

Manual Para Construcción De Viviendas
En Fibra Vegetal.

Betancourt José Guillermo
& Montejo Sergio David.
Noviembre 2017.

Universidad la Gran Colombia.
Tecnología en Construcciones Arquitectónicas
Facultad de Arquitectura.
Bogotá

Manual Para Construcción De Viviendas

ii

En Fibra Vegetal.

Betancourt José Guillermo

& Montejo Sergio David.

Noviembre 2017.

Docente

Andrea Niampira

Universidad la Gran Colombia.

Tecnología en Construcciones Arquitectónicas

Facultad de Arquitectura.

Bogotá

Copyright © 2017 por Betancourt José Guillermo & Montejo Sergio David.

Todos los derechos reservados.

Resumen

En la actualidad existe una problemática en Colombia en zonas rurales donde las construcciones que se realizan allí son deficientes en cuanto a los sistemas constructivos que utilizan, esto se da debido al desconocimiento de los estándares mínimos de construcción, las deficiencias técnicas, y los materiales de construcción inadecuados; por eso se plantea elaborar un manual de construcción, en el cual está expuesto como construir una vivienda en un paso a paso muy explicativo, donde se muestre además el presupuesto, y el cronograma para la construcción del proyecto. Dentro de este manual, se busca dar una alternativa de construcción de viviendas en zonas rurales, donde la misma sea de bajo costo, se utilicen materiales como la fibra vegetal la cual es de fácil acceso en comparación al uso de otros materiales que no son de extracción local, de esta manera ayudar a generar mejores procesos constructivos y mitigar la alta ausencia de viviendas dignas en la zona rural dispersa.

Palabras Clave: Fibra Vegetal, Heno, Rendimiento Energetico, Manual de construcción, Construcción Vernácula.

Abstract

Currently, there is a problem in Colombia in rural areas where the constructions carried out there are deficient in terms of the construction systems they use, this is due to the ignorance of the minimum construction standards, the technical deficiencies, and the materials used. inadequate construction; That is why it is proposed to develop a construction manual, in which is exposed how to build a house in a step by step very explanatory, which also shows the budget, and the schedule for the construction of the project. Within this manual, an alternative construction of houses in rural areas is sought, where it is of low cost, materials such as vegetable fiber are used which is easily accessible compared to the use of other materials that are not local extraction, in this way help to generate better construction processes and mitigate the high absence of decent housing in the dispersed rural area.

Key Words: Vegetable Fiber, Hay, Energy efficiency, Construction Manual, Vernacular Construction, Straw.

Tabla de Contenidos

vi

Introducción	1
Problema de Investigación	2
Justificación	3
Objetivos	4
Identificación Aspectos Funciones del Proyecto.	5
Marco Conceptual	6
Marco Teórico.....	14
<i>Manual de construcción con fardos de paja</i>	14
<i>Estudio y Análisis de la construcción con balas de Paja</i>	15
Aspectos estructurales de la paja.	16
Marco Normativo.....	20
IRC International Residential Code (Código internacional Residencial)	20
Plan Nacional de Desarrollo	21
Ley 388 de 1997.....	21
Titulo E NSR-10	21
Normativas Adicionales de Otros Países	22
Norma Técnica Colombia NTC 2500	23
Metodología	23
Manual de Construcción de viviendas con fibra Vegetal	24
Definición	24
Desarrollo de Prototipos	24
Características y eficiencia de la paja como material de construcción	26
Conductividad térmica	26
Eficiencia Energética	27
Reacción frente al Fuego	28
Prototipos	28
Proceso Constructivo	31
Cimentación	31
Estructura	32
Cubiertas	33
Instalaciones.....	34
Instalaciones Eléctricas	34
Instalaciones Hidráulicas	34
Presupuesto	34
Cronograma.....	35
Comparaciones.....	35
Conclusiones	36
Recomendaciones	36
Bibliografía	38
Anexos	44

Tabla de Figuras

Figura 1 Muro de Balas de Paja.....	18
Figura 2 Muro, Revoque.....	18
Figura 3 Pruebas al Muro.....	18
Figura 4 Resultado de Pruebas.....	18
Figura 5 Resistencia a Compresión.....	19
Figura 6 Deformación en fardos de paja bajo carga.....	25
Figura 7 Fardo de Paja Medidas.....	29
Figura 8 Encofrado de madera para la disposición de la Fibra Vegetal, en la elaboración de muros.....	30
Figura 9 Bloque de Hormigón.....	32
Figura 10 Estructura de Madera para vivienda de un piso.....	33
Figura 11 Gráfica de transmitancia térmica.....	27

Tablas

Tabla 1 Identificación de Aspectos Funcionales.....	5
Tabla 2 Características de extracción de un fardo de paja.....	29
Tabla 3 Dimensiones Bloque de Hormigón.....	32
Tabla 4 Comparación de sistemas constructivos frente a la fibra vegetal.....	35

Introducción

Esta investigación se realiza para determinar la viabilidad de construir viviendas a partir de la fibra vegetal, usando este material como una alternativa constructiva en cuanto a muros, que cumplan los requerimientos de la norma sismo resistente Colombiana (NSR10), en cuanto a la resistencia de la fibra vegetal, esto para construir en zonas rurales donde se pueda aprovechar el uso del material por su proximidad, facilidad de recolección y aprovechamiento del mismo. El objetivo principal de esta investigación es crear un manual constructivo, el cual sea fácil de comprender ya que va dirigido a personas ubicadas en la periferia rural; En donde se muestre el proceso constructivo del sistema que planeamos implementar. Además se muestren los principales materiales que se deben usar y los complementarios, especificaciones, cantidades y costos para un prototipo de vivienda; todo en un paso a paso con el fin de que sea fácil de interpretar y aplicar.

Problema de Investigación

Cómo dar solución a los problemas en los procesos constructivos, ya que estos son desconocidos, además de que hay una alta ausencia de viviendas dignas en la zona rural dispersa lo cual afecta de manera directa a la comunidad en general, la productividad, competitividad e incrementa los gastos generados por la alta vulnerabilidad. Entre las posibles causas que están dando origen a la problemática descrita se encuentran:

- Baja capacidad pública en la provisión de Vivienda de Interés Social Rural - VISR.
- Deficientes sistemas constructivos de las viviendas en la zona rural.

Según el departamento nacional de planeación (DNP¹ , 2015) actualmente en las zonas rurales dispersas hay deficiencias en los sistemas constructivos de las viviendas, esto debido al desconocimiento de los estándares mínimos de construcción, las deficiencias técnicas, y los materiales de construcción inadecuados, este problema genera una alta ausencia de viviendas dignas.

¹ PROYECTO ESTÁNDAR Departamento Nacional de Planeación Subdirección Territorial y de Inversiones Públicas Grupo de Coordinación de SGR 2015 CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL RURAL

Justificación

El manual de construcción de viviendas con fibra vegetal se quiere implementar ya que existe una ausencia de viviendas dignas en la zona rural, para este se quiere aportar una solución parcial al problema por medio de un sistema a base de Fibra vegetal, que pueda mitigar los problemas de vivienda, De acuerdo a datos de entidades como Camacol y el Dane se reporta que 1.3 millones de viviendas rurales presentan un déficit cuantitativo, Es decir que las familias. No tienen casa o si la tienen, viven en hacinamiento y 2 millones de viviendas tienen un déficit cualitativo, que significa que: la construcción de la casa no es de calidad y debe ser mejorada (Hernández, 2016). En la actualidad existen sistemas constructivos a base de fibra vegetal, los cuales están aplicados en países como Estados Unidos, Bielorrusia, Francia, Australia, y Alemania donde tienen implementada una normativa sobre la construcción con balas de paja, los cuales hacen parte de sus respectivos códigos o normas de construcción (códigos como por ejemplo en Colombia la Norma NSR10). Por esto se propone la implementación de un manual de construcción fibra vegetal, esto para el desarrollo de vivienda rural que eventualmente pueda ser de bajo costo y aporte a la mejora de calidad de vida, por medio de un sistema constructivo alternativo.

Objetivos

Objetivo General

Proponer un manual de construcción de fácil aplicación donde se emplee la fibra vegetal como material de construcción, donde se cumpla con la normativa NSR10 en su parte estructural y garantice una vivienda de calidad en condiciones óptimas para su uso de acuerdo a las necesidades en un contexto rural.

Objetivos Específicos

- Elaborar un manual de construcción de viviendas con fibra vegetal.
- Diseñar una modulación de vivienda partiendo de fibra vegetal como material constructivo.
- Planteamiento de planos arquitectónicos y estructurales.
- Plantear sistemas eléctricos e hidrosanitarios aplicables al tipo de construcción realizada.

Identificación Aspectos Funciones del Proyecto.

Identificación Aspectos Funciones

Propuesta de aplicación de un sistema constructivo alternativo que ayude a reducir los índices de déficit de vivienda rural, demostrar que por medio de la Fibra vegetal se puede dar una solución viable de bajo costo.

Aspectos y Funciones: Las funcionalidad de este sistema en el manejo de fibras vegetales, diseño, aplicación de nuevos materiales en construcción.

Física

En este aspecto se busca utilizar materiales no convencionales de manera que sea un aislante acústico para ser utilizarlo en Muros en la construcción de vivienda.

Psicológica

Dentro de estos aspectos, podemos contar con el bienestar de las personas que van a implementar estos sistemas.

Tabla 1 Identificación de Aspectos Funcionales

Marco Conceptual

Heno

Es una gramínea o también leguminosa seca, cortada y utilizada como alimento para los animales. Las flores de pasto también suelen ser parte de la mezcla. Las plantas que se utilizan comúnmente para el heno incluyen el ballico italiano (*Lolium multiflorum*) y el ballico (*L. perenne*), con mezclas de otras hierbas y tréboles (rojo, blanco y subterráneo). La avena, la cebada y el trigo también suelen formar parte del heno. (SN, 2015)

Su aplicación al proyecto parte de nuestro material principal de uso tanto investigativo como de producción en el momento de fabricar los paneles mano portables y la construcción de una casa con este material.

Huella Ecológica

La huella ecológica es un indicador agregado definido como «el área de territorio productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población dada con un modo de vida específico». Su objetivo fundamental consiste en evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo de vida o de una actividad (en este caso la construcción) y, comparado con la biocapacidad del planeta. Dicho en otras palabras, la huella ecológica es el área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesario para producir los recursos utilizados y para

asimilar los residuos producidos por una población dada con un modo de vida específico de forma indefinida. (Wackernagel, M. y Ree, W. 2001)

Teniendo en cuenta que el ahorro energético a día de hoy es un punto clave y básico en el mundo de la arquitectura, el diseño y la construcción. Las nuevas leyes y exigencias de certificación energética son una muestra de dicha preocupación. Buscamos llegar hacer una casa construida de manera adecuada utilizando materiales adecuados debería precisar de muy poca energía para ser un espacio habitable y confortable.

Construcción liviana

Dentro de estas alternativas se encuentran los Sistemas Livianos en Seco, también conocidos como Drywall, cuyo concepto estructural, es muy sencillo y se basa en una estructura soporte de perfiles metálicos a la cual se adosan placas planas de yeso o fibrocemento, lo que permite la construcción de muros interiores y exteriores, cielos rasos y muebles, convirtiéndose en una excelente alternativa de construcción. (Granados, M. 2006)

Involucraremos materiales de rigidez como la madera o parales y canales metálicos que nos ayuden a dar una esbeltez y de sostenibilidad estructural, como se maneja en actuales construcciones livianas, con recubrimientos de fibrocemento y yeso; pero en este caso con nuestro material principal la fibra de arroz.

Revoco

El Revoco o revoque es un revestimiento continuo de mortero de cal, cemento, o de cal y cemento que se aplica sobre un soporte (pared) y sirve como base para cualquier acabado posterior. (Construmatica, SF)

Su aplicación al proyecto es usando este tipo de materiales directamente a la paja, incluido el soporte que rigidiza el panel si es posible, de no ser así por diseño se deja la estructura a la vista.

Concreto Ciclópeo

El concreto ciclópeo, es un concreto simple el cual masa se incorporan grandes piedras o bloques que no contiene armadura. La proporción máxima del agregado ciclópeo será en sesenta por ciento (60%) de concreto simple y del cuarenta por ciento (40%) de rocas desplazadas de tamaño máximo, de 10” ; éstas deben ser introducidas previa selección y lavado, con el requisito indispensable de que cada piedra en su ubicación definitiva debe estar totalmente rodeada de concreto simple (Universidad Distrital, SF). En el proceso de cimentación del proyecto debemos tener en cuenta que para que la casa tenga una buena cimentación, y si el terreno no está en óptimas condiciones, será necesario hacer una cimentación ciclópea para que encima de esta podamos ubicar los bloques de hormigón los cuales soportaran la estructura de la casa.

Mortero de Arcilla

Debido a que los muros son hechos con balas de paja, se necesitara aplicar una base de mortero con arcilla para darle una rugosidad y así poder aplicar la capa de

mortero final para darle el terminado al muro; el mortero de arcilla es un revestimiento el cual se aplica sobre la paja empujándolo para que se mezcle entre la paja y cree una textura a la cual se le pueda aplicar la capa de concreto y a sus vez hacer los acabados. Según el grosor de la capa y la época del año este revoco puede tardar desde 3 días a 3 meses en secarse. Por eso, en climas húmedos es recomendable aplicarla en capas de menos de 5 cm. de grosor (Romans, 2014).

Área Rural

Se caracteriza por la disposición dispersa de viviendas y explotaciones agropecuarias existentes en ella. No cuenta con un trazado o nomenclatura de calles, carreteras, avenidas, y demás. Tampoco dispone, por lo general, de servicios públicos y otro tipo de facilidades propias de las áreas urbanas (Dane 2015).

Trabajaremos en áreas donde el clima sea templado, como Villa de Leyva donde la inercia térmica actué de manera en que así estén en temporada de frío o de calor el material ofrezca su mayor confort a quien habite la vivienda en cuestión.

Sismo resistencia

Es una propiedad o atributo con la que se dota a una edificación, mediante la aplicación de técnicas de diseño de su configuración geométrica y la incorporación en su constitución física, de componentes estructurales especiales que la capacitan para resistir las fuerzas que se presentan durante un movimiento sísmico, lo que se traduce en protección de la vida de los ocupantes y de la integridad del edificio mismo.

Aunque se presenten daños, en el caso de un sismo muy fuerte, una edificación sismo resistente no colapsará y contribuirá a que no haya pérdida de vidas ni pérdida total de la propiedad. La capacidad de resistir los temblores se obtiene dotando a la construcción de unas características fundamentales que están establecidas en detalle en las Normas de Diseño y Construcción Sismo-Resistente NSR-98 de obligatorio cumplimiento (Sena, 2012).

Ensayo de Compresión

El ensayo de compresión es un ensayo técnico para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión. En la mayoría de los casos se realiza con hormigones y metales (sobre todo aceros), aunque puede realizarse sobre cualquier material (Desconocido).

Se adjunta prueba de laboratorio donde se establece como material resistente a la compresión, lo cual es de gran importancia para el proyecto ya que son las pruebas requeridas para valar su construcción.

Absorción Acústica

En un recinto, la reducción de la energía asociada a las ondas sonoras, tanto en su propagación a través del aire como cuando inciden sobre sus superficies límite, es determinante en la calidad acústica final del mismo. Básicamente, dicha reducción de energía es debida a una absorción producida por:

- El público y el mobiliario.

- Los materiales utilizados en la construcción de todas las superficies del recinto como en las paredes, suelo, techo, puertas, etc.
- Los materiales absorbentes y/o los absorbentes selectivos (resonadores), expresamente colocados sobre determinadas zonas a modo de revestimientos del recinto.
- El aire.

Las características de absorción de los materiales absorbentes y de los resonadores dependen no sólo de sus propiedades físicas, sino también en gran parte de un sinnúmero de condicionantes y de detalles constructivos, que varían sustancialmente de un caso a otro y que no se pueden representar mediante una expresión matemática. Es por ello que, para realizar cualquier diseño acústico, resulta imprescindible disponer de los coeficientes de absorción α obtenidos. (Norma ISO 354 / UNE-EN 20354).

Madera

La madera es un recurso renovable, abundante, orgánico, económico y con el cual es muy fácil de trabajar. Después de lo dicho anteriormente, si tuviéramos que hacer una definición de la madera sería: "Materia prima que se obtiene de la parte de abajo de la corteza de los árboles con tallo leñoso"(Salamanca, 2010).

Su aplicación al proyecto, según los referentes estudiados y analizados es donde mejor se comporta con la fibra debido a que son materiales orgánicos, se complementan entre sí.

Este ayudara a dar rigidez al panel y utilización de vanos de puertas, ventanas, entrepisos y cubiertas.

Consumo energético

De acuerdo con (García, 2014) el consumo de energía en el planeta ha crecido exponencialmente, sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo XX. En la actualidad, el consumo energético rebasa los 12, 476 mtp (millones de toneladas de petróleo equivalente) (BP, 2013), de los cuales, más del 90% se deriva de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural), a una tasa de crecimiento promedio del 2% anual (The World Bank, 2014). Estos niveles de consumo exorbitantes se deben a factores como el acelerado crecimiento poblacional, la intensiva urbanización y a las elevadas demandas de los diversos procesos de industrialización a nivel mundial. En consecuencia, el enorme consumo energético provoca la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente de dióxido de carbono (CO₂) y un severo y acelerado deterioro del medio ambiente.

La aplicación en nuestro proyecto, como iniciativa es disminuir a gran escala este consumo, debido a que usaremos en lo posible lo mínimo en maquinaria y promoveremos un producto mano portable y de uso sencillo y eficaz.

Aislamiento Térmico

El aislamiento térmico es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor por conducción. Un material que funcione como un buen aislante se opone a que el frío y el calor lo atraviesen. La medida de la resistencia térmica o, lo que es lo mismo, de la capacidad de aislar térmicamente, se expresa, en el Sistema Internacional de Unidades (SI) en $W/m^2 \cdot K$ (metro cuadrado y kelvin por vatio).

Se considera material aislante térmico cuando su coeficiente de conductividad térmica: λ es inferior a $\lambda < 0.10 W/m^2 \cdot K$ medido a $23^\circ C$ (AE Erica, SF). En varios ensayos realizados se ha demostrado que la bala de paja tiene una gran influencia en la conductividad térmica.

Inercia Térmica

Es la capacidad que tiene la masa de conservar la energía térmica recibida e ir liberándola progresivamente. Debido a esta capacidad, teniendo en cuenta la inercia térmica de los cerramientos de un edificio, puede disminuirse la necesidad de climatización, con la consecuente reducción de consumo energético y de emisiones contaminantes.

La inercia térmica mejora el comportamiento energético de los edificios porque permite la amortiguación en la variación de las temperaturas y el desfase de la temperatura interior respecto a la exterior (IECA, SF).

Marco Teórico

En la investigación se han encontrado como referentes varios estudios realizados a la fibra vegetal como material de construcción, entre estos hay Manuales, Proyectos, Artículos, Normas, que dan pautas como conocimiento a la investigación que realizamos.

Manual de construcción con fardos de paja

En primera instancia tenemos el Manual de construcción con fibra vegetal, el cual es elaborado por Gernot Minke y Friedemann Mahlke, de editorial fin de siglo. En este documento encontramos información desde los antecedentes en construcciones a partir de la Fibra vegetal, la historia de la construcción con fibra vegetal, y los aspectos esenciales en la actualidad para la construcción de Muros, techos y pisos con fardos de paja, además de esto otros aspectos a tener en cuenta como los son el tratamiento y la protección de los mismos la secuencia constructiva, costos, tiempos y otros datos necesarios para la aplicación de un proyecto de construcción a partir de la fibra vegetal.

El libro está dirigido a todos los interesados en la construcción con fibra vegetal, ya sean arquitectos, ingenieros, obreros o simples curiosos, quienes podrán encontrar en él los aspectos físicos de la construcción junto con los detalles constructivos más importantes, y reglas generales a tener en cuenta. Explica que la paja se considera el tallo seco de los cereales (trigo, centeno, cebada, avena, mijo) o de plantas fibrosas (lino, cáñamo, arroz); descrita de una manera más específica, es la parte que está entre la raíz y la espiga. Es

una materia prima renovable que, mediante la fotosíntesis de la energía solar, toma agua y minerales de la tierra. Se compone de celulosa, lignina y tierra silicia y muestra un exterior ceroso e impermeable. Para la fabricación de fardos de paja para la construcción de viviendas, se recomiendan, fundamentalmente, la paja de trigo, escanda, arroz y centeno; las de cebada y avena no son tan estables y resultan menos convenientes.

Los fardos de paja se hacen en variados formatos: los más chicos tienen medidas que van de los 32 cm a 35 cm x 50 cm x 50 a 120 cm, si bien el ancho de 50 cm puede ser algo menor. En la producción se emplean enfardadoras que desarrollan una presión de entre 80 y 120 Kg./m³; los fardos hechos con menores presiones no son aptos para su uso en la construcción. La mayoría de los fabricantes de enfardadoras no hacen más prensas para fardos chicos (G. Minke, F. Mahlke, 2014).

Estudio y Análisis de la construcción con balas de Paja

Como segundo referente tomamos un estudio acerca de la construcción con balas de paja el cual es elaborado por Irene Romans Torres, y es un estudio de la Universitat Politècnica de València, este documento parte con un estudio teórico de la construcción con balas de paja y la historia, así como el desarrollo internacional de los principales sistemas constructivos, El documento se enfoca en comparar el sistema de construcción en paja llamado Cells Under Tension (CUT) frente al sistema convención de la estructura de hormigón armado.

En el documento muestran las características del sistema constructivo consideraciones a la hora de llevar la bala de paja a la obra, teniendo como referencia de comparación un modelo constructivo altamente empleado, reglado y estandarizado como es el del hormigón armado (Romans, 2014).

Aspectos estructurales de la paja.

A nivel mundial se han realizado ensayos para poner a prueba la resistencia mecánica de la bala de paja y su comportamiento estructural, pero se han obtenido resultados muy diferentes dependiendo del ensayo y el laboratorio que lo realizara. Los resultados obtenidos varían mucho si se analiza la bala de paja como material aislado a si lo ensayamos en un muro, y dentro de los ensayos con muros de balas de paja otros resultados muy dispares dependiendo de si se trata de un muro revocado o no y en función del espesor del revoco. Y otras muchas variables como el contenido de humedad en la paja, la densidad de la bala, la forma, el método utilizado para la realización del muro, su compresión o la posición en la que se hayan colocado las balas. De los resultados de estos ensayos realizados podemos sacar en claro aspectos básicos como que las balas colocadas planas tienen mayor resistencia a compresión que aquellas que se colocan sobre el canto que viene a traducirse en mejores resultados cuando el esfuerzo se aplica de manera perpendicular a las fibras y que las balas aumentan notablemente su resistencia con un revoco y varía con las dimensiones del mismo. La importancia de un reparto uniforme de cargas se transforma en resultados mucho mejores sobre muros de balas de paja ensayados con un elemento de coronación.

Al no aplicar la carga a través de un elemento de reparto se registran diferentes tipos de fallos en el muro, desde el pandeo del mismo al desprendimiento del recubrimiento por causas de una aplicación de las cargas no uniforme que no permite al muro y al recubrimiento trabajar conjuntamente.

A parte de los ensayos en laboratorios, otra prueba de la resistencia de las balas de paja a la hora de ser aptas para la construcción de muros de carga son las propias edificaciones realizadas con dicho método, que siguen en uso con alrededor de cien años de antigüedad. El arquitecto e ingeniero alemán Gernot Minke, que ha dirigido muchos de los ensayos realizados sobre muros de paja en Alemania, apunta desde su experiencia que los muros de balas de paja pueden llegar a soportar cargas superiores a 500kg/m de muro portante, lo que serían 1000kg/m².

Michael Faine y el Dr. John Zhang (2010), en la Universidad de Western Sydney, en Australia ensayaron muros de balas de paja con revocos de arcilla y de cal en espesores de 3 a 4 cm en revoco de arcilla y de 3 a 5 mm en revocos de cal, aplicando una fuerza de 15,4 kN/m sobre un elemento de reparto sobre el muro obteniendo un asiento medio de 2,5 mm. En las siguientes figuras se muestran partes de estos ensayos que se aplicaron a los muros construidos con fibra vegetal dentro de estructuras de madera.



Figura 1 Muro de Balas de Paja



Figura 2 Muro, Revoque



Figura 3 Pruebas al Muro



Figura 4 Resultado de Pruebas

Ilustración.1-4 Imágenes sobre ensayos de carga sobre muros de balas de paja revocados con morteros de arcilla y de cal. Fuente www.strawbalebuilding.ca

Por otra parte el norteamericano Bruce King, en 2003 recopiló en su publicación “Loas-Bearing Straw Bale Construction” una serie de ensayos realizados en diferentes partes del mundo comparando resultados obtenidos en muros de fardos de paja clasificándolos por tipos de ensayos, dependiendo de las características del muro ensayado, por posición, tipo de revoco, tipo de carga aplicada y modo de aplicación de la misma.

Obtuvo de ello una gran cantidad de resultados muy diferentes pudiendo corroborar la importancia de la metodología constructiva en términos de resistencia más allá de las características propias del material aislado.

Se concluye como factor importante para el uso de las balas de paja fijar una compresión mínima de las balas, con la intención de unificar resultados y conseguir un estándar de bala de paja, determinando adecuadas aquellas con una densidad igual o mayor a 90 kg/m³.

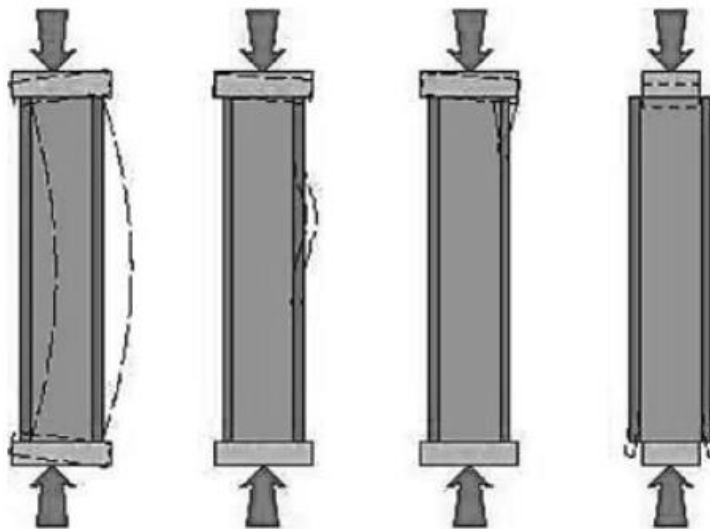


Figura 5 Resistencia a Compresión

Ilustración. 5 Imagen con el comportamiento de los muros de paja según diferentes ensayos
Fuente: King B (2003) "Loas-Bearing Straw Bale Construction"

Dentro de este ensayo muestra el tipo de fallas que pueden presentar los muros dependiendo del tipo de carga que se le aplica.

Todos estos ensayos que hemos comentado hasta ahora tratan la metodología de la construcción con paja desde un punto de vista estructural, abordando el muro de balas de paja como elemento portante.

Evidentemente los resultados de todos estos ensayos varían muchísimo cuando se realizan sobre muros de paja con otra metodología que combine otros materiales, como por ejemplo la madera donde la función estructural no recae únicamente sobre la paja. Estos ensayos sobre otras tipologías constructivas relacionadas con las balas de paja resultan muy interesantes para la afirmación y demostración de las capacidades de cada método constructivo, pero se alejan del estudio de las capacidades de la bala de paja como elemento constructivo.

Marco Normativo

IRC International Residential Code (Código internacional Residencial)

Esta norma proporciona requisitos prescriptivos y basados en el rendimiento para el uso de la paja embalada como material de construcción. Este código normativo fue establecido en 2015 y en él se encuentra información como definiciones, valores del material tales como: forma, tamaño lazos, contenido de humedad, densidad, tipos de paja. Al igual que información acerca de acabados, y para estos sus proporciones, tipos de acabados, recomendaciones, entre otros. Además podremos encontrar información estructural aplicable a los muros, las cargas que se pueden aplicar, los elementos que son estructurales y las determinantes para construir con refuerzos.

Plan Nacional de Desarrollo

El MADR debe implementar un programa de habitabilidad rural que asegure la provisión de soluciones integrales con diseños acordes a las necesidades y a las condiciones socio ambientales de los hogares rurales. El diseño de las viviendas debe integrar soluciones de saneamiento básico adecuadas a los usos y costumbres de las poblaciones rurales, particularmente espacios específicos de cocinas abiertas, evitando así la contaminación intramural (Departamento Nacional de Planeación).

Ley 388 de 1997

Les corresponde a los entes territoriales municipales y distritales tomar las decisiones que promuevan la gestión, habilitación e incorporación de suelo urbano en sus territorios que permitan el desarrollo de planes de vivienda prioritaria y social, y garantizará el acceso de estos desarrollos a los servicios públicos (Alcaldía de Bogotá, 1997).

Titulo E NSR-10

Es una norma técnica colombiana encargada de reglamentar las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable (Camacol, 2017). El titulo E de la norma NSR 10 nos da las especificaciones constructivas en cuanto al sistema estructural partiendo de la madera, donde se dan las especificaciones técnicas de cómo construir entresijos y cubiertas a partir de la madera o la guadua como material estructural, ya que lo planteado para el

proyecto es generar construcciones con estructuras en madera, por esto es imprescindible hacer parte el Título E de la norma para poder cumplir a cabalidad con las disposiciones técnicas para la construcción del sistema planteado.

Normativas Adicionales de Otros Países

En un Artículo de David Eisenberg, de 2015 menciona que en la actualidad países como Estados Unidos, Bielorrusia, Francia, Australia, y Alemania tienen implementada una normativa sobre la construcción con balas de paja, los cuales hacen parte de sus respectivos códigos o normas de construcción (códigos como por ejemplo en Colombia la Norma NSR10), además en países como Austria, Holanda, Dinamarca, Nueva Zelanda, Canadá aunque dentro de sus normas o códigos, no tengan referencias a la construcción con paja, si cuentan con diferentes publicaciones y documentos oficiales que respaldan y dirigen de alguna manera a una metodología constructiva de la construcción con balas de paja, a esto se suman ensayos y certificaciones que permiten la construcción con paja de forma legal en estos países.

Por otro lado en España existe la Red de construcción con balas de paja la cual es una asociación sin ánimo de lucro, los cuales son el principal movimiento de desarrollo de la construcción con balas de paja. Actualmente en España no cuentan con una normativa específica para la construcción con balas de paja, aunque tampoco tienen restricciones a la hora de realizar casas de paja donde la estructura esté confiada a cualquier otro material considerado dentro del documento básico de seguridad estructural, clasificándose a modo de cerramiento los fardos de paja.

Norma Técnica Colombia NTC 2500

Dentro de esta norma se establece los requisitos de calidad de la madera para un uso resistente ya que la madera es el armazón estructural de la construcción. Es decir forma parte de la resistencia de los muros, diafragmas y cubiertas. La norma brinda toda la información técnica acerca de los tipos de madera que se pueden utilizar además de la humedad, y de todas las variantes que pueda haber para que el elemento funcione de la mejor manera como un elemento estructural.

Metodología

Se proyecta una metodología cualitativa ya que se inició esta investigación con el fin de buscar la aplicabilidad del proyecto dentro de zonas rurales por medio del manual de construcción, para desarrollar el manual se realizó una investigación de referentes en otros países donde se encontraran normativas que pudieran dar sustentabilidad a la viabilidad del proyecto, al encontrar estos referentes se pudo aprovechar los datos que existían en esas investigaciones y aplicarlos al proyecto del manual de construcción. Luego de tener la información clara y agrupada, se procede a iniciar con los aspectos técnicos del manual, donde toda la información encontrada se aplica al proyecto para tener una base más sólida, la aplicación de esta información se realizó en los aspectos técnicos necesarios esto ayudo a generar resultados aplicables al proyecto de manera que el mismo fuera viable.

Manual de Construcción de viviendas con fibra Vegetal

Definición

El propósito de esta investigación es crear un manual de construcción con Fibra Vegetal (Paja), el Manual de Construcción de viviendas con fibra Vegetal, es un documento el cual muestra el paso a paso de cómo construir una vivienda en zonas rurales a partir de un material vernáculo, el cual será la paja. En este manual se mostrara un paso a paso muy detallado desde el cómo realizar la cimentación, la estructura de la casa, como es el proceso constructivo con los fardos de paja, como realizar las instalaciones hidráulicas y eléctricas, y algunos aspectos generales en cuanto a acabados. Dentro de este manual también se encontrara información presupuestal para la construcción del proyecto, un cronograma de actividades, y planos debidamente acotados, todo con el fin de facilitar la construcción de una casa enfocada para personas de zonas rurales.

Desarrollo de Prototipos

Para llevar a cabo el Proyecto y el diseño del manual, debemos realizar una prueba constructiva de los muros a partir de la fibra vegetal, para esto nos basamos en el código de Fardos de Paja Californiano, en el cual en el capítulo 10 realizan las respectivas pruebas donde comprueban que las paredes de fardos de paja que soportan techos de más de 500 kg por m lineal de muro (equivalente a 1000 kg/m²) y donde el

máximo permitido es de 400 lbs/ft² = 1953 kg/m² (King 1996, p. 142) de carga vertical, en la parte superior del muro.

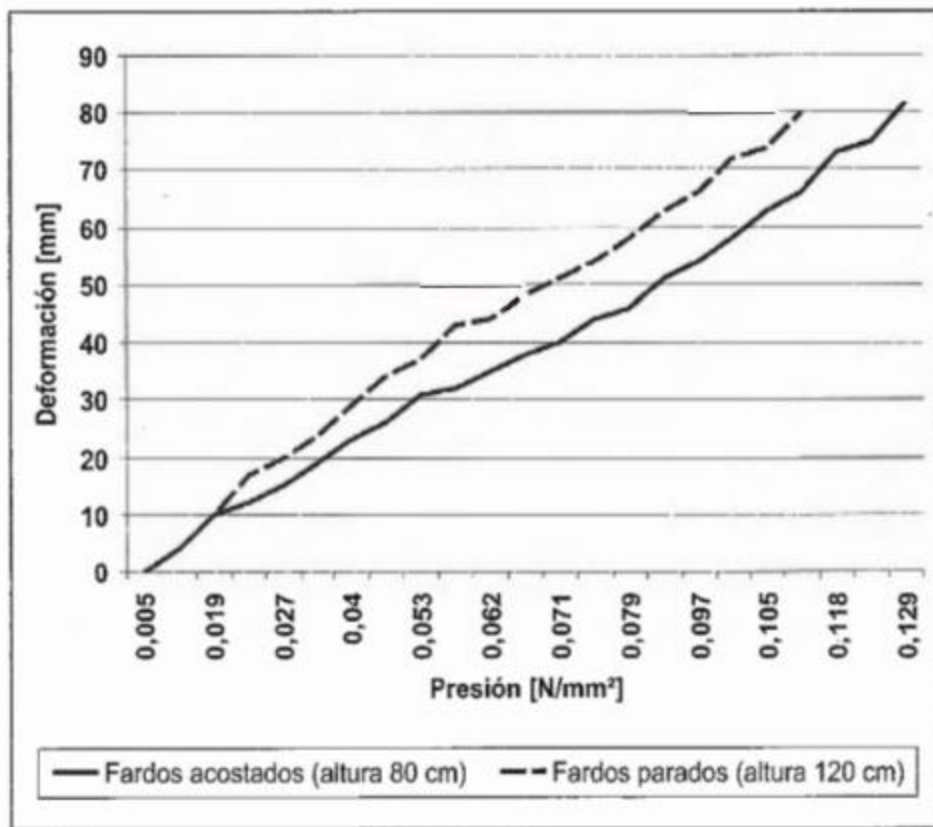


Figura 6 Deformación en fardos de paja bajo carga

(Valores obtenidos de las pruebas No m/504/01, realizadas por el Departamento de Resistencia de Materiales de FH Trier (Alemania))

La figura 6 hace referencia a una prueba realizada En la Oficina Estatal de Prueba de Materiales de Construcción de Trier, se midió la deformación de un fardo grande de 80cm x 120 cm x 250 cm con un peso de unos 130 kg/m³, los resultados se muestran en la gráfica de la Ilustración 6. En ella se puede ver que, con una carga de 2000 kg/m² (20

KN/m²) aplicada a un fardo colocado horizontalmente, se produjo un aplastamiento de 1.25% y que con 7100 kg/m², el mismo se elevó al 5%.

Esto significa que, obviamente, el aplastamiento es directamente proporcional a la carga, con una deformación del fardo elástica. Es decir que en los fardos cuando el aplastamiento es mayor, cuanto menor sea la compresión realizada durante su fabricación y cuanto mayor sea la carga soportada.

Características y eficiencia de la paja como material de construcción

Conductividad térmica

Otro aspecto relacionado con la resistencia al fuego es la conductividad térmica relacionada con el material, que está directamente relacionada en el caso de la bala de paja con la densidad de la misma, la dirección en la que se coloquen las fibras respecto al flujo del calor y del porcentaje de humedad que tenga la Fibra vegetal ya comprimida. En varios ensayos realizados se ha demostrado que la dirección de las briznas de la bala de paja tiene una gran influencia en la conductividad térmica de la misma, teniendo incluso más peso en cuanto a variación en la conductividad la dirección de la brizna que la dirección en que se colocara la bala de paja, es decir, que hay un aislamiento térmico superior colocando las balas de canto que planas, debido a que colocadas de canto las briznas se sitúan de manera perpendicular al flujo térmico, las briznas colocadas en sentido paralelo al flujo térmico favorecen el paso de calor por las cavidades tubulares interiores.

En los sistemas ensayados para hallar valores de coeficiente de conductividad térmica (Ver figura 11) la bala de paja se sitúa entre 0,0337 y 0,086 W/mk.

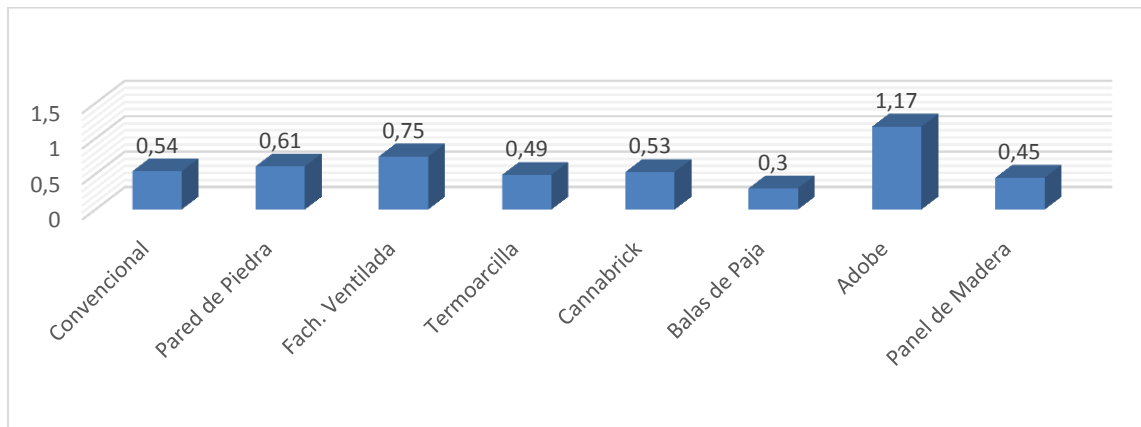


Figura 7 Gráfica de transmitancia térmica.

diferentes materiales expresada en W/m²k – Fuente Revista Ecohabitar (2010).

Esto significa que la paja al estar situada entre los 0.033 y 0.08 W/mk, al ser tan baja su conductividad permite que el calor se propaga muy poco lo que lo convierte en un buen aislante térmico.

Eficiencia Energética

"Ahorro de energía" continuo que dura toda la vida. Su eficiencia térmica proviene de un valor de 9, mucho mayor que el valor R del aislamiento de fibra estándar de 1.8 o cualquier otro método de construcción. Las propiedades que te mantienen abrigada en invierno funcionan a la inversa, manteniéndote fresco y cómodo en verano sin desperdicio de energía. Se prevé que por una casa construida con este manual, tendrá un

ahorro energético de un 91% en un tiempo de 10 años, en dinero eso representa aproximadamente 60 millones de pesos.

Reacción frente al Fuego

Las balas comprimidas son altamente resistentes al fuego. No retienen suficiente aire para permitir la combustión. Pruebas en el extranjero han demostrado que la pared de pacas de paja tiene una resistencia al fuego de 2 horas, mucho mayor que los 30 minutos de la pared del marco de madera.

Prototipos

Partiendo de estas pruebas decidimos establecer una medida para los fardos de paja que es de 45 cm de ancho por 45 cm de alto por 120 de largo. Estas medidas son basadas en el Código internacional Residencial (Estados Unidos), el cual establece que las medidas de los fardos de paja deben ser proporcionales, esto para que la carga que se le ejerce pueda repartirse sobre todo el elemento y no falle, es decir que todos los fardos de paja deben tener la misma medida para que el elemento funcione correctamente en conjunto.

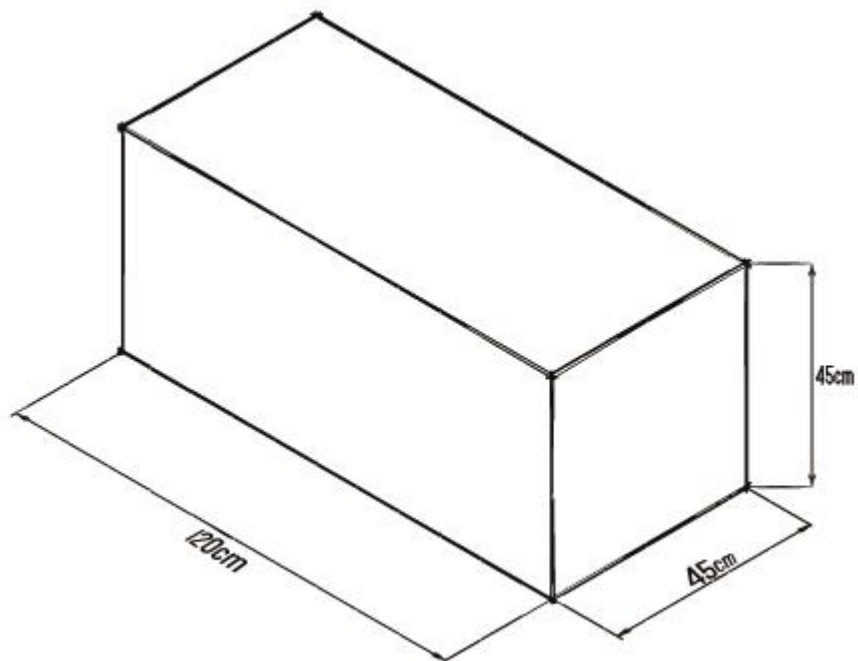


Figura 8 Fardo de Paja Medidas

Fardo de Paja		
Dimensiones		
Largo	120	Cm
Ancho	45	Cm
Alto	45	Cm
Costo	4000	\$
Peso	12	Kg
Producción	1000 a 1200 Diarias	Por Empresa
Procedencia	Marquita	Tolima

Tabla 2 Características de extracción de un fardo de paja.

En Colombia podemos encontrar empresas enfardadoras de paja, precisamente para el proyecto se encuentra una enfardadora en la ciudad de Mariquita Tolima, donde fabrican fardos de paja utilizados para construcción, los cuales vienen diseñados según las

medidas que les soliciten y el nivel de compresión requerido, ya que estos manejan un tipo de maquinaria que les permite manejar estos aspectos y modificarlos sin problema.



Figura 9 Encofrado de madera para la disposición de la Fibra Vegetal, en la elaboración de muros.

Fuente Elaboración propia Betancourt, Montejo (2017).

La estructura de madera utilizada para la colocación de los fardos de paja tiene unas dimensiones de 2,70 cm de altura, por 53 cm de ancho, el largo es variable y depende de la modulación de la casa, en cuanto a los parales o listones tiene unas dimensiones de 4 cm de ancho por 8 cm, mientras que las viguetas tienen dimensiones de 4 cm por 10 cm, la lámina inferior tiene 53 cm de ancho por 2 cm de espesor, igualmente el largo depende de la modulación que se de en los muros. La madera que se utiliza para realizar la estructura es madera de pino.

En la superficie de los postes que quedará por delante de la bala de paja una vez colocada se clavarán clavos a poca profundidad con la intención de que sirvan de nexo para garantizar la unión entre el mortero y la madera, de la misma manera que en la construcción convencional con hormigón armado se crean los anclajes de las vigas mixtas.

Proceso Constructivo

En el proceso constructivo se indicara a grandes rasgos los procesos más importantes para la construcción de una casa con fardos de paja.

Cimentación

La cimentación a emplear para el proyecto será superficial de concreto ciclópeo con bloques de hormigón los cuales están distribuidos de acuerdo a los diseños de la estructura, estos bloques están apoyados sobre el concreto ciclópeo el cual dependerá de que el suelo sea apropiado para la construcción de la casa. Para la cimentación se emplearan diseños ya específicos para los planos ya establecidos, los cuales se encontraran en los Anexos N°1 Cimentación Planta, el Anexo N°2 Cimentación muro y corte y el Anexo N° 3 Muros de concreto Planta, además de un detalle de la misma del cual harán parte los anexos N° 11 Detalle de ensamble con cotas y avisos y el Anexo N° 12 Placa de entepiso y Estructura en madera.



Figura 10 Bloque de Hormigón Fuente: Ficha Técnica Kreato (2016)

Bloque de Hormigón		
Largo	39	cm
Ancho	14	cm
Alto	19	cm

Tabla 3 Dimensiones Bloque de Hormigón

Estructura

Los sistemas a utilizar en la estructura serán a porticado, el cual es un sistema de vigas y columnas, este será construido con madera la cual se establece de acuerdo a la Norma NSR10, título G, donde se establece el tipo de sistema estructural para la construcción de casas de 1 y 2 pisos. También se podrán encontrar planos que ejemplifican el tipo de sistema y sus dimensiones en los Anexos N°4 Modulación estructura y Anexo N°5 Partes del Panel.

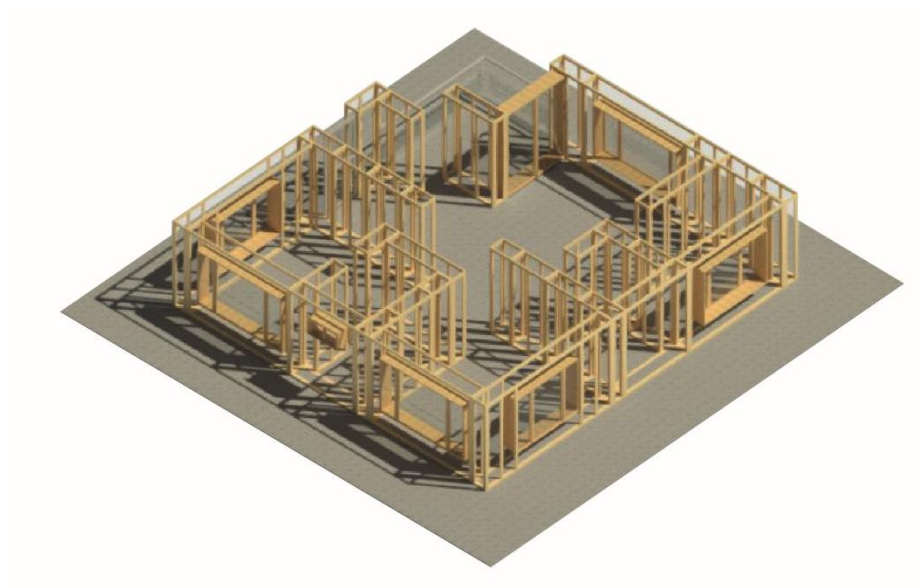


Figura 11 Estructura de Madera para vivienda de un piso.
Fuente Elaboración propia Betancourt, Montejo (2017).

Cubiertas

El sistema de cubierta a emplear será por medio de viguetas, las cuales estarán amarradas al sistema estructural de la casa es decir las columnas y viguetas, todo este sistema está dispuesto a hacerse en madera al cual vendrán amarradas las cerchas que son las que formaran parte de la cubierta. Estas cerchas también son fabricadas en madera, según las especificaciones del Anexo N°6 Planta Cubierta y Anexo N°7 Corte Cubierta, en este anexo encontraremos las disposiciones en cuanto medidas, material y costo, el tipo de teja a utilizar es de tejas de policarbonato, se adjunta el Anexo N°14 Cubierta Ficha Técnica y el Anexo N°15 Ficha técnica Lamina Policarbonato.

Instalaciones

Instalaciones Eléctricas

Las instalaciones eléctricas están distribuidas dentro de los fardos de paja, las mismas van aisladas de acuerdo a la normativa RETIE para instalaciones básicas, donde especifica los requisitos generales, el alambrado y sus protecciones, materiales y los equipos de uso al interior de la vivienda, esta información esta implementada en la norma y además en el Anexo N°8 Instalaciones Eléctricas, encontramos los planos pertinentes con respecto a las instalaciones eléctricas previstas para el diseño de la casas.

Instalaciones Hidráulicas

Para las instalaciones hidráulicas y sanitarias tomamos como referencia un manual de instalaciones en este documento se precisa las generalidades de la norma para las instalaciones hidrosanitarias, mientras que en el Anexo N°9 Instalaciones hidráulicas y el Anexo N°10 instalaciones sanitarias, encontramos los planos de las instalaciones hidráulicas y sanitarias respectivamente, y de cómo están planteadas las mismas sobre el diseño de la casa propuesta.

Presupuesto

El presupuesto establecido para generar un control en los costos de materiales, cantidades y que el uso de los mismos dentro de la ejecución de proyecto sea optimo, evitando así el desperdicio y el sobre costo, las personas tendrán un documento adjunto donde podrán

tener mayor control de los cambios que puedan realizar a la obra y tener presupuestado el costo total del proyecto.

Cronograma

El cronograma se basa en el proceso de obra presupuestado de acuerdo a las actividades necesarias para la ejecución de obra, dentro del proyecto se planteó un cronograma de actividades que permitan llevar un mejor control a las personas y que así puedan llevar a cabo las labores sin contratiempos ni fallas.

Comparaciones

Se estableció la comparación del sistema constructivo de Fibra vegetal frente a la construcción tradicional y la construcción en seco esto nos dio varios resultados (Ver Tabla 4) donde el sistema de fibra vegetal proyecta unos valores donde es evidente las ventajas de nuestro sistema propuesto frente a los demás.

Sistema	Tradicional	En Seco	Fibra Vegetal
Transmitancia Térmica	0.54	0.53	0.30
Tiempo	6 Meses	65 Días	64 Días
Costo M2	20.654	48.000	23.366
Área Total	75 m2	75 m2	132 m2
Superficie ocupada por muros y superficie útil	88%	78%	58%
Distancia	100 - 200 km	100 - 200 km	o - 10 km

Tabla 4 Comparación de sistemas constructivos frente a la fibra vegetal

Conclusiones

En conclusión aplicando el proyecto se podrá generar una mejora en procesos constructivos, ya que por medio de este manual se estará promoviendo la transferencia de información y conocimientos a zonas donde es muy limitado el acceso a este tipo de procesos. Por medio del proyecto se prevé una reducción en costos de materiales, trabajar con mano de obra no calificada donde halla participación comunitaria, aportando cada uno sus destrezas; además se busca reducir tiempos de ejecución y permitir que las personas tengan acceso a una vivienda propia.

Recomendaciones

Dentro de las recomendaciones de líneas de investigación establecemos las siguientes:

- Aplicar investigaciones donde se busque la implementación del sistema constructivo dentro de la norma colombiana.
- Línea de investigación referente a la utilización de cubiertas con materiales ligeros tanto en su estructura como el revestimiento, con materiales propios de la región.
- Investigación referente a la construcción de más de un nivel con este sistema constructivo donde se pueda aprovechar un área de construcción menor, teniendo en cuenta el comportamiento a compresión de los muros y la norma Colombia sismo resistente.

- Línea de investigación acerca de las posibles patologías que surjan en los muros debido a las instalaciones hidrosanitarias o eléctricas.
- Ampliar la investigación acerca de la favorabilidad del material frente a la reacción al fuego y la termo acústica.

Bibliografía

Rubio G. (2013). Geografía humana de Colombia variación biológica y cultural en Colombia. (Tomo I), Arquitectura indígena en Colombia. Facultad Universidad Javeriana. Sitio web: bit.ly/2j7pQVF

Quintero G., González S. (2006). Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. Ingeniería & Desarrollo: Universidad del Norte. PP 20: 134-150, ISSN 0122-3461.

Estellés D., (2010). Control de Ruido II Recursos Técnicos. Uruguay: Facultad de Arquitectura. Sitio web: bit.ly/2j77sfw

King B., Beckett M. (2011). STRAW BALE An introduction to low-impact building materials. Octubre 26, 2017, de BRE publications Sitio web: <http://bit.ly/2iWUkXf>

Minke G., Mahlke F. (2012) Manual de construcción con fardos de paja. Editorial Fin de Siglo.

Romans I. (2014). ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA CONSTRUCCIÓN CON BALAS DE PAJA. Valencia: ETS de Ingeniería de Edificación Universitat Politècnica de València.

Boschi C., Acosta S., González A. (2005) Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería; Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. Sitio web: bit.ly/2xf3gAv

Heltz P. (Diciembre 2014). La Construction Paille dans la cour des grands. *Qualité Construction*, N° 147, P 62.

Higini A. (2002). ABC de la acústica arquitectónica. España: Grupo Editorial CEAC. S.A

Fruchard E., Piaud V. (2012). *Technique de construction en paille*. Paris: ÉDITIONS EYROLLES.

Departamento Nacional de planeación. (2015). *Construcción de vivienda de interés social rural*. Bogotá, Colombia. Banco Agrario de Colombia.

SENA Servicio nacional de aprendizaje. (2003). *Construcción de casas sismo resistentes de uno y dos pisos*. Medellín, Antioquia: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.

International Residential Code. (2015). *International Residential Code (Appendix S)*. Estados Unidos: ICC.

Downton P. (2013). Straw bale. Octubre 26, 2017, de Your Home, Australia's guide to environmentally sustainable homes Sitio web: <http://bit.ly/2zFINWG>

Hernández, M. (2017). Hay un déficit de 3 millones de vivienda en Colombia: Camacol y Dane - RCN Radio. RCN Radio. Recuperado 11 Octubre 2017, Sitio web: <http://bit.ly/2pSvBVX>

Morrison A. (2013). We Have a National Straw Bale Building Code. Octubre 26, 2017, de StrawBale Sitio web: <http://bit.ly/2yHyHAH>

Sustainable Sources. (2017). Straw Bale Construction. Octubre 26, 2017, de Straw Bale Construction Sustainable Sources: 20 years of online Green Building information Sitio web: <http://bit.ly/2museaz>

Paille-Tech. (2017). La modulation paille-tech. Octubre 26, 2017, de Paille-Tech La maison Positive Sitio web: <http://bit.ly/2hsSugb>

Strawmark. (2011). Benefits at a Glance. Octubre 26, 2017, de Master Builders Sitio web: <http://bit.ly/2AKudK6>

DANE. (2015). División político-administrativa de Colombia, Divipola. Septiembre 15, 2017, de DANE. Sitio web: <http://bit.ly/2zKtgT0>

Absotec. (2016). Diccionario sobre Reverberación Acústica. Octubre 02, 2017, de Absotec, Absorción Acústica. Sitio web: bit.ly/2xSMKTR

Vedeco SAS. (2012). Sonido, Acústica, Control de sonido, reducción del ruido. Octubre 02, 2017, de Vedeco SAS Desarrollos Eco-Constructivos Sitio web: bit.ly/2xeXNcW

Aulas FiberGlass. (2010 Diciembre). Soluciones Acústicas. Octubre 02, 2017, de FiberGlass Sitio web: bit.ly/2wcr2bG

Venemedia. (2014). Definición de Acústica. Octubre 02, 2017, de Venemedia Sitio web: bit.ly/2j8YXR5

Eveliux. (2012). El Decibel. Octubre 02, 2017, de Eveliux Sitio web: bit.ly/2wNbTPM

Construmatica. (2013). Acústica. Octubre 02, 2017, de Construmatica Meta-portal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción Sitio web: bit.ly/2eQ8Wtm

IngAcusticaFacil (Productor). (Diciembre 17, 2012). Como calcular el tiempo de reverberación en cinco pasos [Video file]. España. Recuperado de: bit.ly/2xQC4nY

Lets Prevent. (2012). Mediciones de ruido: ¿Sonometría o Dosimetría? Octubre 02, 2017, de Lets Prevent Sitio web: bit.ly/2xfhrFW

Heno - Wikipedia, la enciclopedia libre. (2017). Recuperado 02 Octubre 2017, de <http://bit.ly/2yeSSF1>

Wackernagel, M. y Ree, W. (2001). Huella ecológica Asociación española para la calidad. Recuperado 11 de octubre 2017 de <http://bit.ly/2nQcgbt>

Granados, M. (2017). ¿QUÉ ES LA CONSTRUCCIÓN LIVIANA EN SECO? Construdata. Recuperado 2 October 2017, de <http://bit.ly/2AKbBLx>

Universidad Distrital. (SF) Concreto ciclópeo Recuperado 5 Octubre 2017 de <http://bit.ly/2C49e6L>

Salamanca C. (SF) Tipos y clasificación de la madera. Calameo. Recuperado 11 de Octubre, 2017 de <http://bit.ly/2AN7LBp>

Garcia, J. (2014) Consumo energético y su relación con el impacto ambiental. Iluminet. Recuperado 6 Octubre, 2017 de <http://bit.ly/2AKYsSy>

Erica (SF) Aislamiento Termico. Aislamiento y estanqueidad Erica, SL Barcelona Recuperado el 02 Octubre, 2017 de <http://bit.ly/1CNjB6L>

Ieca (SF) Que es la inercia Termica. Instituto Español del cemento y sus aplicaciones.

Recuperado el 06 Octubre, 2017 de <http://bit.ly/1L2klcQ>

Alcaldia de Bogota (2012) ley 1537 de 1012 recuperado el 06 de Octubre de 2017 de

<http://bit.ly/2z1XUsk>

Camacol (2017) Informacion Tecnica NSR10 Recuperado el 06 de Octubre, 2017 de

<http://bit.ly/2z11BRf>

Anexos

Anexo 1 Cimentación planta

Anexo 2 Cimentación y muro Corte

Anexo 3 Muros de concreto planta

Anexo 4 Modulación Estructura

Anexo 5 Partes del panel

Anexo 6 Planta cubierta

Anexo 7 Corte Cubierta

Anexo 8 Instalaciones eléctricas

Anexo 9 Instalaciones hidráulicas

Anexo 10 Instalaciones sanitarias

Anexo 11 Detalle ensamble con cotas y avisos

Anexo 12 Placa de entepiso y Estructura en madera

Anexo 13 Bloque Split

Anexo 14 Cubierta Ficha Técnica

Anexo 15 Ficha técnica Lamina Policarbonato

Anexo 16 Ventilación Sanitaria

Anexo 17 Conducción Gas

Anexo 18 Manual Técnico Conducción gas

Anexo 19 Sistema Eléctrico Tubería

Anexo 20 Soldadura

Anexo 21 Ficha Técnica Cemento Gris de Uso General

Anexo 22 Catalogo baños