

GUADUA (*Guadua angustifolia*) MATERIAL DE INNOVACIÓN PARA EL DISEÑO

Guadua (*Guadua angustifolia*) material of innovation for design

**Anyela Toro-Arango¹
David Torrado-García²
Marly Tatiana Arena-Navarro³
Andrés Felipe Chinchilla-García⁴
María Camila de la Rosa-Oñate⁵
Johann Fernando Hoyos-Patiño⁶
Blanca Liliana Velásquez-Carrascal⁷**

*REVISTA FORMACIÓN ESTRATEGICA – ISSN 2805-9832
ACEPTADO: FEBRERO 2023*

Diseño gráfico, Fundación de Estudios Superiores Comfanorte – FESC

Resumen

La contaminación del planeta ha creado una alerta en diversos sectores, entre ellos el sector de la construcción. Con el objetivo de disminuir los problemas que impactan el medio ambiente, surgen alternativas a las técnicas y materiales tradicionales empleado hasta el momento. En Colombia, se opta por la construcción en Guadua (*Guadua angustifolia*), material usado como elemento estructural y decorativo. En el presente artículo se realiza una revisión bibliográfica sobre este material, sus usos en la construcción arquitectura sostenible, sus propiedades físico-mecánicas y las normas que lo rigen, utilizando el motor de búsqueda Google académico, escogiendo material de mayor relevancia de acuerdo a una antigüedad de 5 años a partir del año actual (2022). Analizando los documentos, se concluyó que la guadua es un excelente material para implementar en las construcciones actuales, pues es resistente, biodegradable, económico y renovable.

¹ Estudiante diseño gráfico, Fundación de Estudios Superiores Comfanorte – FESC-Ocaña, <https://orcid.org/0000-0002-4300-7793>

² Estudiante diseño gráfico, Fundación de Estudios Superiores Comfanorte – FESC-Ocaña, <https://orcid.org/0000-0002-2418-8058>

³ Estudiante diseño gráfico, Fundación de Estudios Superiores Comfanorte – FESC-Ocaña, <https://orcid.org/0000-0002-1390-0679>

⁴ Estudiante diseño gráfico, Fundación de Estudios Superiores Comfanorte – FESC-Ocaña, <https://orcid.org/0000-0002-5925-5847>

⁵ Estudiante diseño gráfico, Fundación de Estudios Superiores Comfanorte – FESC-Ocaña, <https://orcid.org/0000-0002-0943-2040>

⁶ Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Grupo de investigación GI@SD y GIPAB, <https://orcid.org/0000-0002-0377-4664>, correo: jfhoyosp@ufpso.edu.co

⁷ Fundación de Estudios Superiores Comfanorte – FESC-Ocaña, Docente investigadora, Docente Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Grupo de investigación GIPAB ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7718-853X>, correo: blvelasquezc@ufpso.edu.co

Palabras clave: guadua angustifolia Kunth, construcción sostenible, materiales renovables, arquitectura sostenible, diseño y construcción en guadua.

Abstract

The contamination of the planet has created an alert in several sectors, among them the construction sector. In order to reduce the problems that impact the environment, alternatives to the traditional techniques and materials used so far have emerged. In Colombia, the construction of Guadua (*Guadua angustifolia*), a material used as a structural and decorative element, has been chosen. In this article, a bibliographic review on this material, its uses in sustainable architectural construction, its physical-mechanical properties and the norms that govern it, using the academic Google search engine, choosing the most relevant material according to an age of 5 years as of the current year (2022). Analyzing the documents, it was concluded that guadua is an excellent material to implement in current constructions, as it is resistant, biodegradable, economical and renewable.

Key words: guadua angustifolia Kunth, sustainable construction, renewable materials, sustainable architecture, design and construction in guadua.

Introducción:

El campo de la construcción causa gran impacto ambiental, pues utiliza recursos naturales renovables y no renovables en grandes cantidades, además de generar gran consumo de energía (cita). Por un lado, hay grandes emisiones de dióxido de carbono, mientras que por el otro están los vertederos de residuos líquidos y sólidos, los cuales causan contaminación al medio ambiente. En los últimos años la preocupación por el cuidado medio ambiental comienza a ser relevante en el mundo, desde aspectos como la bioclimática, reciclaje de materiales de construcción (ladrillos, revestimientos para piso con botellas PET, madera para fachadas, entre otros), la eficiencia energética, la ergonomía y el buen aprovechamiento de los recursos hídricos en las edificaciones. Los ingenieros, diseñadores, arquitectos y agentes inmobiliarios ya tienen las manos encima de estos aspectos (Lince & Gonzales, 2010). A partir de esta concientización de Colombia y el mundo, nace la *construcción sostenible*.

En el contexto de la construcción sostenible en Colombia y por consiguiente el uso de materiales renovables, se debe mencionar que el interés por la *Guadua angustifolia Kunth* nace de la buena respuesta estructural de las edificaciones construidas con este material a la actividad sísmica en el Eje Cafetero (Sapuyes, et al, 2018). Además, que como ya se mencionó, fomentar el uso de materiales renovables en la construcción es fundamental para reducir el impacto ambiental, impulsar el desarrollo y progreso del sector construcción y el uso de la guadua es un camino para lograrlo (Estefan, 2016).

La *guadua angustifolia Kunth* fue descubierta por el botánico alemán Karl Sigmund Kunth en 1822. El nombre *guadua* fue utilizado por los pueblos originarios de Colombia y Ecuador (Medina, 2018). Esta especie de bambú tiene su hábitat natural en Ecuador, Colombia y Venezuela;

es una de las 3 especies de bambú que más crecen y una de las más importantes a nivel económico. La guadua posee una gran distribución a lo largo de Colombia, cubriendo un área estimada de 51.500 ha (hectárea), de las cuales 46.250 ha son rodales naturales y 5.250 ha son plantaciones (García & Kleinn, 2010).

La guadua constituye el género de bambú nativo más importante de América tropical, es endémica de este continente y se puede encontrar un aproximado de 30 especies distribuidas desde México hasta Argentina y en altitudes que van desde el nivel del mar a los 2200 m.s.n.m (Montoya, et al, 2006). Se le considera como el tercer bambú más grande del mundo, siendo superada por dos especies de Asia y hace parte de las gramíneas, es decir, está compuesta por el rizoma, tallo o culmo, ramas, hojas, flores y frutos. (Zaragoza, et al, 2014).

Las características clave de sostenibilidad que la guadua ofrece se encuentran rápido crecimiento, fácil renovación y ser biodegradable, así como capacidad de absorber carbono; sugiere que el material puede desempeñar un papel importante en la industria de la construcción, artesanía y medicina y de hecho se ha estimado que algunas especies de bambú podrían tener una tasa de uso cuatro veces más grande que la madera (Flandes & Rovers, 2008).

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de la presente revisión bibliográfica es analizar el estado actual sobre el uso de la guadua como material renovable, sus características físico-mecánicas, resistencia, su conservación, y las normas y códigos que regulan su uso en Colombia. Igualmente quiere indagar los atributos que ofrece la misma; reconociendo los beneficios del manejo de esta en aspectos de sostenibilidad y así mismo identificando los diferentes usos dentro del diseño. La presente investigación se apoya en un estudio de tipo documental, que como lo menciona Reyes-Ruiz & Carmona (2020) este es un procedimiento de carácter científico con un proceso ordenado de investigación, recolección, análisis e interpretación de datos.

Metodología

La presente revisión bibliográfica sobre “La Guadua (*Guadua angustifolia*) material de innovación para el diseño”, permitió estructurar de forma ordenada la búsqueda de publicaciones relacionados con el fenómeno estudiado (Monsalve, Velásquez-Carrasca y Hoyos-Patiño, 2021), apoyado en el motor de búsqueda de Google académico.

Se realizó una búsqueda bibliográfica con ayuda del motor de búsqueda *Google Académico*, el cual permitió identificar artículos, tesis, libros y resúmenes de repositorios universitarios. En el buscador se filtró la información con un rango de años entre 2017 a 2022 de publicaciones y las palabras clave: guadua, construcción sostenible y materiales renovables.

Además, la presente investigación se apoya en un estudio de tipo documental, que como lo menciona Reyes-Ruiz y Carmona (2020), esta es un procedimiento de carácter científico con un proceso ordenado de investigación, recolección, análisis e interpretación de datos que ayuden a

comprender el tema que se estudia, en el caso del presente artículo se busca comprender la utilidad de la guadua en la disciplina de diseño.

Criterios de inclusión: la investigación tomo como herramienta artículos adquiridos de Google académico publicados dentro de los últimos 5 años en español, que tratan sobre las diferentes alternativas del uso del reciclaje como opción de sostenibilidad en el diseño, a raíz de revisiones bibliográficas y artículos de investigación, a su vez, empleando apoyo de bases de datos y revistas “Science Direct”, “Dialnet”, “Redalyc”, “modulo”, “espacios”, “revistas científicas de economía”, “EAFIT”, y repositorio universitario tanto a nivel nacional como internacional.

Resultados y discusión

Propiedades físicas y mecánicas de la guadua

Debido a la anatomía de la caña, la guadua muestra un comportamiento viscoelástico y anisotrópico que brinda propiedades como material elástico y moldeable que puede tomar cualquier forma. Dentro del diseño de le considera como material ortotrópico (material con dos o tres ejes ortogonales entre sí y doble simetría rotacional) (ver ilustración 1).

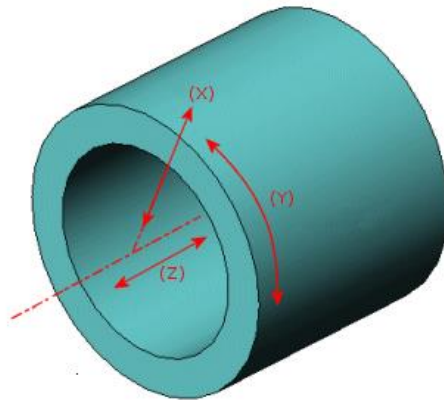


Ilustración 1, Materiales isotrópicos y ortotrópicos, obtenido de: <https://acortar.link/gpMhWy>

Sin embargo, las particularidades son más importantes a lo largo de la caña, pues la densidad aumenta con la altura gracias a la forma cónica de la guadua (Correal, 2020). Además, la edad de la cosecha es un factor fundamental en las propiedades físicas y mecánicas de la guadua. La más alta resistencia en relación con la edad del material varía entre especies de bambú, pero de forma general se sabe que todas las especies de bambú maduran después de 3 años (ver ilustración 2).



Ilustración 2, características del bambú, obtenido de: <https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/>

El contenido de humedad también afecta el rendimiento a largo plazo de la guadua y se debe valorar al diseñar estructuras. De igual forma que con la madera, la guadua verde (recién cosechada) tiene menor resistencia que cuando está seca; el efecto de la humedad sobre la guadua se determina por el punto de saturación de la fibra, que varía dentro de las cañas, generalmente entre el 20% y el 30% (Correal, 2020).

Debido a sus propiedades de resistencia, flexibilidad y durabilidad, la guadua se considera como “acero vegetal”, pues en el Instituto Alemán de Pruebas de Materiales de Construcción Civil de Stuttgart realizaron pruebas en el año 1999, en las cuales se hallaron dos probetas. Una de las probetas era de hierro con sección de 1 cm^2 , la cual resistió 40 kN (Kilonewton) a tracción, mientras que la segunda probeta era de guadua con sección de 12 cm^2 y resistió 216 kN también a tracción (Sierra, 2021).

Conservación de la guadua

Una gran preocupación cuando se usa guadua como material de construcción es la durabilidad, se estima que la vida útil sin tratar es de 1 a 3 años cuando está en contacto con el suelo; de 4 a 5 años para los elementos que se protegen de la exposición exterior y más de 15 años para aquella guadua que está en condiciones favorables. Se necesita tratarla para mejorar su durabilidad, utilizando métodos tradicionales (que no contienen químicos), está comprobado que los métodos químicos son mejores para conservarla cuando se trata de proyectos de construcción a gran escala. La penetración de los productos químicos en el tallo es más difícil que en la madera, pues no tienen las células de rayos que forman un sistema de transporte radial que permita una mejor absorción a través del espesor de la pared. Los métodos de conservación que son seguros y eficaces, usando productos químicos como el bórax, el ácido bórico y el boro (Correal, 2020).

Para proteger a las cañas contra el ataque biológico, se usan los métodos de tanque abierto para remojo en frío, Boucherie modificado y tratamiento a presión. El primero es simple y brinda una excelente protección, en éste las cañas se sumergen en un tanque con conservante hidrosoluble durante varios días. Es importante que antes de sumergir las cañas en el tanque, se debe perforar un agujero en cada entrenudo para permitir que la solución química penetre (ver ilustración 3). El método de Boucherie modificado usa un sistema de presión que se conecta a un extremo del tallo, y el preservante es forzado axialmente a través de los vasos del culmo hasta que sale por el otro extremo. La ventaja de este método es que reduce el tiempo de penetración de días a sólo unas horas, si se compara con el método de tanque abierto para remojo en frío, además

de que el residuo de la solución química se puede reciclar una vez limpia, sólo debe agregarse más solución química para lograr la concentración original. Por último, el método de tratamiento a presión, que se considera el mejor para conservar guadua, es también el más costoso de los tres. Este método requiere de equipo especializado que aplique presión en un rango de 0,5 y 1,5 N/mm² (Newton sobre milímetros al cuadrado). Normalmente se usan conservantes como la creosota o conservantes a base de agua (Correal, 2020).



Ilustración 3, Procesos de la guadua, obtenido de: <https://guaduasecol.com/blog/f/procesos-de-la-gadua>

Resistencia al fuego

La guadua es un material combustible como la madera, así que cuando se expone a una cierta cantidad de calor, presenta pérdidas y reducción de la resistencia. Teniendo en cuenta, si se plantea usar la guadua como material estructural para edificios (su uso más frecuente), es necesario saber cómo se comporta bajo el fuego. La reacción de un material al fuego está asociada a la facilidad con la que un material se enciende y la propagación del fuego en condiciones específicas, mientras que, si se habla de resistencia al fuego, se habla de la capacidad del material de mantener su capacidad de sellado y aislamiento de la transferencia de calor, y la resistencia estructural bajo exposición al fuego Xiao, Y., & Ma, J. (2012).

En el artículo “Prueba de simulación de incendio y análisis de un edificio con estructura de bambú laminado” se muestra que la reacción al fuego de los postes y laminados de *guadua angustifolia Kunth* tiene un flujo crítico de ignición más alto y que requiere más tiempo de exposición para lograr la ignición bajo un flujo constante que la madera contrachapada hecha de pino radiata. Además, que la guadua exhibió un flujo crítico de ignición más alto que los valores de referencia tradicionales para las especies de madera, esto se puede explicar por la microestructura de la caña, ya que la corteza exterior está compuesta de células de sílice que pueden brindar protección contra el fuego. En cuanto a la resistencia al fuego, Xiao y Ma encontraron índices de carbonización similares o inferiores a los del contrachapado. También se encontró una menor disminución en la resistencia a la flexión media a medida que aumentaba la temperatura para postes y laminados de guadua en relación a la madera contrachapada (Xiao & Ma, 2012).

Para la construcción de edificios de guadua, se puede adaptar o implementar la experiencia de seguridad que establecen las normas y los códigos de construcción para los edificios de madera. Los ensayos que realizaron Xiao y Ma, (2012). demostraron que los edificios con estructura de guadua laminada encolada que se utilizan en detalles de diseño similares a los que se usan en edificios de madera de USA, tienen un muy buen rendimiento contra incendios. No obstante, aún se deben hacer más investigaciones sobre el comportamiento de la guadua frente al fuego, y también estudiar las demás especies de bambú que existen.

NSR-10 (Norma Sismorresistente Colombiana)

En Colombia, todas las construcciones son reguladas por códigos de construcción y normas, siendo la más importante y completa la NSR-10 cuya última actualización se realizó en el año 2021. Actualmente cuenta con once capítulos, donde el capítulo G se ocupa de las construcciones de estructuras de madera y estructuras de guadua. En este capítulo, se mencionan los requisitos de calidad para la guadua estructural: la guadua debe ser la de especie *guadua angustifolia Kunth*; la edad de cosecha para la guadua debe ser entre los 4 y los 6 años; el contenido de humedad debe corresponder con la humedad del ambiente; si se construye con guadua en estado verde, se deben tener las precauciones necesarias (Asociación colombiana de ingeniería sísmica, 2021)

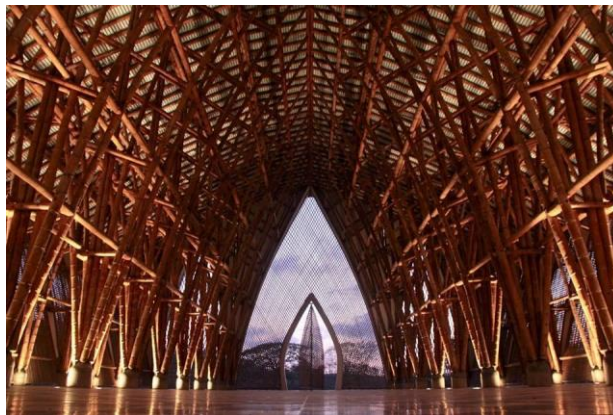


Ilustración 4, construcciones en guadua con potencial turístico, obtenido de: <https://n9.cl/5bl94>

Arquitectura contemporánea en bambú

Desde hace quince años, muchos despachos de arquitectura se han interesado por las construcciones en bambú, queriendo utilizarlo en sus proyectos (ver Ilustración 5). Su interés recae sobre las propiedades mecánicas del material o sobre la apariencia del mismo.



Ilustración 5, Estructura de Guadua, barrio El Bosque, Ocaña-Colombia

Hay dos tendencias alrededor de este tema, por un lado, están los arquitectos que usan el bambú como envolvente y los que lo usan como elemento estructural (*ver Ilustración 6*). En el caso de envolvente, se utiliza como persianas, para el condicionamiento térmico pasivo, y como revestimiento (Ballesté & Ruggiero, 2015). En la actualidad, existen ingenieros y arquitectos que se especializan en el diseño y la construcción de estructuras de bambú. A continuación, se mencionan algunos de ellos:



Ilustración 6, EL BAMBÚ Y LA ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA EN BRASIL, obtenido de:
<https://worldbamboo.net/3cmb2016/Joan%20Font.docx.pdf>

En primera instancia, se tiene a Simón Vélez, arquitecto colombiano, su obra se caracteriza por usar madera, y también guadua, este último como elemento estructural y decorativo. De hecho, en la página web de su oficina de diseño hay un eslogan que dice “Arquitectura vegetariana”. Además, desarrolló un nuevo tipo de conexión de nudos, usando pernos y placas de acero que normalmente se usan para juntas de esquinas y voladizos. El montaje que realiza consiste en tornillos longitudinales o axiales (esto depende del tipo de obra) y las placas que conectan las unidades de guadua (Lapina & Zakieva, 2021).

En segundo lugar, se tiene a Markus Heinsdorff, un artista alemán que trabaja en las áreas de diseño, arquitectura y fotografía, y quien es uno de los activistas en este campo. En el año 2008, fungió como líder y su empresa construyó 21 pabellones únicos en Guangzhou, en los cuales utilizó una estructura de marco de bambú y una combinación de elementos de acero, ballestas y lechada en las conexiones de los nodos (Lapina & Zakieva, 2021).

En tercer lugar, se tiene a Elora Hardy, una diseñadora canadiense-indonesia que fundó la empresa IBUKU y se le reconoce por diseñar una comunidad de casas de bambú cerca de Denpasar en Bali (Medina, 2018). Según Elora Hardy, construir una casa en bambú es más barato que una estructura convencional, pero el tiempo que se requiere para construirla es mayor, así que de cierta forma se equilibra.

Por último, el profesor Xiao Yang, profesor de la Universidad de Hunan (China) desarrolló una tecnología para producir madera contrachapada de bambú, a partir de la cual se construyó un edificio residencial liviano de poca altura. Los nodos de la estructura se realizaron mediante conexiones atornilladas, lo que aseguró la velocidad y comodidad durante el proceso constructivo (Lapina & Zakieva, 2021).

Dentro del desarrollo (intro al proyecto de aula) Proyecto

Árbol

Teniendo en cuenta las fechas decembrinas y lo expuesto en este artículo, se optó por la creación y diseño de un Árbol navideño, a continuación, se presentarán 3 diseños propuestos por el equipo de trabajo.

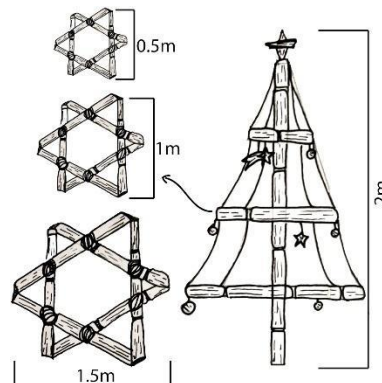


Ilustración 7, Propuesta de Andrés Felipe Chinchilla



Ilustración 8, Propuesta de María Camila de la Rosa



Ilustración 9, Propuesta de Marly Tatiana Arenas

Logo

Con el propósito de complementar nuestro proyecto, se ideó un imagotipo (signo gráfico acompañado de texto) con tipografía SanSerif de nombre LEMON MILK, misma que fue

escogida para generar una similitud con la imagen corporativa de la FUNDACIÓN DE ESTUDIOS SUPERIORES COMFANORTE, se utilizó una gama de colores representativa de la guadua y fue añadido su nombre científico.



Conclusiones

Los autores que caracterizan la guadua en documentos, investigaciones, tesis y demás estudiados en esta revisión, le atribuyen características desde el bajo costo del material, sus características físico-mecánicas, su carácter biodegradable y ecológico, y hasta su resistencia ante la actividad sísmica, la guadua ha demostrado tener grandes ventajas para la realización de construcciones. Con esto en cuenta, se puede decir que la guadua tiene un gran futuro en el campo de la construcción y la arquitectura, pues con el aumento de su uso disminuirá: la escala de deforestación, la contaminación ambiental, el cambio climático y demás problemas que genera la construcción masiva de concreto y acero. Se espera que, en el futuro, se sigan realizando investigaciones como las que fueron estudiadas en esta revisión bibliográfica, pues aún hay mucho por ahondar en la construcción con guadua y muchas de sus características aún siguen siendo vagas.

Bibliografía

Arcilla, J. H., & Flórez, G. (1988). Guadua y madera aplicadas a nuevas tecnologías de vivienda popular en Caldas. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Arquitectura, Centro de Estudios del Hábitat Popular - CEHAP: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8679>

Asociación colombiana de ingeniería sísmica. (2021). Título G - Estructuras de Madera y Estructuras de Guadua. Recuperado el 2 de Octubre de 2022, de Guadua Bambú Colombia: <https://guaduabambucolombia.files.wordpress.com/2013/02/manual-de-sismoresistencia-snr-10-pag-1-113-143.pdf>

Avella, Á. C., & Gil, V. J. (2010). Estatus de la guadua como material constructivo según concepto de los usuarios de los estratos 1 a 3 en la sociedad quindiana. Sophia. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/4137/413740747009.pdf>

Ballesté, J. F., & Ruggiero, M. N. (2015). El bambú y la arquitectura contemporánea en Brasil. Obtenido de World Bamboo: <https://worldbamboo.net/3cmb2016/Joan%20Font.docx.pdf>

Benavides, A. J., & Valle, Â. d. (2018). Inspección y estado de conservación de edificaciones de bambú en el litoral de Santa Catarina - Brasil. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/336568313_Inspeccion_y_estado_de_conservacion_de_edificaciones_de_bambu_en_el_litoral_de_Santa_Catarina_-_Brasil

Brakke, A., & Díaz, I. (2016). Formas Innovadoras y Sustentables Construidas en Guadua. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de Festival internacional de la imagen: https://festivaldelaimagen.com/wp-content/uploads/2017/07/ARON_BREQUE-IVANNA_DIAZ.pdf

Cassanova, W. R. (2013). Estudio de factibilidad para la construcción en guadua de vivienda de interés social. Recuperado el 2 de Octubre de 2022, de Repositorio Uniminuto: https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/2838/1/TEPRO_RamirezCasanovaWilliam_2013.pdf

Cassanova, W. R., & Caballero, O. D. (2007). Estudio de factibilidad técnica y económica para la construcción de viviendas de dos plantas, en Guadua, en la ciudad de Girardot. Recuperado el 2 de Octubre de 2022, de Repositorio Uniminuto: https://repository.uniminuto.edu/jspui/bitstream/10656/403/1/TIC_SarmientoCaballeroOscarDaniel_08.pdf

Castañeda, C. A. (2017). Construcciones sostenibles y certificaciones LEED en Colombia. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de Fundación Universidad de América: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7034/1/465230-2017-I-GA.pdf>

Castañeda, L. A. (2015). La guadua una alternativa para la construcción de viviendas de interés social. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de Repositorio UNAD: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/3427/7254144.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Correal, F. F. (2020). Diseño y construcción con bambú. Materiales de construcción no convencionales y vernáculos, 521-559. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081027042000196?via%3Dihub>

Cubillos, W. J., Rincón, W. X., Alfonso, O. L., & Piraquive, F. N. (2020). Identificación y análisis de patologías en la guadua angustifolia kunth utilizada en construcción . Medellín: Universidad Católica de Colombia. Recuperado el 30 de Septiembre de 2022, de <https://www.researchgate.net/profile/Edgar-Serna->

[M/publication/344418700_Investigacion_formativa_en_ingenieria_4/links/5f739a03a6fdcc008648239a/Investigacion-formativa-en-ingenieria-4.pdf#page=61](https://www.repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59719/Sebasti%C3%A1nNarv%C3%A1ezEste%20fan.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Delgado, G. (2017). Ecología y ambiente. Diseño y sustentabilidad en construcciones con caña guadua. DAYA. Diseño, Arte y Arquitectura, 75. Recuperado el 2 de Octubre de 2022, de <https://201.159.222.81/index.php/daya/article/view/32/28>

Estefan, S. N. (2016). Caracterización de las propiedades físico-mecánicas de la Guadua angustifolia Kunth del municipio de Oiba, Santander. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de Repositorio Universidad Nacional de Colombia: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59719/Sebasti%C3%A1nNarv%C3%A1ezEste%20fan.2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Flandes, K. d., & Rovers, R. (4 de Enero de 2008). Una casa con estructura de bambú laminado por hectárea y año. Materiales de construcción y edificación, 1-9. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095006180800010X>

Flores Tafur, J. (2020). Características físico mecánicas del bambú guadua como material estructural alternativo para la construcción en el Valle del Alto Mayo-2020. Recuperado el 30 de Septiembre de 2022, de Repositorio Universidad César Vallejo: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/77387>

Fonseca, L. C., & Barrera, W. D. (2017). Unión metálica para estructuras en guadua. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de Universidad la Gran Colombia: <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/3375>

García, J. C., & Klein, C. (30 de Julio de 2010). Curvas de longitud y funciones de volumen del bambú guadua (Guadua angustifolia Kunth) para la región cafetera de Colombia. Revista Europea de Investigación Forestal, 1213-1222. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de <https://link.springer.com/article/10.1007/s10342-010-0411-2>

González, M. G., & Tam, C. P. (2014). Efecto del contenido de humedad en la resistencia a tensión paralela a la fibra del bambú Guadua Angustifolia Kunth. Scientia Et Technica, 245-250. Recuperado el 2 de Octubre de 2022, de <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/9117>

Lapina, A. P., & Zakieva, N. I. (2021). El bambú en la construcción y la arquitectura modernas. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1-6. Recuperado el 2 de Octubre de 2022, de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1083/1/012019/pdf#:~:text=Bamboo%20grows%20mainly%20in%20the,used%20as%20a%20finishing%20material>.

Lince & Gonzales (2010) Secretaría del Medio Ambiente de Medellín. Manual de gestión socio-ambiental para obras de construcción. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de Área metropolitana: <https://www.metropol.gov.co/ambiental/SiteAssets/Paginas/Consumo-sostenible/Construccion-sostenible/Manualambientalparaprocesosconstructivos.pdf>

López, D. P. (2009). Desarrollo de un sistema de construcción a partir de estructuras en guadua. Recuperado el 30 de Septiembre de 2022, de Repositorio EAFIT: <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4265/Proyecto%20de%20Guadua-Daniel%20Palacios%20L%C3%B3pez.pdf?sequence=1>

Luna, P., Takeuchi, C., Granados, G., Lamus, F., & Lozano, J. (2011). Metodología de diseño de estructuras en guadua angustifolia como material estructural por el método de esfuerzos admisibles. Revista Educación En Ingeniería, 66-75. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de <https://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/117>

Marín, G. F., & Weich, H. S. (2007). La guadua: un sistema innovador para la construcción de vivienda en Anapoima-Cundinamarca. Recuperado el 30 de Septiembre de 2022, de Repositorio de la Universidad de la Salle: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1035&context=esp_gerencia_proyectos

Medina, Y. S. (2018). Diseño arquitectónico del bambú como material ecológico alternativo del siglo XXI. Arquitectura y tecnologías modernas de la información, 201-211. Recuperado el 2 de Octubre de 2022, de https://marhi.ru/AMIT/2018/1kvart18/PDF/15_solanilla_medina.pdf

Montoya, L. E., Serna, L. R., & Ríos, E. E. (1 de Octubre de 2006). Estudio de las propiedades mecánicas de haces de fibra de Guadua angustifolia. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, 124-133.

Monsalve, E. J. B., Velásquez-Carrasca, B. L., & Hoyos-Patiño, J. F. (2021). Contemporaneidad de las corrientes del pensamiento en los paradigmas de investigación. Aglala, 12(S1), 163-181. <https://revistas.curn.edu.co/index.php/aglala/article/view/2128>

Moreno, L. A., Rojas, W. G., & Junco, O. J. (2012). Caracterización de la Guadua Angustifolia Kunth cultivada en Miraflores (Boyacá) de acuerdo con la NSR-10. Facultad de ingeniería, 53-71. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/4139/413940772006.pdf>

Peñaranda, D. S. (2015). Análisis estructural de una vivienda prototipo prefabricada de guadua Angustifolia Kunth. Recuperado el 2 de Octubre de 2022, de Repositorio Universidad la Gran Colombia: <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/4507>

Priego, M. C., Moreira, M. A., Ochoa, M. O., & Guagua, E. A. (2018). La guadúa que se corta: paisajes culturales y patrimonio construido en la costa ecuatoriana (Manabí, Ecuador). Revista Española de Antropología Americana. Recuperado el 2 de Octubre de 2022, de https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Castro-Priego/publication/332232317_La_gadua_que_se_corta_paisajes_culturales_y_patrimonio_construido_en_la_costa_ecuatoriana_Manabi_Ecuador/links/5d6ac99092851c85388381f1/La-gadua-que-se-corta-paisajes-cultur

Puentes, S. S. (2015). Factibilidad de uso de la guadua (guadua angustifolia) proveniente de los llanos occidentales, en la fabricación de tableros de pajilla y cemento para la construcción. La Revista Forestal Venezolana, 103-105. Recuperado el 30 de Septiembre de 2022, de

<https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA506564073&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=05566606&p=IFME&sw=w&userGroupName=anon%7E54b9f38>

Reyes-Ruiz, L., & Alvarado, F. A. (2020). La investigación documental para la comprensión ontológica del objeto de estudio. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de Repositorio Universidad Simón Bolívar: <http://bonga.unisimon.edu.co/handle/20.500.12442/6630>

Sánchez, M. d. (2010). Prototipo de vivienda de interés social en guadua y bahareque. Recuperado el 2 de Octubre de 2022, de Repositorio Universidad Piloto de Colombia: <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6961>

Sapuyes, E., Osorio, J., Takeuchi, C., Duarte, M., & Erazo, W. (2018). Resistencia y elasticidad a la flexión de la guadua angustifolia Kunth de Pitalito, Huila. Revista de Investigación Fundación Universidad de América, 97-111. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de <https://revistas.uamerica.edu.co/index.php/rinv/article/view/182/180>

Sierra, A. Y. (2021). Estado del arte de construcciones convencionales del bambú en Colombia. Recuperado el 30 de Septiembre de 2022, de Repositorio Universidad Militar Nueva Granada: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/39301/Rodr%c3%adguezSierraArnoldYesid2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tahmasebinia, F., Ma, Y., Joshua, K., Sepasgozar, S. M., Yu, Y., Li, J., . . . Marroquin, F. A. (2021). Arquitectura Sostenible Creando Arcos Usando una Estructura de Rejilla de Bambú: Análisis numérico y diseño. Sostenibilidad, 1-25. Recuperado el 2 de Octubre de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/349716410_Sustainable_Architecture_Creating_Arches_Using_a_Bamboo_Grid_Shell_Structure_Numerical_Analysis_and_Design

Tam, C. P., & González, C. E. (2007). Resistencia a la compresión paralela a la fibra de la guadua angustifolia y determinación del módulo de elasticidad. Ingeniería y Universidad (Universidad Javeriana), 89-103. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2343080>

Vanga, M. G., Briones, O., Zevallos, I., & Cevallos, D. (2021). Bioconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña Guadua angustifolia Kunth. Novasinergia, 53-73. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rns/v4n1/2631-2654-rns-4-01-00053.pdf>

Maldonado-Pinto, J. E. (2022). Construcción de un modelo de ecoturismo sostenible para el Norte de Santander. *Aibi Revista De investigación, administración E ingeniería*, 10(2), 1-8. <https://doi.org/10.15649/2346030X.2479>

Villamizar Cruz, N. I. ., Hernández Molano, A. ., Torres Pérez, Y. ., Rua Ramírez, E. B. ., & López Niño, C. F. . (2020). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SILLA DE RUEDAS MANUAL A BASE DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, 2(34), 45–51. <https://doi.org/10.24054/16927257.v34.n34.2019.62>

Xiao, Y., & Ma, J. (2012). Prueba de simulación de incendio y análisis de un edificio de estructura de bambú laminado. Construcción y materiales de construcción, 257-266. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061812001547>

Zaragoza-Hernández, I., Rosa, A. B., Sánchez, F. J., Ordóñez-Candelaria, V. R., & Bárcenas-Pazos, G. M. (2014). Anatomía del culmo de bambú (*Guadua aculeata* Rupr.) de la región nororiental del estado de Puebla, México. Maderas y Bosques, 87-96. Recuperado el 1 de Octubre de 2022, de <https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v20n3/v20n3a8.pdf>

Ilustración 1, Materiales isotrópicos y ortotrópicos, obtenido de: <https://acortar.link/gpMhWy>

Ilustración 2, características del bambú, obtenido de: <https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/>

Ilustración 3, Procesos de la guadua, obtenido de: <https://guaduasecol.com/blog/f/procesos-de-la-guadua>

Ilustración 4, construcciones en guadua con potencial turístico, obtenido de: <https://n9.cl/5bl94>

Ilustración 5, Estructura de Guadua, barrio El Bosque, Ocaña-Colombia

Ilustración 6, EL BAMBÚ Y LA ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA EN BRASIL, obtenido de: <https://worldbamboo.net/3cmb2016/Joan%20Font.docx.pdf>

Ilustración 7, Propuesta de Andrés Felipe Chinchilla

Ilustración 8, Propuesta de María Camila de la Rosa

Ilustración 9, Propuesta de Marly Tatiana Arenas

Ilustración 10, Logo GUADUA