

u s o   d e l  
**b a m b ú**  
e n   l a  
a r q u i t e c t u r a  
c o n t e m p o r á n e a



u s o d e l  
**bambú**  
e n l a  
a r q u i t e c t u r a  
c o n t e m p o r á n e a

T I F I G  
paula soler soler



# USO DEL BAMBÚ EN LA ARQUITECTURA CONTEMPORÁNEA

Autor:

**Paula Soler Soler**

Realizado bajo la tutela de los profesores:

**José María Vercher Sanchis**

[ Departamento de Cosntrucción Arquitectónica ]

**María Juana Soriano Cubells**

[ Departamento de Cosntrucción Arquitectónica ]

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

**Trabajo final de Grado**

Curso 2016/2017

**Universidad Politécnica de Valencia**, Septiembre 2017



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR DE  
ARQUITECTURA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR DE  
ARQUITECTURA



## RESUMEN

El bambú, un material de tradición secular, regresa como respuesta innovadora a los problemas del proyecto contemporáneo. Actualmente, la exigencia de proyectar de acuerdo con principios de sostenibilidad ambiental, económica y social nos lleva al desarrollo de nuevas tecnologías y al redescubrimiento de materiales tradicionales. Hablamos así, de proyectos conscientes que hacen frente a la sostenibilidad a través del ahorro energético y a la utilización de este material natural.

Pese a que es visto con desconfianza en los países desarrollados, el bambú se convierte en un elemento primordial en la solución concreta de problemas de gran actualidad que abarcan campos fuera de la arquitectura. Esto se debe a su alta competitividad frente a los materiales tradicionales: prestaciones, ligereza, alta resistencia, absorción CO<sub>2</sub>, etc.

De esta manera, el presente trabajo tiene como objetivo exponer y dar a conocer los actuales usos y las posibilidades del bambú como material de construcción en la arquitectura contemporánea.

**PALABRAS CLAVE:** Bambú, Sostenibilidad, Construcción, Usos del bambú, Material Natural, Arquitectura Contemporánea

## RESUM

El bambú, un material de tradició secular, torna com a resposta innovadora als problemes del projecte contemporani. Actualment, l'exigència de projectar d'acord amb principis de sostenibilitat ambiental, econòmica i social ens porta al desenvolupament de noves tecnologies i al redescobriment de materials tradicionals. Parlem així, de projectes conscients que fan front a la sostenibilitat a través de l'estalvi energètic i a la utilització d'aquest material natural.

A pesar de que és vist amb desconfiança als països desenvolupats, el bambú es convertix en un element primordial en la solució concreta de problemes de gran actualitat que comprenen camps fora de l'arquitectura. Açò es deu a la seua alta competitivitat enfront dels materials tradicionals: prestacions, lleugeresa, alta resistència, absorció CO<sub>2</sub>, etc.

D'aquesta forma, el present treball té com a objectiu exposar i donar a conèixer els actuals usos i les possibilitats del bambú com a material de construcció en l'arquitectura contemporània.

**PARAULES CLAU:** Bambú, Sostenibilitat, Construcció, Usos del bambú, Material Natural, Arquitectura Contemporània

## ABSTRACT

Bamboo, a material of ancient tradition, comes back as an innovative response to solve contemporary building project issues. Nowadays, the requirement to project based on environmental sustainability, economical and social principles has taken us to the development of new technologies and to the rediscovery of traditional materials. Therefore, we are speaking of new aware projects that face sustainability through energy saving and the use of this new material.

Even though this is not a trustful material among developed countries, bamboo has become an essential element on the solutions of issues that are on the spotlight that embrace problems out of the architectural field. This is due to its high competitiveness regarding traditional materials: benefits, lightness, high resistance, CO<sub>2</sub> absorption, etc..

On this way, this work is mainly focused on explain and to announce the current use and possibilities of bamboo as a construction material on the contemporary architecture.

**KEY WORDS:** Bamboo, Sustainability, Construction, Uses of bamboo, Natural material, Contemporary architecture.





*“Hoy la guerra fría está liquidada, sin embargo conflictos étnicos y regionales abundan en el mundo, creando una cantidad de refugiados sin precedentes; gente sin techo en su propio país. Además, los desastres naturales que destrozan los hogares y las vidas de la gente que los sufre parecen estar incrementando. La manera en que los arquitectos sirvan a la sociedad, particularmente a las minorías, puede convertirse en un factor importante a la hora de definir el carácter de esta era...”*

**Shigeru Ban**

*Princeton Architectural Press, USA 2001, pág. 9.*



# Índice

1. INTRODUCCIÓN
  - Origen del TFG
  - Metodología
2. OBJETIVOS
3. BAMBÚ
  - 3.1. Historia
  - 3.2. Caracteres generales
    - Planta
    - Crecimiento, Corte y Almacenamiento
    - Durabilidad
  - 3.3. Propiedades físico-mecánicas
  - 3.4. Ventajas - Inconvenientes
  - 3.5. Sostenibilidad
  - 3.6. Bambú en Europa
4. APLICACIONES
  - 4.1. Estructura
  - 4.2. Cerramiento
  - 4.3. Arquitectura efímera
  - 4.4. Revestimiento interior
5. CONCLUSIONES
6. REFERENCIAS



1.

---

**introducción**



## 1.1. Origen del TFG

El constante cambio que estamos experimentando en el presente siglo, en el que los avances tecnológicos son casi diarios, donde los efectos del cambio climático nos afectan cada día más, donde las catástrofes hacen que grandes afluencias de personas se trasladen de un lugar a otro, está llevando al planeta a un límite que ya no puede soportar.

El grado de consumo de recursos actual es muy elevado. Es de dominio público que la construcción es uno de los sectores con mayor consumo en cualquier sociedad.

Según la guía de Construcción Sostenible, en la Unión Europea, la construcción de edificios consume el 40% de los materiales, genera el 40% de los residuos y consume el 40% de la energía primaria. Además el sector de la vivienda y de los servicios, absorbe más del 40% del consumo final de energía en la Comunidad Económica Europea.

Al ritmo del consumo actual, las reservas de combustibles fósiles son limitadas: entre 35 y 45 años para el petróleo, entre 60 y 70 años para el gas natural y entre 200 y 230 años para el carbón.

Todo ello nos hace pensar que los arquitectos tenemos mucho que aportar a la hora de abarcar un nuevo proyecto. Debemos aplicar soluciones que permitan un **desarrollo sostenible**, es decir, satisfacer las necesidades de la actual generación sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades.

Planteamiento urbanístico sostenible

Arquitectura    Const. Ecológica - Arq bioclimática - Diseño pasivo

Materiales de Construcción - Eficientes y Sostenibles

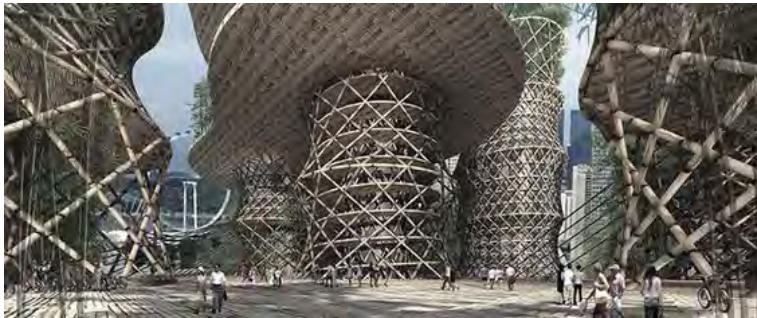


Interior de la cúpula: "Light of Shodoshima"  
Artista: Wen-Chih Wang Fotografía: Kimito Takahashi

El desarrollo sostenible se basa en:

- La reducción de las cantidades de materia y energía utilizadas en la extracción de recursos naturales, su explotación y la destrucción o el reciclaje de los residuos.
- La reducción de las cantidades de materia y energía utilizadas en la extracción de recursos naturales, su explotación y la destrucción o el reciclaje de los residuos.
- Minimizar el consumo de recursos naturales, en especial los recursos no renovables y los de renovación lenta.
- Minimizar la producción de residuos mediante la reutilización y el reciclaje siempre que sea posible.
- Minimizar la contaminación atmosférica, del suelo y del agua.
- Incrementar la proporción de espacios naturales y de biodiversidad en las ciudades.

Es en este punto donde reaparece el **BAMBÚ**, dando respuesta a las nuevas necesidades de la sociedad.



Torre de Bambú, un proyecto de ciudad sostenible

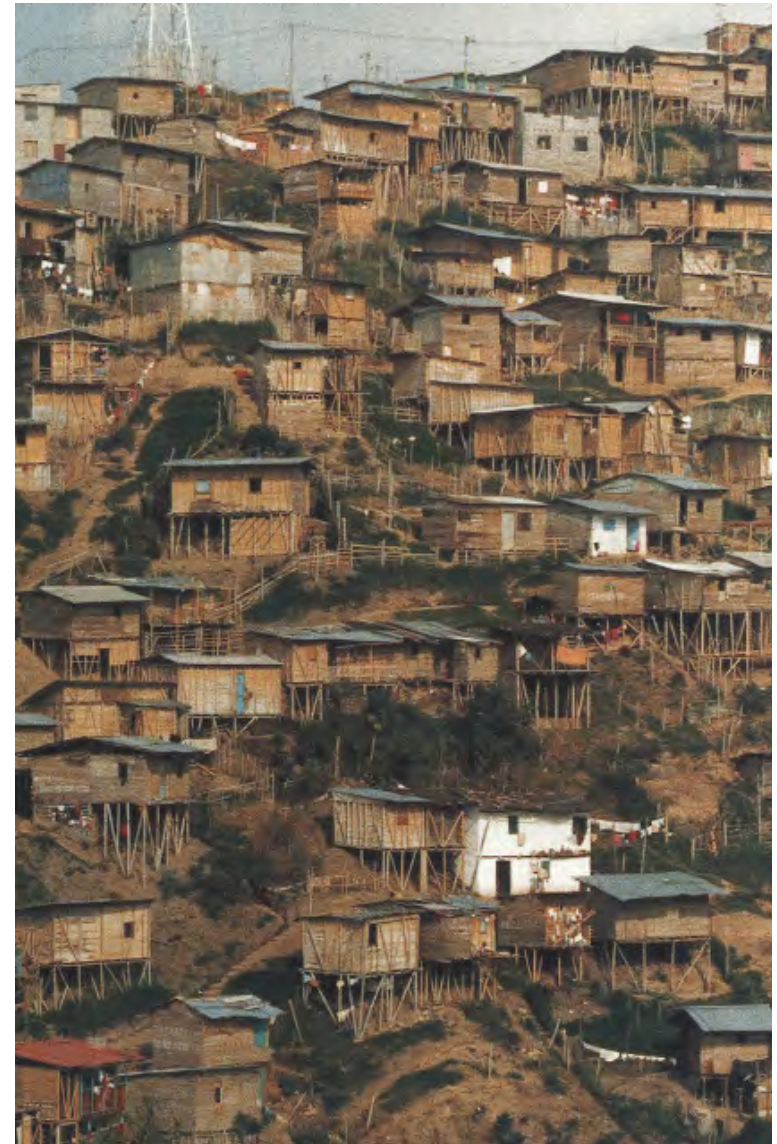


## 1.2. Metodología

El presente trabajo se ha desarrollado realizando un análisis completo del bambú como recurso natural, desde su crecimiento a los diferentes tratamientos para aumentar su durabilidad, para conocer todo en relación a su uso en la construcción.

Finalmente, para realizar unas conclusiones más completas y concisas acerca del uso del bambú en la arquitectura contemporánea, se expondrán las principales aplicaciones del bambú y se compararán con los principales materiales usados en la construcción contemporánea. Además se analizará un gran número de obras realizadas con bambú y se clasificarán en función de su uso dentro de una edificación.

La información se ha obtenido principalmente de la Biblioteca Central de la Universidad Politécnica de Valencia y del Centro de Investigación Arquitectónica ubicado en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia y el soporte digital de la Biblioteca de Universidad Politécnica de Valencia (Riunet).



Chavolas construidas con bambú  
Fuente: paradisebackyard.



2.

---

**objetivos**



Mediante el desarrollo de este trabajo se pretende:

- Presentar las **características, propiedades y las ventajas** que presenta el bambú como material de construcción en la actualidad.
- Exponer la **viabilidad y sostenibilidad** del uso del bambú en la arquitectura Europea y su introducción en la normativa.
- Dar a conocer las **principales aplicaciones** del bambú en la arquitectura contemporánea y dar una pequeña comparativa entre las propiedades del bambú frente a los materiales de construcción más habituales en la arquitectura Europea empleados para la misma aplicación.
- Presentar una serie de **proyectos** emblemáticos de arquitectura contemporánea realizados con bambú en función de su uso.



La Gran Casa de Bambú  
Kengo Kuma 2002



3.

---

**bambú**





### 3.1. Historia

La historia del bambú se remonta a la Era Cretácica. Desde tiempos prehistóricos esta planta ha participado en la vida diaria del ser humano. Crece en numerosas partes del mundo y ha sido de gran importancia para el desarrollo de muchas sociedades. Siendo uno de los materiales más usados, ya que debido a sus propiedades puede ser usado para una gran diversidad de campos como la construcción, la medicina, la música, la artesanía o la agricultura.

Así es como puede presentarse el bambú, cuya presencia y función han sido fundamentales para millones de hombres en diferentes puntos del mundo. **Asia** es considerada, como el lugar de culto al bambú. En **América Central y América del Sur**, el bambú no ha sido objeto de la misma “veneración”, pero donde su aspecto utilitario ha sabido valorarse desde la época de los incas.

En los países asiáticos, el bambú forma parte de la tradición, cultura y simbolismo. Es más, fue el bambú lo que permitió transmitir esta cultura, al ser a la vez la herramienta (pincel) y el soporte (tablilla) de la escritura. En China el bambú simboliza la humildad y la modestia, así como la perpetua juventud, probablemente debido a su follaje siempre verde y a su longevidad casi infinita. El bambú puede inspirar una forma de conducta: “Haz que tu vida sea pura y recta como una caña de bambú” (R.Tagore). También sirve para describir el carácter. En Japón, tener “el espíritu del bambú” es saber adaptarse a las situaciones, no permanecer rígido, sino ser flexible como lo requieran los acontecimientos, saber agachar la cabeza a veces para salir erguidos y victoriosos de las situaciones difíciles.

El Bambú también se utilizaba en las ceremonias religiosas, sobre todo en las cremaciones de Indonesia. Ciertas especies son especialmente buscadas para este uso. En China, antiguamente se hacían estallar bambúes en el fuego (Yves Crouzet, 1998). Se creía que el ruido provocado por la explosión de los estruendos expulsaba a los malos espíritus y permitía a los dioses atender los deseos y los ruegos.



Conjunto de cañas de bambú apiladas  
Fotografía: Naiguata

De hecho, es de este ruido del que se dice que procede la **palabra malaya** bambú. El chasquido seco de las paredes al explotar por efecto de la presión del aire contenido entre los nudos hace ¡bam!, y el aire al escaparse hace buuu...

竹

Uno de los primeros símbolos chinos, CHU  
Simboliza el bambú constituido por dos tallos con ramas y hojas

La palabra "bambú" llegó a Europa en el **Siglo XVI** como el vocablo portugués bambu. Generalmente se considera que proviene de la palabra malaya que originaba el ruido de la explosión de la planta, a pesar de que no está claro si este término es nativo de Malasia o fue adoptado.

En el año 1753, **Carl von Linné**, padre de la taxonomía y la ecología moderna, incluyó el bambú en su famosa identificación de especies *Species Plantarum*, categorizándola como una gramínea gigante dentro de la familia de las Poaceae.

Durante los últimos años, debido al cambio climático y a los problemas de la **era contemporánea**, se está dirigiendo la atención a los materiales de construcción tradicionales. Así el bambú se ha presentado como alternativa viable a los materiales modernos más habituales.



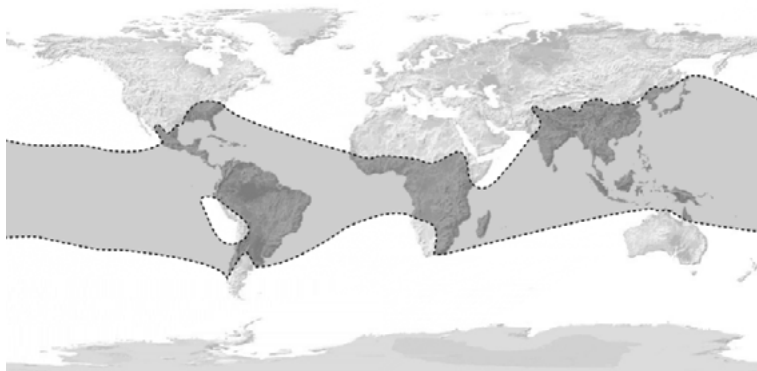
Andamios de bambú en la construcción de edificios de gran altura  
Fuente: [paradisebackyard.blogspot.com](http://paradisebackyard.blogspot.com)

## 3.2. Caracteres generales

### 3.2.1. Planta

El bambú es una especie de planta perenne de tallos leñosos robusto que pertenece a la familia de las **gramíneas** o Poaceae, una de las familias botánicas más extensas e importantes para el hombre, pues incluye el maíz, la caña de azúcar o el arroz. Más concretamente, pertenece a la subfamilia Bambusoideae, y esta planta es llamada bambú de forma vulgar cuando el culmo es leñoso (una caña).

La **familia Bambusoideae** contiene 91 géneros y más de 1.000 especies. Crece en todos los continentes excepto en la Antártida. Encontramos bambú principalmente en los trópicos, y el 64% de las especies son nativas del sureste de Asia, pero su distribución abarca India, Himalaya, Pacífico Sur y Norte de Australia. También se encuentra en América, desde EEUU a Argentina, Chile, Colombia o Ecuador. En Europa, donde actualmente no hay especies endémicas, se han encontrado fósiles de más de 2.000 años.



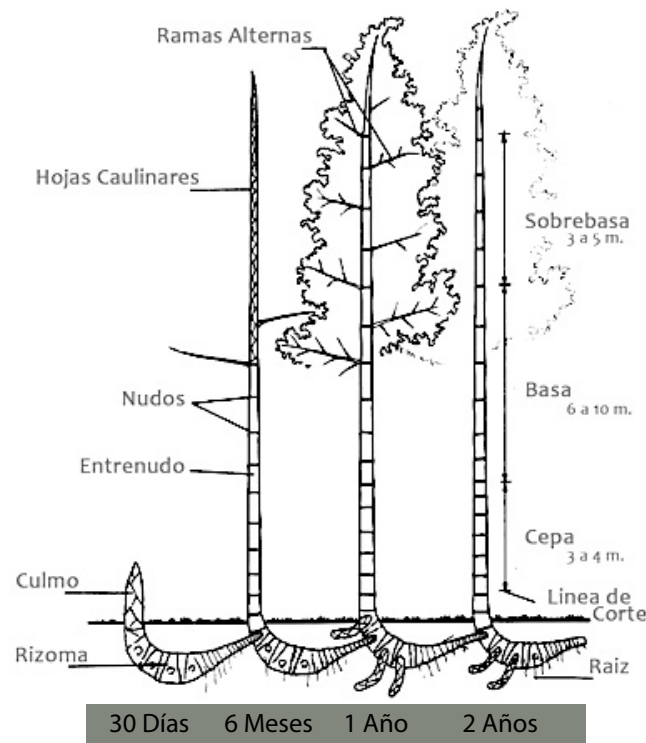
Mapa de distribución de las plantas Bambusoideae.  
Fuente: Bambú. Arquitectura y Diseño.

Como podemos deducir por su amplia distribución, puede resistir a una amplia variación de temperaturas, en **áreas húmedas** desde 28°C hasta 50°C. Y podemos encontrar bambú desde el nivel del mar hasta altitudes de 4.000 metros. En general, el bambú florece en suelos drenados, arcillosos y arenosos. Crece tanto en los bosques tropicales lluviosos, como, en el caso de los bambúes herbáceos, en la sombra de los bosques cálidos; también a lo largo de corrientes o en áreas descubiertas, algunas veces en la sombra de la vegetación baja. Usualmente dependen de la humedad, la sombra y una temperatura cálida.

El bambú rebrota tantas veces como lo cortemos. Esto nos garantiza continuidad en la producción y junto con su rápido crecimiento es una gran ventaja a la hora de llevar a cabo su explotación y aprovechamiento.

### - Estructura interna

El bambú posee una estructura de ejes vegetativos segmentados por nudos o nudos, que crecen verticales. Su estructura celular es lignificada, es decir, los depósitos de lignina de las paredes celulares hacen que el material se haga progresivamente más leñoso, como ocurre con la madera. A diferencia de los árboles, su tallo (denominado caña o culmo) es hueco y está dividido por tabiques. Además, la superficie del bambú es muy dura, mientras que el interior es blando. Los elementos de la estructura principal de las plantas del bambú son el rizoma, el tronco o culmo y las ramas u hojas.



Partes y crecimiento de una planta de bambú Guadua.

Fuente: Bambusa.es

El **rizoma** es el tronco principal y la primera parte que se desarrolla cuando se cultiva. Puede llegar a alcanzar un gran tamaño y crece bajo tierra pero superficialmente. Su forma es similar al culmo pero con brotes en cada nodo del que brotarán nuevos rizomas. El rizoma cumple dos funciones principales, según las cuales existen dos tipos de raíces:

- Raíz de anclaje: se encuentran alrededor de la base de los culmos
- Raíz asimiladoras: se encuentran en la periferia y penetran en el subsuelo en búsqueda de aguas minerales y nutrientes.

Los rizomas, además son órganos que cumplen la importante función de reserva, en los que la planta acumula agua y nutrientes. Ya que los nuevos brotes se alimentarán de estas provisiones sin necesidad de nutrientes exteriores. Esto hace que el bambú pueda adaptarse en diferentes ecosistemas y además evita la erosión del suelo.

El **culmo** es el tallo principal, un tronco fibroso que crece directamente del rizoma y queda expuesto al aire. Es fino y está separado con membranas en cada nodo. Son fuertes por el exterior y blandos y flexibles en el interior. Los culmos los forman los nudos, segmentos y diafragmas. El culmo nace del suelo con el máximo diámetro que llegará a alcanzar a lo largo de su vida, el cual disminuye con la altura pero no crece con los años, por lo que la planta tiene una ligera forma cónica.

Los **nudos** o nudos son los puntos de inserción de las hojas y sirven para evitar que el tronco se rompa o se doble. Una característica del bambú es que tienen todos los nudos y los segmentos comprimidos en el corazón (brote) y solo los entrenudos se extienden cuando la planta crece, empezando por los segmentos de la parte inferior. Los brotes en cada nodo pueden convertirse en ramas, teniendo estas la misma estructura que el culmo.

Cuando el bambú alcanza su altura completa, comienza el **proceso de lignificación** por el cual la planta de bambú se hace cada vez más leñosa. Esto tarda aproximadamente entre 4 y 6 años; y a partir de ese periodo, los fibras conductoras se cierran y se secan, consiguiendo una consistencia similar a la de la madera. Es entonces cuando el

tronco puede ser usado para la construcción, y serán más aptos para esto los culmos de mayor altura, debido a su mayor grosor. Durante el proceso de lignificación su color oscurece y se va tornando de verde a amarillo y marrón o incluso negro. Las células del bambú ya maduro contienen un 50% de celulosa y hasta un 30% de lignina.

Las **flores** de bambú se agrupan en espiga, como la mayoría de las gramíneas. Las hojas de los culmos se tornan amarillas y caen durante la floración. Este proceso es peculiar, este puede variar entre los 3 a los 100 años, para especies de mayor tamaño. La floración de las especies se da al mismo tiempo en todo el continente o incluso en todo el mundo, generalmente una vez en su vida y normalmente en los últimos meses del año. Este proceso se conoce como florecimiento masivo o gregario, puede durar años y tras soltar las semillas para la futura cosecha, el bambú muere. Esto puede originar grandes desastres en los ecosistemas y las economías.

La apariencia y el comportamiento de cada una de las partes del bambú mencionadas anteriormente variará según al grupo al que pertenezca cada especie. Podemos hacer una clasificación en 3 grupos (Eduard Broto, 2014) principales:

- **Monopodial o invasivo** (500 especies aproximadamente): son delgados y se extienden bajo tierra cubriendo grandes extensiones. Los brotes crecen individualmente y verticales a partir de los rizomas laterales subterráneos. Son difíciles de controlar y pueden crecer en proporciones de bosque. Normalmente se encuentra en climas fríos como China o Japón.
- **Simpodiales o grupales** (750 especies aproximadamente) Crecen en grupos de rizomas compactos. Tiene raíces cortas y gruesas. Se encuentran en zonas tropicales y aproximadamente la mitad de este tipo de bambú se encuentra en Tailandia.
- **Trapadores:** tienen culmos zigzagueantes y crecen de manera muy irregular.

## - Especies

A excepción de Europa y la Antártida, existen especies nativas de bambú en todos los continentes del mundo. Podemos encontrarlo en su forma salvaje, desde 50° norte a 47° sur, prosperando especies tropicales y subtropicales.

Existen aproximadamente **1.200 especies**, de las cuales podemos encontrar 750 en Asia y 450 en América (Hidalgo 2002). Se estima que aproximadamente hay 37 millones de hectáreas cubiertas de bosque de bambú: 6 millones China, 9 millones India, 10 millones en 10 países de Latino América y la mayoría en el Sur-Este de Asia (Lovovikov 2007).

En la página siguiente encontramos una tabla con las familias de bambú más comunes, indicando su origen, su altura, diámetro y las principales especies.



Especies de bambú: *Phyllostachys aurea*, *Tetragonoclamus angulatus*, *Phyllostachys nigra punctuata*, *Phyllostachys bamb. violascens*, *Phyllostachys nigra* f. 'Boryana', *Phyllostachys viridis* 'Sulphurea', *Phyllostachys bambusoides*.

Fotografía: Wetterwald M.F.)

GÉNERO	ORIGEN	ALTURA	DIÁMETRO	DETALLES	PRINCIPALES ESPECIES
<b>BAMBUSA</b>	China, India, Birmania y Taiwán	6-30 m	3-18 cm	Es la especie más común en esas zonas de Asia.	<i>Bambusa balcoa</i> , <i>Bambusa disimulador</i> , <i>Bambusa Edilis</i> , <i>Bambusa polymorpha</i> , <i>Bambusa stenostachya</i> , <i>Bambusa vulgaris</i> , <i>Bambusa bambos</i> , <i>Bambusa nepalensis</i> , <i>Bambusa oldhami</i> Munro "Bambú verde", <i>Bambusa vulgaris</i> Schrader ex Wendland,
<b>CHUSQUEA</b>	Chile y Argentina	4-6 m	2-4 cm	Crece en las zonas más al sur del planeta. Son muy rígidos y de cuerpo sólido.	<i>Chusquea culeou</i> , <i>Chusquea culeou</i> Desvaux (culeú en Chile), <i>Chusquea quila</i> Kunth (quila en Chila)
<b>DENDROCALAMUS</b>	India, Birmania, Sri Lanka y Taiwán	20-35 m	20-35 cm	Es un grupo con muchas variedades. Alcanzan un gran tamaño y son muy importantes para la construcción.	<i>Dendrocalamus balcoa</i> , <i>Dendrocalamus giganteus</i> "bambú gigante", <b><i>Dendrocalamus asper</i></b> (bucket bambú en Brasil), <i>Dendrocalamus latiflorus</i> .
<b>GIGANTOCHLA</b>	Malasia, Indonesia y Filipinas	13-16 m	8-15 cm		<i>Gigantochla apus</i> , <i>Gigantochla atroviolacea</i> "bambú negro", <i>Gigantochla levis</i> .
<b>GUADUA</b>	Colombia, Ecuador, México, Bolivia y Panamá	10-30 m	3-12 cm	La <i>Guadua</i> es un tipo de especie endémica del Sur de América. Su nombre fue dado por Karl Sigismund Kunth en 1822, quien tomó la palabra "guadua" usada por los indígenas de Ecuador y Colombia. El bosque de <i>guadua</i> es llamado "guadales".	<b><i>Guadua angustifolia</i> Kunth</b> , <i>Guadua aculeata</i> , <i>Guadua chacoensis</i> "tacuaruzú", <i>Guadua paniculata</i> Munro "pretty", <i>Guadua superba</i> Huber "Tacuarembó"
<b>PHYLLOSTACHYS</b>	China y Japón	5-22 m	2-17 cm	El bambú de este grupo crece en zonas templadas y tiene la característica de formar nudos en zigzag y otras formas irregulares. Es original de China, sin embargo muchas especies son cultivadas en Japón, América y Europa.	<i>Phyllostachy aurea</i> , <i>Phyllostachy bambusoides</i> , <i>Phyllostachy nigra</i> , var. <i>Henonis</i> , <i>Phyllostachy pubescens</i> (moso, Mao Zhu), <i>Phyllostachys vivax</i>

Como podemos apreciar predominan claramente dos zonas en el mundo en lo que a uso de bambú estructural se refiere. Por un lado, tenemos los países del Sur-Este Asiático, y por otro, la zona de América del Sur. En la zona Asiática, el principal género del bambú utilizado con fin estructural es el *Dendrocalamus*, dentro del cual, la principal especie es ***Dendrocalamus giganteus***. Se trata de una de las especies más grande que existe. Al otro lado del Pacífico, en el continente americano, el genero predominante es la *Guadua*, concretamente la especie ***Guadua angustifolia***. Esta planta puede alcanzar el 80% de su tamaño final a los 3 meses, característica que la hace muy idónea para explotaciones forestales.

### 3.2.2. Crecimiento, Corte y Almacenamiento

El bambú contiene una gran cantidad de almidón, el cual atrae a los insectos, especialmente cuando el nivel de savia es alto. Además el bambú es un material higroscópico, por lo que le afecta la presencia de humedad y esta a su vez puede causar la aparición de hongos y líquenes. Por todo esto, para garantizar la durabilidad del bambú en la construcción, es importante tener en cuenta buenos procedimientos para la cosecha, el corte, el secado, el almacenamiento y el tratamiento de cada elemento.

#### - Crecimiento

El crecimiento del bambú tiene varias fases, la primera es lenta, pero después crece a gran velocidad, más que ninguna otra planta. Según investigaciones realizadas en Japón, el crecimiento diario está relacionado positivamente con la temperatura y negativamente con la humedad. La tasa de crecimiento varía mucho según la especie y el récord obtenido en 24 horas es 1,21 metros.

Durante la etapa de crecimiento, el contenido de humedad varía. Cuando el tallo es joven la humedad puede alcanzar el 80%, sin embargo, pasados entre 4 y 6 años, cuando el tallo es duro, la humedad es inferior al 20%.

El bambú que crece en terrenos inclinados con poca agua, será más fuerte, por lo tanto más apropiado para la construcción. Además será más resistente a compresión debido a que su tejido es más denso y contiene más fibra.



Bosque de Bambú de Arashiyama en Japón  
Fotografía: Ana Pérez



Trabajadores limpiando las cañas de bambú  
Fuente: [paradisebackyard.blogspot.com](http://paradisebackyard.blogspot.com)

### - Cosecha

La cosecha del bambú se puede llevar a cabo una vez el culmo alcance su madurez, esto puede variar de 2 a 7 años según la especie. Es aconsejable separar los culmos maduros de la mata donde crecen para que se puedan desarrollar nuevos culmos.

La cosecha se debe de llevar a cabo cuando los niveles de azúcar de la savia dentro del culmo sean más bajos para evitar las plagas de insectos. Por lo que la mejor época es durante los meses previos a las épocas de lluvia, en épocas secas o en épocas cuando los insectos estén menos activos como en otoño e invierno.

El corte se realiza mediante sierras o machetes, por encima del primer nodo. El corte debe realizarse inclinado para evitar que el agua de lluvia penetre en el rizoma. Se debe proceder, además, a la eliminación de los restos de azúcar de la savia por drenaje.

Tras el abatimiento de los culmos, las ramas tienen que quitarse con cuidado para no dañar la "corteza" que protege contra la humedad y los microorganismos nocivos. Los culmos tienen que ser colocadas horizontalmente y con apoyos frecuentes, de modo que no se encorven.

### - Almacenamiento

Las cañas o culmos se deben almacenar de tal manera que se garantice que un secado uniforme y evite que la cáscara exterior se agriete. Además, como este material es higroscópico y poroso se ve muy afectado por la presencia de agua en cualquiera de sus formas. Por lo que si este se humedece, se hincha provocando una disminución de sus propiedades mecánicas. Es conveniente que se almacenen en un lugar cubierto, seco y ventilado. La forma ideal de almacenarlas es dentro estantes, donde la primera capa no tiene que estar a menos de 50 cm. del terreno. Eso garantiza una buena circulación del aire y la posibilidad de inspeccionar cada una. Las cañas afectadas por hongos o insectos se tienen que eliminar o tratar inmediatamente.



Bambú almacenado y preparado para ser procesado  
Fuente: greenplanetachitects



### 3.2.3. Durabilidad

La durabilidad del bambú es uno de los factores a tener en cuenta en su uso como material constructivo. Como ya hemos visto, el bambú, como material lignocelulósico que es, es vulnerable a la humedad, a los animales, a los escarabajos, a las termitas y a los hongos. Es por eso que es necesario aplicar tratamientos adicionales para protegerlos contra las plagas.

La durabilidad natural del bambú es muy baja y depende de la especie, época y edad de corte y el uso final que se le vaya a dar. También varía a lo largo del culmo y del espesor de la pared. La parte inferior del culmo es más durable, y la parte interna de la pared se deteriora con más rapidez.

La vida útil del bambú natural es de 1 a 3 años usado en la construcción y en contacto con el suelo. De 4 a 7 años si es utilizada en interiores. Gracias a los tratamientos de preservación que se aplican en las cañas, se puede alargar de entre 10 a 20 años.

Dentro de tratamientos del bambú podemos distinguir dos categorías: métodos tradicionales de protección y métodos de preservación con tratamientos químicos. Este segundo a su vez podemos subdividirlo en tratamiento de bambú verde y tratamiento de bambú seco.

#### 3.2.3.1. Métodos Tradicionales

Estos métodos se basan sobre todo en la reducción de los azúcares y almidones que son alimento de los hongos e insectos, pero no inmunizan el bambú frente a sus ataques. Estos tratamientos consiguen una superficie más dura frente a ser taladrado.

- **Secado al Aire:** el método más simple es colocar las cañas de forma similar a un trípode, expuesto al sol y al aire. El proceso de secado se optimiza si se encuentra dentro de un invernadero que de noche se abre para que el aire con menos humedad pueda entrar, pero por el día permanezca cerrado. El proceso tarda de 6 a 12 semanas.

- **Curado:** también llamado, secado en la mata. Los tallos son cortados en la base, dejándoles las ramas y hojas de tal manera que la transpiración continúe, se debe colocar en posición vertical sobre una piedra. Después de esto se retiran las ramas y las hojas.

- **Inmersión en agua:** este método comúnmente utilizado en los países asiáticos, consiste en sumergir los tallos recién cortados en agua. Se recomienda un período de inmersión de 4 a 12 semanas.

- **Ahumado:** se colocan las cañas en horizontal sobre carbones y separados a una distancia suficiente para que no se prendan, la gran cantidad de humo que se genera los ennegrece y por el calor se extraen los carbohidratos. Se mantiene de 8 a 10 horas a baja temperatura.

- **Secado en estufas:** es una variante del anterior, en Japón se colocan los culmos en cámaras a temperaturas entre 120 a 150°C por 20 minutos, este proceso se considera efectivo para la protección contra insectos xilófagos.

- **Secado con Microondas:** podemos usar la alta frecuencia de las ondas electromagnéticas para evaporar la humedad de las cañas. La peculiaridad de este método es que seca las cañas desde el interior hacia el exterior, al contrario que en el resto de casos. Su desventaja es que usa una gran cantidad de energía en el proceso y requiere grandes equipos.

- **Limpieza de la superficie:** este método busca la retirada de líquenes de la superficie del culmo. Puede realizarse mediante cepillos metálicos, pero es un procedimiento costoso, lento y peligroso para el sistema respiratorio del que lo lleve a cabo; por lo que una buena alternativa es mediante agua a presión.

- **Capa protectora de Cal:** debido al bajo PH de la cal (CA(OH)<sub>2</sub>), este puede funcionar como pintura fungicida. El tratamiento tiene poca durabilidad debido a su baja resistencia a la abrasión y a la erosión debido.



Agujereado de las paredes de los nudos



Piscinas para tratamiento de inmersión



secado de las cañas mediante hornos



Limpieza de las cañas de bambú con agua a presión

Fotografías de diversos tratamientos que puede recibir el bambú  
Fuente: Building with bambú

### 3.2.3.2. Tratamientos Químicos

Los tratamientos químicos aseguran una vida útil más larga para el bambú. Se pueden utilizar una gran variedad de químicos para asegurar la protección, dependiendo de si el culmo está verde o seco ( $HR < 20\%$ ) y del uso final en servicio.

Tanto el tratamiento a presión como sin presión pueden ser usados indistintamente, la clave está en la penetración y distribución de las dosis recomendadas de preservante.

#### Tratamientos con Bambú Fresco

- **Desplazamiento de savia:** El bambú es sumergido verticalmente en una solución a concentraciones del 5 al 10% de preservante hidrosoluble. La solución preservante sube por acción capilar a medida que la savia es desplazada.

- **Proceso de difusión:** Los culmos recién cortados o con altos contenidos de humedad son sumergidos en soluciones de preservantes hidrosolubles por un período de 10 a 20 días para obtener la retención requerida. La absorción es mayor en bambú cortado longitudinalmente, como la capa externa es más o menos impermeable y la interna permeable, al perforar en los nudos se incrementa la difusión resultando una mejor penetración y retención.

- **Proceso Boucherie:** Es un tratamiento muy efectivo pero más caro. Consiste en reemplazar la savia del bambú por una solución de sales hidrosolubles, con la ayuda de un equipo de tratamiento sencillo que consta de un recipiente, para la solución preservante colocado a cierta altura para que el preservante baje por gravedad, conectado al distribuidor donde van conectadas salidas individuales a los extremos de las secciones de los culmos.

#### Tratamientos con Bambú Seco

- **Inmersión:** Este tratamiento consiste en sumergir el bambú en una solución preservante, pentaborato si queremos menor coste y menor contaminación. LA duración de la especie,

edad, espesor de la pared del culmo y la absorción requerida. Siendo la penetración principalmente por capilaridad y el método requiere de poco equipo y capacitación técnica. La inmersión se realiza con los tabiques perforados. Posteriormente, se deja escurrir en forma vertical.

- **Baño caliente:** Consiste en sumergir el bambú durante un tiempo determinado en una solución preservante caliente y luego en otra a temperatura ambiente. Al calentar el bambú, el aire contenido en su interior se expande y sale de él. Luego, durante el enfriamiento, se produce un vacío parcial que favorece la penetración e incrementa la absorción de la solución preservante. La duración de cada baño depende de la especie del tipo de solución y de las dimensiones del bambú a tratar. Lo más indicado es que la duración del baño frío sea el doble del tiempo empleado para el caliente.

- **Tratamiento a presión:** Estos son aplicados en algunos países utilizando preservantes hidrosolubles o creosota. Su coste es considerablemente alto y en muchos casos, no económico para un material tan barato como el bambú. Se necesita de instalaciones especiales, el material debe estar seco al aire para asegurar una penetración suficiente. Durante el tratamiento en los cilindros de preservación, el material puede colapsar o rajarse

### 3.3. Propiedades físico mecánicas

El bambú es un material con diversas cualidades que lo hacen apto para la construcción, superando las propiedades de materiales como la madera, y con la ventaja de que su explotación necesita una quinta parte del tiempo que necesitan gran parte de las especies de madera.

Sin embargo las propiedades físico-mecánicas de las cañas de bambú dependen de muchos factores, como la humedad, el clima, la topografía, el terreno en el que crece, la edad, la parte de la planta a utilizar, el corte y el tratamiento.

Debido a la variación de los valores según los factores intervinientes, se presentarán las principales propiedades y finalmente se mostrará el orden de magnitud de los valores numéricos de las principales especies para las propiedades mecánicas más significativas.

#### 3.3.1. Peso específico

Esta propiedad varía principalmente con la **humedad**. Esta hace referencia al peso contenido de agua del culmo en relación al peso del culmo seco. Cuando la planta se encuentra en crecimiento, la humedad es mayor al 70% en la parte inferior de la caña, sin embargo la humedad se reduce al 20% cuando es mayor de los 6 años.

- En cañas secadas al aire (18% de humedad): 700 - 850 kg/m<sup>3</sup>.

El peso específico también puede variar según de la **porción de culmo** analizada:

- En la base (volumen hueco mayor) : 0,57 kg/dm<sup>3</sup>
- En la parte superior: 0,76 kg/dm<sup>3</sup>

### 3.3.2. Contracción

Debido a la **pérdida de agua** durante el secado de las plantas de bambú. La variación se produce cuando pasa del estado verde al leñoso (humedad del 20%).

- La longitud disminuye entre un 4-14%
- Diámetro disminuye entre un 3-12%.

### 3.3.3. Resistencia a Compresión

El bambú que forma parte de vigas, columnas y montantes está sometido a fuerzas compresión, que tienden a aplastar o a acortar los miembros longitudinalmente.

La resistencia del bambú a la compresión es relativamente alta, esta depende de la esbeltez de la pieza y de la curación del bambú. Además los resultados de los ensayos son mejores si la parte de la caña utilizada es inferior, pues los nodos están más juntos y el grosor de la pared de la caña es mayor.

Además, para evitar el "splitting", los internodos que están sometidos a fuerzas de compresión perpendicular a las fibras deben ser rellenados con mortero de cemento.

### 3.3.4. Resistencia a Tracción

El bambú presenta una alta resistencia a tracción, especialmente en su capa más exterior. Su valor es de  $40 \text{ kN/cm}^2 = 400 \text{ MPA}$ . Se puede decir que alcanza los valores de la resistencia del acero. Si tenemos en cuenta la sección entera del bambú, este valor se ve reducido. Además depende del elemento de la caña ensayado (base, centro o cima), del % de humedad, del elemento a ensayar y de la presencia o no de nodos.

Sin embargo, estos esfuerzos son teóricos ya que los métodos mediante los cuales se unen las diversas piezas hacen que al aparecer esfuerzos de tracción estas se rajen debido a los herrajes.

### 3.3.5. Resistencia a Cortante

El esfuerzo cortante es una medida de la resistencia a las fuerzas que tienden a producir deslizamiento de una porción del material respecto a las adyacentes. Este esfuerzo debemos de tenerlo en cuenta en las uniones de los elementos de bambú.

Depende en gran medida del espesor de la pared del culmo, y la resistencia a cortante es mayor cuanto mayor es el espesor debido a la distribución y mayor porcentaje de fibras fuertes en la sección transversal.

### 3.3.6. Módulo de elasticidad

Abreviado E, es un coeficiente adimensional y se define como la relación lineal, conocida como la Ley de Hooke, entre la tensión debida a la carga aplicada al material y su deformación.

Decrece entre un 5 - 10% con el aumento de la tensión. Depende del tipo de esfuerzo aplicado, la duración de la carga y del tipo de fibra (interna o externa de la sección solicitada). El módulo de elasticidad de la guadua es casi el doble que el de la madera.

Según los estudios del laboratorios de Stuttgart (usados en el Pabellón ZERI de la EXPO 2000) para la Guadua angustifolia

- E compresión:  $1,84 \text{ KN/cm}^2$
- E tracción:  $1,79 \text{ KN/cm}^2$
- E flexión:  $2,07 \text{ KN/cm}^2$

ESPECIES	INTERNUDOS DE LA PARTE BASAL	MÓDULO DE ELASTICIDAD (KG/CM2)	MÓDULO DE ROTURA (KG/CM2)	RESISTENCIA A COMPRESIÓN (KG/CM2)	RESISTENCIA A TRACCIÓN (KG/CM2)
<b>Dendrocalamus giganteus</b>	1	172.907	1828	602	1836
	3	122.463	1758	619	1946
	5	147.912	1827	640	1880
	7	130.352	2880	646	1966
	Media	143.206	1823	627	1907
<b>Dendrocalamus asper</b>	1	122.073	1637	639	2145
	3	149.587	1741	592	2040
	5	129.542	1595	622	2220
	7	123.966	1578	566	2104
	Media	131.292	1638	605	2127
<b>Dendrocalamus robusta</b>	1	94.208	1384	533	1970
	3	92.367	1294	510	1767
	5	109.217	1398	511	1854
	7	97.381	1345	530	2066
	Media	98.293	1355	521	1914
<b>Bambusa vulgaris striata</b>	1	60.652	1075	484	1392
	3	71.931	1123	443	1196
	5	88.297	1105	475	1352
	7	83.939	1286	417	1346
	Media	76.205	1147	455	1322

Tabla de las propiedades mecánicas de varias entrenudos de diferentes especies de bambú (Hidalgo, 2003)

### 3.3.7. Conductividad Térmica

Expresa el poder aislante de un material: cuanto más baja es, más poder aislante tiene. En el bambú depende del sentido de propagación del flujo de calor con respecto a las fibras. Para el bambú secado en horno se podría tener una media de:

- Perpendicular a las fibras: 0.088 Kcal/mh°C
- Paralelo a las fibras: 0.143 Kcal/ mh°C

### 3.3.8. Resistencia al fuego

Debido a que el bambú es hueco, presenta un alto riesgo frente al fuego. Sin embargo, la capa externa del bambú tiene un alto contenido de silicio, lo cual le confiere interesantes propiedades de resistencia al fuego, es decir, le hace no muy inflamable.

Las primeras pruebas sobre su resistencia al fuego remontan a los años 80 del siglo pasado y fueron realizadas por el Instituto de Estructuras Ligeras de la Universidad de Stuttgart – Alemania, donde se certificó que el bambú es un material de clase B2, moderadamente inflamable o combustible retardante de la llama.

En España cumple con las normas del CTE sus certificados de reacción al fuego, según la norma UNE EN 13501 lo clasifican con categoría Cfl-S1 y por lo tanto como material apto incluso para fachadas de edificios públicos, de manera no estructural.

### 3.3.9. Comportamiento frente a Sismo

El bambú es un material ideal para diseñar estructuras resistentes a terremotos. Esto se debe a su alta resistencia frente a esfuerzos en relación con su bajo peso y su flexibilidad, le permiten absorber la energía de los seísmos. Por ello es muy común ver estructuras en países con alto riesgo sísmico.

Además también puede ser usado como elemento de refuerzo tanto en elementos estructurales (opción que se está teniendo un gran impulso) como en muros por ejemplo de adobe en las regiones más subdesarrolladas del planeta.

Un ejemplo de su valía se pudo comprobar en abril de 1991 en Costa Rica, cuando un terremoto de valor 7.5 en la escala de Richter asoló a la población. 20 casas de bambú construidas por Jules Janssen se mantuvieron en pie.

### 3.4. Ventajas e Inconvenientes

El bambú presenta una gran cantidad de ventajas desde su concepción como planta a su aplicación como material constructivo. Sin embargo, no todo son ventajas y debemos tenerlo en cuenta.

#### 3.4.1. Ventajas

- Su **crecimiento es muy rápido**, consiguiendo un rendimiento de 3.3 veces el de la madera. Evita la deforestación y la desertificación del suelo.
- El bambú **no contamina**, no deja residuos que no sean biodegradables .
- **Reduce el CO2**, y dado que necesita poca energía primaria para ser producido, por lo que su huella ecológica es baja.
- Es de fácil **crecimiento, corte y mantenimiento** con las herramientas más sencillas. Esto lo hace idóneo tanto para zonas pobres y rurales como para las más avanzadas.
- Permite **corte transversal y longitudinal** debido a su composición fibrosa.
- Su sección circular, hueca y estrecha lo hacen **ligero y fácil de transportar**.
- Su **flexibilidad** y su **ligereza** la hace efectiva para construcciones en lugares de riesgo sísmico.
- Su capa externa le dota de **alta resistencia a tracción**, equiparable a la del acero. Y **alta resistencia a compresión**, comprable con el hormigón.
- Su **dureza, resistencia y flexibilidad** le hacen material idóneo para una infinidad de elementos como estructurales, de revestimiento, mobiliarios, de drenajes...

#### 3.4.1. Inconvenientes

- El **comportamiento variable** de los elementos de bambú no es siempre el mismo, este puede sufrir grandes variaciones según la especie de bambú de la que se trate, crecimiento, edad, humedad, parte utilizada, etc.
- El tronco **raramente** crece totalmente **recto**.
- La **forma cónica** que presenta la caña hace que el diámetro vaya cambiando en toda su longitud.
- Su sección redonda y su **tendencia a la rotura dificulta el anclaje** de estos elementos, dificultando el diseño con estos elementos.
- El bambú es vulnerable al **ataque de hongos e insectos**. Siendo necesario un tratamiento contra ellos.
- Es **sensible a la exposición** a los rayos ultravioletas del sol y a la lluvia. Haciendo necesario protección y mantenimiento para su uso en la construcción.
- **Dificultad de cálculo** como elemento estructural debido a que no existen normas oficiales para ello.
- Los bosques de bambú pueden **dañar a ecosistemas frágiles**, asfixiando a las especies de la zona, ya esté cultivado o sea una extensión natural.
- Aunque el bambú es protagonista de la sostenibilidad ambiental, su **potencial ecológico se ha exagerado**.

### 3.5. Sostenibilidad



Figura que representa los principios del desarrollo sostenible

#### 3.5.1. Impacto ambiental

- El bambú es un **recurso natural**, abundante y **renovable** cuyo consumo favorece la explotación forestal local y la protección medioambiental.
- **Absorción del CO<sub>2</sub>**. Las plantas asimilan el CO<sub>2</sub> mediante la fotosíntesis, por lo que contribuyen a mitigar el cambio climático. El bambú debido a su rápido crecimiento puede absorber más CO<sub>2</sub> que un árbol. La absorción de carbono por parte del bambú es mayor durante los primeros años de vida de la planta, a partir de una edad (6 años en el caso de la *Guadua angustifolia* Kunth) se reduce la cantidad de CO<sub>2</sub> absorbido.
- El consumo de los productos de bambú facilita el cumplimiento de los compromisos del **protocolo de Kyoto**.
- **Evita la desertificación del suelo**, pues retiene gran cantidad de agua en las épocas lluviosas y las usa en las secas.



Mujer cruzando un puente realizado con bambú  
Fuente: Tectónica

- **Reduce la erosión del suelo** gracias a su sistema de raíces y rizomas creando una red que ayudan a disminuir la erosión debida a la lluvia y a las inundaciones.
- **Reduce la temperatura** a través de sus hojas mediante la evaporación del agua.
- **Fuente de producción de biomasa.** Gracias al rápido y natural crecimiento del bambú puede producir en un año más biomasa por hectárea que el eucalipto. La producción de biomasa depende de muchos factores por lo que varía significativamente.

### 3.5.2. Proceso industrial natural

- El bambú consume menos **energía primaria** en su transformación y produce menos impactos que otros materiales a lo largo de todo el ciclo de vida del producto. La producción de bambú usa 300 MJ/m<sup>3</sup> y la madera 600 MJ/m<sup>3</sup>.
- Prácticamente no hay desperdicio durante los procesos de manufacturación y se trata de **procesos sencillos y limpios**.
- Capacidad para **minimizar el consumo energético** durante los procesos de construcción de las viviendas. No en vano, se trata de un recurso que permite rebajar sustancialmente el empleo de "agua y cemento habitual" en estos procesos edificatorios.

### 3.5.3. Impacto económico y social

- El bambú es un **recurso estratégico** sin explotar que los países de las regiones tropicales y subtropicales del mundo pueden utilizar para gestionar mejor el cambio climático, proporcionar servicios ecosistémicos beneficiosos y nuevas fuentes de ingresos para las poblaciones rurales.
- Promueve la creación de "**una industria local**", favoreciendo así a las sociedades más pobres del planeta. Que pueden encontrar en el bambú una salida a su economía.
- **Evita la desertificación poblacional.** Ya que fija la población en el trabajo del bosque.
- Debido a su **bajo coste**, es un material accesible para todas las clases sociales.



### 3.5.4. Huella ecológica

La huella ecológica es un indicador del impacto ambiental generado por la demanda humana que se hace de los recursos existentes en los ecosistemas del planeta, relacionándola con la capacidad ecológica de la Tierra de regenerar sus recursos.

La huella ecológica del bambú es inferior a la de la mayoría de los materiales usados en la construcción.



Eco-coste del ciclo de vida (€/m3) de los principales materiales de construcción. Datos año 2014/2015

Fuente: MOSO International

La empresa MOSO International presentó un estudio en cooperación con INBAR y la Universidad Tecnológica de Delft sobre el ciclo de vida (LCA) de los productos de bambú durante la conferencia sobre el clima COP en París en diciembre de 2015.

El informe utilizó la evaluación del ciclo de vida y los cálculos de la huella de carbono para analizar el impacto ambiental de los productos industriales de bambú. Este estudio muestra que si se optimizan los parámetros de producción, estos productos industriales de bambú pueden tener una huella de carbono negativa durante todo su ciclo de vida, desde la cuna hasta la tumba. Esto significa que los créditos obtenidos a través de absorción de carbono y de la quema para producir electricidad en una planta de energía al final de la vida de cada producto, superan las emisiones causadas por los procesos de producción y transporte.

### 3.6. Bambú en Europa

El bambú apareció en Occidente través del jardín. Su introducción se remonta a 1827, cuando el primer plantón de *Phyllostachys nigra* llegó a Inglaterra. Más tarde se introdujeron otras especies gracias a la creación de **Prafrance**, un parque de bambúes y otros vegetales exóticos, en una provincia al sur de Francia. Más tarde este parque fue denominado **La Bamboueraie**. (imágenes en la página siguiente)

Hasta finales del s.XX, el bambú solo fue usado en Europa y EEUU para **mobiliario y elementos decorativos**, debido a las pocas especies disponibles y el desconocimiento de la planta, no favorecieron su difusión. En los últimos años, gracias al desarrollo de nuevas uniones y de las técnicas de **laminado**, el bambú se ha extendido también como revestimiento para suelos.

En estos dos continentes nunca ha existido tradición de construir utilizando el bambú como material estructural. Sin embargo, gracias a las **Exposiciones Mundiales** como la de Hanover en 2000 y la de Shanghai en 2010, este exótico material se dio a conocer en todo el mundo, atrayendo a los arquitectos e ingenieros Europeos. Demostrando que el bambú es un **material de construcción de alto rendimiento** y a su vez adecuado para construcción sostenible por su pequeña huella ecológica.

#### 3.6.1. Viabilidad

Tanto en **Europa** como en **EEUU**, no existen plantaciones de bambú que puedan ser utilizadas como fuentes de material constructivo. En el único lugar donde encontramos bambú es en viveros en ciertos países como es **La Bamboueraie**, en Francia.

El mejor producto de bambú para su uso en la construcción en Europa es el la **Guadua angustifolia Kunth**, esta especie crece principalmente en Colombia o Ecuador, en los llamados guaduales a las orillas de ríos o en otras zonas húmedas.



La Bamboueraie, parque de bambú  
Fuente: <http://www.bamboueraie.fr>



Especies que forman el parque: *Phyllostachys aurea* (la más común), *Phyllostachys edulis* (bambú gigante), *Phyllostachys edulis bicolor*, *Phyllostachys sulphurea* Robert Young, *Pseudosasa japonica* (bambú compacto).

Otras especies utilizadas provienen de Indonesia, como la ***Dendrocalamus asper***, estas tienen una sección de menor grosor y son utilizadas principalmente para la creación de mobiliario.

Con todo esto, para poder utilizar el bambú en Europa, hemos de tener en cuenta que el factor **transporte** que supone un aumento en energía y coste. Pero a diferencia de la madera, la recolección y el procesamiento del bambú requiere muy **poca energía**; el material es muy ligero y cuando es transportada en barco causa poca contaminación ambiental, en comparación con la madera. De hecho, en el sureste de EEUU, una serie de productores han creado plantaciones de bambú, pero se ha demostrado que es **más barato importar** el bambú desde China o Colombia que cultivarlo y procesarlo localmente.

### 3.6.2. Normativa

Actualmente en Europa **no existen** regulaciones para el uso del bambú en elementos estructurales. Como el bambú es un material que no está certificado, se debe solicitar a las autoridades de control de las edificaciones la aprobación de casos especiales en cada una de las obras en las que se utilice. Por otro lado, podemos utilizar las **normativas de regulación de otros países** como base para obtener los permisos necesarios. En la mayoría de los casos el permiso se concede sobre la base de **pruebas de laboratorio** de elementos individuales o sobre la base de las pruebas de carga.

Algunas de las normativas que podemos tomar como referencia cuando trabajemos con bambú para elementos estructurales son:

- **“AC162 Acceptance Criteria for Structural Bamboo”** creada en el año 2000 en California, establece cómo deben llevarse a cabo las pruebas sobre las estructuras de bambú y sus uniones. Establece además un **factor de seguridad** de 2,25 y que la longitud de la caña no debe ser superior a 25 veces su menor sección transversal.



Pabellón ZERI, EXPO 2000 en Hannover  
Fuente: architizer



Pabellón español, EXPO Zaragoza 2008  
Francisco Mangado

- **“The International Network on Bamboo and Rattan-INBAR”** es una organización intergubernamental independiente establecida en 1997 para desarrollar y promover **soluciones innovadoras a la pobreza y la sostenibilidad** del medio ambiente utilizando el bambú y el ratán. En el año 2002 una normativa donde detallaba cómo los parámetros del contenido de humedad, la resistencia a compresión, tracción y flexión deben ser medidas.

- La **normativa de Colombia es la más detallada**, rige la utilización de la especie más utilizada en Latinoamérica, la *Guadua angustifolia*. La normativa rigen la propiedades físicas, la resistencia a sismo, la cosecha, secado y preservación, las uniones estructurales, etc.

- Para el Pabellón ZERI de la EXPO de Hanover, se llevaron a cabo **ensayos en el FMPA (laboratorio de Stuttgart)** para determinar la resistencia a compresión a tracción y compresión de la *guadua angustifolia*. Estos resultados han sido usados para los cálculos estructurales y son reconocidas por las autoridades de control de las edificaciones.



4.

---

**aplicación**



Gracias a las propiedades del bambú nombradas anteriormente se obtiene un producto con innumerables aplicaciones. Su alcance va desde los objetos domésticos más cotidianos a grandes obras de ingeniería, pasando por instrumentos musicales o productos alimentarios. Tanto es así que un científico chino estudió las diferentes aplicaciones del bambú pudiendo hacer una clasificación de 1.386 usos diferentes (Lübke, 1961).

El uso que se le vaya a dar al bambú dependerá de varios factores como lo son la **especie** de bambú, la **edad** y la **parte de la planta** utilizada.

El uso ideal de la *Guadua angustifolia* depende de su **edad**:

- **Primeros días:** se utiliza como alimento.
- **6-12 meses:** la capa más externa se extraen de la caña y se utilizan para hacer tejidos.
- **2 años:** las cañas son buenas para hacer tablonos y listones.
- **3-6 años:** estructuras, elementos laminados.

		USO	DESCRIPCIÓN	ALTURA	LONGITUD
PARTE SUPERIOR	Punta	Vuelve a la tierra como materia orgánica	Parte aplica de la planta	20 m	1.2-2 m
	Rama	Listones estructurales para la cubierta.	Parte del tallo con sección más pequeña	18 m	3 m
PARTE CENTRAL	Tronco	Cubierta, andamios, pilares e invernaderos	Por su diámetro es la parte más comercializable del pedúnculo superior	15 m	4 m
		Tablonos, columnas delgadas y vigas	Parte más usada por su diámetro	11 m	8 m
PARTE INFERIOR	Inferior	Pilares, invernaderos y vallas	En esta parte, el tallo tiene el diámetro mayor, siendo la parte más resistente de la planta	3 m	3 m
	Raíz	Esculturas, muebles y juguetes infantiles	Red de tallos subterráneos	2 m	2 m

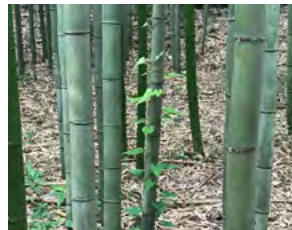
Usos de la planta de bambú de acuerdo con la sección de la planta utilizada  
Fuente: The Technology of Bamboo Building



Lo que realmente nos interesa es su uso como **materias constructivo**. El bambú ha sido utilizado con estos fines durante miles de años, en particular en muchas sociedades asiáticas. Durante los últimos siglos disminuyó su uso debido a que se asociaba con las **clases más pobres**. A finales del s.XX gracias a nuevos estudios sobre materiales, ferias internacionales (EXPOS) y el desarrollo de nuevos procesos industriales como el del bambú laminado evidencian que este material tiene un futuro abierto a **posibilidades interesantes**, algunas de las cuales ya están siendo exploradas. Se estima que en la actualidad un billón de personas viven en casas construidas con bambú (Liese and Düking, 2009).

## Elementos Constructivos Básicos

- **La caña:** se trata del tronco sin ramas, hojas o raíces. En la parte inferior el diámetro de los nodos y el grosor de la pared es mayor, además la separación entre cada nodo es menor, haciéndolo más resistente. Por ello, la caña se utiliza para elementos estructurales.



Cañas de Bambú  
Fotografía José Vercher

- **Las tablas:** se obtienen de la parte intermedia del tronco, y cuando se abre forma una superficie plana. Esto se consigue realizando cortes longitudinales sucesivamente, después el tronco se abre y los nodos y los tejidos blandos se quitan con la ayuda de una pala. Actualmente se utiliza como encofrado para el hormigón y para estabilizar elementos en la construcción de paredes de caña o en cubiertas.

- **Los listones:** son segmentos longitudinales de caña. Se obtienen realizando cortes paralelos a las fibras. Podemos doblarlo y para ello es aconsejable mantenerlo mojado unas horas.



Listones de bambú preparados para ser transportados  
Fuente: greenplanetachitects.com

- **Los elementos laminados:** se obtienen de la misma forma, sin embargo solo se utiliza una parte de los listones, se debe eliminar la capa interior y la exterior para obtener secciones rectangulares. Consisten en 4 o 5 capas de listones de 5mm unidas con pegamentos o mediante calor y alta presión.



Trabajadores de la empresa Mosso preparando bambú laminado  
Fuente: moso.eu



- **Las correas:** son segmentos longitudinales de la parte exterior de las cañas más estrechas que los listones y por lo tanto más flexibles. Tradicionalmente se utilizaban para hacer objetos cotidianos. Actualmente se utiliza para unir listones en paralelo.



Correas creadas con fibras de bambú  
Fuente: bambusa

## Selección del bambú para la construcción

Las cañas de bambú que utilizaremos en nuestros proyectos deben ser seleccionadas de acuerdo a unos criterios generales para asegurar su calidad. Se recomienda:

- Usar bambú **seco**, de edades comprendidas entre los 4 y los 6 años.
- No deben tener fisuras en los entrenudos, **ni estar dañadas** por la acción de insectos u hongos.
- Utilizar cañas lo más **rectas** posibles, con una excentricidad máximo de 0,33%.
- Las cañas que tengas hongos o líquenes se deben **limpiar** las cañas antes de su utilización.
- Para evitar el ataque de insectos, la **humedad** de la caña debe ser inferior al **20%**.
- Para su uso como columnas, se debe utilizar el tercio inferior de la caña, donde los nodos están más juntos y la pared del culmo es de mayor grosor.

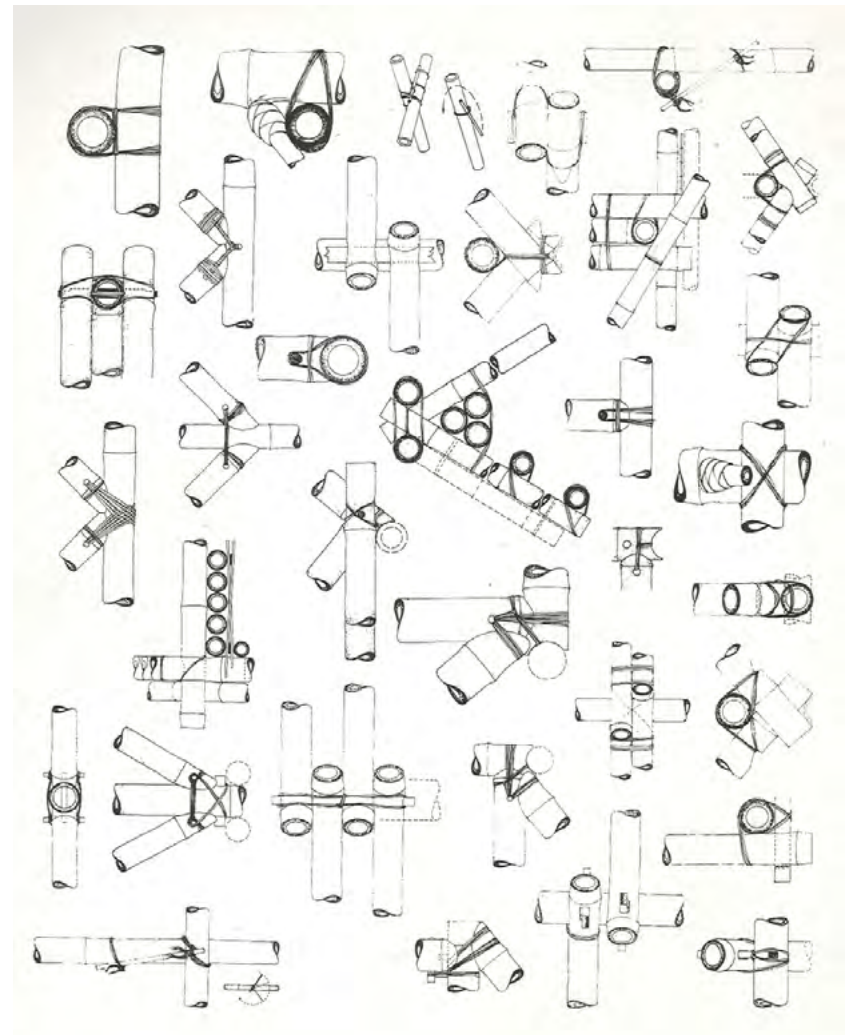
## Uniones

Las uniones que transmiten las fuerzas entre los diferentes elementos de bambú es el aspecto más importante a tener en cuenta a la hora de proyectar con este material. Aunque los elementos sean suficientemente resistentes para los esfuerzos que reciben, la unión representa un punto más débil.

Cuando diseñamos uniones de bambú la dificultad reside en la resistencia de estas a los esfuerzos cortantes. Por lo que es conveniente simplificar las uniones y evitar al máximo los esfuerzos que provoquen la rajadura de las piezas de bambú.

Como la sección del bambú es redonda, hueca y solo tiene fibras longitudinales, no se pueden realizar las mismas uniones que se realizan en elementos de madera. Si utilizamos para la unión del bambú piezas metálicas, estas deben ser inoxidable. Además la separación mínima entre los tornillos no debe ser menor de 150 mm ni mayor a 250 mm si está sometida la pieza a tracción y no menor a 100 mm para piezas sometidas a compresión. Por último debemos de tener en cuenta, que si existe riesgo de que la pieza se parta, es necesario rellenar con mortero de cemento los entrenados adyacentes a la unión.

Actualmente podemos encontrar numerosos estudios sobre la eficiencia de las uniones de elementos de bambú para su uso en la construcción. Uno de los primeros en realizar un estudio académico de las cerchas de bambú fue el ingeniero holandés Dr. Jules Janssen quien en 1974 probó en la Universidad Tecnológica de Eindhoven (Países Bajos) más de 50 uniones diferentes con bambú filipino.



Dibujos de diferentes uniones de bambú del arquitecto Simón Vélez  
Fuente: paradisebackyard

El uso del bambú es apto para casi la totalidad de las partes de una estructura. Podemos realizar con esta planta pilares, vigas, pórticos, cerchas, arcos, etc. Podemos realizar gran variedad de estructuras, desde las más simples (creación de una cubierta) a las más complejas (andamios, puentes). La gran versatilidad del bambú se debe en gran parte a su estructura anatómica y morfológica. La sección circular ahuecada presenta algunas ventajas estructurales frente a secciones rectangulares.

Como hemos visto anteriormente no todos los bambúes serán aptos para su uso como elemento estructural.

- Con respecto a la **edad**; debe tener entre 4 y 6 años.
- Algunas **especies** serán más favorables; como la *Dendrocalamus asper*, la *Dendrocalamus giganteus* o la *Guadua angustifolia* Kunth.
- Por último conviene que se utilice la **parte inferior** (1/3) de planta, ya que es más rígida.



Desde el punto de vista físico-mecánico, podemos comparar el bambú de manera favorable con materiales de uso común en la arquitectura occidental contemporánea como el HORMIGÓN, el ACERO y la MADERA.

El **HORMIGÓN** es un elemento que trabaja muy eficientemente frente a esfuerzos de **compresión**, pero que al someterlo a esfuerzos de **tracción**, falla con facilidad. Esto no ocurre con el bambú, pues este presenta buena resistencia tanto a tracción como a compresión.

Con respecto al **ACERO** podemos decir que ambos dotan de flexibilidad a las estructuras y su eficiencia frente a la **tracción** es similar. Sin embargo el bambú presenta peores prestaciones debido a que su unión con otros elementos de bambú puede provocar agrietamientos y que la estructura se debilite.

La comparación más evidente es con la **MADERA**, ya que su origen es **biológico** y presentan el mismo problema de la durabilidad. El sol, la lluvia o la humedad del ambiente afectan a estos materiales, acortando su vida útil. Además, también pueden ser atacados por otros **organismos vivos**. Aunque la composición química de la madera y del bambú no difiere demasiado, el bambú es dos veces más resistente que la madera frente a la **tracción**, debido a la disposición de la celulosa y las microfibrillas.

Pese a todo, su uso en las estructuras de la arquitectura occidental es aún escaso debido al temor por su desconocimiento y a la falta de normativa, que no invita a normalizar su uso.

## IBUKU / Escuela Verde

Localización: **Badung, Mengwi, Indonesia**  
 Arquitecto: **Aldo Landwehr, PT Bambú**  
 Fecha finalización: **2008**  
 Especie de bambú: **Dendrocalamus asper**  
**Phyllostachys aurea**  
 Superficie construida: **7.542 m2**

Referencia web:  
<http://www.archdaily.com/81585/the-green-school-pt-bambu>

Detalles del proyecto:  
 Parte de esta obra era mostrar a la gente cómo construir con materiales sostenibles, es decir, el bambú. Ellos establecieron la Escuela Verde, y sus afiliados: la Fundación Meranggi, que desarrolla plantaciones de plantas de bambú a través de la presentación de las plántulas de bambú a los productores locales de arroz; y PT Bambu, una empresa de diseño y construcción con fines de lucro que promueve el uso del bambú como material de construcción principal, en un esfuerzo por evitar el agotamiento de las selvas tropicales. El bambú local, cultivado con métodos sostenibles, se utiliza de manera innovadora y experimental que demuestra sus posibilidades arquitectónicas. El resultado es una comunidad verde holística con un fuerte mandato educativo que busca inspirar a los estudiantes a ser más curiosos, más comprometidos y más apasionados con el medio ambiente y el planeta.



## Diamond Island Community Center

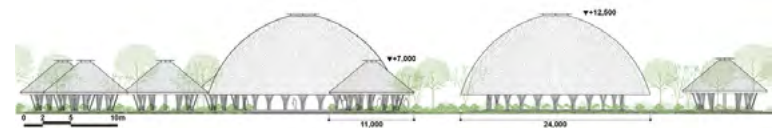
Localización: **Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh, Vietnam**  
Arquitecto: **Vo Trong Nghia Architects**  
Fecha finalización: **2015**  
Especie de bambú: **Dendrocalamus asper**  
Superficie construida: **1.450 m<sup>2</sup>**

Referencia web:  
<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/779141/centro-comunitario-diamond-island-vo-trong-nghia-architects>

Detalles del proyecto:

El centro comunitario cuenta con ocho pabellones, cada uno con estructuras de bambú intrincados y tejados de paja. Las ocho estructuras tienen una claraboya redonda en el pico del techo para asegurar que no se necesita iluminación artificial para actividades diurnas. El aire caliente también sale por esta abertura, manteniendo los espacios bien ventilados.

El estudio ve su enfoque como una fusión del arte popular tradicional y la arquitectura contemporánea: "A pesar de la aplicación de varios métodos tradicionales de construcción, el objetivo del proyecto no es reproducir el vernáculo, sino crear una arquitectura sostenible adecuada al presente", dijo.



Como cerramiento el bambú nos presenta varias opciones a considerar en fase de proyecto. Principalmente debemos de elegir el acabado final que queremos.

Las características a destacar frente a otros materiales como los cerámicos o el hormigón son:

- Permite la ventilación entre dos elementos consecutivos de bambú. Haciendo que se regule la humedad del ambiente.

- Su bajo peso le confiere la ligereza necesaria para poder utilizarlo en el revestimiento de edificios sin suponer una carga adicional a la estructura.

- Su bajo coste, le permite poder utilizarlo en toda la fachada de grandes edificios, y si se ve dañado es fácil de reemplazar.

- Puede ser utilizado como doble piel de edificios, permitiendo que pase la luz. Así conseguimos tamizarla y ajustarla a las necesidades de cada momento.

- Podemos utilizarlo como refuerzo en el hormigón como lo hace el acero. Otra forma más tradicional que se desarrolla en zonas subdesarrolladas es realizar entramados de bambú y revestirlo con tierra.





## Fachada de edificio de aparcamientos

Localización: **Leipzig, Alemania.**  
Arquitecto: **Hentrich-Petschingg & Partner**  
Fecha finalización: **2004**  
Especie de bambú: **Guadua angustifolia**  
Superficie construida: **4.000 m<sup>2</sup>**  
Referencia web:  
**<http://sp.archello.com/en/project/extension-parking-garage-leipzig-zoo>**

Detalles del proyecto:

La fachada de 4000m<sup>2</sup> de la estructura de estacionamiento de tres pisos está revestida con 7.700 bastones de guadua angustifolia de bambú, cada uno de 2.60m de largo e importados de Colombia. Se trata de una fachada atractiva, cuyas cañas verticales producen una barrera visual desde el exterior y proporcionan suficiente luz y aire al interior.



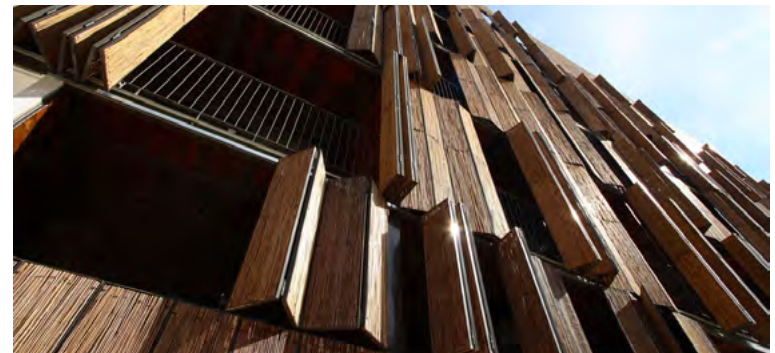
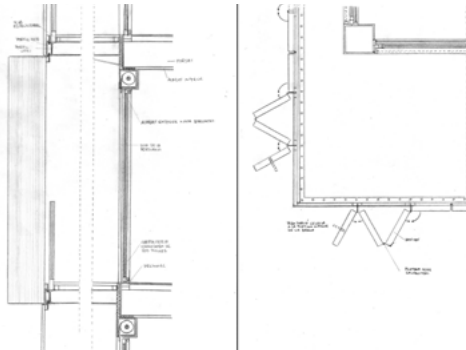
## Viviendas sociales en Carabanchel

Localización: **Carabanchel. Madrid, España.**  
Arquitecto: **Foreign Office Architects (FOA)**  
Fecha finalización: **2007**  
Especie de bambú: **Guadua angustifolia**  
Superficie construida: **11.384 m2**  
Referencia web:  
**<http://www.archdaily.com/1580/caranbachel-housing-foreign-office-architects>**

Detalles del proyecto:

Este bloque de viviendas en el barrio Carabanchel de Madrid amplía el espacio habitable con un espacio intermedio protegido de la radiación solar con persianas de bambú sobre marcos plegables. La practicabilidad de la protección permite la adaptación a diferentes orientaciones del sol y vistas abiertas a los jardines circundantes.

La imagen muestra la calidez de la atmósfera como resultado del filtro de bambú. También permite la ventilación incluso cuando está cerrada, permitiendo no sólo el enfriamiento del espacio intermedio, sino también el enfriamiento del elemento de protección, que reduce la radiación al espacio intermedio.



La arquitectura efímera que se ha ligado a las exposiciones (Expos, Bienales..etc) en las que el propio edificio es el elemento a mostrar, muchas veces por el material o la técnica empleada en su ejecución. Son pabellones con estructuras complejas, las cuales tendrán una duración determinada, es decir, su durabilidad no es un factor a tener en cuenta.

Como ya hemos visto el bambú reaparece en la arquitectura contemporánea gracias a las **EXPO** de los años 2000 y 2010 de Hannover y Shanghái, respectivamente. El bambú ofrece grandes opciones en este campo gracias a su versatilidad y su rapidez de construcción. Otras ventajas que presenta en este campo son su flexibilidad, su bajo coste y su ligereza. Además permite crear complejas estructuras tridimensionales que pueden ser cubiertas posteriormente con diversos tipos de pieles.

Pueden ser obras para ser construidas tanto al exterior como al interior, las cuales serán más bien instalaciones artísticas.

Aquí el bambú presenta superioridad con respecto a otros materiales de construcción como:

- Los **metales**: son más costosos de trabajar, requiere mano de obra cualificada, es más caro.
- El **cartón**; sin duda es un material cada vez más común en este tipo de arquitectura la de Shigueru Ban, sin embargo la resistencia a los esfuerzos es muy inferior a la del bambú, y además el agua puede deshacerlo.
- La **madera**; es una buena opción para las construcciones efímeras, con tiempos de montajes similares al bambú y con la misma sostenibilidad. Sin embargo, tanto por el peso como por el precio hacen al bambú mejor opción.

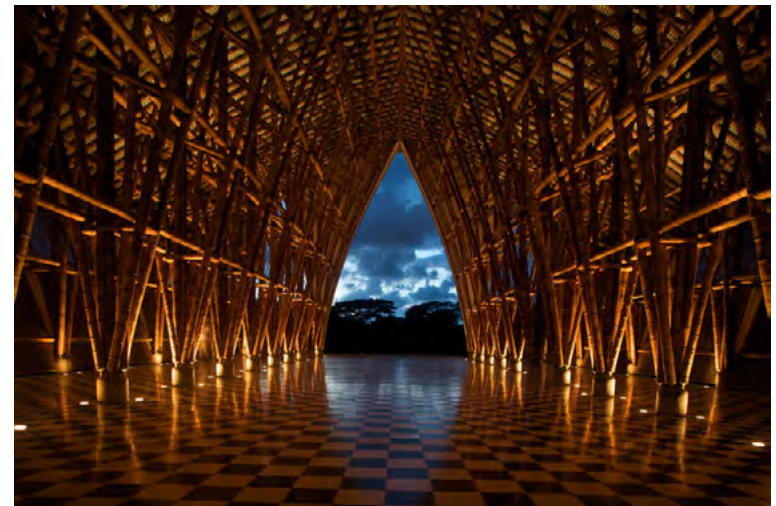
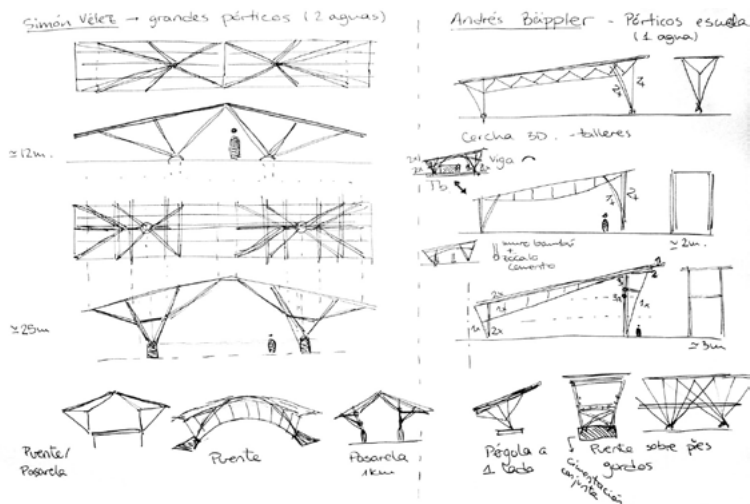


## Iglesia Temporal de Pereira

Localización: **Risaralda, Colombia**  
 Arquitecto: **Simón Vélez**  
 Fecha finalización: **2002**  
 Especie de bambú: **Guadua angustifolia**  
 Superficie construida: **700 m<sup>2</sup>**  
 Referencia web:  
<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-265878/arquitectura-en-bambu-la-obra-de-simon-velez>

Detalles del proyecto:

Tras el terremoto de diciembre de 1999 en la ciudad de Pereira, se construyó una estructura provisional en el lateral de la iglesia derrumbada. Se hizo con bastones curvos de bambú de Guadua angustifolia. Las paredes y el techo fueron construidos con una estructura de guadua con una cubierta de malla metálica estirada y mortero de cemento. La iglesia tenía 16m de ancho y 25m de profundidad y constaba de tres naves; el espacio central tenía un vano de 8m y una altura de 11m. Se tardó 5 semanas construirla.



## Pabellón Alemán-Chino, EXPO 2010

Localización: **Shanghai, China**  
Arquitecto: **Markus Heinsdorf**  
Fecha finalización: **2010**  
Especie de bambú: **Dendrocalamus asper**  
Superficie construida: **330 m<sup>2</sup>**  
Referencia web:  
<http://www.archdaily.com/58871/the-%25e2%2580%259cgerman-chinese-house%25e2%2580%259d-at-the-shanghai-world-expo-2010>

### Detalles del proyecto:

La construcción del techo está compuesta por postes de bambú Julong de 8 m de largo, de bambú del sur de China, con una selección transversal de hasta 23 cm. Los marcos de bambú laminados soportan el suelo del piso superior. Todos los elementos estructurales de bambú han sido tratados con un agente contra incendios.

Las piezas de conexión de acero inoxidable han sido desarrolladas especialmente para este pabellón y están diseñadas para que el edificio pueda desmontarse fácilmente después de su uso. Los elementos roscados situados al pie de las columnas permiten acomodar tolerancias.

Los extremos de las cañas de bambú fueron remojados primero con resina de poliuretano y una capa posterior de resina de poliuretano para proporcionar una buena clave mecánica. A continuación, los extremos se rellenaron con una mezcla de hormigón compuesta por una elevada proporción de cenizas volantes, lo que garantiza que el hormigón se adhiera firmemente y sin poros ni cavidades a la superficie interior de la selección de bambú hueco. Piezas de conexión de acero colocadas en el hormigón permiten que las secciones de bambú se conecten entre sí.

La fachada del pabellón está cubierta con una membrana de ETFE permeable a la luz, el techo con una membrana de PVC. Los muebles, también diseñados por Markus Heinsdorff especialmente para el pabellón, están fabricados con perfiles de bambú laminados.



Para la aplicación del bambú en el interior de las edificaciones la mejor opción es la utilización del bambú laminado.

Los primeros paneles de bambú laminados fueron desarrollados en China en 1982.

Consisten en tres o cinco líneas de tiras de 4mm o 5mm de grosor, pegadas con fenol formaldehído o urea formaldehído, ortogonalmente de forma alternada (Hidalgo, 2003) Las piezas también se pueden unir con ayuda de calor y alta presión. En China, estos laminados se fabrican a escala industrial a una densidad de hasta 1200 kg/m<sup>3</sup>. (Gernot Minke 2012)

Son absolutamente impermeables y pueden ser utilizados para la restitución de maderas duras de bosques primarios.

Según López y Correal (2009), la densidad media de la guadua laminada es de 715 Kg/m<sup>3</sup>, con un contenido medio de humedad del 12%. Los resultados de sus pruebas fueron, entre otros:

Resistencia a la compresión paralela a la fibra: 48 MPa (N/mm<sup>2</sup>)

Módulo de elasticidad a compresión paralelo a la fibra: 19.137 MPa (N/mm<sup>2</sup>)

Resistencia a la compresión perpendicular a la fibra: 5 MPa (N/mm<sup>2</sup>)

Resistencia a la tensión paralela a la fibra: 132 MPa (N/mm<sup>2</sup>)

Módulo de elasticidad a tensión paralelo a la fibra: 17.468 MPa (N/mm<sup>2</sup>)

Resistencia a la tensión perpendicular a la fibra: 1,1 MPa (N/mm<sup>2</sup>)

Son una gran solución para el interior pues presenta mejor resistencia al fuego que la MADERA. A su vez mejor resistencia al rayado, a la abrasión y a los golpes. Sin perder capacidad de aislamiento térmico y acústico.





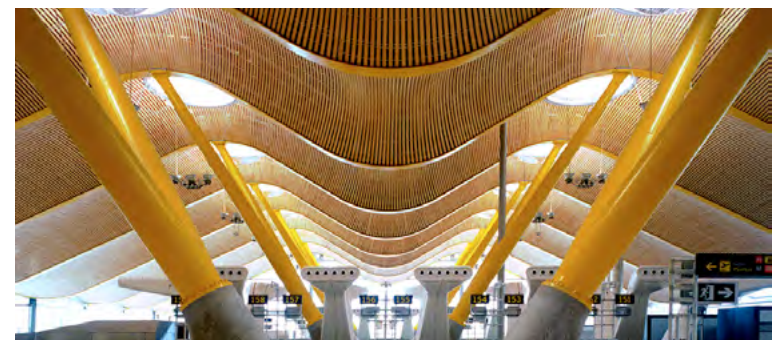
## Aeropuerto Adolfo Suárez, Barajas T4

Localización: **Aeropuerto Madrid, España**  
 Arquitecto: **Richard Roger, LAMELA**  
 Fecha finalización: **2006**  
 Especie de bambú: **bambú laminado**  
 Superficie construida: **1.150.000**  
 Referencia web:  
**<https://es.wikiarquitectura.com/edificio/barajas-t4/>**

Detalles del proyecto:

El arquitecto Richard Roger colaboró con el despacho de Carlo Lamela para la selección para construir el techo ignífugo de la T4. el resultado es la obra más grande en el mundo hecha en bambú, con una superficie de 200.000m2. para ello se utilizó la chapa multicapa con prensado lateral natural de MOSO.

Interiormente la llamativa estructura metálica ondulada del techo está revestida con tiras de bambú que le otorgan una apariencia suave y sencilla. Contrastando, los "árboles" estructurales de tubo de acero se pintan con colores diferentes, en una gama de tonos graduados. Los llamativos lucernarios que horadan el techo disponen de brise-soleil interior en color blanco. Por la parte exterior el techo, se terminó en aluminio.





5.

---

**conclusiones**



- Las propiedades del bambú como especie (velocidad de crecimiento, fácil trabajabilidad, absorción de carbono...) lo convierten en un gran recurso natural renovable para luchar contra el cambio climático, la erosión o la desertización del suelo que tienen lugar en millones de comunidades rurales de todo el mundo, ayudando además a su economía.

- El bambú es un material con gran potencial, que presenta un gran número de ventajas y de posibilidades en su uso como material de construcción. Destacan su ligereza, flexibilidad, bajo coste y sobre todo su resistencia ante la aplicación de esfuerzos. Pero no debemos olvidar que al tratarse de un material orgánico, su durabilidad se ve afectada por el ataque de organismos vivos y la exposición al sol y a la lluvia. Esto hace necesario aplicar tratamientos para alargar su vida útil.

- Encontramos dos obstáculos principales que se oponen a su uso; la actual falta de apreciación de los beneficios significativos del bambú por parte de los responsables de la formulación de políticas nacionales y la clasificación de estas especies de pasto bajo las regulaciones forestales, reduciendo el uso más amplio de la cosecha y el comercio. Esto además deja patente la necesidad de un proceso industrializado con certificaciones de calidad.

- Todavía hoy hay cierta inseguridad y desconfianza ante el uso de este material. Esto nace del desconocimiento de sus propiedades y de la falta de familiarización con dicho material en las construcciones del mundo occidental. Como cada vez más gente se anima a utilizar el bambú, se hace necesaria la inclusión de este material en las normativas de cada país. Es ahí donde los gobiernos juegan un papel fundamental para la aceptación del bambú como material constructivo.

- En el uso estrictamente estructural del bambú, queda latente las grandes oportunidades que nos ofrece este material. Podemos decir que está a la altura de los materiales más usados en la arquitectura occidental (madera, acero y hormigón), consiguiendo unas prestaciones muy exigentes. El establecimiento de normativas

específicas para su uso y aplicación ha contribuido de forma determinante, en países como Colombia o Ecuador. De esta forma, es posible que las estructuras con este material se realicen siguiendo unos criterios unificados que garanticen la buena realización de la obra y la seguridad tras haberse terminado.

- El bambú fuera del ámbito estructural tiene numerosas aplicaciones. Podemos utilizar bambú casi en cualquier elemento constructivo: Para cerramientos, pavimentos, en refuerzos en hormigones, instalaciones artísticas, para mobiliario...

- Uno de los últimos avances tecnológicos para la obtención de elementos de bambú deja como resultado el bambú laminado. Un gran producto que compite directamente con las maderas laminadas, material muy empleado para revestimientos. Las prestaciones de este producto de bambú son cada vez mayores, con una gran resistencia a abrasión, dureza y bajo costo.

Con todo, se concluye que el bambú es un material con numerosas opciones en la arquitectura del mundo contemporáneo. Un material natural y tradicional que debemos seguir de cerca. Gracias a los nuevos procesos tecnológicos, sus beneficios son cada vez mayores y puede ser utilizado en un mayor número de campos. Su introducción en las normativas occidentales es el siguiente paso a seguir para la normalización de su uso, dándose a conocer y eliminando las desconfianzas que su uso origina.



6.

---

**referencias**





- Baño, A., y Vigil-Escalera, A., (2005). Guía de construcción sostenible. Editorial: Instituto Sindical de Trabajo. Ambiente y Salud (ISTAS).
- Broto, E., (2014). Arquitectura y diseño. Bambú. Barcelona, España. Editorial: Linksbooks.
- Burgos, A., (2003). Revisión de las técnicas de preservación del bambú. No 33, pp. 11-20.
- Carmioli, V., (1998). Muebles en bambú. *Phyllostachys aurea*. Manual de Construcción. Cartago, Costa Rica. Editorial: Tecnológica de Costa Rica.
- Carmioli, V., (2009). Bambú Guadua: un recurso ecológico. Tecnología en Marcha. Vol. 22, No 3. Pp. 3-9.
- Hidalgo, O., (1981). Manual de construcción con bambú. Bogotá.
- Hidalgo, O., (2003). Bamboo – The Gift of the god. Bogotá.
- Janssen, J.A., (1981). Bamboo in building structures. Tesis Doctoral. Universidad de Eindhoven.
- Kramer, K., (1985). Bambus – Bamboo.
- Liese, W. y Dunking, R., (2009). Bambus als CO<sub>2</sub>-Speicher. Vol 62, No 7, pp. 341-348.
- Lobovikov, M., Paudel, S., Piazza, M. et al., (2007). World Bamboo Resources; A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. Roma.
- Logroño, X., (2003). Recurso sostenible. Bogotá.
- Mauricio, C., (2011). Construcción sostenible. Para volver al camino. Editorial: Mares.
- Minke, Gernot., (2012). Building with Bamboo. Basel, Switzerland. Editorial: Birk Hauser.
- Pacheco, F., y Jalali, S., (2011). Eco-efficient construction and building materials. Editorial: Springer.
- Paredes, C., (2014). La biblia de los materiales de arquitectura. Barcelona, España. Editorial: LOFT publications.
- Starosta, P., y Crouzet, Y., (1998). Bambúes. Editorial: LocTeam. S.L., Barcelona.
- Van der Lugt, P. y Vogtlander, J.G. (2015). The environmental impact of industrial bamboo products. Beijing, China. PO Box.



T I F I G  
paula soler soler