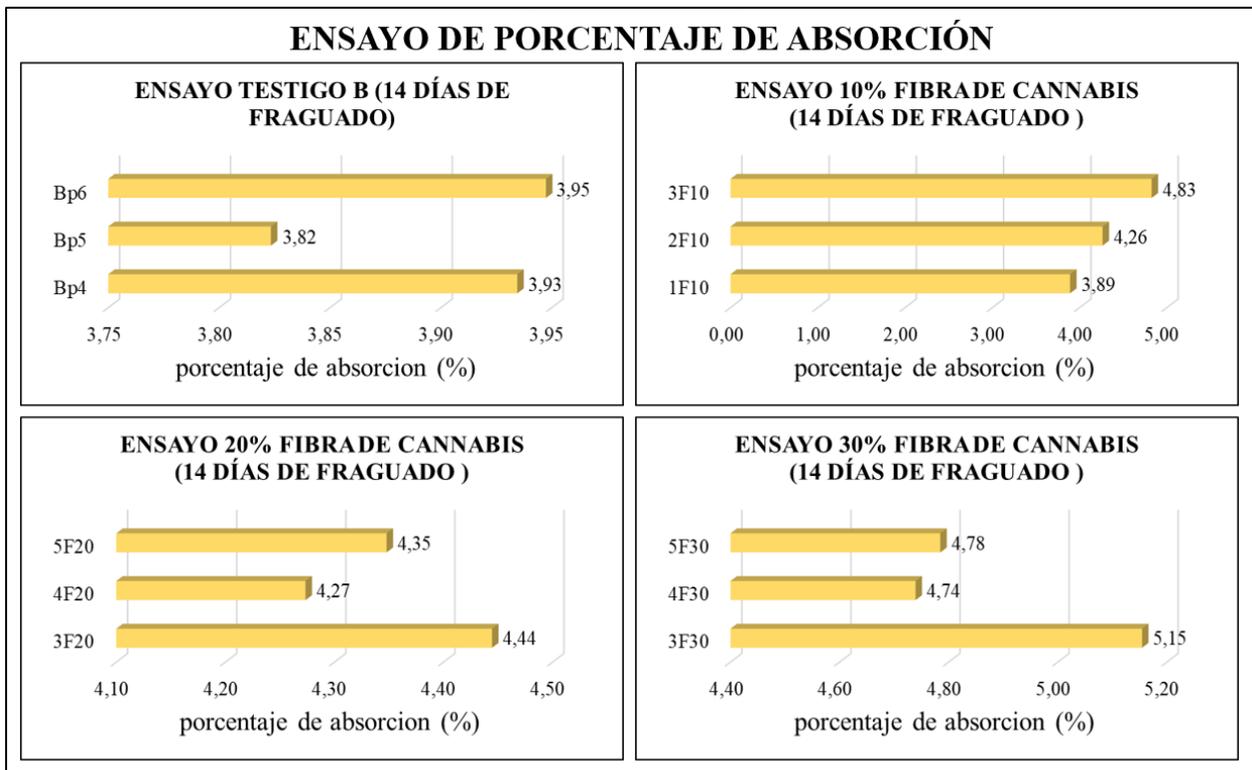


FIGURA 7. Ensayo de porcentaje de absorción a los 14 días de fraguado.

En la figura 8, se presentan los resultados de los ensayos de porcentaje de absorción realizados a cada una de las 4 muestras (Tipo A1, Tipo A2, Tipo A3 y Tipo B) luego de 28 días de fraguado; en cada una de las 4 graficas se presenta en el eje X el porcentaje de absorción obtenido, así mismo, se presenta en el eje Y la identificación de cada una de las repeticiones observadas en factor de la muestra.

Para el ensayo de absorción realizado al día 28, se tiene que en el adoquín tipo B hay una disminución del porcentaje de absorción de cada uno de los adoquines ensayados, iniciando con el

Bp3, el cual presenta el valor de absorción más alto, con un 8,36%, pasando por Bp2 que disminuye hasta un valor de 7,64%, llegando a la muestra testigo (T1) con un valor de absorción inferior a los anteriores de 7,02%. Continuando con la gráfica dos, es posible observar una variación en los datos, pasando de 40,94%, 51,05% y 21% de absorción para las muestras 3f10, 2f10 y 1f10 respectivamente. Para el ensayo de absorción de la muestra con un 20% de fibra de cannabis se tiene que el adoquín 3f20 tiene un porcentaje de absorción de 34,30% disminuyendo en gran medida en el adoquín 2f20 con 33,33% de absorción de agua y aumentando hasta llegar a un valor de 35,23% en la muestra 1f20. Por último, se tienen las muestras con adhesión de un 30% de fibra de cannabis, donde los adoquines presentan un comportamiento similar a los adoquines con un 20% de fibra, alcanzando estos valores de 34,30%, 33,30% y 35,23% para los adoquines 3f20, 2f20 y 1f20 respectivamente.

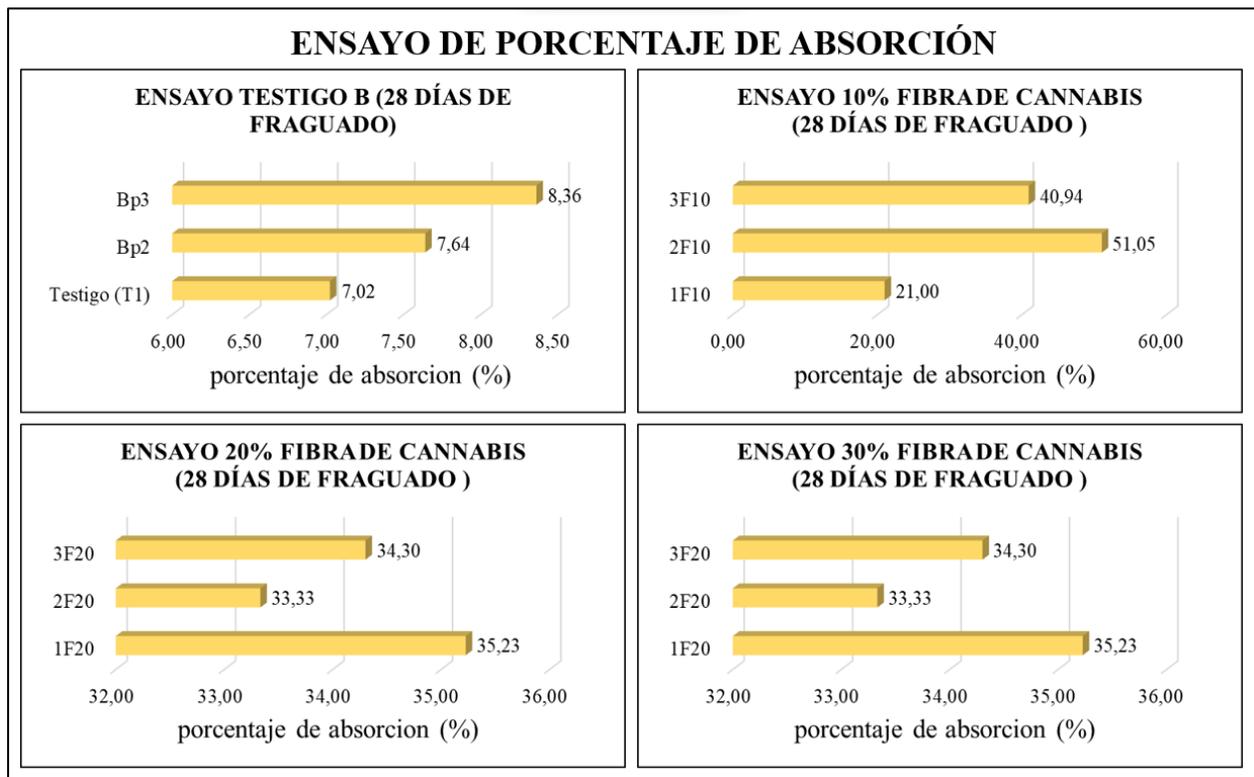


FIGURA 8. Ensayo de porcentaje de absorción a los 28 días de fraguado.

En la figura 9, se evidencian los mejores valores de las muestras de los adoquines tipo B, A1, A2 y A3, durante el proceso ejecutado a los 7, 14 y 28 días durante los ensayos a compresión; en el eje X se presentan las diferentes muestras ensayadas, mientras que en el eje Y, se presentan los valores de resistencia a la compresión de cada una de las muestras.

Se puede observar que entre el día 7 y el día 14 la diferencia entre las muestras de adoquín A1, A2 y A3 es muy baja, sin embargo, la diferencia entre estos tres ensayos respecto a las muestras tipo B (testigo) aumenta, este fenómeno, se presenta durante cada uno de los análisis realizados durante los próximos 14 y 28 días.

De igual forma, es posible analizar que para el día 28 cada tipo de adoquín logro su máxima resistencia a la compresión, siendo así el valor más elevado el del ladrillo tipo B, con una resistencia a la compresión de 18,27 MPA, en este sentido, se analiza que el ladrillo tipo A1 es un 82,35% menos resistente que el ladrillo tipo B, sin embargo, esta diferencia en la resistencia se muestra igual de importante que la diferencia en cuanto a estabilidad de cada muestra, ya que, la presencia de un 10% de fibra en el ladrillo adoquín A1 aumenta la capacidad de deformación de las probetas, permitiendo una ruptura menos brusca bajo las pruebas de compresión lo que permite a su vez que la fibra incorporada ayude a ser más estable el ladrillo adoquín tipo A1 que el ladrillo adoquín tipo B, sumado a lo anterior, el adoquín tipo A2 (con adhesión de fibra al 20%) logro una resistencia a la compresión de 2,53 MPA y por último se tiene el adoquín tipo A3 (con adhesión de fibra al 30%) alcanzo una resistencia a la compresión de 0,53MPA siendo el ladrillo menos resistente.

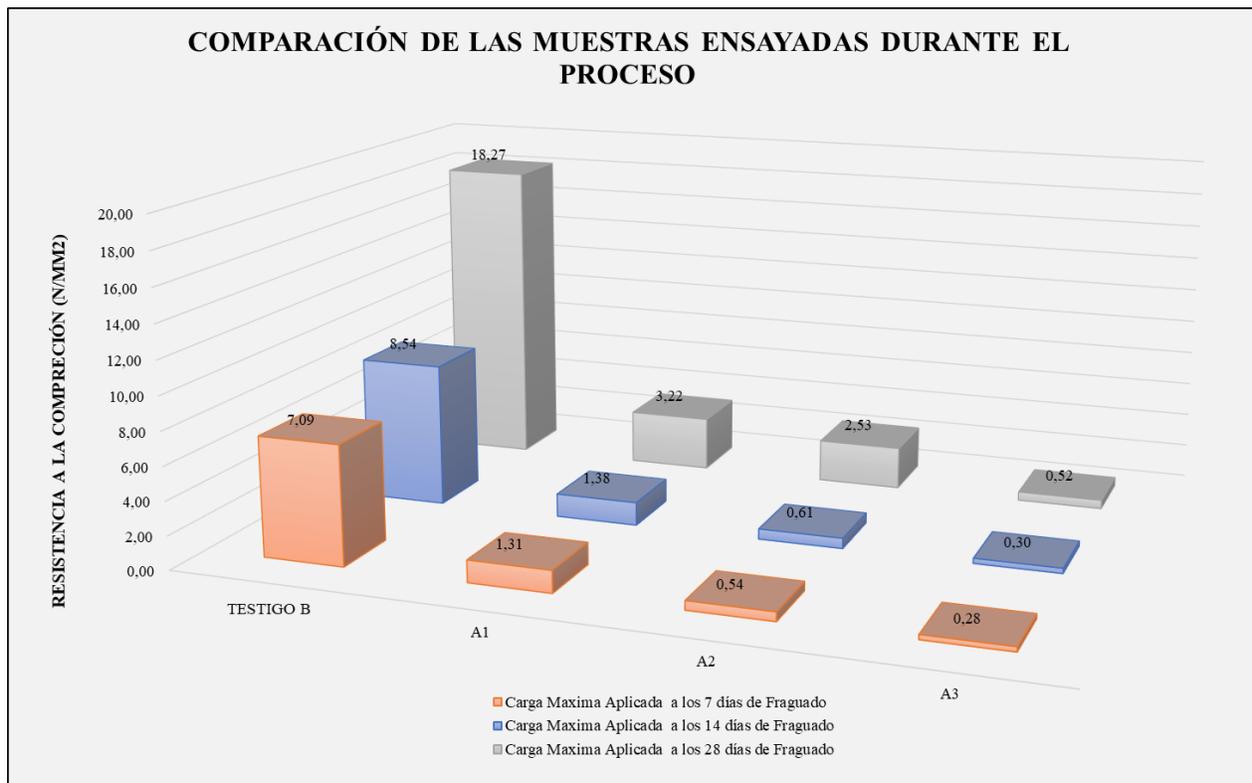


FIGURA 9. comparación de las muestras ensayadas durante el proceso de resistencia a la compresión

En la figura 10, se presenta el comportamiento de los precios de los materiales (cemento, arena, agua y fibra) necesarios para la elaboración de cada una de las 21 muestras utilizadas para efectos de esta investigación. Se puede observar que los mayores costos tienden a ser el cemento y la arena en cada uno de los cuatro ensayos, luego la fibra ocupada el tercer lugar en cuestión de inversión, sin embargo, el análisis de precios concluyó que el costo total para la elaboración de 21 ladrillos adoquín tipo B fue de \$12.597,12 mientras que el de los adoquines A1, A2 Y A3 fue de \$11.505, \$ 9.447, \$ 9.224, respectivamente, siendo el más factible en cuanto a relación beneficio costo el ladrillo adoquín tipo A1 respecto a las otras 3 muestras ya que cuesta \$1092 menos que el ladrillo tipo B, sumado a que ayuda a la disminución de materiales perjudiciales para el medio ambiente, ver Tabla anexo 12.

COSTOS DE ELABORACIÓN DE LADRILLOS ADOQUÍN

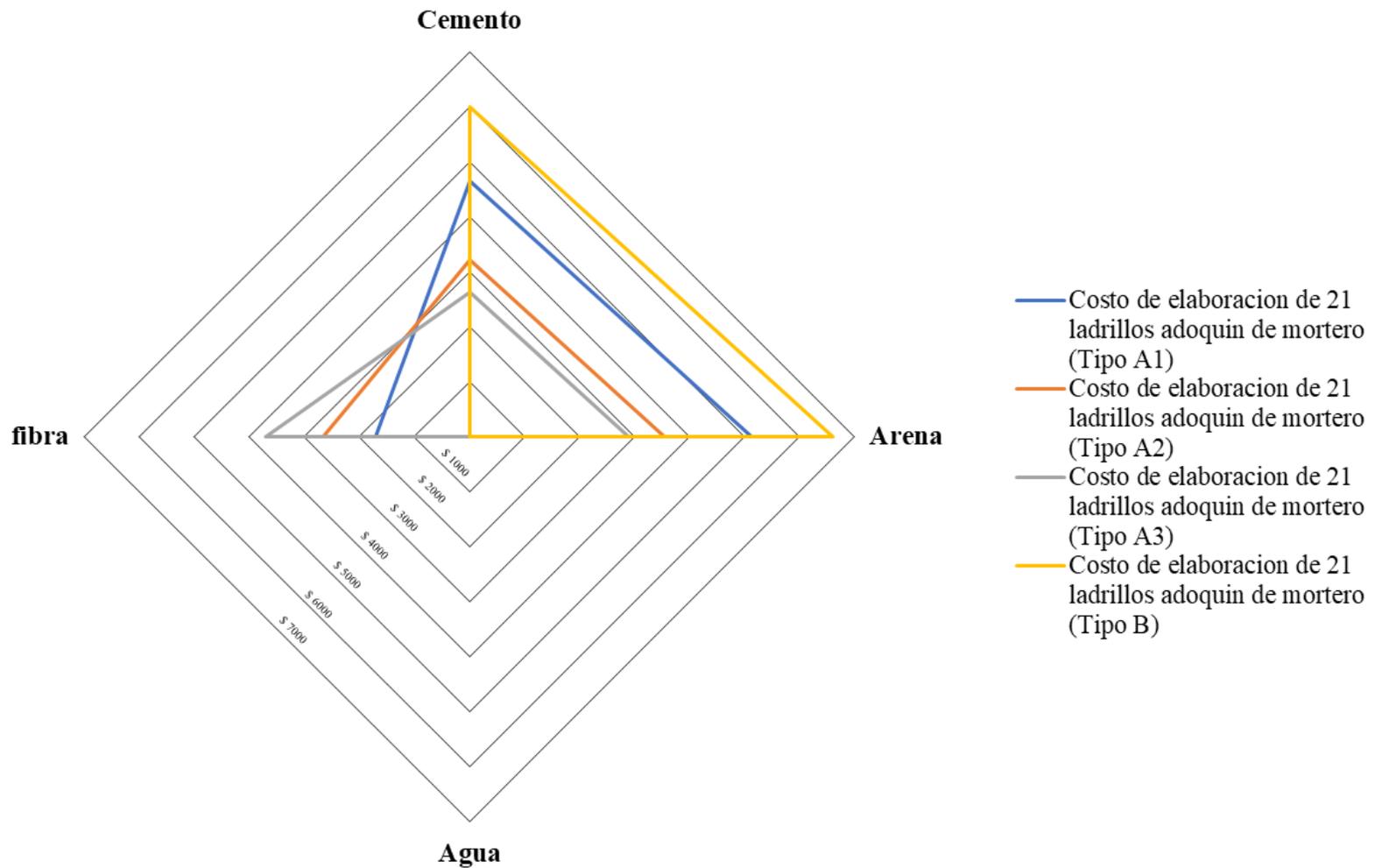


FIGURA 10. costos de elaboración de muestras.

CONCLUSIONES

En la caracterización realizada durante este proyecto, fue importante para ver aspectos morfológicos de la planta de cannabis sativa, pasando por la toma de datos cuantitativos que influirían luego en el proceso, Determinando que los tallos de cannabis de la variedad *Agustín medical* con alturas en promedio de 0,9014m, grosor promedio de tallo de 0,0113m y pesos promedio de 0,0448m son aptos para la extracción de las fibras, teniendo en cuenta que a medidas inferiores aumenta la cantidad de plantas que se deben usar para cumplir con los volúmenes requerido, además de esto se evidencio que los tallos a una humedad de 12% son aptos para iniciar el proceso de corte y extracción de las fibras

Los ladrillos tipo adoquín al 10%, de fibra obtuvieron un valor de 3.22 Mpa, lo que indica que **no son aptos** según las normas colombianas establecidas para el uso tanto estructural. Sin embargo, se evidencia el aumento en la estabilidad de los ladrillos si se elimina un porcentaje de fibra, lo que hace necesario que se investigue el comportamiento de ladrillos adoquín con un porcentaje de fibra de tallo de cannabis menor al 10%.

En cuanto al porcentaje de absorción en adoquines, lo ideal es que se encuentren en el valor mínimo, debido a que la humedad ocasionaría daños a futuro y más si estamos hablando de la adhesión de fibra como el presente caso, por lo tanto, los valores óptimos de la muestra tipo Bp1 con 2,96% de absorción al día 7 y en cuanto a los adoquines con adhesión de fibra, la mejor muestra es la de 1f10 con un valor de absorción de 3,89% al día 14.

Si bien es cierto que los porcentajes en adición de fibras de tallos de cannabis no pasan la prueba según la norma técnica colombiana como elementos estructurales y sobre todo como elementos fundamentales donde resida la vida humana. Sin embargo, podrán ser evaluados para obras menores como infraestructura en donde tendrán una altura media por ejemplo hasta 1.5 mt o antepechos como son en galpones, recintos para conejos, cuyes etc. Los cuales reducirían los gastos en las economías campesinas alejadas de los cascos urbanos donde acarrearía muchos gastos iniciando por su desplazamiento al punto cuestión. Demás de lo anterior, se evidencio el aumento en la estabilidad (lo que corresponde a que los ladrillos se comprimen presentando una ruptura menos marcada que los adoquines estándar o tipo B). Por lo tanto, se sugiere para próximas investigaciones el estudio del comportamiento de ladrillos adoquín con un porcentaje de fibra de tallo de cannabis por debajo del 10%.

En la fabricación de ladrillos tipo A1 con un aporte de 10% de fibra de cannabis presenta un precio de \$1091.99 pesos más económico que la fabricación de la misma cantidad de ladrillos adoquín convencional: lo que corresponde por unidad un ahorro de \$51.99 pesos, por lo que económicamente es viable la fabricación de este tipo de ladrillos

BIBLIOGRAFÍA

American Society for Testing and Materials. (2012). *Métodos de Ensayo Estándar para Muestreo y Ensayo de Unidades de Albañilería de Hormigón y Unidades Relacionadas*.

Aso, E. (2020). *El boom de la industria del cannabis medicinal*. <https://www.fundacion-canna.es/el-boom-de-la-industria-del-cannabis-medicinal>

ASTM. (2009). *Metodos de ensayo estandar para muestreo y ensayo de unidades de albañileria de hormigon y unidades relacionadas*.

Bermúdez Rojas, J. A., Cifuentes Baquero, M. F., Daza Gómez, M. J., & Daza Gómez, M. J. (2021). *Prototipo de ladrillo a partir de fibra vegetal de cáñamo, como una alternativa sostenible a los ladrillos de arcilla tradicional, usados en la construcción de edificios de uso residencial en la ciudad de Bogotá*.

Booth, J. K., & Bohlmann, J. (2019). Terpenes in Cannabis sativa – From plant genome to humans. In *Plant Science* (Vol. 284, pp. 67–72). Elsevier Ireland Ltd.

<https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.03.022>

Congreso de Colombia. (2022). *Ley 2204 de 2022, por la cual se crea el marco legal para el uso industrial y científico del cáñamo en Colombia y se dictan otras disposiciones*. <https://vlex.com.co/vid/ley-1787-2016-medio-644811421>

da Silva, E. J., da Silva, P. D., Marques, M. L., Fornari Junior, C. C. M., Garcia, F. C., & Luzardo, F. H. M. (2014). Compressive strength of cement mortar prepared with the addition of coconut fiber. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(12), 1268–1273.

<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1268-1273>

Euromonitor International. (2019, October 25). *Cannabis Market Disruptor Handbook Part I: An Introduction*.

González Velandía, K. D., Sánchez Bernal, R., Pita Castañeda, D. J., & Pérez Navarro, L. F. (2019). Caracterización de las propiedades mecánicas de un ladrillo no estructural de tierra como soporte de material vegetal en muros verdes. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 20(3), 1–9.

<https://doi.org/10.22201/ifi.25940732e.2019.20n3.030>

Icontec. (2001). *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4024*.

icontec. (2013). *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 6008*. <https://1library.co/document/q77721kq-norma-técnica-colombiana.html>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2004). *NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3329*.

Izaguirre, A., Lanas, J., & Álvarez, J. I. (2011). Efecto de un polímero natural biodegradable en las propiedades de morteros de cal en estado endurecido. *Materiales de Construcción*, 61(302), 257–274.

<https://doi.org/10.3989/mc.2010.56009>

JIFE, J. I. de F. de E. (2018). *Informe 2018*. www.incb.org

Mora, J. A. (2017). *ANÁLISIS MÉCANICO DE UN CONCRETO CON ADICIÓN DEL 2 % DE FIBRA NATURAL DE CÁÑAMO*.

Muñoz, A., Torres, N., & Guzmán, A. (2018). *Evaluación de un mortero preparado con agregados reciclados de un concreto mejorado por carbonatación: Una mirada a la construcción sustentable* *Assessment of a mortar with recycled aggregate from a concrete improved by carbonation: A look to a sustainable construction*.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000100025>

Piedrahita, W. (2019). *Fabricación de bloques en mortero de cemento para mampostería con adición de la fibra del coco en la Isla de Providencia y Santa Catalina*.

Ramírez, J. M. (2019). *FEDESARROLLO LA INDUSTRIA DEL CANNABIS MEDICINAL EN COLOMBIA*.

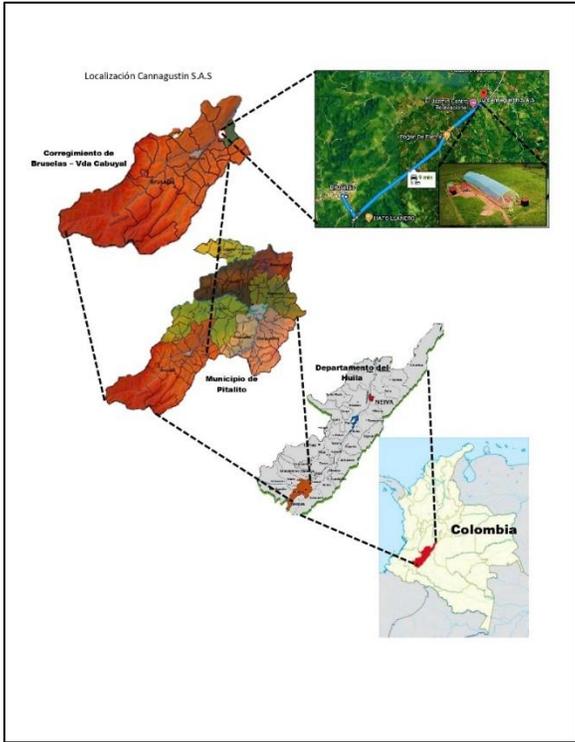
Sánchez Bernal, R., Pita Castañeda, J., González Velandia, K. D., & Hormaza Verdugo, J. A. (2018). Análisis de mezclas de residuos sólidos orgánicos empleadas en la fabricación de ladrillos ecológicos no estructurales. *Revista de Ciencias Ambientales*, 53(1), 22.

<https://doi.org/10.15359/rca.53-1.2>

SENA. (1990). *MANUAL PARA LA FABRICACION DE BLOQUES Y ADOQUINES*.

Solano, E. E. (2022). *La bioconstrucción en Latinoamérica: una redención ante la crisis por pandemia*. 16, 33–42.

ANEXOS



ANEXO 1. localización de la empresa Cannagustin.



ANEXO 2. selección de las muestras Agustín medical



ANEXO 3. selección y caracterización de tallos



ANEXO 4. Corte de tallos y extracción de las fibras.



ANEXO 5. proceso de extracción de fibras.



ANEXO 6. determinación de la humedad de las fibras.



ANEXO 7. discos de tallo.



ANEXO 8. fibras de tallo.



ANEXO 9. elaboración de la mezcla.



ANEXO 10. formación de ladrillos.



ANEXO 11. curado y secado.



ANEXO 12. ensayos de compresión.



ANEXO 13. ensayos de compresión.



ANEXO 14. ensayos de absorción.

Costos de obtención de 15,68 kg de fibra				
Maquinaria usada	Alquiler del equipo	costo del tiempo por hora	Tiempo usado (Hr)	Valor total
Picapasto Penagos PP-7M	Finca aledaña	\$5.000	0,167	\$835
pulverisette 16	Sena Yamboró	\$5.000	0,5	\$2.500
Transporte	Fuente propia	\$7.000	0,33	\$2.310
Total				\$5.645

Costo total de extracción de fibra				
Material	Und	Peso total de fibra para ladrillos al 10, 20 y 30%	Valor unitario	Valor total
tallo	kg	15,68	200	\$3.136
obtención de fibra	kg	14,44	\$360	\$5.199
Costo total				\$8.335

Costo de elaboración de 21 ladrillos adoquín de mortero (Tipo B)				
Materiales	UND	CANT	VLR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cemento	Kg	7,15	\$836,38	\$5.980,12
Arena	Kg	24,26	\$272,52	\$6.611,34
Agua	Kg	3,94	1,438	\$5,67
fibra	kg	0	560	\$0,00
valor total				\$12.597,12

Costo de elaboración de 21 ladrillos adoquín de mortero (Tipo A1)				
Materiales	UND	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cemento	Kg	5,56	\$836,38	\$4.650,27
Arena	Kg	18,87	\$272,52	\$5.142,45
Agua	Kg	3,06	1,438	\$4,40
fibra	kg	3,05	560	\$1.708,00
valor total				\$11.505,13

Costo de elaboración de 21 ladrillos adoquín de mortero (Tipo A2)				
Materiales	UND	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cemento	Kg	3,85	\$836,38	\$3.220,06
Arena	Kg	13,06	\$272,52	\$3.559,11
Agua	Kg	2,12	\$1,44	\$3,05
fibra	kg	4,76	\$560,00	\$2.665,60
valor total				\$9.447,82

Costo de elaboración de 21 ladrillos adoquín de mortero (Tipo A3)				
Materiales	UND	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cemento	Kg	3,13	\$836,38	\$2.617,87
Arena	Kg	10,61	\$272,52	\$2.891,44
Agua	Kg	1,72	\$1,44	\$2,47
fibra	kg	6,63	\$560,00	\$3.712,80
valor total				\$9.224,58

ANEXO 15. análisis económico.