



Estado del arte del uso de la guadua como material sostenible en construcción en Latinoamérica

Angela Viviana López Pérez ^a & Fabio Alberto Tamayo López ^b
Ferney Oswaldo Peña Rey ^c
Carlos Eduardo Torres Romero ^d

^a Facultad de ingeniería civil - Estudiante, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia. angelalopezp@usantotomas.edu.co

^b Facultad de ingeniería civil - Estudiante, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia. fabiotamayo@usantotomas.edu.co

^c Facultad de ingeniería civil - Docente, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia. ferneypena@usta.edu.co

^d Facultad de ingeniería civil - Docente, Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia. carlos.torresr@usta.edu.co

Abstract

This monograph presents "Guadua" as an outstanding natural resource, highlighting its ecological benefits, versatility, and wide applications, especially in construction across Latin American regions. Throughout the document, its positive environmental impact is examined, emphasizing the importance of this plant (cane) as a construction material that offers durability and ease of use. For this reason, topics such as morphology, properties, regulations, and the transformation of Guadua into structural materials are addressed, making it a sustainable material in architecture and urban development.

Keywords: Sustainable construction, Guagua, Structural material, Natural resource, Environmental impact, Management and transformation

Resumen

Esta monografía presenta a la "Guadua" como un recurso natural exorbitante, destacando sus beneficios ecológicos, versatilidad y amplias aplicaciones especialmente en la construcción por las regiones de Latinoamérica. Se puede observar durante el documento el impacto ambiental positivo, en donde se resalta la importancia de esta planta (Caña) al ser esta un material de construcción que implementa durabilidad y facilidad de uso, es por esto que se emplean temas como morfología, propiedades, normativa y la transformación de la Guadua en materiales estructurales haciendo de este material sostenible en la arquitectura y el desarrollo urbano.

Palabras clave: Construcción sostenible, Guadua, Material estructural, Recurso natural, Impacto ambiental, Manejo y transformación.

1. Introducción

En la actualidad, la búsqueda de soluciones sostenibles en la construcción ha llevado a un renovado interés por materiales alternativos que combinen eficiencia estructural, bajo impacto ambiental y viabilidad económica. En este contexto, la guadua se posiciona como un recurso con un inmenso potencial, especialmente en América Latina, donde su crecimiento abundante y sus propiedades físicas la convierten en una opción viable para la arquitectura y la ingeniería civil. Su uso no solo responde a la necesidad de mitigar los efectos del cambio climático mediante prácticas constructivas responsables, sino que también representa una oportunidad para promover modelos de edificación innovadores que equilibren tradición y modernidad.

A lo largo de países como Colombia, Ecuador y Perú, la guadua ha sido reconocida y aprovechada como un material estructural de alto rendimiento, destacándose por su resistencia, flexibilidad y capacidad de regeneración rápida. No obstante, su adopción a gran escala enfrenta desafíos significativos, como la falta de regulaciones estandarizadas, el desconocimiento de sus aplicaciones en el sector formal y la percepción errónea de que su uso se limita a construcciones

rurales o informales. En contraste, en naciones como Bolivia, Paraguay y Uruguay, donde el conocimiento técnico sobre este material es aún limitado, su potencial permanece subutilizado.

Este estudio examina el estado del arte sobre la aplicación de la guadua en la construcción a lo largo de América Latina, analizando casos de éxito, obstáculos normativos y barreras culturales que han influido en su desarrollo. A través de un enfoque crítico y propositivo, la investigación busca no solo resaltar sus ventajas estructurales y ecológicas, sino también plantear estrategias para consolidar su uso en la industria. Con ello, se aspira a ofrecer una base de conocimiento que impulse el aprovechamiento de la guadua como un material clave en el futuro de la construcción sostenible en la región.

2. Contexto histórico

En la región de la colonización antioqueña, la guadua ha desempeñado un papel crucial en la evolución de la construcción [1]. Desde sus orígenes, esta región ha sido testigo de una intrincada interacción entre las influencias hispánicas y prehispánicas, que se refleja en la arquitectura rural [1]. La guadua, con su versatilidad y resistencia, se ha

convertido en el material fundamental que ha redefinido la ingeniería estructural en la región. Su uso se extiende desde la construcción de viviendas hasta la creación de puentes y balsas, proporcionando una solución económica y sostenible para las comunidades locales [2]. Este enfoque innovador no solo ha dejado una marca indeleble en el paisaje arquitectónico regional, sino que también ha inspirado a ingenieros civiles en todo el mundo a explorar las posibilidades de este material renovable en la creación de estructuras modernas y sostenibles [2].

La presencia de la guadua se extiende por toda América Latina y gran parte de Asia, con una historia que se remonta a miles de años. Se han encontrado evidencias de su uso en construcciones en Ecuador de hace aproximadamente 9,500 años.

Los exploradores Humboldt y Bonpland en el año 1799 obtuvieron permiso del rey Carlos V para viajar a los territorios españoles de América, realizaron estudios en América Latina sobre materiales naturales empleados en la arquitectura, describieron la guadua como “Bambusa guadua en Colombia en 1806” la cual era una especie natural altamente utilizada en la construcción en regiones tropicales, y más tarde fue clasificada como “Guadua angustifolia” en 1822 denotada así por su particularidad en tallo y hojas [3]. Los Incas utilizaron este recurso para construir puentes colgantes y atirantados [4]. A lo largo de la historia, la guadua ha sido una planta nativa crucial, utilizada desde épocas remotas por los primitivos pobladores hasta el día de hoy en la región centro-occidental de Colombia, donde ha sido fundamental para el desarrollo económico, social y cultural del país; A pesar de su importancia, en Colombia la guadua ha sufrido presiones deforestaciones significativas, reduciendo su presencia a pequeñas áreas boscosas ubicadas en las orillas de los ríos y en los bosques húmedos de las laderas de montaña [4].

3. Morfología de la guadua

La Guadua es una planta perteneciente a la familia de las gramíneas y desde términos botánicos, se clasifica dentro de los Cormofitos, específicamente en la subdivisión de las Fanerógamas (Espermatofitas) [5]. Su clasificación taxonómica es la siguiente:



Ilustración 1- CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA GUADUA (Autoría propia), fuente de información:
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93442/06_ESD_Cos_pp_35_81.pdf

Dentro de la subfamilia Bambusoideae, se han identificado aproximadamente 90 géneros que agrupan alrededor de 1,250 especies, dentro de este grupo, la especie *Guadua angustifolia* destaca por su amplio uso en la industria de la construcción, siendo una de las más empleadas en Latinoamérica debido a su gran relevancia por su resistencia, rápido crecimiento [5]. Su estructura comprende un sistema radicular fuerte, un tallo segmentado, hojas con funciones específicas y un proceso reproductivo particular.

A continuación, se describen sus principales características descritas según Simón Vélez (2006) [5].

Raíces: Su sistema de raíces está compuesto por raíces de dos tipos (adventicio y fibroso), además de rizomas, los cuales son modificaciones del tallo con un crecimiento horizontal. Estas estructuras subterráneas son vigorosas y numerosas, y su regeneración a partir de las yemas permite la formación de nuevos rizomas y, en consecuencia, de nuevos tallos.

Tallo o Culmo: Desde el momento en que el tallo emerge del suelo, alcanza su diámetro definitivo. Cuando llega a la madurez, su altura oscila entre los 18 y 22 metros. Se caracteriza por ser leñoso, recto y con una ligera curvatura en la parte superior. Su estructura está formada por segmentos denominados nudos y entrenudos huecos. Dependiendo de la variedad, puede presentar diferencias en la distancia entre nudos, grosor de las paredes, diámetro y coloración.

Hojas Caulinares: Las hojas caulinares son estructuras modificadas cuya función es proteger el tallo durante su desarrollo. Mientras el culmo las conserva, se le denomina brote o renuevo. Estas hojas poseen una forma triangular, son resistentes al tacto y tienen una superficie externa con vellosidades, mientras que su interior es liso y brillante. Su tamaño varía según la posición que ocupan en la planta [6].

Hojas de Follaje: Las hojas que crecen en las ramas son simples y están dispuestas de manera alterna. Su forma es lanceolada y pueden medir entre 8 y 20 centímetros de longitud, con un ancho que oscila entre 1.5 y 3.5 centímetros. En el envés presentan una fina capa de pubescencias blanquecinas distribuidas de manera irregular.

Floración: Contrario a lo que comúnmente se piensa, la guadua sí produce flores, aunque su floración ocurre cada seis meses. Estas flores se organizan en pequeñas panículas ubicadas en los extremos de las ramas. Son de un tono rosado claro y, aunque no son muy llamativas, poseen órganos reproductivos masculinos y femeninos.

Semillas y Yemas: Las semillas surgen en espigas que crecen en las puntas de las ramas y tienen una apariencia similar a la del grano de arroz, tanto en su tamaño como en su cubierta externa. Su tiempo de viabilidad es corto, pero presentan una alta capacidad de germinación. Las yemas, que se encuentran en los rizomas, tallos y ramas, permiten la propagación vegetativa de la especie [6].

PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE LA GUADUA

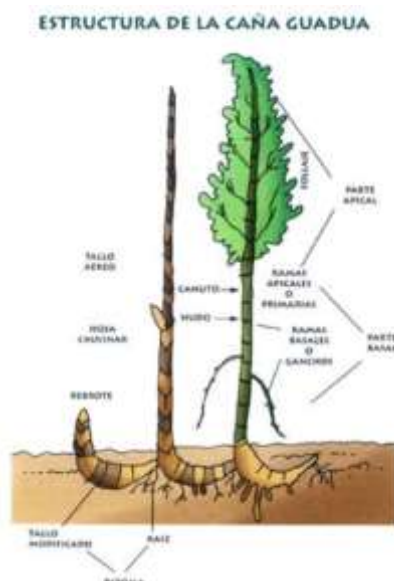


Ilustración 2 - ESTRUCTURA DE CAÑA GUADUA. Construcción en Guadua, Reino Unido 2017), Disponible en : Construcionengadua.wordpress.com.

4. Propiedades de la guadua

La Guadua, una variante de bambú, es muy apreciada en bioconstrucción debido a sus notables propiedades mecánicas y su respeto al medio ambiente. Destaca por su capacidad para resistir compresión y corte, junto con una flexibilidad excepcional, lo que la hace ideal para estructuras en áreas propensas a terremotos; Su composición única, con una alta proporción de fibras y una superficie rica en sílice, contribuye a su durabilidad y resistencia a las fracturas bajo carga [7].

La caracterización mecánica de la Guadua revela una amplia gama de variables que influyen en sus propiedades físicas y mecánicas, como la edad, el suelo, la ubicación geográfica, la humedad relativa, la temperatura y la precipitación. Esta diversidad dificulta su estandarización y afecta su uso en la construcción; La Guadua, un material vegetal poroso compuesto por fibras largas embebidas en lignina y hemicelulosa que se caracteriza por su diámetro uniforme y grosor variable el cual experimenta cambios dimensionales debido a la expansión térmica y la absorción de humedad [8]. La distribución de las fibras varía entre la región superficial externa e interna. Las propiedades mecánicas de la Guadua están estrechamente ligadas a su estructura y densidad de fibras [9], lo que la hace adecuada para diversas funciones estructurales desde pilares hasta vigas y correas. Esta versatilidad la convierte en una opción valiosa para una amplia gama de aplicaciones en construcción sostenible.

N°	Factores que influyen en las propiedades mecánicas de la Guadua	
	Propiedad	Descripción factor
1	Propiedades mecánicas principales	Resistencia a compresión 40 – 60 MPa Resistencia a tracción 80 – 200 MPa Módulo de elasticidad 10.000 – 20.000 MPa
2	Influencia de los nudos	Reducen la resistencia a tracción y flexión al interrumpir la continuidad de las fibras Aumentan la rigidez frente a torsión
3	Diámetro y edad del culmo	Culmos de 3 a 5 años tienen mayor resistencia y rigidez Culmos inmaduros o envejecidos presentan menor desempeño estructural
4	Posición en el culmo	Zonas medias y superiores presentan mejores valores de resistencia
5	Contenido de humedad	La guadua verde es mucho menos resistente que la seca La norma NTC 5301 exige contenido de humedad < 20 %
6	Módulo de elasticidad	Rango entre 10 y 17 GPa Depende de la densidad, orientación de las fibras y el estado del material

TABLA 1- PROPIEDADES FISICO MECANICAS DE LA GUADUA, Mechanical properties of bamboo and bamboo (2017), Determinación de las propiedades mecánicas de la guadua, INFLUENCE OF AGE AND HEIGHT POSITION ON COLOMBIAN GUADUA ANGUSTIFOLIA BAMBOO MECHANICAL PROPERTIES(2010) ,Fuente de información: https://eprints.utm.my/80435/1/HarisAhmadIsrarAhmad2017_MechanicalPropertiesofBambooandBambooComposites.pdf, file:///C:/Users/majit/Downloads/Dialnet-DeterminacionDeLasPropiedadesMecanicasDeLaCanaGuad-7344672%20(1)%20(1).pdf, <https://www.scielo.cl/pdf/maderas/v12n2/art05.pdf>

5. Aplicación en la construcción

La preparación de la guadua como material de construcción implica cortar el tallo en el momento adecuado, preferiblemente entre los 4 y 6 años de edad para obtener la máxima dureza, la sabiduría campesina sugiere cortar en época de menguante y a primera hora de la mañana para reducir la circulación de líquidos y aumentar la durabilidad [10]. Después del corte, se recomienda dejar el tallo en posición vertical durante 20 a 30 días para eliminar la savia. Se puede aplicar tratamiento con preservantes para proteger la guadua contra hongos e insectos, pero las guaduas deben estar completamente secas para lograr una penetración adecuada. No se deben utilizar secciones de guadua dañadas para la construcción, y se recomienda asegurar las uniones con pegantes o pernos en lugar de clavos debido a la tendencia que tiene está a rajarse [4].

Durabilidad en Diseño y Mantenimiento:

Cuando se utiliza bambú en exteriores, es crucial considerar el impacto de la radiación ultravioleta, que puede causar deshidratación y daño en la superficie [4]. Para contrarrestar estos efectos, se recomienda diseñar estructuras que minimicen la exposición directa al sol y eviten el contacto con la humedad. Elevar las estructuras sobre el suelo mediante pilotes o bases impermeables ayuda a evitar la

absorción de humedad. Además, se prefieren tratamientos de superficie como aceites específicos para uso exterior, que protegen contra la radiación UV y la penetración del agua, manteniendo la permeabilidad de la superficie [10].

Estos tratamientos deben ser elásticos para adaptarse a las variaciones dimensionales del bambú sin generar fisuras. Las grietas longitudinales que puedan aparecer no afectan la integridad estructural y pueden ser rellenadas con masillas flexibles [10]. Este enfoque integral asegura que las estructuras conserven su funcionalidad y estética a lo largo del tiempo, convirtiendo al bambú en una opción viable y sostenible en ingeniería civil y arquitectura sostenible [7].

6. Ventajas y desafíos

En la Tabla 2 se presentan a manera de resumen las ventajas y desventajas del uso de la guadua frente a distintos materiales de construcción, descritas por la página web: De Artículo de Investigación polo de conocimiento y repositorio de la Universidad Nacional.

VENTAJAS FRENTE A OTROS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN				
Ventajas de la Guadua frente a la Madera	Mayor resistencia	Durabilidad	Sostenibilidad	Mayor elasticidad
	La guadua supera a la madera en resistencia a la carga, peso y tracción.	Su vida útil puede llegar hasta 80 años con poco mantenimiento, más que la madera.	Es una alternativa más sostenible, ya que puede ser cosechada y regenerada más rápidamente que los árboles.	Su elasticidad la hace más resistente a los movimientos sísmicos que la madera.
Ventajas de la Guadua frente al acero	Mayor resistencia a la corrosión	Menor peso	Mayor flexibilidad	Menor impacto ambiental
	La guadua es más resistente a la corrosión que el acero, lo que la hace adecuada para ambientes húmedos o salinos.	Su peso ligero facilita su transporte y manipulación, haciéndolo más económico que el acero.	La flexibilidad de la guadua la hace más resistente a los movimientos sísmicos y las cargas de viento en comparación con el acero.	Es una alternativa sostenible y ecológica al acero, ya que su producción genera menos emisiones de gases de efecto invernadero.
Ventajas de la Guadua frente a otros materiales de construcción	Mayor durabilidad	Menor impacto ambiental	Mayor versatilidad	Menor costo
	La guadua supera en durabilidad a otros materiales como el concreto y el ladrillo.	La guadua es una opción más sostenible y ecológica que otros materiales, con una menor generación de emisiones de gases de efecto invernadero durante su producción.	La guadua se destaca por su versatilidad, siendo útil en una amplia gama de aplicaciones, desde la construcción de viviendas hasta la fabricación de muebles y artesanías.	a guadua es una alternativa más económica que materiales como el acero y el concreto.

TABLA 2- VENTAJAS DE LA GUADUA FRENTE A OTROS MATERIALES DE "COMPARACION RECURSOS" Ventajas y desventajas del sistema constructivo con bambú frente al sistema de hormigón armado en viviendas de interés social, Fuente de información: file:///C:/Users/Asus/Downloads/Dialnet-VentajasYDesventajasDelSistemaConstructivoConBambu-8094507.pdf, https://www.agb.com.co/bambu-guadua#:~:text=Mayor%20flexibilidad%3A%20La%20Guadua%20es,de%20gases%20de%20efecto%20invernadero.

6.1 Caracterización mecánica de la guadua: Estudio aplicado en Ecuador

El interés por incorporar la Guadua angustifolia Kunth como material estructural en América Latina ha impulsado el desarrollo de investigaciones que analizan sus propiedades mecánicas en distintos contextos geográficos. En este marco, uno de los estudios destacados es el desarrollado en Ecuador, titulado "Determinación de las propiedades mecánicas de la caña Guadua angustifolia del Ecuador cuando está sometida a fuerzas axiales" [11].

Esta investigación tuvo como objetivo principal caracterizar experimentalmente el comportamiento del material bajo esfuerzos de compresión, tracción y determinar su módulo de elasticidad, utilizando muestras procedentes de la provincia de Los Ríos.

El estudio, desarrollado por investigadores locales, aplicó metodologías alineadas con la norma ISO 22157 y técnicas estadísticas para determinar propiedades como la resistencia a tracción, la resistencia a compresión y el módulo de elasticidad. Entre los hallazgos más relevantes se identificó un comportamiento mecánico de tipo elástico-frágil, con una alta capacidad de tracción y una sensibilidad considerable a variables geométricas como el grosor de la pared y el diámetro externo del culmo [11].

Estos resultados constituyen una referencia importante para futuros procesos de normalización técnica en Ecuador, además de reforzar el conocimiento regional sobre la aplicabilidad estructural del bambú, particularmente en proyectos de baja y mediana escala constructiva [11].

MUESTRA	Ø EXT (cm)	Ø INT (cm)	ESP (cm)	PESO (kg)	ÁREA (cm²)	P (kN)	DELT (mm)	ESP (kN/m²)	DM (kN/m²)
1	8.06	6.49	1.57	249.6	62.946	149.5	39.450	8.1676	8.765
2	10.23	8.93	0.98	199.1	74.79	117.6	31.546	8.8848	8.33
3	9.65	8.81	0.8	176.1	72.262	117.3	31.233	8.8829	8.85
4	10.06	9.25	0.76	219.3	75.379	121.1	38.882	8.8191	10.035
5	8.03	6.19	0.77	181	73.311	123.7	32.294	8.8783	8.81
6	10.69	9.94	0.65	225.3	75.284	132.8	32.523	8.8795	8.875
7	9.81	8.12	0.82	173.3	71.799	112.1	47.187	8.8836	8.763
8	11.18	9.85	1	243.6	76.838	160.7	49.581	8.8896	10.12
9	10.44	8.81	0.83	187.1	74.646	150	41.813	8.8816	8.675
10	10.08	8.25	0.83	182.3	76.329	132.7	47.540	8.8825	8.795
11	10.16	7.11	1.45	240.4	61.851	185.5	45.188	8.7638	8.425
12	9.8	8.34	0.8	186	73.333	176.5	45.695	8.8798	8.69
13	9.64	8.82	1.6	262.9	76.626	171.5	47.063	8.7632	8.23
14	10.12	8.87	1.56	270.5	66.578	181.8	39.266	8.7532	8.585

Ilustración 3- Muestra de los resultados de los ensayos y cálculo del esfuerzo de compresión último de caña de guadua, Disponible en: MAQUETA BASE DE LA TRIPA DE LA REVISTA "ECONOMÍA Y DESARROLLO - DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA DEL ECUADOR CUANDO ESTÁ SOMETIDA A FUERZAS AXIALES

MUESTRA N	0.5 E ULT (MPa)	ME (0.50ULT)	=(0.5 E ULT)/(E (0.50ULT))
1	71.631	5843	16.206
2	69.195	4774	16.495
3	70.465	4236	16.635
4	68.280	5440	12.537
6	69.348	3313	20.930
7	61.006	2297	26.910
8	80.637	3373	23.910
10	64.257	3484	18.452
11	65.309	4586	14.242
12	74.078	3400	21.788

Ilustración 4 - Cálculo del módulo de elasticidad de caña guadua sometida a compresión paralela a la fibra, Disponible en: MAQUETA BASE DE LA TRIPA DE LA REVISTA "ECONOMÍA Y DESARROLLO - DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA DEL ECUADOR CUANDO ESTÁ SOMETIDA A FUERZAS AXIALES

MUESTRA N	ESPESOR (CM)	ANCHO (CM)	AREA SECCIÓN (CM ²)	P (KN)	0 ULT (MPa)
1	1.41	1.15	1.62	23.23	143.26
2	1.31	1.26	1.62	22.48	138.39
3	1.45	1.15	1.67	23.50	140.93
4	0.97	1.17	1.3	15.48	136.40
5	0.78	1.13	0.88	11.41	129.45
6	1.1	1.13	1.24	17.24	138.70
7	1.2	1.08	1.30	16.02	123.61
8	0.99	1.18	1.17	18.84	161.27
9	1.11	1.62	1.80	26.49	147.30
10	1.24	1.09	1.35	17.37	128.51
11	1.16	1.12	1.30	16.97	130.62
12	1.18	1.14	1.35	19.93	148.16

Ilustración 5 - Resultados de los ensayos y cálculos de esfuerzo de tracción última de caña de la guadua, Disponible en: MAQUETA BASE DE LA TRIPA DE LA REVISTA "ECONOMÍA Y DESARROLLO - DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CAÑA GUADUA ANGUSTIFOLIA DEL ECUADOR CUANDO ESTÁ SOMETIDA A FUERZAS AXIALES

7. Uniones en construcción con guadua: tipos y criterios técnicos

Dentro del diseño con Guadua angustifolia Kunth, las uniones estructurales constituyen un aspecto clave que condiciona directamente el comportamiento mecánico de la estructura. Las particularidades físicas del material como su sección hueca, geometría cónica, presencia de nudos irregulares y forma no perfectamente circular demandan soluciones constructivas especializadas. A lo largo del tiempo, dichas soluciones han evolucionado desde enfoques empíricos hasta sistemas modernos respaldados por normativas técnicas y ensayos experimentales [12].

7.1 Sistemas tradicionales de unión

Las primeras aplicaciones estructurales de guadua se caracterizaron por el uso de amarres con elementos naturales como bejucos o cabuyas, o por el simple traslape entre piezas, asegurado mediante cuerdas o sogas. Aunque funcionales en construcciones de baja escala o temporales, estas conexiones demostraron limitaciones importantes frente a cargas dinámicas o eventos sísmicos, debido a su baja

capacidad de disipación de energía y resistencia estructural [13].

7.2 Uniones empernadas

Actualmente, uno de los sistemas más implementados en estructuras permanentes es el de uniones con pernos. Estas conexiones incorporan elementos metálicos como pernos de acero SAE 1020 y platinas, permitiendo un mejor control del comportamiento mecánico. Se recomienda emplear culmos con edades entre 4 y 5 años, y complementar con arandelas o refuerzos metálicos para evitar la fisuración del material en la zona de conexión [12].

7.3 Conexiones mediante abrazaderas metálicas

Este sistema utiliza aros o bandas de acero fijadas alrededor del culmo, distribuyendo varios tornillos de forma no colineal para optimizar el esfuerzo. Este tipo de unión ha mostrado una capacidad de carga significativamente superior a otras técnicas, alcanzando resistencias de hasta 10.500 kg. Además, presenta ventajas frente a sistemas rígidos al mantener mayor compatibilidad con la flexibilidad natural del material [13].

7.4 Refuerzos con mortero

Algunas configuraciones introducen mortero en las conexiones con el objetivo de aumentar la rigidez global. Sin embargo, esta estrategia puede generar problemas debido al peso adicional y a las diferencias de contracción y dilatación entre el mortero y la guadua, lo que puede comprometer la durabilidad de la unión con el tiempo [13].

7.5 Marco normativo y requisitos técnicos

La norma técnica colombiana NTC 5407:2018 establece los criterios para el diseño de uniones en estructuras de guadua de hasta dos niveles [14]. Esta clasificación contempla tres tipos de conexión:

- ✓ Sin conectores (presión directa o uso de mortero)
- ✓ Con conectores (pernos, pletinas, abrazaderas, varillas embebidas)
- ✓ Mixtas

Dicha normativa define requisitos mínimos como el uso de pernos con diámetros iguales o mayores a 9.5 mm, platinas metálicas con un espesor no inferior a 3 mm, y distancias mínimas entre conectores equivalentes a 4–5 veces el diámetro del perno respecto al borde del material. También se prohíbe expresamente el uso de clavos y se exige tratamiento anticorrosivo para todos los elementos metálicos, en conformidad con los lineamientos de la NSR-10 [14].



Ilustración 6 - UNION DE ESTRUCTURAS DE GUADUA, IMZA arquitectura,
Disponible en: imzaarquitectura.com

8. Impacto ambiental y sostenible

Dentro del impacto ambiental y sostenible de la guadua se encuentran las siguientes características descritas por el periódico el Tiempo (2024) [15].

- Absorbe CO₂ de manera eficiente, contribuyendo a la mitigación del cambio climático mediante la reducción de gases de efecto invernadero en la atmósfera.
- Posee la ventaja de una reproducción continua, lo que la convierte en un recurso altamente renovable y sostenible desde el punto de vista ecológico.
- Su rápido crecimiento, alcanzando hasta 21 cm diarios, permite un aprovechamiento comercial más temprano en comparación con los árboles, optimizando los tiempos de producción y explotación.
- Se utiliza como materia prima en diversas aplicaciones, incluyendo construcción, decoración y fabricación de materiales, gracias a sus propiedades físicas y mecánicas superiores.
- En el ámbito de la construcción, actúa como un excelente regulador térmico y acústico, mejorando la eficiencia energética y el confort habitacional de las edificaciones.
- Es ideal para edificaciones confortables, económicas y de rápida ejecución, especialmente útiles en la construcción de viviendas de emergencia y refugios en situaciones de desastre.
- La guadua colombiana destaca por su calidad superior, lo que la convierte en una materia prima excepcional para la fabricación de productos de alta calidad, capaces de competir en los mercados locales, regionales e internacionales.
- La guadua al ser usada como sustituto de la madera, contribuye a la conservación de maderas finas, escasas o en peligro de extinción, promoviendo prácticas de construcción más sostenibles y ecológicas.

9. Normativa y regulaciones

En este apartado se describen los principales aspectos normativos en Latinoamérica, relacionados con el uso de la guadua como materia de construcción.

9.1 Colombia

En Colombia se establecen dos normativas para la construcción en guadua:

1. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), con particularidad en su Título G.

La NSR-10 en su título G la cual da su enfoque en la construcción y diseño con madera y guadua (Capítulo G.12 - Da exclusividad a la Guadua), esta normativa es establecida para edificaciones donde estos materiales ejerzan un papel primordial y es por esto que especifica requisitos de calidad como el secado para su preservación y orientación en los lineamientos de estructura para así garantizar estabilidad y resistencia (Criterios sísmicos) [16].

2. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

El ICONTEC ha desarrollado normas que complementan la NSR-10 y regulan el uso de la guadua en la construcción. Entre las más importantes están:

La NTC 5407 define los requisitos para las uniones estructurales, garantizando la correcta transferencia de cargas; la NTC 5301 especifica la importancia en la metodología para la preservación y secado con el fin de prevenir su deterioro y mejorar su durabilidad; la NTC 5405 regula la propagación vegetativa, garantizando la calidad del material desde su origen, y la NTC 5727 unifica términos relacionados con la guadua, sus procesos y productos [17].

9.2 Perú

En Perú se estableció por el Decreto Supremo N.º011-2012 -VIVIENDA la Norma técnica E.100 la cual reglamenta y tiene como propósito garantizar construcciones de Guadua angustifolia seguras y resistentes a sismos, puesto que este país se encuentra en una zona altamente sísmica [18].

La norma técnica E.100 regula la construcciones en Guadua en edificaciones hasta de dos plantas las cuales deben tener un diseño que garantice cargas moderadas y estabilidad en la estructura, establece requisitos en la calidad de su material principal "Guadua" la cual debe tener una edad entre 4 a 6 años y que cuente con los procedimientos correctos en secado para evitar deterioro y plagas; Debido a todo lo anterior esta norma define criterios de diseño sismorresistentes para que no solo la construcción promueva su durabilidad y funcionalidad sino que también se puedan salvaguardar las personas (Sismo) [19].

9.3 Ecuador

Ecuador está regulado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción – Estructuras de Guadúa (NEC-SE-GUADÚA) aprobada en el año 2017, esta norma recurre para construcciones de hasta dos plantas, especialmente para zonas de alto riesgo sísmico, predeterminando parámetros de seguridad y resistencia asegurando que la guadua sea madura y pueda brindar un nivel de humedad adecuado y pueda recibir el tratamiento oportuno para su preservación. Además, detalla técnicas puntuales como tipo de uniones y los procedimientos pertinentes para garantizar la estabilidad y durabilidad de las edificaciones [20].

9.4 Brasil

En Brasil la construcción en guadua está regulada por la Norma ABNT NBR 16828 la cual fue publicada en el año 2020 esta norma establece criterios para garantizar sostenibilidad, seguridad y durabilidad en edificaciones que contengan esta materia prima [21].

Se divide esta normativa en dos partes principales:

ABNT NBR 16828-1:2020 instaura los principios fundamentales para realizar el diseño de estructuración en Guadua lo cual le permite definir los parámetros en criterios como estabilidad, resistencia y seguridad siendo todas estas propiedades particulares adaptadas al material [22].

ABNT NBR 16828-2:2020 Instaura los métodos de ensayo para evaluar así la calidad de guadua que será usada como material en edificaciones, teniendo en cuenta criterios de suma importancia como el contenido de humedad, resistencia y densidad, flexión, corte y muchas más variables las cuales permiten proporcionar datos confiables para el cálculo estructural [22].

CONTENIDO DE NORMATIVIDAD EN LATINOAMÉRICA PARA LA CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ									
NORMA	ESPECIES DE BAMBÚ	PROPIEDADES MECÁNICAS	UNIONES	CONEXIONES	CONEXIONES	CONEXIONES	CONEXIONES	CONEXIONES	TOTAL DE PUNTOS
NSR-10	2	3	3	3	3	3	2	1	20
E.100	2	3	3	2	3	1	1	1	16
NEC-SE-GUADÚA	2	2	3	2	3	1	1	1	15
ABNT-NBR 16828-2:2020	1	3	3	2	2	2	1	1	15
NTC	1	3	2	2	2	1	1	1	13

TABLA 3 - CONTENIDO DE NORMATIVIDAD EN LATINOAMÉRICA PARA LA CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ, Análisis de la normatividad de construcción con bambú en Latinoamérica, "Tabla 2 (página 15), Disponible en: Artículo/V3(1) AO001.pdf ANÁLISIS DE LA NORMATIVIDAD DE CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ EN LATINOAMÉRICA.

Interpretación de Tabla 3 - Contenido de normativa Revista de Arquitectura y Urbanismo Taypi, del artículo "ANÁLISIS DE LA NORMATIVIDAD DE CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ EN LATINOAMÉRICA" (2024) [23].

- ✓ La NSR-10 (Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente) cubre 20 puntos, lo que indica que es la norma más completa en términos de regulaciones para el bambú.
- ✓ La norma E.100 cubre 16 puntos, lo que sugiere que también es una norma detallada.
- ✓ NEC-SE-GUADÚA, ABNT-NBR 16828-2:2020 y NTC tienen una cobertura similar, entre 13 y 15 puntos.
- ✓ Todas las normas analizan propiedades mecánicas ($P_m^2 = 3$) y conexiones/uniones ($C/U^5 = 3$), lo que indica que

estos aspectos son fundamentales en la construcción con bambú.

- ✓ La categoría mantenimiento (M^7) es la menos mencionada en las normas.

10. Estudio de casos en América Latina

En el siguiente apartado se presentan algunos estudios de casos relevantes en cada país Latinoamericano, relacionados con el uso de la guadua.

10.1 Colombia

La guadua se ha consolidado como un material clave en la construcción sostenible en Colombia, gracias a sus beneficios tanto ambientales como económicos. Su rápido crecimiento y notable resistencia la convierten en una alternativa ideal para edificaciones que buscan minimizar su impacto ecológico, al tiempo que preservan conocimientos tradicionales y fomentan el desarrollo en comunidades locales. Según investigaciones del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), las regiones del Eje Cafetero y el Valle del Cauca destacan por el desarrollo y expansión del cultivo de guadua, beneficiándose de condiciones climáticas favorables y un conocimiento tradicional arraigado en las comunidades locales [24].

Cuando se integra con concreto, se logra una combinación que potencia las cualidades de ambos materiales, dando como resultado estructuras más livianas y duraderas. Este enfoque promueve prácticas constructivas alineadas con la sostenibilidad y la eficiencia estructural, respondiendo a las demandas actuales sin comprometer el equilibrio ambiental. En términos de técnicas utilizadas en las construcciones sostenibles con guadua, destacan diversas innovaciones. El uso de guadua laminada y tratamientos de preservación como el curado al vapor, promovidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, juegan un papel crucial [25]. Estos métodos no solo prolongan la vida útil de la guadua, sino que también mejoran su resistencia estructural, permitiendo su aplicación en edificaciones que van desde viviendas hasta infraestructuras públicas.

Además, la incorporación de la guadua en proyectos arquitectónicos permite explorar nuevas posibilidades de diseño que combinan modernidad con tradiciones culturales. Su uso no solo impulsa la identidad regional en el ámbito de la construcción, sino que también contribuye a la innovación y la autosuficiencia en el sector.



Ilustración 7 – CONSTRUCCIONES DE CASA EN GUADUA, Guadua y bambú Colombia, Disponible en: guaduabamucolombia.co

10.2 Ecuador

La caña de guadua está adquiriendo mayor relevancia en Ecuador debido a su resistencia y peso ligero. Su versatilidad la convierte en una opción viable desde el punto de vista económico, ambiental, constructivo y social, promoviendo su uso como un recurso sostenible en la construcción.

En el territorio ecuatoriano, se estima que existen aproximadamente 600.025 hectáreas de guadua distribuidas en sus 24 provincias. Sin embargo, su presencia es más abundante en cuatro de ellas, principalmente en zonas costeras y algunas áreas de la sierra. La mayor concentración se encuentra en Manabí, con alrededor de 145.529 hectáreas, seguida de la provincia de Los Ríos con 80.763 hectáreas, Esmeraldas con 68.546 hectáreas y Santo Domingo de los Tsáchilas con 44.126 hectáreas. En conjunto, estas provincias representan más del 50% del territorio con presencia de esta gramínea [26].

En la región, la caña de guadua es un material ampliamente utilizado en la construcción de viviendas. Sin embargo, la escasez de plantaciones y la sobreexplotación de los campos naturales han generado la necesidad de fomentar su cultivo y aprovechamiento de manera sostenible. Esta iniciativa no solo busca preservar este recurso renovable, sino también ofrecer una alternativa económica viable para las comunidades locales.

Además de su importancia en la construcción y la arquitectura, la guadua desempeña un papel fundamental en la regulación del agua, la conservación del suelo y la mejora de la calidad del aire, lo que demuestra su versatilidad y valor en distintos sectores. En muchas de estas zonas, es común encontrar viviendas con arquitectura vernácula, diseñadas para adaptarse a las condiciones climáticas y a los materiales disponibles en la región. Estas construcciones integran elementos como paredes, pisos, columnas y techos de guadua, combinados con otros materiales autóctonos, fortaleciendo así la identidad cultural y promoviendo prácticas constructivas sostenibles.

Tras el terremoto de 2016, Ecuador implementó la Normativa Ecuatoriana de la Construcción - Estructuras de Guadua (GaK), marcando un punto de inflexión en la industria de la construcción. Esta regulación establece directrices claras para el uso estructural de la guadua, permitiendo su aplicación en edificaciones de hasta dos niveles, como viviendas y equipamientos [27].

Gracias a esta normativa, la guadua ha ganado protagonismo como material principal en diseños arquitectónicos innovadores, caracterizados por espacios amplios y funcionales. Además, su implementación no solo fortalece la seguridad estructural, sino que también impulsa la sostenibilidad y el respeto por el medioambiente en el desarrollo urbano.

En definitiva, la Normativa GaK ha sido clave para fomentar prácticas constructivas responsables, promoviendo el uso eficiente de los recursos naturales de Ecuador y ofreciendo soluciones arquitectónicas que equilibran tradición, innovación y sostenibilidad.



Ilustración 8 - Vivienda en caña (Guadua) Fotografía tomada en Manabí, Disponible en: construccion-viviendas-guido-poveda.pdf

10.3 Perú

En el Perú, la Guadua angustifolia, también conocida como caña Guayaquil, se encuentra en diversas regiones del país, principalmente en zonas interandinas y cercanas a la costa.

Sin embargo, las condiciones climáticas y del suelo influyen en su desarrollo, generando diferencias en tamaño y resistencia en comparación con las especies cultivadas en Colombia y Ecuador.

Las principales zonas de producción de guadua en el país son:

Piura: Posee pequeñas plantaciones que abastecen el mercado local, aunque una parte importante de la guadua comercializada proviene de Ecuador.

San Martín: Se caracteriza por la presencia de Guadua superba, aunque también se cultiva Guadua angustifolia. Su distribución se realiza principalmente hacia Chiclayo, utilizando rutas fluviales y terrestres [28].

Cajamarca: En la zona de La Florida, frontera con Lambayeque, se encuentran extensas áreas con guadua. Sin

embargo, el acceso a estas plantaciones se ve limitado por la falta de infraestructura vial adecuada.

A pesar de su presencia en estas regiones, el aprovechamiento de la guadua en la construcción aún enfrenta retos, principalmente por la falta de conocimiento técnico y la dependencia de importaciones desde Ecuador [29].

El reconocimiento de la guadua como un material con alto potencial estructural llevó a la implementación de la Norma Técnica E.100 Bambú, establecida mediante el Decreto Supremo Nro. 011-2012-VIVIENDA [30]. Esta regulación define los requisitos técnicos para la construcción de edificaciones sismorresistentes con bambú, permitiendo la construcción de estructuras de hasta dos niveles con criterios de seguridad y sostenibilidad.

Gracias a esta normativa, en el Perú se han desarrollado diversos proyectos arquitectónicos que incorporan guadua en la construcción de viviendas, espacios educativos e infraestructura comunitaria. Algunas de sus aplicaciones más relevantes incluyen:

Viviendas rurales en San Martín: Se han desarrollado soluciones habitacionales sostenibles que combinan técnicas tradicionales con innovaciones estructurales en guadua [31].

Escuelas ecológicas en Cajamarca: La guadua ha sido empleada en la construcción de aulas con eficiencia térmica y estructural [32].

Centros comunitarios en Piura: Se han implementado edificaciones en zonas rurales, aprovechando la versatilidad y resistencia del material [32].

Para potenciar el uso de la guadua en el sector de la construcción, es fundamental promover la capacitación en su manejo, mejorar las condiciones de transporte y generar incentivos para su aprovechamiento a gran escala. Este material representa una alternativa viable y sostenible para la arquitectura peruana, con el potencial de transformar las prácticas constructivas hacia un modelo más ecológico y eficiente. La guadua tiene un gran potencial en la construcción sostenible en el Perú, respaldado por su disponibilidad en varias regiones y el soporte de una normativa técnica específica. Sin embargo, para consolidar su uso como una opción estructural viable, es necesario superar desafíos como la falta de infraestructura y el desconocimiento técnico. Su incorporación en proyectos arquitectónicos no solo representa una alternativa ecológica, sino también una oportunidad para fortalecer la economía local y reducir el impacto ambiental de la construcción tradicional.

10.4 Bolivia

En Bolivia, la construcción con bambú y guadua ha evolucionado mediante el desarrollo de experiencias

arquitectónicas innovadoras que priorizan dos aspectos clave: la tecnología constructiva y el valor estético. Estos proyectos han demostrado que la guadua puede ser utilizada de manera eficiente en combinación con otros materiales como la madera, hojas de jatata y hormigón armado, generando estructuras resistentes y sostenibles.

El uso del bambú en Bolivia no se limita a una aplicación uniforme, sino que se adapta a las características específicas de cada proyecto. En función de la ubicación y la función de la edificación, se seleccionan cuidadosamente los materiales para maximizar sus propiedades y minimizar sus debilidades. Este enfoque garantiza el cumplimiento de estándares de seguridad y resistencia, alineándose con las normativas de construcción sostenible vigentes en países vecinos como Colombia, Ecuador y Perú, donde el bambú ya cuenta con regulaciones específicas para su uso estructural [33].

Uno de los ejemplos más representativos de la arquitectura con bambú en Bolivia es una vivienda de uso particular, donde se ha optado por un sistema constructivo híbrido. En esta estructura, el bambú se emplea en forma rolliza como elemento estructural clave, reforzando la estabilidad de los componentes principales. Esta técnica no solo optimiza la resistencia de la edificación, sino que también prolonga la durabilidad del material al protegerlo de factores ambientales adversos [33].

Otro caso destacable es la construcción de un restaurante turístico con un diseño altamente tecnificado. Este proyecto incorpora bambú en su estructura basal mediante vigas y columnas de guadua, mientras que su techo se recubre con cañas abiertas combinadas con hojas de jatata. Este diseño responde a las exigencias climáticas de la región, proporcionando una resistencia eficiente ante fuertes lluvias y vientos, elementos naturales característicos del entorno boliviano [33].

A pesar de las ventajas que ofrece el bambú en la construcción sostenible, su aplicación en Bolivia enfrenta varios desafíos:

Uno de los principales obstáculos que enfrenta Bolivia para la implementación de la guadua en la construcción sostenible es la falta de conocimiento técnico especializado. Muchos arquitectos, ingenieros y constructores desconocen las propiedades mecánicas y estructurales del bambú, lo que dificulta su integración en proyectos de mayor envergadura. Esta carencia de capacitación limita la confianza en el material y restringe su uso a pequeñas edificaciones o proyectos artesanales.

Además, la cadena de producción y comercialización del bambú en Bolivia es aún incipiente, lo que genera dificultades en el abastecimiento constante y eleva los costos de transporte y procesamiento. La falta de una infraestructura adecuada para la recolección, tratamiento

y distribución del material impide su acceso a sectores clave de la industria de la construcción. Esto no solo afecta la competitividad del bambú frente a otros materiales convencionales, sino que también limita su potencial para contribuir a la construcción ecológica y sostenible en el país.

Para superar estos desafíos, es necesario promover programas de formación técnica y establecer alianzas entre el sector público y privado que incentiven la producción local y mejoren la logística de distribución. Solo así, Bolivia podrá aprovechar al máximo las ventajas del bambú como una alternativa constructiva eficiente y respetuosa con el medio ambiente [34].



Ilustración 9- VIVIENDA CON USO COMBINADO GUADUA Y MADERA, Tecnología del Bambú, (página 23), Disponible en: ecorfan.org

10.5 Venezuela

En Venezuela, el déficit habitacional y la escasez de materiales como cemento y acero han impulsado el uso de alternativas como la guadua. Este material permite construir viviendas de manera rápida y a bajo costo, reduciendo hasta un 50 % los gastos en el proceso constructivo. En este contexto, se han implementado normativas técnicas como la NTC 5252 y la IS 6874:2008 para garantizar la resistencia estructural del bambú en la edificación de viviendas. Este método constructivo es una opción rápida, duradera y económica en comparación con materiales tradicionales [35].

En el país se han identificado ocho especies del género Guadua, destacando la Guadua angustifolia Kunth. Su distribución abarca las pendientes andinas de Táchira, Barinas, Trujillo y portuguesa, así como las laderas de la cordillera costera, incluyendo estados como Yaracuy, Carabobo, Aragua, Miranda, Monagas, Anzoátegui y Sucre. Esta amplia presencia permite a comunidades vulnerables acceder fácilmente a este recurso para la construcción de viviendas y su uso en sectores industriales, generando oportunidades económicas para las familias [35].

10.6 Chile

En Chile, el bambú no ha sido ampliamente adoptado como material de construcción debido a una combinación de factores climáticos, culturales, regulatorios y de conocimiento. Sin embargo, un mayor interés y esfuerzos en promover sus beneficios estructurales podrían permitir que el bambú encuentre su lugar en la industria constructiva chilena.

Las especies de bambú presentes en Chile cuentan con cualidades estructurales y usos potenciales, pero su aprovechamiento ha sido limitado por la falta de cultivo adecuado y gestión eficiente. Además, no se ha considerado un recurso viable para la extracción de productos derivados. En este contexto, el diseño industrial podría desempeñar un papel clave en la exploración del bambú como material de construcción versátil, especialmente en la edificación de viviendas [36].

10.7 Argentina

Argentina, el bambú ha tenido una presencia limitada en la construcción debido al desconocimiento general de sus propiedades estructurales. Esto ha generado cierta desconfianza en su aceptación dentro del mercado inmobiliario. No obstante, el creciente interés mundial por este material ha impulsado su exploración en el país, especialmente en la elaboración de productos estéticos y duraderos.

A pesar de la falta de tradición en su uso como material estructural, en la última década ha aumentado el interés por su aprovechamiento. Sin embargo, su aplicación sigue siendo predominante en la fabricación de artesanías e instrumentos musicales. Provincias como Misiones, Buenos Aires y el NOA han visto surgir empresas especializadas en su cultivo y comercialización con fines constructivos.

Un avance significativo en el estudio y aplicación del bambú en edificaciones se ha dado en la Universidad Nacional de Tucumán, donde se llevan a cabo investigaciones sobre su uso en construcciones populares. Además, la Cátedra de Estructuras de Arquitectura de esta universidad permite a los estudiantes experimentar con el material a escala real, impulsando su conocimiento y aplicación en el sector [37].

10.8 Brasil

Ha sido uno de los países que más ha impulsado el uso del bambú en la construcción, gracias a su clima tropical, que permite un crecimiento óptimo de esta especie. Su disponibilidad y sostenibilidad lo han convertido en una alternativa económica y viable para la edificación de viviendas y estructuras comerciales.

Históricamente, el país ha desarrollado diversas técnicas constructivas avanzadas, apoyadas en normativas específicas que regulan su aplicación. La NBR 15575, establecida en 2013, es una de las principales regulaciones que orientan la construcción con bambú en Brasil. Además, se apoya en otras normativas internacionales como la ISO 22156:2001, la NSR-10 de 2010, la Norma Técnica E-100 de 2012 y la NEC-SE Guadua de 2016, todas ellas diseñadas para garantizar la seguridad y resistencia del material en aplicaciones estructurales [38].

El bambú en Brasil es valorado por su durabilidad y versatilidad, lo que lo hace apto para diversas aplicaciones, desde viviendas hasta infraestructuras comunitarias y comerciales. Gracias a estas características y a un marco

normativo favorable, ha ganado protagonismo en la arquitectura sostenible del país, consolidándose como una opción eficiente y ecológica para el sector de la construcción [38].



Ilustración 10 - CASA MARINHO DA SERRA / VAZIO S/A, El bambú en la vivienda latinoamericana (Publicado – 2023, Disponible en: archdaily.co)

10.9 Paraguay Uruguay

En Paraguay y Uruguay, el uso de la guadua como material constructivo es limitado debido a diversos factores. Aunque el bambú prospera en climas cálidos y húmedos, la diversidad climática de estos países no siempre ofrece las condiciones óptimas para su crecimiento a gran escala [39].

Además, la madera de especies como el pino y el eucalipto es más comúnmente utilizada en la construcción, ya que ambas tienen una larga tradición en la industria maderera y son fácilmente accesibles en la región. La preferencia por estos materiales responde a una cultura constructiva arraigada, en la que la guadua no ha sido históricamente considerada como un recurso viable.

Otro factor que influye en la escasa presencia del bambú en el sector constructivo de Paraguay y Uruguay es la falta de disponibilidad y conocimiento técnico sobre sus propiedades estructurales y sus beneficios en la edificación sostenible. A diferencia de países como Colombia, Ecuador, Perú y Brasil, donde existen normativas específicas para la construcción con guadua, en Paraguay y Uruguay no se han desarrollado regulaciones formales que fomenten su uso en proyectos arquitectónicos [40].

Pese a estos desafíos, el potencial del bambú como material de construcción sigue siendo una alternativa interesante para el futuro. Su implementación en viviendas sostenibles podría aportar soluciones innovadoras, especialmente en zonas rurales donde se buscan opciones accesibles y ecológicas. Sin embargo, para que esto sea viable, sería necesario promover investigaciones locales, fomentar la capacitación técnica y desarrollar normativas específicas que regulen su aplicación en el sector constructivo de ambos países.

11. Conclusiones

El estudio sobre el uso de la guadua en la construcción en América Latina permite concluir que este material no solo representa una alternativa viable desde el punto de vista

estructural, sino que también es una solución sostenible para mitigar el impacto ambiental de la industria de la construcción. Su rápido crecimiento, alta resistencia mecánica y capacidad para capturar carbono lo posicionan como un recurso invaluable en el contexto del cambio climático y la necesidad de reducir la huella ecológica de las edificaciones.

A lo largo de la investigación se identificaron los principales desafíos que enfrenta su implementación a gran escala. Entre ellos, la ausencia de normativas específicas en algunos países como Bolivia, Paraguay y Uruguay limita su aplicación en proyectos de infraestructura formal. Asimismo, la falta de capacitación técnica en el sector de la construcción ha generado resistencia en arquitectos e ingenieros, quienes prefieren materiales tradicionales como el acero y el hormigón, pese a que la guadua ofrece un rendimiento estructural competitivo en ciertas condiciones.

Por otro lado, en países como Colombia, Ecuador y Perú, donde se han desarrollado regulaciones y capacitaciones especializadas, se ha demostrado que la guadua no solo es un material eficiente, sino que también puede convertirse en un motor de desarrollo económico para comunidades rurales dedicadas a su cultivo y transformación. Casos de éxito en estas naciones reflejan la importancia de políticas públicas orientadas a fomentar la investigación y el uso responsable de la guadua en edificaciones sostenibles.

Finalmente, se recomienda que futuras investigaciones se enfoquen en optimizar las técnicas de preservación y tratamiento del material para extender su vida útil y mejorar su resistencia a agentes biológicos. Asimismo, es fundamental promover la inclusión de la guadua en los códigos de construcción a nivel regional, garantizando así su aceptación dentro de los estándares modernos de edificación. Con estos avances, la guadua podría consolidarse como un pilar fundamental en la arquitectura sostenible del futuro.

12. Referencias

- [1] M. L. U. A. U. y. E. L. Ximena Londoño, «LA GUADUA PILAR DE LA CULTURA CAFETERA,» [En línea]. Available: file:///C:/Users/Asus/Downloads/p17054coll29_181.pdf. [Último acceso: Noviembre 2024].
- [2] tdx.cat, «LA CULTURA DE LA GUADUA EN COLOMBIA,» [En línea]. Available: https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6130/07_ESD_Cos_pp_85_121.pdf. [Último acceso: 2024].
- [3] A. v. B. Humboldt, «Biblioteca Nacional de España,» [En línea]. Available: https://www.bne.es/es/colecciones/hispanoamerica/viaje-regiones-equinoeciales-nuevo-continente#:~:text=Humboldt%20desarroll%C3%B3%20una%20constante%20labor,Aim%C3%A9%20Bonpland%20C%20durante%20cinco%20a%C3%B1os.. [Último acceso: 2024].
- [4] C. UNISALLE, «Reserva historica de la guadua,» Universidad de La Salle, 2024. [En línea]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1035&context=esp_gerencia_proyectos#:~:text=2.1%20Rese%C3%B1a%20Hist%C3%B3rica%20del%20Uso%20de%20La%20Guadua,-Desde%20M%C3%A9xico%20hasta&text=Su%20uso%20es%20tan%20antiguo,tienen%209.500%20a%C3%. [Último acceso: 2024].

- [S. Velez, «LA GUADUA ANGUSTIFOLIA "El bamu Colombiano",» [En línea]. Available: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93442/06_ESD_Cos_pp_35_81.pdf. [Último acceso: 2024].
- [construccionenguadua, «CONSTRUCCIONES EN GUADUA Wordpress,» 18 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://construccionenguadua.wordpress.com/2017/05/18/primer-entrada-de-blog/>. [Último acceso: 2024].
- [BAMBUSA, «BAMBUSA.es,» 2024. [En línea]. Available: <https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/bambu-guadua/>.
- [S. C. Pérez, «Repositorio Uniandes,» mayo 2013. [En línea]. Available: <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/4ec38c9b-2c76-44fb-a883-29d709fc86c3/content>.
- [M. L. C. P. JAVIER RICARDO MORENO MOLINA, «DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MÉCANICAS DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH ORIGINARIA DE ARMENIA QUINDIO,» 2018. [En línea]. Available: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/eff7348d-f496-4af1-9d18-957af5ae1ef5/content>. [Último acceso: 2024].
- [Ecopedia.cvc, «cartilla decorte,preservado y secado de la guadua,» Marzo 2021. [En línea]. Available: https://ecopedia.cvc.gov.co/sites/default/files/archivosAdjuntos/cartilla_corte_pre_servado_y_secado_guadua.pdf.
- [L. O. Y. W. M. C. ANTONIO LA TEGOLA, «Dialnet Determinacion De Las Propiedades Mecanicas De La Caña Guadua,» *ECONOMÍA Y DESARROLLO*, p. 8, 2016.
- [A. G. S. DIEGO LEON JARAMILLO, «TESIS DE GRADO, ESTUDIO DE UNIONES DE GUADUA UNAL,» 2003. [En línea]. Available: <https://guaduabambucolombia.co/wp-content/uploads/2015/09/uniones-en-guadua-04.pdf>. [Último acceso: 17 JUNIO 2025].
- [Y. A. S. JOSE ALBERTO GONZALEZ, «CONEXIONES EN ESTRUCTURAS DE GUADUA, UNIVERSIDAD CATOLICA,» 2020. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/Asus/Downloads/TG.pdf>. [Último acceso: 18 JUNIO 2025].
- [I. C. D. N. TECNICAS, «SCRIB,» 2018. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/431249302/NTC5407>. [Último acceso: 18 JUNIO 2025].
- [P. E. TIEMPO, «Beneficios Sociales, Ambientales y Economicos de la Guadua angustifolia,» 18 Enero 2024. [En línea]. Available: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-4611130>. [Último acceso: 5 Octubre 2024].
- [V. y. D. T. Ministerio de Ambiente, «REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN Y SISMO RESISTENTE NSR-10,» [En línea]. Available: https://www.upc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_ingenieria/pregrado/civil/documentos/NSR-10_Titulo_G.pdf. [Último acceso: 11 Marzo 2025].
- [ICONTEC, «Uniones de estructuras con guadua angustifolia kunth,» 2018. [En línea]. Available: <https://tienda.icontec.org/gp-uniones-de-estructuras-con-guadua-angustifolia-kunth-ntc5407-2018.html>. [Último acceso: 11 Marzo 2025].
- [C. -. G. Perú, «NORMA E.100,» 2012. [En línea]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366674/59%20E.100%20BAMB%20C3%9A%20DS%20N%C2%B0%20011-2012.pdf>. [Último acceso: 8 Noviembre 2024].
- [I. S. -. I. J. C. Chucon, «APLICACIÓN NORMA TECNICA CONSTRUCCIÓN CON BAMBU,» youtube, 2022.
- [N. N. E. d. l. construcción, «Estructuras de Guadua,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf>. [Último acceso: 20 Enero 2025].
- [N. BRASILERIRA, «Target,» 21 12 2020. [En línea]. Available: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/12934/abnt-nbr16828-1-estruturas-de-bambu-parte-1-projeto>. [Último acceso: 2024].
- [N. BRASILERIRA, «Target,» 21 12 2020. [En línea]. Available: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/12935/abnt-nbr16828-2-estruturas-de-bambu-parte-2-determinacao-das-propriedades-fisicas-e-mecanicas-do-bambu>. [Último acceso: 2025].
- [O. G. G. N. A. J. S. E. J. J. y. M. Torres Mayor G., «Revista de Arquitectura y Urbanismo Taypi - Análisis de la normatividad de construcción con bambú en Latinoamérica,» 2024. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/Asus/Downloads/V3\(1\)AO001.pdf](file:///C:/Users/Asus/Downloads/V3(1)AO001.pdf). [Último acceso: 2025].
- [ICONTEC, «ICONTEC,» 2008. [En línea]. Available: <https://tienda.icontec.org/gp-cultivo-de-caracol-terrestre-ntc5603-2008.html>.
- [M. d. A. y. D. Sostenible, «minambiente.gov.co,» 24 Octubre 2016. [En línea]. Available: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/resolucion-1740-de-2016.pdf>. [Último acceso: 2025].
- [J. L. C. Llumiangua, «Polo de conocimineto,» 18 Enero 2023. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/User/Downloads/Dialnet-CalidadDeLaViviendaDeCanaGuaduaEnEcuador-9285428.pdf>. [Último acceso: 2025].
- [Z. F. C. M. P. P. M. S. S. R. B. D. S. M. Guido Poveda Burgos, «construccion-viviendas-guido-poveda,» [En línea]. Available: <https://www.eumed.net/libros-gratis/actas/2016/filosofia/construccion-viviendas-guido-poveda.pdf>. [Último acceso: 2025].
- [G. R. Piura, «BOLETÍN DEL BAMBÚ,» 2019. [En línea]. Available: https://www.regionpiura.gob.pe/documentos/grde/boletin_bambu2019.pdf. [Último acceso: 2025].
- [M. D. D. A. Y. RIEGO, «Estrategia Nacional para el Desarrollo del Bambú (PROBAMBÚ) 2022-2025,» 2022. [En línea]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3930542/Estrategia%20Nacional%20para%20el%20Desarrollo%20del%20Bambu%20C3%BA%20%28PROBAMB%20C3%9A%29%202022-2025.pdf>. [Último acceso: 2025].
- [CDN, «59 E.100 BAMBÚ DS N° 011-2012,» 2012. [En línea]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366674/59%20E.100%20BAMB%20C3%9A%20DS%20N%C2%B0%20011-2012.pdf>. [Último acceso: 2025].
- [D. G. D. C. A. -. PERÚ, «Plan Nacional del Bambu,» Julio 2008. [En línea]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1269053/Plan%20Nacional%20del%20Bambu.pdf>. [Último acceso: 2025].
- [R. D. PERU, «dec_supremo_011-2012-vivienda_uso_del_bambu,» 2012. [En línea]. Available: https://sheltercluster.s3.eu-central-1.amazonaws.com/public/docs/dec_supremo_011-2012-vivienda_uso_del_bambu.pdf. [Último acceso: 2025].
- [N. V. A. D. Roberto Carlos Gómez Castro, «Introducción - Tecnología del bambú,» [En línea]. Available: [file:///C:/Users/Asus/Downloads/Tecnologiadelbambu%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Asus/Downloads/Tecnologiadelbambu%20(1).pdf). [Último acceso: 2025].
- [E. P. d. Bolivia, «28230Bolivias_VNR_Report (1)_250312_202549,» 18 June 2021. [En línea]. Available: [file:///C:/Users/Asus/Downloads/28230Bolivias_VNR_Report%20\(1\)_250312_202549%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Asus/Downloads/28230Bolivias_VNR_Report%20(1)_250312_202549%20(1).pdf). [Último acceso: 2025].
- [E. Cardozo, «Bambú: ¿una alternativa ecológica para la construcción en Venezuela?,» *La Opinión*, p. 1, 20 Febrero 2017.

- 5
3
6
7
8
9
4
0
1
4
- [C. E. S. Z. Verónica Figueroa Cifuentes, «Repositorio U. Chile,» 2019. [En línea]. Available: https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/100130/0317_aqfigueroa_v.pdf?sequence=3. [Último acceso: 2025].
- [M. Z. M. Z. Polo de la Rosa, «EcoCasa Bambú,» Diciembre 2014. [En línea]. Available: <https://ri.itba.edu.ar/server/api/core/bitstreams/6ba4b20a-d4dc-497b-abe3-cc420dbd866e/content>. [Último acceso: 2025].
- [A. V. L. I. L. Andrea Salomé Jaramillo Benavides, «ResearchGate,» Agosto 2018. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/336568313_Inspeccion_y_estado_de_conservacion_de_edificaciones_de_bambu_en_el_litoral_de_Santa_Catarina_-_Brasil. [Último acceso: 2025].
- [M. Sosa, «RIUNNE,» 15 Junio 2023. [En línea]. Available: <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/53459>. [Último acceso: 2025].
- [WIKIPEDIA, «WIKIPEDIA,» 2024. [En línea]. Available: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Guadua_chacoensis. [Último acceso: 2024].
- [U. d. l. Salle, «Uso y aprovechamiento sostenible de la Guadua, proyecto ambiental para la provincia de Rionegro,» 2018. [En línea]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1035&context=esp_gerencia_proyectos#:~:text=2.1%20Rese%C3%B1a%20Hist%C3%B3rica%20del%20Uso%20de%20La%20Guadua,-Desde%20M%C3%A9xico%20hasta&text=Su%20uso%20es%20tan%20antiguo,tienen%209.500%20a%C3%99. [Último acceso: Julio 2024].