

## **ANÁLISIS DE LAS CONEXIONES ESTRUCTURALES DE UNA VIVIENDA DE CARÁCTER SOCIAL PREDISEÑADA CON CAÑA GUADÚA**

### CONEXIONES ESTRUCTURALES DE UNA VIVIENDA CON CAÑA GUADÚA

AUTORES: Juan Ramón Cedeño Candela<sup>1</sup>

Nemar Torres Reye<sup>2</sup>

Marcos Gallo Zambrano<sup>3</sup>

DIRECCIÓN PARA CORRESPONDENCIA: [jcandela\\_24@hotmail.com](mailto:jcandela_24@hotmail.com)

Fecha de recepción: 01 - 10 - 2020

Fecha de aceptación: 02 - 11 - 2020

#### RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo determinar la curva carga-deformación del pre diseño de las conexiones estructurales, mediante la carga aplicada, bajo las diferentes propuestas: uniones clavadas, empernadas y zunchadas con pernos. Previo a los ensayos y su ejecución fue necesario plantear una investigación acerca del bambú para poder así comprender sus bondades y características geométricas que posee la caña guadua, además se realizaron pruebas de ensayos a compresión mediante muestras secas y húmedas determinando la resistencia a la rotura de la guadua. Una vez que las conexiones estructurales fueron sometidas a la carga aplicada mediante la observación se fue recopilando los datos de carga- deformación que sirvió para realizar la curva del mismo bajo las diferentes propuestas planteadas, posterior a esto se analizaron los respectivos modos de fallas que concurriera en cada elemento estructural.

**PALABRAS CLAVE:** Caña guadua; zunchada; características geométricas; resistencia a rotura.

#### **ANALYSIS OF THE STRUCTURAL CONNECTIONS OF A HOUSING OF A SOCIAL CHARACTER PRE-DESIGNED WITH GUADUA CANE**

---

<sup>1</sup> Arquitecto. Profesor Investigador titular con titulación de Arquitectura, facultad de arquitectura, con Maestría en Gestión Ambiental. Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí”. Miembro del equipo de vinculación con la sociedad. Miembro del equipo de prácticas y pasantías pre-profesionales.

<sup>2</sup> Arquitecta 1997, con Maestría en Arquitectura, Mención Diseño Urbano, 2006. Docente por Contrato en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Trabajó en los Municipios de Montecristi y Jaramijó en los Departamentos de Planeamiento Urbano. También laboró en la Secretaría de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) en Planificación y Ordenamiento Territorial en la Zona 4.

<sup>3</sup> Catedrático de la facultad de arquitectura de ULEAM. Magister en diseño urbano 2004 y en gestión ambiental 2013. Trabajos realizados como contratista en el sector privado y público. Estudiante de posgrado en doctorado Universidad Nacional de Rosario. Argentina

## ABSTRACT

The objective of this paper is to determine the load-deformation curve of the pre-design of structural connections, by means of the applied load, under the different proposals: nailed, bolted and strapped joints with bolts. Prior to the tests and their execution, it was necessary to carry out an investigation about bamboo in order to understand its benefits and geometric characteristics that guadua cane has, in addition, compression tests were carried out using dry and wet samples, determining the resistance to breakage of guadua. Once the structural connections were subjected to the applied load by means of observation, the load-deformation data was compiled that served to make the curve of the same under the different proposed proposals, after this the respective failure modes that concurred were analyzed in each structural element.

**KEYWORDS:** Guadua cane; hooded; geometric characteristics; resistance to breakage.

## INTRODUCCIÓN

La caña guadua remonta sus orígenes en América perteneciendo a la familia de los bambúes, se la conoce también como “caña brava”, “caña macho” o simplemente caña. En países latinoamericanos como Colombia, Venezuela y Ecuador podemos encontrar “Guadua Angustifolia Kunth” comúnmente conocida por su nombre científico.

Según estudios realizados por CORPEI, el Ecuador cuenta con 5000 hectáreas de plantaciones de caña guadua, por su alta resistencia y su fortaleza presenta una gran ventaja frente a los bambúes existente en otras regiones. Las características de este material tiene gran importancia en su comportamiento físico mecánico para su estudio, una de sus grandes ventajas es de ser un recurso renovable de gran crecimiento y fácil manejo, aporta beneficios en su crecimiento ecológicos.

Cabe recalcar que las propiedades mecánicas pueden variar en condiciones notorias y dependen de las características propias del material. La caña guadua en si posee una alta resistencia a la tracción dejando al cortante ser demasiado flexible, valores relativamente pequeños haciendo que la compresión paralela en columnas presenta fuerzas radicales que podrían separar las fibras del material.

A diferencia de otros países Ecuador puede diferenciar dos clases de cultivo de la caña guadua, la primera contiene espinas y generalmente se la conoce como “Caña Brava” y la otra es sin espinas o “Caña Mansa” la una es de un color verde muy intenso con tallos gruesos y resistente, tiene buena acogida en el mercado y la segunda es de un color un tanto amarillento, las paredes del tallo son delgadas y aunque esté madura es de menos consistencia.

En general, el artículo consiste en estudiar el uso de la caña guadua en las conexiones estructurales de una vivienda de carácter social, más específicamente analizar las uniones sometidas a una carga vertical.

Las diferentes uniones estructurales se las realizan con el propósito de dar continuidad entre elementos estructurales. Es importante mencionar que no se han realizado muchos estudios sobre las uniones estructurales de este material, a diferencia del realizado con el hormigón y el acero.

Las uniones clavadas son de gran importancia porque al momento en que se realiza el esfuerzo físico en la caña, no se daña el material proporcionando desgarre de las fibras, por lo general se realizan en cañas delgadas o de diámetros pequeños lo cual siempre se le realiza muy cerca del nodo estructural.

Las uniones empernadas se realizan generalmente cuando las uniones son relativamente grandes, pueden tener muchas dimensiones atendiendo al proyecto que se requiera ejecutar, y las uniones zunchadas son uniones que no dependen del zuncho para la transmisión de la carga, además no requiere de pernos ni de algún tipo de anclaje en algunos casos.

La finalidad del proyecto de investigación es dar a conocer la importancia de la caña guadua en el Ecuador, en especial, su utilización en el proceso de construcción de viviendas, para valorar de las diferentes formas de establecer las conexiones estructurales cuál de ellas (clavadas, empernadas y zunchadas) es la solución óptima en la vivienda prediseñada con caña guadua.

## DESARROLLO

El bambú, o caña guadua, crece en muchas partes del mundo, aunque es menos encontrado en el continente Europeo y la Antártida, el mismo se adapta a climas tropicales y en ocasiones se puede encontrar en climas templados y de bajas temperaturas, pertenece a la subfamilia de las plantas Bambuseae. (Sinplástico, 2014)

La caña guadua se encuentra distribuida en zonas tropicales de Sudamérica, extendiéndose desde Colombia y las Guayanas por el Norte, hasta Ecuador y Perú por el Sur. Países en América Latina donde se puede encontrar especies de Bambúes son: Brasil, Venezuela, Bolivia, Perú, Colombia, Ecuador entre otros. En actualidad se conocen alrededor de 1600 especies de bambúes, algunas de estas llegando a encontrarse en lugares de hasta 4000 metros de altitud.

En Ecuador la caña guadua crece de forma natural, existen más de 2500 plantaciones de bambúes en todo el país distribuidas por las diferentes provincias, representa un aporte importante para el sector comercial, pues es vendido como materia prima.

El bambú es uno de los materiales más utilizados a nivel mundial, especialmente en Europa, aún sin poseer plantaciones propias, pero obtienen

este material realizando importaciones de países en donde el material se encuentra abundancia.

Se puede decir que la guadua es un material amigable y respetuoso capaz de convivir en armonía con el ambiente, llegándose a igualar con la madera; es un material renovable, estudios recientes han determinado que el bambú mejora los suelo debido a la firmeza y esto es gracias a sus extendidas raíces, permitiendo un desarrollo sustentable donde se encuentran estas plantaciones, también las hojas absorben dióxido de carbono y aportan materia orgánica al suelo favoreciendo a la fauna y flora.

El uso de la caña guadua es muy variado, se utiliza por artesanos en la construcción de muebles y enseres del hogar, en construcciones de materiales pequeños como tableros, tarrinas, chapas entre otros; esto se puede observar mejor en países asiáticos, aunque en estos últimos años países como Ecuador y Colombia también le han dado gran relevancia.

García (2015) aborda la importancia que tiene en el sector de la construcción, al ser utilizada como material estructural debido, entre otros factores, a las altas condiciones que soportan y las diferentes características que poseen que lo convierten en un material de fácil manejo y manipulación. En varias partes del mundo se pueden encontrar imponentes obras de construcción hechas con caña guadua, Espinel y Contreras (2014) se refiere a la cubierta del terminal T4 del Aeropuerto Madrid, España; un centro comercial en Girardot, Colombia; el Museo Nómade de la ciudad de México; entre otros ejemplos.

Por ser liviana, flexible, resistente, por su forma cilíndrica y hueca, la caña guadua es un material que, al ser usado con un buen diseño estructural, contribuye a un buen comportamiento durante los sismos. Aunque se debe destacar, que para el uso del mismo, hay elementos que se deben considerar en ellos, tales como grietas, elementos curvados y daños producidos por agentes exteriores.

Las propiedades geométricas de la guadua son características importantes en su estructura, ya que la longitud del entrenudo, el diámetro y la pared de la caña a lo largo de la longitud del tallo, pueden tener una estrecha relación con su comportamiento estructural. Una característica de la caña guadua es la longitud del tallo en función del número de entrenudos, es decir, la distribución de las longitudes de los entrenudos a lo largo de la planta. En la base de la caña hay entrenudos de menor longitud, y hay un número mayor de entrenudos, a medida que se va subiendo en la altura de la caña hacia la mitad, la longitud de entrenudo aumenta y el número de entrenudo decrece, y a medida que se llega a la mayor altura de la caña, las longitudes del entrenudos son muchos más largas y el número de entrenudos decrece en relación a las partes más bajas.

Para probar que la diferencia estructural cilíndrica de la caña guadua es muy buena se debe hacer evaluaciones estadísticas de las diferentes dimensiones geométricas de la guadua como son: espesor, diámetros internos y externos y

las longitudes de entrenudos. El objetivo sería encontrar una relación entre el diámetro de la caña con la longitud del entrenudo, o una relación matemática entre el diámetro y la longitud del entrenudo, así como una longitud promedio de los entrenudos de la caña guadua; es decir, evaluar las relaciones que podría haber entre estas propiedades geométricas de la caña guadua, y evaluar la influencia que tiene todos los elementos geométricos de la estructura de la guadua en su capacidad estructural.

Debido a las propiedades físicas-mecánicas que posee la caña guadua es importante conocer sus características debido a que es utilizado como material de construcción. Se han realizado estudios con respecto a la guadua por el IMBAR STANDARD FOR DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BAMBO, realizando estudios desde 1999 sacando resultados confiables.

Es importante tener en cuenta que las propiedades físicas-mecánicas dependen estrictamente de la zona de estudio, Castro (2014) destaca lo siguiente:

- De forma longitudinal las fibras son más resistente haciendo pequeña la resistencia a tracción.
- Como la caña guadua es un material cerrado permite tener estabilidad en la flexión no ocasionando problemas.
- La caña guadua es un material liviano haciendo sus estructuras flexibles donde existe fuerzas axiales.
- Se debe tener en cuenta que la caña guadua no es un material homogéneo, por lo que su uso depende de las condiciones y características físico-mecánicas que estas posean.

Estas características se deben considerar en el proceso de construcción de las viviendas de carácter social. Una vivienda es un espacio cerrado y con techo donde los seres humanos habitan, y social es todo aquello vinculado a la sociedad (Merino y Porto, 2015) definición de una vivienda de interés social o vivienda de protección oficial como actualmente se la denomina.

Según Herrera (2014) una vivienda de carácter social puede tener dimensiones desde los 36  $m^2$  en adelante, el objetivo principal de una vivienda de interés social es cumplir con espacios mínimos suficientes para albergar la calidad de vida y dignidad del núcleo familiar. Existen inmuebles en catones como Portoviejo, Chone y el suroeste de Manta, jipijapa y otras zonas de la campiña manabita donde se encuentran más de 500 viviendas que sus propietarios han optado por preservarlas. En la actualidad muchas de estas casas son consideradas patrimonios del país.

A raíz del terremoto en Ecuador en abril del 2016, se valoraron alternativas para el proceso de construcción de estructuras más resistentes a estos fenómenos, entre las propuestas valoradas se destaca la charla magistral del rector de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Arq. Miguel Camino, PhD;

sobre la reconstrucción con caña guadua y sus regulaciones para un habitat seguro.

La caña guadua permite maniobrarla de diferentes formas: clavarla, atornillarla entre otros. Al considerar la caña guadua como material de construcción es importante realizarle muchos estudios de uniones, haciéndolo de forma similar con los materiales comúnmente usados.

La ISO TC165 N-313 señala que las uniones sirven para dar continuidad entre elementos estructurales, de lo cual se debe de mantener en rangos adecuados para la construcción. Es importante recalcar los estudios de García (2017), Molina (2015), Fraume (2017) y Jiménez (2018), sobre las conexiones estructurales con guadua. Existen muchas forma de realizar conexiones estructurales con caña guadua esto es gracias a las propiedades físicas-mecánicas que posee el material, a su fácil forma de manejo, maleabilidad pero sobre todo es imaginación del especialista constructor el cual busca la forma sencilla y económica de lograr una buena conexión estructural. El autor antes mencionado resume los diferentes tipos de uniones que se pueden desarrollar con la caña guadua, ver tabla 1, entre las más conocidas se encuentran las clavadas, empernadas y zunchadas.

La unión amarra es una de la forma tradicional y de las más antiguas, esta unión es limitada puesto a que no tolera grandes cargas y son estructuras temporales; mientras que las uniones clavadas deben usarse exclusivamente para un ajuste temporal y no debe tenerse en consideración las conexiones estructurales entre los elementos. Las uniones empernadas son conexiones que pueden conectar varios elementos con caña guadua, estos pernos son metálicos, la forma de perforación se lo debe realizar con taladros de alta velocidad para introducir el perno y poder evitar un impacto fuerte. (NSR-10, 2015)

Similar a la anterior están las uniones zunchadas, tiene características similares a las uniones empernadas ya que se unen con tornillos, pero en este caso se coloca una abrazadera que puede ser metálica, plástico, fibras vegetales, cuero, entre otros que permitan acoplar el tallo. Esto aporta mayor rigidez al conglomerado. A continuación se describe el experimento realizado, para conocer los datos de la curva carga-deformación encontrada en las diferentes propuestas planteadas, y analizar los respectivos modos de fallas que pudieran suceder en cada elemento estructural.

Tabla 1: Diferentes tipos de uniones con caña guadua.

<b>Tipos de Uniones</b>	<b>Subtipo de Uniones</b>
<b>UNIONES AMARRADAS</b>	Amarre Cuadrado
	Amarre en aspa
<b>UNIÓN CLAVADAS</b>	-----
<b>UNIONES EMPERNADAS</b>	Tornillos Axiales
	Tornillos Transversales
<b>UNION ZUNCHADAS</b>	-----
<b>ENTALLADURAS</b>	Con Oreja
	Con 2 Oreja
	Pico de Flauta
	Boca de Pescado
<b>Unión entre elementos horizontales y verticales</b>	Amarre de Clavija
	Boca de pescado con clavija
	Anclaje de madera
	Anclaje metálico
	Unión con cruz con pasador
	Unión con cruz pasador y clavija
<b>Unión de pieza Horizontales</b>	Unión de esquina
	Doble de cuña de madera
	Pasadores y ajustadores de amarre

**Fuente:** García (2017)

A continuación se describe el experimento realizado, para conocer los datos de la curva carga-deformación encontrada en las diferentes propuestas planteadas, y analizar los respectivos modos de fallas que pudieran suceder en cada elemento estructural. El proceso y análisis de acuerdo a las diferentes muestras, fue realizado entre los meses de junio y octubre del 2018, en el laboratorio de Ensayo de Materiales “Bolívar Ortiz L” ubicado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Para realizar el estudio y análisis se utilizaron los nudos estructurales propuestos en el pre-diseño con caña guadua que se muestran en la figura 1. Los modelos a ensamblar para su posterior ensayo y poder así obtener las curvas carga de deformación se encuentran encerrados en círculo, es importante recalcar que en la figura no se ensamblará el nudo 5 de la derecha puesto que se considera que tiene similares características que el primer nudo.

Se emplearon tres de los sistemas de conexiones estructurales para ser estudiados:

- Conexiones Clavadas
- Conexiones Empernadas
- Conexiones Zunchadas con Pernos

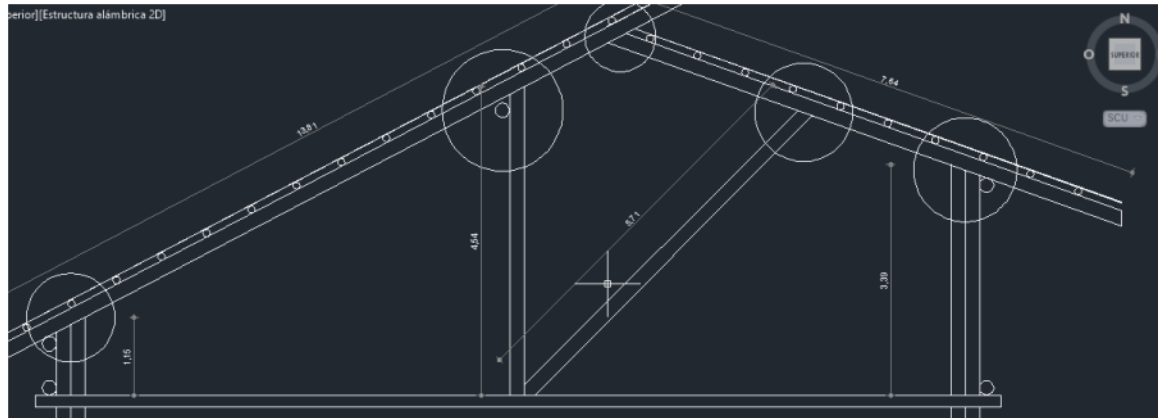


Figura 1: Nudos estructurales para la aplicación de la carga vertical.

Las conexiones estructurales (clavadas, emperradas y zunchadas) fueron sometidas a un proceso de carga vertical aplicada en toda la unión en la parte superior, con el fin de observar los resistencia de la caña guadua así como los cambios que se van presentando en las conexiones bajo las diferentes propuestas, de cada uno de los cuales se determinan los gráficos carga-deformación siguientes.

Figura 2: Ensayo de las Conexiones Clavadas, Emperradas y Zunchadas

Elaboración propia

CCME1 (Conexión Clavada Modelo de Ensayo 1)

CEME1 (Conexión Emperrada Modelo de Ensayo 1)

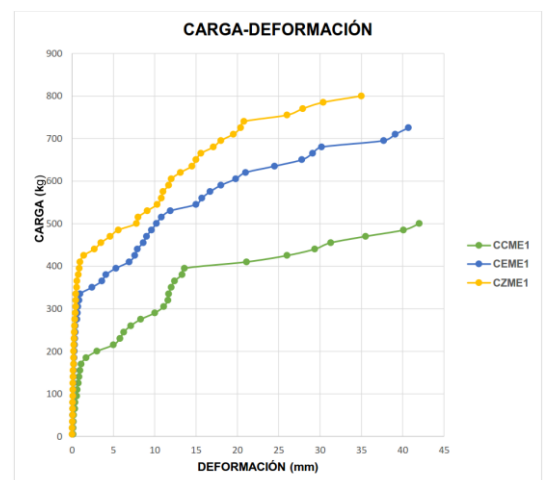
CZME1 (Conexión Zunchada Modelo de Ensayo 1)

Modos de falla de CCME1, CEME1 y CZME1.

- Se alcanzaron cargas máximas para la CCME1 (500 kg), CEME1 (725kg) y CZME1 (785kg). A pesar de aplicarle valores alto de carga no se produjo falla por aplastamiento considerable en las partes inferiores del primer modelo.

- La deformación registrada en CCME1 (42mm), produjo un deslizamiento en las fibras de la caña provocando pequeños daños a la conexión.

- Se observa una flexión mayor de los pernos en CEME1, dicho esto provocó que los pernos generaran fallas en paralelo a las fibras de la caña. En la tuerca y el cabezal de los pernos no se observaron visualmente fallas por





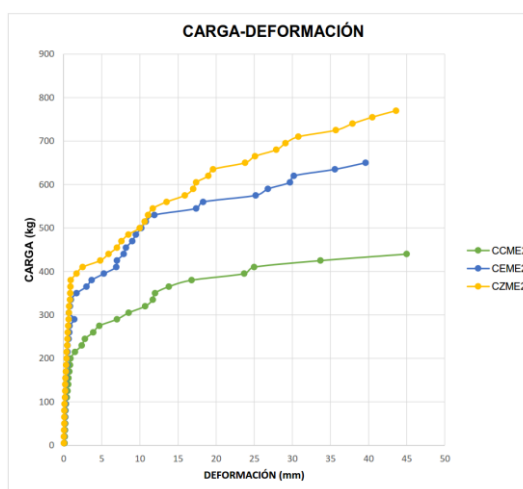
aplastamiento.

- Las deformaciones ocurridas en la CEME1 es (40,7 mm) y la CZME1 (35 mm) en ambos caso se presentó deslizamiento resultado de la acción de la carga que se aplicó, generando efecto de simples cizallamientos.

- En la zona donde se ubicó el perno se pudo observar fallas en las fibras de la caña guadua, esto se debe al deslizamiento que sufren los conectores debido a la concentración de los esfuerzos en el punto de aplicación.

- En las CCME1 no es tan notorio las rajaduras, debido a que los clavos no tienen mayor diámetro, pero si se observó dobleces en ellos, en cambio en la CEME1 se puede apreciar rajaduras producto al contacto con la cuña (acople) donde se aplicó la carga, en cambio CZME1 las rajaduras se presentaron cuando la carga llegó a 600kg debido a la lámina de aluminio que impedía rajar la fibra de la caña.

Figura 3: Ensayo de las Conexiones Clavadas, Empernadas y Zunchadas



CCME2 (Conexión Clavada Modelo de Ensayo 2)

CEME2 (Conexión Empernada Modelo de Ensayo 2)

CZME2 (Conexión Zunchada Modelo de Ensayo 2)

Elaboración propia

### Modos de fallas de CCME2, CEME2 y CZME2

- Como se observa, con respecto al primer modelo y debido a la configuración, su rigidez aumentó, lo cual se tuvo un mayor cuidado con el equipo puesto a que uno de sus diseños presentó cierta inestabilidad al someterle altas cargas.

- Se alcanzaron cargas máximas para CCME2 (440 kg), CEME2 (650 kg) y CZME2 (770 kg). Se produjo fallas de aplastamiento en el nudo estructural en CCME2 considerando que resulto inestable y se deformó considerable con respecto al modelo anterior.

- Se observaron fallas con similitud a las del modelo 1, referente a los pernos y deslizamiento en las conexiones CEME2 y CZME2 las fallas que ocurrieron son inferiores en 30% con respecto a los ensayos del modelo 1, mientras que el diseño que presentó inestabilidad en el desplazamiento fue superior en un 60% en la CCME2.

- Se presentaron rupturas en la zona de contacto, debido a que se llevó hasta su agotamiento. Pero es importante recalcar que ese resquebrajamiento en la fibra de la caña se produjo cuando las conexiones soportaban cargas considerables.

Figura 4: Ensayo de las Conexiones Clavadas, Empernadas y Zunchadas

CCME3 (Conexión Clavada Modelo de Ensayo 3)

CEME3 (Conexión Empernada Modelo de Ensayo 3)

CZME3 (Conexión Zunchada Modelo de Ensayo 3)

Elaboración propia

### Modos de fallas de CCME3, CEME3 y CZME3

- Se alcanzaron cargas máximas para CCME3 (545 kg), CEME3 (680 kg), CZME3 (740 kg) y deformaciones de (45,5; 40,1 y 62,7) mm respectivamente.
- Las fallas de los esfuerzos a compresión son similares a los encontrados en los ensayos previos, pero en este caso y debido a su configuración los valores de resistencia por clavaje fueron bajos, dando así posibilidades de desgarre en las fibras de la caña guadua.
- Las fallas presentadas son esencialmente por desgarre y aplastamiento de la caña guadua.
- Se observan fallas en donde se fijaron los orificios de la caña.
- Se produjo aplastamiento en el contorno de los agujeros por donde atravesaron los pernos tanto CEME3 y CZME3.
- Durante el proceso de ensayo se retiró la CEME3 debido a que se produjo una deformación excesiva, la misma que se veía reflejada en el comportamiento general del nudo estructural.

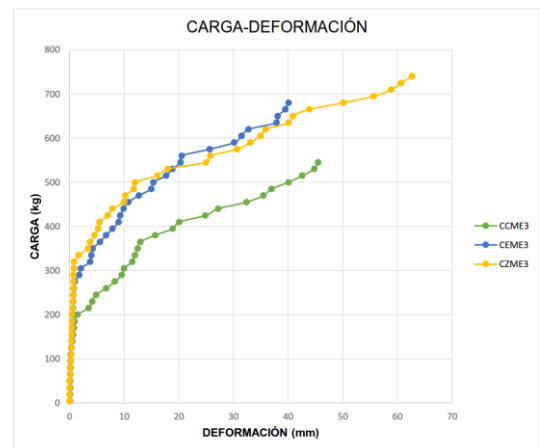


Figura 5: Ensayo de las Conexiones Clavadas, Empernadas y Zunchadas

CCME4 (Conexión Clavada Modelo de Ensayo 4)

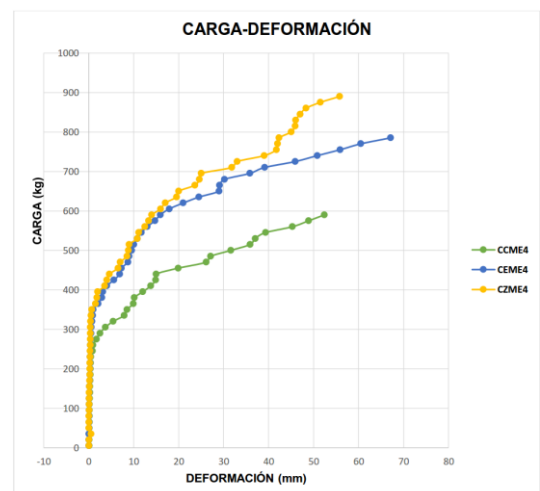
CEME4 (Conexión Empernada Modelo de Ensayo 4)

CZME4 (Conexión Zunchada Modelo de Ensayo 4)

Elaboración propia

### Modos de fallas de CCME4, CEME4 y CZME4

- Se alcanzaron cargas máximas para la



CCME4 (500 kg), CEME4 (725kg) y CZME4 (785kg) y deformaciones de (52,5; 67,1y 55,8) respectivamente.

- A pesar de aplicarle valores altos de carga no se produjo falla por aplastamiento considerable en las tres conexiones.
- En ninguno de los tres modelos anteriores ensayados resta aplicabilidad debido a los valores de carga máxima aplicada, para este modelo se tomó como referencia el manual de diseño JUNAC, según estudios realizados alcanzaban valores aproximado de 400 kg de carga en el punto máximo de su conexión para techos de madera y caña, del cual se puede observar que tanto en CCME4, CEME4 y CZME4 cumple con el valor de carga máxima.
- Para estos tipo de conexión los valores de resistencia por clivaje fueron altos con respecto a los 3 modelos anteriormente ensayados, dando posibilidades de soportar más carga con una mayor resistencia al desgarre en las fibras de la caña guadua.
- Como se muestra en el gráfico carga-deformación, no se notó mayor problema debido a las cargas que se aplicaron, ni mucho menos inestabilidad en el nudo estructural, se ensayó hasta el punto máximo en el cual nudo ya presentaba complicaciones para seguir soportado carga.

Es importante recalcar que la idea de los cuatros modelos de ensayos era ver la resistencia debido a la carga, debido a esto en los 4 modelos anteriormente explicado se presentó fallas puesto a que se llevó hasta el punto máximo siempre salvaguardando el equipo de flexo-compresión.

Luego del análisis de los diferentes modelos de ensayo bajo los diferentes criterios de uniones, se presenta un resumen de la mejor conexión estructural, tabla 2, la que soportó una mayor carga vertical y se resistió al desgarre de la fibras de la caña guadua.

Tabla 2: Resultados de la mejor conexión estructural.

	Conexión Zunchada con Perno				Unidad
	CZME1	CZME2	CZME3	CZME4	
<b>Carga tolerada</b>	800	770	740	890	<b>kg</b>
<b>Deformación</b>	35	43,6	62,7	55,8	<b>mm</b>
<b>Aplastamiento</b>	614,44	591,4	568,36	683,57	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Clivaje</b>	23,59	23	22,1	26,53	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Esfuerzo ultimo</b>	23,35	23,16	(----	24,6	<b>Mpa</b>

## CONCLUSIONES

Los principales lugares donde se puede encontrar caña guadua en el Ecuador son Esmeraldas y Manabí, donde se estima plantaciones con más de 2300 ha; teniendo una gran importancia en sectores rurales debido a las cualidades que poseen como material artesanal, constructivo, ecológico entre otros. Dentro del

sector constructivo destaca la capacidad de absorción de energía, permitiendo que las estructuras sean resistentes y flexibles.

Una de las características de la guadua es presentar beneficios con el medio ambiente debido a que capta dióxido de carbono, regula los recursos de las cuencas hídricas y previene la erosión en los suelos. Además posee diversas propiedades físicas que facilitan al momento de ser empleadas como material estructural. Su forma circular y su sección hueca hacen que el material sea liviano y de fácil manejo.

Los sistemas de conexiones estructurales con caña guadua son varios debido a la fácil manipulación, en su mayoría resultan de la imaginación e innovación, a pesar de todo esto existen pocas normativas que regulen estos procesos constructivos y exploten las bondades de las propiedades de este material.

En los ensayos de los diferentes modelos se pudo observar que las fallas se dieron en el material antes que en la conexión estructural, con excepción en la unión en la cual se usó clavos que sí hubo ciertas falencias aunque mínimas, demostrando de esta manera que las conexiones propuestas tuvieron un comportamiento adecuado ante la acción de la carga aplicada.

Las conexiones zunchadas se pudo observar que hubo mucha tolerancia al desgarre de la fibra con caña con valores de 26,53 **kg/cm<sup>2</sup>**, siendo de suma importancia para la aplicación y el aguante de carga aplicadas, soportando cerca de 900 kg de fuerza.

Cada una de las alternativas propuestas podría ser aplicada para diferentes situaciones de carga, dependiendo de la estructura a ser diseñada y construida, de lo cual en base a los resultados obtenidos se podría escoger la opción empernada o zunchada con perno como conexión estructural.

Los costos del ensamblaje de las diferentes conexiones en una estructura es de vital importancia, aunque de ninguna manera debe ocurrir debido a que en ocasiones la unión más costosa no siempre resulta ser lo más conveniente desde el punto de vista estructural.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Castro, F. A. (2014). Propiedades Físicas y Mecánicas de la Guadua Augustifolia con fines estructurales. Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. (en línea). Disponible en: <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/366/T%20720%20A581%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Consultado el 7 de enero de 2018]
- Espinel, J. A. y Contreras, M. (2014). Caña guadua en el espacio interior. Experimentación expresiva y tecnología para el diseño de panelería. Tesis previa a la obtención del título en Diseño de Interiores. Universidad del Azuay. (en línea). Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/3916> [Consultado el 7 de enero de 2018]
- Fraume, N. J. (2017). Morfología partes de la guadua, sistemas subterráneo y aéreo, inflorescencia y formas biológicas. (en línea). Disponible en: <https://es.scribd.com/document/61128145/GUADUA-MORFOLOGIA> [Consultado

el 23 de marzo de 2018]

García, D. S. (2017). Material inédito. file:///C:/Users/home2/Downloads/Mem%C3%B2ria\_SanchezDavid%20(2).pdf

García, S. M. (2015). Bambú como material estructural: generalidades, aplicaciones y modelización de una estructura tipo. Universidad Politécnica de Valencia. España. (en línea). Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/55983/MARTINEZ%20-%20Bamb%C3%BA%20como%20material%20estructural%3A%20Generalidades%20C%20aplicaciones%20y%20modelizaci%C3%B3n%20de%20una%20est....pdf?sequence=1> [Consultado el 23 de marzo de 2018]

Herrera, J. C. (2014). Vivienda de interés social. (en línea). Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/37771> [Consultado el 7 de enero de 2018]

Jiménez, O. (2018). Madurez y calidad del bambú. (en línea). Disponible en: <https://es.scribd.com/document/253927396/Madurez-y-Calidad-Del-Bambu> [Consultado el 23 de marzo de 2018]

Merino, M. y Porto, J. P. (2015). Definición de vivienda social. (en línea). Disponible en: <https://definicion.de/vivienda-social/> [Consultado el 7 de enero de 2018]

Molina, R. (2015). Estudio de factibilidad para la producción de caña guadua en el recinto de río chico, cantón Paján de la provincia de Manabí y propuesta de plan de exportación para el mercado chileno. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniera Comercial con mención en Comercio Exterior y Finanzas. Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil. Ecuador. (en línea). Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7531/1/UPS-GT000781.pdf> [Consultado el 23 de marzo de 2018]

NSR-10. (2015). Reglamento colombiano de construcción sísmo resistente. Colombia. (en línea). Disponible en: <https://guaduabambucolombia.files.wordpress.com/2013/02/manual-de-sismoresistencia-snr-10-pag-1-113-143.pdf> [Consultado el 7 de enero de 2018]

Sinplastico (2014). (en línea). Disponible en: <http://blog.sinplastico.com/wp-content/uploads/2014/12/Qu%C3%A9-es-el-bamb%C3%BA-Simpl%C3%A1stico1.pdf> [Consultado el 7 de enero de 2018]