

Material alternativo como elemento estructural: “cerchas con bambú”

Alternative material as a structural element “bamboo truss”

Oliver Águila¹, Mario Cruz¹, Karen Caballero^{1*}

¹Centro Regional de Chiriquí- ¹Facultad de Ingeniería Civil- ¹Universidad Tecnológica de Panamá,

Resumen El uso del bambú como elemento estructural se remonta a varios cientos de años atrás, en donde la disponibilidad de recursos tanto económicos, materia prima, equipos de construcción y los métodos constructivos eran muy escasos. En aquellos tiempos, el bambú ya era utilizado por el hombre, se podían ver algunos muebles, encerados u objetos caseros (camas, sillas, escobas etc.). En China el uso del bambú es muy común, es uno de los pocos lugares en el mundo donde el hombre ha logrado darle una gran variedad de usos, desde el medicinal, pasando por lo ornamental hasta llegar a incluirlo en la construcción de diversos tipos de proyectos. La inclusión del bambú en las actividades constructivas que realiza el hombre, se debe en gran medida al sinnúmero de ventajas que brinda desde el punto de vista constructivo, como también las ventajas desde el punto de vista ecológico. Los diversos programas de investigación que se han llevado a cabo, han demostrado que existen diversas técnicas y métodos con las cuales las características constructivas del bambú se pueden mejorar.

Palabras clave Juntas atornilladas, métodos amigables, material estructural.

Abstract Bamboo as a structural element itself goes back to several hundred years ago, where the availability of both economic resources, raw materials, construction equipment and construction methods were very scarce. In those times, bamboo was already used by man, you could see some furniture, wax or household objects (beds, chairs, brooms etc.).

In China the use of bamboo is very common, it is one of the few places in the world where man has managed to give it a wide variety of uses, from medicinal, to ornamental, to include it in the construction of various types of Projects.

The inclusion of bamboo in the construction activities carried out by man, is largely due to the myriad advantages it offers from a constructive point of view, as well as the advantages from the ecological point of view. The various research programs that have been carried out have shown that there are different techniques and methods with which the constructive characteristics of bamboo can be improved.

Keywords Bolted joints, friendly methods, structural material.

*Corresponding author: karen.caballero@utp.ac.pa

1. Introducción

El bambú ha sido ampliamente conocido como un material de construcción sostenible debido a algunas razones, por ejemplo, el bambú puede cultivarse y cosecharse fácilmente, como material de construcción es fácil de trabajar y versátil para la construcción de edificios de forma ecológica.

En el Departamento de Agricultura de la Universidad de Cambridge analizaron dos tipos de productos comerciales: bambú scrimber y bambú laminado. Los resultados del estudio indican que ambos productos tienen propiedades que pueden superar a la madera, y que dichos productos pueden ser utilizados como material estructural [1].

Tabla 1. Comparación de propiedades mecánicas, materiales a base de bambú con tipos de madera

Material	Compresión MPa	Tensión MPa	Cortante MPa	Flexión MPa
Bambú scrimber	86	120	15	119
Bambú laminado	77	90	16	77
Picea de sitka	36	59	9	67
Douglas-fir LVL	57	49	11	68

Por su parte, la Universidad de Dublín Irlanda, llevó a cabo un programa experimental para determinar el comportamiento de fatiga en el bambú, se lograron determinar diferentes valores asociados a parámetros tales como tensión y flexión en el bambú [2].

Conociendo las diferentes propiedades mecánicas que posee el bambú, el Departamento de Agricultura de la Universidad de Kristen Petra redactó un artículo que intenta discutir cómo se usa el bambú en edificios de forma orgánica [4].

De acuerdo a estas investigaciones, el bambú tiene muchas oportunidades como material alternativo en la construcción, debido a propiedades mecánicas las cuales pueden ser mejoradas mediante diversos métodos.

2. Objetivos generales

Estudiar la capacidad resistente del bambú a compresión y tensión, como elemento estructural para soportar techos.

3. Diseño experimental

Se ha diseñado el experimento considerando el siguiente procedimiento:

1. Obtención de la materia prima.
2. Diseño y construcción del prototipo.
3. Proceso de pruebas para obtener los datos de análisis.

4. Programa experimental

A continuación, se detallarán los pasos necesarios para lograr los objetivos.

4.1 Obtención de la materia prima

El prototipo fue construido con material obtenido en el Distrito de Puerto Armuelles en el corregimiento de las Fincas. Dicho material fue retirado de las plantaciones que se encontraban a un costado de uno de los cuerpos de agua que circulan entre las plantaciones de palmas de aceite.

4.2 Descripción del prototipo

El prototipo que se estudió es una cercha tipo Pratt. Este tipo de cerchas es utilizado como cerchas de techo en algunos casos o en estructuras de puentes.

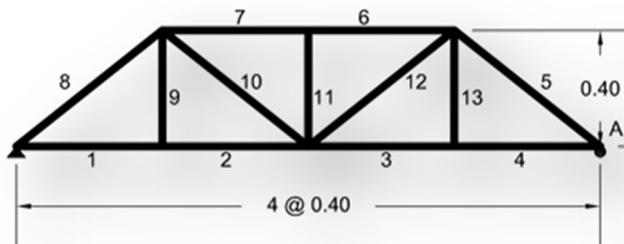


Figura 1. Detalle del prototipo y numeración de elementos.

4.3 Diseño y descripción de elementos y conexiones

Se detalla la ubicación de todos los elementos y conexiones que componen la estructura en la siguiente figura.

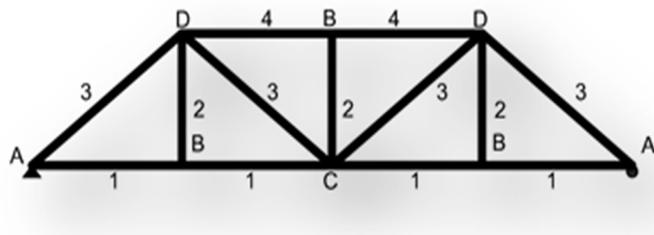


Figura 2. Ubicación de elementos y conexiones.

- Elemento 1: Es un elemento horizontal continuo, es decir, se cortará de tal manera que su distancia total sea igual al largo inferior de la cercha. Es un elemento doble, como se muestra en la figura 3.
- Elemento 2: Elemento vertical sencillo con una longitud de 0.4 m. El prototipo tendrá tres elementos de este tipo, los cuales estarán apernados en sus extremos a los elementos 1 y 4.
- Elemento 3: Elemento diagonal de 0.64 m, apernado a sus extremos a los elementos 1 y 4. En el prototipo existirán cuatro elementos de este tipo.
- Elemento 4. Elemento similar al 1, doble y continuo, se colocará en la parte superior del prototipo.

Se utilizará un mortero con una relación 1:2, el cual se inyectará en los nudos de los elementos perforados.

Observación: Cuando se habla de llenar todo el elemento perforado, se refiere a llenar el tramo más cercano entre nudo y nudo, el cual tenga las perforaciones más próximas a estos.

Se describirá las conexiones que existen en el prototipo:

- Conexión tipo A: Existen dos conexiones de este tipo. Se encuentran en los extremos de la estructura “Parte inferior”.
- Conexión tipo B: Conexión a la cual llegan elementos verticales y elementos horizontales. En la estructura existen tres conexiones de este tipo.
- Conexión tipo C: Existe solo una conexión de este tipo en la estructura. Es a la cual llegan la mayor cantidad de elementos. Se encuentra en la parte central de la cercha.
- Conexión tipo D: Existe solo una conexión de este tipo en la estructura. Es a la cual llegan la mayor cantidad de elementos.

4.4 Materiales y equipos

Para la construcción del prototipo se utilizaron los siguientes materiales:

- Bambú: con un diámetro promedio de 9.5 cm y espesor de pared de aproximadamente 1.0 cm. El cual

pertenece a la especie *Phyllostachys Aurea* o Bambú amarillo.

- Arena: libre de impurezas y de agregado grueso.
- Cemento: Uso general.
- Barras, tuercas y arandelas de 9.53 mm

Equipo y materiales empleados para facilitar el proceso constructivo:

- Taladro mecánico con broca para madera 9.53 mm
- Cinta métrica
- SERRUCHO y segueta
- Sierra de copa para taladro 19.05 mm
- Pala manual
- Llave de presión

4.5 Procedimiento constructivo

Se detallan los pasos para construir el prototipo:

- Corte y colocación de los elementos 1 y 2, como se muestra en la siguiente figura:



Figura 3. Medida, corte y colocación de elementos.

- Colocar los elementos 3 y 4, y apernarlos en sus puntos de unión. La siguiente figura muestra el resultado final de este paso.



Figura 4. Prototipo de cercha final.

- Se les hacen otras perforaciones a los elementos, cerca de donde han sido perforados por la barra enroscada, se hará con ayuda de la sierra de copa que se coloca en el taladro. Posteriormente se le inyecta el mortero, el cual tiene una relación de 1:2.



Figura 5. Proceso de perforación e inyección mortero.

3.7 Proceso de pruebas

Luego de haber construido el prototipo, se trasladó al lugar de la prueba, utilizando la instrumentación y el procedimiento que se describe a continuación.

3.7.1 Equipo de prueba

- Marco de prueba: Cuyas dimensiones son 2.00 metros de longitud y una altura libre de 1.80 metros.
- Gato hidráulico con capacidad de 45.36 t: peso de 149 kilos, placa base, varilla para subir el gato. El peso combinado de los accesorios será de 6.7 kilos.
- Cinta métrica.

3.7.2 Procedimiento de prueba

- Se colocó el prototipo en el marco de prueba y el gato hidráulico en la parte central del prototipo.



Figura 6. Prototipo previo al ensayo.

- Se aplicó la fuerza a través del gato hidráulico, hasta producir la falla de la cercha.



Figura 7. Proceso de aplicación de carga.

- Al final se registró la carga máxima soportada por la cercha antes de la falla, se mide la deflexión máxima.

5. Resultados

Parámetros obtenidos debido a la carga aplicada al prototipo.

5.1 Datos observados

- Deflexión máxima.
- Ruidos a medida que se incrementaba la carga sobre la cercha.

5.2 Datos medidos

- Fuerza con la cual la estructura falla: 19.57 kN, las cuales incluye el peso propio, el gato hidráulico y sus respectivos accesorios.
- Deflexión máxima: 6.35 cm.
- Peso propio 39.26 kg.

Se realizó un análisis analítico de las demandas en cada uno de los elementos al momento de la falla.

Tabla 2. Distribución de fuerzas en cada elemento.

Fuerzas en los elementos			
# Elemento	Fx (kN)	Fy (kN)	P (kN)
1	12.23	0	12.23
2	12.23	0	12.23
3	12.23	0	12.23
4	12.23	0	12.23
5	12.23	9.79	-15.67
6	24.47	0.00	-24.47
7	24.47	0.00	-24.47
8	12.23	9.79	-15.67
9	0.00	0	0
10	12.23	9.79	15.67
11	0.00	19.57	-19.57
12	12.23	9.79	15.67
13	0.00	0	0

6. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

- El bambú puede llegar a soportar cargas considerables al formar parte de una cercha, debido a esto podría ser integrado como un elemento dentro de la construcción de ciertos elementos que no demanden gran capacidad de resistencia.
- En base a los resultados de la tabla 2, el prototipo se comportó de una manera ideal, ya el elemento que falla (# 11) es el que mayor demanda tiene.

Observación: Los elementos # 7 y # 6, tienen una mayor demanda que el elemento # 11, pero se debe tener en cuenta que estos elementos son dobles, así que la fuerza neta que aparece en la tabla 2 se debe dividir entre 2 y de esta manera no sería mayor a la demanda del elemento # 11.

- El método utilizado para la unión de los elementos fue bastante efectivo, la falla que se dio fue aproximadamente en la mitad de la longitud del elemento # 11.

Aspectos que pudieron influenciar en los resultados de la investigación:

- La materia prima utilizada no era uniforme totalmente, es decir, algunos diámetros variaban un poco, si se cortaban elementos de igual longitud, su masa no era igual. Variación de las distancias que existen entre los nudos.
- Si no se cuenta con una broca lo suficientemente larga, se tendrán que hacer más de dos perforaciones para colocar un solo perno, lo que puede provocar que no coincidan con la misma dirección, esto provocaría la realización de otras perforaciones para colocar el perno, lo cual puede afectar al elemento en su resistencia debido a la pérdida de área.
- En cuanto al equipo y herramientas a utilizar, es importante contar con herramientas que brinden la mejor precisión, los cortes en los elementos deben ser precisos, para así lograr la mayor uniformidad del prototipo. No deben quedar elementos más largos que otros en la cercha, ya que esto puede afectar en cualquier momento, como por ejemplo la cercha no quede bien apoyada sobre la superficie y se tengan que utilizar algunas calzas para darle estabilidad a la estructura.
- El mortero utilizado añade más rigidez en los puntos donde se utilizó, lo que provoca que los nudos no se asemejen a articulaciones.
- Esperamos que este documento llegue a ser tomado en cuenta por los investigadores, tanto los relacionados con el tema de ingeniería civil como la comunidad en general que se dedica a otras investigaciones. Y sea tomado en cuenta para futuros proyectos e investigaciones.

AGRADECIMIENTO

Se le agradece al departamento del laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica de Panamá, Centro Regional de Chiriquí, quienes nos brindaron el apoyo y el equipo necesario para realizar las pruebas.

REFERENCIAS

- [1] Bhavna Sharma, Ana Gatóo, Maximilian Bock, Michael Ramage, “Diseño de bambú para aplicaciones estructurales”.
- [2] Lauren Keogh, Patrick O’Hanlon, Peter O’Reilly, David Taylor, “Fatiga en bambú”.
- [3] Mujimana, Henricus Priyosulistyob, Djoko Sulistyoc, TA. Prayitnod, “Influencia de la forma y las dimensiones de la lámina sobre el cizallamiento y la resistencia a la flexión de la viga de bambú laminada encolada verticalmente”.