

---

# Una Tecnología Alternativa Ambientalmente Apropiable - Puentes Peatonales de Bambú

**Susana Comoglio y José Méndez Muñoz**

Existen zonas rurales donde numerosos ríos impiden el acceso de niños a las escuelas, y donde el transporte de los productos del campo tiene que hacerse a "lomo de mula". Estas restricciones se pueden superar, construyendo puentes peatonales y caballares, en materiales naturales locales, como el bambú. En las áreas urbanas existe el problema del cruce de vías de circulación vehicular, lo cual se puede resolver también con este tipo de puentes.

El presente trabajo muestra los avances en Diseño Estructural de Puentes de Bambú construidos en algunos países latinoamericanos, así como prototipos experimentados en el marco de un Proyecto de Investigación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán.

Palabras claves: Diseño estructural, bambú, tecnología, ambiente

---

## Introducción

Uno de los grandes retos del siglo XXI es el aprovechamiento razonable de los recursos naturales, locales y renovables, en la búsqueda de un desarrollo sustentable. El Bambú representa en gran parte de Latinoamérica, un recurso natural y renovable que puede ser utilizado sustentablemente. Conocemos mucho sobre sus cualidades ambientales en la protección de suelos, retención de agua, fijación de CO<sub>2</sub>, etc. Además se le reconocen, técnica y científicamente, muchas bondades, como potencial agroindustrial y como material para la construcción.

Los bosques son depósitos de energía vital para el hombre. El bambú, por su alta renovabilidad, podría ser un propulsor sin igual de la reforestación, debido a que sus tallos son de crecimiento muy rápido.

Para motivar las inversiones en cultivos masivos de bambú, hay que demostrar su óptimo comportamiento como material de construcción en obras de arquitectura. El desafío de las construcciones de bambú consiste en combinar la enorme fuerza de su fibra, con estructuras livianas y eficaces. Además los tubos de bambú son muy flexibles y se comportan como un material sismorresistente por su bajo peso específico y su capacidad de disipar energía.

Actualmente existen grupos de investigación en varios países latinoamericanos como Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Argentina, que basándose en sus tradiciones profundizan el conocimiento de este material y de sus aplicaciones. En la República Argentina, los más importantes avances en las Investigaciones sobre las potencialidades del Bambú se realizaron en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán en la cual se desarrolla el Proyecto "El Bambú: Ambiente, Arquitectura y Desarrollo Sustentable", cuyo Director es el Arquitecto Horacio Saleme.

Se adoptan tres líneas de Investigación: la primera diseña nuevas formas estructurales apropiadas para el bambú, en la que se incorporan estudiantes para el desarrollo y construcción de prototipos a escala real; la segunda desarrolla tecnologías constructivas para construcciones de interés social y la tercera promueve la difusión de las bambúseas en el pedemonte de nuestro cerros para controlar la erosión hídrica y favorecer la biodiversidad.

El presente trabajo muestra los resultados obtenidos dentro de la primera línea de Investigación. En el taller de Diseño Estructural y Constructivo en Bambú, se diseñan y construyen modelos experimentales que responden a distintas funciones arquitectónicas, ante el requerimiento de distintas entidades comunitarias.

Existen miles de ríos que impiden el acceso al mercado de los productos del campo. Para ir a la escuela, muchos niños los atraviesan por troncos y a veces el acceso y el transporte de materiales de construcción, víveres e insumos agrícolas tiene que ser a "lomo de mula". Estas restricciones se pueden superar, construyendo puentes peatonales y caballares, en materiales naturales locales, como el bambú o árboles rollizos. En las áreas urbanas existe el problema del cruce de vías de circulación vehicular, lo cual se puede resolver también con este tipo de puentes.

### De los Puentes de Bambú

Desde la antigüedad, ya se atravesaban los ríos anchos y lentos de las llanuras con balsas o canoas. En cambio en zonas donde el hombre pobló las cordilleras, los ríos encañonados y caudalosos de las mismas no son superables, ni nadando, ni con balsa; pero la geología de las cordilleras crea estrechos donde se acercan las orillas y muchas veces estos sitios se pueden unir con un tronco largo tumbado. Pero un verdadero reto arquitectónico empieza allí, donde el estrecho es mayor que el

tronco natural más largo.

En todas las cordilleras del mundo se encontraron soluciones parecidas a este problema. En las riberas de los ríos se colocan troncos con las puntas livianas apuntando hacia el otro lado, cargando la parte gruesa con piedras. Adicionalmente se pueden prolongar los troncos con una viga, amarrados con fibras vegetales y cuando finalmente, tocan las puntas en el centro, el “falso arco” está completo.



Fig. 1

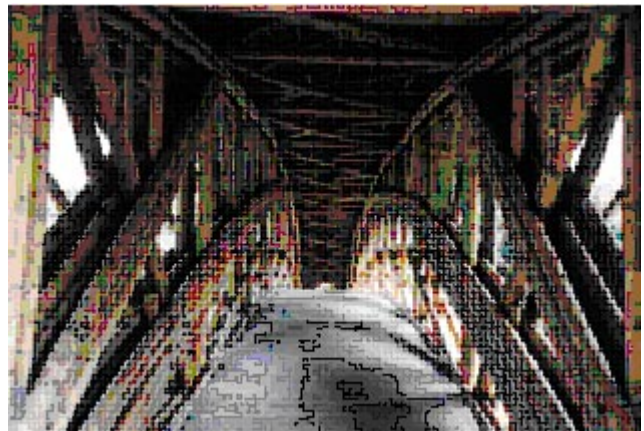
En Colombia la especie de Bambú más utilizada es la *Guadua Angustifolia*. Los Indios Paeces fueron verdaderos maestros en la construcción de puentes con este material.

Para atravesar los violentos ríos, combinaban el “falso arco” hecho en guadua, con tirantes del mismo material, trabajando a la tracción. Amarraban éstos con fibras vegetales en pilones o árboles de la ribera. Figura 1.

Un ejemplo de diseño contemporáneo, es el Puente Peatonal de 30 m de luz en el departamento del Cauca, Colombia, diseñado por Jörg Stamm, carpintero alemán, quien empezó empíricamente a utilizar la guadua en sus construcciones, enriqueciéndola con elementos de la tradición de la carpintería europea. Otros ejemplos de puentes son los realizados por el Arq. Simón Vélez en Bogotá y China. Figura 2 y Figura 3



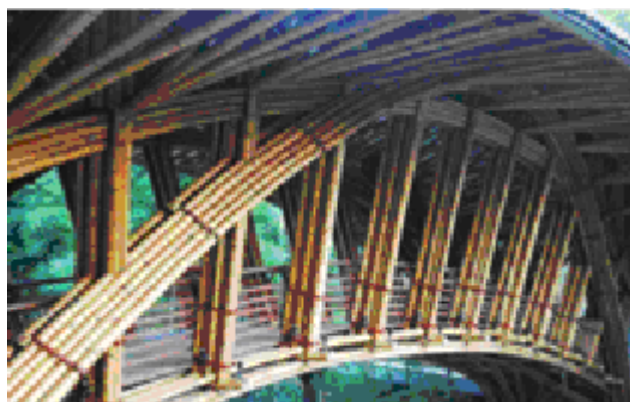
Fig. 2 - Puente en Colombia – Jörg Stamm.



Vista interior.



Fig. 3 Puente Peatonal en Bogotá – Simón Vélez.



Vista interior.

### Del Diseño de Puentes

Este trabajo no pretende dar recetas universal es para la construcción de puentes, debido a las condiciones particulares de cada lugar; pero tanto el artesano con talento como el profesional pueden fácilmente entender el diseño estructural y la construcción de un puente de bambú. Cabe señalar que el bambú como cualquier madera, debe estar protegido de la intemperie (sol y agua), lo mismo que de la humedad ascendente. El bambú se debe colocar bajo techo, construyendo grandes aleros y buenas bases o pedestales de materiales áridos, de una altura tal que la lluvia al salpicar no deteriore el material. Se han hecho muchos estudios para establecer las propiedades físico-mecánicas del bambú, y ellos confirman que su resistencia a tracción es comparable a la del acero laminado de construcción, y su resistencia a compresión a la de la mayoría de las maderas. Pero también deben ser establecidas normas especia-

les de construcción con bambú, como por ejemplo: protección por diseño contra la humedad, anclajes y uniones adecuadas para la transmisión de esfuerzos y un entrenamiento práctico de artesanos en la ejecución de las mismas.

En los puentes de bambú el sistema estructural debe garantizar: resistencia, rigidez flexional y rigidez torsional. La resistencia y la rigidez flexional se logran utilizando tipos estructurales que permitan aumentar el brazo de momento resistente. Cabe señalar que son más convenientes las formas espaciales sobre las coplanares, porque con las mismas se puede lograr mayor rigidez torsional cuando están adecuadamente configuradas. Las configuraciones espaciales cuya geometría toma como base la triangulación en su sección transversal tienen un adecuado comportamiento torsional.

### Diseño estructural de puentes peatonales de bambú en la Facultad de Arquitectura de la UNT

En el Taller de Diseño Estructural y Constructivo en Bambú y en el marco del Proyecto de Investigación, se desarrollaron diferentes tipos estructurales para la resolución de puentes peatonales, para salvar luces de hasta 12

metros, satisfaciendo necesidades del medio, en la búsqueda de una tecnología alternativa para un desarrollo sustentable.

#### • Sistemas de vigas atensoradas con columnas flotantes simples o espaciales

La configuración propuesta en estos puentes responde a un sistema de vigas atensoradas, con dos núcleos de columnas flotantes resueltos en forma espacial. En su trabajo estructural el plano que contiene el tablero del

puente está solicitado a esfuerzos de compresión, al igual que las columnas flotantes; tomando la sollicitación de tracción, los tensores ubicados en el plano inferior. Figura 4 y Figura 5.

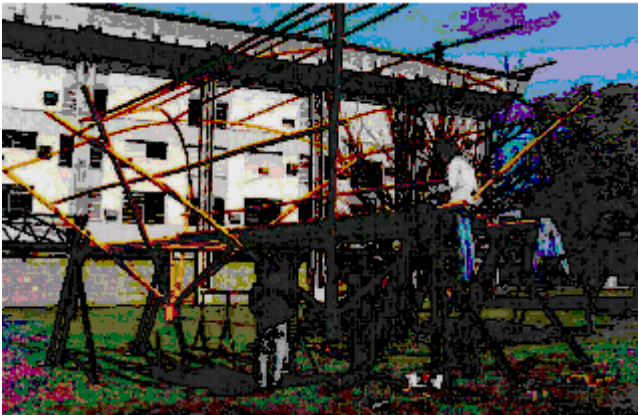


Fig. 4 Modelo A - Sistema de viga atensorada con columnas flotantes espaciales.

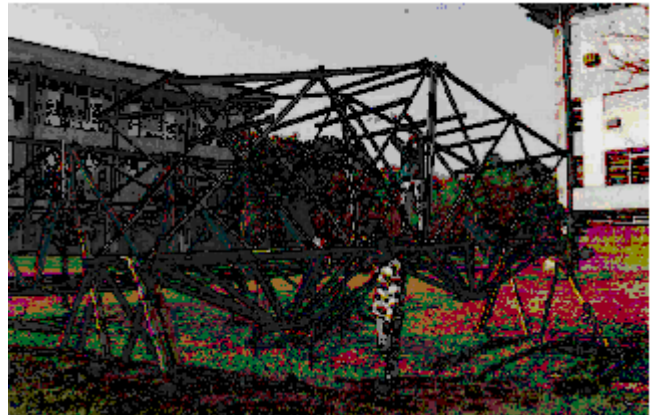


Fig. 5 Modelo B - Sistema de viga atensorada con columnas flotantes espaciales.



Fig. 6 Modelo con sistema de viga atensorada con columnas flotantes en V.

El sistema estructural propuesto en este ejemplo responde a una viga atensorada con columnas flotantes en V, planteadas en forma secuencial, cuyas longitudes variables están en función de la traza del diagrama de momento flector. En lugar de un tensor único ubicado en el plano inferior se diseñó un sistema de tensores múltiples configurados en forma espacial. Figura 6

• Sistema de viga reticulada espacial de eje curvo



Fig. 7 Modelo con sistema de viga reticulada espacial de eje curvo.

La configuración estructural de este puente se planteó como una viga reticulada espacial de eje curvo, cuyos cordones superiores sirven de soporte al tablero de circulación. En cuanto a su forma de trabajo, los cordones superiores están solicitados a esfuerzos de compresión y los cordones inferiores a tracción. La retícula espacial de barras diagonales absorben fundamentalmente las tensiones principales de corte. Figura 7.

- **Sistema de viga reticulada espacial de eje recto**

El diseño estructural de este puente está resuelto con una viga reticulada espacial de gran altura, con lo que se logra la máxima eficiencia estructural por el aumento del momento resistente, del momento de inercia. Además esta configuración, al tener como base la triangulación, tanto en sus caras laterales como en su sección transversal, tiene una adecuada rigidez torsional. La altura de la misma permite la circulación peatonal por su interior. En los cordones inferiores de la viga reticulada apoya el tablero de circulación.

- **Sistema de vigas coplanares de eje quebrado**



El sistema estructural de este puente está resuelto con dos vigas laterales coplanares configuradas con una trama que responde a la traza del diagrama de momentos flectores. Ambas vigas están estabilizadas lateralmente por un sistema de triangulaciones materializadas con barras y tensores. La estructura del tablero de circulación está resuelta en forma independiente apoyándose en la parte central de las vigas principales y en sus extremos laterales. Figura 8.

Fig. 8 Modelo C - sistema de vigas coplanares de eje quebrado.

### **Conclusión**

La ventaja de todos estos sistemas es que su diseño permite incrementar su brazo de momento interno con lo cual aumenta su momento resistente. Además se incrementa su momento de inercia y por consiguiente su rigidez a la flexión. Algunos diseños, como los resueltos con vigas reticuladas espaciales de perfil recto y de perfil curvo, por su sección transversal triangular mejoran su rigidez torsional. Siendo éstos algunos de los factores que inciden en la Eficiencia Estructural.

Además estas formas estructurales permiten superar la escala natural del material en cuanto a capacidad portante y luces a cubrir, posibilitando mediante un adecuado manejo de las mismas lograr diferentes diseños y configuraciones espaciales, permitiendo alcanzar así el objetivo de todo diseño estructural que es “cubrir más con menos”.

## Bibliografía

- **Comoglio S. y Méndez Muñoz J.** (2004) Rev A y C (Arquitectura y Construcción) N° 237. La Enseñanza del Diseño Estructural desde un Taller Experimental.
- **Comoglio S. y Méndez Muñoz J.** (2007) Rev A y C (Arquitectura y Construcción) N° 268. Espacio Arquitectónico y Forma Estructural – Principios de Diseño.
- **Engel H.** (1970) Sistemas de Estructuras. Editorial Blume – España
- **Méndez Muñoz J. y Comoglio S.** (2006) Rev. CET N° 27. Comportamiento de Formas Estructurales de Eje Curvo en Bambú pp. 22 – 27. ISSN 1668-8910.
- **Méndez Muñoz J., Saleme H. y Comoglio S.** (1999) Rev. CET (Revista de Ciencias Exactas e Ingeniería de la UNT) N° 16. Formas Estructurales de Bambú pp 36 – 41. ISSN 1668-8910.
- **Revista de Arquitectura “Detail”** (1999) N° 8. Bridge Construction.
- **Saleme H. y Comoglio S.** (1998) Rev. Arquiplus (de los Colegios de Arquitectos del NOA). N° 9. Psicogénesis y Enseñanza del Diseño Estructural.
- **Saleme H., Comoglio S. y Méndez Muñoz J.** (2002) Bamboo for Sustainable Development. Teaching Architecture With Bamboo. Editor: Arun Kumar, Ramanuja Rao And Cherla Sastri. Publisher VSP & International Network for Bamboo and Rattan (INBAR). ISBN 90-6764-357-2
- **Siegel C.** (1966) Formas Estructurales de la Arquitectura Moderna. Compañía Editorial Continental, S. A. México – España.
- **Torroja E.** (1960) Razón y Ser de los Tipos Estructurales. Editado por Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento. España.
- **Jörg Stamm** (2001) Guía para la construcción de Puentes en Guadua. Universidad Tecnológica de Pereira.

## Susana Comoglio

Arquitecta, egresada en 1980 de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNT. Docente desde 1980. Actualmente Profesora Asociada con dedicación Exclusiva en la Cátedra de Estructuras I, igual cargo por extensión en la materia electiva Arquitectura en Zona Sísmica. Es Investigadora del CIUNT categoría II. Actúa como codirectora en el Proyecto de Investigación “PICT 2003 15172 : El Bambú: Ambiente, Arquitectura y Desarrollo Sustentable y CIUNT 2005: Nuevos Métodos de Educación y Transferencia Tecnológico–Arquitectónica para un Desarrollo Sustentable. Participó en diversos cursos de post-grado, Congresos y Seminarios Nacionales e Internacionales con presentación de trabajos.

## José Méndez Muñoz

Arquitecto, egresado en 1978 de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UNT. Docente desde 1980. Actualmente Jefe de Trabajos Prácticos con dedicación Exclusiva en la Cátedra de Estructuras I, igual cargo por extensión en la materia electiva Arquitectura en Zona Sísmica. Es Investigador del CIUNT categoría III. Integrante del Proyecto de Investigación “PICT 2003 15172: El Bambú: Ambiente, Arquitectura y Desarrollo Sustentable y CIUNT 2005: Nuevos Métodos de Educación y Transferencia Tecnológico–Arquitectónica para un Desarrollo Sustentable. Participó en diversos cursos de post-grado, Congresos y Seminarios Nacionales e Internacionales con presentación de trabajos.



Revista de  
Ciencias Exactas e Ingeniería  
Universidad Nacional de Tucumán

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología  
Universidad Nacional de Tucumán

Todos los trabajos que se publican en cet han sido sometidos a referato