



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3480>

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

*Análisis de la resistencia a la **Guadúa Angustifolia Kunth** sometida a esfuerzos de flexión, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador*

*Analysis of the resistance to **Guadúa Angustifolia Kunth** subjected to bending efforts, from several cantons of the province of Manabí, Ecuador*

*Análise da resistência a esforços de flexão de **Guadúa Angustifolia Kunth**, de vários cantões da província de Manabí, Equador*

Cristhian Cevallos López <sup>1</sup>  
[cmcevallos\\_1982@hotmail.com](mailto:cmcevallos_1982@hotmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0002-6275-2163>

**Correspondencia:** [cmcevallos\\_1982@hotmail.com](mailto:cmcevallos_1982@hotmail.com)

\***Recibido:** 04 de junio de 2023 \***Aceptado:** 12 de julio de 2023 \* **Publicado:** 01 de agosto de 2023

I. Arquitecto, Investigador Independiente; Portoviejo, Ecuador.

Análisis de la resistencia a la Guadúa Angustifolia Kunth sometida a esfuerzos de flexión, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador

---

## Resumen

La construcción con Guadúa Angustifolia Kunt (GAK) está ganando representatividad en la provincia de Manabí por encontrarse en el 95% de ella, es liviana, muy económica, así como ecológica ya que su tala no representa alteración alguna para el medio ambiente por su gran capacidad de reproducción de forma natural, sin ayuda de la mano del hombre, debido a que brota por sí sola, obteniendo su altura máxima a los 6 meses y resistencia óptima para ser considerada en la construcción entre los 4 y 6 años de edad. Precisamente, esta resistencia mecánica que adquiere la GAK, debe ser analizada para conocer el estado de la misma, con la finalidad de realizar los cálculos estructurales adecuados para una construcción eficiente que dé tranquilidad a quienes habiten un espacio arquitectónico de esta naturaleza. La resistencia a la flexión, se puede considerar uno de los aspectos más importante a tomar en cuenta en un proyecto constructivo, ya que con ella se puede realizar el diseño apropiado de vigas (considerando la separación adecuada de columnas), sabiendo cuántos culmos ensamblar para la función de la misma. Este análisis de flexión a la GAK, se lo realiza en varios cantones distribuidos en esta provincia costera.

**Palabras Claves:** Guadúa Angustifolia Kunt; ensayo a flexión; resistencia culmo.

## Abstract

The construction with Guadúa Angustifolia Kunt (GAK) is gaining representation in the province of Manabí because it is found in 95% of it, it is light, very economical, as well as ecological since its felling does not represent any alteration to the environment due to its great ability to reproduce naturally, without the help of man, because it sprouts on its own, reaching its maximum height at 6 months and optimal resistance to be considered in construction between 4 and 6 years of age. Precisely, this mechanical resistance that the GAK acquires must be analyzed to know its state, in order to carry out the appropriate structural calculations for an efficient construction that gives peace of mind to those who inhabit an architectural space of this nature. The resistance to flexion can be considered one of the most important aspects to take into account in a construction project, since with it the appropriate design of beams can be carried out (considering the adequate separation of columns), knowing how many culms to assemble to the function of it. This bending analysis to the GAK is carried out in several cantons distributed in this coastal province.

**Keywords:** Guadua Angustifolia Kunt; bending test; culm resistance.

Análisis de la resistencia a la Guadúa Angustifolia Kunth sometida a esfuerzos de flexión, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador

---

## Resumo

A construção com Guadúa Angustifolia Kunt (GAK) está ganhando representatividade na província de Manabí porque se encontra em 95% dela, é leve, muito econômica, além de ecológica já que seu corte não representa nenhuma alteração ao meio ambiente devido à sua grande capacidade de reprodução natural, sem ajuda do homem, pois brota por conta própria, atingindo sua altura máxima aos 6 meses e ótima resistência a ser considerada na construção entre 4 e 6 anos de idade. Precisamente, esta resistência mecânica que o GAK adquire deve ser analisada para conhecer o seu estado, de forma a realizar os cálculos estruturais adequados para uma construção eficiente que dê tranquilidade a quem habita um espaço arquitetônico desta natureza. A resistência à flexão pode ser considerada um dos aspectos mais importantes a se levar em conta em um projeto de construção, pois com ela pode-se realizar o dimensionamento adequado das vigas (considerando a separação adequada dos pilares), sabendo quantos colmos montar para a função dele. Esta análise de flexão ao GAK é realizada em vários cantões distribuídos nesta província costeira.

**Palavras-chave:** Guadua Angustifolia Kunt; teste de flexão; resistência do colmo.

## Introducción

El bambú aporta múltiples beneficios para el hombre [1], sobre todo por el cambio climático y los atentados que a diario está sufriendo nuestro planeta, así como los problemas económicos que experimenta la sociedad de muchos países de nuestra región latinoamericana, hace que empecemos a considerar nuevas metodologías y estrategias constructivas que beneficien a todos en todos los ámbitos. Este amplio uso del material, ha promovido el desarrollo de investigaciones [2] sobre materiales que tengan un impacto menor o solución ingeniosa y económica [3] en favor del medio ambiente, materiales que contrasten con los tradicionales, principalmente como el concreto reforzado [4] pero, que cumplan con las características y resistencias que exigen las normas de construcción, sea en la región o país que nos encontremos. Nuestro país Ecuador, experimentó un desastre natural que cambió la vida de muchas familias, evidenció el precario nivel técnico en las construcciones con hormigón armado y gestionó el cambio de este último con la creación de nuevas normas, entre ellas la NEC - Estructuras de Guadúa (GaK) impulsada por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda MIDUVI, con la que se impulsa la utilización de la GAK (también conocida en nuestro medio como caña brava). Hay abundantes recursos de bambú en el mundo [5] y, aprovechando que la provincia de Manabí es la que tiene la mayor plantación de guaduales en todo el territorio ecuatoriano con

Análisis de la resistencia a la Guadúa Angustifolia Kunth sometida a esfuerzos de flexión, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador

---

145.000 has. El rápido crecimiento de la planta es su gran ventaja frente a la madera [6], por tal razón es propicio impulsar su uso como solución al déficit habitacional que asecha nuestra localidad. Aunque el bambú responde muy bien [7] a eventos inesperados por la naturaleza, las construcciones no pueden ni deben ser realizadas a la ligera, debiendo primero, analizar el tipo de estructuras a diseñar para un óptimo funcionamiento del proyecto. Las facultades de Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí (ULEAM) y la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Sede Manabí) – PUCESM, han realizado investigaciones y diseño de viviendas prototipos con caña guadúa (GAK). La primera realizó la “Propuesta de diseño para Prototipos de Viviendas de Interés Social, utilizando Bambú como material predominante” y la segunda, el “Diseño de vivienda social rural sostenible” que han sido recibidas de buen agrado por habitantes de las zonas rurales de Manabí, ofreciendo confort y comodidad a los usuarios beneficiados con ellas. Cada diseño fue realizado bajo los criterios técnicos para cada necesidad, generando la debida confianza, primero a quienes diseñaron los proyectos al saber que entregarán un bien mueble técnico, y segundo, a las familias que recibirán el mismo. Por esta razón, se considera muy importante conocer el comportamiento mecánico de la GAK de varios cantones, para interpretar las diferentes resistencias que presentan las cañas entre ellas, así en este artículo presentaremos la diferencia que existe entre ellas, sometidas a esfuerzos de flexión.

## Materiales y metodología

### A. Materiales.

El bambú es uno de los materiales usados desde la más remota antigüedad [8], y con la finalidad de realizar los ensayos a flexión de la Guadúa Angustifolia Kunt para establecer valores característicos [9] como uno de los miembros más importantes de la estructura [10] se tomó en consideración 12 cantones de la provincia de Manabí, cada uno de ellos con sus respectivas coordenadas UTM, entre ellos: A) Portoviejo, B) Junín, C) 24 de mayo, D) Olmedo, E) Santa Ana, F) Jipijapa, G) Paján, H) Pichincha, I) El Carmen, J) Flavio Alfaro, K) Pedernales y L) Puerto López, en su orden. (Fig. 1y 2).

ID	Cantón	Coordenadas UTM	
		Este	Norte
		578470,6	9890946,3
A	Portoviejo	7	3

Análisis de la resistencia a la Guadúa Angustifolia Kunth sometida a esfuerzos de flexión, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador

		593703,1	9897893,4
<b>B</b>	<b>Junín</b>	0	0
	<b>24 de</b>	579943,0	9850115,0
<b>C</b>	<b>Mayo</b>	0	0
		580076,9	9850426,3
<b>D</b>	<b>Olmedo</b>	0	0
		574425,8	9868002,8
<b>E</b>	<b>Santa Ana</b>	0	0
		548339,8	9849276,8
<b>F</b>	<b>Jipijapa</b>	5	9
		568021,7	9828314,8
<b>G</b>	<b>Pajan</b>	0	0
		610591,4	9883101,9
<b>H</b>	<b>Pichincha</b>	0	0
		649567,4	9966432,9
<b>I</b>	<b>El Carmen</b>	0	0
	<b>Flavio</b>	612552,9	9949258,4
<b>J</b>	<b>Alfaro</b>	0	0
	<b>Pedernale</b>	618468,0	9997106,4
<b>K</b>	<b>s</b>	0	0
	<b>Puerto</b>	526395,3	9814746,4
<b>L</b>	<b>López</b>	0	0

Fig. 1. Identificación y localización de cantones para el estudio.

Fig. 1 Identification and location of cantons for study.

Análisis de la resistencia a la Guadúa *Angustifolia* Kunth sometida a esfuerzos de flexión, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador



Fig. 2. Ubicación geográfica de los cantones.

Fig. 2. Geographical location of the cantons.

Para cada espécimen [11], se tomaron 5 muestras o culmos y de ellos, se seleccionaron 2 para este tipo de ensayos (con los otros 3 culmos se elaboraron probetas para ensayos a compresión, corte, tensión, contracción, densidad y contenido de humedad). Para la flexión, las cañas fueron divididas en tres secciones: cepa o parte baja, basa o parte media y sobrebasa o parte superior (*Fig. 3*). Para obtener la longitud de cada sección del culmo se sumó 30 veces el diámetro del mismo, según la Norma Técnica Colombiana NTC-5525 “*Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth*” basada en la norma ISO 22157-1:2004 [12].

En la *figura 3* se muestra la ruta de toma de muestras en cada cantón para la elaboración de las probetas de cada sección, las mismas que fueron transportadas con el debido cuidado al Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, ubicada en la ciudad de Manta, para el respectivo ensayo.

Análisis de la resistencia a la Guadúa Angustifolia Kunth sometida a esfuerzos de flexión, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador

B. Metodología.

Identificados los cantones donde se tomarán las muestras, se pasa a seleccionar las mismas verificando que los culmos cuenten con la edad requerida (entre 4 y 6 años) para su utilización y/o comercialización. Para el corte de los culmos y su posterior identificación [13] en la sección cepa o parte baja, sea en el primer o segundo canuto (entrenudo) por encima del nudo para evitar el estancamiento del agua en el espacio hueco de la caña y así impedir la pudrición de su raíz. Una vez cortada la caña, se realizó la respectiva medición de la longitud total de la misma (desde el extremo inferior hasta el extremo superior); esto, para conocer la variación del desarrollo longitudinal de todas las muestras.

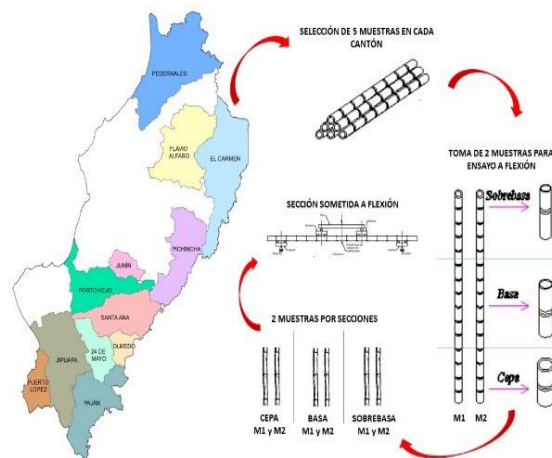


Fig. 3. Esquema para la toma de muestras para ensayos a flexión.

Fig. 3. Diagram for taking samples for bending tests.

Luego, en el extremo donde se cortó la caña (cepa) se midió el diámetro externo del culmo con un calibrador para tomar la relación  $De \times 30$  y así obtener la longitud de la primera sección, que posterior será sometida al respectivo ensayo. Es decir, si el Diámetro externo ( $De$ ) nos dio 10,5cm, la relación sería  $10,5 \times 30 = 315$ . La longitud de aquella sección cepa, será cortada a 315 cm o 3,15m.

Obtenida la sección de la cepa, se vuelve a medir el diámetro externo de la segunda sección de la caña (basa) a partir del nuevo extremo inferior que quedó de la caña principal, y se vuelve a realizar la misma relación  $De \times 30$  (en la mayoría de casos, el diámetro externo de la sección basa era mayor que el diámetro externo de la cepa). Si este Diámetro externo midió 13,5cm, la relación sería  $13,5 \times 30 = 405$ . La longitud de esta segunda sección (basa) será cortada a 405 cm o 4,05m.

Análisis de la resistencia a la Guadúa Angustifolia Kunth sometida a esfuerzos de flexión, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador

Por último, teniendo un nuevo extremo inferior de la longitud total de la caña, se procede a realizar la última medición con el calibrador del diámetro externo de la siguiente sección (sobrebasa) para tomar la misma relación. Si este diámetro nos dio 11,5cm, la relación sería  $11,5 \times 30 = 345$ . La longitud de corte de esta última sección sobrebasa, será de 345cm o 3,45m.

Cabe aclarar que, con estos cortes, se obtuvieron 3 secciones (cepa, basa y sobrebasa) y 2 Diámetros externos en cada uno de ellos, nombrados de la siguiente manera: *DeI* (*Diámetro externo Inferior*) y *DeS* (*Diámetro externo Superior*). *Figura 5*.

C. Ensayo de resistencia a Flexión.

Obtenidas las 6 secciones de 2 de las 5 muestras por cada cantón (en total fueron 72 probetas para el ensayo), fue propicio trasladarlas al Laboratorio de Suelo de la Facultad de Ingeniería de la ULEAM – Manta, donde se procedió a realizar el respectivo ensayo a flexión. *Fig. 4*.

12 CANTONES			
		Cantidad	TOT
		Por	AL
		Cantones	
Secci	Cepa	2	24
ón de	Basa	2	24
la	Sobrebas	2	24
Guad	a		
ua			
<b>Totales</b>		<b>6</b>	<b>72</b>

Fig. 4. Distribución por sección de probetas ensayadas.

Fig. 4. Distribution by section of tested specimens.

Una vez colocadas las probetas en su posición horizontal, se consideraba las mediciones de los diámetros obtenidos en cada gradual al momento de realizar los cortes, pero a más de estos diámetros externos también se tomó aquí en el laboratorio el diámetro interno de la probeta para conocer el espesor de las paredes de la misma y con ellos realizar el debido cálculo para la obtención de la resistencia.



Análisis de la resistencia a la Guadúa Angustifolia Kunth sometida a esfuerzos de flexión, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador

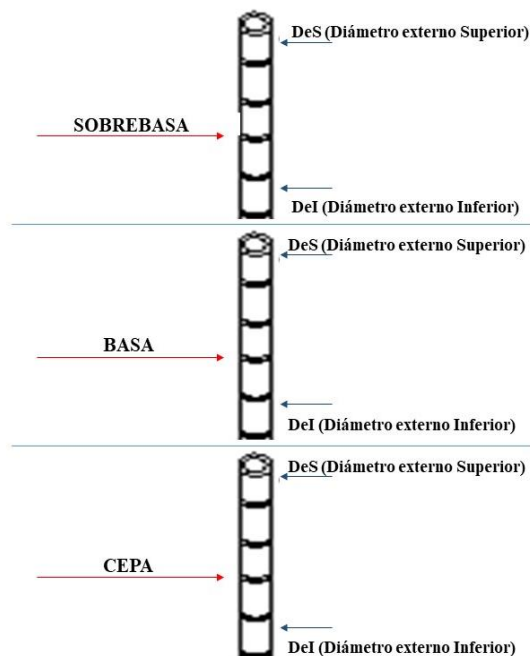


Fig. 5. Representación DeI y DeS de las tres secciones.

Fig. 5. DeI and DeS representation of the three sections.

Para calcular la resistencia de la GAK a la flexión, se lo realizó bajo la fórmula que describe la NTC-5525, y que se detalla a continuación:

$$\sigma_{ult} = F \times L \times \frac{D/2}{6} \times I_B$$

Donde:

F es la carga máxima aplicada, en N (*la carga total aplicada en los dos puntos de carga*).

L Es la luz, en mm (*o espacio de separación*).

D es el diámetro externo en mm.

$I_B$  es el momento de inercia, en  $\text{mm}^4$ .

Su procedimiento fue, flexionar por secciones, es decir, primero las 2 probetas de la cepa, luego las 2 de la basa para culminar con las 2 de la sobrebasa, aplicando una carga en la distancia media entre los centros de las monturas del dispositivo de carga. La carga es receptada sobre 4 puntos, la misma que se debe dividir en dos mitades de las cargas mediante una viga apropiada. *Figura 5, 6 y 7.*

Análisis de la resistencia a la Guadúa Angustifolia Kunth sometida a esfuerzos de flexión, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador



Fig. 5 y 6. Probetas sometidas a esfuerzos de flexión.

Fig. 5 y 6. Specimens subjected to flextural stresses.

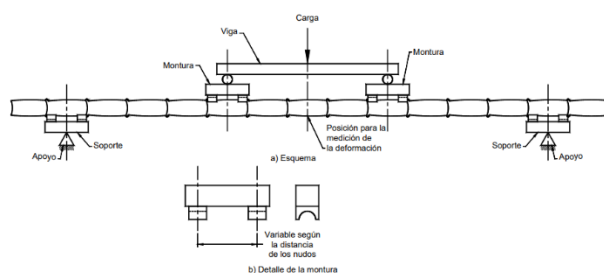


Fig. 7. Esquema del ensayo de flexión NTC-5525.

Fig. 7. Scheme of the bending test NTC-5525.

## Resultados y discusión

Las propiedades mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunt (GAK) en todos sus aspectos, utilizando técnicas más avanzadas [14] son las que determinarán que ella se encuentra apta para la construcción y sobre todo para su uso estructural. La GAK debe contar con la edad necesaria y/o recomendada para tal efecto, como es de 4 a 6 años. Antes de los 4 años no se recomienda su uso estructural, debido a que, aún se encuentra demasiado tierna, mientras que, de haber pasado los 6 años, sus características mecánicas empiezan a perder resistencias por el hecho de empezar a envejecer.

Su curado respectivo se lo puede realizar de dos maneras muy prácticas: A) Método del avinagrado, que consiste en cortar la caña completa en la parte baja, sobre el primero o segundo nudo (al cortar la caña, se debe precautelar el empozamiento del agua en el entrenudo o canuto para evitar la pudrición del cumplo). Una vez cortada la caña, se la deja parada sobre la misma pata que forma parte de la raíz, por un lapso de 45 días. Este método lo que hace es que los líquidos con los almidones/azúcares que se encuentran en las paredes de la caña se fermentan internamente, logrando un preservado natural. B) Método de inmersión, que consiste en introducir los culmos en una piscina que contiene agua junto a la mezcla de dos productos químicos, como son el Borax y el Ácido Bórico con una

Análisis de la resistencia a la Guadúa Angustifolia Kunth sometida a esfuerzos de flexión, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador

---

proporción del  $7*100$ , queriendo decir que, para 100 unidades de agua se mezcla 3,5 unidades del primero y 3,5 unidades del segundo.

Los ensayos a flexión de las probetas de las diferentes secciones presentan ciertas características que permiten interpretar la resistencia de las mismas por cada cantón, las que se muestran a continuación en las figuras 8, 9 y 10.

Para la determinación de la capacidad de resistencia bajo fuerzas perpendiculares al eje longitudinal en las probetas ensayadas, se presentan en la *figura 8* los valores de resistencia al esfuerzo a flexión promedio de los cantones mencionados anteriormente, en función de cada muestra de sección analizada (zona B, M y A).

Con base al análisis comparativo entre los 12 cantones en estudio, se puede observar que en la mayoría de cantones se obtiene una mejor resistencia en la zona B (Cepa) de la GAK. Asimismo, de acuerdo a dichos registros los 12 cantones en estudio presentan condiciones óptimas, debido a que cumplen con la resistencia admisible a flexión de 15 Mpa y con los requerimientos de esfuerzos últimos a flexión de 45 Mpa, estipulados en la NEC-SE-Guadua en su apéndice 4.3 (*Método de diseño estructural- Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad*), donde indica que las secciones de GAK destinadas a la realización de construcciones deben cumplir con al menos 15 Mpa como esfuerzo admisible a flexión, obteniéndose valores superiores a los mismos.

En función de estos resultados, se puede considerar que el cantón con GAK de mejores resistencias es 24 de mayo, con valores significativos en la zona B (Cepa) de sus especímenes, seguido por el cantón Puerto López con regularidad en sus resistencias por zona y el cantón Junín, los cuales presentan resistencias considerables a esfuerzos flexionantes por encima de los 40 Mpa.

Análisis de la resistencia a la Guadúa Angustifolia Kunth sometida a esfuerzos de flexión, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador

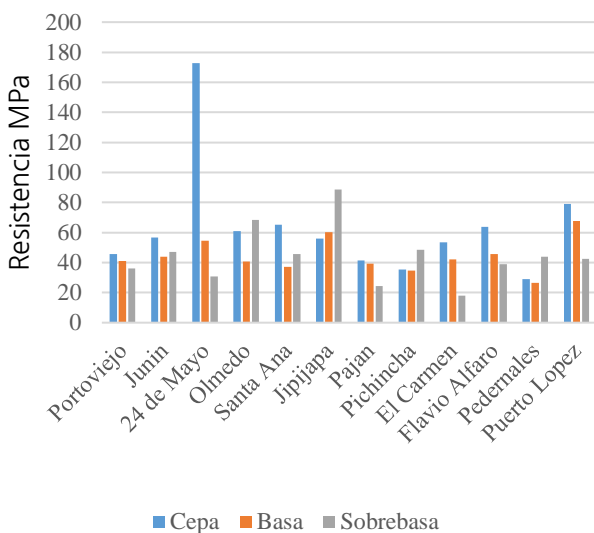


Fig. 8. Resistencias obtenidas por cantón de las GAK.

Fig. 8. Resistances obtained by canton of the GAK.

El módulo de elasticidad resulta indispensable para la determinación de las deflexiones en la GAK cuando está sometida a condiciones críticas de servicio, además de ser útil para el cálculo de coeficientes de estabilidad en vigas y columnas. Este dato fue obtenido en las probetas ensayadas de cada cantón, mismo que se distingue en relación a la sección de análisis de la GAK (Cepa, Basa y Sobrebasa) como un ponderado de las muestras en estudio en la *figura 9*.

Según se observó que las probetas ensayadas a flexión [15], evidencia un favorable resultado en ellas, obteniéndose un valor superior a 4000 MPa y 12000 MPa (*módulo de elasticidad mínimo y módulo de elasticidad admisible*) establecido en la NEC-SE-Guadua en su apéndice 4.3 (*Método de diseño estructural- Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad*) en todos los cantones analizados. Sin embargo, de acuerdo a los registros se puede demostrar que en la zona B de la GAK donde se muestran resultados superiores de rigidez en relación a las secciones superiores.

Haciendo un análisis detallado de los cantones, es posible evidenciar que el cantón 24 de mayo alberga especímenes de mayor rigidez, seguida del cantón Puerto López y Junín, haciendo énfasis en todas las secciones de la GAK, obteniéndose valores por encima de 30 GPa.

Análisis de la resistencia a la Guadúa Angustifolia Kunth sometida a esfuerzos de flexión, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador

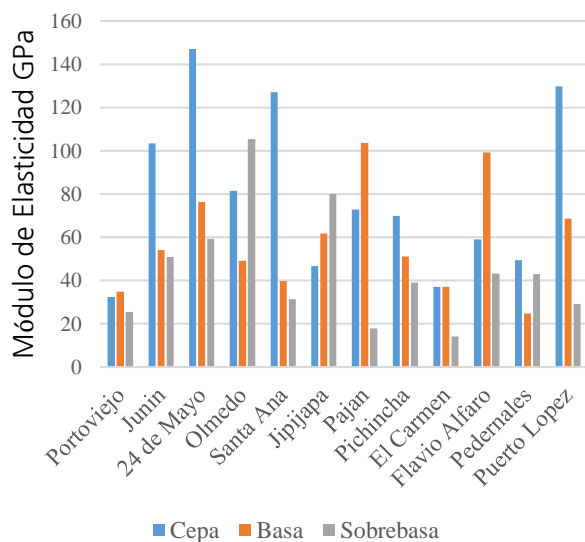


Fig. 9. Módulo de elasticidad obtenidos por cantó de las GaK.

Fig. 9. Modulus of elasticity obtained by singing the GaK.

De esta manera, mediante la interpretación de los datos se puede describir de manera generalizada los resultados en función a una media ponderada por cada cantón haciendo alusión a las características de la GAK en toda su longitud, obteniéndose, a partir de ello, los cantones con mejores resultados en razón al esfuerzo por flexión que resisten los especímenes analizados en los mismos. *Fig. 10.*

Así, a través de un análisis comparativo entre los cantones en estudio se puede definir que el cantón 24 de Mayo presenta en sus resultados la mayor resistencia a esfuerzos flexionantes con 86.04 Mpa a pesar de poseer mayor rigidez en sus elementos y por ende una menor deformación de los mismos, seguido del cantón Jipijapa que presenta condiciones distintas de rigidez en proporción a su resistencia de 68.28 Mpa, obteniéndose deflexiones ligeramente mayores que las muestras del cantón 24 de Mayo.

Finalmente, se puede describir a Pedernales como uno de los cantones con resultados apreciablemente menores en lo que respecta a su resistencia a flexión a diferencia de los otros cantones, presentando deflexiones por sobre los 17mm y un esfuerzo admisible de 33.15 Mpa, resultado que no lo exime de su uso en construcciones ya que supera los valores admisibles de esfuerzo y rigidez estipulados por la NEC-SE-Guadua de la Normativa Ecuatoriana.

Análisis de la resistencia a la Guadúa Angustifolia Kunth sometida a esfuerzos de flexión, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador

Cantón	Resisten	Deflexió	Mod.
	cia	n	Elast
	N/mm <sup>2</sup>	mm	Gpa
Portoviej o	40,871	28,936	30,995
Junín	49,164	18,126	69,469
24 de de Mayo	86,039	18,126	94,200
Olmedo	56,574	19,640	78,671
Santa Ana	49,304	21,732	66,126
Jipijapa	68,282	23,458	62,851
Paján	34,979	16,252	64,848
Pichincha	39,538	18,736	53,418
El Carmen	37,829	33,239	29,422
Flavio Alfaro	49,354	21,157	67,115
Pedernale s	33,146	17,756	38,969
Puerto López	63,121	22,440	75,796

Fig. 10. Resultados generales de resistencia, deflexión y módulo de elasticidad de las GAK por cantón.

Fig. 10. General results of strength, deflection and modulus of elasticity of GAK by canton.

Es evidente que se necesita un fortalecimiento de la cadena productiva de la guadua, con el objetivo de lograr el reconocimiento del sector como actividad económica en el marco de generación de empleos en el país. [16]

## Conclusiones

Según el análisis de las GAK de todos los 12 cantones estudiados, se encuentran aptas para la construcción, primero por encontrarse en las edades correspondientes (entre 4 y 6 años) y segundo, porque cumplen con lo que estipula la NEC-SE-Guadua, debiendo estar sobre los 15 Mpa en resistencia admisible y sobre los 45 Mpa de esfuerzos últimos.

El cantón que presenta mayor resistencia en la Zona B (Cepa) es 24 de mayo con una resistencia mayor a 170 Mpa, Mientras que el cantón con mayor resistencia en la Zona M (Basa) es Puerto López con más de 60 Mpa. Y finalmente, el cantón que presentó mayor resistencia en la Zona A (Sobrebasa) fue Jipijapa con resultados mayores a los 80 Mpa.

Haciendo referencia al Módulo de Elasticidad, el cantón que presentó la mayor rigidez en la Zona B (Cepa) fue 24 de mayo con valores superiores a 140 GPa. El cantón que presentó mayor rigidez en la Zona M (Basa) fue Paján con un valor mayor a 100 GPa, mientras que el cantón con mayor rigidez en la Zona A (Sobrebasa) fue Olmedo, con valores superior a 100 GPa.

Cabe destacar que el uso constructivo que se le otorgue a las GAK de cualquiera de estos 12 cantones se encontrará en óptimas condiciones de resistencia y pueden ser destinadas a la construcción de vigas para determinadas solicitaciones de carga en función de su resistencia a esfuerzos de flexión que las mismas presentan, haciendo hincapié que la mejor sección de caña para estos usos es la de la zona B (Cepa), ya que además de presentar mejores resistencias las secciones de la zona B presentan espesores mayores, aunque en muchos casos su diámetro sea menor que la zona M (Basa), lo que les confiere mejor trabajabilidad. Sin embargo, el uso de las secciones de caña de las otras zonas deberá ser usada tomando en cuenta estos parámetros para solicitaciones menores de carga o bien para diferentes elementos constructivos que requieran ser más ligeros, lo que conlleva a menor espesor que estas secciones contienen.

## Agradecimientos

A cada uno de los propietarios de los guaduales de cada cantón, por darme la facilidad de llegar a sus propiedades quienes se unieron a este objetivo, brindando todas las facilidades requeridas para tomar las muestras de los culmos, y de esta manera, dar avance a este análisis investigativo.

Al Laboratorio de Suelos “*Bolívar Ortiz*” de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí – ULEAM, por prestar sus instalaciones y equipamientos, para poder realizar los ensayos a las muestras de los culmos escogidos para tal investigación.

### Referencias

- Muciño-Vélez, A., Zeth López-Calvo, H., GuillénGuillén, C. A., Alonso-Guzmán, E. M., & Llaven-José, H. D. . (2022). Efecto de la altura de culmo y presencia de nudos en las propiedades mecánicas del bambú *Otatea fimbriata* sodesrt, especie nativa del sur de México. *Informes De La Construcción*, 74(565), e425. <https://doi.org/10.3989/ic.81403>
- Jairo Alexander Osorio, Juan Manuel Vélez, Héctor José Ciro.  
Estructura interna de la guadúa y su incidencia en las propiedades mecánicas. *Dyna*, año 74, Nro. 153, pp 81-94. Medellín 2007. ISSN 0012-7353.
- Aira, J. R., Cabo-Fernández, M. C., del Blanco-García, F. L., & Gonzalo-Calderón, L. (2022). Puentes de madera con estructura recíproca. Análisis comparativo del puente tradicional chino y el puente de Leonardo. *Informes De La Construcción*, 74(565), e430. <https://doi.org/10.3989/ic.85874>
- Ruy A. Sá Ribeiro, Marilene G. Sá Ribeiro, Ires P.A. Miranda, Bending strength and nondestructive evaluation of structural bamboo, *Construction and Building Materials*, Volume 146, 2017, Pages 38-42, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.074>.
- Pengcheng Liu, Qishi Zhou \*, Feiyang Fu and Wei Li. Bending Strength Design Method of *Phyllostachys edulis* Bamboo Based on Classification.  
Disponibile en: <https://doi.org/10.3390/polym14071418>
- Páez-Cornejo Julio Darío; Dela Rosa-Rosales Yusnier Enrique; Verdiga-Solórzano Gema; Soto-Cevallos Johan Ariel; Barreto-Barre Lady Ximena. Caracterización Físico-Mecánica de la *Guadua Angustifolia Kunt* en tres cantones de la provincia de Manabí.  
*Revista Claustro*. Vol. 5, Núm. 10. ISSN: 2737-6478.  
DOI: <https://doi.org/10.56124/claustro.v5i10.0054>.
- Bismark Torres, Mercè Segarra, Luis Bragança. El bambú como alternativa de construcción sostenible. *Extensionismo, Innovación Y Transferencia Tecnológica - claves para el desarrollo - Volumen 5*.
- Rodríguez Romo, Juan Carlos. El bambú como material de construcción. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94403115>



Análisis de la resistencia a la Guadúa Angustifolia Kunth sometida a esfuerzos de flexión, de varios cantones de la provincia de Manabí, Ecuador

---

K.F. Chung, W.K. Yu, Mechanical properties of structural bamboo for bamboo scaffoldings, Engineering Structures, Volume 24, Issue 4, 2002, Pages 429-442, ISSN 0141-0296, Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0141-0296\(01\)00110-9](https://doi.org/10.1016/S0141-0296(01)00110-9).

Limin Tiam, Jianpeng Wei, Jiping Hao and Qiushuo Wang. Characterization of the Flexural Behavior of Bamboo Beams.

Journal of Renewable Materials. DOI: 10.32604/jrm.2021.015166.

Idalia Zaragoza-Hernández, Víctor Rubén Ordóñez-Candelaria, Guadalupe Martha Bárcenas- Pazos, Amparo Máxima Borja de la Rosa<sup>1</sup>, Francisco José Zamudio-Sánchez. Propiedades Físico-Mecánicas de una Guadua Mexicana (Guadua Aculeata). Maderas. Ciencia y tecnología 17(3): 505 - 516, 201. DOI:10.4067/S0718-221X2015005000045.

Mateo Gutiérrez-González, Caori Patricia Takeuchi-Tam. Efecto del contenido de humedad en la resistencia a tensión paralela a la fibra del bambú Guadua Angustifolia Kunth. Scientia et Technica Año XIX, Vol. 19, No. 3, septiembre de 2014. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701.

Patricia Luna, Jorge Lozano, Caori Takeuchi. Determinación experimental de valores característicos de resistencia para Guadua Angustifolia. Maderas. Ciencia y tecnología 16(1):77-92, 2014. DOI 10.4067/S0718-221X2014005000007.

Heriberto Echezuría. El Bambú como Recurso Sustentable para Construcción de Viviendas de Bajo Costo. Disponible en: <http://revistasenlinea.saber.ucab.edu.ve/temas/index.php/tekhne/index>

Eduard Sapuyes, Jesús Osorio, Caori Takeuchi, Mauricio Duarte, Wilson Erazo. Resistencia y elasticidad a la flexión de la guadua angustifolia kunth de Pitalito, Huila. Revista de Investigación, vol. 11 n° 1: 97-111, enero-junio 2018.

Céspedes Prieto Nubia Edith, Carda Castello Juan, Cervantes Estrada Luis Carlos, Gil Noreña Jonnathan Manuel. Análisis del Desarrollo Innovador para el Aprovechamiento de la (Guadua angustifolia Kunth) en la Sustitución de Cultivos Ilícitos. Ciencia en Desarrollo, Vol. 11 No. 2. Doi: <https://doi.org/10.19053/01217488.v11.n2.2020.11518>.