

**ESTRATEGIA PARA EL USO ALTERNATIVO DEL BAMBÚ COMO MATERIAL
SUSTENTABLE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS
VERDES EN COLOMBIA**

ANDREA CAROLINA DALAL MONTEALEGRE

**Proyecto integral de grado para optar por el título de
ESPECIALISTA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Director(a):

JUAN CAMILO CELY GARZÓN

Ing. Químico

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESPECIALIZACIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.**

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Director de la Especialización

Firma del Calificador

Bogotá D.C. agosto de 2021

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García - Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano de Facultad de Ingenierías

Dr. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director del Programa de Especialización en Gestión Ambiental

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Este proyecto es la consagración de un gran esfuerzo y logro en mi vida tanto personal como profesional, por lo tanto quiero agradecer a Dios por darme la sabiduría y la fuerza para continuar hasta el final; a mi padre, por ser un apoyo en todo momento a lo largo de mi vida, quien me ha brindado ayuda, amor y dedicación; a mi familia por cada consejo y cada guía que me han podido brindar; y finalmente a mis amigos y demás personas que participaron de este proceso y que de una u otra forma contribuyeron en esta importante etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo en todo momento.

Al ingeniero Juan Camilo Cely por su paciencia y dedicación.

A todas aquellas personas que con su motivación me ayudaron a sacar este proyecto adelante pese a las dificultades que ocurrieron en el camino, pero que también aportaron a la terminación de este proceso.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN	13
OBJETIVOS	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1. Antecedentes	17
2. TIPOS, USOS Y ALTERNATIVAS EN TORNO AL BAMBÚ	21
2.1. Tipos y especies de bambú	21
2.2. Usos del bambú	24
2.3. Negocios sustentables y masivos	25
2.3.1. <i>Producción de carbón vegetal</i>	25
2.3.2. <i>Producción de brotes / tallos</i>	26
2.3.3. <i>Harina de bambú</i>	26
2.3.4. <i>Creación de plantaciones comerciales</i>	27
2.3.5. <i>Madera ingenierizada</i>	28
2.3.6. <i>Bonos de carbono</i>	29
2.3.7. <i>Producción de fuentes de energía / combustible</i>	30
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	32
3.1. Estudios de casos exitosos	32
3.1.1. <i>Proyecto Biomasa-Bambú (Cuba)</i>	32
3.1.2. <i>Propagación de Bambú en Zonas Áridas (Perú)</i>	33
3.1.3. <i>Blooming Bamboo, green housing</i>	34
3.2. Marco legal	36
3.2.1. <i>Regulaciones y normativas del bambú</i>	36
3.2.2. <i>Normas Técnicas Colombianas del bambú</i>	37
3.2.3. <i>Guías Técnicas Colombianas del bambú</i>	38
4. DIAGNÓSTICO DE COLOMBIA	39

4.1. Proyectos con bambú en Colombia	41
4.1.1. <i>Escuela M3</i>	41
4.1.2 <i>Centro de Desarrollo Infantil el Guadual</i>	42
4.1.3 <i>Casa Ensamble Chacarrá</i>	43
4.2. Negocios verdes e inclusivos en Colombia	44
4.2.1. <i>Programas regionales en Colombia</i>	45
4.3. Criterios para la implementación de negocios verdes en Colombia	46
4.3.1. <i>Viabilidad económica</i>	46
4.3.2. <i>Medio ambiente</i>	47
4.3.3. <i>Responsabilidad social</i>	48
4.3.4. <i>Residuos sólidos y reciclaje</i>	49
4.4. Sistemas de Certificación en Construcción Sostenible en Colombia	50
4.4.1. <i>Certificación LEED</i>	51
4.4.2. <i>Certificación CASA</i>	53
4.4.3. <i>Certificación BREEAM</i>	55
4.4.4. <i>Certificación HQE</i>	56
4.4.5. <i>Certificación EDGE</i>	57
4.4.6. <i>Comparativo Sistemas de Certificación en Construcción sostenible en Colombia</i>	58
4.5 Construcción de una vivienda en bambú	60
4.5.1 <i>Condiciones para la construcción con bambú</i>	60
4.5.2 <i>Análisis de costos</i>	61
4.5.3 <i>Comparativa del sistema constructivo tradicional con el sistema de construcción con bambú</i>	62
5. CONCLUSIONES	65
BIBLIOGRAFÍA	66

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Degradación de los bosques endémicos de Colombia en el 2020	16
Figura 2. Diseño de casa diseñada por Simón Vélez y su socio Marcelo Villegas	18
Figura 3. Entrada al Jardín Geyuan de Yangzhou.	19
Figura 4. Vivienda en Puebla / Comunal	20
Figura 5. Principales usos del bambú - guadua	24
Figura 6. Carbón vegetal de bambú	25
Figura 7. Brotes / tallos de bambú para consumo	26
Figura 8. Harina de bambú	27
Figura 9. Siembra de plántulas de bambú	28
Figura 10. Madera ingenierizada de bambú	29
Figura 11. Pellets o briquetas a partir de bambú	30
Figura 12. Biomasa a partir de bambú	31
Figura 13. Bloques de aserrín y bambú para la construcción de viviendas	33
Figura 14. Casa blooming bamboo	35
Figura 15. Proyecto escuela M3	41
Figura 16. Instalaciones del centro de desarrollo infantil el Guadual	42
Figura 17. Actividades desarrolladas en la casa ensamble Chacarrá	44
Figura 18. Mapa de zonas naturales protegidas en Colombia	48
Figura 19. Responsabilidad social empresarial	49
Figura 20. Separación de los residuos sólidos	50
Figura 21. Pilares de evaluación de los proyectos a certificar ambientalmente	51
Figura 22. Categorías evaluadoras en la certificación LEED	52
Figura 23. Niveles de clasificación en la certificación LEED	53

Figura 24. Evaluación de impactos para la certificación BREEAM	56
Figura 25. Cuestiones ambientales a reducir y construcciones aplicables	58
Figura 26. Comparativo de porcentajes de los montos destinados a cada etapa	63
Figura 27. Presupuesto comparativo entre métodos	64

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Algunas especies y características del bambú	22
Tabla 2. Normativas frente al bambú	36
Tabla 3. Mapa de actores de categoría pública	39
Tabla 4. Mapa de actores de categoría privada	40
Tabla 5. Categorías y lineamientos para proyectos de certificación CASA	54
Tabla 6. Pilares y objetivos del certificado HQE	57
Tabla 7. Comparación entre Sistemas de Certificación en Construcción Colombia	59

RESUMEN

El bambú, perteneciente a la familia de las gramíneas, es una planta autosostenible de rápido crecimiento que está presente en la mayoría de los continentes, especialmente en el Este y Sureste de Asia. Cumple un papel importante en la historia de muchas culturas que se desarrollaban a su alrededor, utilizándola en diferentes campos como la confección de tela, la creación de papel a partir de celulosa, la construcción, la alimentación y medicina e incluso emplearla para fabricar armas de guerra o defensa.

El presente trabajo tiene por finalidad analizar la creación de una estrategia para el uso alternativo del bambú en la industria de la construcción debido a sus múltiples ventajas como material estructural. Añadiéndole la sustentabilidad del mismo como factor diferenciador por encima de muchos otros materiales usados convencionalmente hasta la actualidad. Partiendo de un estado del arte y una visualización de los proyectos exitosos desarrollados hasta ahora con este material, se explica cómo podría implementarse en la construcción sostenible dando solución también a la escases de viviendas asequibles.

Palabras claves: Bambú, autosostenible, celulosa, construcción, material estructural, sustentabilidad.

INTRODUCCIÓN

Al tener gran diversidad en cuanto a especies, amplitud de usos, ventajas y facilidades, el bambú ha sido desde hace muchos años una planta que ha crecido a la par con varias culturas alrededor del mundo. Progresando en áreas tan variadas como la construcción, la confección de telas para posteriormente fabricar ropa, la producción de papel a partir de celulosa, la alimentación y avances en la medicina, creación de instrumentos musicales y armas, desarrollo de la escritura, entre muchas más.

Es conocimiento de todos que el bambú posee cualidades intrínsecas, siendo las dos más reconocidas la retención de grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) y la regulación de corrientes de agua. Pero lo que muchos no saben es el enorme provecho que permite esta planta en la generación de negocios sustentables que podrían fácilmente reemplazar una de las problemáticas que vivimos en el mundo, la tala indiscriminada de árboles para la generación de madera, por mencionar uno de los cuestionables actos que se están cometiendo contra el planeta.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Formular una propuesta del uso del bambú como alternativa de material de construcción para viviendas verdes en Colombia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer las características del bambú como material de construcción sostenible.
- Revisar estudios de caso del uso de bambú como material de construcción sostenible.
- Identificar los criterios necesarios para la implementación de proyectos de vivienda verde a partir del bambú.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La tenencia de un lugar digno en el cual desarrollarse día a día es considerado por muchos como una necesidad, pero en Colombia, la tenencia de vivienda es un privilegio al cual no todos tienen acceso ya que el 36.59% de la población vive con carencias o déficit de calidad residencial, según el Censo de Población y Vivienda realizado por el DANE, en conjunto con el DNP y la ONU en el 2020 con datos obtenidos en el 2018 a partir de criterios como los materiales de construcción de la vivienda, personas y género de quienes viven en la misma, acceso a servicios públicos, estudio alcanzado por las personas que habitan el hogar, salario recibido en promedio, entre otros (DANE, 2020, pág. 20).

Son varias las cifras que demuestran el poco porcentaje de ciudadanos que tienen casa propia, debido quizás a factores que deben tenerse en cuenta como los bajos sueldos que ofrecen las empresas, la disminución en la tasa de aprobación de créditos para vivienda debido a las miles de exigencias de los bancos y el temor de las personas por adquirir una deuda exorbitante a pagar en plazos extraordinarios, y es que con todo esto incluso con proyecciones a 20 años muchas personas no consiguen cumplir esta meta.

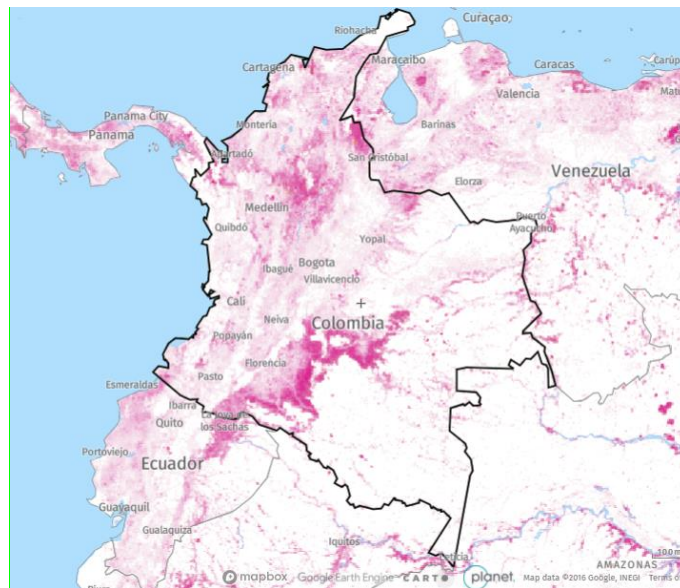
Teniendo en cuenta la pandemia por la cual está atravesando el mundo entero, estas cifras se han disparado como resultado directo de otros factores como el cierre de empresas, el cese de trabajos, la falta de ofertas laborales, el decrecimiento de las economías, el incremento en los costos para adquirir vivienda, y demás, dificultando en gran medida la capacidad financiera de muchos para lograr este objetivo.

Sumando también el crecimiento desmesurado de las ciudades, la migración de poblaciones en busca de mejores oportunidades y la poca responsabilidad social por parte de los gobiernos, han generado una deficiente planificación urbana y rural, al iniciar construcciones de viviendas en zonas inadecuadas y de forma desproporcionada (por la alta demanda) provocando también el abandono de zonas productivas y potenciales igualmente para la construcción; dando como resultado inmediato la congestión en las ciudades, y problemas indirectos en la educación, trabajo, movilidad, salud y otros (Carvajal Jimenez & Gutierrez, 2014).

Es conocimiento de todos que el bambú posee incontables cualidades intrínsecas, pero lo que muchos no saben es el enorme provecho que permite esta planta en la generación de negocios ecológicos sustentables (Cruz Rios) que podrían fácilmente reemplazar varias problemáticas que vivimos en el mundo, como por ejemplo la tala indiscriminada de árboles para la generación de madera de forma tradicional.

Figura 1.

Degradación de los bosques endémicos de Colombia en el 2020



Nota. La figura fue tomada de un software de datos a tiempo real llamado Global Forest Watch en donde se habilitaron los comandos de forest change, deforestation alerts y tree cover loss. Tomado de: Global Forest Watch. (s.f.). Software analítico forestal.

Siendo la deforestación una de las mayores causas del deterioro de la naturaleza, Colombia no es ajena a esta situación ya que desde el 2010 se ha presentado una disminución de 320 kha de bosques naturales equivalentes a 195mt de emisiones de CO₂. Continuando, desde el 2001 se ha perdido el 1,69 Mha de bosques primarios de tipo húmedo, igual al 3.0% del área total de esta clase de bosques en todo el territorio,

en este mismo periodo de tiempo también se tuvo una baja del 5,7% en la cobertura arbórea con un degradación de 4,66 Mha de bosques nativos (Global Forest Watch) .

En este punto convergen ambos temas, la dificultad para obtener vivienda económicamente asequible y medianamente digna para una gran porción del país y la facilidad que posee el bambú para transformarlo en un material de construcción eficiente, resistente y sostenible, reemplazando la tala irresponsable por parte de las compañías madereras para la elaboración de madera convencional para el desarrollo de residencias verdes aptas para cubrir estas necesidades.

El presente trabajo tiene por finalidad analizar la creación de una estrategia informativa para el uso del bambú en la industria de la construcción para la fabricación de casas verdes debido a sus múltiples ventajas como material estructural sostenible, y además, ser de difusión pública para todo aquel que requiera la información.

1.1. Antecedentes

Desde el Plioceno, países como Ecuador, Argentina y Colombia habían utilizado esta integrante de las gramíneas para el desarrollo de sus comunidades de forma empírica. Estudios demuestran que fue descubierta por los amerindios situados en América antes de la conquista de los españoles y era empleada para la construcción de herramientas, balsas, puentes, ropa y estructuras de viviendas sencillas.

De igual forma, este recurso ha tomado gran fuerza en el continente Asiático, puntualmente en China, donde su auge se ha evidenciado en campos como la industria, artesanías, producción de refrescos, confitería, alimentos y medicina, generación de carbón, papel y muchos más, llegando a encontrar incluso cascos para moto cuya composición principal es este material.

Colombia, país privilegiado con variedad de pisos térmicos debido a su ubicación geográfica y al relieve característico del mismo, posee infinidad de recursos geológicos, hídricos, forestales, de fauna y flora, fisiográficos, de suelo y climatológicos, que podrían ser potenciados para un correcto uso.

A pesar de lo ya mencionado, falta mucho por recorrer en la puesta en marcha de proyectos verdes donde se utilicen especies como el bambú debido a que la información sobre su aplicación en diferentes campos es escasa, utilizándose más que nada como fuente de energía renovable en la producción de briquetas y carbón vegetal, así que el fuerte en avances investigativos podríamos encontrarlo en el continente Asiático con una amplia gama de aplicaciones y en México, enfocada más que nada en usos industriales.

Es importante reconocer el trabajo del arquitecto manizaleño Simón Vélez, quién es reconocido nacional e internacionalmente por utilizar la guadua como pieza importante en la mayoría de sus obras en la parte estructural y decorativa, refiriéndose él mismo a su trabajo como “una arquitectura esencialmente vegana”.

Figura 2.

Diseño de casa diseñada por Simón Vélez y su socio Marcelo Villegas



Nota. Diseño arquitectónico de casa en Anapoima, Cundinamarca, Colombia, diseñada por Simón Vélez y su socio Marcelo Villegas. Tomado de: Revista AXXIS, reconocida por ser especialista en arquitectura, decoración y diseño.

También se debe agradecer la labor del ingeniero agrónomo Hormilson Cruz, oriundo de Manizales, considerado como la persona más conocedora del mundo en el manejo de

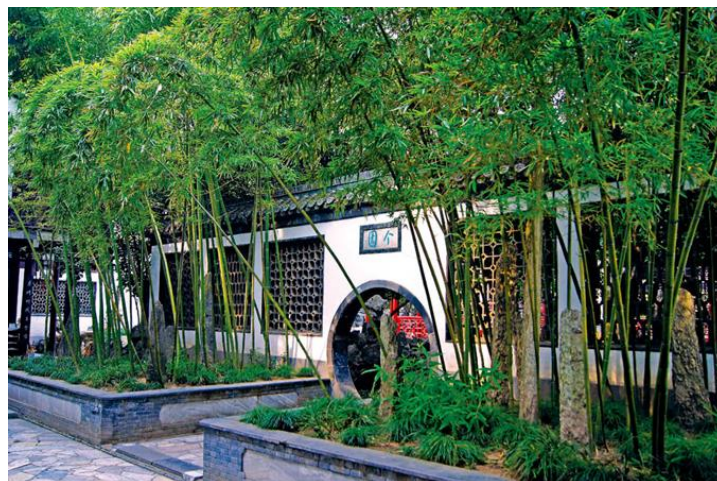
plantaciones comerciales y empresariales de guadua, quien ha realizado numerosos estudios de investigación sobre el bambú por más de 25 años; combinando la agricultura y silvicultura con la gestión industrial y financiera en la puesta en marcha de proyectos en todo el mundo como lo muestra también en sus libros (Business, Bamboo, 2018).

En China, el uso del bambú ha crecido en paralelo con el desarrollo de la población y la cultura, siendo fundamental incluso hoy en día para la economía e industria, tanto así que se prevé un aumento en la variedad de usos que se le apliquen. Partiendo de la ventaja de tener más de 400 tipos de especies en el territorio, el estado incentiva al personal científico, forestal y técnico a exponer propuestas para modificar los problemas que presente el bambú para satisfacer las necesidades de las industrias.

El bambú es considerado como el símbolo de la primavera, amabilidad, modestia y serenidad, también se traduce como “individual” cuyo carácter chino viene representado por tres hojas de bambú (个). Una clara muestra de la influencia de la planta en las costumbres de la construcción de este país es el Jardín Geyuan de Yangzhou (“Jardín Individual”) construido en el año 1770 cuya superficie abarca 24.000 metros cuadrados.

Figura 3.

Entrada al Jardín Geyuan de Yangzhou



Nota. La figura muestra la representativa entrada del Jardín Geyuan de Yangzhou en China. Tomado de Editorial Youlin Magazine. “The Geyuan Garden of Yangzhou”.

México es considerado como un país con moderada diversidad, pionero en el estudio de una puesta en marcha de proyectos que propaguen la cantidad de siembra y producción, y adicional, la modificación de normas debido a la restricción de uso del bambú de acuerdo con la zona donde crezca (más que nada en la parte oriente rural), ya que su implementación principal se da en la construcción de viviendas rurales, incluyendo las estructuras, suelos, soportes, cobertizos, paredes, muebles, puertas y ventanas, y no en todo el territorio se da este material.

Por lo anterior, en el Estado de Colima, México, se están adaptando entre 50 a 80 hectáreas de terreno que serán destinadas exclusivamente para siembra de bambú ocupadas para la construcción de viviendas de interés social ofrecidas por el estado. Siendo la principal ventaja el rápido crecimiento de los tallos, se puede realizar su transformación como material de soporte en construcción en mínimo cinco años para aprovechar al máximo la siembra.

Figura 4.

Vivienda en Puebla / Comunal



Nota. Ejemplo de vivienda en Puebla, Comunal, México. Tomado de: Proyectos en México que utilizan bambú. ArchDaily, noticias de arquitectura.

2. TIPOS, USOS Y ALTERNATIVAS EN TORNO AL BAMBÚ

El bambú es una de las plantas más útiles que nos brinda la naturaleza con un registro de más o menos 1.050 usos diferentes, siendo las dos más reconocidas la retención de grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) y la regulación de corrientes de agua, de ahí su apodo de “la planta de los mil usos”.

Se le conoce además por su aplicación en campos tan variados como la alimentación y farmacéutica, material de construcción, insumo en la industria textil, utensilios de papelería a partir de celulosa y sobre todo la generación de energía a partir de bioetanol, biomasa, carbón vegetal y pellets/briquetas.

Pertenciente a la familia de las gramíneas como otros pastos, posee más de 1.200 especies, con varios tipos y por lo menos 75 géneros, de las cuales la mayoría son originarias del continente Asiático, haciendo que tenga una extensa variedad y cualidades, algunas más beneficiosas que otras o con ventajas competitivas adaptables a campos de acción en las diferentes industrias.

Según estudios se ha podido establecer que es más resistente que la madera natural en las propiedades de tensión y compresión soportando hasta 12,000 kg/cm² en su tallo. Aun así, a pesar de su constitución de vasos agrupados de forma paralela, se pueden talar transversalmente sin mucha complejidad.

Actualmente se está planteando la creación de un repositorio de bambúes nativos de cada territorio y posibles usos en colaboración con entes como los Jardines Botánicos, Institutos de Ecología, empresas internacionales e instituciones públicas para que cada país tenga su propia colección y sea de dominio público, comenzando con un repositorio unificado en colaboración del estado, entidades públicas y privadas y organizaciones ambientales, para eliminar temas como la información repetida, no oficial y no justificada en la evidencia y la investigación.

2.1. Tipos y especies de bambú

En la siguiente tabla se ilustran las especies más utilizadas de bambú y las principales características de cada una:

Tabla 1.

Algunas especies y características del bambú

Nombre científico	Nombre común	Longitud (metros)	Diámetro (pulgadas)	Características principales
Bambusa glaucescens	Bambusa multiplex	3 - 15	1 + 1/2	Materia prima para la creación de cestas y ropa.
Bambusa oldhami	Old hami	16	4	Usado en su mayoría en construcciones semi estructurales, barandas, cercas y en la comida.
Bambusa vulgaris	Caña vaquera (amarilla)	6 - 18	4	Elaboración de papel, paneles y como estructura. Crece torcido.
Bambusa vulgaris vittata	Caña vaquera (verde)	18	4	Utilizado en construcciones sencillas, carbón, leña y papel.
Chusquea	Chusquea	5	1 + 1/2	Se utiliza principalmente para delimitar zonas en los climas fríos.
Dendrocalamus giganteus	Bambú gigante	30	8	Resistencia estructural y gran tamaño para construcción. Utilizado en la comida y para la creación de tuberías.
Dendrocalamus latiflorus	Bambú hoja grande	24	8	Implementado en la construcción, fabricación de muebles y papel, artesanías, en la comida.
Gigantochloa verticillata Heyne	Gigantochloa	24	4 – 6	Se puede doblar y es implementado en invernaderos, es resistente a rajarse del medio a la raíz por lo que se fabrican escaleras con él.
Guadua aculeata	Guadua mexicana	24 - 27	6	Usado en la construcción como estructura, cercas espinosas, tubos.
Guadua amplexifolia	Jimba	10 - 12	4	Usado en la construcción como estructura.
Guadua angustifolia Kunth	Guadua colombiana	25	6	Hace parte de la construcción por su alta resistencia estructural y para fabricar papel.
Guadua velutina	Guadua vellutina	24 - 27	6	Usado en la construcción como estructura.

Otatea acuminata aztecorum	Bambú varilla	19	4	Creación de bahareque, varillas y soporte de tejas.
Phyllostachys aurea	Bambú dorado	3	1	Utilizado en la construcción de cañas de pescar, tendedores de ropa, sombrillas y soportes para materas.
Phyllostachys bambusoides	Madake	9 - 21	1 – 5 + 3/4	Fabricación de artesanías, muebles, en la comida. Usado también como controlador de erosión del suelo.
Phyllostachys nigra	Bambú negro	3	1	Creación de cañas de pescar, tendedores, decoración, sombrillas y soportes de materas.

Nota. Clasificación de los tipos de bambú más comunes y sus características principales a partir de Plantaciones y especies de bambú. Las cañadas, Centro de Agroecología y Permacultura.

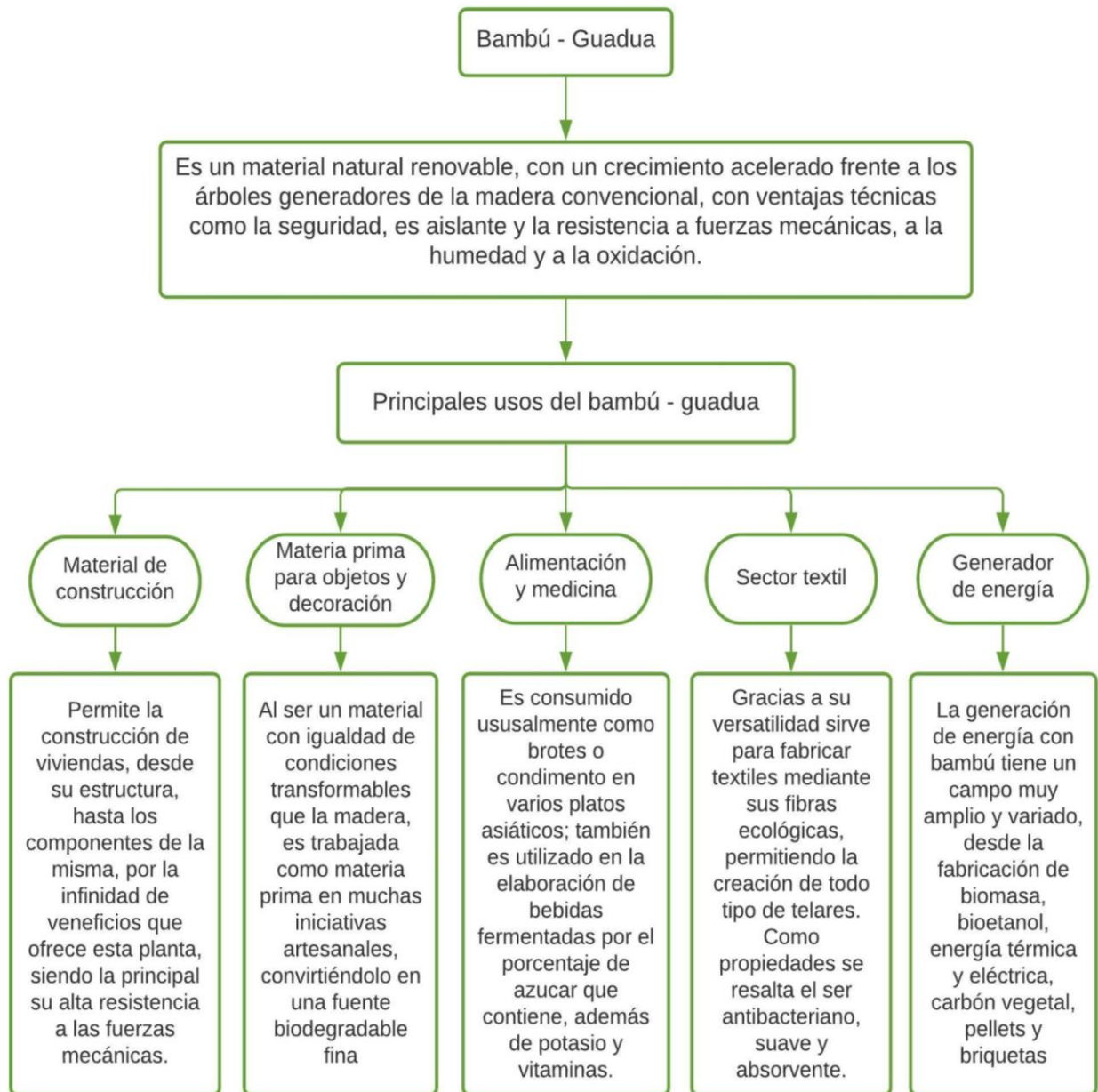
De las anteriores, el tipo *Guadua Angustifolia Kunth* es la que más se ha estudiado y trabajado en Colombia, hasta el punto de nombrarla comúnmente como “Guadua colombiana”, siendo parte importante dentro de las costumbres y tradiciones en algunas zonas campesinas de la Región Andina y a nivel nacional como materia prima fuerte para competir contra productos similares o sustitutos internacionales.

El gobierno nacional, frente a la alta demanda de productos ambientalmente amigables, como los obtenidos a partir de la guadua colombiana, ha creado una serie de normas y guías para la correcta disposición de este material, garantizando su conservación, como se puede observar en los apartados 3.3.2. Normas Técnicas Colombianas del bambú y 3.3.3. Guías Técnicas Colombianas del bambú (ICONTEC).

2.2. Usos del bambú

Figura 5.

Principales usos del bambú - guadua



Nota. El gráfico presenta los principales usos del bambú en industrias como la constructora, decorativa, alimenticia y medicinal, textil y energética.

2.3. Negocios sustentables y masivos

La idea de los negocios sustentables, como su nombre lo indica, es generar proyectos que cubran aspectos sociales, ambientales y económicos que permitan reinvertir las ganancias en nuevos proyectos y generar un ciclo. Al ser proyectos masivos se necesita la implementación de gran cantidad de materia prima y para ello se logra generar empleos en las plantaciones, el proceso industrial y la puesta en marcha de los planes haciendo que cientos, miles o millones de personas tengan una forma de trabajo estable, mejorando su calidad de vida (Cruz Rios).

2.3.1. Producción de carbón vegetal

El carbón vegetal activado es mayormente utilizado en la medicina para combatir casos de intoxicación o acumulación de gases por su gran capacidad de absorción. También en procesos domésticos de combustión o industriales, como lo es la reabsorción de alquitranes y ácidos con el lavado de la lluvia en métodos de quema en fosas, sobre todo en países subdesarrollados donde no se tiene la tecnología necesaria para desarrollar estos proyectos de una forma menos contaminante y nociva. Se debe tener en cuenta el gran impacto ambiental que genera, y de ser posible, disminuirlo.

Figura 6.

Carbón vegetal de bambú



Nota. La figura muestra los carbones vegetales desarrollados con técnicas de calor a partir del bambú gigante. Tomado de Bambú Gigante.

2.3.2. Producción de brotes / tallos

Los brotes de bambú son incorporados dentro de varios platos gastronómicos de países asiáticos en su mayoría, provenientes de plantas muy jóvenes donde el tallo todavía no se ha desarrollado de forma que pueda endurecer su recubrimiento. Se debe retirar la corteza y cocerla en agua para lograr quitarle lo fuerte de su sabor, después de esto son algo crujientes, tienen una amargura muy suave y son bastante comunes en ensaladas, sopas, guisos y salsas acompañantes o como encurtidos.

Suelen estar en la mayoría de las dietas de países asiáticos desde hace siglos haciendo parte de la cultura desde sus antepasados, por lo tanto, son muy comunes en la mayoría de las tiendas surtidoras de víveres donde actualmente se les encuentra en diferentes presentaciones como lo son deshidratadas, congeladas, encurtidos, frescos, en lata o envasados, asimismo se les puede encontrar en algunos restaurantes del continente Europeo.

Figura 7.

Brotos / tallos de bambú para consumo



Nota. En la figura se muestra el consumo tradicional de los brotes o tallos de bambú como aperitivo y en sopa. Tomado de: Cocinistas Recetario virtual. Ingredientes del mundo. Brotos de bambú.

2.3.3. Harina de bambú

Es extraído de los culmos de las cañas de bambú en edad temprana, al tener menos cantidad de fibras y es conocida como el sustituto del maíz al dejarse moldear de igual

forma, permitiendo elaborar todo tipo de productos similares a los preparados con harinas tradicionales, siendo rica en nutrientes y presentando un porcentaje menor de azúcares y grasas que los almidones industriales.

Figura 8.

Harina de bambú



Nota. En la figura vemos la contextura y color de la harina a partir de bambú, siendo muy similar en su composición a la harina de maíz. Tomado de Bambú Gigante.

2.3.4. Creación de plantaciones comerciales

Como punto de partida se debe tener una planeación en cuanto al objetivo para el cual se van a designar las plantaciones y si se van a vincular a un tipo de industria o directamente con una empresa. Adicional a esto, se debe tener una visión para que el proyecto sea viable y no fracase, mediante un estudio de factibilidad incluyendo el alcance que tendrá y las proyecciones a futuro. Finalmente, como todo proyecto se le debe realizar un seguimiento, inventario y una reinversión para que el negocio sea sustentable manteniendo un ciclo cerrado durante todo el proceso.

Figura 9.

Siembra de plántulas de bambú



Nota. La figura representa un cultivo de plántulas de bambú a pequeña escala o casero, para dar una idea de la forma de los cultivos a gran escala.

2.3.5. Madera ingenierizada

La madera a base de bambú proviene de la hierba y no de un árbol como se produce la madera convencionalmente. Al utilizarse esta planta como materia prima no es difícil de transformar, aunque necesita cuidados adicionales, el color de la madera es de un tono muy claro, las tonalidades más oscuras se logran con un proceso de tostado. Basados en la escala Janka, la resistencia al implementar el bambú está por encima del roble y muy superior al pino. Tiene alta durabilidad en el exterior, pero puede ser fácilmente atacado por hongos y bacterias, por lo cual se debe estar recubriendo con un protector contra plagas.

Figura 10.

Madera ingenierizada de bambú



Nota. En la figura se puede observar los tonos de la madera ingenierizada dados por el tiempo de tostado en los hornos. Tomado de Maderame, la enciclopedia de la madera.

2.3.6. Bonos de carbono

Es un método reconocido a nivel mundial por el cual se genera una reducción en las emisiones contaminantes arrojadas a la atmosfera, recibiendo con cada bono el permiso a emitir una tonelada de dióxido de carbono, generando a su vez una relación directa de disminución en el impacto del efecto invernadero y el calentamiento global en la Tierra.

Esta técnica se ha venido implementando a partir del Protocolo de Kioto donde los países industrializados se comprometían a estabilizar, y luego disminuir, las emisiones de los seis principales gases causantes del efecto invernadero: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

Debido a este acuerdo y a otras medidas que se tomaron en las Conferencias de Naciones Unidas sobre el Medio ambiente y su Desarrollo, varias empresas de países altamente contaminantes optaron por este método, comprando bonos de carbono en territorios donde los bosques aún no se han visto afectados por la industrialización o por la mano del hombre, es decir, donde aún se encuentran extensos terrenos de naturaleza que logran contrarrestar esta afectación.

2.3.7. Producción de fuentes de energía / combustible

2.3.7.a. Carbón vegetal. (Ver apartado 2.3.1)

2.3.7.b. Bioetanol. Permite generar un carburante no dependiente del petróleo cuya generación es más sostenible en cuanto a la disminución del uso de fertilizantes y menor impacto directo del sustrato, tratándose de un logro mercantil reconocido en la fabricación de biocombustibles.

2.3.7.c. Pellets / Briquetas. Ambos son biocombustibles ecológicos y renovables derivados de insumos vegetales reemplazando el uso de la madera tradicional, utilizados como generadores de calor de forma cilíndrica. La diferencia radica en el tamaño, siendo los pellets de más pequeños que las briquetas.

Figura 11.

Pellets o briquetas a partir de bambú



Nota. Las briquetas y pellets están conformados por los mismos compuestos y la mayor diferencia es la variación en el tamaño. Biomasa forestal.

2.3.7.d. Biomasa. Nace por las limitaciones de los recursos naturales existentes, debido a esto, los combustibles desarrollados a partir de esta materia orgánica se han considerado como un importante reemplazo para aminorar las emisiones de carbono con carburantes comunes y así mismo, disminuir la rapidez con la que el cambio climático está afectando la Tierra (Teixeira, y otros, 2018).

Figura 12.

Biomasa a partir de bambú



Nota. A partir de los brotes de bambú se desarrolla la biomasa. Tomado de: El bambú, fuente de biomasa..., Tecnología hortícola

Gracias a esto, con un poste desarrollado con tecnología a partir de bambú se puede abastecer de energía para un mes a una vivienda rural, siendo un prototipo de fuente viable para transformar en energía eléctrica. (Maderero D. D., 2017) Por otro lado, esta metodología ha tenido impactos igualmente negativos en temas de deforestación, extinción de gran parte de la biodiversidad y destrucción de la tierra.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Estudios de casos exitosos

En esta sección se mostrarán algunos estudios de caso que servirán de referencia para el desarrollo del capítulo DIAGNÓSTICO DE COLOMBIA frente a la implementación del bambú en diferentes proyectos.

3.1.1. Proyecto Biomasa-Bambú (Cuba)

Es un estudio desarrollado al oriente de Cuba en el año 2017 por una agencia Suiza para el desarrollo y la cooperación, que nace de la preocupación generada por la deforestación masiva que acompañó el crecimiento de la industria azucarera, la desertificación en áreas al oriente del país por el deterioro que generan las actividades productivas y la lenta recuperación de los suelos.

El proyecto que viene desarrollándose desde el 2005 llamado “Reforestación con bambú como alternativa sostenible para elaborar materiales de construcción de viviendas” maneja una idea basada en dos puntos clave, la siembra de bambú por la rapidez en su crecimiento y la capacidad que tiene para la recuperación de suelos seriamente dañados; y por otro lado, el reemplazo de la leña por bloques combustibles compactos cuya composición está dada por una mezcla entre serrín y fibras de bambú para ser utilizado principalmente en la quema de ladrillos para cerámica. Para la fabricación de estos, se debe hacer una modificación en la estructura de los hornos y de esta forma ser adaptado para trabajar con briquetas o pellets.

Esta iniciativa tiene como objetivo la creación de una gama de productos y tecnologías que encaminarán una introducción del bambú a la industria constructora, obteniendo materiales a bajo costo que sustituirán muchos objetos de uso convencional, y el empleo de residuos comprimidos que conformarán bloques sólidos en función de los ladrillos para usar como combustible en reemplazo de la leña para los productos trabajados con cerámica (Betancourt, Gonzalez, Montalvo, Cuesta Mola, & Bravo Iglesias, 2017).

Figura 13.

Bloques de aserrín y bambú para la construcción de viviendas



Nota. En la figura se observa cómo se desarrollan ladrillos para construcción a partir de aserrín y fibras de bambú. Tomado de: Simacon ICF.

Adicional a lo anterior, la investigación descubrió que para una quema tradicional se utilizan 10 m³ de troncos, siendo la equivalencia igual a entre 6 a 8 árboles en edad adulta, por otra parte, con este sistema se necesitan 1.200 bloques, teniendo un consumo de solo 6 m³ de madera.

Según estudios, esta práctica ha tenido resultados positivos en la producción de ladrillos, tanto así que se está buscando lograr su implementación en otras regiones de Cuba y posterior a otros países al generar una posibilidad de disminución de hasta un 50% lo que a su vez es una mejora en la protección del medio ambiente, salvando la vida de 3 árboles en cada proceso de combustión y una disminución en costos (Maderero F. , 2017).

3.1.2. Propagación de Bambú en Zonas Áridas (Perú)

La iniciativa se basa en una investigación experimental ejecutada por la facultad de Ingeniería Agrícola perteneciente a la Universidad Nacional Agraria La Molina en la

ciudad de Lima, Perú cuyo objetivo es el máximo aprovechamiento de los tipos y fuentes de agua en diferentes proyectos en zonas áridas mediante el desarrollo de un banco de propagación de bambú-guadua.

El bambú en este país es subutilizado debido a la existencia de pocas plantaciones, el mal aprovechamiento de los bosques vírgenes y el desconocimiento general hacia esta especie de plantas, haciendo que exista falta de motivación para su reforestación y utilización para la creación de proyectos. (Rodríguez, 2013) Así entonces, la Sociedad Peruana del Bambú es una organización estatal que crea fuentes de desarrollo basado en las siguientes seis (6) metas:

- Promover y asegurar el progreso de la cadena productiva y sustentable.
- Contribuir al uso y transformación sustentable y sostenible en la industria, artesanía, construcción y venta.
- Propiciar la formulación, promoción y difusión de proyectos.
- Fomentar e implementar servicios de asesoramiento y capacitación a quien lo necesite o esté interesado.
- Cooperar con organizaciones y entidades públicas o privadas, nacionales o extranjeras para la estructuración de información.
- Hacer parte de la creación y ejecución de puestos de trabajo por formulación, gestión e implementación de proyectos.

3.1.3 Blooming Bamboo, green housing

El proyecto BB de H&P Architects de Hanoi en Vietnam ideó una solución mediante un prototipo de casas construidas con bambú que beneficiaría a millones de personas que se ven afectadas cada vez que un fenómeno natural grave azota el país reduciendo el desarrollo logrado en las áreas destruidas (Archdaily).

Dichas casas se elaboran con la condición de establecerse sobre una altura del suelo y de esta forma afrontar las tormentas e inundaciones que afectan el territorio. Mediante esta condición, se resuelve desde el diseño una problemática de emergencia que se da periódicamente y que afecta a más de 500 familias de forma anual, al tener que

abandonar sus hogares con los cultivos afectados, sus pertenencias dañadas y las cifras de pobreza aumentando.

Figura 14.

Casa blooming bamboo



Nota. Ejemplo de vivienda diseñada en el proyecto Blooming Bamboo Housing. Tomado de: Proyectos con bambú. ArchDaily, noticias de arquitectura.

En el prototipo se combina la arquitectura tradicional con una estructura suficientemente sólida para tener las comodidades de una casa normal pero con la habilidad de flotar en caso de ser necesario y con paneles modulares móviles para la circulación del aire. La estructura tiene un área de $6 \times 6 \text{m}^2$ y está colocada sobre pilotes para permitir que el agua fluya por debajo sin complicaciones en la estabilidad de la misma, igualmente los materiales son, en su mayoría, brindados por la naturaleza, como lo es la caña de bambú, hojas de palma, paneles tejidos utilizando fibra de coco, cuerdas ecológicas y tornillos.

El costo promedio de la casa es de unos 2000 USD y se tiene previsto que sea una base sólida para planes de diseño futuros con una modalidad de producción en masa, un diseño moderno y criterios de eficacia y practicidad. Se puede construir en 25 días por los habitantes al ser diseñado de forma auto-armable.

3.2. Marco legal

En esta sección se mencionará la normativa aplicable al marco legal frente a las leyes y decretos relacionados de forma directa o indirecta con el bambú.

3.2.1. Regulaciones y normativas del bambú

Tabla 2.

Normativas frente al bambú

Cambio climático y pago por servicios ambientales	
CONPES 3700 del 2020	Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia. Donde se formulan e implementan temas en materia de cambio climático para el diseño de proyectos de desarrollo.
Ley 1931 de 2018, reglamentada por el Decreto 926 de 2017.	Por la cual se establecen las directrices para la gestión del cambio climático, la mitigación de gases de efecto invernadero y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono.
Decreto 870 de 2017, reglamentado por el Decreto 1007 de 2018.	Por el cual se establece el pago por servicios ambientales y otros incentivos a la conservación.
Gestión de la biodiversidad	
Ley 165 de 1994	Por medio de la cual se aprueba el Convenio sobre la Diversidad Biológica para su conservación y utilización sostenible en planes, programas y políticas.
Política Nacional de Biodiversidad Colombiana del 2020	Está orientada a promover la gestión de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos para mantener y mejorar los sistemas socio-ecológicos.

CONPES 3918 del 2020

Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible mediante unos indicadores y metas encaminadas a consolidar un modelo de desarrollo sostenible para un país más estable en el año 2030.

Nota. La información para la anterior tabla fue sacada de un documento de trabajo de INBAR.

3.2.2. Normas Técnicas Colombianas del bambú

Actualmente, Colombia no cuenta con un instrumento adaptado para promover la guadua, sin embargo, es perteneciente a la Red Internacional del Bambú y Ratán y por eso, además del interés del país en mejorar esta situación (INBAR, Organización Internacional del Bambú y el Ratán, 2021), el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) de la mano con la Sociedad Colombiana del Bambú, el Comité Colombiano del Bambú-Guadua e instituciones del gobierno, organizaciones académicas y privadas han preparado hasta entonces trece (13) Normas Técnicas Colombianas (ICONTEC), siendo las siguientes:

- NTC 6100:2014 Etiquetas y sellos ambientales Colombianos. Criterios ambientales para productos de primer y segundo grado de transformación de Guadua Angustifolia Kunth.
- NTC 5405:2016 Propagación vegetativa de Guadua Angustifolia Kunth.
- NTC 6191:2016 Hojas caulinares de Guadua Angustifolia Kunth y productos artesanales elaborados a partir de ellas.
- NTC 5727:2017 Terminología aplicada a la guadua, sus procesos y sus productos
- NTC 5301:2018 Preservación y secado del culmo de Guadua Angustifolia Kunth.
- NTC 5407:2018 Uniones de estructuras con Guadua Angustifolia Kunth.
- NTC 5458:2019 Elaboración de muebles con culmos maduros de Guadua Angustifolia Kunth.

- NTC 6317:2019 Métodos de ensayo de carga lateral estática y cíclica para muros de corte.
- NTC 6338:2019 Casetones con Guadua Angustifolia Kunth.
- NTC 5300:2020 Cosecha y postcosecha de culmos de Guadua Angustifolia Kunth.
- NTC 6389:2020 Identificación y calificación de servicios ecosistémicos de guaduales naturales y plantados (Guadua Angustifolia Kunth).
- NTC 6413:2020 Estructuras de bambú. Principios básicos y procedimientos.
- NTC 5829:2021 Obtención de latas y tablillas de Guadua Angustifolia Kunth.

3.2.3. Guías Técnicas Colombianas del bambú

Adicional, las instituciones mencionadas anteriormente también gestionaron las siguientes cinco (5) Guías Técnicas Colombianas (ICONTEC):

- GTC 269:2016 Guía para la producción de biomasa a partir de culmos de bambúes para la generación de energía.
- GTC 270:2016 Guía de criterios de selección para la comercialización de Guadua.
- GTC 303:2019 Guía para la elaboración de tableros de esterilla de Guadua.
- GTC 307:2019 Guía para la elaboración de artesanías de con bambúes.
- GTC 220:2021 Tablas a partir de esterilla (tablerilla) de Guadua.

4. DIAGNÓSTICO DE COLOMBIA

Colombia es considerado como un punto geográfico con mega diversidad en cuanto a especies de plantas comparado con el resto del mundo, ocupando el segundo lugar en América en especies de bambú, siendo el primero Brasil. Se conoce la mayor concentración de diversidad por su geografía empinada en zonas entre los 2.000 y 3.100 metros sobre el nivel del mar a lo largo de la cordillera de los Andes. (Londoño, 2011)

En el país se tienen en cuenta los actores públicos y privados que tienen lugar en las regulaciones del uso y aprovechamiento del bambú, aquellos que poseen un amplio conocimiento en este campo de acción, en el sector productivo y la academia que tengan vigentes estudios de investigación y desarrollo entorno a esta planta como se logra ver en las siguientes tablas:

Tabla 3.

Mapa de actores de categoría pública

Sector	Ente	Incidencia
Agricultura	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	alto
	Secretaría de Agricultura del Caquetá	bajo
	Secretaría de Agricultura del Meta	bajo
Ambiente	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos de la Amazonía	alto
	Corporación Autónoma Regional de Risaralda	alto
	Corporación para el Desarrollo Sostenible de la Macarena	alto
	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonía	alto
	Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi	bajo

Nota. La tabla contiene los entes públicos en los proyectos con bambú. Tomado de: INBAR, Organización Internacional del Bambú y el Ratán. (2021). Análisis de los Marcos Regulatorios y de las Políticas para el Desarrollo del Bambú - Guadua en Colombia. FIDA. Recuperado el 17 de 06 de 2021.

Tabla 4.

Mapa de actores de categoría privada

Sector	Ente	Incidencia
Academia	Universidad de la Amazonía	bajo
	Universidad Tecnológica de Pereira	bajo
Gremios	Asociación de Arquitectos e Ingenieros del Caquetá	medio
	Federación Nacional de Empresarios de la Guadua	medio
	Sociedad Colombiana del Bambú	medio
	Federación Nacional del Bambú y la Guadua	medio
Organización de la sociedad civil	Corporación Misión Verde Amazonía	bajo
	Fundación Amazónica Agrochaira	bajo
	Fundación Frutos de mi Tierra	bajo
	Coordinadora Departamental de Organizaciones Sociales, Ambientales y Campesinas del Caquetá	bajo
	Coordinadora Suramericana para el Desarrollo	bajo
	Red de medios Guacamayas	bajo
Productores	Empresa Constructora en Guadua INDOMUS	bajo

Nota. La tabla contiene los entes privados en los proyectos con bambú. Tomado de: (INBAR, Organización Internacional del Bambú y el Ratán, 2021) Existen especies prioritarias en cada territorio de las cuales se puede llegar a desarrollar proyectos para la creación de productos y servicios con valor agregado. En ocasiones, se puede contar con el apoyo del gobierno o de instituciones especializadas para un adecuado sistema de propagación, siembra y conservación genética de las especies.

Se resalta que Colombia es uno de los países pioneros en la creación de normas técnicas de calidad que abarcan temas como la cosecha, los procesos en la producción y posterior utilización en las industrias, en especial la maderera, artesanal y constructora, evitando su tala, uso indiscriminado e infertilización de la tierra además de la nula protección que existía para estas plantas en el país.

Así entonces, se han venido planteando una serie de ideas donde se tiene como ventaja el aumento de la tasa de reforestación en proyectos que implementen el uso de la vegetación nativa en la mejora de la competitividad del sector productivo, impulsar los mercados nacionales frente a los internacionales y aportar al desarrollo social, industrial y económico de los territorios.

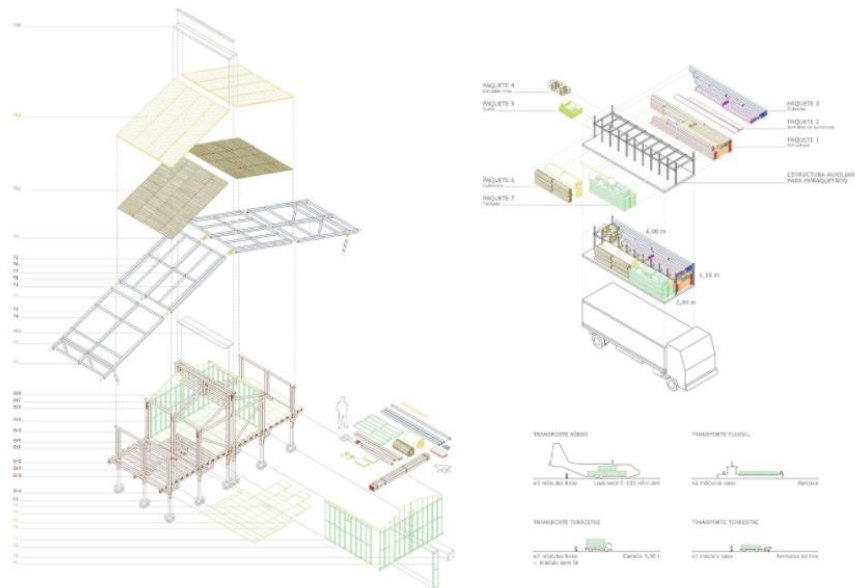
4.1. Proyectos con bambú en Colombia

4.1.1. Escuela M3

Se trata de una propuesta modular sustentable desarrollada en su mayoría con bambú para la construcción de escuelas en zonas rurales de Colombia que satisfagan la necesidad de una construcción que se adapte a las condiciones climáticas de estos lugares junto con una resistencia a los desastres naturales que se puedan presentar mediante ligeras modificaciones a proyectos de infraestructura modernos.

Figura 15.

Proyecto escuela M3



Nota. En la anterior figura se muestra una pequeña explicación de lo que se plantea sea el proyecto y en el futuro poder aplicarse a nuevas ideas. Tomado de ArchDaily, noticias de arquitectura.

El proyecto, al ser modular y de fácil armado y versatilidad al ser móvil (transportable), definida también como “escuela m3, kit de montaje”, plantea la participación de familias de la comunidad en la puesta en marcha del proyecto, su posterior uso y mantenimiento. Así pues, el material principal en la construcción será el bambú de tipo guadua angustifolia gracias a su abundancia, sostenibilidad, bajo costo y futuro reciclaje al terminar su vida útil.

4.1.2 Centro de Desarrollo Infantil el Guadual

Es un proyecto diseñado por los arquitectos Daniel Joseph Feldman e Iván Dario Quiñonez de una guardería de desarrollo infantil construida como proyecto estratégico de atención integral del Gobierno Nacional “de cero a siempre” en Puerto Tejada, Villa Rica, Cauca, para la prestación de servicios de educación, recreación y alimentación de en promedio 300 niños menores de 5 años, 100 madres gestantes y 200 bebés recién nacidos (ArchDaily, 2013).

Figura 16.

Instalaciones del centro de desarrollo infantil el Guadual



Nota. La figura muestra la ejecución del proyecto y la implementación del bambú en el mismo. Tomado de ArchDaily, noticias de arquitectura.

El proyecto nace por los problemas existentes en esta zona, donde los índices de pobreza y analfabetismo son altos además de estar ubicado en medio del conflicto armado, y su puesta en marcha se da en el 2013 junto con el apoyo de la comunidad desde el diseño hasta la construcción.

La construcción está distribuida en cuatro componentes: el centro donde se ubican amplios andenes, gran vegetación y un espacio para reuniones; el espacio semipúblico que durante el día cumple la función de una sala de arte para los niños y en la noche es el centro cultural de la comunidad; el patio donde se encuentra un hilo de agua que maneja un sistema de recirculación de aguas de lluvia; y por último, diez aulas equipadas con muros aislantes, sistema de recolección de aguas lluvias para la limpieza del centro y el riego del paisaje, y entradas de luz que durante el día permiten la no utilización de energía eléctrica al permitir iluminación directa y una ventilación cruzada generando el efecto chimenea.

El objetivo del centro de desarrollo infantil es promover y dar mayor importancia a la planificación de un plan de vida y la toma continua de decisiones desde la temprana edad evitando la participación en el conflicto armado, atendiendo la necesidad de fomentar el desarrollo desde niños.

Se reconoce la labor que se trabaja en el centro al cubrir con actividades varias las necesidades culturales de las cuales carece la comunidad al implementar materiales y mano de obra local para la construcción de la obra, haciendo que cada integrante se sienta parte fundamental del proyecto.

4.1.3 Casa Ensamble Chacarrá

Proyecto desarrollado en Pereira, Risaralda, que tiene su origen en un barrio donde cientos de familias han tenido que llegar desplazadas por el conflicto armado interno del cual sufre el país. Tiene un enfoque hacia el uso de materiales naturales locales y una construcción para la comunidad, siendo un lugar para la cultura y la conservación de la diversidad.

La idea es que mediante la arquitectura se pueda hacer un aporte real donde las raíces, la obra, las actividades y la esperanza no han podido llegar, donde varias situaciones muestran un territorio enfermo y cansado de la indiferencia, pero lleno de oportunidades esperando por ser descubiertas.

Figura 17.

Actividades desarrolladas en la casa ensemble Chacarrá



Nota. El baile es una de las actividades preferidas de la comunidad desplazada, como una forma de expresión cultural. Tomado de ArchDaily, noticias de arquitectura.

4.2. Negocios verdes e inclusivos en Colombia

Son aquellas iniciativas económicas enfocadas en la reducción de la pobreza con actividades sostenibles ambientalmente, partiendo de la generación de ingresos cíclicos mediante la comercialización de bienes o servicios donde el dinero obtenido retorne al proyecto, viéndose la reinversión, además de prestar el acceso directo a los servicios o productos con buenas prácticas sociales y ambientales, que soporten el desarrollo de los

territorios con la ayuda del Gobierno Nacional (SENA, Servicio Nacional de Aprendizaje, 2017).

4.2.1. Programas regionales en Colombia

4.2.1.a. Amazonía. Esta región está conformada por los departamentos del Amazonas, Caquetá, Guainía, Guaviare, Putumayo y Vaupés. Posee el 2,3% de la población total nacional con un 3% rural, teniendo especial presencia de grupos étnicos indígenas, junto con su patrimonio social y cultural. Dispone del bosque tropical más extenso del mundo, propiciando el desarrollo de negocios verdes en el país logrando tener como fuertes productivos la generación de carbón, ecoturismo, agrosistemas sostenibles y la utilización de especies florales.

4.2.1.b. Caribe. Región constituida por los departamentos del Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, Guajira, Magdalena, Norte de Santander, San Andrés y Sucre. Es acreedor del 24,3% de la población total nacional con un 27% rural y representa el 9,7% de la biodiversidad existente en Colombia. A pesar de presentar una tasa de analfabetismo que dobla el promedio nacional con un 16.5%, es una región que presenta la mayor contribución económica dada por actividades sociales, comunales y personales en un 20%.

4.2.1.c. Central. Está integrada por los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Cundinamarca, Huila, Risaralda, Santander, Tolima y Quindío. Conforman el 53% de la población total nacional presentando un 18% de zonas rurales, así mismo, gracias a su diversidad, riqueza natural, infraestructura vial y comercial tiene una enorme oportunidad de implementar negocios verdes enfocados en la prestación de servicios ecoturísticos, productores y comercialización de frutas y flora, logrando mejorar las condiciones de vida de la población que habita esta región.

4.2.1.d. Orinoquía. Compuesta por los departamentos de Arauca, Casanare, Meta y Vichada. Abarca el 3.4% de la población total nacional con un 22% rural, teniendo presencia de grupos étnicos junto con su patrimonio social y cultural el cual es fuente para una oportunidad de negocio verde; adicional a la gran diversidad natural pueden

generarse proyectos ecoturísticos, generación de productos no maderables y sistemas agropecuarios sostenibles.

4.2.1.e. Pacífico. Está constituida por 179 municipios de Colombia y por territorios que hacen parte de Ecuador y Panamá, siendo conocido como el Chocó Biogeográfico. Posee el 17% de la población total nacional con un 30% de espacios rurales destacando la presencia de grupos étnicos afrodescendientes e indígenas, es considerado una zona de riqueza ecológica por la gran diversidad de ecosistemas, siendo el escenario perfecto para el desarrollo de negocios verdes.

4.3. Criterios para la implementación de negocios verdes en Colombia

Para la puesta en marcha de estos programas regionales existen unos criterios que definen aspectos a cumplir en el desarrollo de los mismos, teniendo como objetivo la sostenibilidad mediante efectos no perjudiciales para el entorno y un impacto positivo en la calidad de vida de las sociedades.

Al realizar los proyectos regionales se debe tener en cuenta el cumplimiento de los siguientes cuatro (4) criterios:

4.3.1. Viabilidad económica

A toda idea de negocio se le exige demostrar su viabilidad económica al ser un indicador que explica si el proyecto podrá sostenerse, mantenerse y crecer en el mercado con el paso del tiempo. También busca reunir y analizar la información de la evaluación de factibilidad en las áreas técnica, legal, comercial y organizativa de una empresa.

Adicional a lo anterior, los promotores de los proyectos deberán cumplir con requisitos, siendo algunos de ellos los que se muestran a continuación:

- Formulación del plan de negocio.
- Mantener la información del proyecto actualizada.
- Demostrar la disponibilidad del pago de salarios u honorarios.

- Disponer de los insumos necesarios para el ciclo productivo directos o indirectos que formen parte de la prestación del servicio o producto, como también de la maquinaria, equipos y softwares.
- Calcular los costos generados por permisos, licencias, registros y requerimientos de ley para el funcionamiento del mismo.
- Adquisición de bienes correlacionados con el desarrollo de la idea de negocio.
- Obtención de las adecuaciones estructurales donde se llevará a cabo el plan de negocio.
- Paz y salvo de registros de derechos de propiedad intelectual e industrial.
- Asistir a las citaciones dentro del proceso para la postulación de la iniciativa verde.
- Dar aviso de cualquier situación que pueda poner en riesgo la ejecución del proyecto.
- Mantener comunicación constante con los entes involucrados.
- Cumplir con el marco legal, normativo y regulatorio aplicable.
- Demostrar la debida utilización de los recursos.
- Cargar y verificar la información necesaria a un sistema de información de uso público.

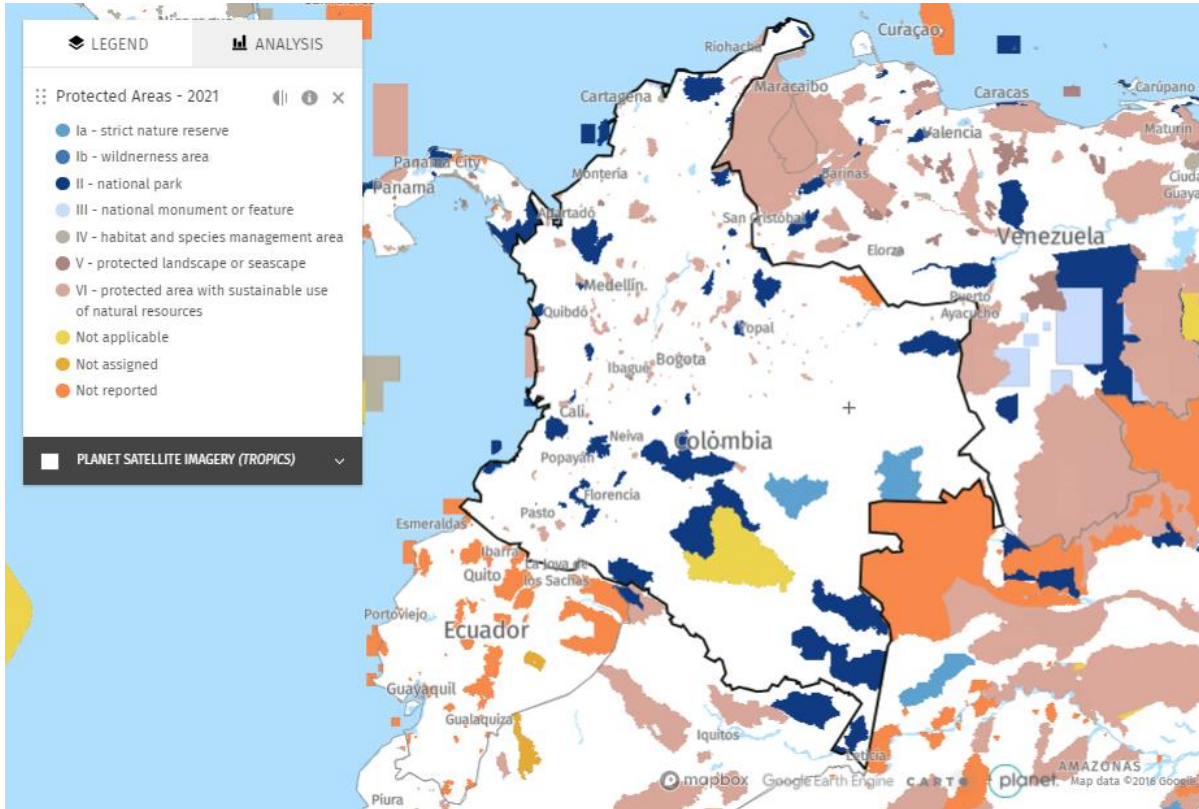
4.3.2. Medio ambiente

Se debe garantizar los principales aspectos e impactos referentes al ciclo de vida de los bienes o servicios, así mismo deben corresponder positivamente a las etapas de: Producción, extracción, procesamiento, distribución, transporte, uso, mantenimiento y disposición final. Es importante en este punto reconocer y trabajar para reducir los impactos generados como resultado de la puesta en marcha de las ideas.

A continuación se muestra el mapa de las zonas que poseen algún tipo de protección legal y ambiental en el territorio Colombiano, dando muestra de la poca importancia que se le da a este tema y el enorme campo sin estudio que se tiene en la academia, permitiendo la generación de oportunidades de ideas verdes.

Figura 18.

Mapa de zonas naturales protegidas en Colombia



Nota. La imagen fue tomada de un software de datos a tiempo real llamado Global Forest Watch en donde se habilitaron los comandos de layers, conservation, protected areas. Tomado de: Global Forest Watch. (s.f.). Software analítico forestal.

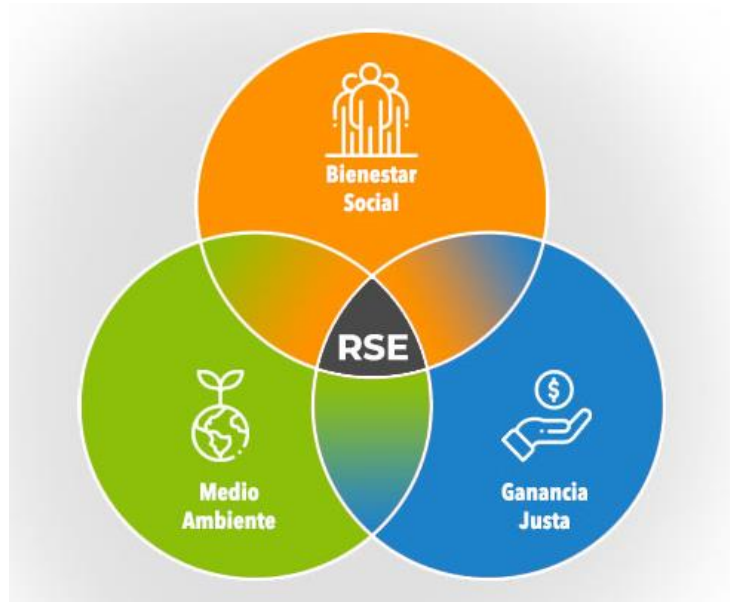
4.3.3. Responsabilidad social

Aplica para empresas con procesos que manejen acciones responsables con la sociedad, los integrantes del proyecto y el medio ambiente. Es necesario ya que implica la estabilidad emocional de los trabajadores, la mejora en la calidad de vida y del entorno de trabajo.

Dicho componente se basa en una pequeña gráfica que tiene como principal objetivo la generación de valor y la sustentabilidad, siendo este segundo campo compuesto por el área ambiental, económico y social como se logra ver en la figura:

Figura 19.

Responsabilidad social empresarial



Nota. La imagen es el pilar de los objetivos que conforman la responsabilidad social en cualquier proyecto empresarial. Tomado de Responsabilidad Social Empresarial y Sustentable.

4.3.4. Residuos sólidos y reciclaje

Pueden ser peligrosos o no peligrosos, siendo los segundos divididos en aprovechables y no aprovechables. De acuerdo con normativas mundiales sobre el medio ambiente la forma correcta de disponer de los residuos sólidos es reducir, reutilizar y reciclar. Las etapas de gestión integral son:

Generar → segregar → almacenar → aprovechar y valorar → disposición final

En la siguiente figura se muestra una eficiente separación de los residuos sólidos domésticos e industriales de acuerdo con su naturaleza y su es reciclable o no:

Figura 20.

Separación de los residuos sólidos



Nota. La separación de los residuos debe hacerse de forma correcta para facilitar otros procesos después de que su ciclo de vida se haya completado. Tomado de Clasificación de Residuos Orgánicos e Inorgánicos.

4.4. Sistemas de Certificación en Construcción Sostenible en Colombia

Actualmente, la construcción sostenible juega un papel importante en todo el mundo, debido a su liderazgo por mitigar los impactos ambientales que la construcción tradicional ha dejado como resultado, es por eso que las certificaciones son consideradas como herramientas que permiten una toma de decisiones acertada para proyectos de construcción sostenible en Colombia, donde cada sistema de certificación da lugar a la creación de estrategias acordes con las necesidades específicas que se tenga en la planeación de cada idea de negocio.

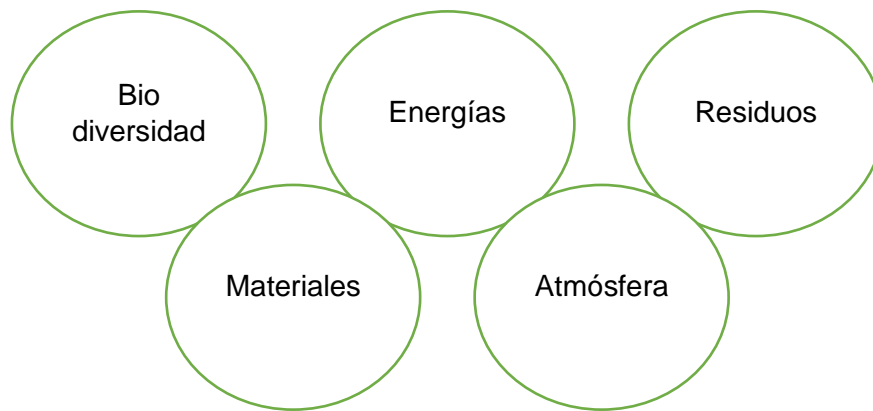
La sostenibilidad aplicada en las obras además de ser una tendencia es una práctica que abarca, además de la infraestructura, el entorno, el desarrollo de una mejor calidad de

vida para los clientes, el ahorro de materiales, la reducción de los agentes contaminantes y un diseño práctico y eficaz.

Las certificaciones son unos sellos que dan fe sobre las buenas prácticas al crear edificaciones y corroborar que éstos cumplen con ciertos requisitos establecidos por cada certificación, siendo diferentes para cada país, que aseguren la eficiencia de los recursos con un bajo impacto ambiental.

Figura 21.

Pilares de evaluación de los proyectos a certificar ambientalmente



Nota. La figura contiene los cinco pilares en los que se desarrollan los proyectos de certificación de construcción sostenibles en Colombia.

4.4.1. Certificación LEED

Es un sistema de certificación conocido en inglés como Leadership in Energy and Environmental Design, utilizado a nivel mundial como la representación de altos estándares en diseños, construcciones y operaciones ambientalmente sostenibles, donde se disminuye el uso de energía, se ahorra dinero y se generan espacios saludables para las comunidades (CCCS, Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, s.f.).

La certificación LEED de proyectos en Colombia es orientada mediante el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) como aliado del Green Business

Certification Inc. (GBCI) quienes evalúan las ideas mediante ocho (8) categorías de la siguiente forma:

Figura 22.

Categorías evaluadoras en la certificación LEED



Nota. Se observan las categorías necesarias en la certificación LEED para la clasificación de puntos en los niveles. Tomado de CCCS, Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (s.f.). Programa LEED en Colombia. (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible) Recuperado el 21 de 05 de 2021, de <https://www.ccs.org.co/wp/capacitacion/talleres-de-preparacion-leed/>

Dicha práctica examina las estrategias y procedimientos en construcción mediante niveles que están organizados con un sistema de puntos obtenidos con el cumplimiento de los requerimientos en cada proyecto clasificándose en los siguientes cuatro (4) niveles:

Figura 23.

Niveles de clasificación en la certificación LEED



Nota. Se observa la clasificación en la certificación LEED de acuerdo con los puntos obtenidos según las categorías aprobadas. Tomado de CCCS, Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (s.f.). Programa LEED en Colombia. (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible) Recuperado el 21 de 05 de 2021, de <https://www.cccs.org.co/wp/capacitacion/talleres-de-preparacion-leed/>

4.4.2. Certificación CASA



La certificación CASA es un sistema referente para las políticas del país que implementa la construcción sostenible ambientalmente para hogares cuyas características están enfocadas en el entorno colombiano, en las personas, sus necesidades y su calidad de vida, permitiendo generar incentivos tributarios y el acceso a las ayudas ofrecidas para financiamiento de vivienda (CCCS).

CASA es una herramienta que permite la creación de proyectos con un proceso de diseño integral y una gestión adecuada de las fuentes energéticas y el recurso hídrico, mediante un sistema de puntuación que puede realizarse mediante una lista de chequeo y está dado mediante siete (7) categorías, cada una con sus respectivos lineamientos que integran las consideraciones ambientales y sociales de la siguiente forma:

Tabla 5.

Categorías y lineamientos para proyectos de certificación CASA

CATEGORÍA	LINEAMIENTO	CUMPLIMIENTO
 <p>Eficiencia en Energía.</p>	Eficiencia energética	obligatorio
	Instalaciones de baja tensión	obligatorio
 <p>Eficiencia en Agua</p>	Uso eficiente en interiores	obligatorio
	Medición, manejo y consumo	obligatorio
	Uso de especies nativas y/o adaptadas	opcional
	Uso eficiente en exteriores	opcional
 <p>Eficiencia en Materiales</p>	Plan de manejo de residuos	obligatorio
	Análisis del ciclo de vida de productos y materiales	opcional
	Origen de los materiales	opcional
	Productos con bajo impacto ambiental	opcional
 <p>Sostenibilidad en el Entorno</p>	Manejo de escorrentía	obligatorio
	Selección del terreno	opcional
	Cercanía a urbanizaciones construidas	opcional
	Usos mixtos	opcional
	Reducción de la "isla de calor"	opcional
	Entrada a espacios abiertos	opcional
	Manejo de vertimientos	obligatorio
	Plan de acción de impactos negativos en la alteración de los suelos	obligatorio

 Sostenibilidad en el Obra	Control de residuos	obligatorio
	Estudio del aire en la construcción	opcional
 Bienestar	Calidad del aire	obligatorio
	Propiedad térmica	obligatorio
	Plan para el humo de cigarrillo	obligatorio
	Comprobación de partículas contaminantes	opcional
	Creación de zonas para actividad física	opcional
 Responsabilidad Social	Responsabilidad durante la construcción	obligatorio
	Responsabilidad con los residentes	obligatorio

Nota. En la tabla se presentan las categorías y lineamientos necesarios para la obtención de la certificación CASA. Información tomada de CCCS Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2021). Comparativo de Sistemas de Certificación en Construcción Sostenible en Colombia. Comparativo, CCCS Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. Recuperado el 11 de 05 de 2021, de <https://www.cccs.org.co/wp/haga-parte-del-cccs/comparativo-sistemas-de-certificacion-en-construccion-sostenible-en-colombia/>

En este punto se manejan dos esquemas diferentes, llamado CASA 2.0 que maneja diseños para hogares nuevos de tipo no vis y la CASA VIS donde aplican prototipos de residencias de Interés Social (VIS).

4.4.3. Certificación BREEAM

Por sus siglas en inglés, Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology, es un sistema creado en Reino Unido conocido como el primer sello orientado a la investigación en construcciones verdes después de finalizar el Protocolo de Kioto. Es un instrumento que permite medir la sostenibilidad de obras en planos o ya

construidas teniendo como referencia los impactos de las edificaciones cercanas mediante la evaluación de diez (10) impactos los cuales son:

Figura 24.

Evaluación de impactos para la certificación BREEAM



Nota. Mediante los criterios se asigna una evaluación dentro de la certificación BREEAM.

Este mecanismo tiene en cuenta los procesos de diseño, elaboración y utilización de las construcciones, puntos clave para el sistema de ponderación que de acuerdo con la evaluación concede la certificación.

BREEAM también hace parte de un grupo de herramientas donde se evalúan los obras civiles y la reconstrucción de edificios en países tercermundistas donde las catástrofes naturales ocurren perjudicando en gran medida a la población, aún más donde el apoyo de los gobiernos no es suficiente para mejorar esta situación (BREEAM, s.f.).

En cuanto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas se intenta actuar en 15 de los 17 existentes, girando en torno a la protección del planeta tierra, erradicar la pobreza y garantizar la prosperidad para todos para el año 2030.

4.4.4. Certificación HQE

Es un sistema francés llamado Haute Qualité Environnementale, conocido en español como “Alta Calidad Medioambiental” enfocado en la ejecución de actividades de investigación para el desarrollo de los objetivos de rendimiento sostenible. Se tiene en

cuenta la evaluación del ciclo de vida de los materiales para construcción, además, los impactos que se generan con los proyectos (HQE, s.f.).

Los proyectos con sello HQE garantiza la sincronización de la naturaleza en obras sostenibles de alta calidad que llevan a cabo sus actividades alrededor de cuatro (4) pilares fundamentales con sus respectivos objetivos, mostrados a continuación:

Tabla 6.

Pilares y objetivos del certificado HQE

PILARES	OBJETIVOS
Eco-construcción	Relación de las construcciones con su entorno próximo
	Elección de los procesos y productos
	Construcción con baja contaminación
Eco-gestión	Administración de la energía
	Administración del recurso hídrico
	Administración de residuos
	Conservación y mantenimiento
Confort	Comodidad hidrotérmica
	Comodidad acústica
	Comodidad visual
	Comodidad olfativa
Salud	Calidad del aire
	Calidad del recurso hídrico

Nota. La tabla organiza los objetivos correspondientes a cada pilar de la certificación HQE. Información tomada de behqe.com.

4.4.5. Certificación EDGE

Es un software de IFC (International Finance Corporation) para el diseño de construcciones con sello verde en diferentes países. Como su nombre en inglés lo indica, Excellence in Design for Great Efficiencies, compara mediante la plataforma los valores ecológicos, los ahorros obtenidos al usar la edificación, la disminución de las emisiones de carbono y el uso eficiente de los recursos frente a otras construcciones básicas.

Sumado a lo anterior se busca reducir tres (3) cuestiones ambientales: energía, recurso hídrico y energía incorporada a los materiales, siendo aplicable a construcciones nuevas y ya existentes como se evidencia en el siguiente gráfico:

Figura 25.

Cuestiones ambientales a reducir y construcciones aplicables



Nota. La gráfica de la figura demuestra las cuestiones ambientales cuya reducción es necesaria.

EDGE permite una oportunidad de negocio para empresas, gobiernos, diseñadores, arquitectos, entidades financieras y clientes con proyectos de construcción sostenible a lo largo del territorio colombiano (EDGE, s.f.).






En dicho país, los proyectos constructores que deseen implementar la certificación EDGE se rigen por el Código Nacional de Construcción Sostenible para construcciones ecológicas mediante la Res. 0549 del 2015, otorgada por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

4.4.6. Comparativo Sistemas de Certificación en Construcción sostenible en Colombia

A continuación se mostrarán las herramientas de certificación sostenible en el Colombia:

Tabla 7.

Comparación entre Sistemas de Certificación en Construcción Colombia

SISTEMA	TIPO	ENFOQUE	CARACTERÍSTICAS	NIVELES
	Multi criterio	Indicador global de desempeño	- Internacional - Enfoque a materiales, energía y mitigación del cambio climático - Beneficios operacionales y de mantenimiento	* Platino * Oro *Plata *Certificado
	Multi criterio	Indicador global de desempeño	- Ajuste a normativa colombiana - Enfoque al ahorro de energía y manejo terrenal - Responsabilidad social - Indicadores de desempeño	* Excepcional * Sobresaliente * Sostenible
	Multi criterio	Indicador global de desempeño	- Regulación de créditos - Adaptación a normas locales - Auditoría poco flexible	* Sobresaliente * Excelente * Muy bueno * Bueno * Pasa * Sin clasificar
	Calidad integral	Indicador de calidad	- Flexibilidad - Individuo como centro del proceso - Contexto del proyecto y su entorno	* Excepcional * Excelente * Muy bueno * Bueno * Pasa
	Ahorro vs línea base	Enfoque energético	- No hay aproximación integral - La línea base no tiene estándar internacional. - Desempeño energético base	* Cumple * No cumple

Nota. En la tabla se expone la comparación entre los diferentes sistemas de certificación sostenible en construcción aplicables a Colombia y sus principales características. Tomado de CCCS Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2021). *Comparativo de Sistemas de Certificación en Construcción Sostenible en Colombia*. Comparativo, CCCS Consejo Colombiano de Construcción Sostenible.

Recuperado el 11 de 05 de 2021, de <https://www.cccs.org.co/wp/haga-parte-del-cccs/comparativo-sistemas-de-certificacion-en-construccion-sostenible-en-colombia/>

4.5 Construcción de una vivienda en bambú

4.5.1 Condiciones para la construcción con bambú

Para este apartado se debe tener en cuenta que Colombia hizo legítimo mediante normativa el uso del bambú-guadua para la construcción luego del terremoto que afectó el eje Cafetero y el norte del Valle en el año 2002, donde se debe estudiar para cada proyecto los siguientes puntos más importantes:

- El *diseño* de construcciones para casas con este material se limita a dos pisos sin permitir el uso de muros con mampostería o concreto para el nivel superior.
- La *limpieza del terreno* debe abarcar todo material vegetal y cumplir con el drenaje adecuado y necesario para asegurar la menor afectación por humedad.
- La cimentación de las obras debe desarrollarse según las características del suelo y las normas estructurales.
- Para la *protección contra la humedad* se debe hacer un adecuado recubrimiento impermeable de las superficies expuestas al vapor o a la intemperie y evitar el contacto directo con el suelo.
- En la *protección contra hongos e insectos* se debe garantizar el tratamiento con fumigantes durante el proceso de apilado con un contenido de humedad máximo del 20%.
- En cuanto al tema de *protección contra el fuego*, se deben tomar todas las medidas necesarias para hacer cumplir este campo, desde evitar elementos que aumenten peligrosamente su temperatura, instalar fuentes de calor próximas a paredes o elementos estructurales y depósitos de combustibles, no someter la guadua-bambú a temperaturas mayores a 65°C y limitar el uso de cualquier sustancia aceleradora del fuego.
- Para la *protección contra sismos* se debe cumplir con los requisitos del reglamento NRS-10 junto con los de carácter estructural.

- Toda construcción que sea ejecutada utilizando el bambú necesita revisiones, ajustes y reparaciones periódicas, es decir, *mantenimiento*.

4.5.2 Análisis de costos

Este capítulo de análisis de costos comienza con el proceso productivo donde se debe tener en cuenta para los proyectos los trabajos preliminares realizados al generar costos que hacen parte del precio final de la vivienda. En este punto se tiene la limpieza, el trazo y la nivelación el suelo, continuando con la selección y corte del bambú por especialistas.

En la cimentación del terreno se calcula una cantidad de zapatas aislantes (de acuerdo con la extensión de la obra), la adecuación de la contratrabe y finalmente un sobrecimiento en altura.

El siguiente paso requiere la excavación para el firme de relleno con concreto seguido de la elaboración del muro de piedra para continuar con la estructura de la planta baja (en caso de ser una vivienda de dos niveles) preparando los pernos y los espárragos para las conexiones, incluyendo las actividades desarrolladas en el taller de trabajo y posteriormente los trabajos en la obra. Así mismo, se debe hacer el mismo proceso para la segunda planta con la preparación de los pernos, espárragos, y las actividades complementarias.

Una vez terminada la estructura en bambú se debe cubrir para que no esté expuesta a factores ambientales que puedan corroer el material, por esto se debe hacer la colocación del triplay, la colchoneta y por último la lámina onduvilla.

Para el levantamiento de los muros se coloca un bastidor y se utilizan unas placas mezclando cemento con, arena, fibras de celulosa y aditivos sintéticos dando lugar al fibrocemento, siendo altamente resistente permitiendo también su utilización para desarrollar muros curvos.

El entrepiso se instala una vez terminada la colocación de la cubierta y el recubrimiento de los muros para evitar las afectaciones causadas por el clima, principalmente por la lluvia y el sol. Así entonces, si el terreno es irregular se sugiere la colocación de un

bastidor de madera, lo cual permite que el enchapado deje la superficie totalmente nivelada y por último se aplica el barniz para la protección del piso.

Las instalaciones se preparan en un orden siendo la primera la colocación del drenaje, continuando con las instalaciones eléctricas mediante las tuberías y los registros de salidas con sus respectivos contactos y cableado, seguido de las instalaciones hidrosanitarias dividida en dos partes, la instalación sanitaria mediante tuberías de P.V.C. y la hidráulica con tuboplus.

En relación con los acabados varia dependiendo de la apariencia que se le quiera dar a la construcción, pero es el punto donde más ahorro se puede obtener en cuanto al costo de los materiales que se van a utilizar, por ejemplo, a las placas se les puede dar una sola capa de pintura ya que cuenta con un textura propia de los materiales, los pisos sólo necesitan pulirse y la aplicación de un oxidante y de un sellador para piso de concreto.

Otro punto para tener en cuenta son los costos derivados de la mano de obra, los cuales van desde la capacitación del personal sobre la manipulación del bambú o guadua en trabajos de construcción ya que al ser un tema relativamente nuevo no existen muchas personas especializadas en esta labor.

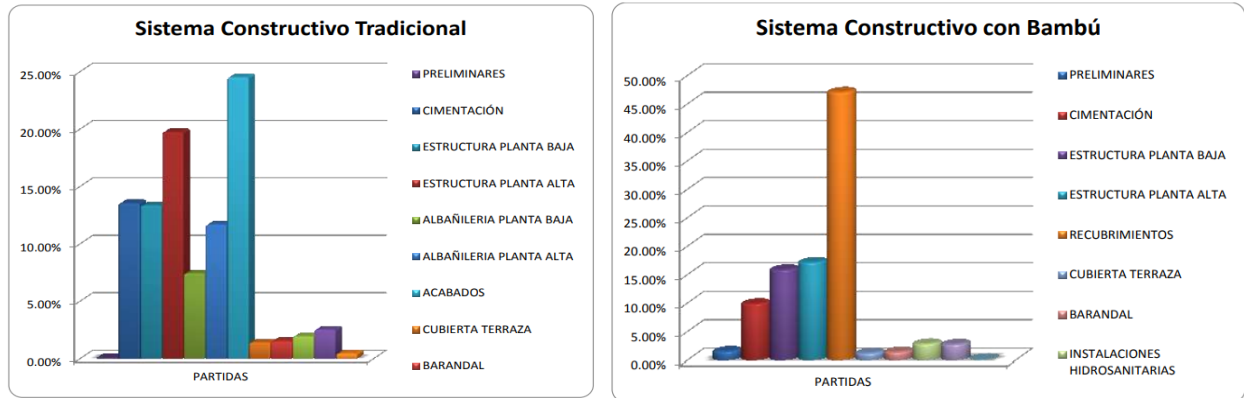
Y en último lugar se encuentra el presupuesto de la obra que a parte de ser una herramienta de control, nos permite comparar la ejecución presupuestal con el avance en físico del proyecto, dando paso a la corrección de posibles fallas y prevenir variables que aumenten los costos o cambien actividades durante la realización de la obra.

4.5.3 Comparativa del sistema constructivo tradicional con el sistema de construcción con bambú

A continuación se presentarán los costos de un proyecto desarrollado en México, cuyo nombre es “la construcción de una casa habitación de bambú y su análisis” para facilitar un mejor entendimiento en cuanto a costos entre ambos sistemas.

Figura 26.

Comparativo de porcentajes de los montos destinados a cada etapa



Nota. Las gráficas dan muestra de las diferencias entre los porcentajes monetarios destinados a cada rubro, en pesos mexicanos. Tomado de: Parra, D. M. (2016). La construcción de una casa de bambú y su análisis. Trabajo de grado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla. doi:<https://hdl.handle.net/20.500.12371/1827>

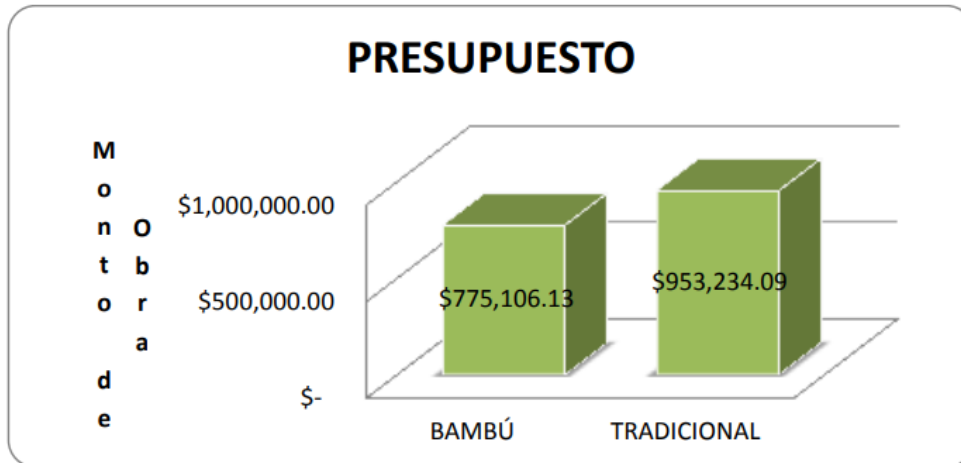
En la primera gráfica se puede apreciar que el rubro que abarca mayor porcentaje del capital inicial es el de los acabados, en la construcción convencional, mientras que en la construcción con bambú, el mayor porcentaje lo toma los recubrimientos. Cabe resaltar que dichos presupuestos están considerados en un proyecto en obra negra, y sólo una parte con acabados, es decir, no se tuvieron en cuenta conceptos estéticos o de adorno.

Según lo anterior, se logró obtener un valor aproximado del presupuesto total de la obra y se desarrolla la siguiente comparación:

- La construcción de la misma edificación, es más económica utilizando en su mayoría bambú que de la forma tradicional.
- Los montos totales para cada presupuesto dan como resultado un 18.70% de diferencia entre métodos.

Figura 27.

Presupuesto comparativo entre métodos



Nota. El anterior presupuesto es tomado de Castilla Parra, D. (2016). La construcción de una casa de bambú y su análisis. Trabajo de grado, BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA, Puebla. doi:<https://hdl.handle.net/20.500.12371/1827>

5. CONCLUSIONES

El bambú es un material con infinidad de usos y que a su vez permite una amplia gama de productos. En cuanto a la industria constructora es ampliamente utilizada gracias a la cantidad de especies con puntos fuertes específicos, su composición generalmente fibrosa que permite modificarla mediante cortes transversales, longitudinales y parciales. Así mismo, al tener la característica de poseer un interior hueco, es un material muy ligero, pero igualmente resistente que logra desarrollar estructuras livianas y de fácil transporte permitiendo la construcción de viviendas en zonas apartadas, donde la llegada de los materiales convencionales se dificulta, teniendo el plus de ser natural, lo cual crea un ciclo sostenible.

Los estudios de caso muestran que a pesar de existir proyectos desarrollados que pueden servir de base para muchos otros, el tema del bambú como material de construcción es muy nuevo y necesita desarrollarse con mayor fuerza y en otros ámbitos. En Colombia existe una brecha normativa sobre las zonas de conservación ambiental ya que como se logra evidenciar en la Figura 18. con el paso del tiempo se han intentado resguardar cada vez más territorios, pero es una realidad que no se ha logrado aún. Por lo cual se sugiere crear una normativa más sólida y fortalecida que ayude a la protección de la riqueza natural del país y a la par crear mayores incentivos por parte del gobierno nacional y de entidades públicas y privadas que inciten a los colombianos a participar de proyectos verdes sostenibles que mejoren la situación ambiental que está teniendo hoy en día el planeta.

Como se menciona en el documento, cada país esta desarrollando un repositorio de las especies endémicas de bambú junto con sus características y beneficios, sin embargo, es recomendable desarrollar una bitácora de construcción con bambú, abarcando sus funcionalidades, requerimientos, forma de uso, cuidados, ventajas y desventajas, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

- Anguano, M. O. (26 de 03 de 2017). Dan visto bueno a Colima para producción de bambú. *Diario de Colima* (21474), pág. 32. Recuperado el 21 de 07 de 2021, de <http://www1.ucol.mx/hemeroteca/pdfs/260317.pdf>
- ArchDaily. (2013). Centro de Desarrollo Infantil El Guadual. *ArchDaily*. Recuperado el 11 de 08 de 2021, de <https://www.archdaily.co/co/625198/centro-de-desarrollo-infantil-el-guadual-daniel-joseph-feldman-mowerman-ivan-dario-quinones-sanchez>
- Archdaily. (s.f.). Blooming Bamboo. *ArchDaily*, 3. Recuperado el 11 de 08 de 2021, de <https://www.archdaily.com/office/h-and-p-architects>
- Artaza, J. L. (02 de 10 de 2020). *Diseñar para la vida*, Artículo. Obtenido de <https://disenarparalavida.com/construccion-con-bambu-en-colombia/?consent=none&ref-original=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
- Bambú Gigante. (2021). *Bambú Gigante*. Recuperado el 28 de 04 de 2021, de Bambú Gigante: <https://www.bambugigante.com/>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2013). *Escuelas del siglo XXI en América Latina y el Caribe*. Cauca: Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado el 11 de 08 de 2021, de <https://escuelassigloxxi.iadb.org/escuela/colombia/centro-de-desarrollo-infantil-el-guadual>
- Betancourt, M., Gonzalez, M., Montalvo, J., Cuesta Mola, I., & Bravo Iglesias, J. (01 de 2017). Reforestación con bambú como alternativa ecológica para la producción sostenible de materiales de construcción y viviendas (Proyecto Bambú-Biomasa). *Agricultura Orgánica, Sector Forestal Cubano*, 2. Recuperado el 01 de 08 de 2021, de http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_ao_95-2010/Rev%202007-1/11-Reforestacion%20Bambu.pdf
- Bolívar, M. G. (2017). *ENERGÍA 100% RENOVABLE: UN COMPROMISO MUNDIAL*. Trabajo de grado, Fundación Universidad de América, Bogotá. doi:<http://hdl.handle.net/20.500.11839/7032>

- BREEAM, B. R. (s.f.). *What is BREEAM?* Recuperado el 21 de 05 de 2021, de <https://breeam.es/buscador-de-proyectos-breeam/>
- Business, Bamboo. (11 de 2018). *Hormilson Cruz Ríos CEO*. Recuperado el 19 de 04 de 2021, de <http://www.bambuguaduapremier.com/hormilson-cruz.html>
- Carvajal Jimenez, A., & Gutierrez, J. (2014). *¿La crisis de vivienda social en Colombia es explicada por las directrices que están implementando los distintos gobiernos?* Trabajo de grado, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Cundinamarca, Bogotá D.C. Recuperado el 4 de 08 de 2021, de <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/3429/Proyecto-de-Grado-Vivienda-Social-2-49.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castilla Parra, D. (2016). *La construcción de una casa de bambú y su análisis*. Trabajo de grado, BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA, Puebla. doi:<https://hdl.handle.net/20.500.12371/1827>
- CCCS Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2021). *Comparativo de Sistemas de Certificación en Construcción Sostenible en Colombia*. Comparativo, CCCS Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. Recuperado el 11 de 05 de 2021, de <https://www.cccs.org.co/wp/haga-parte-del-cccs/comparativo-sistemas-de-certificacion-en-construccion-sostenible-en-colombia/>
- CCCS, C. C. (s.f.). *Certificación CASA para el Diseño y Construcción de soluciones Habitacionales Sostenibles*. Recuperado el 17 de 05 de 2021, de <https://www.cccs.org.co/wp/download/referencial-casa-colombia/?wpdmdl=4766&refresh=60fe0d79998321627262329>
- CCCS, Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (s.f.). *Programa LEED en Colombia*. (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible) Recuperado el 21 de 05 de 2021, de <https://www.cccs.org.co/wp/capacitacion/talleres-de-preparacion-leed/>

- Codigo de color. (2021). *Código de colores para el reciclaje y Clasificación de Residuos orgánicos e inorgánicos*. Recuperado el 6 de 08 de 2021, de <https://codigodecolor.com/codigo-de-colores-para-el-reciclaje/>
- Cruz Rios, H. (s.f.). *Negocios Sustentables, Masivos y Empresariales Realizables con Bambues*. (B. Business, Ed.) Recuperado el 11 de 05 de 2021, de <https://worldbamboo.net/3cmb2016/Hormilson%20Cruz%20Rios%202.pdf>
- DANE. (04 de 2020). *Déficit habitacional, actualización 2020*. (D. A. Estadísticas, Ed.) Obtenido de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/deficit-habitacional>
- EDGE, E. i. (s.f.). *EDGE en Colombia*, Digital. Recuperado el 16 de 05 de 2021, de <https://edgebuildings.com/about/business-case/?lang=es>
- Escuela Nacional de Instructores. (2016). *Negocios verdes e inclusivos*. Presentación PDF, Bogotá. Recuperado el 12 de 05 de 2021, de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/2705/negocios_inclusivos.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Franco, J. T. (NA). Escuela M3: una propuesta modular, flexible y sustentable para las zonas rurales de Colombia. *ArchDaily*. Recuperado el 22 de 07 de 2021, de <https://www.archdaily.co/co/02-305346/escuela-m3-una-propuesta-modular-flexible-y-sustentable-para-las-zonas-rurales-de-colombia>
- Fundación Universidad de América. (2021). *Manual Estructuración del Trabajo de Grado*.
- Galarza, A. F. (Ed.). (07 de 2020). *Círculo de Investigación para el Desarrollo de la Cadena de Valor del Bambú para el Desarrollo Científico Tecnológico*(3), 56. Recuperado el 14 de 06 de 2020, de http://www.lamolina.edu.pe/FACULTAD/forestales/revistas/CIB/BAMBUCYT_TERCERA_EDICION.pdf
- Global Forest Watch. (s.f.). Software analítico forestal a tiempo real. Obtenido de <https://www.globalforestwatch.org/map/>

- HQE, H. Q. (s.f.). *Introduction to HQE Certification*. Recuperado el 15 de 05 de 2021, de <https://www.behqe.com/cerway/essentials>
- ICONTEC. (s.f.). *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Comités técnicos, Bambú-Guadua*. Recuperado el 11 de 06 de 2021, de https://tienda.icontec.org/comites/178-bambu-guadua.html?p=2&product_list_dir=asc&product_list_order=products_edition&products_norma_state=5755
- INBAR, Organización Internacional del Bambú y el Ratán. (2021). *Análisis de los Marcos Regulatorios y de las Políticas para el Desarrollo del Bambú - Guadua en Colombia*. FIDA. Recuperado el 17 de 06 de 2021, de <https://www.inbar.int/wp-content/uploads/2021/02/Analisis-de-los-Marcos-Regulatorios-y-de-las-Policas-para-el-Desarrollo-del-Bambu-Guadua-en-Colombia.pdf>
- Leon Arevalo, K. (2018). *Análisis de los diferentes sistemas de certificación en construcción sostenible a nivel mundial y sus perspectivas de aplicación y cumplimiento en Colombia*. Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C., Bogotá D.C. doi:<http://hdl.handle.net/10654/20417>
- Londoño, X. (07-09 de 2011). El bambú en Colombia. *Biotecnología vegetal, Instituto de Biotecnología de las Plantas*, 11(3). Recuperado el 11 de 04 de 2021, de <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/485/882>
- Maderame. (2021). *Madera de bambú: características y uso*. Recuperado el 4 de 05 de 2021, de <https://maderame.com/madera-bambu/>
- Maderero, D. D. (2017). Energía de biomasa con bambú. *Forestal Maderero*. Recuperado el 13 de 04 de 2021, de <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/energia-de-biomasa-con-bambu.html>
- Maderero, F. (16 de 10 de 2017). Sustitución de leña por bloque sólido de bambú. *Forestal Maderero*. Obtenido de <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/sustitucion-de-lena-por-bloque-solido-de-bambu.html>

- Murcia Liz, A., & Hincapié Murillo, P. (2021). *PROPUESTA DE DISEÑO DE PROCESO PARA LA FORMACIÓN DE UNA GEORED A PARTIR DE FIBRA NATURAL DE BAMBÚ (GUADUA ANGUSTIFOLIA) COMO REFUERZO DE UN GEOTEXTIL PARA LA EMPRESA PAVCO-WAVIN COLOMBIA*. Trabajo de grado, Fundación Universidad de América, Bogotá. doi:<https://hdl.handle.net/20.500.11839/8328>
- Noreña, J. L. (27 de 10 de 2017). Casa Ensamble Chacarrá: la arquitectura como un acto de legitimación del hábitat autoproducido en Latinoamérica . *Universidad de la Costa, Facultad de arquitectura*, 19(1), 12. doi: 10.17981/mod.arq.cuc.19.1.2017.07
- Parra, D. M. (2016). *La construcción de una casa de bambú y su análisis*. Trabajo de grado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla. doi:<https://hdl.handle.net/20.500.12371/1827>
- PROFOR. (2017). *Plantaciones forestales con fines comerciales en Colombia: Oportunidades y Desafíos*. Bogotá, Colombia: Banco Mundial. Recuperado el 28 de 05 de 2021, de https://www.unique-landuse.de/images/publications/vereinheitlicht/2017%20PROFOR_Plantaciones%20comerciales%20en%20Colombia_Sintesis_Calidad.pdf
- Ríos, H. C. (s.f.). *Bambú - Guadua: Guadua Angustifolia Kunth, Bosques Naturales en Colombia y Plantaciones Comerciales en México*. Recuperado el 21 de 04 de 2021
- Riveros, X. F. (2016). *Potencial Energético de la Biomasa Residual Agrícola en Colombia*. Trabajo de grado, Fundación Universidad de América. doi:<http://hdl.handle.net/20.500.11839/637>
- Rodriguez, J. G. (2013). *Generación de banco de propagación de Bambú - Guadua en zonas áridas de la costa peruana regado con distintos tipos de agua*. Trabajo de fin de Máster, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona. Recuperado el 21 de 07 de 2021, de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19286/TFM_JuanGabrielRuiiz.pdf

- SENA, Servicio Nacional de Aprendizaje. (11 de 2006). *La Guadua, Caracterización ocupacional*. doi:<https://hdl.handle.net/11404/2098>
- SENA, Servicio Nacional de Aprendizaje. (02 de 2017). Estructuración de un Modelo de Negocio Verde e Inclusivo en Colombia. *Material de formación: Introducción a los Negocios Verdes*. (L. D. González, Ed.) Territorio Colombiano. Obtenido de https://sena.territorio.la/content_mooc.php?idMateria=973478&social=12083448
- Simacón ICF. (2021). *Construyendo futuro sustentable*. Recuperado el 29 de 05 de 2021, de <https://www.simacon.com.ar/icf.htm>
- Teixeira, T., Alvares Soares Ribeiro, C., dos Santos, A., Marcatti, G., Lorenzon, A., Martins de Castro, N., . . . da Silva Vieira, R. (2018). Forest biomass power plant installation scenarios. *Science Direct ELSEVIER*, 108, 35-47. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.10.006>
- Vargas, P. A. (2018). *CONTRIBUCION DE LAS ENERGIAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES AL SISTEMA DE GESTION INTEGRAL DE ENERGIA EN COLOMBIA* . Trabajo de grado, Fundación Universidad de América, Bogotá. doi:<http://hdl.handle.net/20.500.11839/7129>