

Recibido 10/12/2023

Aceptado 02/04/2024

Artículo Original

ANÁLISIS DE LA NORMATIVIDAD DE CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ EN LATINOAMÉRICA.

ANALYSIS OF THE REGULATIONS FOR CONSTRUCTION WITH BAMBOO IN LATIN AMERICA.

Torres Mayor G.

-  Instituto Tecnológico Nacional Campus Colima, México.
-  <https://orcid.org/0009-0002-5608-4322>
-  gumetorres@gmail.com

Orozco Gutiérrez G.

-  Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México.
-  <https://orcid.org/0000-0003-2836-9064>
-  orozco.gabriela@inifap.gob.mx

Navarro Arellano J. F.

-  Instituto Tecnológico Nacional Campus Colima, México.
-  <https://orcid.org/0000-0002-8121-7986>
-  fidel.navarro@colima.tecnm.mx

Solís Enríquez J. J.

-  Instituto Tecnológico Nacional Campus Colima, México.
-  <https://orcid.org/0000-0002-9267-6045>
-  jesus.solis@colima.tecnm.mx

Moreno Peña J. R.

-  Instituto Tecnológico Nacional Campus Colima, México.
-  <https://orcid.org/0000-0002-9123-0252>
-  ricardo.moreno@colima.tecnm.mx

Cita este artículo:

Torres Mayor G., Orozco Gutiérrez G., Navarro Arellano J.F., Solís Enríquez J. J. y Moreno Peña J.R. (2024). Análisis de la normatividad de construcción con bambú en Latinoamérica. *Revista de Arquitectura y Urbanismo Taypi*, 3(1), 10 - 18. Doi: 10.5281/zenodo.11218183

Resumen

El bambú ha sido utilizado desde la antigüedad por nuestros antepasados en diversas aplicaciones, una de ellas es la construcción. Se ha empleado en distintos métodos constructivos, siendo el sistema bahareque uno de los más reconocidos. Sin embargo, no todos los países han normado el uso de este material natural para su implementación en la edificación, sino que han adoptado normas extranjeras, considerando criterios de los procesos constructivos locales. En Latinoamérica, una de las normas precursoras en la regulación del bambú es la NSR-10 de Colombia, la cual detalla en gran medida las características del bambú como elemento estructural. Asimismo, la norma E.100 peruana y la NEC-SE-GUADUA ecuatoriana son referentes principales para la utilización del bambú en procesos constructivos. Es imprescindible regular el empleo del bambú en la construcción para fomentar la familiarización con este sistema y evitar perspectivas negativas. Además, permitiría mejorar las técnicas de autoconstrucción y los procesos informales que a menudo carecen de supervisión profesional. El objetivo de este documento es identificar las normas que regulan el bambú como elemento estructural en Latinoamérica, analizando la profundidad de su información y destacando cuál cumple con una mayor cantidad de datos significativos. Se determinó que son pocos los países latinoamericanos pioneros en la creación de normas específicas. Como resultado, la norma colombiana NSR-10 presenta un estudio más exhaustivo de las propiedades del bambú.

Palabras clave

Bambú, latinoamérica y normatividad .

Abstract

Bamboo has been used since ancient times by our ancestors in various applications, one of which is construction. It has been used in different construction methods, making the bahareque system one of the most recognized. However, not all countries have regulated the use of this natural material for its implementation in construction, but have adopted foreign standards, considering the criteria of local construction processes. In Latin America, one of the forerunners in the regulation of bamboo is Colombia's NSR-10, which details in great detail the characteristics of bamboo as a structural element. Likewise, the Peruvian standard E.100 and the Ecuadorian NEC-SE-GUADUA are the main references for the use of bamboo in construction processes. It is essential to regulate the use of bamboo in construction to promote familiarity with this system and avoid negative perspectives. In addition, it would allow the improvement of self-construction techniques and informal processes that often lack professional supervision. The objective of this paper is to identify the standards that regulate bamboo as a structural element in Latin America, analyzing the depth of their information and highlighting which one complies with a greater amount of significant data. It was determined that few Latin American countries have pioneered the creation of specific standards. As a result, the Colombian standard NSR-10 presents a more exhaustive study of bamboo properties.

Keywords

Bamboo, latin america and normativity.

Nomenclatura

ABNT NBR 16828-2:2020: Norma Brasileña, Estructuras de Bambú parte 2: Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del bambú

E.100: Norma Técnica Peruana de Bambú

NSR-10: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente

NEC-SE-GUADÚA: Norma Ecuatoriana de la Construcción, Estructuras de Guadua (GaK)

NTC: Norma Técnica Complementaria para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera y Bambú.

Introducción

El interés por esta investigación surge del conocimiento de la normatividad que regula la construcción con bambú en Latinoamérica, debido a la importancia de contemplar la regulación de este elemento natural de menor impacto ambiental como una alternativa constructiva. Si bien Correa et al. (2021) mencionan que la utilización del bambú en la construcción data de tradiciones milenarias, empleado en América por las culturas preinca, maya y azteca, además de su uso en viviendas, también lo implementaron en la fabricación de artículos como cetros, pipas, petates y esteras.

Por otro lado, el bambú no sólo es un material de utilidad, sino que también ofrece beneficios ambientales, pues "puede ser empleado en proyectos de restauración ecológica, aprovechamiento de energía y almacenamiento de carbono" (Cruz et al., 2023).

Es importante resaltar que "la planta de bambú tiene un alto valor ecológico, crece en un tiempo relativamente corto en comparación con otras plantas, y su rápida madurez y alta resistencia la convierten en un material con características especiales frente a sismos" (Paredes, 2017). Dado que el bambú ha demostrado ser un material sostenible y resistente en la actualidad, es conocido como el "acero vegetal" (Cruz et al., 2023).

Si bien hay países que han adaptado el método de construcción a partir del bambú, considerando técnicas vernáculas o, en su defecto, diseñando nuevos métodos como el bahareque encementado implementado en Colombia, Ecuador y Perú, países de alto riesgo sísmico, la generación de manuales, normas técnicas y reglamentos es prioritaria para estos países donde el bambú es una práctica común en la construcción (Correa et al., 2021).

Correa et al. (2021) mencionan que, en México, a partir de los sismos de 2017, los especialistas dictaminaron que los casos más severos se generaron en viviendas de autoconstrucción debido a la falta de supervisión y criterio estructural. Además, Carazas (2021) expone que la población no tiene el conocimiento suficiente para construir con bambú y la falta de recursos conduce a una construcción precaria, omitiendo elementos estructurales importantes para enfrentar sismos.

De tal manera, Correa et al. (2014) exponen que existe poca bibliografía de estudios que permitan conocer las propiedades mecánicas de las especies de bambú cultivadas en México, resaltando que el uso del bambú comienza a readaptarse en la construcción en ese país. Por el contrario, Ruiz et al. (2023) mencionan que, según el Censo de Población y Vivienda 2020 en México, solo el 1% de la población utiliza materiales como lámina, carrizo, bambú, palma o bahareque, por lo que la técnica de construcción con bambú ha disminuido y está en gran medida en desuso.

Mientras tanto, Lukau et al. (2024) opinan que no existe suficiente información de estudios relacionados con la capacidad de resistencia del bambú a la flexión-compresión. Asimismo, Estrada et al. (2022) afirman que las normas y códigos que respalden el análisis y cálculo de estructuras de bambú aún son escasos.

En consecuencia, los ingenieros estructurales han recurrido a la adopción de normas extranjeras y metodologías propias para la realización de proyectos arquitectónicos, sin recurrir al diseño estructural, debido a la reproducción de sistemas vernáculos que no cuentan con una normativa legal (Correa et al., 2014).

Por lo tanto, el propósito de esta investigación es analizar la normatividad existente relacionada con el uso del bambú en Latinoamérica, con el objetivo de determinar si existe suficiente información y cuál cumple con mayores criterios para guiar adecuadamente el uso del bambú en la construcción, con base en los criterios establecidos por las normas legales de los países.

Metodología

El proceso utilizado para esta investigación se sustenta bajo el enfoque cualitativo, debido al análisis del contenido de las diferentes normas seleccionadas, identificando la amplitud de la información presentada en ellas. Basado en Quecedo y Castaño (2002), quienes definen la investigación cualitativa "como aquella que produce datos descriptivos: las propias palabras de las personas, habladas o escritas, y la conducta observable". Asimismo, Hernández y Fernández (2014) mencionan que el enfoque cualitativo "utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevos interrogantes en el proceso de interpretación".

De acuerdo con el enfoque planteado, la investigación se determina como transversal, ya que se recolectan los datos en un solo momento y tiempo (Hernández y Fernández, 2014).

La población objeto de estudio está integrada por la normatividad que se ha desarrollado en Latinoamérica, principalmente en los países que cuentan con similitud geográfica y que experimentan una aproximación al análisis estructural para la implementación de estas normas en el sector de la construcción, de tal manera que se sustente con una bibliografía reglamentaria el uso de este elemento natural.

Por consiguiente, se empleó la metodología utilizada por Mireles y Arellano (2015) mediante la revisión, sistematización, análisis y reinterpretación de la información. Por lo tanto, el proceso de investigación se estructuró en los siguientes momentos:

Revisión bibliográfica: Se identificaron los países de Latinoamérica que destacan por el uso del bambú en la construcción. La literatura debía estar relacionada con el tema de estudio y la búsqueda se realizó mediante la plataforma de Google en sitios web gubernamentales, delimitando la búsqueda de información. No se consideraron manuales de construcción creados por dependencias gubernamentales o instituciones privadas, ya que estos se basan en normas oficiales.

Sistematización de información: Se utilizó como instrumento una tabla a partir de las categorías expuestas en el curso en línea de Academia Bambuterra (2022), que se clasifican en los siguientes datos: Propiedades mecánicas, Vigas, Columnas, Conexiones/Uniones, Muro de corte y Clasificación del Bambú, las cuales se consideran para la realización de una metodología constructiva con bambú. Se añadió la categoría de mantenimiento para complementar el estudio propuesto en esta investigación.

Ánalisis de la información: Se revisó en las normas identificadas de cada país el nivel de información que contenían de acuerdo con los apartados de las categorías de la tabla utilizada como instrumento.

Reinterpretación de información: Se ponderó cada categoría con el fin de brindar una mayor claridad de la información, con criterios propios de evaluación dando un valor del 1 al 3 de acuerdo con la profundidad de la información que presenta cada categoría para la metodología de construcción, donde: 3 es mucho, 2 es poco y 1 es nada (ver Tabla 1). Estos valores se consideraron para exponer la profundidad de la información presentada.

Resultados

Se identificaron 5 países con la implementación de normas específicas para el uso del bambú en la construcción, resaltando que Colombia fue pionera en innovación tecnológica empírica y experimental, actualmente lo hace de manera científica desde la siembra, reproducción y manejo de tecnologías constructivas (Jové et al., 2013). Sin embargo, en México recientemente entró en

vigor la "Norma Técnica Complementaria para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera y Bambú" (NTC, 2023), dando un indicio de la regulación de este material en el país. De acuerdo con Dans et al. (2020), los países pioneros en liderar la importancia de establecer normas técnicas con bambú son: Colombia, Perú, Ecuador y Brasil, debido a la demanda de la utilización de este material para la autoconstrucción, retomando técnicas vernáculas como el sistema bahareque. Este no es considerado como apoyo gubernamental para solución de vivienda al no contar con un soporte normativo legal. Sin embargo, Ecuador, Panamá, Brasil, Argentina, Bolivia y otros países de Latinoamérica emplean esta técnica, la cual varía de acuerdo con la metodología creada por el poblador y los recursos disponibles (Correa et al., 2014).

Las normas que han brindado directrices para la utilización segura y efectiva del bambú son: la NSR-10 en su Título G - Estructuras de Madera y Estructuras de Guadua (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010) de Colombia; la E.100 Bambú (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2012) de Perú; la NEC-SE GUADÚA (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2016) de Ecuador; y la ABNT NBR 16828-2:2020 Estructuras de Bambú parte 2: Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del bambú (Asociación Brasileña de Normas Técnicas, 2020) de Brasil.

A partir de las normas mencionadas, se estableció un criterio para evaluar su contenido (ver Tabla 1), considerando valores del 1 al 3, donde 3 es el puntaje mayor.

Tabla 1.
Criterios para evaluar el contenido de información de las Normas.

Evaluación	Descripción de criterio
1	No contiene información relevante sobre el tema o carece de información y no cuenta con datos o argumentos suficientes.
2	Presenta información relacionada con el tema de manera limitada, la profundidad de la información no sustenta lo suficiente el contenido de la información.
3	Cuenta con una cantidad sustancial de información relevante, presenta detalles, datos y argumentos de la información, aborda ampliamente el tema.

De manera que los resultados del estudio de la información obtenida destacan un análisis profundizado de las propiedades mecánicas del material, considerándolo altamente resistente. Así, se garantiza que las construcciones cumplan con estándares de resistencia, dado que la mayoría de las normas obtuvo el valor máximo en esta categoría (ver Tabla 2).

En la misma medida de importancia que las propiedades mecánicas, se considera relevante el desarrollo de las especificaciones de vigas, columnas, conexiones y muros de bambú, siendo elementos estructurales principales en la construcción. Estos aspectos son considerados con un valor medio y alto en el contenido de las normas.

Es importante resaltar que, de acuerdo con Chicaiza et al. (2024), la Normativa ecuatoriana NEC-SE-GUADÚA está basada en versiones desactualizadas de normativas internacionales, lo que sugiere una revisión y actualización para reflejar los avances recientes en el campo de la construcción. Además, enfatizan que son pocas las normas y códigos que se enfocan en el diseño estructural de conexiones de bambú.

Tabla 2.
Contenido de normatividad en Latinoamérica para la construcción con bambú

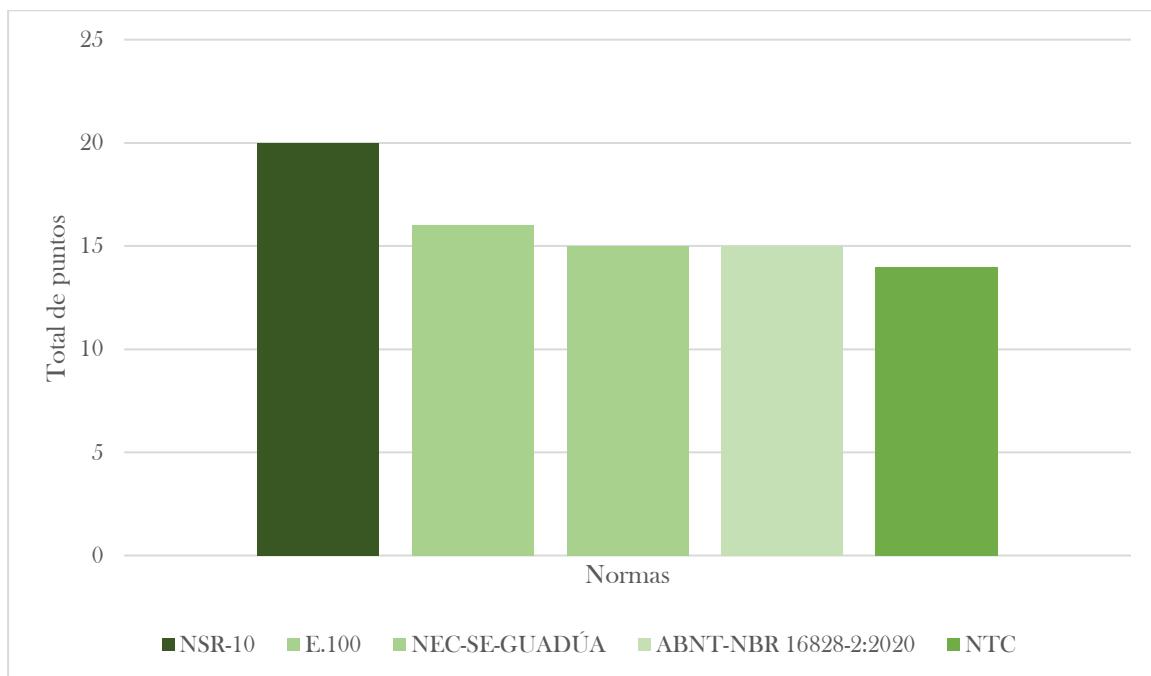
Norma	Eb ¹	Pm ²	V ³	C ⁴	C/U ⁵	Mc ⁶	M ⁷	Cb ⁸	Tp ⁹
NSR-10	2	3	3	3	3	3	2	1	20
E.100	2	3	3	2	3	1	1	1	16
NEC-SE-GUADÚA	2	2	3	2	3	1	1	1	15
ABNT- NBR 16828-2:2020	1	3	3	2	2	2	1	1	15
NTC	1	3	2	2	2	1	1	1	13

(1) Especie(s) de bambú, (2) Propiedades Mecánicas, (3) Vigas, (4) Columnas, (5) Conexiones /Uniones, (6) Muro de corte, (7) Mantenimiento, (8) Clasificación del bambú, (9) Total, de puntos.

En base a la información de la Tabla 2, se puede comprender que la NSR-10 tiene una mayor profundidad de información en su contenido, obteniendo el puntaje más alto. Seguidamente, se encuentra la norma E.100, que de acuerdo con Díaz (2016), se creó con información empírica existente y teniendo como referente principal la norma colombiana. Posteriormente, se encuentran de manera limitada las normas NEC-SE-GUADUA y ABNT-NBR 16828-2:2020, ambas obteniendo un total de 15 puntos, coincidiendo con el resto de las normas en la categoría referida a la clasificación del bambú con el valor mínimo, un tema que no abordan suficientemente las normas para construcción con bambú.

Finalmente, se encuentra la Norma Técnica Complementaria Para Diseño y Construcción de Estructuras de Madera y Bambú, que se clasifica con el menor puntaje de las normas consideradas, debido a que fue modificada recientemente.

Figura 1.
Resultados de profundidad de información de las normas aplicadas a la construcción con bambú.



Es importante señalar que el bambú guadua presenta las mejores propiedades mecánicas, por lo que en la mayoría de las normas se considera para su estudio, ya que varias investigaciones

(Rodríguez, 2006; Sánchez et al., 2016; Pérez et al., 2021; Rodríguez et al., 2023) confirman que es un elemento natural estructuralmente resistente y óptimo para la construcción.

La construcción con bambú se ha intensificado en diferentes países de Latinoamérica, puesto que se ha volcado la mirada hacia los materiales sostenibles y de bajo impacto ambiental, derivado de la alta contaminación que se presenta en la actualidad. Por esta razón, es de vital importancia fortalecer las normas existentes y desarrollar nuevas regulaciones en los países con una alta demanda del uso del bambú en la construcción.

Además, es fundamental capacitar y concientizar a la población sobre las técnicas adecuadas de construcción con bambú, garantizando la aplicación de buenas prácticas y criterios estructurales. De esta manera, se fomentará una construcción segura, económica y respetuosa con el medio ambiente.

En consecuencia, la normatividad sobre el bambú como material de construcción debe evolucionar y actualizarse constantemente, incorporando los avances científicos y tecnológicos más recientes, con el fin de maximizar su potencial y brindar lineamientos sólidos para su correcta implementación en proyectos arquitectónicos y de ingeniería civil.

Conclusiones

En Latinoamérica se identificaron al menos 5 normas específicamente relacionadas con el bambú. En comparación con la dimensión geográfica de la región, son pocas, pero aprovechadas por los países que apuestan por la construcción con este material. En este sentido, la norma colombiana NSR-10 se puede definir como la que cuenta con un mayor alcance y profundidad de información, siendo la base sobre la que se han desarrollado el resto de las normas.

El bambú ha ganado interés por sus propiedades de sostenibilidad y versatilidad. Esta investigación destaca la importancia de actualizar y armonizar las normativas para generar un fomento positivo en su utilización, brindando seguridad y confianza tanto a los constructores como a los consumidores.

Se analiza que se tienen datos importantes respecto a las propiedades del bambú en las pocas normas encontradas, por lo tanto, constituyen una base importante para la generación de normas específicas en diferentes países de la región.

Por último, la búsqueda exhaustiva de normas oficiales para la construcción con bambú ayudó a identificar de manera resumida cuántas normas son reconocidas en Latinoamérica, resultando que en la región sur se encuentra el mayor avance en investigación sobre este tema.

Referencias Bibliográficas

- Academia Bambuterra. (2022, marzo 10). David Trujillo—Normalización del bambú en la construcción como estrategia de adopción masiva. Academia Bambuterra.
- Asociación Brasileña de Normas Técnicas. (2020). Estructuras de Bambú Parte 2: Determinación de las propiedades físicas y mecánicas del bambú.
- Carazas, W. A. (2021). Construir con bajareque cerén. Experiencias en el contexto de Oaxaca, México. Cooperación Comunitaria, Misereor, A+terre.
- Chicaiza, A., Ortiz, M., Chávez, L., & Toaza, M. (2024). Desafíos y evolución de las normativas en el diseño de estructuras de bambú: Un estudio comparativo global y la perspectiva ecuatoriana. Revista de Investigaciones en Energía Medio Ambiente y Tecnología, 8(2), 37-42.
<https://doi.org/10.33936/riemat.v8i2.6436>
- Correa, V. M., Queiros, M., Ordoñez, V. R., López, L. F., Flores, E., & Zapata, J. (2014). El bahareque, un sistema constructivo sismoresistente y sustentable para soluciones de vivienda social en México. XIX Congreso de Ingeniería Estructural, Puerto Vallarta, Jalisco.

- Correa, V. M., Teran, A., Pancardo, L. D., López, F., & López, O. (2021). Ensayos experimentales de una edificación a escala real construida con componentes prefabricados de bambú con recubrimiento encementado (sistema biba). XXII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Aguascalientes 2021.
- Cruz, N. M., Reyes, J. A., & Ruiz, E. (2023). Servicios ecosistémicos de las especies nativas e introducidas de bambú en la Huasteca Potosina, México: Usos del bambú. Acta Botánica Mexicana, 130.
<https://doi.org/10.21829/abm130.2023.2132>
- Dans, V., Chamba, M., & León, O. (2020). Bosques Latitud Cero, 10(1), 57-68.
<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/issue/view/65>
- Díaz, P. A. (2016). Análisis comparativo: Uso de bambú vs perfiles de acero para cobertura liviana. Universidad Nacional de San Agustín.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3301>
- Estrada, M. G., González, E., Chi, D. A., & McNamara, J. S. (2022). Design Exploration of Bamboo Shells Structures by Using Parametric Tools. Applied Sciences, 12(15), 7522.
<https://doi.org/10.3390/app12157522>
- Hernández, R., & Fernández, C. F. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill Education.
- Jové, F., Hernán, L., & Solano, J. (2013). Prototipo de vivienda construida con BTC y caña guadua para su aplicación en la región de Manabí, Ecuador. Construcción con tierra, pasado, presente y futuro: Congreso de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos.
- Lukanu, A. K., Carvalho, D. R., & Pires, E. L. (2024). Análise experimental de pilares de concreto com armadura de bambu sob flexocompressão. Ambiente Construído.
<https://doi.org/10.1590/s1678-86212024000100706>
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Colombia.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). Estructuras de Guadúa. Ecuador.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2012). Norma Técnica E.100 bambú. Perú.
- Mireles, C., & Arellano, J. A. (2015). Normatividad sobre arquitectura bibliotecaria en México, elemento imprescindible para la oferta de servicios de información. Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecología e Información, 29(66), 169-196.
<https://doi.org/10.1016/j.ibbai.2016.02.030>
- Instituto para la seguridad de las construcciones en la Ciudad de México. (2023). Norma técnica complementaria para el diseño y construcción de estructuras de madera y bambú. México.
- Paredes, V. H. (2017). Uso del bambú como material estructural caso vivienda ecológica en Tarapoto-2017. Universidad César Vallejo.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/20063>
- Pérez, D. I., Castro, J. E., Flores, J., Mendoza, J. A., Michua, A., & Aparicio, M. (2021). Evaluación y comparación de resistencia a la tracción y flexión de Quiote del Maguey Manso (*Agave Salmiana*) contra bambú Guadua. Ingeniería Investigación y Tecnología, 22(3), 1-6.
<https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2021.22.3.019>
- Quecedo, R., & Castaño, C. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. Revista de Psicodidáctica 14, 5-39.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17501402>
- Rodríguez, J. C. (2006). El bambú como material de construcción. Conciencia tecnológica, 31, 67-69.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94403115>

Rodríguez, J. A., Abanto, C., Flores, M. A., Rodríguez, K. I., Castillo, D. D., Guerra, W. F., García, D. G., Guerra, H., & Revilla, J. M. (2023). Propiedades físicas y mecánicas de *Guadua lynnclarkiae*, *Guadua weberbaueri* y *Guadua superba* en Ucayali, Perú. Ciencia Forestal, 33(1).

<https://doi.org/10.5902/1980509868029>

Ruiz, E., García, M. Á., & Heredia, V. Y. (2023). Bambúes nativos en la construcción de viviendas rurales: Bajareque en el México prehispánico y siglo XX. Botanical Sciences, 101(4), 1088-1101.

<https://doi.org/10.17129/botsci.3330>

Sánchez, M. T., Espuna, J. A., & Roux, R. S. (2016). El bambú como elemento estructural: La especie *Guadua Amplexifolia*. Nova Scientia, 8(17).

<https://doi.org/10.21640/ns.v8i17.451>