

EVALUACIÓN A FLEXIÓN EN ENTREPISOS PREFABRICADOS EN
ESTERILLA DE GUADUA CONTRALAMINADA, MADERA Y CONCRETO.

GABRIELA RAMÍREZ PINZÓN

ARQUITECTO CESAR AQUILES PEDRAZA

ARQUITECTO CAMILO RAMÍREZ

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS

BOGOTÁ D.C

2018

Contenido

Contenido

Tabla de Ilustraciones	5
Resumen	7
1. Introducción	8
2. Hipótesis	12
3. Objetivos	13
3.1. General	13
3.2. Específicos	13
4. Planteamiento Problema	14
5. Alcance	15
6. Metodología	16
7. Marco Teórico	18
7.1. Entrepisos	18
7.2. Bambú Laminado	19
7.2.1. Proceso de fabricación de la Esterilla	20
7.3. Compuestos	21
7.3.1. Concreto	21
7.3.2. Conectores	22
7.3.3. Adhesivos	22

7.4. Predimensionamiento	23
7.4.1. Flexión Estática	23
7.4.2. Módulo Elástico.....	24
7.4.3. Centroide.....	26
7.4.4. Inercia	26
7.5. Estado del arte.....	28
8. Resultados.....	34
8.1. Análisis de las pruebas de carga	34
8.1.2 Deformación	34
8.2 Módulo elástico de la esterilla contralaminada	37
9. Análisis de los resultados.....	39
9.1 Propiedades de la sección transversal.....	39
9.1.1. Prototipo 1:	40
9.1.2. Prototipo 2:	41
9.2. Esfuerzo último.....	42
9.2.1 Prototipo 1	42
9.2.2. Prototipo 2	43
10. Discusión y análisis	45
10.1. Módulo de elasticidad de la propuesta.....	45
10.2. Propuesta para el mejoramiento del entrepiso	46

10.3. Cortante en el plano neutro.....	47
10.4. Sección transversal	48
11. Mejoras al sistema	49
12. Proceso Constructivo	50
12.1. Componentes del sistema	50
12.1.2. Ecotableros	50
Características de Tablero en esterilla contralaminada EcoTableros	50
12.1.3. Viguetas de madera.....	50
12.1.4. Concreto.....	51
12.2. Proceso constructivo de la propuesta de entrepiso	52
12.2.1. Mampostería reforzada o confinada	52
13. Conclusiones.....	54
10.Referencias	55

Tabla de Ilustraciones

Figura 1 Población Colombia según los censos y la proyección al año 2018	9
Figura 2 Consulta de la población proyectada por sexo y área geográfica	9
Figura 3 Fabricación esterilla contralaminada .Fuente: Hidalgo, 2003	20
Figura 4 Fabricación esterilla contralaminada.....	21
Figura 5 Detalle conectores para madera.....	22
Figura 6 Flexión pura.....	23
Figura 7 Diagrama esfuerzo-deformación. Fuente: En cabecera formación blog	25
Figura 8 Sección transversal de la losa.	26
Figura 9 Eje x que pasa por el centroide.....	26
Figura 10 Eje x que pasa por la base.	27
Figura 11 Losa de entrepiso I. Fuente: Flores, C. 2011	28
Figura 12 Losa de entrepiso tipo II. Fuente: Flores, C. 2011	29
Figura 13 Patente sistemas de entrepisos.....	29
Figura 14 Fuerza ejercida a las fibras transversalmente	30
Figura 15 Esterilla contralaminada.....	31
Figura 16 Ensayo ruido de impacto.	31
Figura 17 Tablero de 2 capas en esterilla de Guadua. Fuente: Méndez & Riaño, 2017	32
Figura 18 Conectores comparados. Fuente: Méndez & Riaño, 2017	33
Figura 19 Detalle conectores para madera.	33
Figura 20 Prototipos de entrepiso. Fuente: Barreto, 2017	34
Figura 21 Deformación respecto a la carga.	35
Figura 22 Falla típica del adhesivo del poliuretano Fuente: Méndez & Riaño, 2017	36

Figura 23 Flexión en el prefabricado para conocer el tipo de falla. Fuente: Barreto,2017	37
.....	37
Figura 24 Probetas ensayadas en Esterilla de guadua contralaminada.	38
Figura 25 Ensayo a flexión esterilla contralaminada.....	39
Figura 26 Eje neutro prototipo 1.....	41
Figura 27 Eje neutro prototipo 1.....	41
Figura 28 Sección transformada prototipo 1	42
Figura 29 Sección transformada prototipo2	44
Figura 30 Propuesta de prototipo en esterilla de guadua contralaminada de 3 capas....	47
Figura 31 Prototipo viga cajón	47
Figura 32 Sección transformada viga cajón.....	49
Figura 33 Tablero de esterilla contralaminada de 3 capas.....	50
Figura 34 Vigas de madera tipo A.....	51
Figura 35 Proceso constructivo prototipo.....	51
Figura 36 Muros en mampostería.....	52
Figura 37 Modulación viga cajón.....	52
Figura 38 Mezcla de concreto.....	53

Resumen

Esta monografía presenta el resultado de la evaluación de entrepisos prefabricados en esterilla contralaminada de guadua, madera y concreto frente al esfuerzo de flexión exigida para sistemas de entripiso en viviendas económicas en Colombia, con base en proyectos de innovación recientes en La Universidad La Gran Colombia. La metodología empleada para la realización de esta investigación consistió en comparar pruebas de carga de otros autores con modelos de predimensionamiento para encontrar las recomendaciones de diseño en un sistema de entripiso alternativo a lo existente en el mercado. La comparación se hace observando tres criterios de diseño, la deformación admisible, la tensión última de rotura y el esfuerzo de corte en el plano neutro. Al comparar las pruebas de carga con el modelo de predimensionamiento, se encontró una deficiencia en el tipo de esterilla contralaminada, producto de una baja resistencia del adhesivo y en la configuración de la sección transversal porque compromete la madera en la capacidad máxima de resistir la rotura. Aunque la deformación admisible, la tensión última y el corte en el plano neutro superan la exigencia de la normativa, se concluye que la sección más adecuada es en forma de cajón, la esterilla contralaminada de tres capas y el uso de conectores de acero entre los materiales a 0,25 cm.

Palabras Claves: Entrepisos, Guadua, Flexión, conectores, esterilla.

1. Introducción

La guadua (*Guadua Angustifolia Kunth*) es un recurso importante en Colombia y en América Latina por su valor cultural y ambiental presente desde época precolombina en todos los ámbitos cotidianos. En la arquitectura popular se empleó en muros con bahareque encementado y para las cubiertas se utilizaban latas (Hidalgo 1981), (Hidalgo 2003). Con el paso de los años las tecnologías constructivas han ido desarrollando nuevas maneras de optimizar y utilizar los materiales vernáculos con el fin de buscar alternativas menos contaminantes para la industria de la construcción. El uso de la esterilla de guadua es de dominio público, con fines tan diversos como casetones, bahareques, cerramientos y cielo rasos.

Por otra parte, la construcción en serie de vivienda prefabricada es una tarea que reclama investigación en el área de innovación en sistemas constructivos, por el crecimiento de la demanda de vivienda económica. La necesidad de vivienda alcanza el 12,6% en Colombia, según el ministro de vivienda Camilo Sánchez Ortega, durante la asamblea de Camacol (Marzo, 2018). El déficit de vivienda está en aumento debido a su crecimiento demográfico, el cual se puede evidenciar en el reloj poblacional que el DANE publica en su página web, en donde proyecta que para octubre del 2018 Colombia alcanzará los 50 millones de habitantes, Según la revista Dinero, hace 43 años el país contaba con 24,21 millones de habitantes, lo que nos indica que el crecimiento poblacional es rápido puesto que en menos de cuatro décadas aumentó exponencialmente.

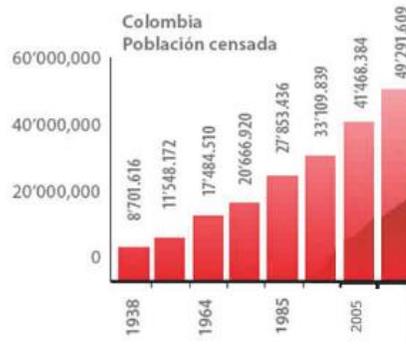


Figura 1 Población Colombia según los censos y la proyección al año 2018

Fuente: DANE

En la figura 1, extraída del artículo *Qué significa que Colombia alcance los 50 millones de habitantes* (2017) de la Revista dinero, se puede percatar que el crecimiento demográfico en Colombia entre 1983 y 2005 ha sido de 32'766.768. En la última barra de la gráfica se puede percatar la proyección que se le hizo a la población para el 2018, la cual no está desfasada, ya que para el día 28 de abril del 2018 al número de habitantes en el país se encuentra en 49'834.240 estas cifras se pueden evidenciar en la figura 2 publicada por el DANE.



Figura 2 Consulta de la población proyectada por sexo y área geográfica

Fuente: Revista Dinero

En Colombia se empezaron a desarrollar sistemas constructivos que permitieran ampliar viviendas para poder acomodar familias de seis u ocho integrantes en una vivienda que estaba pensada para cuatro personas. Es posible seguir ampliando la vivienda en el sentido vertical gracias a la construcción de entresijos, debido a que una vivienda de 1 nivel puede terminar siendo una de tres niveles o más, dependiendo del POT del área en donde se encuentra ubicada. También depende del estrato de la vivienda, ya que estas ampliaciones son usuales en estratos 1,2 y 3. Por lo tanto, de la necesidad de querer construir viviendas con más niveles e igual peso aparece los sistemas constructivos prefabricados como lo son: Losas aligeradas con casetones, placa fácil, Steel deck o lámina colaborante, entre otros. Sin embargo, estos sistemas de entresijo no consideraron el impacto ambiental y las propiedades termo-acústicas de los materiales empleados como lo son el concreto, el acero y la mampostería.

A lo largo de los planteamientos realizados, se están empleando sistemas energéticos, industriales con menores mitigaciones al medio ambiente, con el fin de disminuir la producción de desechos constructivos no reutilizables ni biodegradables. Estos sistemas constructivos alternativos involucran materiales tales como la madera y el bambú, debido a su resistencia, a ser elementos renovables y producir desperdicios biodegradables.

La implementación de sistemas de madera laminada estructural (MLE) es de suma importancia para países industrializados, debido a que esta tecnología constructiva se ha convertido en una de las principales alternativas a la hora de construir grandes luces, esta gran ventaja que ofrece el sistema es originado a su relación peso- resistencia, su trabajabilidad y el factor estético, por esto, es necesario analizar el comportamiento de las pruebas mecánicas (flexión y corte) en el sistema laminado pegado.

Debido a que la madera en estado natural tiene una relación directa entre la densidad y su resistencia, es posible afirmar que, a mayor densidad, mayores módulos elásticos y mayores resistencias. Según Lozada, N. (2012) En América existen 440 tipos de Bambú, entre ellas se destaca el género Guadua y a su vez este género abarca 16 especies aproximadamente, dentro de este grupo de especies, se destaca la única especie utilizada en el campo de la construcción *Angustifolia Kunth*, debido a sus propiedades físico-mecánicas absorbe gran cantidad de energía, lo que le permite tener grandes niveles de flexión. Sus fibras y poros la convierten en un material aislante acústico y térmico, adicionalmente la utilización de un material constructivo vernáculo, reduce las emisiones de carbono. Existe un vacío investigativo a nivel de entresijos en esterilla de guadua, teniendo en cuenta que la especie que se produce en Colombia es el único bambú que permite la fabricación de esterilla por lo que se puede competir en la fabricación de tableros de madera o de guadua laminada pegada. Es posible conocer las propiedades físico mecánicas y factibilidad de la esterilla contralaminada de guadua teniendo dos fuentes primarias, uno de ellos es un tablero fabricado en Bogotá, Colombia (Lámina de dos capas), el segundo consiste en otro fabricado en Manizales, Colombia para así conocer el adhesivo, número de capas y la producción de este.

Los antecedentes publicados que determinan la deflexión de sistemas de entresijo en guadua y madera son el de Barreto W, 2017, Flores C, 2011, la patente de Concrete composite timber, Yan Xiao con la marca registrada del laminado de guadua GLUEBLAM

2. Hipótesis

Las propiedades mecánicas de los materiales, tienen variables controlables desde el punto de vista de la tecnología de las estructuras. Los métodos experimentales como las pruebas de carga o los ensayos de deformación, son susceptibles de variables que no deberían dejar incertidumbre sobre la eficiencia de un sistema constructivo.

En este caso, al combinar materiales como esterilla de guadua, concreto y madera en una forma con propiedades geométricas como la inercia de la sección, el centroide y propiedades de elasticidad como el módulo de Young, se puede predecir la evaluación de una propuesta tecnológica constructiva.

La hipótesis que se plantea es que es posible comparar el ensayo de carga de entrepisos en esterilla contralaminada de guadua, madera y concreto, con un modelo de predicción de variables para mejorar la propuesta de losa compuesta.

Comprobar esta hipótesis, logra aportar en el ciclo de mejora de la innovación planteada en proyectos ya concluidos de una sublínea de investigación sobre guadua laminada.

3. Objetivos

De acuerdo a la hipótesis anteriormente presentada, se definen los siguientes objetivos para lograr aportar en la solución a la problemática planteada:

3.1. General

Evaluar la flexión entre una prueba de carga comparada con un modelo de pre-dimensionamiento de entrepisos de vivienda económica, en esterilla de guadua contralaminada madera y concreto frente a pruebas de carga ya realizadas por otros autores, para continuar el ciclo de mejora y garantizar una respuesta técnica.

3.2. Específicos

Analizar la prueba de carga de tres prototipos de entrepisos con dos diferentes tipos de esterilla contrachapada, adhesivos y conectores en acero

Ensayar a flexión muestras de un tablero de esterilla de guadua, para predecir el Módulo de Young en un modelo de pre-dimensionamiento

Pre-dimensionar el entrepiso en esterilla de guadua y concreto a partir de los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio.

Recomendar mejoras de diseño con base en la predicción de tres criterios. Deformación, tensión última y corte en el plano neutro.

4. Planteamiento Problema

Este proyecto se realizó con base en proyectos de innovación de la Universidad la Gran Colombia, con el fin de continuar el ciclo de mejora de la propuesta y garantizar una respuesta técnica. En estos proyectos las pruebas de carga demostraron una respuesta inicial a la problemática de ¿Cómo sustituir con elementos de madera o guadua los entrepisos prefabricados existentes en el mercado como placa alveolar o placa fácil? Esto teniendo en cuenta que en la vivienda en general y en la vivienda económica en particular el entrapiso es una forma de aumentar el área construida en la vivienda y este tipo de vivienda, sea por interés estatal o por autoconstrucción está en creciente demanda.

La consideración de respuesta técnica ante flexión estática en un sistema de entrapiso para viviendas económicas tiene tres criterios de evaluación. Primero se consideran normales las deformaciones del elemento hasta una deformación admisible. Segundo se debe reducir a cero el cortante en el plano neutro de flexión del elemento, con la ayuda de adhesivo o conectores metálicos. Tercero se deben considerar normales esfuerzos de últimos de tensión en la fibra inferior del elemento muy superiores que los resultantes de esfuerzos normales de carga.

El problema de investigación planteado en este estudio, surge desde la hipótesis del mejoramiento de la respuesta técnica del sistema de entrapiso por medio de una metodología tecnológica constructiva que es usar un modelo de pre-dimensionamiento que cuente con los tres criterios de evaluación mencionados: Deformación, Cortante en el plano, y esfuerzo último. La pregunta problema es **¿Cómo continuar el ciclo de mejora de los entrepisos prefabricados en esterilla contralaminada de guadua, madera y concreto frente al esfuerzo de flexión exigida para sistemas de entrapiso en viviendas económicas en**

Colombia, con base en proyectos de innovación recientes en La Universidad La Gran Colombia?

5. Alcance

Debido a la gran variedad de sistemas de entrepisos existentes, conexiones, materiales, existen muchas variables que van a influir en el comportamiento de los entrepisos, sin embargo, este trabajo se va a enfocar únicamente en el análisis de esfuerzo a flexión de entrepisos prefabricados de luces cortas que son las habituales en las viviendas económicas. Es necesario conocer el comportamiento de las uniones de los conectores tirafondo, conocer las propiedades del pegamento con el que está unido la capa corta y larga de la esterilla y por último realizar el diseño de mezcla y refuerzo del concreto.

6. Metodología

Se analiza el resultado de las pruebas de carga de Méndez & Riaño, (2017), Medina (2017) y Barreto W. (2017) con base en tres criterios:

- Deformación versus carga, con base en la norma sismorresistente Título G
- Cortante en el plano neutro
- Esfuerzo último de carga en el sistema.

Para comprobar la elasticidad del tablero de esterilla contralaminado, se utiliza un método de ensayo experimental basado en la norma ASTM 143, siguiendo la metodología de Medina & Agudelo, (2017) se cargaron 10 muestras a flexión estática con una velocidad de avance de 1 N por minuto, en una prensa universal en el laboratorio de ensayos de Ingeniería de La universidad La Gran Colombia. Cada muestra media 100 mm de ancho por 600 mm de largo. La disposición de las fibras.

Para el análisis de los datos se eliminan aquellos que se encuentren en extremo más altos y más bajos para hallar un promedio aritmético y una desviación estándar.

Las muestras ensayadas son fabricadas en Chinchiná Caldas por Ecotablero y las muestras fueron suministradas con un contenido de humedad de 18%. Estos tableros se fabrican usando un adhesivo de fenol formaldehído, calor y presión para el proceso de pegado prensado.

La metodología para el modelo de pre-dimensionamiento se basa en la ecuación de flexión, la cual relaciona el esfuerzo último como cociente del producto del momento por la distancia desde el eje neutro de la sección transversal, entre la inercia de la sección.

$$\sigma = M / S$$

σ : Momento flector fijo.

M: Distancia máxima de la superficie neutra.

S: Módulo elástico

Ecuación 1 Ecuación de la inercia tomada de la norma

Fuente: ASTM-143

Para la determinación del eje neutro y de la Inercia se asume la sección compuesta aplicando el teorema de Steiner el cual asume un factor de reducción del área del plano neutro hasta la fibra más alejada en función del módulo elástico o módulo de Young.

Finalmente, para la comprobación de la propuesta hecha en este trabajo se utilizará la misma ecuación de flexión en donde sigma o esfuerzo es igual al cociente entre el momento flector, producto de la distancia al eje neutro dividido entre la inercia de la sección compuesta en este caso $b \times h$ al cubo dividido doce.

7. Marco Teórico

7.1. Entrepisos

Las losas son un sistema estructural rígido construido monolíticamente, apoyados sobre vigas coronas o sobre muros estructurales que separan los espacios verticales formando los diferentes pisos de una edificación, adicionalmente, estos sistemas son los encargados de soportar las cargas vivas y muertas de una edificación, se pueden clasificar según la dirección de la carga, material y proceso constructivo, en unidireccional cuando las cargas se transmiten en una única dirección hacia los muros estructurales, generalmente estas losas tienen una forma rectangular. Y bidireccionales cuando las cargas son transmitidas cuando los muros estructurales o portantes se encuentran en los cuatro costados de la placa.

Las losas se pueden clasificar según el material, concreto reforzado que se utiliza con mayor frecuencia en las construcciones de vivienda de 1 y 2 pisos, son sistemas de entrepisos macizos que cuentan con un refuerzo interno con mallas de acero corrugado. Losas en madera sobre viguetas en madera y en su parte superior tiene una torta en concreto reforzado que funciona como un diafragma. Losa en placa de acero que se funden con concreto reforzado sobre una placa en acero, que configura la formaleta. Y losas mixtas prefabricadas realizadas en materiales especiales como lo son la cerámica con perfiles en acero, laminas en fibrocemento o perfiles metálicos.

También se pueden clasificar según el sistema constructivo in situ que se funden directamente en la obra, pueden ser aligeradas, esto con el fin de reducir su peso y disminuir el espesor de la losa. Este aligerante puede ser recuperable o no, pueden ser macizas, en espesores de 15 cm aproximadamente, no tienen ningún aligerante y suelen tener un refuerzo

en la parte inferior y superior de la losa. Y losas prefabricadas, livianas, de fácil y rápida instalación.

7.2. Bambú Laminado

Por otro lado, existen materiales como la guadua que es un género de la subfamilia del bambú, con gran aporte a la industria de las construcciones de muy rápido desarrollo, para construir la mayoría de elementos de una casa su descomposición inicia aproximadamente a los 10 años después de desechado lo que lo convierte en un material con un buen impacto ambiental. Guadua Angustifolia Kunth absorbe una gran cantidad de energía, lo que le permite tener grandes niveles de flexión y por la anatomía de sus fibras y poros la convierten en un material de aislante acústico y térmico.

Con un material de estas características se podría tener una línea de producción completa que incluyera la elaboración del material en sí, la fabricación de elementos estructurales, como vigas, columnas, tableros de piso y paneles, y la elaboración previa de las uniones para un ensamble rápido y eficiente. (C, Takeuchi. 2014)

Ya que la guadua es un material poroso de origen vegetal, cuyas fibras están dispuestas axial y longitudinalmente; es un material anisotrópico, ya que sus propiedades físicas, mecánicas y de laborabilidad varían según su sentido o plano considerado; presenta cambios de sus dimensiones debido a la expansión térmica y cambio de volumen a causa de la humedad térmica. Todo esto hace que la guadua se comporte similar a la madera. (Cely, Hernández, Gutiérrez. 2012).

7.2.1. Proceso de fabricación de la Esterilla

Los tableros de esterilla tienen gran variedad de aplicaciones en las viviendas rurales y urbanas como lo menciona Hidalgo (2003), figura 3 en la elaboración de esterilla se utilizan secciones de 1 a 8 metros de longitud obtenidos de la parte basal e intermedia de los culmos de la guadua, estos deben tener de 2 a 3 años de edad, con ayuda de una hachuela se realizan incisiones profundas alrededor y perpendicular a los nudos teniendo una separación de 1 a 3 centímetros. Luego, con una pala se procede a abrir longitudinalmente por uno de los lados. Por último, se abre la esterilla con las manos con el fin de aplanar, para luego removerle la parte interior, esto para evitar que sea atacada por insectos

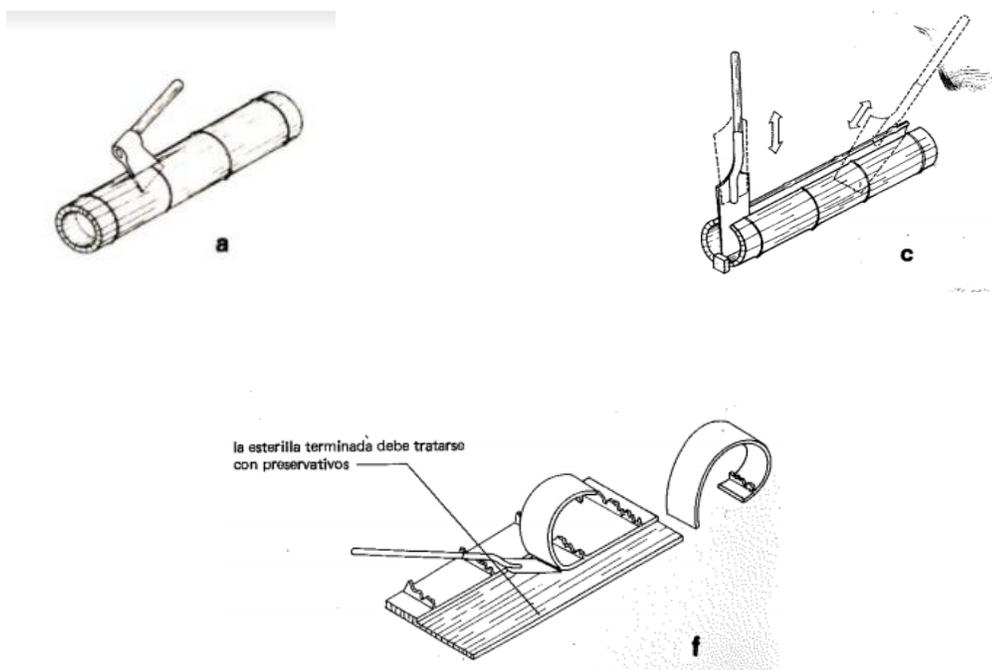


Figura 3 Fabricación esterilla contralaminada .Fuente: Hidalgo, 2003

Fuente: Hidalgo,2003

Para la fabricación de la esterilla contralaminada Hidalgo (2003) propone un proceso que inicia con un cepillado de la esterilla por sus dos caras y la disposición perpendicular de las fibras, para después prensar usando adhesivos expansivos que llenen los espacios, como se muestra en la figura 4

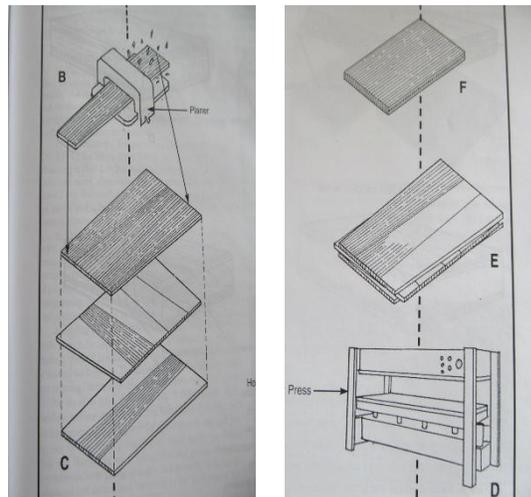


Figura 4 Fabricación esterilla contralaminada.

Fuente: Hidalgo, 2003

7.3. Compuestos

7.3.1. Concreto

Para la realización de este prototipo se empleó un concreto con resistencia a los 21 Mpa, la dosificación empleada en la mezcla es de 1:2:3 y esta placa de recubrimiento será de 5 cm de espesor, adicionalmente tendrá una malla electrosoldada con grafites de 4 mm y una retícula de 15x15.

7.3.2. Conectores

Los conectores colaborantes de Rothoblaas (empresa italiana), dispuestos en 45° o 90° como muestra la figura 5 con una configuración en x aumenta la resistencia ante el esfuerzo cortante que se presenta en el plano neutro, entre la losa de hormigón, la esterilla de guadua y las viguetas en maderas, estos tornillos colaborantes tienen una dimensión de 7,5x 100 mm

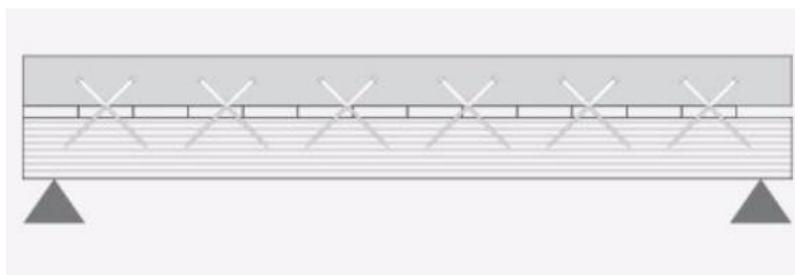


Figura 5 Detalle conectores para madera.

Fuente: Cartilla Rothoblaas

7.3.3. Adhesivos

La urea formaldehído, la resorcina fenol formol (RFF), la melanina fenol formol (MUF) son resinas formadas al reaccionar el formol (formaldehído) con urea, resorcina-fenol y melanina- urea respectivamente; y que son mezcladas con un catalizador para endurecerla. Las proporciones de mezcla dependen del tipo de resina, la manejabilidad, el tiempo de fraguado y tiempo de armado de las piezas. Se pueden utilizar en procesos de prensado de elementos en frío o caliente, donde el tiempo en el que la presión se mantiene depende de la preparación de las mezclas, el tipo de proceso y la temperatura. (Takeuchi, 2014)

El adhesivo utilizado en elementos estructurales debe garantizar que el elemento al que se va a emplear, resista a las condiciones ambientales, tales como la humedad, temperatura del

lugar en donde se realizará la edificación, así como el cumplimiento de los requisitos contra el fuego.

7.4. Predimensionamiento

Para poder realizar el pre-dimensionamiento de cualquier tipo de elemento es necesario conocer los esfuerzos y las deformaciones que ocurren en un elemento prismático que es sometido a flexión, como es el caso de la propuesta en esterilla de guadua contralaminada y concreto.

7.4.1. Flexión Estática

Para que este esfuerzo se cumpla, es necesario que el elemento prismático que en este caso sería el prototipo, que como condición inicial debe poseer un plano de simetría, sobre el cual actuarán dos momentos de igual magnitud y opuestos llamados M y M' .

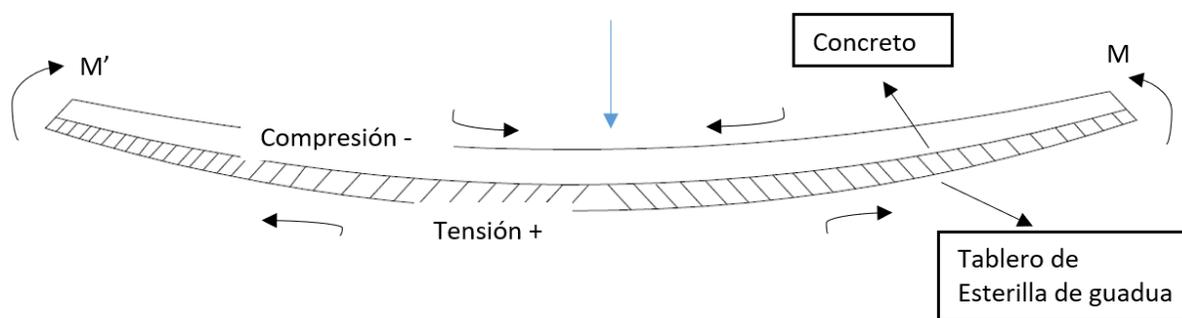


Figura 6 Flexión pura.

Fuente: ASTM-143

Si la deformación del elemento en la parte superior genera una concavidad, se considerará dicho momento positivo. Como se puede observar en la figura 6, la parte superior del elemento se acorta, mientras que la parte inferior, se alarga, es decir que, las tensiones y

deformaciones de la parte superior son negativas (compresión) y en la parte inferior positiva (tensión)

En algún momento, se producirá un cambio de signo, el cual tendrá que ser 0, cuando esto ocurra se conocerá como eje neutro, siempre y cuando se pueda asegurar que el elemento está sometido a flexión pura y los esfuerzos mantienen un rango elástico, entonces el eje neutro pasará por el centroide de la sección.

7.4.2. Módulo Elástico

Es un tipo de constante elástica que relaciona una medida con la tensión y otra con la deformación del elemento; La relación E / C es llamado como módulo elástico y este es representado con la letra C , pero es necesario tener la ecuación del esfuerzo flector máximo, para así poder despejar y conocer el momento flector fijo, puesto que es necesario reducir el esfuerzo flector máximo y para lograr esto solo se necesita hacer el módulo elástico tan grande como sea posible, que en el caso del entrepiso será las fibras del tablero de esterilla de guadua.

$$\sigma = M / I$$

σ : Momento flector fijo.

M : Distancia máxima de la superficie neutra.

S : Inercia.

Ecuación 2 Modulo de elasticidad.

Fuente: ASTM-143

Al momento de realizar una prueba de flexión, la probeta debe emplear el parámetro de deformación unitaria, el cual representa la relación entre la deformación, el cual representa la

relación entre la deformación de la probeta y su largo inicial. Por otro lado, el esfuerzo es la relación entre la carga aplicada y el área de la sección.

$$\sigma = P / A$$

σ : Esfuerzo.

P: Carga aplicada.

A: Área de la sección.

Ecuación 3 Esfuerzo.

Fuente: ASTM-143

Dicho lo anterior, es más sencillo comprender el diagrama de la figura 7

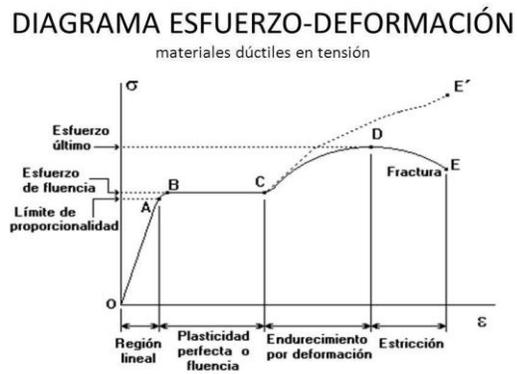


Figura 7 Diagrama esfuerzo-deformación. Fuente: En cabecera formación blog

Fuente: En cabecera formación Blog

7.4.3. Centroide

Es un punto en el plano que se define como el centro geométrico de un objeto, en este caso los prototipos del entrepiso en esterilla de guadua, para hallar este punto es necesario de la siguiente expresión: $\bar{y} = \int \bar{y} dA / \int dA = \sum \bar{y}A / \sum A$.

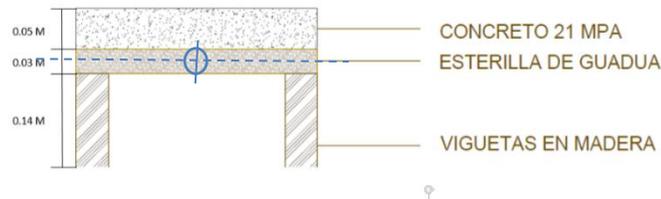


Figura 8 Sección transversal de la losa.

Fuente: Autor

7.4.4. Inercia

La inercia es una constante siempre positiva, la ecuación a emplear es $I_x = bh^3/12$ siempre y cuando el eje x pase por el centroide (figura 9), cuando el eje x pasa por la base de dicho elemento, la operación a emplear es $I_x = bh^3/3$ (figura 10).

$I_x = bh^3/12$ = Ecuación del eje X que pasa por el centroide.

I_x : Inercia respecto al eje X.

b: Base del elemento

h: Altura del elemento



Figura 9 Eje x que pasa por el centroide.

Fuente: Autor

$$I_x = bh^3/3 = \text{Ecuación del eje } x \text{ que pasa por la base.}$$

I_x : Inercia respecto al eje X.

b: Base del elemento

h: Altura del elemento



Figura 10 Eje x que pasa por la base.

Fuente: Autor

Es claro mencionar que, a diferencia del centroide, la inercia depende de dónde esté situado el eje x, debido a que esta constante depende del eje del cual se mida. Sin embargo, para el caso del entrepiso es necesario emplear el Teorema de Steiner; ya que está compuesto por varias figuras geométricas al mismo tiempo. Este teorema relaciona la inercia respecto a un eje paralelo con la inercia respecto al centroide más el área de la sección y la distancia entre ejes al cuadrado.

$$I = \bar{I} + A \cdot d^2$$

I: Inercia respecto a un eje paralelo.

\bar{I} : Inercia respecto al centroide.

A: área de la sección.

d: Distancia entre ejes.

Ecuación 4 Inercia respecto a un eje paralelo. Fuente: ASTM – 143

Fuente: ASTM - 143

7.5. Estado del arte

Para ilustrar estos sistemas, Flores, C. 2011, Propuso entresijos de guadua y concreto para viviendas en Colombia y demostró la resistencia mecánica en dos tipos de losa, la losa tipo I (figura 11) tiene una resistencia de 2.381 kg/m^2 con una deflexión igual a cero, y la losa tipo II (figura 12) resiste 1.726 Kg/m^2 con una deflexión igual a cero. A estos prototipos se le realizaron mejoras tales como: Mortero inyectado entre nudos, malla electrosoldada en la torta de concreto y mejoramiento en los anclajes, luego de realizar las mejoras se evidenció el aumento de resistencia en los entresijos, arrojando como resultado para la propuesta tipo I una resistencia de $2\,424 \text{ kg/m}^2$ y en la propuesta tipo II se obtuvo una resistencia de 1.750 kg/m^2 .

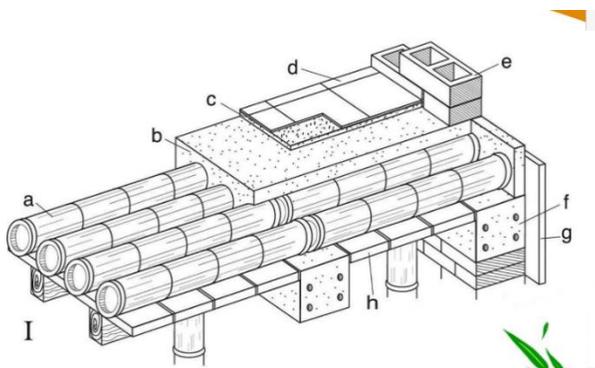
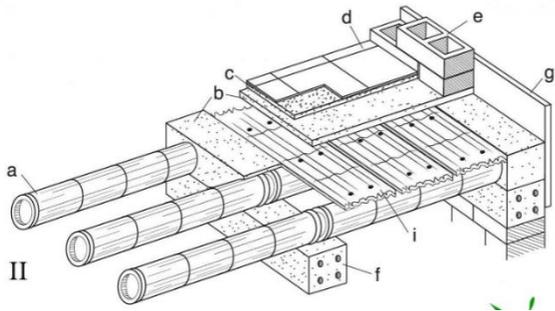


Figura 11 Losa de entresijo I. Fuente: Flores, C. 2011

Fuente: Flores, 2011

- | |
|-------------------------------|
| A. Guadua |
| B. Concreto simple |
| C. Mortero de pega |
| D. Acabado de piso |
| E. Muro divisorio |
| F. Viga de apoyo de
placas |
| G. Formaleta exterior |
| H. Formaleta interior |

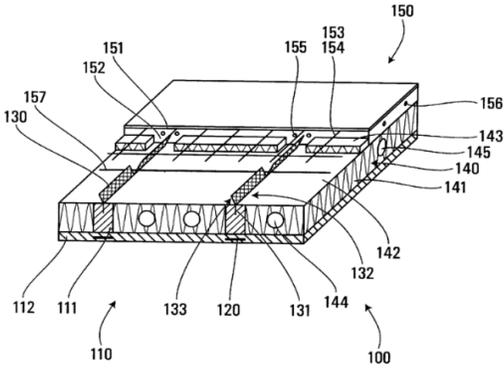


- A. Guadua
- B. Concreto simple
- C. Mortero de pega
- D. Acabado de piso
- E. Muro divisorio
- F. Viga de apoyo de las guaduas
- G. Formaleta exterior
- H. Formaleta interior

Figura 12 Losa de entepiso tipo II. Fuente: Flores, C. 2011

Fuente: Flores, 2011

Otro estudio significativo para evidenciar la resistencia de la guadua y su optimización en sistemas de entepisos es el de los entepisos WC Composite. 2012, (figura 13) han demostrado la resistencia mecánica, el aislamiento acústico y térmico que hay entre un sistema con una sección en concreto, en madera y un elemento que separe los dos materiales mencionados con anterioridad, sin dejar de ser un sistema monolítico.



- 110, 111, 112.** Componente en madera.
- 140, 141, 142, 143, 144, 145.** Capa intermedia.
- 150, 151, 152.** Unión en

Figura 13 Patente sistemas de entepisos.

Fuente: WC COMPOSITE (Estados Unidos n° 8245470 B2,2012)

También, Takeuchi, C. 2001, junto al grupo de investigación análisis, diseño y materiales GIES de la Universidad Nacional de Colombia, estudiaron el comportamiento de pórtico en Guadua angustifolia kunth, la validación de Guadua angustifolia kunth como

material estructural para el diseño por el método de esfuerzos admisibles y la Guadua laminada en la construcción de vivienda.

Otro autor de suma importancia para esta investigación es Xiao, Y. (2014), Demostró que la placa de bambú estructural tiene grandes propiedades mecánicas y un bajo impacto al medio ambiente, convirtiéndolo en un nuevo material que promete bastante para la industria de la construcción. En la figura 14 se observa en (a) fuerza ejercida a las fibras longitudinales y en (b) fibras transversales por un conector en bambú laminado.

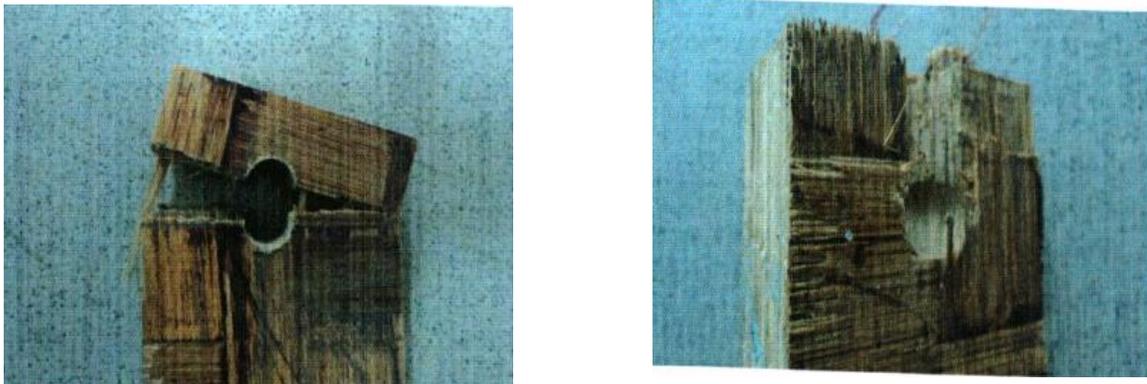


Figura 14 Fuerza ejercida a las fibras transversalmente

Fuente: Xiao, 2014

Medina y Agudelo (2017) en su trabajo de grado hacen una descripción de la esterilla de guadua contralaminada producida en Bogotá y evidencian la importancia que tiene el tipo de adhesivo en el sistema en la resistencia del elemento, así como la posición del sentido de las fibras en el que se pegue las láminas de esterilla, afectan considerablemente la resistencia y la deflación del elemento, se realizaron unas pruebas de flexión en el laboratorio en donde se evidencio que las fibras longitudinales ubicadas en el sentido superior tiene una resistencia

mayor, en comparación a la implementación de las fibras paralelas en la parte inferior. Como se muestra en la figura 15.



Figura 15 Esterilla contralaminada.

Fuente: Medina & Agudelo, 2017

Barreto W. (2017) propone un entrepiso en esterilla de guadua contrachapada conectores de acero y concreto, sistema que reduce el ruido de impacto y la pérdida de temperatura, comparando con el sistema con el tradicional de bloquelon y perfiles metálicos, Fernández & Rodríguez 2017 demostraron una diferencia de Ln 6 dB en el ruido de impacto, siendo menor en el prototipo de esterilla de guadua y concreto como muestra la figura 16



Figura 16 Ensayo ruido de impacto.

Fuente: Méndez & Riaño, 2017

Méndez y Riaño 2017 proponen un entrepiso de esterilla contralaminada conectores de acero y concreto de dimensiones de 4,2 m de longitud x 0,60 m de ancho (Figura 17). La realización de este tramo del sistema de entrepiso se necesitó de esterilla de guadua contrachapada con dos capas concreto de 21 MPA con un agregado de $\frac{1}{2}$ ", una malla electrosoldada de 4 mm de diámetro cada 0.15 m, conectores de acero instalados a 45° y una lámina de polietileno entre el concreto y la esterilla contralaminada. Esta sección está apoyada sobre unas viguetas en madera de pino de 0,17m x 0,035m



Figura 17 Tablero de 2 capas en esterilla de Guadua. Fuente: Méndez & Riaño, 2017

Fuente: Méndez & Riaño, 2017

En este estudio se compararon dos conectores, tirafondos de acero y conectores de acero carbonado de alta resistencia Rothoblaas Figura 18 (a) tirafondo acero (b) tirafondo acero rosca paso doble en acero al carbón de alta resistencia. el resultado es que ante un esfuerzo cortante de 11 KN el tirafondo falla por cortante, mientras el conector especial de Rothoblaas con el doble de carga inicia una deformación



(a) tirafondo acero 8 (b) conector Rothoblaas

Figura 18 Conectores comparados. Fuente: Méndez & Riaño, 2017

Fuente: Méndez & Riaño, 2017

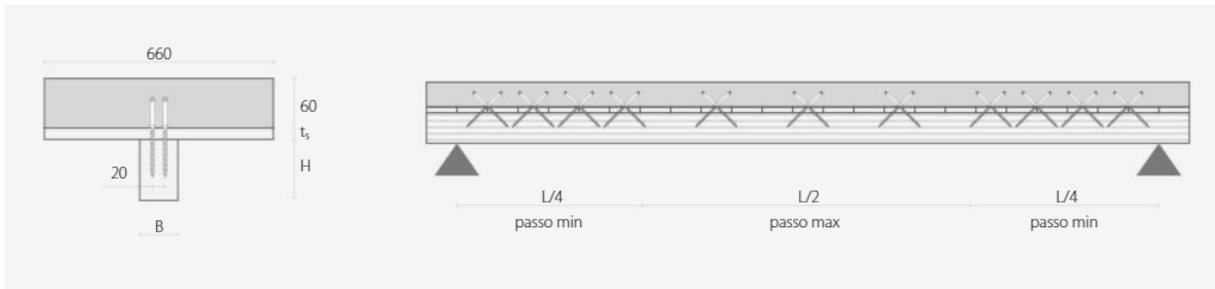


Figura 19 Detalle conectores para madera.

Fuente: Cartilla Rothoblaas

8. Resultados

8.1. Análisis de las pruebas de carga

Se estudiaron dos pruebas de carga. Mendez & Riaño (2017 y Barreto (2017). Los prototipos ensayados de entrepiso son los que muestran la figura 19. (a) prototipo de 4,20 x 0,60 m (b) prototipo de 2,1 x 0,3 m. Los resultados de los ensayos (con una probeta cada uno) se dividen en deformación, cortante en el plano neutro y tensión última.

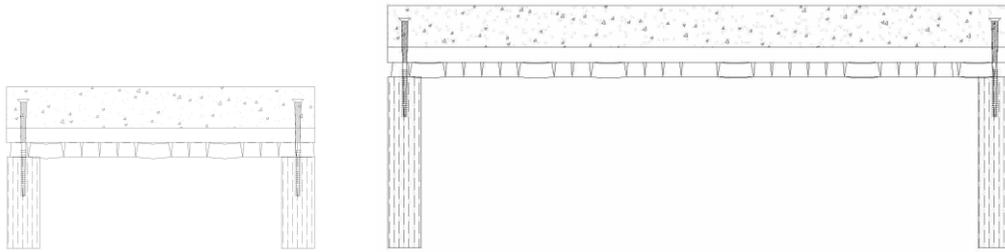


Figura 20 Prototipos de entrepiso. Fuente: Barreto, 2017

Fuente: Barreto, 2017

8.1.2 Deformación

Los resultados obtenidos de las pruebas de carga parcialmente repartidas para los prototipos con el tablero de esterilla contralaminada de guadua de dos capas, arrojó que la deflexión del prototipo se encuentra en el rango máximo permisible en cielo raso de acabado rígido $L/350$ (NSR-10).

Para $L= 2100$ mm la deformación fue 5 mm en 200 Kg/m². esto es igual a lo solicitado en la norma para deformación respecto a la luz $L/350$.

Para $L = 4100$ mm la deformación fue 10 mm en 200 Kg/m^2 , esto es menor que lo exigido en la misma norma.

En la figura 20 se muestra la deformación respecto a la carga, (a) Prototipo de $2,0 \times 0,3$ (b) Prototipo de $4,2 \times 0,6$. en donde se evidencia un comportamiento elástico y con una pendiente proporcional.

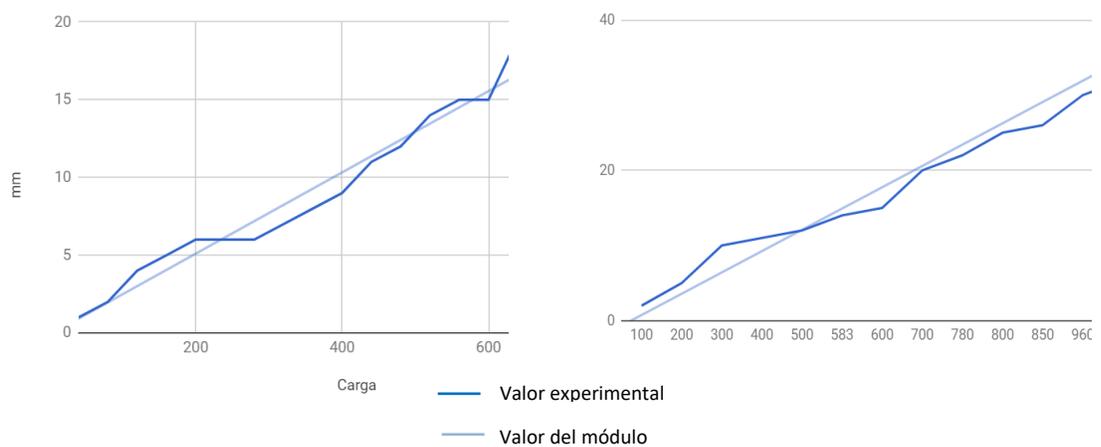


Figura 21 Deformación respecto a la carga.

Fuente: Barreto, 2017

8.1.2. Cortante en el plano neutro

En las dos pruebas de carga se encontró que el conector en acero instalado como especifican los autores, vinculan el concreto, y la madera. El adhesivo de Poliuretano de la esterilla contralaminada no tiene la resistencia para resistir este esfuerzo. En la figura 21 se evidencia la falla típica del adhesivo.



Figura 22 Falla típica del adhesivo del poliuretano Fuente: Méndez & Riaño, 2017

Fuente: Méndez & Riaño, 2017

8.1.3. Esfuerzo último

En las pruebas de carga no se llegó al esfuerzo último, ya que después de retirar la carga se recuperó la forma inicial del prefabricado, el concreto, los conectores y la madera no fallaron, en cambio la esterilla de guadua contralaminada si falló por cortante en la línea de pega.

El esfuerzo admisible que se consideró por cada prototipo era de 200 Kg / m². pero el prototipo uno (2,0 x 0,3) se cargó con 1240 kg /m² sin rotura por la madera. El prototipo dos (4,0 x 0,6 se cargó con más de 600 Kg/m² sin rotura por la madera.

Para encontrar el tipo de falla por la madera en el prefabricado se sometió a flexión el elemento hasta que no soportara más carga, con un montaje como el que se muestra en la figura 22 El resultado es que la madera falla por tensión en la fibra más alejada del plano neutro, y en diagonal análoga al diagrama de momentos típico de la sección en flexión pura.



Figura 23 Flexión en el prefabricado para conocer el tipo de falla. Fuente: Barreto, 2017

Fuente: Barreto, 2017

8.2 Módulo elástico de la esterilla contralaminada

Los resultados de los ensayos a flexión de la esterilla contralaminada de las pruebas de cargas se asumen con base al estudio de Medina y Agudelo (2017). Para la esterilla contralaminada de Ecotableros se toma la ficha técnica del fabricante y se realizó un ensayo y cálculo del Módulo de elasticidad, con el fin de analizar la inercia de la sección.

Para la realización del ensayo a flexión, se empleó el método de carga controlada y se basó en la norma ASTM 143-94, la cual dicta el siguiente procedimiento:

1. Se realizó de una descripción física del elemento a ensayar.
2. Se tomaron medidas de espesor y ancho de la probeta, para obtener un valor promedio de las dimensiones.
3. Se procede a ubicar la probeta en la máquina de flexión, se toma la distancia entre apoyos y se calibra la deformación en ceros.
4. Se tomaron los datos de la deformación cada 0,5 KN hasta llegar a la falla del elemento
5. Se realizó una descripción de la falla observada.

Las probetas de este ensayo a flexión se realizaron con un tablero de esterilla de guadua con 3 capas, (figura 23) este tablero alterna las fibras longitudinales y transversales entre capas, siendo así, la primera capa tiene las fibras longitudinales, la segunda sus fibras están transversalmente sobre el elemento y la última capa, al igual que la primera posee las fibras longitudinalmente



Figura 24 Probetas ensayadas en Esterilla de guadua contralaminada.

Fuente: Autor

Se realizaron 7 ensayos a flexión con dimensiones de 100 mm de ancho x 600 mm de largo y 50 mm de espesor, con las fibras ubicadas como se mencionó con anterioridad, (F01-F06) con distancia entre apoyos de 200.0 mm, como muestra la figura 24 obteniendo un total de 6 datos de deflexión del elemento, carga máxima



Figura 25 Ensayo a flexión esterilla contralaminada

Fuente: Autor

9. Análisis de los resultados

9.1 Propiedades de la sección transversal

Para conocer el valor numérico del cortante en el plano neutro del prototipo uno (2,1 x 0,3) , y del prototipo dos (4,1 x 0,6) con esterilla contralaminada de guadua de 2 capas, fue necesario calcular la ubicación del eje neutro puesto que el elemento no tiene una figura homogénea, por ello se debe utilizar la sección transformada, se debe encontrar la relación entre los módulos de elasticidad y un material base; que en este caso se escogió la guadua. Para el primer y segundo modelo se emplearon los siguientes módulos de elasticidad:

1. Concreto: $E_1 = 340.000 \text{ Kg/Cm}^2$
2. Tablero de Guadua: $E_2 = 618.048 \text{ Kg/Cm}^2$

3. Madera: E3: 210.000 Kg/Cm2

La relación entre los módulos de elasticidad es la siguiente:

1. $N1 = E1/E2$
2. $N2 = E2/E2$
3. $N3 = E3/E2$

Arrojando como resultado para el primer y segundo prototipo:

	Módulo de elasticidad 1er Material	Módulo de elasticidad 2do Material	N (Factor)
1	340,000 Kg/Cm2	618,048 Kg/Cm2	0.5 Kg/Cm2
2	618,048 Kg/Cm2	618,048 Kg/Cm2	1 kg/ Cm2
3	210,000 kg/Cm2	618,048 Kg/Cm2	0.3 Kg/Cm2

Tabla 1 Módulo de elasticidad de los materiales empleados en la propuesta

Fuente: Autor

Luego se esto se halló el eje neutro del elemento con la ecuación $\bar{y} = \sum \bar{y}A / \sum A$,

donde:

\bar{y} : Coordenada del centroide.

Σ : Sumatoria.

A: Área de la sección.

9.1.1. Prototipo 1:

$$\bar{y} = (20 \cdot 90 \cdot 45) + (300 \cdot 30 \cdot 105) + (150 \cdot 50 \cdot 145) / (22 \cdot 90) + (300 \cdot 30) + (150 \cdot 50)$$

$$\bar{y} = 17,5 \text{ mm}$$

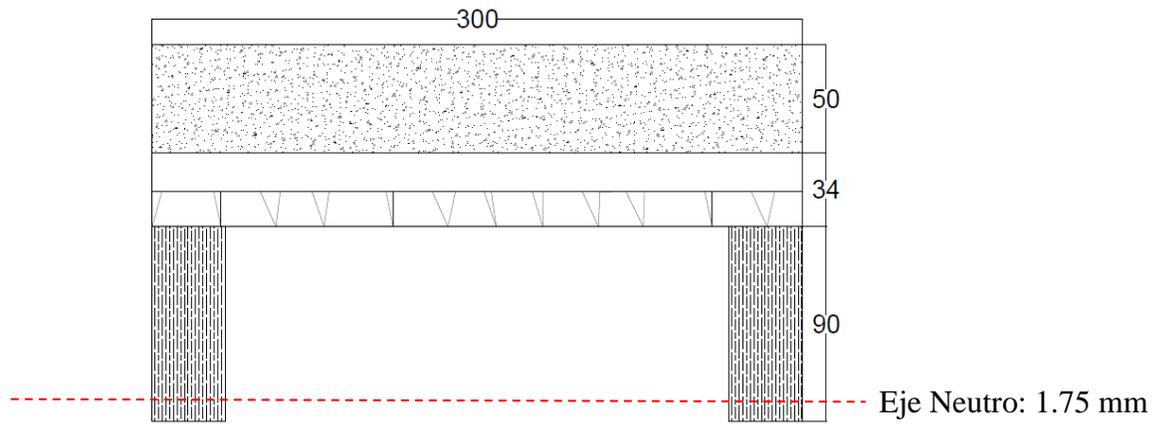


Figura 26 Eje neutro prototipo 1

Fuente: Autor

9.1.2. Prototipo 2:

$$\bar{y} = (24 \cdot 178 \cdot 29) + (600 \cdot 30 \cdot 193) + (200 \cdot 50 \cdot 233) / (24 \cdot 178) + (600 \cdot 30) + (200 \cdot 50)$$

$$\bar{y} = 3,88 \text{ mm}$$

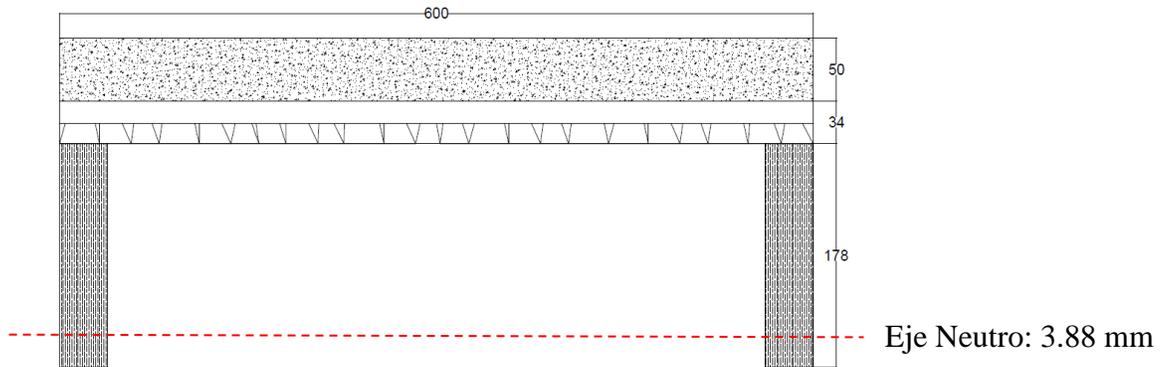


Figura 27 Eje neutro prototipo 1

Fuente: Autor

9.2. Esfuerzo último

Para calcular el esfuerzo último de cada prototipo se realizaron los siguientes pasos:

- Encontrar las distancias entre el centroide de cada material y el eje neutro.

- Hallar la inercia de cada prototipo.

- Encontrar el esfuerzo último con la ecuación $\sigma = \frac{My}{I}$

9.2.1 Prototipo 1

El primer paso que se realizó consistió en obtener la sección transformada del prototipo, a partir del N (Factor) que se halló con anterioridad; El cual nos dice que si $N < 1$ se producirá un estrechamiento de la sección y si $N > 1$ se producirá un estiramiento en la sección.

En el caso, de prototipo N°1 fue el siguiente:

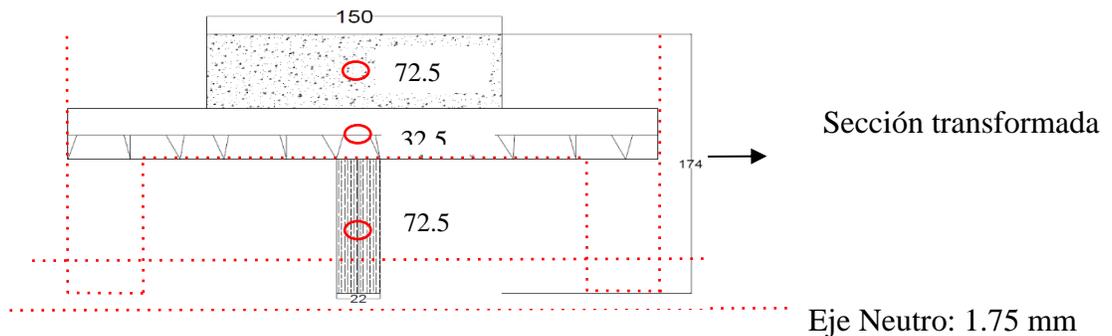


Figura 28 Sección transformada prototipo 1

Fuente: Autor

Luego de tener la sección transformada se procedió a hallar la distancia a partir del centroide hasta el eje neutro de cada elemento que configura la sección. El centroide de la madera está a -72.5 mm del eje neutro, el del tablero de esterilla de guadua de dos capas se encuentra a 32.5 mm y por último el de la torta de concreto se encuentra a 72.5 mm. Teniendo esto, para el segundo paso se procedió a calcular la inercia del elemento con la siguiente ecuación:

$$I = (22.90)^3/12 + (22.90) [27.5]^2 + (300.30^3) / 12 + (300.30). (32.5)^2 + (150. 50^3) / 12 + (30. 50). (72.5)^2$$

$$I = 7,663152578 \times 10^{10} \text{ M}^4$$

Por último, para el tercer paso se calcula el esfuerzo último empleando la ecuación

$$\delta Inf. = \frac{P}{48I} \cdot L^3. \text{ Para la realización de este ejercicio el momento es de } 100 \text{ Nm.}$$

$$\delta Inf. = -\frac{100Nm(-0,0175)}{7.6631 \times 10^{10} \text{ M}^4} \cdot 0,3 = -685 \text{ Mpa}$$

9.2.2. Prototipo 2

La sección transformada del segundo elemento con sus respectivas distancias entre los diferentes centroides de cada capa del prototipo y el eje neutro son las encontradas en la siguiente ilustración:

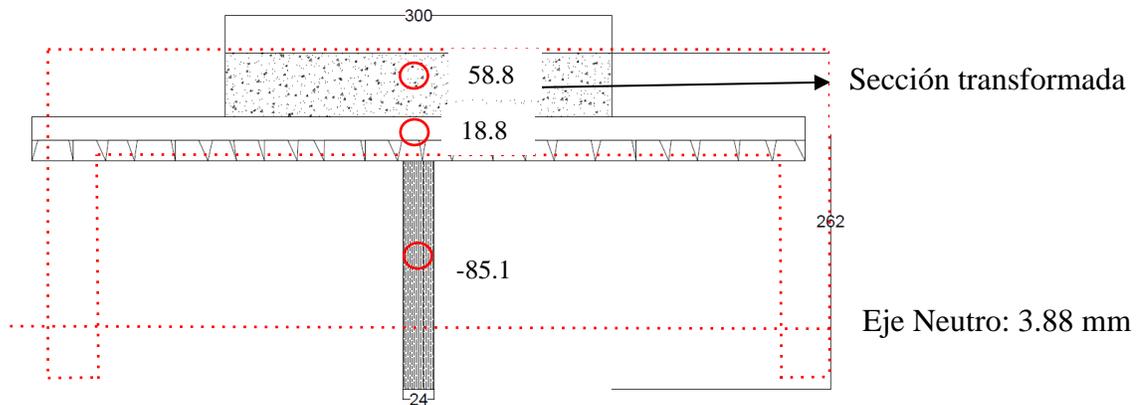


Figura 29 Sección transformada prototipo2

Fuente: Autor

Para el segundo paso, el cálculo de la inercia de este prototipo fue el siguiente:

$$I = (24.173^3)/12 + (24.178) \cdot [85.1]^2 + (600.30^3)/12 + (600.30) \cdot (18.8)^2 + (200.50^3)/12 + (200.50) \cdot (58.8)^2$$

$$I = 86.587.024.05 \text{ M}^4$$

El tercer paso da el resultado del esfuerzo último inferior del prototipo, donde $E =$

$$\frac{P}{\delta.48I} \times L^3, \text{ Para este prototipo el momento aumentó, ya que las dimensiones de este}$$

elemento son mayores; entonces $M = 150 \text{ Nm}$.

$$\delta \text{ Inf.} = -\frac{150 \text{ Nm}(-0.08761)}{86.587} \cdot 0,3 = -4,553 \times 10^{-05} \text{ MPa}$$

10. Discusión y análisis

10.1. Módulo de elasticidad de la propuesta

Los resultados obtenidos de los ensayos a flexión de la esterilla contralaminada de tres capas fueron los siguientes: Se graficó la carga Vs la Deformación de cada elemento tomando 5 mediciones, para graficar la pendiente de la recta de los ensayos y así evidenciar la relación entre carga y deformación del material.

Para hallar el módulo de elasticidad se obtuvo el promedio de las cargas y la deformación del

elemento con la ecuación: $E = \frac{P}{\delta.48I} \times L^3$

Dónde: E: módulo de elasticidad.

P: Carga sometida.

δ : Deformación del elemento.

I: Inercia de la sección

Ecuación 5 Módulo de elasticidad

Fuente: ASTM-143

Arrojando como resultado que el módulo de elasticidad del tablero en esterilla de guadua de tres capas tiene una elasticidad de:

$$E = 320,4666.21 \text{ Kg/Cm}^2$$

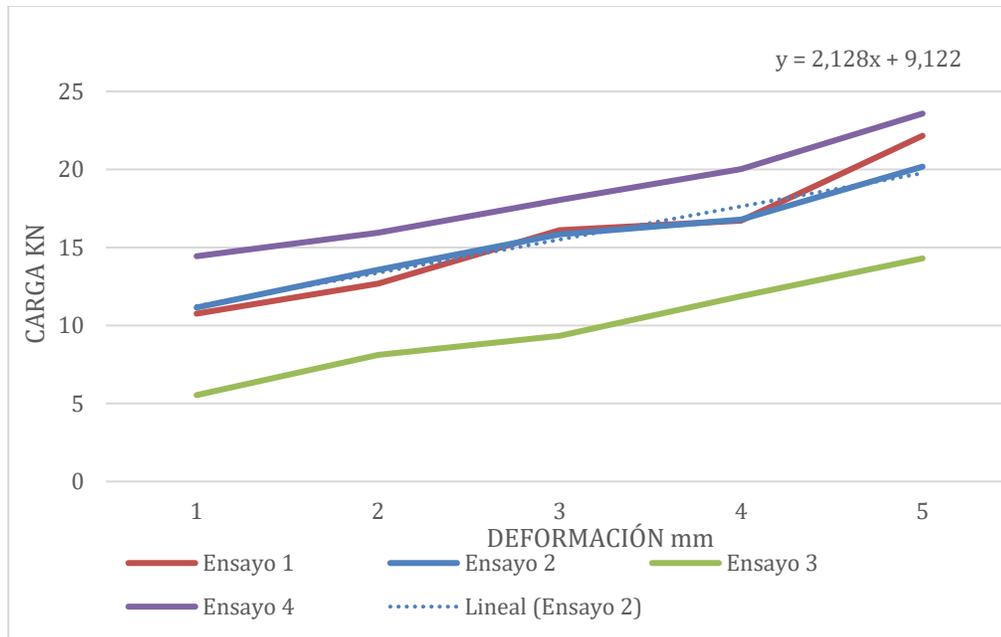


Tabla 2 Resultado de ensayos a flexión

Fuente: Autor

10.2. Propuesta para el mejoramiento del entrepiso

Para la propuesta se analizaron tres criterios

- Deformación versus carga, con base en la norma sismoresistente Título G.
- Cortante en el plano neutro.
- Esfuerzo último de carga en el sistema.

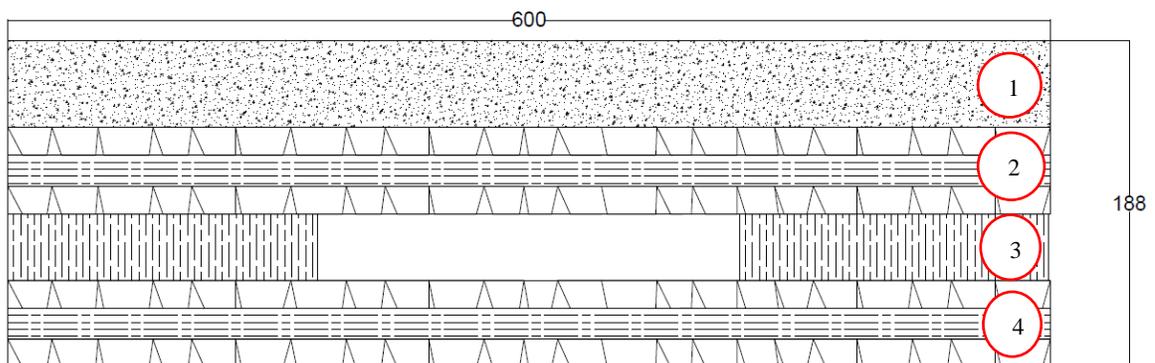


Figura 30 Propuesta de prototipo en esterilla de guadua contralaminada de 3 capas

Fuente: Autor

Donde 1: Torta de concreto 300 PSI 50 mm.

2: Tablero de 3 capas en esterilla de guadua 50 mm.

3: Vigas en madera de pino 38 x 178 mm.

4: Tablero de 3 capas en esterilla de guadua 50 mm.

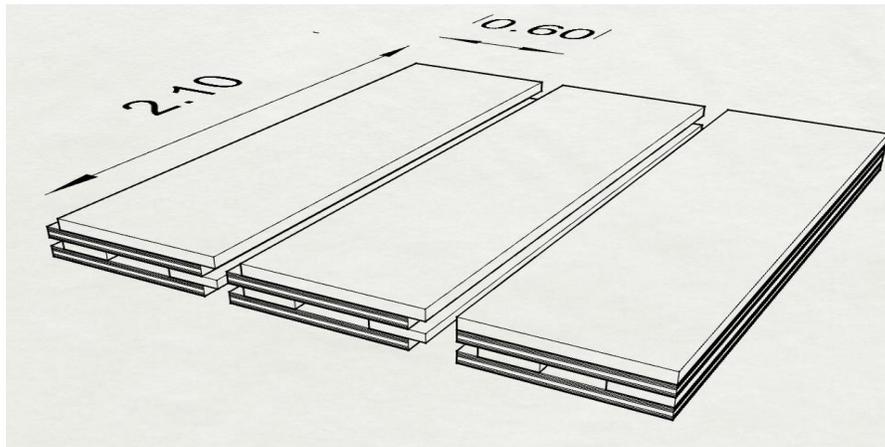


Figura 31 Prototipo viga cajón

Fuente: Autor

10.3. Cortante en el plano neutro

Para el cortante del plano neutro de la propuesta primero se halló el módulo de elasticidad de cada elemento.

	Módulo de elasticidad 1er Material	Módulo de elasticidad 2do Material	N (Factor)
1	340,000 kg/Cm ²	320.466 kg/Cm ²	1,1
2	320. 466 kg/Cm ²	320.466 kg/Cm ²	1

3	210.000 kg/Cm2	320.466 kg/Cm2	0.6
4	320. 466 kg/Cm2	320.466 kg/Cm2	1

Tabla 3 Modulo de elasticidad prototipo

Fuente: Autor

Luego se esto se halló el eje neutro del elemento con la ecuación $\bar{y} = \frac{\sum \bar{y}A}{\sum A}$,

Donde:

\bar{y} : Coordenada del centroide.

Σ : Sumatoria.

A: Área de la sección.

Arrojando como resultado \bar{y} :6,35 mm

10.4. Sección transversal

La sección transversal del elemento es perpendicular al eje neutro que se encuentra a 6,35 mm de la base inferior del entrepiso.

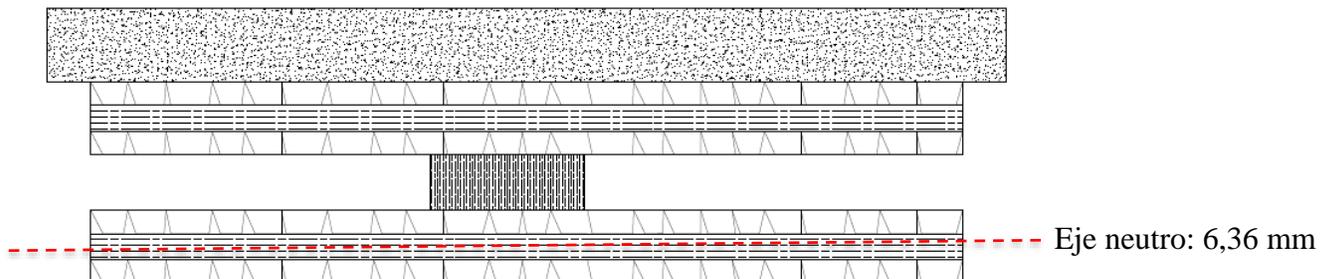


Figura 32 Sección transformada viga cajón

Fuente: Autor

El elemento tiene una inercia $I = 3,776 \times 10^{15}$ y un esfuerzo último de $\delta Inf. = -4,93 \times 10^{14}$

11. Mejoras al sistema

Del análisis de las propuestas realizadas por Barreto, W. (2017) y Méndez y Riaño (2017) se concluye que para el sistema de entrepiso en esterilla de guadua y concreto sea normativamente eficiente, es necesario implementar las siguientes mejoras:

- El material empleado del contralaminado debe ser de la Empresa EcoTableros ya que esta empresa utiliza el adhesivo Fenol formaldehído, lo que ayuda a que el cortante en el plano neutro no se efectuó sea causado por adhesivo.
- Se recomienda utilizar una madera Tipo A; En este caso se empleó la especie Zapan, la cual tiene 210.000 Kg/Cm².
- En otra instancia, la deformación de las propuestas realizadas por Barreto (2017). Méndez y Riaño (2017) no son adecuadas puesto el eje neutro se encuentra ubicado en la madera tipo B y para que sea correcto, debe efectuarse por el tablero de guadua.

12. Proceso Constructivo

12.1. Componentes del sistema

12.1.2. Ecotableros

Sirve como formaleta en la etapa constructiva, cumple la función de aligerante de la placa y puede sustituir la superficie inferior.



Figura 33 Tablero de esterilla contralaminada de 3 capas

Fuente: Autor

Características de Tablero en esterilla contralaminada EcoTableros

Dimensiones	Largo 2.00 m – Ancho 60 cm – Alto 5 cm
Color	Sapelly Liso
Peso por unidad	35 Kg
Densidad	0,7 g/ Cm ³
MOE	31,427 MPa

12.1.3. Viguetas de madera

Estas viguetas van ubicadas cada 0.32 m al final de cada tablero de esterilla de guadua.

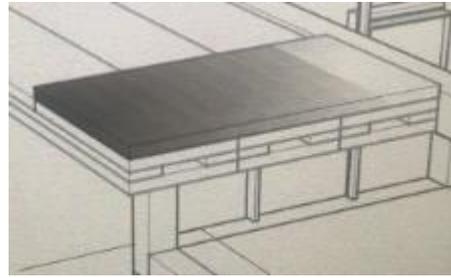
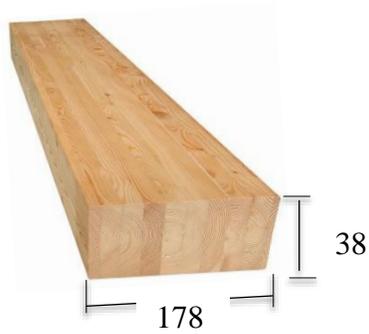


Figura 34 Vigas de madera tipo A

Fuente: Autor

12.1.4. Concreto

El concreto se diseñó para una resistencia de 3000 PSI con una proporción de agua, 1.8 de cemento, 3.6 de arena y 6.4 de gravilla de $\frac{1}{2}$ canto rodado en peso; este concreto lleva un refuerzo con una malla electrosoldada con un retículo de 15x15 cm y grafil de 4 mm. Esta placa cuenta con 5 cm de espesor.



Figura 35 Proceso constructivo prototipo

Fuente: Autor

12.2. Proceso constructivo de la propuesta de entrepiso

12.2.1. Mampostería reforzada o confinada

Para dar inicio a la instalación del prefabricado se debe verificar que la luz entre apoyos no sea mayor a 4 metros.

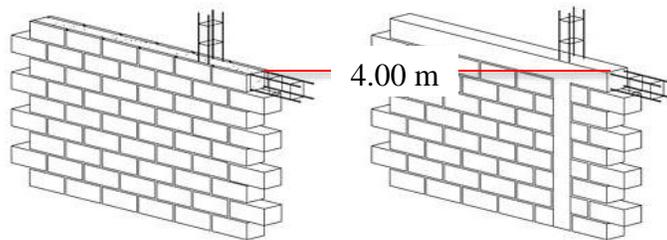


Figura 36 Muros en mampostería

Fuente: Autor

Luego de esto se deben ubicar los módulos de EcoTableros junto con el par de viguetas apoyándolos mínimo 1.5 cm y máximo 2.5 cm

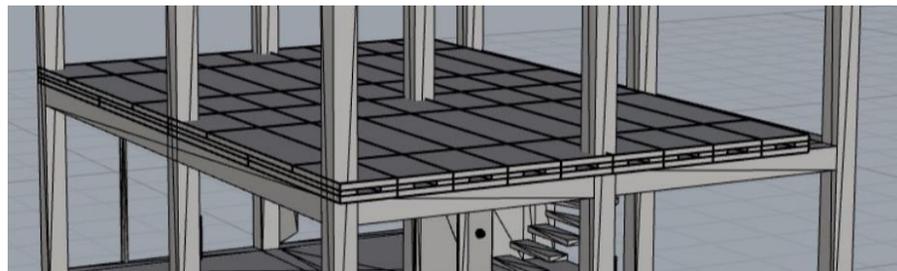


Figura 37 Modulación viga cajón

Fuente: Autor

Con los módulos instalados, se deberá apuntalar si la luz de la vivienda es mayor a 2.50 m. Este apuntalamiento será temporal durante la etapa constructiva, el cual se podrá retirar (1) día después de la fundida de la placa. Se recomienda prever una contraflecha antes de fundir el concreto.

Por último, se deberá instalar los conectores rothoblaas a 45° cada 35 cm, dejando 2 cm a la vista, el siguiente paso consiste en aislar la torta del prefabricado con plástico, ubicar la malla electrosoldada la cual tiene una cuadrícula de 15 x 15 cm y grafil de 4 mm. Se recomienda dejar las instalaciones eléctricas que van entre la placa antes de ubicar la malla. Luego de esto se puede fundir el concreto de 3000 PSI en un espesor de 6 cm, evitando la acumulación del concreto.



Figura 38 Mezcla de concreto

Fuente: Autor

13. Conclusiones

Las propuestas de prefabricados mostraron fallas por cortante en el adhesivo de poliuretano de la esterilla contralaminada, una deformación elástica tolerable y una falla típica por tensión en la madera. según las pruebas de carga de otros autores.

Se encontró un módulo de elasticidad de 325676.96 Kg/cm² mayor al 184232,2 kg/cm² encontrado por otros autores en esterilla contralaminada de dos capas.

La sección propuesta para los prototipos de las pruebas de cargas tiene el plano de corte a 3.88 mm Barreto, W (2018) y 1,87 mm Méndez & Riaño (2017) de la fibra más alejada del mismo, según el modelo de pre-dimensionamiento.

Se propone una sección tipo viga cajón con esterilla contralaminada de tres capas y adhesivo de Fenol formaldehído para reducir la deformación, el corte en el plano neutro y aumentar la tensión última.

10.Referencias

- Barreto, S. (2013). *Estudio de propiedades físico mecánicas (corte y flexión) de la especie de madera tropical teca (tectona grandis) en el sistema de laminado pegado estructural*. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia.
- Barreto, W. (2017). *Entrepiso en esterilla contralaminada de guadua y concreto para vivienda económica en Colombia*. Bogota D.C.: Universidad la Gran Colombia.
- Bastidas, L. &. (2014). *Vivienda con técnicas mixtas con bambú, en empresas de construcción*.
- Bathon, T. &. (2012). *Estados Unidos Patente nº 8245470 B2*.
- Cartilla Rothoblaas. (s.f.).
- Celey, H. G. (2012). *Caracterización de la guadua Angustifolia Kunth cultivada en miraflores (Boyaca) de acuerdo con la NSR-10*. Tunja, Boyacá: Universidad pedagógica y tecnológica de colombia.
- Fernández L. & Rodríguez C. (2017) *COMPARACIÓN DE ENTREPISOS SISTEMA PLACA FACIL Y PLACA ESTERILLA DE GUADUA-CONCRETO FRENTE AL RUIDO POR IMPACTO*. Trabajo de grado Tecnología de construcciones arquitectónicas Universidad La Gran Colombia
- Flores, C. (2011). *Placas de entrepiso con Guadua Angualia rolliza como material de refuerzo estructural*. Bogotá D.C.
- Florez, C. F. (2011). *ResearchGate*. Obtenido de Approach to the Load Resistance in Two Kinds of Bamboo Reinforced Concrete Slab: Doi: 10.428
- Hidalgo, O. (2003). *Bamboo the gift of the Gods*. Minnesota: Oscar Hidalgo.
- Hidalgo, O. (s.f.). *Manual de construcción con Bambú Guadua*. En *Manual de construcción con Bambú Guadua* (pág. 8).

Medina, S. &. (2017). *Caracterización de las propiedades mecánicas de esfuerzo último a compresión, flexión y módulo de elasticidad para laminados de guadua, producidos en Colombia por la empresa Muiskay*. Bogotá D.C.: Universidad la Gran Colombia .

Takeuchi, C. (2001). Alternativa del uso de la guadua rolliza y guadua laminada como material estructural para construcción de vivienda. *Tecnologías Vernáculas*. Bogotá D.C.

Takeuchi, C. (2014). *Caracterización mecánica del bambú laminado para uso estructural* . Bogotá D.C.: Universidad la Gran Colombia.

Villegas, M. (2016). Tableros de esterilla de Guadua . *IV Simposio internacional del Bambú y la guadua* . Bogotá D.C.

Xiao, Y. (2014). *Glue Laminated Bamboo (GluebAM) for Structural Applications* .

