

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“INFLUENCIA DEL BAMBÚ (GUADUA
ANGUSTIFOLIA) COMO MATERIAL ALTERNATIVO
EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA DE DOS
PISOS RESPECTO A UNA DE ALBAÑILERIA EN EL
DEPARTAMENTO DE LIMA, AÑO 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Thalia Garcia Roque
Rodolfo Rolando Moreno Canchumani

Asesor:

Mg. Ing. Jvan Jovanovic Aguirre
<https://orcid.org/0000-0003-1609-1704>

Lima - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Jose Lusi Neyra Tores	21454204
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Erick Humberto Rabanal Chavez	42009981
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Neicer Campos Vasquez	42584435
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

INFLUENCIA DEL BAMBÚ (*GUADUA ANGUSTIFOLIA*) COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA VIVIENDA DE DOS PISOS RESPECTO A UNA DE ALBAÑILERIA EN EL DEPARTAMENTO DE LIMA, AÑO 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	vdocuments.net Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	1%
3	Martinez Carmona Diana, Tabla Moya Miguel Angel. "Centro de Investigación de la Vida Marina Barra Vieja, Acapulco", TESIUNAM, 2012 Publicación	1%
4	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	revistas.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorioslatinoamericanos.uchile.cl Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

A mis padres, que son mi impulso para superarme día a día, tanto personal y profesional, a mis abuelos quienes me enseñaron a nunca dejar de luchar por los sueños y que se alegran por cada uno de mis logros, a mi hermana que es mi mejor amiga y cómplice.

Thalia

A mi madre que siempre me apoya y respalda ante las cosas que realizo. A mis abuelos que básicamente son mis padres, los cuales me apoyaron, que me enseñaron lo que significa la responsabilidad, el orden y la perseverancia, a mi tío que me siempre me apoyo como un hermano en cada actividad que necesite una mano. Son mis grandes impulsos para nunca rendirme.

Rodolfo

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Privada del Norte por brindarnos sus puertas para realizar estudios universitarios, por la calidad de docentes que posee y nos acompañó durante nuestra carrera universitaria. Al ing. Jvan Jovanovic Aguirre por el apoyo en las asesorías, los consejos para saber cómo plasmar de manera correcta nuestra investigación. Y a nuestras familias por el apoyo incondicional a lo largo de nuestra vida universitaria.

Garcia y Moreno

Tabla de contenido

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	10
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema	59
1.2.1. Problema general	59
1.2.2. Problema específico	59
1.3. Objetivos	59
1.3.1. Objetivo general	59
1.3.2. Objetivo específico	59
1.4. Hipótesis	59
1.4.1. Hipótesis general	59
1.4.2. Hipótesis específico	60
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	61
CAPÍTULO III: RESULTADOS	70
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	78
REFERENCIAS	82
ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonomica de la <i>Guadua angustifolia</i>	24
Tabla 2: Clasificación del bambú.....	37
Tabla 3: Casa libertador Bolívar.....	57
Tabla 4: Modulo de elasticidad.....	57
Tabla 5: Cuadro comparativo del índice de ahorro.....	69
Tabla 6: Esfuerzo admisible.....	70
Tabla 7: Comparativo de las propiedades mecánicas.....	71
Tabla 8: Tasa de energía para la producción de materiales de construcción (Eco-Costo).....	71
Tabla 9: Análisis de precios unitarios (APUs) para muro de vivienda de bambú.....	73
Tabla 10: Análisis de precios unitarios (APUs) para muro de vivienda de albañilería.....	74
Tabla 11: Cuadro comparativo del índice de ahorro.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución natural de bambúes en el mundo.....	22
Figura 2: Características del <i>guadua angustifolia</i>	25
Figura 3: Partes y usos del bambú.....	26
Figura 4: Partes de caña de bambú.....	27
Figura 5: Siembra de corte del bambú.....	29
Figura 6: Culmo maduro.....	29
Figura 7: Corte del bambú.....	30
Figura 8: Tipos de corte para uniones entre elementos de bambú.....	31
Figura 9: Ejemplificación del método de inmersión del bambú.....	32
Figura 10: Blanqueamiento del bambú.....	33
Figura 11: Área de secado.....	34
Figura 12: Secado al aire en tijerales.....	34
Figura 13: Almacenamiento de bambú.....	35
Figura 14: Preparación del bambú para su correcta utilización.....	36
Figura 15: Corte de pieza de bambú.....	42
Figura 16: Tipo de uniones: Zunchos o amarres	43
Figura 17: Tipo de uniones: Tarugo o perno.....	44
Figura 18: Tipo de uniones: Mortero.....	44
Figura 19: Unión longitudinal, caso 1.....	45
Figura 20: Unión longitudinal, caso 2.....	46
Figura 21: Unión longitudinal, caso 3.....	46
Figura 22: Unión perpendicular.....	47
Figura 23: Unión diagonal.....	47
Figura 24: Muro estructural con solera de madera.....	49

Figura 25: Muro estructural con solera de bambú.....	49
Figura 26: Viga compuesta tipo A.....	50
Figura 27: Viga compuesta tipo B.....	50
Figura 28: Unión de anclaje interno.....	52
Figura 29: Unión de anclaje externo.....	53
Figura 30: Unión de solera de madera con varilla de acero anclada.....	54
Figura 31: Unión de solera de madera con varilla de acero roscada.....	54
Figura 32: Unión entre muros.....	55
Figura 33: Flujograma del procedimiento.....	67
Figura 34: Presupuesto comparativo del costo de construcción.....	75
Figura 35: Tiempo estimado de ejecución de la vivienda de bambú y albañilería.....	76

RESUMEN

Actualmente en el Perú y en diferentes lugares del mundo el sistema constructivo con bambú está siendo empleado como una de las alternativas económicas y ecológicas en la construcción de viviendas, en base de combinaciones modernas y métodos ancestrales se llevan a cabo diseños sismorresistentes. Por otro lado, el bambú es de origen natural y se encuentra expuesto a diversos factores que no le permiten desarrollarse como un material en la construcción, para ello existen técnicas y métodos que le permiten superar estas limitaciones, así obtener un material apto para la construcción de estructuras estables y rentables.

El objetivo de esta investigación es determinar la influencia del bambú (*Guadua angustifolia*) como elemento estructural para la construcción de vivienda de dos pisos respecto a una de albañilería, siendo un material de bajo costo, de menor tiempo de ejecución y de menor impacto ambiental en la construcción. Además de incentivar y promover su industrialización y uso como un material accesible y alternativo en la construcción. Este estudio es documental descriptivo, puesto a que se basa en la síntesis de fuentes bibliográficas sobre el bambú como elemento estructural o material en la construcción, tanto en el Perú como en el mundo. Posteriormente, se realizó un análisis comparativo del costo y tiempo de ejecución de una vivienda de bambú de dos pisos respecto a una de albañilería, ambos con un mismo diseño arquitectónico.

Finalmente se determinó que el bambú presenta muchas influencias que le hacen aptos para ser un material alternativo en la construcción de vivienda, debido a sus propiedades mecánicas, características y contaminación ambiental. Así mismo es mucho más rentable por su

bajo costo y tiempo de construcción frente a construcciones tradicionales. Por otro lado es importante verificar los valores de sus propiedades físicas-mecánicas de acuerdo a la Norma Técnica Peruana E.100 y el Reglamento Nacional de Edificación vigente, para tener en cuenta el diseño y construcción, así mismo debe estar inspeccionado por profesionales calificados o conoedores del material para garantizar su eficacia.

PALABRAS CLAVES: Construcción, bambú, costo, influencia, estructural.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La construcción ha evolucionado a lo largo de los años debido a diferentes técnicas y materiales que se desarrollan alrededor del mundo. Existen materiales naturales que desde la antigüedad han sido utilizados de diferentes maneras en la construcción, otorgando beneficios hasta la actualidad. Uno de los materiales es el bambú el cual ha sido base de algunas civilizaciones y fue denominada por el arquitecto colombiano Simón Vélez como el “acero vegetal”, este término se ha utilizado por muchos arquitectos e ingenieros alrededor del mundo. Esta denominación se dio debido a sus grandes propiedades y beneficios ambientales, otorgando más posibilidades a la hora de construir (Vélez, 2015).

En Perú, el 11.2% de las viviendas presentan un déficit habitacional, siendo la zona rural con un mayor impacto del 19.5% mientras que en zonas urbana se presenta un 8.7% de déficit habitacional. Lo que muestra que Perú presenta escasez de viviendas para cubrir las necesidades habitacionales y la baja calidad de viviendas respecto a sus materiales, ambientes y servicios básicos (INEI, 2017). Este problema demuestra el interés de construir viviendas con nuevos materiales alternativos acorde a las exigencias de la población. No obstante, en la actualidad los materiales más predominantes son el acero y concreto, lo cual no están al alcance de la sociedad más vulnerable.

Debido a ello, en esta investigación se propone dar a conocer el bambú como un material alternativo en la construcción. Ya que, resulta ser una de las mejores opciones en el sistema

constructivo, considerándose como el acero del siglo actual, ya que a diferencia del acero el bambú es abundante, económico y no se necesita de grandes procesos industriales, además es más factible el uso de este material en zonas rurales donde el acceso al acero es limitado (Salvatierra, 2019)

Existen diferentes géneros y especies de bambú alrededor del mundo, sin embargo, se debe cumplir con ciertas características específicas para que sean utilizados. Estas características son otorgadas por las condiciones ambientales, por la topografía, edad y geometría; además de los cuidados que se les dan, haciendo que este material tenga una resistencia apta para la construcción (Andrade, 2019).

El bambú presenta gran resistencia a grandes esfuerzos físicos-mecánicos, siendo un material liviano, fuerte, flexible y que absorbe altas temperaturas; además tiene características estéticas. Estas características hacen que el bambú sea muy utilizado por distintos especialistas alrededor del mundo, mediante distintas técnicas constructivas, las cuales aprovechan al máximo los beneficios de este material (Andrade, 2019).

Otra de las ventajas del bambú es que evita la erosión de los suelos, que puede establecerse en distintos tipos de terreno. Además, se estima que una hectárea de terreno de bambú puede capturar más del 40% de dióxido de carbono que una hectárea de eucaliptos en 10 o 14 años y puede producir 4 veces más oxígeno que cualquier otro árbol (Gutiérrez, Lárraga, López, Pedraza, Santos, Santos & Vargas, 2011).

Si bien el bambú se identifica como un recurso renovable, biodegradable y eficiente que presenta gran potencial como material constructivo, su aplicación suele estar limitado por factores como inestabilidad dimensional o uso de adhesivos inadecuados, conexiones complicadas debido a su forma irregular de algunas piezas y su rápido deterioro debido al almidón que este posee (Yushun., 2012).

No obstante, a través de los años se han ejecutado métodos para poder mejorar el rendimiento del bambú. La arquitecta Aguilar (2018) nos indica el procedimiento para poder extraer correctamente el bambú, además de métodos de preservación lo cual hace que el bambú no entre en estado de pudrición debido al almidón; mientras que la norma E100 de bambú (2012) nos indica los tipos de corte, tipo de uniones y cómo realizar un correcto proceso constructivo.

Londoño (2010) señala que nuestro país cuenta con abundante recurso de bambú, distribuido a lo largo de nuestro territorio con aproximadamente 40000 km². Lo cual representa el 3.12% del territorio nacional, siendo los departamentos de Piura, Cajamarca y San Martín los que producen en mayor cantidad este material tanto como caña rolliza o caña chancada, por lo cual se debe tener presente como una alternativa en la construcción ver anexo 2.

En el último censo del año 2017 sobre las viviendas particulares realizadas a nivel nacional, el 9.5% de ellas serían aptas para integrar bambú en sus paredes, adicionando las viviendas con paredes de quincha (2.1%) y viviendas con otros tipos de (3.1%) (INEI, 2017).

Por otro lado, la utilización del bambú no es muy usual por la mayoría de profesionales en la construcción y su norma es parcialmente nueva, en esta investigación buscaremos sintetizar la influencia del bambú y realizar un análisis comparativo del presupuesto de una vivienda de bambú y una de albañilería, con la finalidad de presentar al bambú como un material alternativo y rentable para la edificación de viviendas, satisfaciendo la necesidad de la población.

Antecedentes Internacionales

Martínez (2015), en su investigación “*Bambú como material estructural: generalidades, aplicaciones y modelización de una estructura*”, busca dar a conocer los beneficios del bambú como elemento de construcción, así como su uso y sus ventajas medioambientales ya que se está reemplazando el acero y hormigón por un material sostenible y renovable que ayuda a mitigar el cambio climático.

Esta investigación tiene como objetivo establecer las aptitudes estructurales del material bambú dentro de las características constructivas que se desarrollan. Este contenido presenta estudios de las propiedades mecánicas del bambú, describiendo sus aspectos generales y constructivos en el bambú, así como su implicancia del medioambiente. Así también menciona algunas tipologías estructurales a nivel mundial, analizando su crecimiento y potencial futuro de utilización de este material (Martínez, 2015).

Echuzuria (2018), en su investigación *“El bambú como recurso sustentable para construcción de viviendas de bajo costo”* menciona que en los países asiáticos y americanos la explotación de bambú permite realizar avances industriales generando rentabilidad y empleos empleo, viviendas sostenibles y mejorando los ingresos económicos. En países como Colombia, demuestran que el rendimiento y utilidad del bambú como material que permite generar viviendas de bajo costo. Sin embargo, se requiere incentivar en la cultura de la sociedad para aceptar este tipo de viviendas y que el gobierno genere la inversión del material con fines constructivos, masificando su aplicación. Finalmente indica que en Venezuela se debe generar un plan de desarrollo para el uso del bambú guadua con fines industriales e incluidos en la construcción de viviendas económicas para sectores de bajos recursos o desfavorables, ya que la caña de guadua tiene excelentes ventajas la misma que no requiere inversión y asegura la economía de familias.

Bello & Villacreses (2021), en su artículo de investigación *“Ventajas y desventajas del sistema constructivo con bambú frente al sistema constructivo de hormigón armado en viviendas de interés social”* menciona que en Ecuador el bambú, se utiliza como elemento constructivo económico, ecológica y social en la edificaciones viviendas, mediante tecinas ancestrales y modernas para hacer estructuras sismo resistentes y duraderas. De esta manera se busca demostrar las ventajas de bambú en la edificación viviendas respecto a una de hormigón armado., de esta forma reducir el déficit de viviendas en Manabí. Así mismo indica que es importante verificar las propiedades físicas-mecánicas con las especificaciones de la Norma Técnica de Construcción en caña guadua avalado por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda del

Ecuador, igualmente el diseño y ejecución deberá ser inspeccionados por especialistas en el material.

Antecedentes Nacionales

Montoya (2015), presenta su tesis “Uso del bambú como material de construcción en estructuras no convencionales en la ciudad de Huancayo” en el cual busca experimentar utilizando al bambú como material en la construcción de estructuras los cuales podrán generar espacios no convencionales. El material utilizado fue extraído de la ciudad de Chanchamayo y en la ciudad de Huancayo se realizó las pruebas. Se realizaron ensayos de contenido de humedad con el fin de calcular su resistencia a climas secos, es así que se construye una estructura sencilla en forma de paraboloides hiperbólicos utilizando herramientas manuales.

Por otro lado, se demostró que el bambú es un material el cual puede ser utilizado para desarrollar propuestas no convencionales en la construcción que puede ser rápida y sencilla su ensamblaje. Para su demostración se elaborara una estructura, utilizando herramientas manuales para realizar el ensamble de una paraboloides hiperbólico usando el bambú (*guadua angustifolia*) (Montoya, 2015).

Finalmente se puede mencionar que, se logró construir una propuesta geométrica sencilla y rápida, y su edificación fue favorable al momento de construir; el material sufrió pérdida de humedad ante el clima seco de la ciudad de Huancayo, lo cual generó fisuras en su superficie,

esto nos corrobora que el bambú es un material vulnerable a cambios de climas y espacio geográficos (Montoya, 2015).

Según Carpio & Vásquez. (2016), en su investigación “características físicas y mecánicas del bambú para fines estructurales”, da a conocer al bambú como un material renovable con extraordinarias propiedades físicas, químicas y mecánicas. Para lo cual realizaron ensayos respetando lo establecido en la norma técnica peruana E. 100, además de la Norma Técnica Colombiana 5525 y el manual de laboratorio sobre métodos y ensayos propuestos por el Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización

Los ensayos que realizaron fueron contenidos de humedad, densidad, compresión, tracción, corte y flexión. Para esto, extrajeron muestras de entre 4 y 5 años de edad del bosque de Marona. Finalmente, los resultados que obtuvieron indican que la guadua es un material idóneo para ser utilizado en construcción, con resultados de 3661 Tn/m² y 1885 Tn/m² para la resistencia a la compresión y resistencia a la tracción respectivamente (Carpio & Vásquez 2016).

Gómez, Rodríguez & Ramal (2020), en su investigación "*El bambú: una solución ecológica sustentable como material de construcción*" proponen el uso de un nuevo material el cual reemplace a los tradicionales los cuales generan un alto impacto ambiental, por un material ecológico, que cumpla un buen comportamiento físico-mecánico, además de mejorar en el tiempo de ejecución, trabajabilidad, costos, etc. De esta manera, se propuso el uso del bambú, el cual se considera como una "bendición de la naturaleza". Llegando así a una conclusión que el

uso de este material es adecuado además de ser viable, sostenible y ecológico para la construcción.

Antecedentes Locales

Juárez (2019) en su tesis “Uso y rentabilidad del bambú como material estructural de construcción” propone el uso y rentabilidad del bambú, como material alternativo para el rubro de la construcción, con el fin de reducir costos, reducir el impacto ambiental y una mejor accesibilidad de material. Por otro lado, se realizó una síntesis y análisis de las características del bambú, así como métodos para mejorar sus características como, curado, manera de extracción. Finalmente, realizó un reporte de pautas a considerar ante la utilización del bambú para un eficiente uso de este material y aprovechando una vivienda construida de bambú realizó su metrado correspondiente para determinar el presupuesto de construcción, comparándola con una vivienda con las mismas dimensiones, pero construida con albañilería tradicional.

Para esto se elaboró el diseño, metrado y presupuesto de una vivienda; lo cual concluye que el costo para la vivienda de bambú fue S/. 55,769.73 y para la vivienda de albañilería fue S/. 75,143.51, de lo cual el bambú es más rentable en un 35% que el material tradicional. Así mismo, la construcción de una vivienda utilizando bambú como material estructural es un 33% más rápida que una vivienda de albañilería. (Juárez, 2019)

Según Vargas (2016) en su investigación “Vigas de concreto reforzadas con bambú (*guadua Angustifolia*) para construcciones rurales” da a conocer mediante ensayos las

propiedades mecánicas del bambú (*Guadua angustifolia*) y como esta podría ser utilizadas como refuerzos en vigas en las edificación de viviendas rurales. Para lo cual, lo primero que se hizo fueron ensayos para determinar la resistencia a compresión, tensión y corte. Además, se realizaron ensayos físicos como contenido de humedad hinchamientos.

Para estos ensayos se realizaron 48 especímenes, las cuales fueron empapadas en su interior tablillas de bambú impermeabilizadas con asfalta líquido RC-250. De estos especímenes 24 usaron tablillas acanaladas y las restantes tablillas lisas, adicionalmente se añadió arena hasta la mitad en cada tipo de tablillas. Finalmente, mediante los ensayos se obtuvo que las vigas reforzadas con bambú presentan un aumento de 2.5 veces en la resistencia de tracción ante una viga sin refuerzo (Vargas, 2016).

Definiciones conceptuales

Bambú: Es una planta herbácea con tallos leñosos, pertenecientes a la familia de las gramíneas, es una planta con tallos cilíndricos, interrumpidos de trecho por nudos llenos, hojas alternas que nacen de estos y abrazan el tallo, es una de las más extensas del planeta. Además la lignina en sus tejidos con el pasar de los años se convierte en una estructura sólida como de la madera, pero es más flexible y liviana. Lo que es perfecto para la construcción de viviendas que soporten el movimiento (Aguilar, 2018).

Sistema constructivo: Es un grupo de materiales, elementos, procedimientos y equipos característicos para cualquier tipo de edificación. La diferencia de los sistemas constructivos, es

la manera en que se comportan estructuralmente estos elementos de una edificación, como cimientos, columnas muros, vigas, techo, piso etc. (Alvarado, 2014)

Propiedades físico-mecánicas: Según Martínez (2015) son características las cuales determinan el comportamiento de cada material. El bambú es un material resistente y alguna de sus características son mejores que de la madera, por lo cual existen muchos motivos para estudiar con detalle este material. A continuación, se presenta algunas propiedades a los que el bambú puede ser sometida durante su vida útil como material estructural.

Comportamiento del bambú en movimientos sísmicos: Las fuerzas que se presenta en las estructuras es debido a la aceleración que está directamente relacionado al peso de las edificaciones. Por lo tanto, se deduce a mayor peso mayor fuerza de inercia. La anatomía cilíndrica y llena de fibra del bambú le permite absorber la energía de deformación, además por su flexibilidad retarda las fallas o roturas permitiendo una conducta dúctil, absorbiendo y amortiguando sin fallar (Peñaranda, 2015).

Sistema construcción convencional: Este sistema constructivo utiliza ladrillo, vigas, losa de concreto armado o aligerado, columnas, Su uso es propagado en el país y es respaldado con normas que lo regulan como el Reglamento Nacional de Edificación (RNE), documento que comprende las normas técnicas para habilitaciones urbanas y edificaciones. Este sistema es ampliamente conocido, estudiado y aplicado por su abundante información que describe sus

características, proceso constructivo y material, por lo que se le denomina convencional.

(Alvarado, 2014)

Vivienda de albañilería confinada

El mayor material utilizado en la construcción de viviendas es el hormigón armado. Este material posee múltiples ventajas, sin embargo, posee desventajas a nivel general como el peso que posee. Por otro lado, la obra estructural es lenta esto se debe a los periodos de desencofrado, curado debe ser exacto y teniendo cuidado, contracciones durante el fraguado. (Medina, 2008)

La albañilería confinada es uno de los sistemas constructivos más utilizado en el Perú, el cual está compuesto por elementos estructurales de concreto armado y muros de ladrillo. Este tipo de construcción se basa en crear conexiones dentadas entre muros y columnas, de esta manera puedan funcionar de manera integral (Barrueto, 2019).

El primer paso para un proceso constructivo de la albañilería confinada, es realizar la excavación y vaciado de las cimentaciones, posteriormente se realiza el sobrecimiento. Seguidamente se construye los muros, lo cual va apoyado al sobrecimiento. Los muros deben ser realizados entre 1.00 m a 1.20 m de altura y ser dentados de esta manera se podrá unir con la columna, finalmente se ejecuta la viga y losa de los entrepisos (Barrueto, 2019).

Aspectos generales del Bambú

Distribución: El bambú se encuentra en la mayoría de los continentes excepto en los. Principalmente se ubica en los trópicos, la mayoría en zonas cálidas y tropicales, aunque también se pueden hallar hasta los 1700 m.n.sm aproximadamente. (Juárez, 2019).



Figura 1: Distribución natural de bambú en el mundo.

Fuente: Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú (2015).

En zonas asiáticas, el principal género de bambú que es más utilizado con fines estructurales es el *Dendrocalamus*, es la especie más grande que existe, con un diámetro superior a los 0.30 m, tiene la capacidad de crecer 0.30 m por día y alcanzar una altura de 30m. (Manual de construcción con bambú, 2010).

Por otro lado, en América la especie que más predomina es la *guadua angustifolia*, es la más empleada para usos estructurales, presenta un diámetro entre 9 a 15cm, su altura ronda entre

15 y 30 metros. Además, es la más utilizada como concreto reforzado con bambú (Manual de construcción con bambú, 2010).

El Bambú en el Perú

Takahashi (2004), menciona que Perú se encuentra identificado 9 géneros y más de 40 especies nativas, además de una gran cantidad de especies. Se puede observar especies de bambú en cada una de las regiones del Perú (costa, andes, amazonia) Es posible observar especies de bambú en las tres regiones del Perú (costa, sierra y selva) siendo la especie más representativa el *Guadua angustifolia*.

En la zona nororiente del país se ubican las plantaciones de bambú. Siendo así las regiones de Cajamarca, Piura, Amazonas y Lambayeque, principalmente en la zona media y alta de las cuencas, estas zonas son las que usualmente aportan más en el abastecimiento de los mercados. (Añazco & Rojas, 2015).

La Guadua

La *guadua* es un tipo de bambú leñoso que pertenece a la familia *Poaceae*, a la subfamilia *Bambusoideae* y a la tribu *Bambuseae*. Se identificó en el año 1806 en un comienzo por los botánicos Alexander Von Humboldt y Amadeo Bonpland como *Bambusa Guadua*; en 1822, el botánico Karl S. Kunth identificó el género *guadua*, con el que las comunidades lo rebautizan con el término de *Guadua angustifolia*, que significa “hoja angosta” (Añazco & Rojas, 2015).

Clasificación taxonómica

La *guadua angustifolia* es autóctona de América y se considerada como nativo de Colombia, Venezuela y Ecuador. También se introdujo en México en 1995 y en varios países centroamericanos. Existen dos variedades: *Guadua angustifolia* var. *Bicolor*, y *Guadua angustifolia* var. *nigra*. La *bicolor* contiene culmos verde con rayas amarillas, mientras la *nigra* tiene culmos verdes con leves manchas negras (Añazco & Rojas, 2015).

Tabla N°1: *Clasificación taxonómica de G. angustifolia*

Familia	Poaceae
Subfamilia	Bambusoideae
Supertribu	Bambusodae
Tribu	Bambuseae
Subtribu	Guaduinae
Género	Guadua
Especie	Angustifolia
Nombre Científico	Guadua angustifolia Kunth
Sinónimos botánicos	Bambusa guadua, Humboldt. & Bonpland

Fuente: López, et al, 1987.

La *guadua angustifolia* caracterizada por presentar culmos de hábito erecto, con tendencia arquearse en el ápice, con una altura entre 15 y 30m, con un diámetro de 9 a 22 cm, siendo mayor en la zona basal y disminuye con la altura. Tienen entrenudos los cuales son huecos con unas bandas de pelos blancos en el nudo entre 20 y 45 cm de largo, cada culmo presenta

aproximadamente entre 60 y 85 entrenudos. Se observa una rama dominante y de 1 a 3 ramas secundarias, siendo ramas espinosas entre 2 a 5 espinas por cada nudo (Young, 1992).



Figura 2: Características del Guadua angustifolia
Fuente: Bambuver, 2015.

Estructura del Bambú:

El bambú está compuesto con un eje longitudinal que presenta el diafragma. El bambú es dividido por nudos y entrenudos o por ramificaciones. Estas partes se observan en la Figura 1 (Manual de construcción con bambú, 2010).

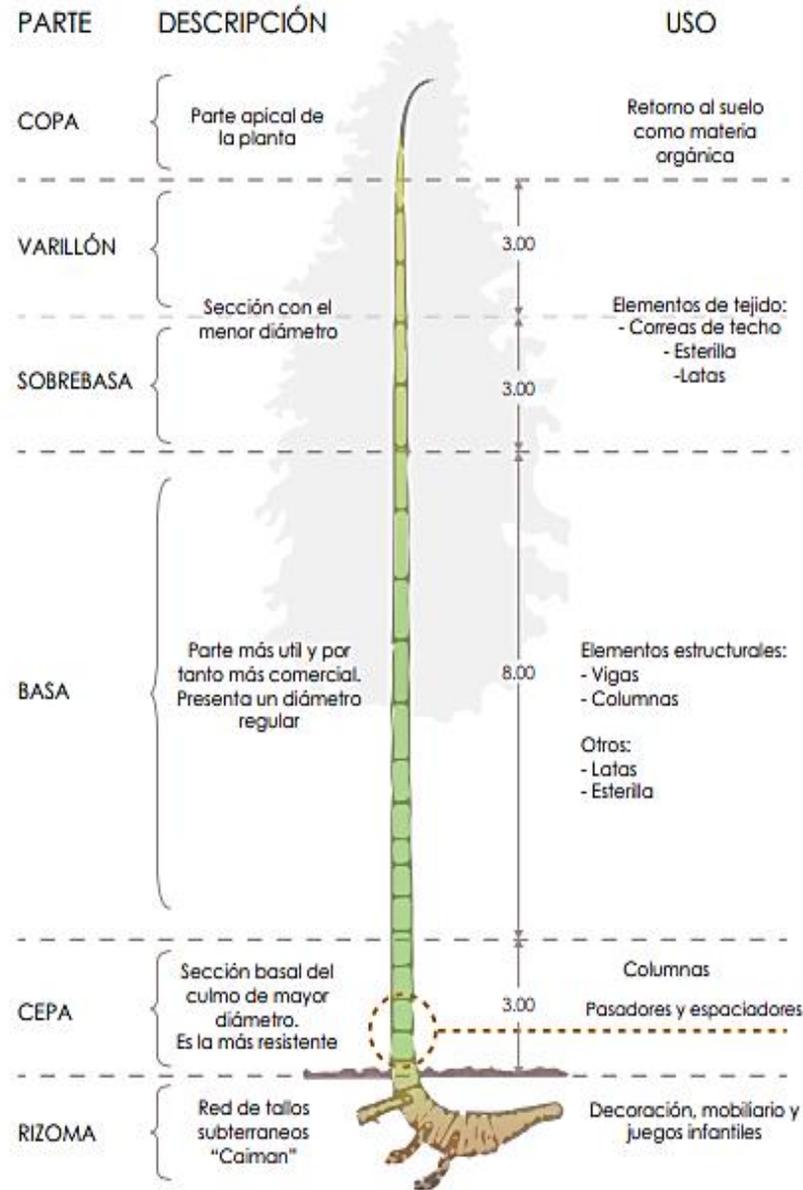


Figura 3: Partes y usos del bambú.

Fuente: Manual de construcción con Bambú (2010).

Según Morán en el manual de construir con Bambú (2015):

Cepa: Es base del culmo del bambú, cuya longitud varía entre 3 a 4 m; además, es la zona que presenta un mayor diámetro y mayor espesor de pared.

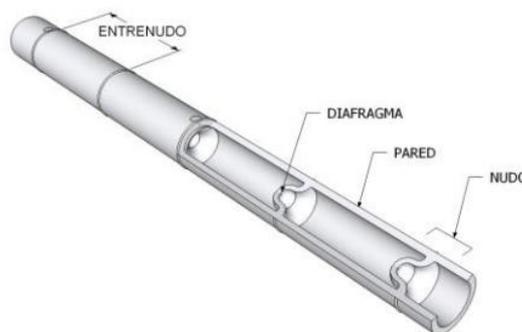
Basa: Segundo segmento del culmo, es la continuación de la cepa, con una longitud entre 4 y 6 m.

Sobrebasa: Tercer segmento del culmo del bambú, se localiza a continuación de la basa con longitudes hasta de 4 m.

Varillón: Segmento terminal del culmo del bambú, con longitudes hasta de 4m. Usualmente se usa en las cubiertas como soporte de tejas de barro.

Partes de la caña de bambú: La caña es el tallo del bambú que por general es hueco y nudoso conformado por las siguientes partes: (NTP E.100 Bambú)

- Nudo: Parte del tallo que se divide en secciones por medio de diafragmas.
- Entrenudo: Parte de la caña conformado entre dos nudos.
- Diafragma: Membrana rígida que forma el nudo dividiendo el interior de la caña en secciones.
- Pared: Parte externa del tallo formado por tejidos leñosos.



*Figura 4: Partes de Caña de bambú.
Fuente: NTP E.100 Bambú.*

Alrededor de los 4 y 12 meses de vida dependiendo del género del bambú, el tallo es aun flexible. La dureza máxima de resistencia se alcanza entre los 3 y 7 años, de allí se ablanda y se seca, el tallo logra ser más fuerte y su desarrollo más rápido, ya que mientras más ramas y hojas tengan el bambú, mayor será el proceso de fotosíntesis, por ello no es recomendable quitarlos. (Janssen, 1995)

Se conoce que el bambú es un material sumamente resistente y algunas de sus características se encuentran por encima de la madera, con la ventaja de su crecimiento, por ello existen motivos para estudiar sus propiedades físicas-mecánicas, y analizar sus puntos débiles para mejorar su contribución al comportamiento óptimo estructural (Martínez, 2015).

Cultivo y manejo del bambú

Para obtener estructuras de alta calidad se debe tener cuidado al seleccionar la materia prima, para ello se debe tener en cuenta criterios y métodos para obtener su máximo aprovechamiento (Aguilar, 2018).

- **Propagación y siembra:** Existen 2 métodos para la cosecha del bambú, por propagación de semillas botánicas el cual en el Perú suele darse entre los meses de abril y noviembre, pero el método más efectivo es la utilización de las partes del bambú (Juárez, 2019).

La propagación del bambú se puede dar mediante semillas, vástagos, siembra de rizomas.

Esta planta requiere factores ambientales como la lluvia y humedad ya que requiere

aproximadamente 100 mm/mes de lluvia durante 6 meses para su desarrollo, en una temperatura que varía entre 9° C. y los 36° C. y en un suelo que debe ser aluvional y bien drenados; así mismo no soporta suelos salinos (Carpio & Vásquez, 2016).



Figura 5: Siembra de corte del bambú
Fuente: www.freepink.es/fotos.bambu

- **Madurez y corte:** Aguilar (2018) nos recomienda que la edad ideal para cortar un bambú y ser usado en la construcción ronda los 4 o 6 años de edad, que es cuando se alcanza su madurez donde posee un tejido más duro y posee un menor contenido de humedad.

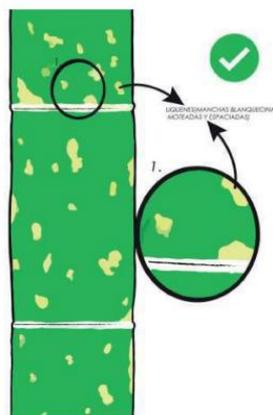


Figura 6: Culmo maduro.

Fuente: Guía didáctica para diseño y construcción de estructura de guadúa (2018).

Teniendo presente la madurez el ejemplar a utilizar se procederá a cortar, esto se realizará preferiblemente con una sierra, entre el primer o segundo nudo por la parte superior del suelo como se muestra en la Figura 2. Es sumamente importante que esto se realice al ras del nudo, ya que de lo contrario se formará un vaso el cual podría almacenar agua de lluvia lo cual haría que el rizoma del bambú se pudra (Aguilar, 2018).



Figura 7: Corte del bambú.

Fuente: Manual de construcción con bambú (2010).

Luego de esto el bambú, se eliminan las ramas con mucho cuidado de no desgarrar la epidermis ni dañar este material. Por otro lado, para hacer que el bambú sea más duradero y evitar el ataque de insectos u hongos, este pasa a someterse algunos tratamientos como curado que tiene la finalidad de reducir o quitar el almidón o puede someterse a un tratamiento con preservativos químicos para evitar esos ataques (Aguilar, 2018).

Tipos de cortes:

Existen distintos tipos de corte para uniones de bambú entre los cuales destacan:

- **Corte Recto:** Es plano y perpendicular al eje.
- **Corte boca de pez:** Es cóncavo transversal al eje del culmo.
- **Corte de pico de flauta:** Se realiza a diversos ángulos con respecto al eje del culmo.
- **corte Bisel:** se realiza un corte a 45 del eje del culmo (NEC-15, 2016).



Figura 8: Tipos de corte para uniones entre elementos de bambú.

Fuente: Guía de diseño y construcción de estructuras con bambú (2018).

- **Preservación:** El bambú es sencillamente atacado por insectos y hongos, esto debido a su cantidad de humedad, almidón y azúcar. Por lo tanto, es un material de baja durabilidad en su estado natural. Es así, que un proceso de preservación es esencial para mejorar las características del material y hacerlo más duradero durante su vida útil. La vida útil del bambú sin realizar algún método de preservación es de 2 a 3 años mientras que pasando por un proceso de preservación puede llegar hasta 20 años (Aguilar; 2018).

Existen muchos métodos de preservación, desde métodos tradicionales o naturales utilizando la luz solar y el agua hasta procesos que son más efectivos los cuales usan productos químicos. Por ejemplo, el método más eficaz para inmunizar las cañas es el método por inmersión, el cual consiste en sumergir el bambú recién cortado en un líquido el cual funciona como insecticida y fungicida, este líquido es una solución de pentaborato o sales de bórax como se muestra en la Figura 3 (Aguilar, 2018).



Figura 9: Ejemplificación del método de inmersión del bambú
Fuente: Giordanelli. P. Programa de diseño industrial (2011).

- **Limpieza y blanqueamiento:** La manera más económica y tiempo para limpiar el bambú luego del proceso de inmersión es utilizar una hidro-lavadora la cual arroja chorros de agua a presión el cual quita los musgos y líquenes, se debe evitar el uso de esponjas o cepillos debido a q estos debilitan la cáscara. Luego, se procede al blanqueamiento para esto se debe colocar cada uno de los bambús cortados en unos trípodes de manera que cada bambú apoyado esté en contacto con el sol, de esta manera la superficie del bambú toma un tono amarillo típico de esta planta lo cual hace que tenga una mejor presentación como en la Figura 4. Sin embargo, se debe tener cuidado que no se rajen por la sobre exposición a la

luz solar, por lo tanto, se debe rotar constantemente, este proceso puede llevar un mes aproximadamente (Aguilar, 2018)



Figura 10: Blanqueamiento del bambú
Fuente: Tierra común.org

- **Secado:** Esto debe realizar en un ambiente cubierta y seca con amplios aleros y sin muros de esta forma se de aire. El bambú se apilará por capas dejando una separación entre ellas para que pueda ver ventilación, este proceso dura entre 2 y 3 meses, pero también dependerá del clima como se observa en la Figura 5. Por otro lado, si se desea acelerar este proceso se puede utilizar un equipo llamado pulpo el cual es un soplador eléctrico el cual inyecta aire caliente. El grado óptimo de humedad que debe alcanzar estas piezas de bambú será entre 15 y 17 %, se calcula que utilizando este equipo el proceso puede durar 10 días (Aguilar,2018).



Figura 11: Área de secado
Fuente: Tierra común.org



Figura 12: Secado al aire en tijerales
Fuente: Manzur, 2011.

- **Almacenamiento:** Para su almacenaje el lugar a utilizar debe tener las mismas características que el área de secado. La forma de almacenaje se debe hacer dependiendo la clasificación del bambú para así tener una distinción entre cada una de ellas, debe tener una separación para que tengan una ventilación adecuada como se muestra en la Figura 12. Por otro lado, las piezas que se allá dañado en el proceso será retiradas y se le darán algún otro uso, si la pieza no cumple con el contenido de humedad requerido serán llevadas a que sigan el proceso de secado nuevamente ya sea tradicional o mediante el pulpo (Aguilar, 2018).



Figura 13: Almacenamiento de bambú
Fuente: Manual de construcción con bambú (2010)

El proceso para la obtención de bambú hasta su almacenamiento se presenta en la figura 14.

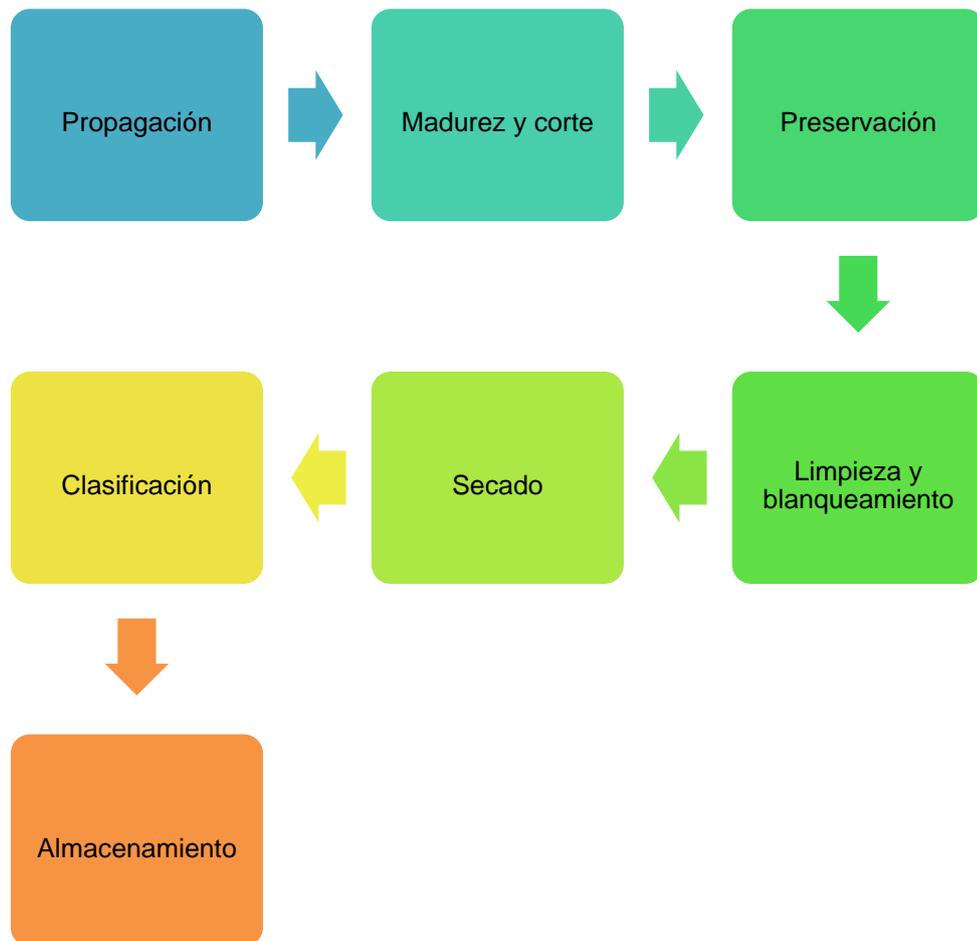


Figura 14: Preparación del bambú para su correcta utilización
Fuente: Elaboración propia

Clasificación del Bambú: Una vez pasado estos procesos de corte, preservación, secado y blanqueamiento se procede a clasificarlo en tres categorías la cuales tienen como principales características: rectitud, longitud, estado físico y diámetro.

Tabla 2: *Clasificación del bambú*

Grado	Características	Usos
A	Culmos fuertes y rectos	Columnas
	Diámetro: mínimo 9 cm	Vigas
	Espesor de pared: mínimo 8 mm	Latas
	Longitud: mínimo 6.5 m	Esterillas
B	Culmos fuertes ligeramente curvados	Columnas
	Diámetro: mínimo 9 cm	Vigas
	Espesor de pared: mínimo 8 mm	Latas
	Longitud: mínimo 6.5 m	Esterillas
C	Culmos con más de una curva y con ligeras grietas.	
	Útil solo en secciones	Latas
	Diámetro: mínimo 9 cm	Esterilla
	Espesor de pared: mínimo 5 mm	
	Longitud: mínimo 6.5 m	

Fuente: Manual para la construcción con bambú

Propiedades Mecánicas del bambú

Estas serán dependientes de la especie, tipo de suelo, su edad, clima, contenido de humedad, tiempo en el que se sembró y cosecha, además de nudos que esté presente en el bambú. Asimismo los resultados que se obtienen serán variados dependiendo del tipo de ensayo que se realice para cada investigación. Conllevando que este material sea un materia de ingeniería viable, económica e incentivando la industrialización para las construcciones, ya que se han logrado obtener beneficio y características parecido a materiales convencionales. (Huiza & Vilches, 2021)

En el bambú se encuentra presenta fibra y sílice, características que lo hacen un material resistente y flexible, análogo al acero, teniendo una mayor rigidez y fuerza que la madera. A su vez, este material se caracteriza por tener una mayor esbeltez, esto se debe a su forma tubular y de longitud larga, Siendo características ideales ante el pandeo por esfuerzo de compresión generado por los sismo, haciendo que este material califique como un elemento sismo resistente y apto para las. (Molina, 2020)

Bambú como material de construcción

Según Atauje (1986), el bambú es considerado como un material apto para la construcción de viviendas y edificaciones (puente o muros de contención). Es un material ecológico, con un costo bajo, resistente y renovable; se destaca por su mayor resistencia en la construcción que la madera, el cual se compara con el acero.

Para la construcción de vivienda se ha utilizado en distintos puntos, columna, viga, pórticos, techo, además se utiliza para colocar paneles formados por esterilla y listones. Por otro lado, existen técnicas para moldear al bambú durante se crecimiento. A su vez, *la GUADUA* da a las estructuras características sismo resistente las cuales se adecuan para la costa peruana lugar con una presencia sísmica activa. (Guzmán, 1989)

Ventajas y desventajas del bambú como material de construcción

Ventajas:

- El bambú es un material con un rápido crecimiento, el cual alcanza la madurez en 4 o 6 años. De esta forma consigue un rendimiento de 3.3 veces mayor que la madera. Por otro lado, posee propiedades físicas y mecánicas, que permite el uso de este elemento en diferente piezas estructurales, además los nudos que posee el bambú tiene unos tabiques transversales que le otorga una mejor rigidez y elasticidad. Por lo que permite que se curve sin romperse, lo que lo hace ideal para la construcción de elementos sismo resistente. (Soler, 2017)
- Además, por tener una sección circular, usualmente hueca, hacen que este material sea liviano, fácil de transportar y almacenar. Permitiendo que la construcción se realice de manera rápida, eficiente y segura. Por otro lado, la zona externa del bambú posee una gran resistencia a la tracción, la cual es comparable al acero. La resistencia a la compresión que posee lo hace semejante al concreto y su dureza que esta posee, flexibilidad y resistencia hacen de un material eficaz para los distintos elementos estructurales. (Encalada, 2016)
- Según Soler (2017), el bambú posee una capa externa que es altamente resistente a la tracción, la cual es comparado al acero. Su alta resistencia a la compresión se podría comparar a la que ofrece el concreto. Por otro lado, la dureza, resistencia y flexibilidad que posee la hacen que sea eficaz para una variedad de elementos estructurales y revestimientos. Además que este material permite que se pueda combinar con distintos materiales de construcción como madera, concreto entre otros.
- El bambú es un material que no contamina al ecosistema, ya que deja residuos biodegradables. Este material no presenta cortezas o partes que se consideren desecho. Es una caña orgánica porque todas sus partes y lo que queda después de la cosecha se restituye al suelo. (Encalada,2016)

- En el medio ecológico el bambú influye en un rol importante, ya que este brinda distintos servicios al medio ambiente por ejemplo, regulación hídrica de micro cuencas, protección de riberas de los cursos de agua, protege los suelos de la erosión y recicla nutrientes, genera una reducción en el riesgo de deslizamiento, captura y almacena el dióxido de carbono. (Añazco & Rojas, 2015)
- El bambú es un material con un costo bajo y ecológico, ya que la misma población puede cultivarlas, así contribuir en el desarrollo constructivo y crecimiento sostenible en zonas rurales. Por lo tanto, es un material de fácil acceso para las diferentes clases sociales. (Añazco & Rojas)
- La construcción con bambú representa un ahorro respecto a una construcción de concreto. El tiempo de ejecución para una construcción de bambú es más rápido respecto a una de convencional. (Frías, 2019)

Desventajas:

- El bambú es frágil a los rayos ultravioletas y a la humedad, por lo que se requiere que se proteja durante su utilización, ejecución y mantenimiento. (Carpio & Vásquez, 2016)
- El bambú es propenso al ataque de insectos u hongos. por ello deben ser curados durante su proceso de corte. (Juárez, 2020)
- De acuerdo a su especie y el lugar donde se desarrolla, su edad, el contenido de humedad y sección de culmos del bambú, su comportamiento estructural puede variar dificultando su construcción. (Carpio & Vásquez, 2016)

- El bambú pasar el proceso de secado este se contrae y su diámetro disminuye. Para ello se debe prever que la caña esté seca y/o tomar en cuenta este cambio. (Carpio & Vásquez, 2016)
- El bambú tiene baja durabilidad, sin tratarse no suelen durar mucho, pero mediante algunos tratamientos simples su vida útil puede prolongarse hasta 15 años. Sin embargo mediante tratamientos más técnicos lograrían llegar hasta los 60 años de vida útil. (Juárez, 2020)
- La caña de bambú tiende a rajarse con facilidad, por lo que se debe evitar el uso de clavos gruesos.

Impacto ambiental del bambú en los sistemas constructivos

Los recursos que se relacionan con la recolección y transporte de este material, así como la resina que se usa en el producto tienen una contribución altamente limitada en el impacto ambiental. Mientras que la naturaleza, la cantidad de energía que se utiliza en el proceso de producción, son parámetros críticos que aportan de mayor manera a la variabilidad de los resultados. (Escamilla & Habert, 2014)

Vogthlander, Van Der Lugt & Brezet (2010) en su investigación comparan el impacto ambiental que genera los materiales hechos de bambú y producidos en Chile, los cuales son enviados a Europa occidental para su venta, con respecto a la madera. Determinado que el procesamiento de productos de bambú y su transporte consume gran cantidad de energía; los productos hechos de bambú tienen un mejor impacto ambiental y un mayor rendimiento que la madera. El tallo de bambú y productos de segundo grado del bambú (fibra de baja densidad y

aglomerados), son soluciones sostenibles, pero, tienen un mayor impacto ambiental que productos europeos de segundo grado hecho de madera blanda.

Consideraciones del diseño estructural con bambú según la Norma E.100

La Norma E. 100 del RNE establece los procesos técnicos que se debe seguir para el diseño y construcción de edificaciones sismo resistentes con bambú.

Cimientos, sobrecimientos, losas y pisos

Se basará en lo indicado en la Norma E. 050 Suelos y cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones. Por otro lado, la altura mínima de sobrecimiento es de 20 cm desde el nivel del terreno natural esto servirá de apoyo para los elementos verticales de bambú como columna y muros estructurales.

- **Uniones entre piezas:** Según la norma E.100 de bambú (2012) nos dice que este material debe ser cortado de tal forma que quede un nudo en cada extremo o próximo a él, la distancia máxima será $D=6$ cm del nudo. Finalmente, se debe evitar unir las piezas de bambú.

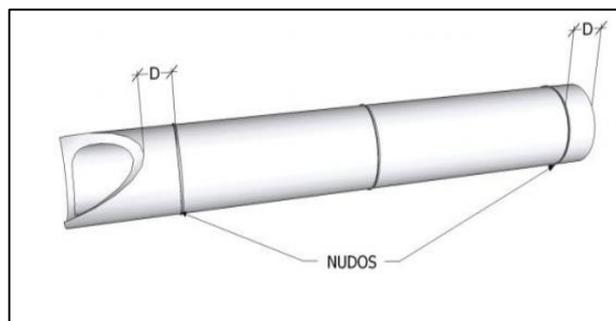


Figura 15: Corte de pieza de bambú
Fuente: Norma E.100 de bambú

Tipos de uniones de piezas de bambú

- **Zunchos o amarres:** Según la norma E-100 de bambú (2012) el uso de este tipo de unión debe ser justificada por el proyectista. Por otro lado, se debe evitar el desplazamiento del zuncho o amarre, además se puede utilizar materiales no metálicos como sogas, cuero, plásticos u otros similares.

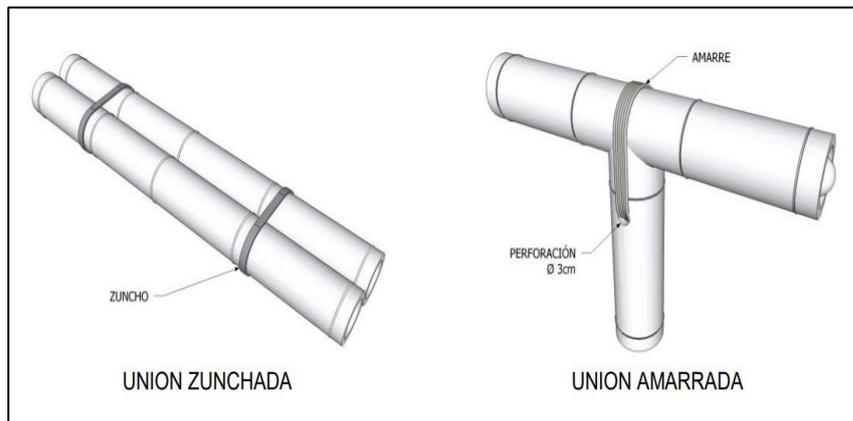


Figura 16: Tipo de uniones: Zunchos o amarres
Fuente: Norma E.100 de bambú

- **Tarugos o pernos:** Según la Norma E-100 de bambú (2012) estos tarugos deben de ser de madera estructural o de un material que tenga una resistencia similar. Por otro lado, debe colocarse arandelas, pletinas metálicas u otro material de resistencia similar entre la cabeza de perno y el bambú. Se pueden fabricar estos pernos con barras de refuerzo roscadas en obra o barras comerciales de rosca continúa cumpliendo con lo establecido según la norma NTP 341. 028: 1970. A su vez, estos materiales como los tornillos, pernos, tuercas o pletinas deben tener tratamientos anticorrosivos. Finalmente, las perforaciones del entrenudo para el perno deben pasar por el eje central del bambú.

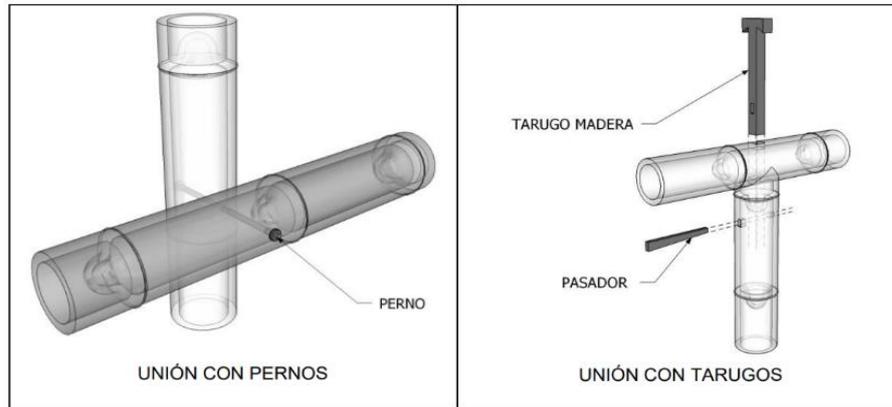


Figura 17: Tipo de uniones: Tarugo o perono

Fuente: Norma E.100 de bambú

- Unión de mortero:** Según la norma E.100 de bambú (2012) nos señala que si el entrenudo se encuentra sujeto a fuerzas de aplastamiento o cuando se necesite por diseño ser rellenado, el mortero deberá cumplir con la Norma E- 070 Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones, además debe estar en una proporción máxima de 1:4 de cemento-arena gruesa. A sí mismo, el mortero debe fluir lo suficiente para rellenar completamente el entrenudo. Finalmente, para poder vaciar el mortero se debe realizar una perforación de máximo 4 cm, en la parte más cerca al nudo superior del bambú.

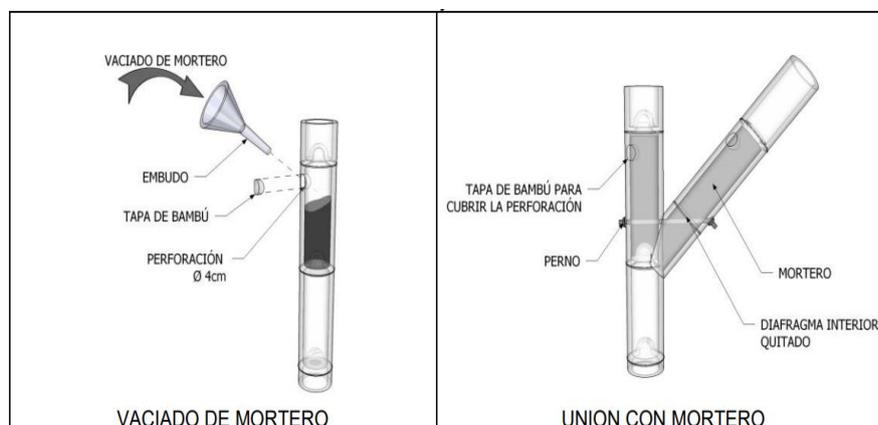
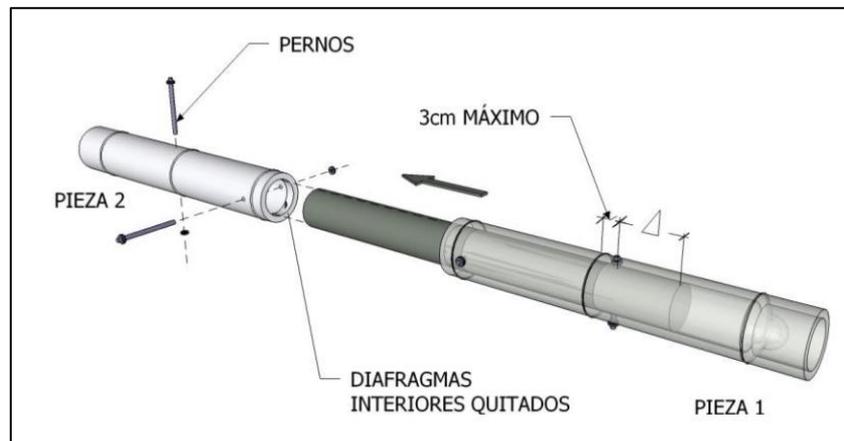


Figura 18: Tipo de uniones: Mortero

Fuente: Norma E.100 de bambú

- **Uniones longitudinales:** Según la norma E-100 de bambú (2012) para poder unir longitudinalmente dos piezas de bambú se debe escoger cada pieza con diámetros similares y según estos 3 tipos de conexión poder unir las.
 - Caso 1: Mediante una pieza de madera se pueden unir dos piezas de bambú, además se debe unir con pernos de 9 mm como mínimo y perpendicular entre sí a cada una de las piezas. Cada perno estará a unos 30 mm de los nudos.



NOTA: Δ = Es la distancia que existe entre el perno y el borde de madera la cual conecta a los dos bambús. Este valor será de 5 cm de diámetro como mínimo.

Figura 19: Unión longitudinal, caso I
Fuente: Norma E.100 de bambú

- Caso 2: Dos piezas de bambú se conectan mediante dos piezas metálicas, sujetas con pernos de 9 mm como mínimo, debe colocarse paralelo al eje longitudinal de la unión. Los pernos se ubicarán a 30 mm como máximo de los nudos.

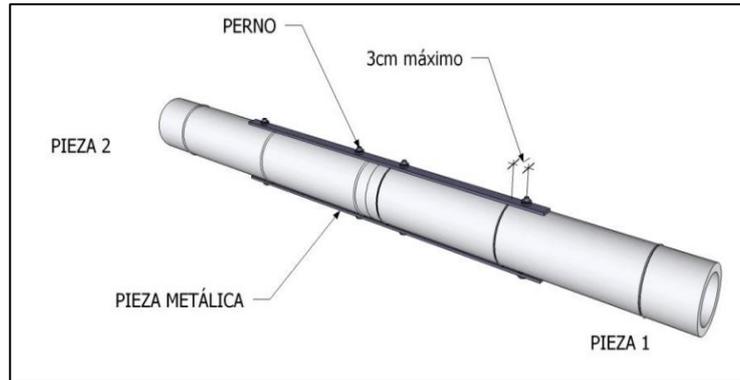


Figura 20: Unión longitudinal, caso 2
Fuente: Norma E.100 de bambú

- Caso 3: Dos piezas de bambú se conectan mediante otras dos piezas de bambú, sujeto con pernos de 9 mm como mínimo. Se colocarán paralelos al eje longitudinal de la unión. Los pernos estarán ubicados a 30 mm de los nudos como máximo.

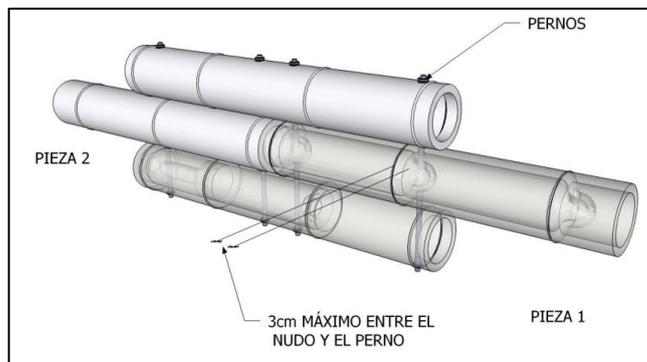


Figura 21: Unión longitudinal, caso 3
Fuente: Norma E.100 de bambú

- **Unión perpendicular y en diagonal**

Según la norma E-100 de bambú (2012) nos indica que para este tipo de unión se debe tener el mayor contacto entre las piezas de bambú, para esto se han establecido distintos tipos de cortes del bambú o cualquier otra forma que ayude

a cumplir este objetivo. Por otro lado, también se debe asegurar la rigidez de la unión, para esto se puede utilizar refuerzos como uniones con tarugos o pernos o morteros.

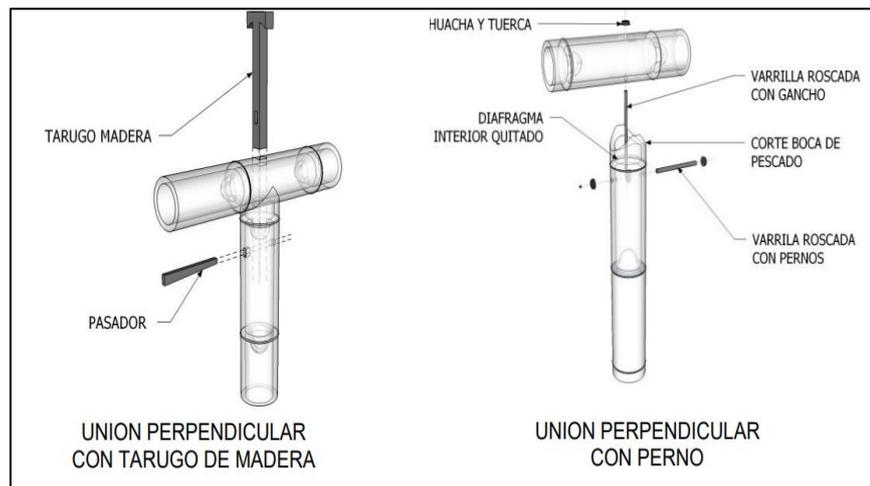


Figura 22: Unión perpendicular
Fuente: Norma E.100 de bambú

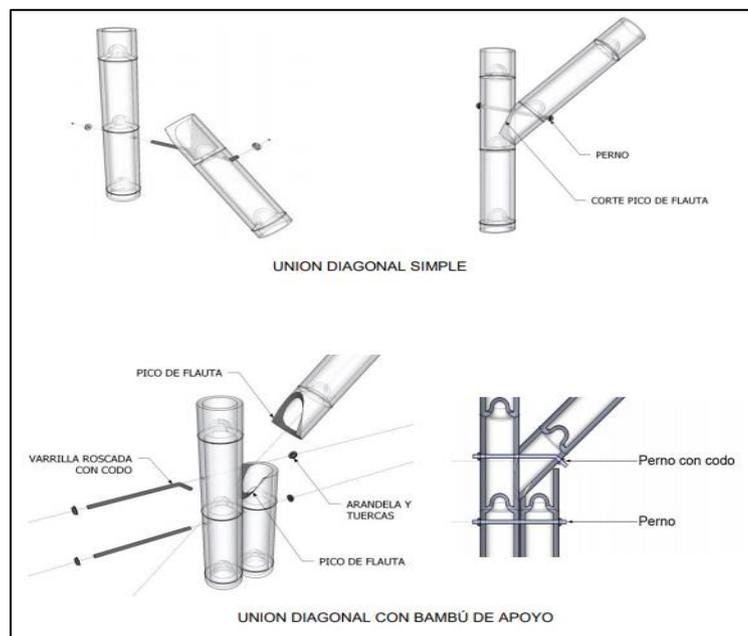


Figura 23: Unión diagonal
Fuente: Norma E.100 de bambú

Columnas

Según la norma E-100 del bambú (2012) nos indica que las columnas se deben de formar por una pieza de bambú o por la unión de dos o más piezas de bambú. Se colocará de forma vertical con la base orientada hacia abajo. Por otro lado, las columnas que se conforman por más de una pieza de bambú, se deberán unir entre ellas con zunchos o pernos, con un espaciamiento que no excedan un tercio de la altura de la columna.

Muros estructurales

Según la norma E-100 del bambú (2012) nos indica que los muros estructurales se deben de componer por un entramado de bambúes o de bambúes y madera, conformado por elementos verticales llamados pie - derechos, elementos horizontales llamados soleras y recubrimiento, el bambú no debe tener un diámetro menor de 80 mm.

La norma E-100 de bambú (2012) también nos indica que, en caso de realizar soleras de madera, estas tendrán un ancho mínimo o igual al diámetro de los bambúes de pie derecho. Los espesores mínimos de la solera superior e inferior serán de 35 mm y 25 mm respectivamente, pero, en caso de tener solera de bambú estas deberán ser reforzadas con la finalidad de evitar el aplastamiento. Estos reforzamientos se pueden conformar por tacos de madera o rellenando con mortero en los entrenudos.

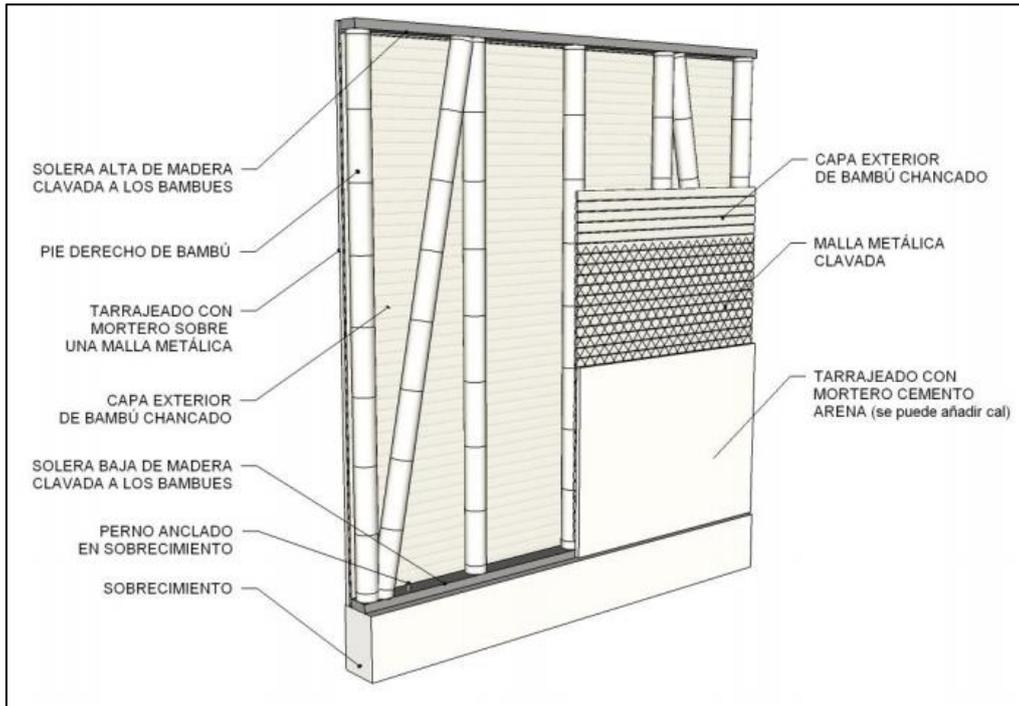


Figura 24: Muro estructural con solera de madera
Fuente: Norma E.100 de bambú

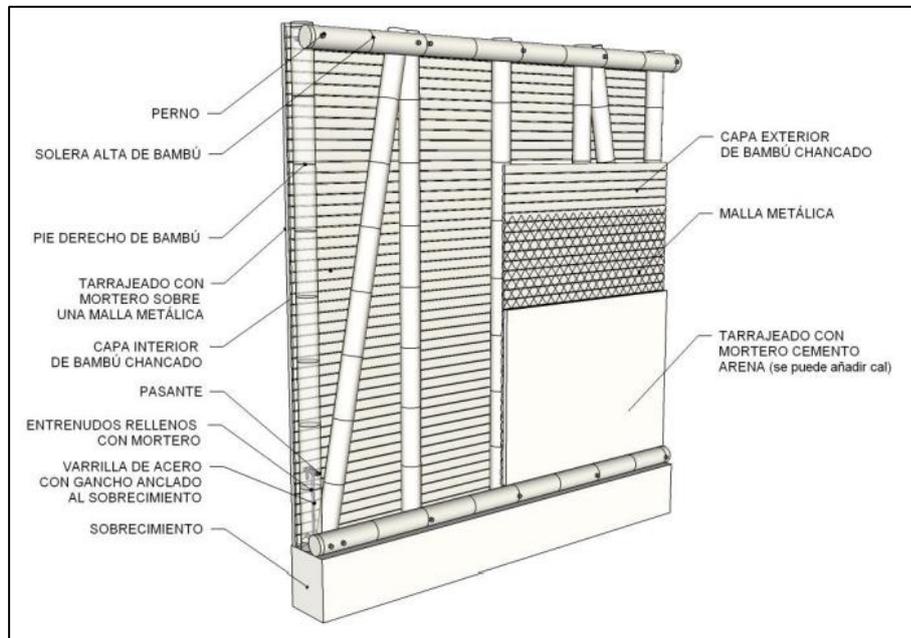


Figura 25: Muro estructural con solera de bambú
Fuente: Norma E.100 de bambú

Vigas

La norma técnica E-100 del bambú (2012) nos indica que estos elementos deberán estar conformados por 2 o más piezas de bambú. Además, deberán unirse mediante zunchos o pernos los cuales deben estar espaciado a $\frac{1}{4}$ de longitud de la longitud de la viga como mínimo. Por otro lado, para lograr longitudes mayores a las piezas de bambú se deberán unir 2 bambús mediante uniones con mortero. Finalmente, las uniones en las piezas de bambú en vigas compuestas deberán ser alternadas.

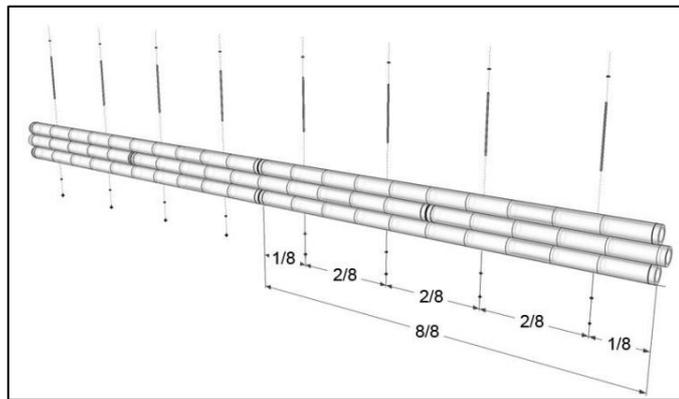


Figura 26: Viga compuesta tipo A
Fuente: Norma E.100 de bambú

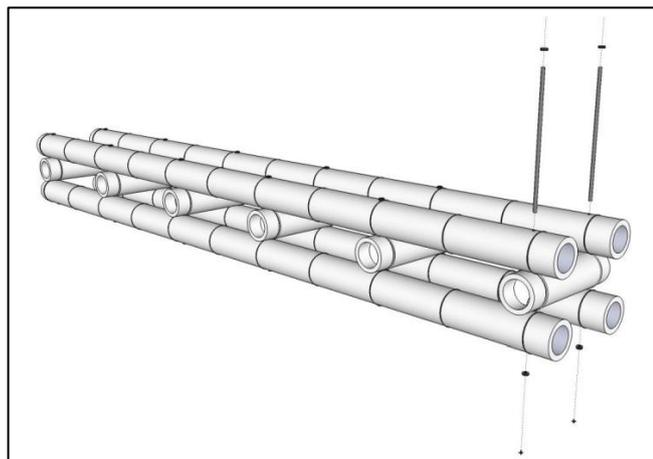


Figura 27: Viga compuesta tipo B
Fuente: Norma E.100 de bambú

Entrepisos

Según la norma E-100 de bambú (2012) nos indica que para edificaciones de bambú no se permiten entrepisos de losa de concreto, al menos que sea justificado mediante un cálculo estructural. Para el proceso constructivo de los entrepisos se debe revisar las normas técnicas establecidas en el título III.2 estructuras del Reglamento Nacional de Edificaciones según el tipo de material.

Además, se debe evitar que se aplaste las vigas de bambú en sus extremos, se puede colocar tacos de madera con un peralte igual al de la viga de bambú o relleno con mortero de cemento en los entrenudos de apoyo de las vigas, en caso de tener vigas compuestas que están formadas por piezas de bambú superpuestas, se deberán evitar el arriostamiento necesario para poder evitar el pandeo lateral (Norma E-100, 2012) ver Anexo 3.

Para el recubrimiento del entrepiso se debe colocar materiales livianos, con un peso máximo de 120 Kg/m², salvo que se pueda justificar con un cálculo estructural. De construirse cielo raso debajo de la estructura del entrepiso, se deberá facilitar la ventilación de los espacios interiores (Norma E-100,2012).

Uniones de acuerdo a su función

- **Unión entre sobrecimiento y columna**

Según la norma E-100 de bambú (2012) se debe transmitir las fuerzas de tracción a través de las conexiones empernadas, el cual debe atravesar el primer o segundo entrenudo del

bambú. Por otro lado, las columnas deberán tener como mínimo una pieza de bambú conectada a la cimentación o al sobrecimiento. Además, se debe de rellenar los entrenudos los cuales estarán atravesados por la pieza metálica y el pasador con una mezcla de mortero. Por último, el bambú no debe entrar en contacto con el concreto o mampostería con una barra impermeable a base de un sistema hidrófugo. Para ello existen 2 casos para realizar la unión entre el sobrecimiento y la columna:

Caso 1: Unión con anclaje interno

En la cimentación se dejará empotrada una barra de fierro de 9 mm de diámetro como mínimo el cual debe tener una terminación en forma de gancho y ser de 40 cm de longitud sobre la cimentación como mínimo. Por otro lado, se perforarán los diagramas de los dos primeros nudos de la base de la columna esto antes del montaje de la columna de bambú. Luego se coloca un perno con un diámetro mínimo de 9 mm, el cual pasará por el gancho de la barra. Finalmente, se rellenará con mortero los entrenudos atravesados por la barra.

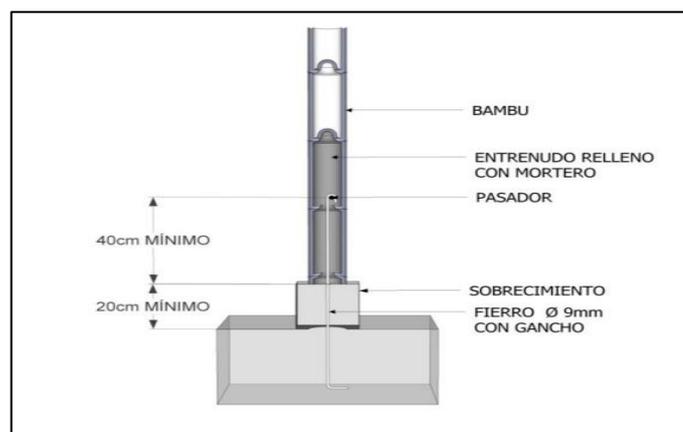


Figura 28: Unión de anclaje interno
Fuente: Norma E.100 de bambú

Caso 2: Unión con anclaje externo

En la cimentación se deja empotrada una base metálica con dos varillas o platinas de fierro de 9 mm de diámetro como mínimo y una longitud sobre la cimentación de 40 cm como mínimo. Luego, se colocará un pasador o perno con un diámetro de 9 mm que servirá unir las dos varillas o platinas y sujetar la columna de bambú.

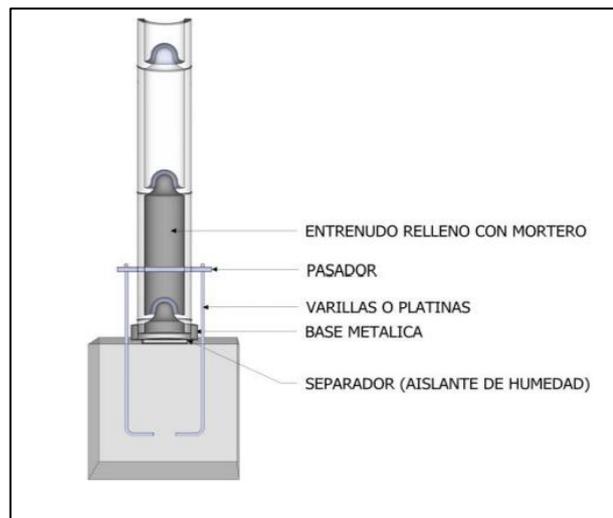


Figura 29: Unión de anclaje externo
Fuente: Norma E.100 de bambú

- Unión entre sobrecimiento y muro

Cada uno de los muros debe de tener como mínimo dos puntos de anclajes que estén conectados al sobrecimiento o a la cimentación mediante conectores metálicos. A su vez, estos anclajes metálicos no pueden separarse a más de 2.50m, las puertas tendrán dos puntos de anclajes en ambos lados. Por otro lado, hay distintos tipos de uniones según la NTP. E.100.

- Unión con soleras de madera aserrada

En este caso de soleras estas se fijan a los cimientos con barras de fierros roscadas, las cuales se fijan con tuercas y arandelas que cumplan lo mencionado en el punto de unión por perno o tarugo. Finalmente, la madera deberá separarse del concreto o mampostería con una barrera impermeable.

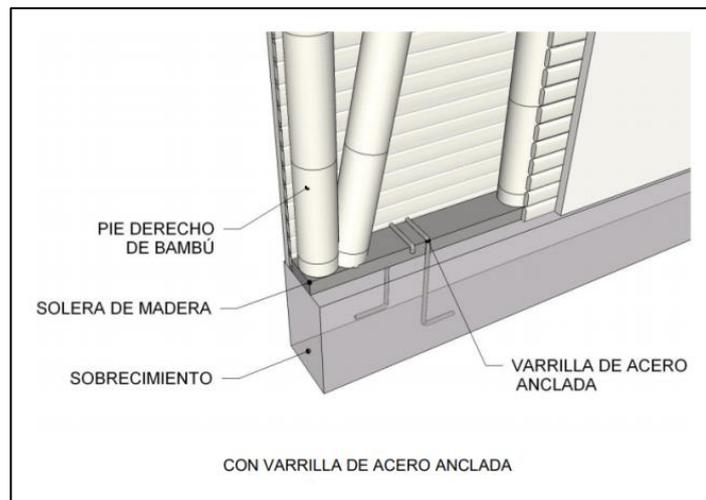


Figura 30: Unión de solera de madera con varilla de acero anclada
Fuente: Norma E.100 de bambú

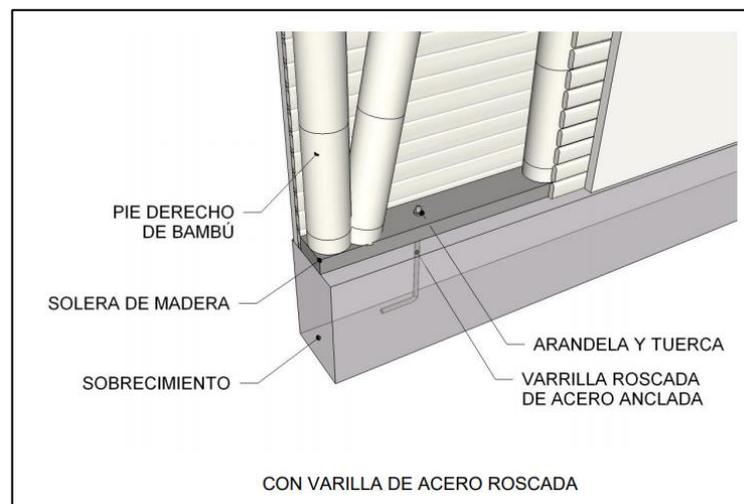


Figura 31: Unión de solera de madera con varilla de acero roscada
Fuente: Norma E.100 de bambú

- **Unión con solera de bambú**

Para este tipo de unión los muros deberán conectarse a los cimientos fijando los pies derecho necesario del mismo modo como se menciona en el punto de unión entre sobrecimiento y columna.

- **Unión entre muros**

La norma E-100 (2012) nos indica que este tipo de uniones se realiza mediante perno o zunchos. Por otro lado, se debe de tener un mínimo tres conexiones por unión, las cuales se colocan a un tercio de la altura del muro, además el perno deberá tener al menos un diámetro de 9 mm.

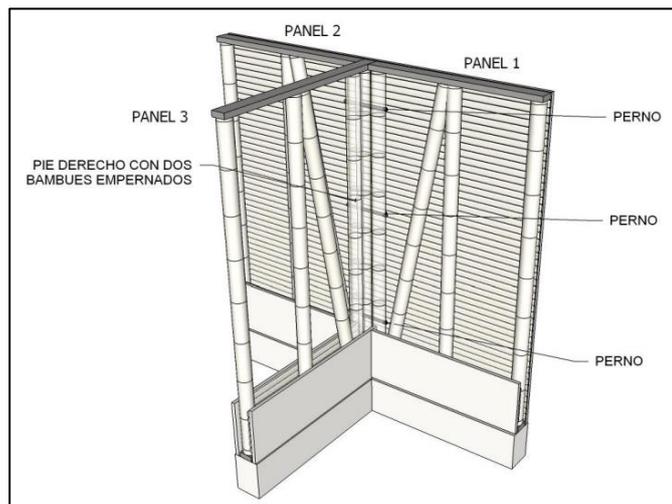


Figura 32: Unión entre muros
Fuente: Norma E.100 de bambú

- **Unión entre muros y entrepisos mediante correa de madera estructural**

Según la norma E-100 (2012) nos indica que deberá tener una viga de amarre a nivel del entrepiso. Además, se busca tener continuidad estructural entre los muros del

primer y segundo piso. Por otro lado, la estructura del muro y entrepiso se deben fijar de tal forma que se garantice su comportamiento en conjunto y no se produzca aplastamiento de las vigas de bambú.

- **Unión entre muros y cubierta**

La norma E-100 (2012) indica que debe de existir una viga de amarre a nivel de cubierta. Se deberá buscar la continuidad estructural de la cubierta junto a los muros que lo soportan. Por otro lado, la estructura de la cubierta deberá estar fijada a los muros de tal forma que se garantice un comportamiento en conjunto. Finalmente, se debe evitar que se aplaste el bambú.

Cubierta

Según nos indica la norma E-100 (2012) los elementos portantes de la cubierta se deben conformar por un conjunto estable para las cargas verticales y laterales, para ello, se utilizarán los anclajes y arriostramientos requeridos. Por otro lado, los materiales de la cubierta deben ser livianos e impermeables para proteger al bambú y madera de la humedad. Si se tienen aleros mayores a 60 cm se deberán colocar un apoyo adicional, al menos que sea justificado estructuralmente. Por último, para su proceso constructivo se deberá seguir las indicaciones que provee la norma técnica en el Título III.2 Estructura del RNE.

Por otro lado, los materiales a utilizar en el recubrimiento deberán de ser impermeables. Si se utiliza materiales que transmiten capilaridad, se deberá evitar el contacto con el bambú con

el fin de evitar su putrefacción y también deberá protegerlo de la radiación solar. De colocarse cielo raso, sus materiales de construcción deberán ser ligeros, anclados a la estructura del entrespacio o cubierta y permitir la ventilación de cubiertas y entrespacio (Norma E-100, 2012).

Esfuerzos admisibles del bambú

La norma E-100 de bambú (2012) nos indica que para el diseño de elementos estructurales se deberá usar los siguientes esfuerzos según la tabla 2:

Tabla 3: *Esfuerzos admisibles*

Flexión (Kg/cm ²)	50
Tracción paralela (Kg/cm ²)	160
Compresión paralela (Kg/cm ²)	130
Corte (Kg/cm ²)	10
Compresión perpendicular (Kg/cm ²)	13

Fuente: Norma E-100 de bambú

Módulo de elasticidad

Según la norma E-100 de bambú el módulo de elasticidad que deberá utilizarse para el diseño de elemento estructural según la tabla 4.

Tabla 4: *Módulo de elasticidad (E)*

E promedio (Kg/cm ²)	95000
E mínimo (Kg/cm ²)	73000

Fuente: Norma E-100 de bambú

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Qué influencias presenta el bambú como material alternativo en la construcción de vivienda respecto a una de albañilería de dos pisos en el departamento de Lima, en el año 2022?

1.2.2. Problema específico

¿Cuáles son las influencias del bambú como material alternativo en la construcción?

¿Cuál es la diferencia del proceso constructivo (costo y tiempo) entre una vivienda de bambú de dos pisos frente a una de albañilería?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia del bambú (*Guadua angustifolia*) como material alternativo en la construcción de vivienda de dos pisos respecto a una de albañilería en el departamento de Lima, año 2022.

1.3.2. Objetivo específico

Determinar la influencia del bambú como material alternativo en la construcción.

Comparar los procesos constructivos (costo y tiempo) de una vivienda de bambú de dos pisos respecto a una de albañilería.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

El bambú presenta diversas influencias en la construcción por su composición, por su estructura, por ser hueca y ligera de transportar, haciéndolo un material ecológico, antisísmico y rentable para la construcción de viviendas.

1.4.2. Hipótesis específico

El bambú tiene un mejor comportamiento antisísmico, menor costo de construcción, menor tiempo de ejecución y bajo impacto ambiental comparado con una vivienda tradicional.

El costo de construcción y tiempo de ejecución de una vivienda de bambú es más rentable con respecto a una vivienda de albañilería.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de carácter descriptivo, según Hernández y Mendoza (2018 pág. 108) el estudio descriptivo busca detallar las propiedades, características y perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. En otras palabras, se mide o recolecta datos de diversos conceptos, variables. Este estudio tiene como finalidad analizar los beneficios y rentabilidad que posee el bambú como material constructivo para una vivienda, el cual se basa en consultas bibliográficas de diferentes fuentes que nos permite informar de manera clara y concisa.

La presente investigación es cuantitativo no experimental, según Hernández y Mendoza (2018), el tipo cuantitativo se caracteriza por recolectar información que presenta datos numéricos representados por medio de escalas, una vez obtenidos los resultados de la investigación. Este enfoque, tiene como finalidad analizar el costo de una vivienda de bambú frente a una de albañilería, el cual será presentado mediante tablas y gráficos. Así mismo es no experimental debido a que no se manipulan las variables, se basa primordialmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su espacio natural.

2.2. Población y muestra

Para esta investigación se consideró como población, todos los modelos de edificación compuestos de bambú tanto nacionales, locales e internacionales, que cumplan con las especificaciones técnicas y el Reglamento Nacional de Edificación. Para (Hernández y Mendoza, 2018), la población hace referencia a un conjunto de elementos del cual se intenta

conocer e indagar cada característica o alguna de ellas, para la validación de las conclusiones obtenidas.

La muestra es no probabilística, ya que su utilidad de diseño de estudios que no requiere de un elemento determinado de la población, sino una elección cuidadosa y controlada con ciertas características previamente planteadas en el problema (Hernández y Mendoza, 2018). Para la presente investigación la muestra se eligió por conveniencia ya que el muestreo es elegida por criterio del autor, por ende, se seleccionó una vivienda de dos pisos construido de bambú y otro de albañilería, para determinar la variación del presupuesto.

2.3. Materiales, Instrumentos y métodos

Materiales

En el presente trabajo se realizó la revisión documental debido al carácter teórico. Recolectando información de diversas fuentes bibliográficas y la Norma Técnica Peruana E.100 de Bambú. Con la finalidad de obtener información sobre los beneficios, uso y proceso constructivo de dicho material. Los materiales usados en este trabajo son de gabinete como: Laptop, Lapiceros, Apuntes, Afiches, planos y Celular.

Instrumentos:

Según (Arias, 2016), el instrumento es el medio material manejado por el autor para almacenar datos. Para esta investigación se usará ficha de registros, con el propósito de conseguir la información observada en diferentes documentos, Software Excel, AutoCAD, Ms Project y S10.

A. AutoCAD:

Es un software de diseño asistido por computadora utilizado para crear dibujos y realizar bocetos, de los respectivos planos tanto de estructuras como arquitectura para una mejor ayuda en la ingeniería. El cual será utilizado para crear el plano de la vivienda de dos pisos. Este software será usado para hacer el diseño de la vivienda de bambú de dos pisos.

B. S10:

Es un programa que cuenta con una base de datos para elaborar presupuesto en base a costos unitarios, para diversos proyectos vinculados a la construcción, permitiendo al usuario manejar la parte económica de un proyecto. El cual se usó para el presupuesto de ambas viviendas a comparar.

C. Ms Project:

Es una herramienta que está diseñado para gestionar proyectos, mediante ello generar diagrama de Gantt que nos permite visualizar las partidas, duración, actividades y calendario de un proyecto.

D. Microsoft Excel:

Es una herramienta con hojas de cálculos más manejable, sencillo, eficiente para extraer información de grandes cantidades de datos y se adecua a la accesibilidad a base de datos mediante la elaboración de cuadros y gráficos, que

nos permite calcular y analizar las diferentes variables de estudio de la vivienda de dos pisos de bambú y albañilería.

2.4. Procedimiento

Para dar cumplimiento a los objetivos de la investigación, se manejó el siguiente procedimiento.

Paso 1: Búsqueda de información

Se realizó una búsqueda de información en diferentes bibliotecas virtuales como Scielo, Redalyc, Dialnet y repositorios institucionales, entre otros. Así obteniendo fuentes confiables como paper, revistas informativas, tesis, manuales, normas, entre otros, siendo estos de nivel local, nivel nacional e internacional. Adicional a ello, se buscará recursos visuales e informáticos que nos permitan referenciar la información. Los artículos considerados se caracterizan por abordar aspectos relacionados al bambú.

Paso 2: Selección de información

Los artículos considerados se caracterizan por abordar información concreta para ello se realizó un filtro con la palabra “*El bambú como material en la construcción*”, de los cual se optó por investigaciones y estudios cuya realización y publicación estén comprendidos entre los años 2010-2022, los cuales se encuentran vigentes y activos de origen nacional e internacional. Otro criterio de inclusión de los estudios es que solo se tomó en cuenta publicaciones científicas, tesis, revistas profesionales y normas vigentes.

Paso 3: Síntesis de información

En este paso se realizara una breve redacción que incluye las ideas importantes de la influencia del bambú como material alternativo en la construcción de las investigaciones y estudios seleccionadas, con datos fundamentales y claras para el entendimiento de los lectores. Asimismo, se sintetiza las características y propiedades mecánicas del bambú ya que tiene mucha influencia en la construcción.

Paso 4: Estructuración de vivienda de bambú y una de albañilería

Para la estructuración se tomó como referencia planos de viviendas de bambú, además de las consideraciones mínimas de la Norma Técnica Peruana E.100 y el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente.

El diseño de la vivienda consta de 2 pisos de 6 x 12m. El primer nivel está conformado por una sala, cocina, comedor, baño, 1 dormitorio y un patio posterior. Mientras que el segundo nivel lo conforman 3 habitaciones y un baño, la escalera se ubicará en la parte interior de la vivienda.

Para el diseño de los muros se consideró arriostres de un diámetro de 10 cm con un espesor de 1.5 cm, mientras que para las columnas y vigas se consideró un diámetro de 14 cm con un espesor de 2 cm., según la norma E-100 de Bambú. Además, de un sobrecimiento de 20 cm, siendo la altura entre piso de 2.72m.

Por otro lado, la estructuración de la vivienda de albañilería se adapta al plano de bambú, sin embargo, se utilizó elementos tradicionales como columnas y vigas de concreto y muros de albañilería, así mismo nos referenciamos en la Norma Técnica Peruana E.070

y el Reglamento Nacional de Edificación. Finalmente, con todos estos datos, se realizan los planos en el software AutoCAD, Ver anexo 4.

Paso 5: Análisis comparativo

- Costo y presupuesto

En este paso se realizó el cálculo del análisis del Análisis de Precios Unitarios y presupuesto en el programa S10 de acuerdo a lo que propone el instituto de CAPECO, donde se consideró las partidas de estructura y arquitectura, ya que el costo de las partidas de instalaciones eléctricas y sanitarias es similares para ambas viviendas.

- ✓ Presupuesto de vivienda de bambú; en el anexo 5 se detalla el costo de las partidas, para los cuales se han tomado como referencia los APUS que plantea (Frías, 2019) y (Juárez, 2019) en sus tesis y los precios se actualizaron para la mano de obra y material.
- ✓ Presupuesto de vivienda de albañilería; en el anexo 6 se observa el costo de las partidas de acuerdo al Costo y Presupuesto en Edificación que propone el Instituto de la CAPECO como la cuadrilla, rendimiento, equipo y material, asimismo, se actualizó los precios.

Finalmente se determinó el costo de la vivienda de bambú y albañilería de dos pisos y el índice de ahorro entre ambas viviendas.

- Tiempo de ejecución

En este paso se realizó la programación de ejecución de una vivienda de bambú y una de albañilería con ayuda del software Ms Project, así determinar el tiempo de ejecución de ambas viviendas. Ver anexo 7 y 8.

Paso 6: Resultado y conclusiones

En esta última etapa se expondrán los resultados y las conclusiones de los beneficios y rentabilidad que tiene el bambú como material en la construcción, asimismo el costo de una vivienda de bambú frente a una de albañilería de dos pisos. De esta manera, el bambú podrá ser visto como un material alternativo en la construcción y que debe ser promovido en su uso de viviendas sostenibles y económicas.

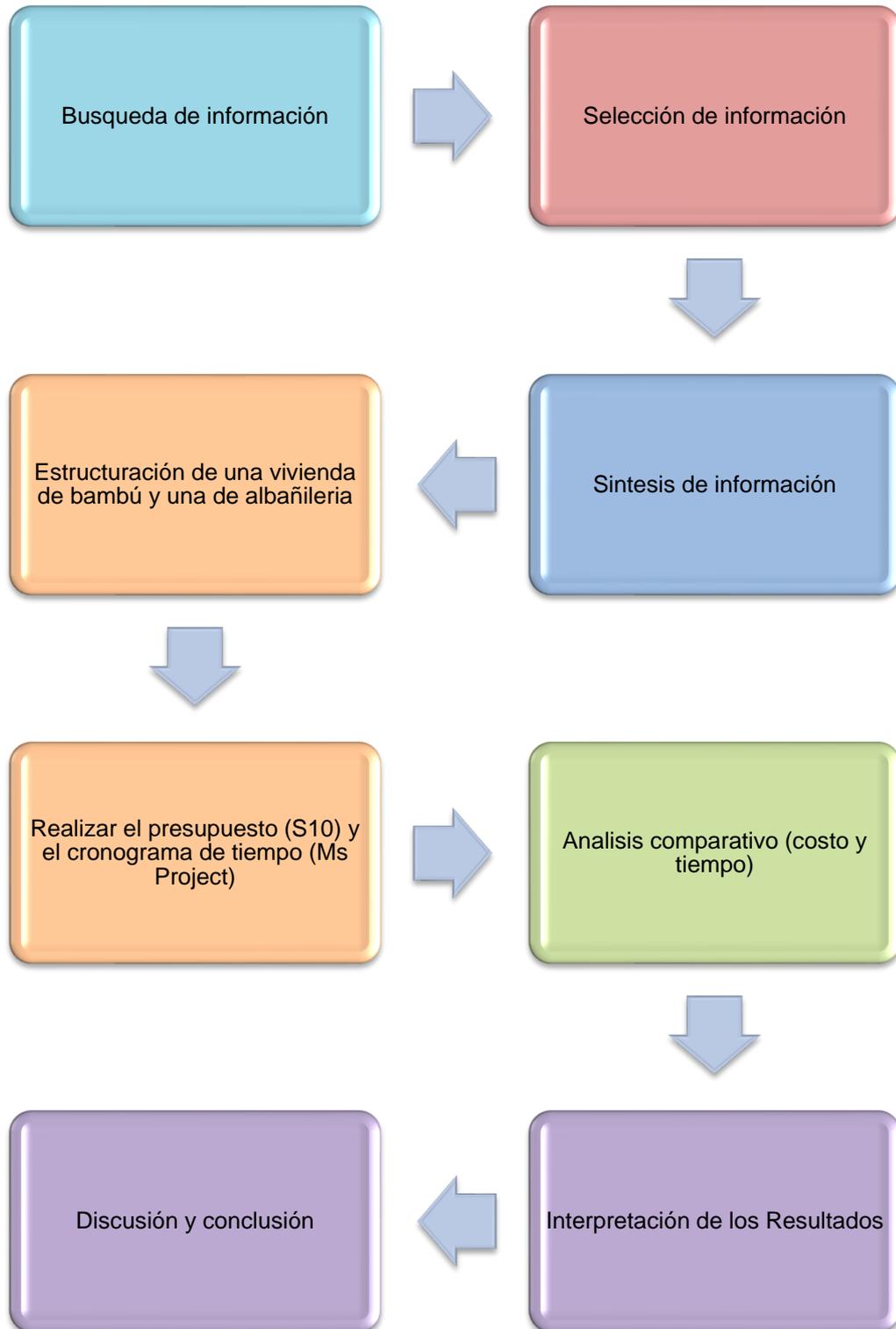


Figura 33: Flujograma del procedimiento
Fuente: Elaboración propia

2.5. Aspectos éticos

Esta investigación tiene un impacto positivo en la construcción, debido a que se utiliza un material eco-amigable, con características similares a la madera; sin embargo, posee mejores propiedades físicas-mecánicas, además de un rápido crecimiento. Asimismo, esta investigación cumple con los aspectos éticos sujetos al cumplimiento de ley, ya que se respeta la norma establecida por la universidad y citando a los autores de las investigaciones utilizadas, evitando cualquier tipo de plagio de información.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Resultados de la influencia del bambú como material alternativo en la construcción

Una de las influencias del bambú (*Guadua angustifolia*) son sus propiedades mecánicas, los cuales dependen de distintos factores como su edad, especie, clima, tipo de suelo, humedad y época de siembra y cosecha. Asimismo los resultados de sus propiedades de la caña presentaran diferentes variaciones por la influencia de los ensayos y laboratorios donde se llevan a cabo las investigaciones. En la tabla 05 se muestra algunos resultados obtenidos de diferentes estudios.

Tabla 05: Esfuerzos obtenidos de algunas investigaciones

Autor	Tracción (Kg/cm²)	Compresión (Kg/cm²)	Flexión (Kg/cm²)	Corte (Kg/cm²)	Mod. Elasticidad (Kg/cm²)
Guzmán, 1989	1660-1940	230-700	s/d	s/d	107000- 170000
Luna, Lozano & Takeuchi, 2014	s/d	191-236	358-408	30-43	s/d
Peñaranda, 2015	184	143	153	s/d	96873
Vargas, 2016	962	513	s/d	61	96873
Carpio & Vásquez, 2016	180-190	321-414	60-90	65-85	s/d
Sapaico, 2018	640	120	127	20	s/d
Guerrero, 2019	985-1372	309-585	46-77	57-98	s/d

Nota. Esta tabla muestra los esfuerzos en kilogramo sobre centímetros cuadrado.

Los análisis estadísticos de las propiedades mecánicas de la caña *guadua angustifolia*, así como sus estudios, conllevan a que este material de construcción sea más rentable, económica y sostenible, ya que se obtienen características similares a los materiales tradicionales o convencionales, con muchas posibilidades de ser industrializado y utilizados en la construcción.

Para que este material sea utilizado en la construcción es necesario y obligatorio que cumpla con los valores mínimos de fuerzas admisibles que establece la Norma Técnica Peruana E.100 de bambú, para llevar a cabo una adecuada y segura construcción.

Tabla 06. Esfuerzos admisibles.

ESFUERZOS ADMISIBLES					
Flexión (fm)	Tracción paralela (ft)	Compresión paralela (fc)	Corte (fv)	Compresión perpendicular (f'cl)	Módulo de Elasticidad (E)
50	160	130	10	13	95000– 73000
Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	kg/cm ²

Fuente: NTP.E100.

Asimismo, por tener una estructura circular hueca hace que el bambú sea ligero, de fácil transporte y almacenado permitiendo que este material sea más rentable y de rápida construcción. Su estructura externa posee alta resistencia a la tracción lo cual se compara con el acero y su resistencia a compresión es semejante al concreto, por ello su resistencia y flexibilidad lo hacen un material apto y eficaz para la construcción de diferentes estructuras. Además es un material que se puede combinar con facilidad con otros como por el ejemplo el barro, madera, concreto, entre otros. En la tabla 07 se muestra un cuadro de los esfuerzos

promedios de las propiedades mecánicas del bambú en comparación con los materiales tradicionales más utilizados en la construcción.

Tabla 07: Comparación de las propiedades mecánicas

Material	Resistencia al diseño (R) (kg/cm²)	Masa por volumen (M) (kg/cm²)	Relación de Resistencia (R/M)	Módulo de Elasticidad (E) (kg/cm²)	Relación de rigidez (E/M)
Concreto	82	2400	0.032	127400	53
Acero	1630	7800	0.209	214000	274
Madera	76	600	0.127	112000	187
Bambú	102	600	0.170	203000	340

Fuente: Ordoñez (1999) Citado por Bello y Villacreses, 2021

El bambú es de origen natural por lo que no contamina al medio ambiente, debido a que presenta fragmentos o trozos que se consideren desperdicios. Es un material orgánico ya que sus partes (tallos y hojas) son utilizados y es biodegradable, consumiendo menos energía y produciendo un menor impacto a comparación con otros materiales a lo largo de su ciclo de vida. Asimismo, En la tabla 08 se muestra la tasa de energía que produce el bambú y los materiales convencionales

Tabla 08: Tasa de energía para la producción de materiales de construcción (Eco-Costo)

Material	Unidad	Valor
Bambú	MJ/m ³ por N/mm ²	30
Madera	MJ/m ³ por N/mm ²	80
Hormigón	MJ/m ³ por N/mm ²	240
Acero	MJ/m ³ por N/mm ²	1500

Fuente: Fernández, Citado por Bello & Villacreses, 2021

El bambú es un material ecológico barato porque puede ser cultivado por la misma población y así contribuir al desarrollo constructivo y al crecimiento sostenible de las zonas rurales. Por lo tanto, es un material fácilmente disponible para la población. Para la ejecución de edificaciones se debe utilizar bambú que alcanzan la madurez apropiada, debido a que sus fibras adquieren su mayor resistencia, la cual ocurre cuando éstos cumplen 4 años de edad. Por otro lado, se debe evitar utilizar las que presenten alguna deformación, rajadura, que estén en estado de pudrición o con hongos, y evitar conicidad alta

3.2. Resultados de la comparación del proceso constructivo (costo y tiempo) de una vivienda de bambú respecto a una de albañilería de dos pisos.

Costo y presupuesto

Para determinar el costo directo de las partidas se ha tomado precios a base de la tabla de precios unitarios directos de la CAPECO. En la tabla 9 se muestra el Análisis de Precios Unitarios (APUs) de la partida 01.01.01 muro de bambú (caña chancada), el cual cuenta con sus propios insumos y materiales. En esta partida se tiene una cuadrilla de 0.0542 capataz, 0.2710 operario, 0.2710 oficial y 1.0840 peón, que multiplicado por el precio unitario se halla el precio parcial y la suma de montos parciales resultara el precio unitario de la mano de obra de S/.32.07 por m². Asimismo, el precio de los materiales se calcula como la cantidad necesaria para esta partida y el precio en el mercado por unidad, que resulta de S/.57.51 por m². Para el equipo se usó herramientas manuales que se calculó como el 3% de precio unitario de la mano de obra, lo cual resulta S/.0.96 por m².

Tabla 9: Análisis de precios unitarios (APUs) para muro de vivienda de bambú

01.01.01 MURO DE BAMBU (CAÑA CHANCADA)				
Costo unitario directo por : m2				90.55
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra				
CAPATAZ	hh	0.0542	29.08	1.58
OPERARIO	hh	0.2710	24.23	6.57
OFICIAL	hh	0.2710	19.13	5.18
PEON	hh	1.0840	17.29	18.74
				32.07
Materiales				
ALAMBRE GALVANIZADO N°16	kg	0.2000	4.40	0.88
MALLA DE GALLINERO HEXAGONAL 0.95m x 3/4"	m	1.0000	2.90	2.90
BAMBU D>=12cm (latillas)	m	2.8000	5.83	16.32
LISTONES DE MADERA	p2	5.6200	0.84	4.72
ARANDELA	und	6.0000	1.88	11.28
TUERCA	und	6.0000	1.91	11.46
ESPARRAGOS D=3/8"	m	0.5000	19.90	9.95
				57.51
Equipos				
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		0.96	0.96
				0.96

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 10 se muestra el APU de la partida 01.01 muro de ladrillo King Kong de 18 huecos, el cual cuenta con sus propios insumos y materiales. En esta partida se tiene una cuadrilla de 0.124 capataz, 1.24 operario y 1.116 peón, que multiplicado por el precio unitario se halla el precio parcial y la suma de montos parciales resultara el precio unitario de la mano de obra de S/.52.95 por m2. Para el precio de los materiales se calcula como la cantidad necesaria para esta partida y el precio en el mercado por unidad, que resulta de S/.70.13 por m2. Asimismo, para equipos y herramientas manuales se calculó como el 3% del precio unitario de la mano de obra, lo que resulto S/.6.59 por m2.

Tabla 10: Análisis de precios unitarios (APUs) para muro de vivienda de albañilería

01.01 MURO DE LADRILLO KING KONG DE 18 HUECOS				
Costo unitario directo por : m2				129.66
Descripción Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de obra				
CAPATAZ	hh	0.1240	29.08	3.61
OPERARIO	hh	1.2400	24.23	30.05
PEON	hh	1.1160	17.29	19.30
				52.95
Materiales				
CLAVOS PARA CEMENTO	kg	0.0220	6.69	0.15
ARENA GRUESA	m3	0.0580	46.61	2.70
CEMETO PORTALAND TIPO I	bol	0.4080	22.54	9.20
LADRILLO KK 18 HUECOS 9X13X24 cm	und	66.0000	0.88	58.08
				70.13
Equipos				
HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		1.59	1.59
ANDAMIO DE MADERA	hm	0.5800	5.00	5.00
				6.59

Fuente: Elaboración propia

En la figura 34 se observa el costo en soles de la vivienda de bambú y albañilería, donde incluye las partidas de arquitectura y estructura. De esta manera, obtenidos un presupuesto total de S/. 86,957.85 para la vivienda de bambú y un valor de S/. 119,905.32 para la vivienda de albañilería.

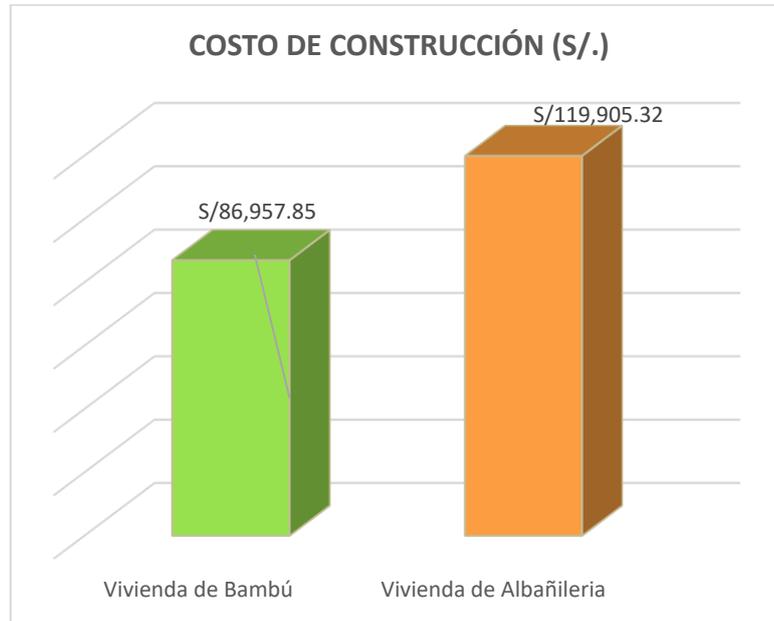


Figura 34: Presupuesto comparativo del costo de construcción

Con los resultados obtenidos de la Figura 34, se definió un índice de ahorro para cada vivienda correspondiente tanto el de bambú como el de albañilería. Este índice de ahorro viene dado por la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de ahorro (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Costo de vivienda de bambú}}{\text{Costo de vivienda de albañilería}} \right) * 100$$

Por lo tanto, el índice de ahorro es la diferencia porcentual de costos al utilizar el bambú como elemento estructural en la construcción en lugar de un material convencional como la albañilería. El resumen comparativo de costos para ambas viviendas se observa en la Tabla 11.

Tabla 11: Cuadro comparativo del Índice de ahorro

Partidas	Vivienda de Bambú (S/.)	Vivienda de Albañilería (S/.)	Índice de Ahorro (%)
Estructuras	S/.55,835.31	S/.74,983.75	25.54%
Arquitectura	S/.31,122.55	S/.44,921.57	30.72%
Costo Directo total	S/.86,957.85	S/.119,905.32	27.48%

Fuente: Elaboración propia

Tiempo de ejecución

En la figura 35 se muestra el tiempo aproximado de ejecución de la vivienda de bambú y la vivienda de albañilería de dos pisos, los cuales se calcularon con el Software Ms Project. Donde se estima un plazo de 81 días para la vivienda de albañilería y 70 días para bambú.

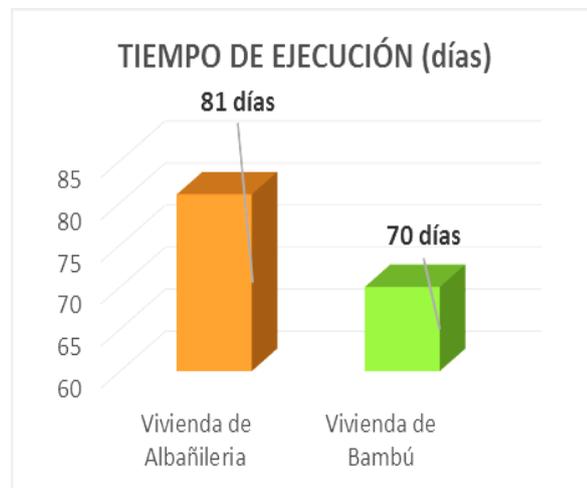


Figura 35. Tiempo estimado de ejecución de la vivienda de bambú y albañilería

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Acorde al primer objetivo específico que consistió en determinar la influencia del bambú como material constructivo, vale decir que depende de sus propiedades mecánicas, características y su contaminación del medio ambiente, el cual lo hacen un material alternativo y apto para diversas edificaciones. En cuanto a sus propiedades mecánicas del *Guadua angustifolia*, los resultados presentan una variación considerable entre los estudios esto se debe a que las investigaciones son realizadas hace años atrás y actualmente existen diferentes herramientas que ayudan a mejorar los ensayos, así tener resultados con menor margen de error y se asemejen entre ellos. Sin embargo los resultados obtenidos cumplen con la Norma Técnica Peruana E.100 que establece los valores mínimos de las fuerzas admisibles, el cual es uno de los requisitos que debe cumplir obligatoriamente para ser considerado un material idóneo para la construcción de estructuras.

Acerca de la contaminación ambiental, el bambú es un material natural de fácil cultivo y transporte, el cual no produce un alto impacto ambiental durante su etapa de utilidad ya que son biodegradables y no se requiere procesos o emisiones químicas que afecten al medio ambiente. Así como se muestra en los resultados el bambú presenta una menor tasa de energía para su producción como material de construcción con respecto a otros materiales tradicionales como la madera, hormigón y el acero que tiene una mayor tasa de energía para su producción y según la investigación de Torres, Segarra & Braganca, el bambú es un recurso que disminuye el CO₂ atmosférico “por el hecho de usar el bambú con elevados porcentajes de biomasa en soluciones constructivas duraderas, representan un mayor almacenamiento de carbono como biomasa a

largo plazo”, un estudio de una vivienda en Filipinas demostró que el uso de soluciones de bambú mostro efectos positivos sobre el medio ambiente al captura y evitar más de 108 tCO₂ de emisiones durante 130 años.

Respecto a sus características, el bambú es de fácil combinación con otros materiales, es ligera lo que lo hace flexible y antisísmico, teniendo una construcción de menor riesgo ante otros materiales como el adobe o albañilería. Por otro lado estas características también dependen del tipo de suelo, clima, tratamiento y preservación, madurez y fechas de siembra y cosecha, así como los estudios donde (Echezuria, 2018) y (Juárez, 2019) mencionan que el bambú tiene características que influyen en la construcción.

Mientras que para el segundo objetivo de investigación el cual era realizar una comparación de costo y tiempo de una vivienda de bambú de dos pisos respecto a una de albañilería se puede decir que la vivienda de bambú presenta un menor costo respecto a la vivienda de albañilería así como se muestra en la figura 35, donde la vivienda en bambú asciende a un monto de S/.86,957.85, mientras que para albañilería a S/. 119,905.32, por lo que podemos decir que construir una vivienda de bambú es de menor costo respecto a una de albañilería. Asimismo, a partir del diagrama Gantt el bambú es más rápido de construir respecto a una de albañilería, así como se muestra en la figura 36. Es por ello que se toma la hipótesis de estudio donde el costo de construcción y tiempo de ejecución de una vivienda de bambú es más rentable con respecto a una vivienda de albañilería y coincidimos con (Juárez. 2019), (Frías, 2019) y (Rojas, 2022) que concluyen que la construcción con caña de bambú es de menor costo con un promedio de 23%, 35% y 31% respecto a una vivienda tradicional. Así mismo coincidimos con

(Frías, 2019) y (Rojas, 2022) en donde concluyen que el tiempo de ejecución de una vivienda de bambú es menor con una variación de 12 y 13 días frente a una vivienda convencional en el Perú.

Limitaciones al Desarrollar la Investigación

La presente investigación se enfoca en el estudio de la influencia del bambú como material alternativo en la construcción, como sus propiedades mecánicas, características y ambiental, así mismo se evalúa la rentabilidad en función del costo y tiempo de construcción, para lo cual se a tomando como ejemplo investigaciones previos en la construcción cuya calidad de diseño sea real y capaz de implementarse en el Perú.

4.2. Conclusión

En conclusión el bambú presenta diversas influencias que lo hacen un material adecuado y apto para su uso en la construcción de viviendas. Su forma circular y hueca lo hacen un material liviano y ligero permitiendo una construcción rápida y económica. Además su rigidez y elasticidad le permiten resistir los movimientos sísmicos, actuando como un amortiguador natural. A diferencia de los materiales tradicionales el bambú ofrece ventajas ambientales con respecto a los materiales convencionales, los cuales contaminan y tienen un precio elevado en su construcción y traslado, así mismo, este material se utiliza como planta de reforestación. Los métodos de preservación y mantenimiento de las cañas de bambú permiten que estas tengan mejores propiedades mecánicas, haciendo así un material idóneo y seguro para la construcción de viviendas. Finalmente este material puede ser usado junto a otros materiales, siguiendo las indicaciones de la Normas Técnicas.

En base a los resultados de comparación se concluye que la construcción de una vivienda de bambú de dos pisos es de bajo costo en un 27.48% frente a una de materiales convencionales como el ladrillo, concreto y acero. Con respecto al tiempo de ejecución se deduce que la construcción con un material de bambú es de menor tiempo a comparación de una construcción de albañilería. Por ello en bambú como material alternativo en la construcción es mucho más rentable comparado con un material tradicional.

Finalmente, las instituciones públicas no demuestran mucho interés en promover o incentivar su plantación y uso, o estas son una minoría. Para lo cual se sugiere la incorporación de universidades y sectores educativos del estado que deben concientizar a la sociedad el uso correcto del bambú, bajo una política responsable y sostenible que pueda contribuir a la reforestación de áreas vulnerables, y fomentar el equilibrio del ecosistema. De esta manera estimular la formación de mano de obra calificada para el manejo adecuado en construcciones de bambú.

REFERENCIAS

- Álvarez, E. (2012). Comportamiento mecánico de las conexiones en los elementos de Bambú para estructuras ligeras. El caso de las especies del trópico de Veracruz. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura. España.
- Aguilar, L. (2018). Manual para la construcción con bambú. México. Recuperado de: https://assets.adsttc.com/content_files/Manual+de+Construccion+con+Bambu.pdf
- Añazco, M. & Rojas, S. (2015). Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú (*Guadua angustifolia*) en Perú. Ecuador. Recuperado de: <https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2015-estudio-de-la-cadena-desde-la-produccioc81n-al-consumo-del-bambucc81-en-perucc81.pdf>
- Ardila, C. (2013). Determinación de los valores de esfuerzo admisible del bambú *Guadua angustifolia* del departamento de Tolima, Colombia. (Tesis Magíster en Construcción). Universidad nacional de Colombia, UNC. Bogotá, Colombia.
- Barnet, Y. & Jabrane, F. (2017). Diseño de proyectos con bambú en lima como estrategia de difusión de un método constructivo alternativo y sostenible. *Revista Académica* V. XXII (23) pp. 85-104. Recuperado de: https://www.usmp.edu.pe/ivuc/pdf/Bambu_en_Lima.pdf
- Barnet, Y., Jabrane, F. & Nolte, L. (2013). Estudio de la vulnerabilidad de las viviendas de bambú al cambio climático en el norte del Perú. Quito, Ecuador.
- Barrueto, J. (2019). Análisis sísmico comparativo entre los sistemas de concreto armado y albañilería confinada para la construcción de un edificio de viviendas multifamiliares del distrito de Surquillo. (Tesis para obtener grado de bachiller). PUCP. Lima, Perú. Recuperado de: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13342/BARRUETO_SAMORA_JOMAR_AN%3%81LISIS_S%3%8DSMICO_COMPARATIVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carpio Gálvez, P. A., & Vásquez Salas, J. A. (2016). Características Físicas y Mecánicas del Bambú para Fines Estructurales. Trujillo-Perú.
- Cechin, L., Matoski, A., Miranda, A., Monique, A. & Basso, R. (2018). Efecto de los Tratamientos entre el bambú moso y el cemento portland de alta resistencia inicial. En *Revista ingeniería de construcción*. 33(2). Recuperado de:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732018000200127&lang=es

- Cerrón, T. (2014). Manual de Construcción de estructuras de bambú, 1 ed. SENCICO. pp. 132. Lima, Perú.
- Díaz, P. (2016). Análisis comparativo: uso de bambú vs. Perfiles de acero para cobertura liviana. (Tesis para optar el título de ingeniero civil). Universidad Nacional de San Agustín, UNAS, Arequipa, Perú.
- Espuna, J., Rouz, R., & Sánchez, M., (2016). El bambú como elemento estructural: la especie *Guadua amplexifolia*. En Revista Electrónica Nova Scientia, 8(17) pp.657-677. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v8n17/2007-0705-ns-8-17-00657.pdf>
- Faouzi, J. & Yann, B. (2017). Diseño de proyectos con bambú en lima como estrategia de difusión de un método constructivo alternativo y sostenible. En la revista académica V.XXII-USMP, 23 pp. 85-105. Recuperado de: https://www.usmp.edu.pe/ivuc/pdf/Bambu_en_Lima.pdf
- Gonzales, I. (2019). El bambú en las estructuras. Revista Arquitectura sostenible. España. Recuperado de: <https://arquitectura-sostenible.es/el-bambu-en-las-estructuras/>
- Gonzales, M. (2011). Factor de corrección por contenido de humedad para la resistencia a tensión paralela a la fibra de la *Guadua angustifolia*. (Tesis Magister en Ingeniería-Estructuras). Universidad Nacional de Colombia, UNC, Bogotá, Colombia.
- Gutiérrez, N., Lárraga, N., López, H., Pedraza, M., Santos, G., Santos, U. & Vargas, J. (2011). Propagación vegetativa de tres especies de bambú. Revista científica de América Latina, Caribe España y Portugal, 7(2) pp. 205-218. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46119239005.pdf>
- Gutiérrez, S. (2010). Uniones estructurales con bambú *Guadua angustifolia*. (Tesis ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Guereero, F. (2019). Características de las propiedades físico-mecánicas de la *guadua angustifolia kunth* en contacto con un suelo friccionante. (Tesis para optar el título de ingeniero civil). Universidad del Valle. Santiago de Cali. Recuperado de: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/id/72a9c65c-1bec-4a19-acd4-6bde230cbc4b/CB0591840.pdf>

- Hernández, A. (2016). Metodología para determinar esfuerzos de diseño del bambú. En Revista Academia XXII - UNAM, 7(13) pp. 39-55. Recuperado de: <http://revistas.unam.mx/index.php/aca/article/view/56297/49953>
- Huarcaya, L. (2010). Determinación de la resistencia de uniones estructurales en bambú del bosque Aramago-Bagua-Amazonas. (Tesis para optar el título de ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- Juárez, D. A. (2019). Uso y rentabilidad del bambú como material estructural de construcción. (Tesis para optar el título de ingeniería civil). Universidad Pontificia Católica del Perú, Lima, Perú.
- Larraga, N., Gutiérrez, N., López, H., Pedraza, M., Santos, G., Santos, U., & Vargas, J. (2011). Propagación vegetativa de tres especies de bambú. En revista Científica de América Latina, el Caribe, España y Portugal, 7(2) pp. 205-218. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46119239005.pdf>
- La Tegola, A. & Valerezo, L. (2016). Elementos esbeltos en bambú solicitados en flexo-compresión. Revista Alternativas, 17(3) pp. 101-105. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6200488>
- Londoño, X. (2010). Identificación taxonómica de los bambúes de la región noroccidental del Perú. Ministerio de Agricultura del Perú/DGFFS, pp. 36. Lima, Perú.
- Luna, P., Olarte, A. & Takeuchi, C. (2013). Análisis teórico experimental de conexiones en elementos Estructurales de bambú guadua laminado pegado prensado, para un proyecto de vivienda. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/496/49630405015.pdf>
- Martínez, S. (2015). Bambú como material estructural: generalidades, aplicaciones y modelaciones de una estructura tipo. (Trabajo fin de grado), Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Ministerio de Agricultura. (2008). Pan Nacional de Promoción del Bambú. Lima, Perú. Recuperado de: <https://www.serfor.gob.pe/wpcontent/uploads/2017/04/Plan%20Nacional%20del%20Bambu.pdf>

- Ministerio de Agricultura. (2011). Bambú: “Biología, cultivo, Manejo y usos en el Perú”. Lima, Perú. Recuperado de: http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/cendoc/manuales-boletines/bambu/bambu_dic2011.pdf
- Montoya, V. S. (2015). Uso del bambú como material de construcción en estructuras no Convencionales en la ciudad de Huancayo. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 5(1). Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5168781>
- Morán, J. (2015). Manual de construcción con bambú. En revista *construir con bambú*, 3(3). Recuperado de: http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Manual-Construccion-Bambu.pdf
- Mortera, M. (2013). Diseño y construcción de un pabellón cultural universitario, basado en una estructura tensegrítica con bambú. En *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, 14 pp. 65-75. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/4779/477947373006.pdf>
- Navarro, D. & Lanzón, M. (2018). Construction materials. Strategies for teaching in architecture schools. *Revista Estoa*, 14(7) pp. Recuperado de: <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/estoa/v7s14/1390-7263-estoa-7-s14-00081.pdf>
- Norma Técnica E.100 Bambú. Ministerio de vivienda, Construcción y Saneamiento. MVCA. (2012). Lima, Perú.
- Ottazzi, G. (2006). *Diseño en concreto armado*. 1 ed. Capítulo peruano del ACI. Lima, Perú. 504p.
- Peñaranda, D. (2015). Análisis de una vivienda prototipo de una vivienda prototipo prefabricada de *Guadua angustifolia*. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil). Universidad de Gran Colombia, Bogotá, Colombia.
- Quispe, T. (2010). Elementos estructurales de bambú: Tijeral y viga. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Rodríguez, R. (2017). El bambú como refuerzo en materiales compuestos para la Construcción. (Trabajo de Diploma). Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Santa Clara, Habana, Cuba.

- Takeuchi, CP. (2014). Características del bambú *Guadua* laminado para uso estructural. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Ticona, J. & Mamani, J. R. (2019). Evaluación de la propagación de bambú con diferentes segmentos vegetativos, en la estación experimental Sapecho. *Revista RIIARn* 1.6 (1). Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182019000100004
- Takahashi, J. & Ascencio, D. (2004). Inventario de Bambú en el Perú. informe final. Lima, Perú.
- Timoshenko, S. (1975). Resistencia de materiales. Madrid, España.
- Young, S. (1992). Systematics of the *Guadua angustifolia* complex (Poaceae: Bambusoideae). *Louis, EU. Annals of the missouri Botanical Garden.* 79 (4): 737 - 769.

ANEXOS

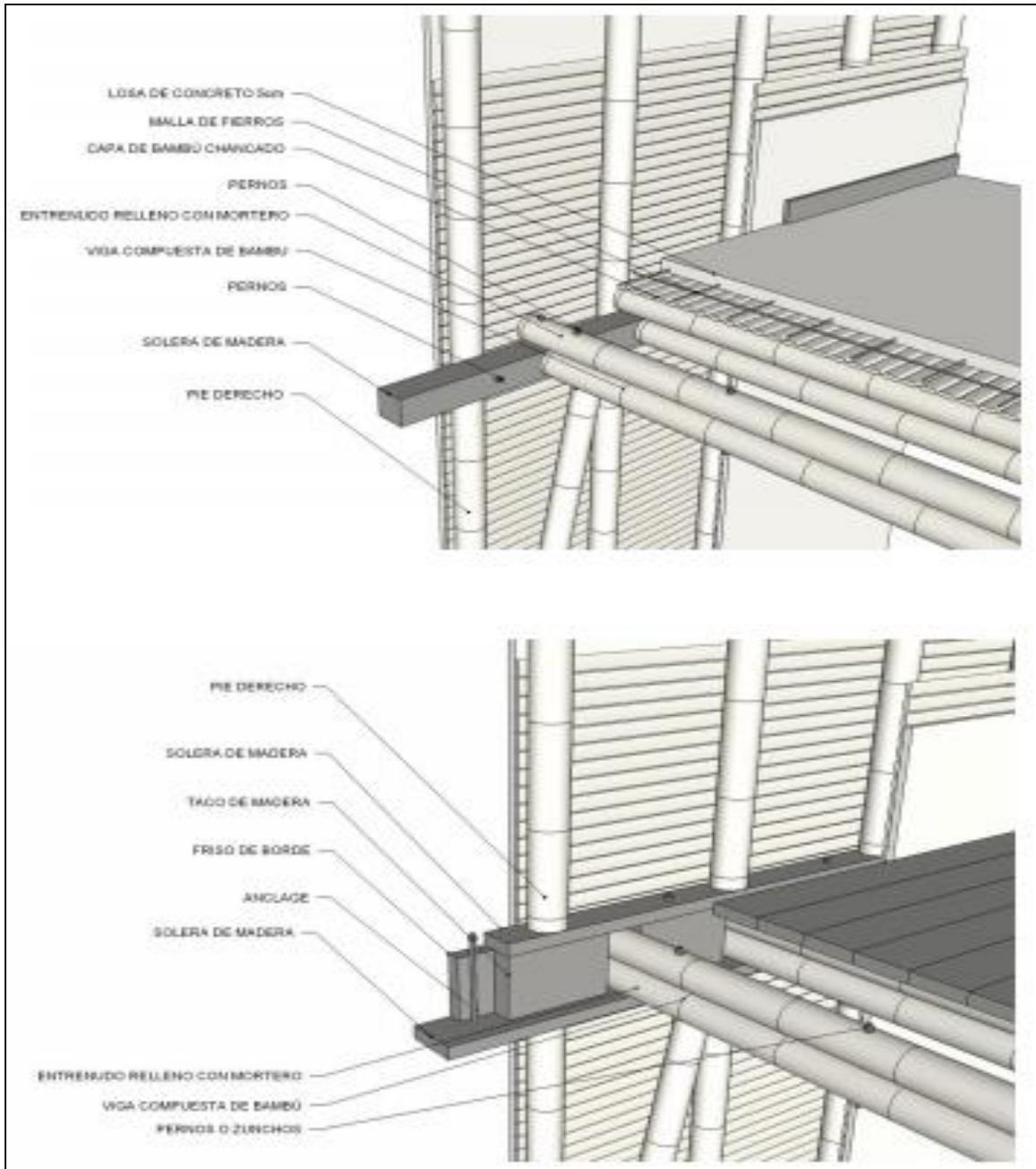
ANEXO N° 1: Matriz de consistencia

TITULO	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
“ INFLUENCIA DEL BAMBU COMO MATERIAL ALTERNATIVO EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS DE DOS PISOS RESPECTO A UNA DE ALBAÑILERIA EN EL DEPARTAMENTO DE LIMA 2022”	General ¿Qué influencias presenta el bambú como material alternativo en la construcción de vivienda respecto a una de albañilería de dos pisos en el departamento de Lima, en el año 2022?	General Determinar la influencia del bambú (<i>Guadua angustifolia</i>) como material alternativo en la construcción de vivienda de dos pisos respecto a una de albañilería en el departamento de Lima, año 2022.	GENERAL El bambú presenta diversas influencias en la construcción por su composición, por su estructura, por ser hueca y ligera de transportar, haciéndolo un material ecológico, antisísmico y rentable para la construcción de viviendas.	Bambú	Uso Mantenimiento Ventajas	Tipo de investigación Cuantitativa Descriptiva No experimental Población Edificaciones de bambú Muestra Viviendas de dos pisos Método Síntesis comparación
	Especifico ¿Cuáles son las influencias del bambú como material alternativo en la construcción?	Especifico Determinar la influencia del bambú como material alternativo en la construcción	Especifico El bambú tiene un mejor comportamiento antisísmico, excelentes propiedades mecánicas, mejor característica y de bajo impacto ambiental comparado a una tradicional.	influencia Costo tiempo	Sostenible Económico Estructura Arquitectura	
	¿Cuál es la diferencia del proceso constructivo (costo y tiempo) entre una vivienda de bambú de dos pisos frente a una de albañilería?	Comparar los procesos constructivos (costo y tiempo) de una vivienda de bambú de dos pisos respecto a una de albañilería.	El costo de construcción y tiempo de ejecución de una vivienda de bambú es más rentable con respecto a una de albañilería	y		

ANEXO N° 2: Zonas de producción masiva de bambú estructural (*Guadua angustifolia*)

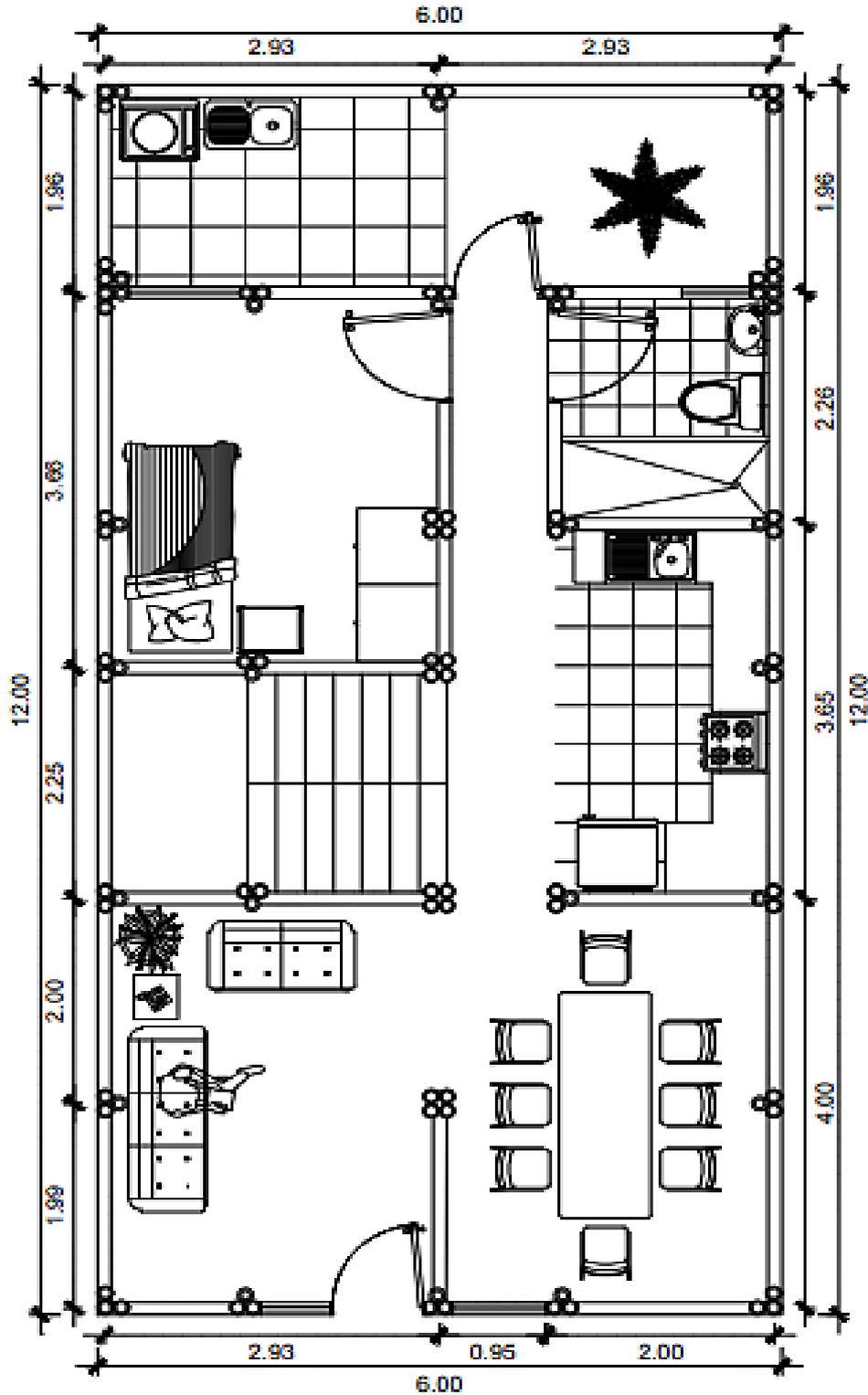


ANEXO N°3: Norma E. 100 Bambú

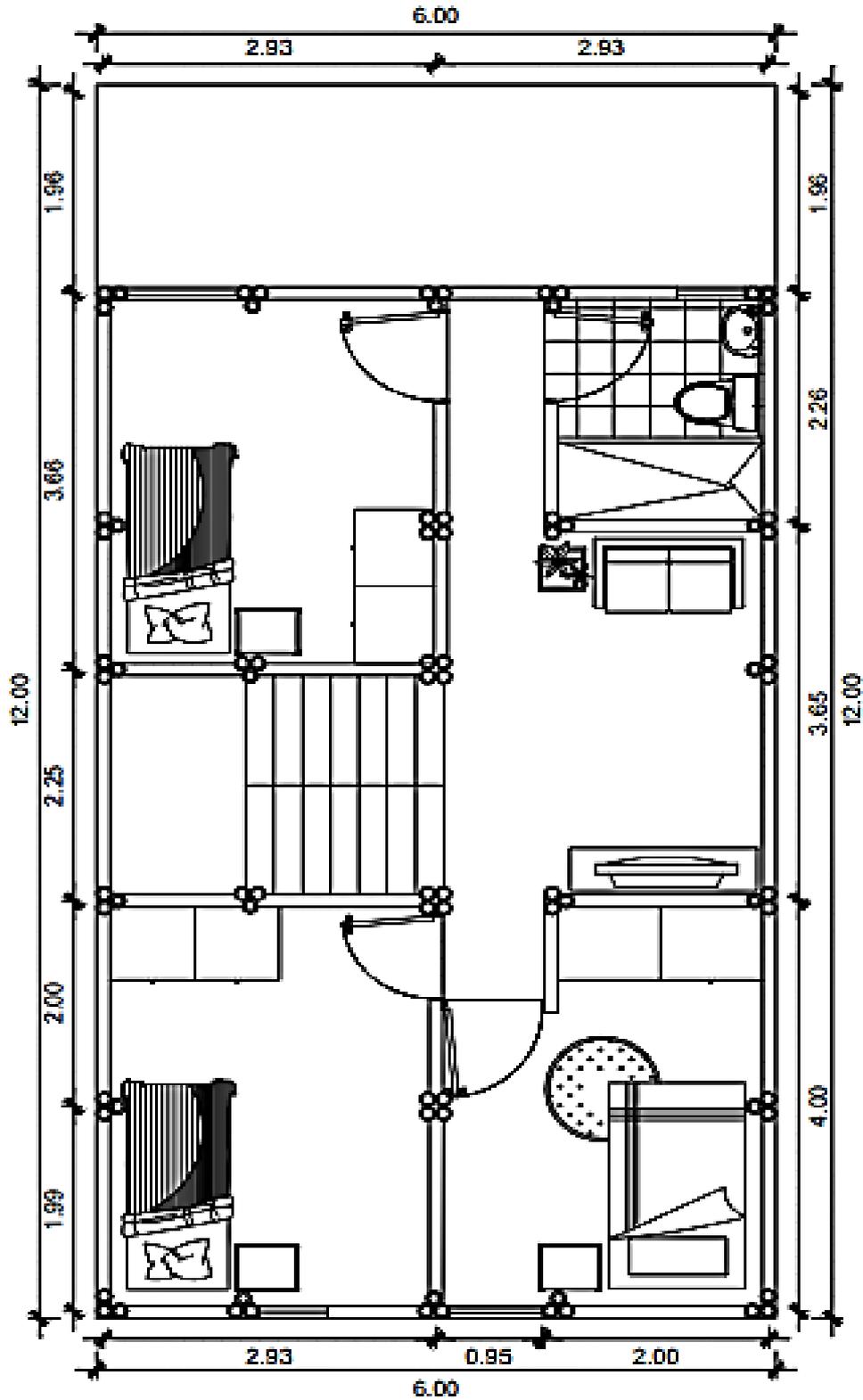


ANEXO N°4: Plano de vivienda de bambú

Planta 1:



Planta 2:



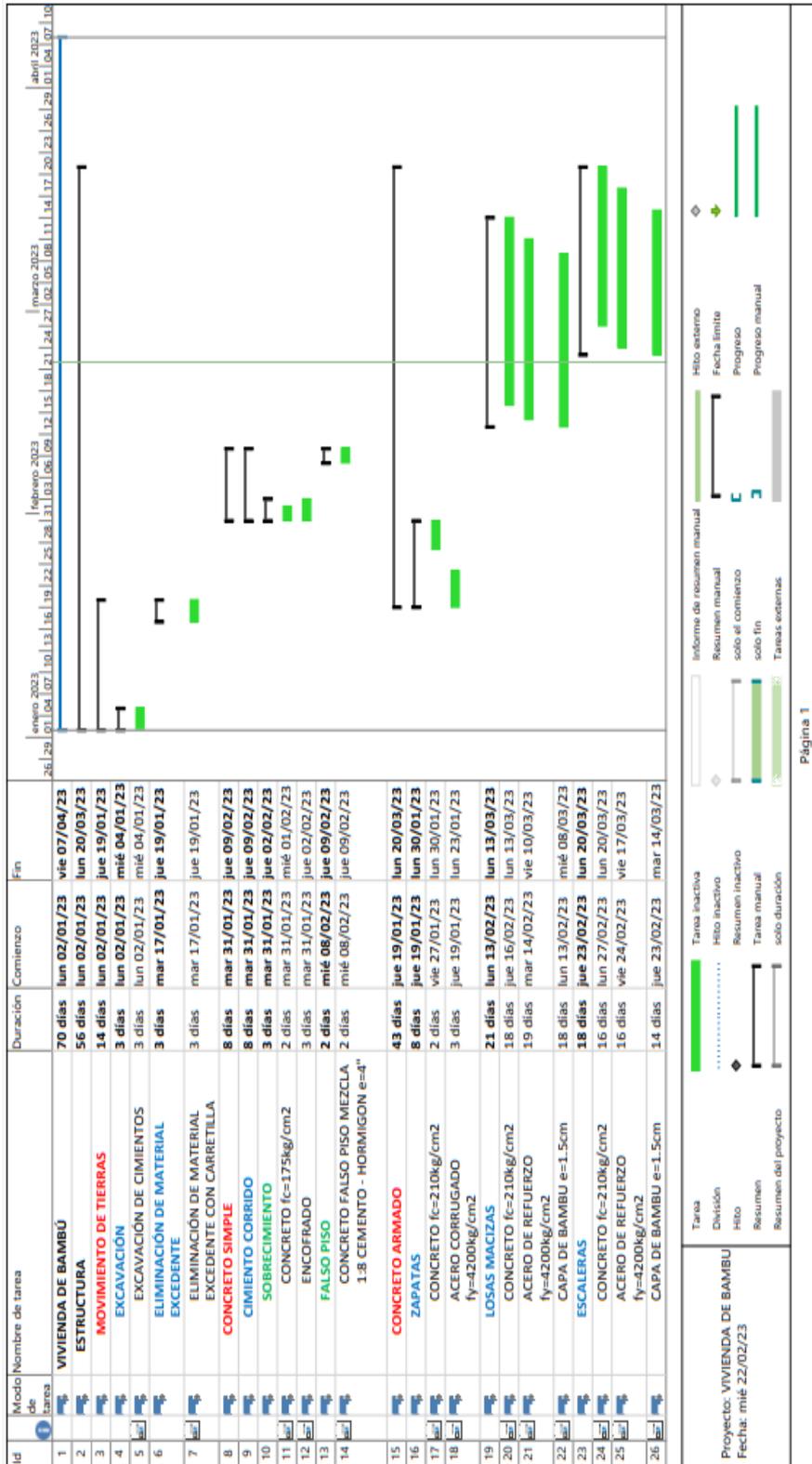
ANEXO N°5: Presupuesto de vivienda de bambú

Presupuesto	Presupuesto					
Lugar	Item	Descripción	Und.	Metrado	Costo al Precio S/.	18/02/2023 Parcial S/.
	VIVIENDA DE BAMBÚ					
	LIMA - LIMA- LIMA					
ESTRUCTURA						
01	MOVIMIENTO DE TIERRAS					
01.01	EXCAVACIÓN					
01.01.01		EXCAVACIÓN DE CIMIENTOS	m3	7.34	41.61	305.40
01.02	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE					
01.02.01		ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON CARRETILLA	m3	7.34	27.74	203.59
02	CONCRETO SIMPLE					
02.01	CIMIENTOS CORRIDOS					
02.01.01	SOBRECIMIENTO					
02.01.01.01		CONCRETO f'c=175kg/cm2 + 25% P.M.	m3	2.20	342.53	753.56
02.01.01.02		ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	33.88	30.60	1036.80
02.01.02	FALSO PISO					
02.01.02.01		CONCRETO FALSO PISO MEZCLA 1:8 CEMENTO -HORMIGON e=4"	m2	52.34	46.07	2411.27
03	CONCRETO ARMADO					
03.01	ZAPATAS					
03.01.01		CONCRETO f'c=210 kg/cm2	m3	5.12	373.52	1912.44
03.01.02		ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	158.40	9.32	1476.90
03.02	LOSAS MACIZAS					
03.02.01		CONCRETO f'c=210 kg/cm2	m3	2.69	407.01	1094.87
03.02.02		ACERO DE REFUERZO fy=4200kg/cm2	kg	1041.24	10.75	11191.14
03.02.03		CAPA DE BAMBU e=1.5cm	m2	49.93	102.28	5106.86
03.03	ESCALERAS					
03.03.01		CONCRETO ESCALERAS	m3	0.86	410.25	352.82
03.03.02		ACERO DE REFUERZO fy=4200kg/cm2	kg	333.83	10.75	3590.03
03.03.03		CAPA DE BAMBU e=1.5cm	m2	17.20	101.37	1743.61
04	ELEMENTOS DE BAMBÚ					
04.01	PRESERVACIÓN					
04.01.01		PRESERVACIÓN QUIMICA AL BAMBU - metodo de inmersión de pentaborato	m2	2054.00	2.05	4211.31
04.02	CORTES ESPECIALES E INSTALACIONES DEL BAMBU					
04.02.01		CORTES RECTOS A MEDIDA DE LOS BAMBUS (col, vig, viguet.)	pza	916.00	8.99	8231.29
04.02.02		CORTES ESPECIALES E INSTALACIÓN DE LA COLUMNA DE BAMBUS G.A. (f'c=140kg/cm2)	und	120.00	72.57	8708.54
04.03	ANCLAJE DE BAMBUS					
04.03.01		ANCLAJE DE UNIÓN VIGA PRINCIPAL - COLUMNA (ambos de bambu)	und	16.00	52.14	834.24
04.03.02		ANCLAJE DE UNIÓN VIGA SIMPLE - COLUMNA (ambos de bambu)	und	40.00	28.36	1134.54
04.04	HABILITACIÓN Y FIJACIÓN DE BAMBUS CON 2 CORTES DE BOCAS DE PESCADO					
04.04.01		EN LOS DOS EXTREMOS PARA VIGA DE AMARRE DE MURO	und	68.00	22.59	1536.11
ARQUITECTURA						
01	MUROS					
01.01	PARED CON LATILLAS DE BAMBUS GUADUA ANGUSTIFOLIA					
01.01.01		MURO DE BAMBÚ (CAÑA CHANCADA)	m2	211.52	90.55	19152.27
01.02	TARRAJEO EN EXTERIORES SOBRE PARED DE BAMBUS					
01.02.01		TARRAJEO EXTERIOR-B	m2	211.52	22.72	4805.95
01.02.02		PAÑETEO EXTERIOR - B	m2	211.52	8.93	1888.88
02	PISOS					
02.01		CONTRAPISO	m2	98.90	41.31	4085.42
02.01		PISO DE BAMBUS (CAÑA CHANCADA)	m2	98.90	12.03	1190.03
		COSTO DIRECTO			S/	86,957.85
		GASTOS GENERALES			S/	-
		UTILIDAD			S/	-
		SUBTOTAL			S/	-
		IGV			S/	-
		TOTAL DE PRESUPUESTO			S/	86,957.85

ANEXO N°6: Presupuesto de vivienda de albañilería

Presupuesto							
Presupuesto	VIVIENDA DE ALBAÑILERIA					Costo al	18/02/2023
Lugar	LIMA - LIMA- LIMA					Precio S/.	Parcial S/.
Item	Descripción	Und.	Metrado				
ESTRUCTURA							
01	MOVIMIENTO DE TIERRAS						
01.01	EXCAVACIÓN						
01.01.01	EXCAVACIÓN DE CIMIENTOS	m3	22.62	41.61			941.17
01.02	RELLENOS						
01.02.01	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	m3	2.52	23.60			59.46
01.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE						
01.03.01	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE CON CARRETILLA	m3	24.12	27.74			669.02
02	CONCRETO SIMPLE						
02.01	CIMIENTOS CORRIDOS						
02.01.01	CONCRETO CIMIENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORMIGON 30% PIEDRA	m3	19.59	212.54			4163.75
02.02	SOBRECIMIENTO						
02.02.01	CONCRETO SOBRECIMIENTO f'c=140kg/cm2 + 25% p.m.	m3	2.2	352.47			775.42
02.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	33.88	94.83			3212.87
02.03	FALSO PISO						
02.03.01	CONCRETO FALSO PISO MEZCLA 1:8 CEMENTO -HORMIGON e=4"	m2	52.34	42.69			2234.43
03	CONCRETO ARMADO						
03.01	COLUMNAS						
03.01.01	CONCRETO EN COLUMNAS f'c=210 kg/cm2	m3	3.2	588.47			1883.11
03.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	55.1	93.17			5133.64
03.01.03	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1010.76	9.32			9424.18
03.02	VIGAS						
03.02.01	CONCRETO EN VIGAS f'c=210 kg/cm2	m3	1.77	430.36			761.74
03.02.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	54.2	108.28			5868.63
03.02.03	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	438.3	9.32			4086.65
03.03	LOSAS MACIZAS						
03.03.01	CONCRETO EN LOSAS f'c=210 kg/cm2	m3	11.98	524.72			6286.11
03.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	53.89	80.12			4317.66
03.03.03	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	2081.48	9.32			19407.42
03.04	ESCALERAS						
03.04.01	CONCRETO EN ESCALERAS f'c=210 kg/cm2	m3	2.22	534.72			1187.09
03.04.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	18.69	138.27			2584.29
03.04.03	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	213.12	9.32			1987.10
ARQUITECTURA							
01	MUROS Y TABIQUES DE ALBAÑILERIA						
01.01	MUROS DE LADRILLO KING KONG DE ARCILLA	m2	211.52	129.66			27426.12
02	REVOQUES Y REVESTIMIENTOS						
02.01	TARRAJEO MUROS PRIMARIOS	m2	211.52	35.05			7414.22
02.02	TARRAJEO COLUMNAS	m2	55.1	46.19			2545.31
02.03	TARRAJEO VIGAS	m2	3.96	64.31			254.69
02.04	TARRAJEO FONDO DE ESCALERA	m2	11.89	84.28			1002.08
03	PISOS						
03.01	CONTRAPISO	m2	98.9	41.31			4085.42
03.02	PISO DE CEMENTO ACABADO PULIDO	m2	98.9	22.18			2193.74
	COSTO DIRECTO						S/ 119,905.32
	GASTOS GENERALES						S/ -
	UTILIDAD						S/ -
	SUBTOTAL						S/ -
	IGV						S/ -
	TOTAL DE PRESUPUESTO						S/ 119,905.32

ANEXO N°7: Tiempo de ejecución de la Vivienda de bambú





ANEXO N°8: Tiempo de ejecución de la vivienda de albañilería

