



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Importancia del bambú como material alternativo en construcción de viviendas en el Centro Poblado Villa Vicus- Chulucanas en Piura 2020.

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO
ACADÉMICO DE:**

Bachiller en Ingeniería Civil

AUTORES:

Cajigas Arroyo, Sandro ([ORCID: 0000-0001-9840-1328](https://orcid.org/0000-0001-9840-1328))

Santos Gil, Nexar ([ORCID: 0000-0002-7431-3443](https://orcid.org/0000-0002-7431-3443))

Távora Rivera, Elivelton Del Piero ([ORCID: 0000-0002-4298-0129](https://orcid.org/0000-0002-4298-0129))

ASESORA:

Dra. Figueroa Rojas Patricia Del Valle ([ORCID: 0000-0002-4933-690X](https://orcid.org/0000-0002-4933-690X))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico Y Estructural

PIURA - PERÚ

2020

Índice

<i>Resumen</i>	<i>iv</i>
<i>Abstrac</i>	<i>v</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
<i>METODOLOGÍA</i>	<i>3</i>
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	<i>5</i>
3.1. El bambú como material de construcción y beneficios.....	<i>5</i>
3.2. Propiedades del bambú	<i>7</i>
3.2.1. Propiedades físicas.....	<i>7</i>
3.2.2. Propiedades mecánicas.....	<i>8</i>
<i>CONCLUSIONES</i>	<i>19</i>
<i>RECOMENDACIONES</i>	<i>20</i>
<i>REFERENCIAS</i>	<i>21</i>
<i>ANEXOS</i>	<i>25</i>

Índice de tablas

Tabla 1 Cantidad de artículos y fuentes	3
Tabla 2 Resultados de valores que resiste el bambú	8
Tabla 3 Tiempo requerido para el cambio de bambú ante ataques xilófagos.....	13
Tabla 4 Condiciones del bambú	14

Índice de figuras

<i>Imagen 1: Descripción de las partes del bambú madura.....</i>	<i>7</i>
<i>Imagen 2: Diseño de prototipo con bambú.....</i>	<i>9</i>
<i>Imagen 3: Daño del escarabajo en bambú, siendo visible las perforancias en su pieza.....</i>	<i>11</i>
<i>Imagen 4: Daños severos en la pieza del bambú causado por termitas.....</i>	<i>12</i>
<i>Imagen 5: Daño fúngico, blanqueo y partición del bambú.....</i>	<i>12</i>
<i>Imagen 6: Curado de piezas de bambú por inmersión de agua.....</i>	<i>15</i>
<i>Imagen 7: Curado a fuego abierto.....</i>	<i>16</i>
<i>Imagen 8: Se aprecia la inyección en la pieza de bambú.....</i>	<i>17</i>
<i>Imagen 9: Inyección del perseverante a presión para tratamiento de varios bambúes.....</i>	<i>17</i>
<i>Imagen 10: Secado natural del bambú.....</i>	<i>18</i>
<i>Imagen 11: Secado de bambúes en horno al mismo tiempo.....</i>	<i>18</i>

Resumen

La investigación “Importancia del bambú como material alternativo en construcción de viviendas en el Centro Poblado Villa Vicus- Chulucanas en Piura 2020”, tiene por finalidad plantear las posturas y propuestas de diferentes autores sobre el bambú como un material alterno en construcción de viviendas y concluir conociendo la importancia de este material en la construcción. De la misma forma, conocer las propiedades físicas y mecánicas del bambú. Los principales resultados de esta investigación destacan que, al construir con bambú no solo se aporta a la economía, sino que también al medio ambiente. por otro lado, es un material antisísmico como lo menciona un autor en los resultados. Finalmente, para tener estas construcciones con éxito se debe cumplir con todos los requisitos para que la construcción cumpla con el tiempo de vida, ya que hay factores negativos que debilitan al material.

Palabras clave: Bambú, alternativo, vivienda, durabilidad.

Abstract

The research "Importance of bamboo as an alternative material in housing construction in the Villa Vicus-Chulucanas Village Center in Piura 2020", aims to raise the positions and proposals of different authors on bamboo as an alternative material in housing construction and conclude knowing the importance of this material in construction. In the same way, to know the physical and mechanical properties of bamboo. The main results of this research highlight that, when building with bamboo, not only is it contributed to the economy, but also to the environment. On the other hand, it is an anti-seismic material as mentioned by one author in the results. Finally, in order to have these constructions successfully, all the requirements must be met so that the construction complies with the life time, since there are negative factors that weaken the material.

Keywords: Bamboo, alternative, housing, durability.

INTRODUCCIÓN

Tras el pasar de los años, las estructuras se han modificado para la necesidad y comodidad de las personas; una de ellas es la vivienda, este sistema se ha mejorado para obtener y ganar bondades tras las carencias y requerimientos. Debe tener un sistema seguro y estable para los habitantes de ella, más que toda la seguridad y la funcionalidad de la estructura debe ser óptima.

Hoy en día, existe un problema que afecta a la construcción de viviendas óptimas, como es la pobreza, según el INEI el 25.3% de la población peruana sufre de vulnerabilidad económica; este factor causa que no se pueda solventar las necesidades de cada familia, y obran cualquier tipo de sistema con materiales rústicos, que sin saber de sus cualidades se puede obtener una estructura insegura y con riesgo de muerte a los que conviven en ella.

Los peruanos han vivenciado la pobreza en varios momentos, pero a pesar de eso han salido adelante, en Piura se encuentra el centro poblado Villa Vicus, donde se observa la pobreza y en las condiciones que viven, para ellos construir una vivienda es lo principal, pero no poseen el conocimiento necesario para hacerlo, por eso mayormente las elaboran con material rústico (madera, adobe, piedra, barro y fibras naturales), la cual estas construcciones artesanales no cumplen con la seguridad y puede ser un peligro para ellos mismos, además no podría protegerlos de un fenómeno natural.

El material común que utilizan los habitantes del centro poblado para la elaboración de sus viviendas es la madera, vale destacar que hoy en día este recurso se está agotando a nivel mundial, más aún con la deforestación aumenta la contaminación del medio ambiente. Siendo así un material que a menudo se utiliza en varias etapas en el sistema de construcción, este mismo se podría reemplazar por el Bambú ya que tiene las características similares, este es económico y ambiental.

En ese sentido, el tema que se estudió en esta investigación es el bambú como un material alternativo para construcción de viviendas. Así pues, la misma tuvo como objetivo general plantear las posturas y propuestas de diferentes autores acerca de la pregunta de investigación que se planteó: ¿Por qué es sustancial utilizar el

bambú como material alternativo para la construcción de viviendas? Por su parte, los objetivos específicos, se describió las propiedades físicas y mecánicas del bambú como material alternativo para la construcción de viviendas.

Sin duda, un término importante en esta investigación el bambú. Tras mencionar a los autores de los artículos se ha revisado varios conceptos importantes para la elaboración del trabajo de investigación. En este sentido, Barnet y Jabrane (2017) definen, el bambú no es un árbol, sino una planta gramínea, es decir, plantas monocotiledóneas de tallo cilíndrico, nudoso y generalmente hueco. Pertenece a la subfamilia de los Bambusoideae que cuenta con, aproximadamente, 1400 especies alrededor del mundo y de 100 de ellas se encuentran en el Perú, por lo tanto, es uno de los países que presentan mayor diversidad (p. 86).

Desde el punto de vista práctico, el propósito de la investigación permitirá poner en práctica los conocimientos adquiridos por los autores de las revistas científicas, como es el problema de construcciones de viviendas económicas y medio ambientales. Es propicio desarrollar el estudio para recabar información sobre este material y su uso en la construcción de viviendas.

En la parte económica, a comparación de las estructuras de material noble u otros, favorecería a miles de habitantes o familias que viven en el contexto de bajos recursos económicos siendo así una alternativa nueva ante el aumento exponencial de la pobreza que existe hoy en día.

Siendo Piura un departamento, que está dentro del círculo de fuego es muy propenso a los movimientos telúricos que manifiesta el planeta, por ende, el bambú es una alternativa para los problemas de sismicidad, ya que tiene propiedades que garantiza el bienestar y seguridad de los habitantes.

En relación con la parte ambiental, es un material que contribuye con el planeta por ser una especie de pasto que crece en poco tiempo, y puede ser reutilizada varias veces sin alterar el ecosistema, su uso puede remplazar a la madera, evitando deforestaciones de árboles que tardan años en crecer.

METODOLOGÍA

Para la recolección de información, lo que se hizo fue la elección del tipo de investigación, entre informe y artículo de revisión literaria, la cual fue conveniente la segunda opción, ya seleccionado, se analizó la realidad problemática en el entorno, se decidió plantear el tema para ser investigado, "Importancia del bambú como material alternativo en construcción de viviendas en el Centro Poblado Villa Vicus- Chulucanas en Piura 2020". En este caso se tuvo que delimitar el tema e investigar en artículos científicos, así mismo, se accedió a diferentes fuentes documentales de donde se extrajo información relevante y reconocido.

Ya definido el tema a investigar, se procedió a la búsqueda de información, en diferentes fuentes, para la búsqueda se usó algunas plataformas de fuentes confiables, repositorios de diferentes universidades como nacionales e internacionales, además se usó los recursos digitales de la universidad Cesar Vallejo para el acceso de base de datos, también se usó búsqueda en Google académico. En cuanto a la técnica de búsqueda se realizó a base del tema a estudiar como los objetivos específicos, en la siguiente tabla se muestra la información encontrada.

Tabla 1
Cantidad de artículos encontradas y fuentes

Fuente	Nº de Artículos
EBSCOhost	14
Proquest	5
Gale informe académico	4
Gale académico onefile	3
Scielo	5
Google académico	9
Total	40

Nota: *Elaboración propia tomando en cuenta las bases de datos encontrados*

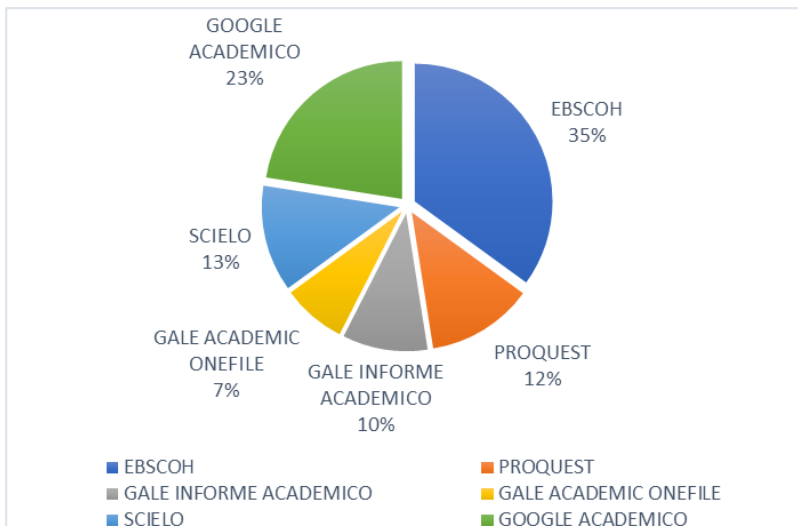


Figura 1: Porcentaje de cantidad de artículos por fuente

En la tabla 1 se observa la cantidad de artículos encontrados de cada fuente y en la figura 1 se muestra el porcentaje del total de la búsqueda realizada, de los cuales se encontró 40 artículos científicos, de tal modo fueron analizados, para emplear los criterios de selección para determinar los más relevantes; para lo cual se seleccionó artículos relacionados al tema de estudio, luego en relación a los objetivos específicos.

De los 40 artículos encontrados, se realizó el ordenamiento de la información, considerando los más relevantes. Así pues, se hizo lectura detallada para de esa forma seleccionar los artículos de veraz relevancia para la investigación, luego se realizó llamadas vía zoom, los autores de la investigación para analizar y organizar ideas, para finalmente seleccionar los documentos relevantes al tema a investigar.

Con la información ordenada, se realizó un estudio sobre los principales artículos encontrados, con ideas importantes y los aspectos más relevantes, se estudió mediante el énfasis de los resúmenes, resultados y conclusiones de dichos artículos. En esta fase de investigación se adquiere un avance elocuente, ya que de los 40 artículos iniciales encontrados se tiene 31 identificados como de mayor interés y referidos directamente al tema de investigación, asimismo a los objetivos específicos a estudiar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. El bambú como material de construcción y beneficios

Zigor (2019) menciona que el bambú es una hierba, dicho de otra manera, que si lo cortas vuelve a crecer rápido. Este pasto puede alcanzar a mediar hasta 35m, con un diámetro de hasta de 30 cm, siendo con estos beneficios se puede convertir en un material de construcción (p. 1).

Se puede decir que el bambú es una hierba con múltiples beneficios en la construcción. Siendo este un material amigable con el medio ambiente, ya sea por su rápido crecimiento a comparación a un árbol, la cual con este material se evitará minimizar la tala de árboles y con el área de sembrío ayuda a controlar la erosión de los suelos.

Afirma Villa (2018), el bambú representa una alternativa, se destaca por ser una de las hiervas gigantes y de rápido crecimiento en el mundo y por sus características se ha considerado apto para construcciones sostenibles, rápidas y de bajo costo que pueden sustituir a las construcciones tradicionales (p. 1). De acuerdo con los autores que afirman que el uso del bambú brinda muchos beneficios, ya sea medio ambientales, económicos y lo más importante que brindan seguridad a las construcciones, en cuanto a las construcciones con este material se puede implementar viviendas, puentes peatonales, entre otras.

Si bien es cierto, el bambú es considerado como un material relacionado a la pobreza, pero es por la desconfianza y por la falta de conocimiento técnico de dicho material, en ese sentido, Delgado (2017) opina, este recurso boscoso no se proporciona importancia. Una de las razones es la desconfianza en su durabilidad, hay un falso concepto del material por ser relacionado con la pobreza; además se ha creado desconfianza en la sociedad de todo material que sea aparte de los métodos “convencionales” de construcción basados en hormigón (p. 82).

Hace falta el conocimiento del material, conocer todos sus usos y que es viable su establecimiento, saber que sirve para la construcción perfectamente, pero no es diferente a los materiales convencionales, por eso es que se debe romper el paradigma que el cemento es el mejor material para las construcciones, pues al usar el bambú se pueden hacer construcciones más económicas, resistentes y

estéticas. (Notimex, 2018, p. 3)

Según las experiencias de Barnet y Jabrane (2017) dan a conocer que el bambú o caña de guayaquil ofrece una alternativa estructural competitiva y económicas para estructuras livianas y de luces entre 6 y 12 metros. El uso de bambú en viviendas, la parte estructural no genera cambios significativos frente a una albañilería confinada (p. 101).

Los autores explican que es viable usar el bambú como material de construcción, basándose a viviendas, ya que estas, construidas a base de bambú se obtiene una estructura más liviana, de ello brindando seguridad a los habitantes de la vivienda.

En otros países se han hecho proyectos a base de este material, como es el caso de Ecuador después del sismo del 2016, explica que los de hormigón armado se cayeron y que las casas que estaban hecho de bambú resistieron a un sismo de 7.8 grados. El bambú o caña de guadua como lo llaman en el país vecino de Ecuador, brinda las ventajas, que es un material antisísmico, ya que fue demostrado en el evento sísmico del 2016, “la caña de guadua tiene la misma resistencia que la de hormigón”. (Benarroch, 2019, p. 1)

En el Perú se busca promover estudios necesarios para fortalecer la capacidad de las personas, por ello se ha creado un comité nacional de promoción del bambú que está conformado por un representante del ministerio de agricultura, es así importante para que la población se concientice en utilizar sus recursos naturales y exportar. En ese sentido, lo que se busca es promover el uso del bambú para la construcción de viviendas utilizando este material como alterno, indica que se aplica para viviendas de hasta dos niveles con cargas vivas máximas repartidas de hasta 250 kg/m². (Norma técnica E.100 BAMBÚ, 2012, p. 3).

3.2. Propiedades del bambú

Uno de los factores más importantes en las edificaciones, son los materiales con los que se va a forjar la estructura, ya sea de cualquier clase. Actualmente la sociedad solo confía en los materiales como el cemento y el acero, y no les da la oportunidad a materiales renovables. En el caso de nuestra investigación, el bambú es una pieza fundamental, en la propuesta que consideramos, tomando en cuenta los artículos sabemos que:

3.2.1. propiedades físicas

El bambú puede tener las características necesarias para ser un buen material de construcción, teniendo ciertos patrones para tener una comparación a la madera y al acero. (Rodríguez, 2017, p.88). Viéndolo de ese modo los bambús de diferentes especies son escogidas por sus propiedades o características para su función.

Echezuria (2017) describe ciertos aspectos de la planta, en su forma madura. (p. 63), siendo un dato importante en el aspecto relativo de ella, en el contexto de construcción. El bambú se puede dividir en las siguientes morfologías:

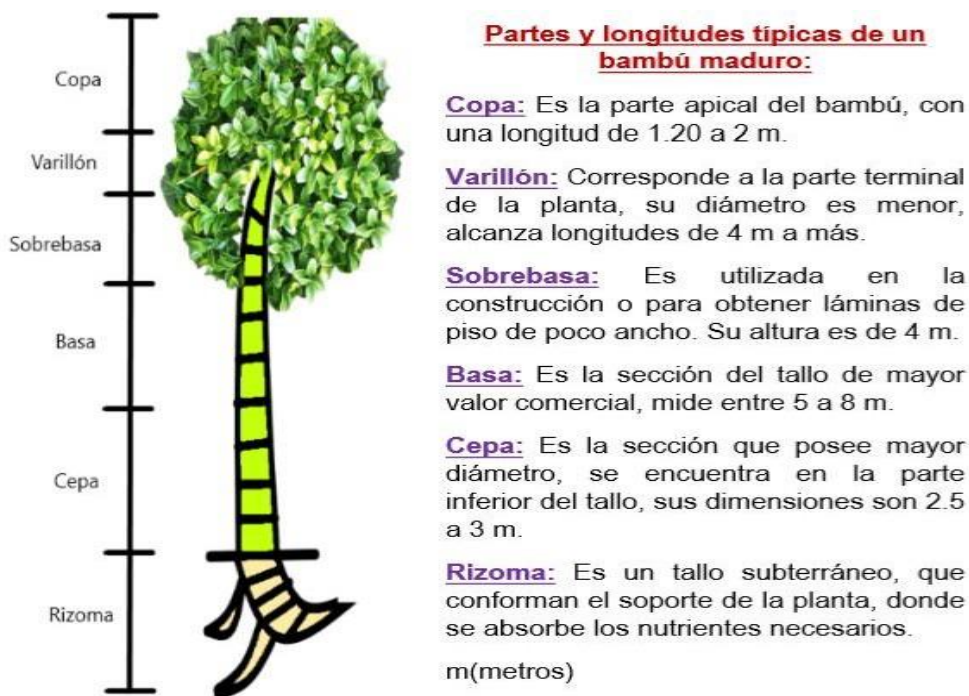


Imagen 1: Descripción de las partes del bambú madura.

Según con Maya, Camargo y Marino (2018) La Madurez del bambú sigue siendo

un asunto importante para definir las cualidades que tiene, y así notar sus propiedades físicas y mecánicas, para obtener un mejor resultado debe estar por encima de los 3 años de edad. (p.178) De acuerdo con su aporte esto debería contar como un punto a favor de la planta en una estructura, teniendo ciertas longitudes, que deberían estar con los parámetros de ciertas normas. Y siendo utilizadas en diferentes edificaciones. Por lo tanto, debe tener un nivel correcto para la estructura, teniendo un diseño estable para la seguridad de las personas.

3.2.2. propiedades mecánicas

Resistencia:

Tomando en cuenta el bambú como un material relevante en las construcciones, podemos verificar en ciertos artículos los conceptos necesarios. Las cargas que tiene que resistir una construcción hecha por este material, debe estar acorde a sus propiedades. Fernández (2018) manifiesta que la prueba que realizo con su estructura, voto ciertos datos de resistencia, la cuales fueron (p.39).

*Tabla 2
Resultado de valores que resiste el bambú*

Descripción	Valor que resiste	Valor calculado	Valor máximo resistente
Diseño a Flexión	7541313.85 N*mm	7.52 N/mm ²	15 N/mm ²
Diseño a Cortante	5187.72 N	1.16 Mpa	1.24 Mpa
Diseño a aplastamiento	1394.96 N	0.341Mpa	1.26 Mpa

Nota: Tras observar estos resultados, el bambú tiene una resistencia considerable a esas cargas sometidas.

Comprensión:

Romero, Rodríguez, Lara, Betancourt, Alcalá, Villarreal y Cárdenas (2017) destacan que la resistencia de comprensión, de ciertas especies son de registros equitativos, en la flexión no hay diferencia alguna, sobre la tensión no hay mucha desigualdad. (p.1071) Sabiendo las cualidades del material, nos trata de mostrar un diseño con los parámetros, dándonos una posible construcción.

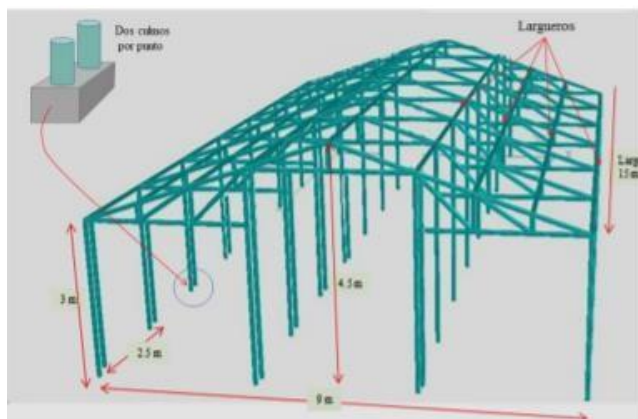


Imagen 2: Diseño de prototipo con bambú

Quintero, Cruz, García, Alcaraz, del Socorro y Osorio (2019) Aluden que las cargas aplicadas son soportadas uniformemente por las zonas medias del material (p.161). Siendo así su resistencia provechosa y útil en las edificaciones.

Tensión

En la tensión Gutiérrez y Takeuchi (2014) recomienda que el material se debería usar en la porción de una estructura, porque no presenta una variación notable (p.249). Viendo la propiedad que es viable, nos sirve en la disposición de una obra, siendo segura en ciertas partes de un levantamiento y ayudando en las cargas que deben soportar.

Tracción

En la tracción Barnet y Jabrane (2018), declara que es viable utilizar un método de incrustación mecánica en la parte interna de la pared de bambú, ya que no presentó ningún deslizamiento con fuerzas de tracción superior a 1500 kg (p.63).

Flexión

Monterroso (2014) expresa que el material en el uso de vigas Joist, siendo longitudinales, superior como inferior, tuvo un buen resultado en los miembros estructurales sometidos a flexión, tensión paralela a la fibra, tensión y compresión (p.179). Dando como ejemplo una viga, en una edificación es importante como estructura y viéndolo de ese punto debe ser factible en su comportamiento de cargas.

Dicho con las palabras de Gutiérrez, Bonilla, Cruz y Quintero (2017) la humedad es un componente al daño del material causando cambios en sus dimensiones,

resistencia y rigidez (p.69). Por lo tanto, es un punto donde los factores climáticos como la humedad afecta mucho a los materiales, en este caso la humedad afecta al bambú, por eso se debe tomar ciertas pautas.

Destacando las propiedades, siempre serán útiles en la meta del diseño y con las normas necesarias se podrá establecer una vivienda con seguridad y bienestar a los habitantes.

Durabilidad del bambú

El problema sobre el uso adecuado del bambú “Guadua angustifolia Kunth”, como recurso opcional en la construcción de viviendas, se debe al poco interés sobre el estudio adecuado de sus propiedades, como también su durabilidad.

De acuerdo con Barreto y Gutiérrez (2018), todavía se desconoce en gran medida sus propiedades físicas y mecánicas, su desempeño y funcionamiento estructural, así como también las principales patologías o causas de deterioro que afectan su correcto desempeño como material de construcción (p.2).

Echezuría (2018) afirma que, una de sus propiedades importantes del bambú, es asilar los movimientos sísmicos, haciendo de la estructura más flexible y menos rígida, por consiguiente, segura para los que la habitan (p.12). A continuación, se analizará las principales causas por la cual se da el deterioro de las estructuras construidas con bambú, la cual una de sus propiedades más importantes que se discutirá, es la durabilidad del bambú como elemento estructural.

Como resultado de las diferentes investigaciones, Kaminski (2016) afirma que, uno de los problemas más recurrentes que presenta las piezas de bambú como uso estructural, son las patologías que inciden en su progresivo deterioro, ya que el bambú es más susceptible a la descomposición que la madera, por lo que sus paredes delgadas y la falta de toxinas naturales genera un cambio porcentual en la capacidad (p.2).

Actualmente se ha investigado nuevos métodos de inspección para elementos de bambú que permita identificar los posibles daños internos que muestren deterioro facilitando la decisión del responsable a la hora de realizar un cambio de pieza en

la estructura (Jaramillo y Librelotto, 2019, p. 278).

El bambú para que logre una resistencia segura y adecuada para la construcción, debe de estar protegido adecuadamente antes agentes patógenos, como hongos, insectos, bacterias, humedad, etc. Por ello los elementos que se usaran en la construcción de viviendas, no deben de presentar grado de perforación, fisuras, deformaciones, pudrición, causados por insectos xilófagos antes de ser colocados (NORMA TÉCNICA E.100 BAMBÚ, 2012, p. 6). Hay tres causas que hacen que el bambú sea menos durable:

1. Ataque escarabajo

Este insecto es atraído por el contenido de almidón que contiene el bambú y a su vez ponen sus huevos dentro del culmo, lo cual los huevos eclosionan y las larvas comen la parte del culmo, generando orificios para su salida a través de las paredes del culmo, estos orificios son redondos u ovalados de aproximadamente 1 mm-6 mm diámetro (Kaminski, 2016, p. 3).



Imagen 3: Daño del escarabajo en bambú, siendo visible las perforancias en su pieza

2. Ataque de termes

Son insectos de aspecto blanquecino que habitan en colonias y se alimentan de material. Además, son atraídos por su alto contenido de almidón que contiene el bambú, pero a diferencia del escarabajo este tiene enzimas que permite descomponer la celulosa, causando daños rápidos en la pieza de bambú (Kaminski, 2016, p. 3).



Imagen 4: Daños severos en la pieza del bambú causado por termitas

3. Ataque de Hongo

La putrefacción ocasionada en el bambú es debido al hongo. Para que este actúe en la pieza de bambú debe de estar por debajo del 20% de contenido de humedad, lo que significa que el bambú debe de estar protegido de lluvias y humedad misma del terreno (Kaminski, 2016, p. 4).



Imagen 5: Daño fúngico, blanqueo y partición del bambú

Barreto y Gutiérrez (2018) afirma que, esto se debe a que el bambú presenta una baja resistencia a los ataques de diferentes organismos biológicos como los hongos, insectos, ya que este contiene un alto contenido de almidón, generando una fuente de alimento para estos organismos (p. 4).

Cortez (2019) da a conocer, que el ataque de estos insectos genera problemas para fines estructurales, mecánicos y estéticos; sin su respectivo tratamiento, protección y curado es imposible que las piezas cumplan con su tiempo por la cual muchos proyectos fracasan antes de lo establecido (p. 3).

Kaminski (2016) da a conocer, que el tiempo que durara el bambú antes que sea sustituido dependerá del tipo de entorno en el que se use y su tratamiento. La siguiente tabla presenta una guía solo para los tiempos sugeridos en un entorno templado y agresivo e indica porque es referible usarse en un ambiente seco, teniendo en cuenta que el tiempo depende de la prevalencia de xilófagos (p.7).

Tabla 3

Tiempo requerido para el cambio de bambú ante ataques xilófagos

	Sin tratamiento	Con tratamiento	Tratamiento con conservantes fijos
Interno	2-6 años	Más de 30 años	Más de 30 años
Externo por encima del suelo	0.5-4 años	2-15 años	Más de 30 años
Externo en contacto con el suelo	< 4 años	< 1 año	Más de 15 años

Nota: Fuente: (Kaminski, 2016)

Manual para la construcción sustentable de bambú (2015) indica, que la durabilidad del bambú depende también de las condiciones climáticas y de su especie, que a su vez presenta una resistencia baja comparada con otras maderas debió a su alto contenido de almidón y azúcares, donde la parte inferior del culmo es menos resistente y se deteriora rápidamente que la parte exterior (p. 24).

Tabla 4
Condiciones del bambú con respecto a la edad

Condición	Año
A la intemperie	1-3
Bajo cubierta	4-7
En circunstancias favorables	10-15
En el mar	Menos de 1

Nota: Fuente: (Manual para la construcción sustentable de bambú, 2015).

Cortez (2019) indica que, para asegurar la vida útil de las piezas de bambú, es necesario tratarlas contra ataques de insectos, para ello es importante la utilización de este recurso, ya que la función de los preservadores químicos es evitar el desarrollo de microorganismos, sin afectar sus tejidos, ni su color natural del material (p. 3).

Marafon, Amaral, y Lemos (2019) da a conocer, que las especies de bambú disponibles contiene características de calidad energética equivalente a biomásas utilizadas para la generación de energía térmica (p. 2). Siendo una característica favorable para construcciones con bambú en lugares fríos y excelente tema para futuras investigaciones.

Sustancias de preservación

De acuerdo con el Manual para la construcción sustentable de bambú (2015), menciona que las cañas de bambú poseen una durabilidad baja, ante ese déficit es recomendable aplicar sustancias preservadoras que lo protejan de ataques de hongos e insectos, alcanzando su resistencia y vida útil, para ello la aplicación de este perseverante consiste en inyectar la parte interior del culmo para esparcir las células en toda la pieza (p.30).

En este sentido destacan dos ideas importantes expuestas por dos autores sobre las sustancias solubles en agua para preservar el bambú con compuestos de boro. En ese sentido Ponce, Flores y Cuellar (2016) sostiene que la preservación con sales de boro en cuanto a la retención encontró concentraciones de solución entre 3% y 9% para condiciones de alto riesgo hasta 8 kg/m³ (p. 49).

En esa misma línea Hernández (2020) afirma que existe mayor concentración de sales de boro en la parte baja de los tallos debido a que la pared interna de los tallos hay menor cantidad de fibras, esta cantidad aumenta al exterior del tallo (p. 5)

Métodos tradicionales de protección

De acuerdo con Benavides (2019), los métodos tradicionales para la protección del bambú han resultado de mucha utilidad desde hace años por todos los habitantes del mundo, ya que su aplicación requiere de equipos simples, así como personal sin mucha experiencia en el área y a su vez resulta económico (p.90)

Manual para la construcción sustentable de bambú (2015) sugiere que para la protección del bambú ante agentes patógenos (hongos, insectos) se obtiene al realizar un secado óptimo y un buen diseño estructural para mitigar daños en las piezas de bambú, a su vez adicionado sustancias químicas, se obtendrá una mayor durabilidad y tiempo de vida útil (p.31). Por otro lado, se hará mención de dos métodos tradicionales para el curado del bambú (no químico):

1. Curado por inmersión de agua

Este método es muy usado ya que consiste en sumergir los tallos recién cortados en agua corriente o estancada durante un periodo de 4 a 12 semanas. Terminado el tiempo de inmersión, los carbohidratos se reducen considerablemente ubicado en el parénquima, sin embargo, al dejarlo por mucho tiempo en el agua se vuelven frágiles. Otra forma es sumergirlos en agua dulce o salada durante dos semanas (Manual de Construcción de Estructuras con Bambú, 2014, p. 27).



Imagen 6: Curado de piezas de bambú por inmersión de agua.

2. Curado por calentamiento

Este método consiste en colocar las piezas de bambú a fuego abierto, rotándolos sin quemarlo, ya que su elevada temperatura logra eliminar cualquier insecto ubicado en su interior, se extraen los carbohidratos, fortalece la pared exterior haciéndola menos propensa a los xilófagos. Una desventaja es que existe la probabilidad que las piezas de bambú se agrieten (MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS CON BAMBÚ, 2014, p. 27).

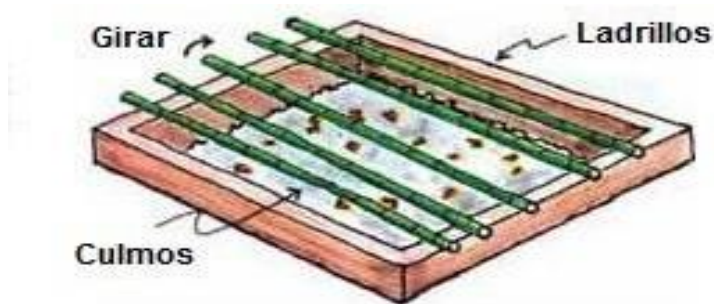


Imagen 7: Curado a fuego abierto

Métodos de preservación con tratamientos químicos.

1. Preservación por inyección

Este método consiste en perforar los canutos en toda la pieza de bambú con una separación de 3 cm con respecto al nudo, perforaciones en la cual se inyectará sustancia preservativa entre 10 ml y 20 ml, luego se tapona cada perforación con masilla para garantizar que la sustancia química permanezca en su interior. Para su aplicación se puede utilizar bombas manuales, a la vez este método cumple para uso correctivo cuando hay ataque de insectos xilófagos (MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS CON BAMBÚ, 2014, p. 30).



Imagen 8: Se aprecia la inyección en la pieza de bambú

2. Método de Boucherie- Desplazamiento de savia

Este es un método de reemplazo de savia la cual el químico por presión se inyecta el perseverante y se esparce la savia del culmo. Por lo tanto, es un método bastante rápido, ya que toma 30 minutos por culmo, sin embargo, para su correcta aplicación se necesita personal con experiencia para garantizar que su proceso sea eficaz (Kaminski, 2016, p. 10). Estos equipos se pueden obtener por medio local, para su aplicación se requerirá un equipo de inyección, boquillas de caucho y un recipiente para el perseverante.



Imagen 9: Inyección del perseverante a presión para tratamiento de varios bambúes

Secado del bambú

1. Secado natural

Para el secado del bambú uno de los métodos más utilizados, es el secado natural,

ya que es eficaz y demanda de poco tiempo. Para su aplicación se debe separar los bambúes entre sí en forma horizontal, cubiertos del sol y la lluvia, para que el aire circule entre sus culmos. El tiempo que debe permanecer es de dos meses, suficiente para asegurar un buen secado. Con este método natural se lograr reducir un rango del 12% al 14% de su contenido de humedad.

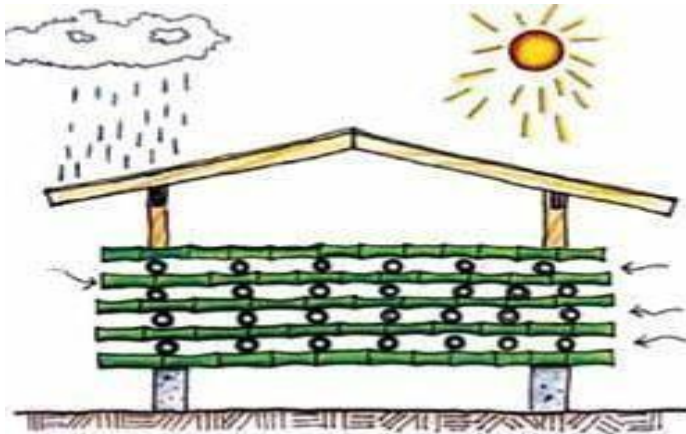


Imagen 10: Secado natural del bambú.

2. Secado con hornos

Este método consiste en ubicar en forma horizontal las piezas de bambú sobre el horno, en promedio tarda en secar tres días obteniendo un contenido de humedad menor del 20%, al igual que el curado por calentamiento es considerado un método de prevención contra insectos xilófagos. Una de sus características es de secar de adentro hacia afuera, siendo de mucha utilidad (manual de construcción de estructuras con bambu,2014 p. 32).



Imagen 11: Secado de bambúes en horno al mismo tiempo

CONCLUSIONES

- En este proyecto de investigación se muestra artículos de revisión literaria de la importancia del bambú como material alternativo de construcciones de viviendas y la descripción de las propiedades como físicas y mecánicas de dicho material. La cual los autores explican, proponen, afirman de acuerdo a sus investigaciones. Por ello, la mayoría de autores afirman la valiosa importancia del bambú en construcción de viviendas.
- Para realizar un sistema estructural usando el bambú como material primordial, contemplamos que sus propiedades son esenciales para diseñar un bosquejo estable y seguro, sosteniendo los parámetros establecidos. Por otro lado, se debe tener en cuenta que el componente de la humedad daña al material, por lo tanto, es un elemento nocivo para el esqueleto del sistema estructural.
- El bambú empleado como material en la construcción ofrece diversos beneficios como durabilidad, seguridad, diseño, menor tiempo de ejecución; a su vez podemos usarlo para proyectos con visión de un desarrollo sostenible para ayudar a mitigar el impacto ambiental causado por otros materiales de construcción usados actualmente.
- El éxito en la construcción con bambú dependerá de la protección ante agentes xilófagos, es decir si cuenta con un correcto curado, secado, tratamientos con sustancias químicas, un correcto diseño y personal calificado en el área, etc. Así como también el lugar donde se realizará la construcción.
- El uso de boro como producto químico para la protección del bambú ante agentes xilófagos, es buena alternativa de solución por sus diversos beneficios, bajo costo, eficaz, no toxico para mamíferos y fácil a la hora de su aplicación. Cuando se cumple todas esas medidas de mitigación y cuidado el bambú puede tener una vida útil de 30 años.
- El uso de métodos para el secado de bambú es de importancia ya que reduce el contenido de humedad en su interior de la pieza, evitando que no sea atacados por insectos u hongos que se desarrolla en el culmo, siendo este método muy eficaz para la duración de sus cañas en las estructuras.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que, en el Perú, específicamente a nivel local se realice con frecuencia capacitaciones y dar a conocer los beneficios del bambú en el sector construcción, ya que la población por falta de conocimiento desaprovecha los recursos que se tiene.
- Al momento de diseñar una estructura debemos constatar todas las propiedades de la especie del bambú, poniendo en práctica las pautas necesarias al proyecto que se va a realizar y no tener ningún impedimento para llegar a la meta.
- El bambú al ser una planta, absorbe agua, sugerimos que en ese caso debemos tener un plan para que la humedad no afecte a la planta debido que es una pieza del sistema estructural, por lo contrario, habrá un obstáculo en una porción de los cimientos.
- Para el tratamiento del bambú con productos químicos, se recomienda diluir 2 a 4 kilos de ácido bórico y bórax en proporciones iguales por cada 100 litros de agua en un periodo de 3 a 5 días, así como su respectivo secado después de su absorción, obteniendo una mayor durabilidad.
- Para la aplicación de ácido bórico y bórax en cañas de bambú se recomienda el uso en áreas protegidas contra la lluvia, ya que uno de su déficit es su alta solubilidad.
- El uso de métodos no químicos como es la sumersión en agua se recomienda establecer un periodo considerable, ya que dejarlo por mucho tiempo en el agua las cañas se vuelven frágiles y no aceptable para uso estructural como indica la norma en sus parámetros de durabilidad.
- Para el secado del bambú debe considerarse que cada pieza debe estar separada entre sí para su correcto giro constante, logrando evitar que las cañas se quemen y generen fisuras en toda su longitud.

REFERENCIAS

Barnet, Y., & Jabrane, F. (2017). Diseño de proyectos con bambú en Lima como estrategia de difusión de un método constructivo alternativo y sostenible, p.85.

Benarroch, E. (2019). La cooperación española impulsa viviendas en Ecuador a base de bambú.

Cortez, J. (2019). Preservation treatments of *Bambusa vulgaris vittata* against the attack of *Dinoderus minutus*. *Madera y bosques*, 25(2), 2-3. DOI: 10.21829/myb.2019.252550.

Delgado, G. (2017). Ecología y ambiente. diseño y sustentabilidad en onnstrucciones con caña de guadua, p82.

Hernández, Á. (2020). Sistema constructivo con guadua aculeata para la producción social de la vivienda. *ciencia*, 22(1), 57-71. doi:10.24133/ciencia.v22i1.1290.

Manual de construcción con bambú. (03 de enero de 2015). Construir con bambú (caña de Guayaquil). Lima, Perú.

Manual para la construcción sustentable con bambú. (02 de enero de 2015). Gobierno Federal. Ciudad de México

Norma técnica E.100 BAMBÚ. (03 de marzo de 2012). Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. Lima, Perú.

Notimex. (2018). El bambú, una alternativa sostenible para reducir el daño forestal., (pág. p. 2). México.

Villa, Y. (2018). Estudio del estado actual del uso del bambú como un material sostenible en la construcción, p1.

Zigor, A. (2019). El bambú emerge como herramienta de desarrollo sostenible crecen las iniciativas por extenderlo dada la capacidad de absorber el CO2, pg1.

Barreto, W., & Gutiérrez, M. (2018). Estudio de durabilidad en las estructuras de bambú *guadua angustifolia kunth* de la universidad la gran Colombia, seccional armenia-colo. departamento de engeharia de estructuras, 1-12.

Cortez-Barbosa. (2019). Preservation treatments of *Bambusa vulgaris vittata* against the attack of *Dinoderus minutus*. *Madera y bosques*, 25(2), 2-3. DOI: 10.21829/myb.2019.252550.

Echezuria, H. (2018). El Bambú como Recurso Sustentable para Construcción de Viviendas de Bajo Costo. *Revista Tekhne*, 21(2), p.17.

Hernández Santiago, Á. (2020). Sistema constructivo con *guadua aculeata* para la producción social de la vivienda. *ciencia*, 22(1), 57-71. doi:10.24133/ciencia.v22i1.1290.

Jaramillo, A., & Librelotto, L. (2019). Termografía infrarroja (TI) para detectar los defectos internos causados por los insectos xilófagos en los culmos de bambú. *Revista Ingeniería de Construcción RIC*, 278-287.

Jaramillo-Benavides, A. S.-K.-L. (2019). Durabilidad de los materiales naturales de construcción: percepciones de proyectistas, constructores y usuarios en Florianópolis, Brasil. *Revista de Arquitectura*, 21(2), 89-100. doi:10.14718/revarq.2019.21.2.1825.

Kaminski, S., (2016). Structural use of bamboo. Part 2: Durability and preservation. *The Structural Engineer*, 94(10), 38-43.

Landauro Ponce, D. A., Araujo Flores, M., & Trujillo Cuellar, F. (2016). Características de preservación por el método de inmersión del culmo de *Guadua angustifolia* Kunth (bambú), proveniente del distrito de La Florida, Cajamarca. *Revista Forestal del Perú*, 31(2), 45-57. DOI:10.21704/rfp.

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS CON BAMBÚ. (15 de septiembre de 2014). Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO. Lima, PERÚ.

Marafon, A. C., Amaral, A. F., & Lemos, E. E. (2019). Caracterización de especies de bambú y otras biomasas con potencial de generación de energía térmica>. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, p.49.

Sánchez, L., & Lozano, J. (2019). Comparación de las propiedades físico-mecánicas del bambú *Guadua angustifolia* Kunth de diferentes municipios de

Colombia. Revista Ciencia, 22(1), 34-56. Doi:10.24133/ciencia.

Echezuria, H. (2018). El Bambú como Recurso Sustentable para Construcción de Viviendas de Bajo Costo. Tekhné, p.63.

Gutiérrez González, M., & Takeuchi 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, p.249.

Monterroso Salazar, J. J. (2014). Diseño y evaluación de vigas joist para estructuras, fabricadas con bambú. universidad de san Carlos de Guatemala, p.179.

Rodríguez Hernández, R. (2017). El bambú como refuerzo en materiales compuestos para la construcción. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, p.88.

Barnet, Y., & Jabrane, F. (2018). Conectores de extremidades de bambú para estructuras exploración de un sistema de incrustación en la pared interna del tallo. Universidad de San Martín de Porres, Perú, p.63.

Fernández Jara, S. D. (2018). Estudio estructural de una vivienda hecha de bambú caña guadua. Universidad del Azuay, p.39.

Gutiérrez González, M., Bonilla Santos, J. I., Cruz Amado, M. F., & Quintero Aranzalez, J. G. (2017). Expansión lineal y punto de saturación de las fibras de la *Guadua angustifolia* Kunth. Colombia forestal, p.69.

Maya Echeverry, J. M., Camargo García, J. C., & Marino Mosquera, O. (2017). Características de los culmos de guadua de acuerdo al sitio y su estado de madurez. Colombia forestal, p.178.

Quintero Giraldo, L. J., Cruz Riaño, L. J., García Guzmán, J. A., Alcaraz Zapata, A., González Castrillón, E., & Osorio Saraz, J. A. (2019). Incidencia del tratamiento de mercerización en las propiedades mecánicas de haces de fibras de bambú "*Guadua Angustifolia* Kunth" de origen colombiano. DYNA, p.161.

Romero Méndez, M. J., Rodríguez Ortiz, J. C., Lara Compeán, I., Betancourt Urbina, M. A., Alcalá Jáuregui, J. A., Villarreal Guerrero, F., & Cárdenas Martínez,

Á. I. (2017). Prototipo de invernadero con estructura de bambú: selección de materiales, diseño e impacto ambiental. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, p.1071.

ANEXOS